

**T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ŞEKER PANCARI KÜSPESİ SELÜLOZUNDAN
KARBOKSİMETİL SELÜLOZ ÜRETİMİ VE MEYVELERİN
BOZULMALARININ GECİKTİRİLMESİNDE KORUYUCU
FİLM TABAKASI OLARAK KULLANILMASI**

Hasan TOĞRUL

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

116610

**DOKTORA TEZİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Tez Yöneticisi: Prof. Dr. Nurhan ARSLAN

116610

2002 ELAZIĞ

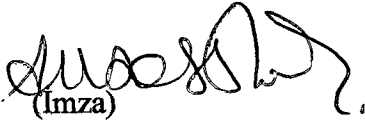
**T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ŞEKER PANCARI KÜSPESİ SELÜLOZUNDAN
KARBOKSİMETİL SELÜLOZ ÜRETİMİ VE MEYVELERİN
BOZULMALARININ GECİKTİRİLMESİNDE KORUYUCU
FİLM TABAKASI OLARAK KULLANILMASI**

Hasan TOĞRUL

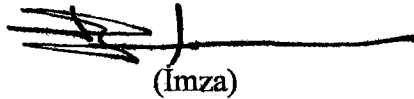
**DOKTORA TEZİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu tez 21.06.2002 Tarihinde, Aşağıda Belirtilen Jüri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile Başarılı/Başarısız Olarak Değerlendirilmiştir.


(İmza)

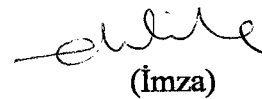
Danışman

Prof. Dr. Nurhan ARSLAN


(İmza)

Üye

Prof. Dr. Dursun PEHLİVAN


(İmza)

Üye

Doç. Dr. Mehlika PULAT

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu' nun/...../..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

ÖZET

Doktora Tezi

**ŞEKER PANCARI KÜSPESİ SELÜLOZUNDAN
KARBOKSİMETİL SELÜLOZ ÜRETİMİ VE MEYVELERİN
BOZULMALARININ GECİKTİRİLMESİNDE KORUYUCU
FİLM TABAKASI OLARAK KULLANILMASI****Hasan TOĞRUL**

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

2002, Sayfa:298

Şeker pancarı küspesi şeker endüstrisi yan ürünüdür ve yıllık olarak önemli miktarda üretilmektedir. Kurutulmuş şeker pancarı küspesinin lignoselülozik kısmı % 22-30 selüloz içerir.

Selüloz, birbirine $\beta,1-4$ -glikozidik bağları ile bağlı uzun D-glukoz zincirlerinden ibaret olan büyük molekül ağırlıklı polidispers bir polimerdir.

Çeşitli uygulamalarda kalınlaştırıcı ve topaklaştırıcı olarak kullanılan sodyum karboksimetil selüloz gibi iyonik olarak süstitüe olmuş suda çözünebilir selüloz türevleri önemli bileşiklerden birisidir.

Karboksimetil selüloz kompleksler oluşturur ve sulu kaplama sistemlerinde kullanılır. Ayrıca, karboksimetil selüloz akış özelliklerini düzeltmek için ilaç, kozmetik, gıda endüstrisi ve meyve yüzeylerinin kaplanması yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, şeker pancarı küspesinden selülozun ekstraksiyonunda selüloz verimine ekstraksiyon süresi, sıcaklık ve alkali konsantrasyonu gibi çeşitli faktörlerin etkisi incelenmiştir.

Şeker pancarı küspesinden farklı ekstraksiyon koşulları ile elde edilen selülozun instrinsik viskozite ve molekül ağırlığı değerleri Mark-Houwink-Sakurada eşitliğine uydurulmuştur. Bu, instrinsik viskozitenin bilinmesi durumunda şeker pancarı küspesinden elde edilen selülozdan hazırlanan çözeltilerin ortalama molekül ağırlıklarının bilinmesine yarar.

10-60 °C arasındaki 6 farklı sıcaklıkta ve 7 farklı konsantrasyon seviyelerinde selüloz çözeltilerinin viskozitelerine sıcaklık ve konsantrasyonunu etkileri incelenmiştir. Viskoziteye sıcaklık ve konsantrasyonun birlikte etkisini tarif eden eşitlikler türetilmiştir.

Selülozdan karboksimetil selüloz üretiminde karboksimetilasyon işlemi çözücü, alkali konsantrasyonu, asit konsantrasyonu, süre ve reaksiyon sıcaklığına göre optimize edilmiştir.

Karboksimetil selüloz çözeltilerinin akış davranışı 20-30 °C sıcaklık ve 5-30 kg/m³ konsantrasyon aralığında bir döner viskozimetre ile belirlenmiş ve kayma hızı ile kayma geriliminin değişimi non-lineer regresyon analizi ile çeşitli reolojik modellere uydurulmuştur. 5-30 kg/m³ lük karboksimetil selüloz çözeltilerinin akış davranışı en iyi Ostwald-de Waele modeline uymuştur. Görünür viskozite, akış davranış indeksi ve akışkanlık sabitine sıcaklık ve konsantrasyonun birlikte etkisini ifade eden eşitlikler geliştirilmiştir.

Şeftali, elma, armut ve mandalina gibi meyveler, depolama sırasındaki raf ömürlerini uzatmak ve meyvelerin bozulmalarını geciktirmek için şeker pancarı selülozundan elde edilen karboksimetil selüloz içeren farklı emülsiyonları püskürterek oluşturulan filmler ile kaplanmıştır. Meyveler 25 °C' de ve % 75 bağıl nem içeren bir meyve depolama kamerasında depolanmıştır. Hasat sonrası raf ömrünü uzatmada ve meyvelerin kalitelerini korumada kaplama işleminin etkilerini belirlemek için, depolama süresince kaplanmış örneklerin ağırlık kaybı, pH, titre edilebilir asitlik, suda çözünebilir kuru madde ve askorbik asitte meydana gelen değişimler kaplanmamış örneklere kıyasla periyodik olarak incelenmiştir. Kaplama işleminin meyvelerin depolama süresini uzatmada etkili olduğu ve film emülsiyonlarının her bir meyve için aynı etkiyi göstermediği bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Şeker pancarı küspesi, selüloz, karboksimetil selüloz, ekstraksiyon, reoloji, meyve kaplama.

SUMMARY

PhD Thesis

PRODUCTION OF CARBOXYMETHYLCELLULOSE FROM SUGAR-BEET PULP CELLULOSE AND ITS USE IN RETARDATION OF DETERIORATION OF FRUITS AS PROTECTIVE FILM LAYER

Hasan TOĞRUL

Firat University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Chemical Engineering

2002, Sayfa: 298

Sugar-beet pulp is a by-product from the sugar industry, produced annually in large quantities. The lignocellulosic fraction of dried sugar-beet pulp contains 22-30 % cellulose.

Cellulose is a polydisperse polymer of high molecular weight comprised of long chains of D-glucose units joined together by β -1,4-glucosidic bonds.

Water-soluble cellulose derivatives are a class of technically important compounds. Most of them are ionically substituted, e.g. sodium carboxymethyl cellulose which is used as a thickener or a flocculating agent in various applications.

CMC forms complexes and are used in aqueous coating systems. CMC is also used widely in pharmacy, cosmetics, the food industry and coating of fruit surfaces in order to improve the consistency and flow properties.

In this study, the effects of several factors such as extraction time, temperature and concentration of alkali on cellulose yield in extraction of cellulose from the sugar-beet pulp were investigated.

Magnitudes of intrinsic viscosity, and molecular weight of cellulose obtained from sugar-beet pulp by different extraction conditions were fitted to Mark-Houwink-

Sakurada equation, which helps evaluate the average molecular weights of cellulose solutions from sugar-beet pulp with a knowledge of their intrinsic viscosity.

Effects of temperature and concentration on viscosity of cellulose solutions were examined at six different temperatures between 10 °C and 60 °C and seven different concentration levels. Equations describing the combined effects of temperature and concentration on viscosity were derived.

In production of carboxymethylcellulose from cellulose, the process of carboxymethylation was optimised with respect to the solvent medium, alkali concentration, acid concentration, time and temperature of the reaction.

The flow behaviour carboxymethylcellulose solutions was determined with a rotational viscometer at a temperature range of 20-30 °C and carboxymethyl cellulose concentrations of 5- 30 kg/m³. The experimental results of the variation of shear stress with shear rate were fitted to the several reological models by non-linear regressions. The flow behaviour of carboxymethyl cellulose solutions having concentrations of 5-30 kg/m³ was pseudoplastic and fitted well to the Ostwald-de Waele model. The expression for the combined effect of temperature and concentration on the apparent viscosity, flow behaviour index and consistency factor was given.

The fruits such as peach, apple, pear and tangerine were coated with films formed by spraying the different emulsions containing the carboxymethyl cellulose from sugar-beet pulp cellulose to retard of deterioration of the fruits and to extend their shelf life during storage. Fruits were stored in fruit storage chamber at 25 °C and at a relative humidity of 75 %. The changes of the weight loss, pH, titratable acidity, total soluble solids and ascorbic acid of the coated samples during storage were periodically investigated in comparison with the uncoated samples to determine the effects of coatings in extending postharvest life of fruits and maintaining their quality. It was found that coating was effective to prolong storage time of fruits, and the film emulsions didn't exhibited similar effects for each fruits.

Key Words: Sugar-beet pulp, cellulose, carboxymethyl cellulose, extraction, rheology, fruit coating.

TEŞEKKÜR

Lisans döneminde değerli bir hoca olarak tanıdığım, yüksek lisans ve doktora tezlerimi yöneten kişi olması nedeniyle de yakından tanıma fırsatı bulduğum ve tez çalışmalarımın her aşamasında yakın ilgilerini ve yardımlarını gördüğüm, bilgi ve deneyimlerden yararlandığım tez hocam sayın Prof. Dr. Nurhan ARSLAN' a teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmalarım sırasında uygun çalışma ortamı sağlayan ve bilimsel konularda ufukumuzu açan bölüm başkanımız sayın Prof. Dr. Fikret TÜMEN' e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Doktora tezimin her aşamasında elinden gelen manevi hiçbir desteği esirgemeyen eşim Arş.Gör.Dr. İnci TÜRK TOĞRUL' a ve Arş. Gör. M. Şaban TANYILDIZI' na en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın yürütülmesinde maddi destek sağlayan Fırat Üniversitesi Araştırma Fonu' na teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET.....	III
SUMMARY.....	V
TEŞEKKÜR.....	VII
İÇİNDEKİLER.....	VIII
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	XII
TABLolar LİSTESİ.....	XXIV
SİMGELER LİSTESİ.....	XXX
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1. Selüloz.....	5
2.1.1. Selülozun Kimyasal Özellikleri.....	5
2.1.1.1. Selülozun Moleküler Yapısı.....	5
2.1.1.2. Selülozun Molekül Ağırlığı.....	6
2.1.1.3. Selülozun Reaksiyonları.....	8
2.1.2. Selülozun Fiziksel Özellikleri.....	12
2.1.3. Selüloz Türevleri.....	17
2.2. Karboksimetil Selüloz.....	21
2.2.1. Karboksimetil Selülozun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	21
2.2.2. Karboksimetil Selülozun Kullanım Alanları.....	27
2.3. Sıvı Akış Modelleri.....	30
2.3.1. Newtonian Modeli.....	32
2.3.2. Bingham Modeli.....	35
2.3.3. Ostwald-De Waele Modeli.....	37
2.3.4. Eyring Modeli.....	39
2.3.5. Ellis Modeli.....	40
2.3.6. Reiner Phillippoff Modeli	40
2.3.7. Diğer Sıvı Akış Modelleri.....	41
2.4. Meyveler.....	42
2.4.1. Meyvelerin Bileşimleri.....	42

2.4.2. Yaş Meyve ve Sebze Üretimimiz, İhracatımız ve İthalatımız.....	50
2.5. Meyve Yüzeylerinin Kaplanması.....	54
2.5.1 Meyvelerin Bozulmalarına Neden Olan Faktörler.....	54
2.5.2.Meyvelerin Bozulmalarını Geciktirme Yöntemleri	59
2.5.3.Soğukta Depolama	62
2.5.4.Meyve Yüzeylerinin Koruyucu Bir Film İle Kaplanması.....	68
2.5.4.1. Meyvelerin Solunum Hızının Azaltılması	69
2.5.4.2. Meyve Yapısındaki Su Kaybının Azaltılması.....	71
2.5.4.3 Mikrobiyolojik Üreme Hızının Düşürülmesi.....	72
2.5.4.4. Kaplama Filmi Üretimi.....	73
2.5.4.5. Kaplama Filmlerinin Fiziksel Özelliklerini Etkileyen Faktörler	79
2.5.4.6. Kaplama Filmlerinin Meyvelerde Kullanılması.....	81
2.6. Konuyla İlgili Çalışmalar.....	84
3. MATERYAL VE METOT.....	90
3.1. Materyal.....	90
3.2. Metot.....	90
3.2.1.Şeker Pancarı Küspesinin Bileşimi.....	90
3.2.1.1. Nem Tayini.....	90
3.2.1.2. Kül Tayini.....	91
3.2.1.3. Protein Tayini.....	91
3.2.1.4. Yağ Tayini.....	92
3.2.1.5. Toplam Karbonhidrat Tayini.....	93
3.2.2. Şeker Pancarı Küspesinden Selüloz Ekstraksiyonu.....	93
3.2.3. Viskozite Tayini.....	96
3.2.4. Molekül Ağırlığı Tayini.....	98
3.2.5.Selülozun İnfrared Spektrumu.....	101
3.2.6.Karboksimetil Selüloz Üretimi.....	101
3.2.6.1.Nem Tayini.....	102
3.2.6.2.Süstitüsyon Derecesinin Belirlenmesi.....	102
3.2.6.3.Karboksimetil Selüloz İçeriğinin Belirlenmesi.....	103
3.2.6.4.NaCl Miktarının Belirlenmesi.....	103

3.2.7. Karboksimetil Selüloz Sodyum Tuzunun İnfrared Spektrumu.....	104
3.2.8. Karboksimetil Selüloz Çözeltilerinin Reolojisi.....	104
3.2.8.1 Karboksimetil Selüloz Çözeltilerinin Hazırlanması.....	104
3.2.8.2.Reolojik Ölçümler.....	104
3.2.8.3.Verilerin Analizi.....	106
3.2.9. Kaplama Filmlerinin Hazırlanması.....	107
3.2.10. Meyve Yüzeylerinin Kaplanması.....	109
3.2.11. Emülsiyon Filmi İle Kaplanmış Meyvelerin Depolanması.....	109
3.2.12. Ağırlık Kaybı Tayini.....	111
3.2.13. pH Tayini.....	111
3.2.14. Suda Çözünebilir Kuru Madde ve Kırılma İndisi Tayini.....	112
3.2.15. Titre Edilebilir Asitlik Tayini.....	112
3.2.16. Askorbik Asit Tayini.....	112
3.2.17. İstatistiksel Testler.....	114
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	118
4.1. Şeker Pancarı Küspesinin Bileşimi.....	118
4.2. Şeker Pancarı Küspesinin Selüloz İçeriği.....	118
4.3. Selüloz Çözeltilerinin Viskoziteleri ve Molekül Ağırlıkları.....	120
4.4. Selüloz Çözeltilerinin Viskozitesinin Sıcaklık ve Konsantrasyon İle Değişimi.....	127
4.5. Selülozun İnfrared Spektrumu.....	136
4.6. Karboksimetil Selüloz Üretimi Prosesinde Sübstitüsyon Derecesi.....	137
4.7. Karboksimetil Selüloz Sodyum Tuzunun İnfrared Spektrumu.....	139
4.8. Karboksimetil Selüloz Çözeltilerinin Reolojisi.....	140
4.9. Kaplama Filmleri İle Kaplanan Şeftalilere Ait Bulgular.....	171
4.9.1. % Ağırlık Kaybı.....	171
4.9.2. pH Değerleri.....	175
4.9.3. Suda Çözünebilir Kuru Madde Miktarı.....	177
4.9.4. Kırılma İndisi.....	178
4.9.5.Titre Edilebilir Asit Miktarı.....	179
4.9.6.Askorbik Asit Miktarı.....	181
4.10.Kaplama Filmleri İle Kaplanan Elmalara Ait Bulgular.....	185

4.10.1. % Ağırlık Kaybı.....	185
4.10.2. pH Değerleri.....	189
4.10.3. Suda Çözünebilir Kuru Madde Miktarı.....	190
4.10.4. Kırılma İndisi.....	191
4.10.5. Titre Edilebilir Asit Miktarı.....	192
4.10.6. Askorbik Asit Miktarı.....	194
4.11.Kaplama Filmleri İle Kaplanan Armutlara Ait Bulgular.....	197
4.11.1. % Ağırlık Kaybı.....	197
4.11.2. pH Değerleri.....	201
4.11.3. Suda Çözünebilir Kuru Madde Miktarı.....	202
4.11.4. Kırılma İndisi.....	203
4.11.5. Titre Edilebilir Asit Miktarı.....	204
4.11.6. Askorbik Asit Miktarı.....	206
4.12.Kaplama Filmleri İle Kaplanan Mandalinalara Ait Bulgular.....	210
4.12.1. % Ağırlık Kaybı.....	210
4.12.2. pH Değerleri.....	215
4.12.3. Suda Çözünebilir Kuru Madde Miktarı.....	217
4.12.4. Kırılma İndisi.....	218
4.12.5. Titre Edilebilir Asit Miktarı.....	219
4.12.6. Askorbik Asit Miktarı.....	222
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	228
6. KAYNAKLAR.....	231
7. EKLER.....	245

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Selülozdaki serbest hidroksil grupları.....	6
Şekil 2.2. Selülozun moleküler yapısı.....	6
Şekil 2.3. İdeal bir selüloz eteri.....	19
Şekil 2.4. Karboksimetil selüloz sodyum tuzu.....	22
Şekil 2.5. Kartezyen koordinatlarda Newtonian bir akışkana uygulanan kayma gerilimi.....	30
Şekil 2.6. Reolojik davranışların basit sınıflandırılması.....	31
Şekil 2.7. Newtonian ve Newtonian olmayan akış davranışları (a) iki parametrelili modeller, (b) üç parametrelili modeller.....	32
Şekil 2.8. Ortak eksenli iki silindir arasındaki bir akışkana uygulanan kayma gerilimi.....	33
Şekil 2.9. Heterojen polimer bir film emülsiyonu ile kaplı meyve kabuğu kesiti..	83
Şekil 3.1. Filtrasyon düzeneğinin şematik gösterimi (1-su banyosu, 2-karıştırıcı,3-termometre, 4-besleme kabı, 5-vana, 6-ceketli paslanmaz çelik filtre, 7-huni, 8-vakum bölmesi, 9-vakum pompası,10-vakum manometresi, 11-basınç kontrol vanası,12-süzüntü kabı, 13-derecelendirilmiş cam seviye göstergesi,14-süzüntü çıkış vanası).....	94
Şekil 3.2. Şeker pancarı küspesinden selüloz ekstraksiyonu.....	95
Şekil 3.3. Ubbelohde viskozimetresi.....	96
Şekil 3.4. Döner viskozimetrenin şematik gösterimi (1-invertör, 2-döner viskozimetre, 3-numune kabı, 4-rotor, 5-su girişi, 6-su çıkışı).....	105
Şekil 3.5. Meyve depolama kamarasının şematik gösterimi.(1-fan hızı ayarlayıcı reosta, 2-kuru hava ısıtıcısı, 3-pencere 4-oluk, 5-termostat, 6-meyve, 7-fan,8-meyve sepeti ,9-su damlacıkları, 10-tava ,11-fizyometre, 12-su girişi, 13-su çıkışı.).....	110
Şekil 4.1. Farklı ekstraksiyon koşullarında elde edilen selüloz kullanılarak hazırlanan selüloz çözeltileri için (c , η_{sp}/c) grafiği	

(Staudinger)(süre(saat):●10 , □16 , ■22).....	121
Şekil 4.2. Farklı ekstraksiyon koşullarında elde edilen selüloz kullanılarak hazırlanan selüloz çözeltileri için $(c, \eta_{sp}/c)$ grafığı (Huggins) (süre(saat):●10 , □16 , ■22).....	122
Şekil 4.3. Farklı ekstraksiyon koşullarında elde edilen selüloz kullanılarak hazırlanan selüloz çözeltileri için $(c, \ln \eta_r/c)$ grafığı (Kraemer eşitliği)(süre(saat):●10 , □16 , ■22).....	122
Şekil 4.4. Farklı ekstraksiyon koşullarında elde edilen selüloz kullanılarak hazırlanan selüloz çözeltileri için $(c, \log \eta_{sp}/c)$ grafığı (Martin eşitliği)(süre(saat):●10 , □16 , ■22).....	123
Şekil 4.5. Selüloz çözeltilerinin molekül ağırlıklarının tayini için $C-HC/\tau$ grafığı (süre(saat):●10 , □16 , ■22).....	124
Şekil 4.6. Molekül ağırlığı- intrinsik viskozite ilişkisi.....	126
Şekil 4.7. Selüloz çözeltilerinin viskozitesine sıcaklık ve konsantrasyonun etkisi (sıcaklık (°C): ●10, ○20, ■30, □40, ▲50, △60).....	127
Şekil 4.8. Arrhenius grafığı (selüloz kons. (kg/m ³): ◆ 0.5, △ 0.75, ▲1 , ○ 2.5, ● 5, □ 7.5, ■10).....	130
Şekil 4.9. Modellerin khi-kare ve EF değerleri.....	135
Şekil 4.10. Model 6 kullanılarak hesaplanan selülozun viskozite değerlerinin sıcaklık ve konsantrasyon ile değişimi.....	135
Şekil 4.11. Deneysel viskozite değerlerinin model 6 kullanılarak hesaplanan viskozite değerleri ile karşılaştırılması.....	136
Şekil 4.12. Selülozun infrared spektrumu.....	136
Şekil 4.13. Karboksimetil selülozun infrared spektrumu.....	140
Şekil 4.14. 5 kg/m ³ ' lük karboksimetil selüloz çözeltisi için Ostwald-de Waele kayma hızı kayma gerilimi grafığı (sıcaklık (°C): : ■20, □22, ●25, ○27, ◆30).....	143
Şekil 4.15. 10 kg/m ³ ' lük karboksimetil selüloz çözeltisi için Ostwald-de Waele kayma hızı kayma gerilimi grafığı (sıcaklık (°C): ■20, □22, ●25, ○27, ◆30).....	144
Şekil 4.16. 15 kg/m ³ ' lük karboksimetil selüloz çözeltisi için Ostwald-de Waele	

kayma hızı kayma gerilimi grafiği.

(Sıcaklık (°C): ■ 20, □ 22, • 25, o 27, ♦30)..... 144

Şekil 4.17. 20 kg/m³' lük karboksimetil selüloz çözeltisi için Ostwald-de Waele

kayma hızı kayma gerilimi grafiği.

(sıcaklık (°C): ■ 20, □ 22, • 25, o 27, ♦30)..... 145

Şekil 4.18. 25 kg/m³' lük karboksimetil selüloz çözeltisi için Ostwald-de Waele

kayma hızı kayma gerilimi grafiği.

(sıcaklık (°C): ■ 20, □ 22, • 25, o 27, ♦30) 145

Şekil 4.19. 30 kg/m³' lük karboksimetil selüloz çözeltisi için Ostwald-de Waele

kayma hızı kayma gerilimi grafiği.

(sıcaklık (°C): ■ 20, □ 22, • 25, o 27, ♦30)..... 146

Şekil 4.20. Ostwald-de Waele model parametrelerinin sıcaklık

ve konsantrasyonla değişimi

(a: konsantrasyon (kg/m³): ■ 10, □ 15, • 20, o 25, ♦30)

(b: sıcaklık (°C): ♦ 20, o22, • 25, □ 27, ■30)..... 146

Şekil 4.21. Ortalama akışkanlık indeksi – konsantrasyon ilişkisi..... 147

Şekil 4.22. 5 kg/m³' lük karboksimetil selüloz çözeltisi için kayma hızı

görünür viskozite grafiği.

(sıcaklık (°C): ■ 20, □ 22, • 25, o 27, ♦30) 148

Şekil 4.23. 10 kg/m³' lük karboksimetil selüloz çözeltisi için kayma hızı

görünür viskozite grafiği

(sıcaklık (°C): ■ 20, □ 22, • 25, o 27, ♦30) 148

Şekil 4.24. 15 kg/m³' lük karboksimetil selüloz çözeltisi için kayma hızı

görünür viskozite grafiği

(sıcaklık (°C): ■ 20, □ 22, • 25, o 27, ♦30) 149

Şekil 4.25. 20 kg/m³' lük karboksimetil selüloz çözeltisi için kayma hızı

görünür viskozite grafiği

(sıcaklık (°C): ■ 20, □ 22, • 25, o 27, ♦30) 149

Şekil 4.26. 25 kg/m³' lük karboksimetil selüloz çözeltisi için kayma hızı

görünür viskozite grafiği.

(sıcaklık (°C): ■ 20, □ 22, • 25, o 27, ♦30) 150

Şekil 4.27. 30 kg/m³' lük karboksimetil selüloz çözeltisi için kayma hızı

görünür viskozite grafiği.

(sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$): ■ 20, □ 22, • 25, ○ 27, ◆ 30 150

Şekil 4.28. Arrhenius grafiği (rotor devir sayısı=3 dev/dk)

(karboksimetil selüloz kons. (kg/m^3):

◇ 5, ◆ 10, ○ 15, • 20, □ 25, ■ 30) 151

Şekil 4.29. Arrhenius grafiği (rotor devir sayısı =6 dev/dk)

(karboksimetil selüloz kons. (kg/m^3):

◇ 5, ◆ 10, ○ 15, • 20, □ 25, ■ 30) 152

Şekil 4.30. Arrhenius grafiği (rotor devir sayısı =9 dev/dk)

karboksimetil selüloz kons. (kg/m^3):

◇ 5, ◆ 10, ○ 15, • 20, □ 25, ■ 30) 152

Şekil 4.31. Arrhenius grafiği (rotor devir sayısı =12 dev/dk)

(karboksimetil selüloz kons. (kg/m^3):

◇ 5, ◆ 10, ○ 15, • 20, □ 25, ■ 30) 153

Şekil 4.32. Arrhenius grafiği (rotor devir sayısı =15 dev/dk)

(karboksimetil selüloz kons. (kg/m^3):

◇ 5, ◆ 10, ○ 15, • 20, □ 25, ■ 30) 153

Şekil 4.33. Arrhenius grafiği (rotor devir sayısı =18 dev/dk)

(karboksimetil selüloz kons. (kg/m^3):

◇ 5, ◆ 10, ○ 15, • 20, □ 25, ■ 30) 154

Şekil 4.34. Arrhenius grafiği (rotor devir sayısı =20 dev/dk)

(karboksimetil selüloz kons. (kg/m^3):

◇ 5, ◆ 10, ○ 15, • 20, □ 25, ■ 30) 154

Şekil 4.35. Arrhenius grafiği (rotor devir sayısı =25 dev/dk)

(karboksimetil selüloz kons. (kg/m^3):

◇ 5, ◆ 10, ○ 15, • 20, □ 25, ■ 30) 155

Şekil 4.36. Arrhenius grafiği (rotor devir sayısı =30 dev/dk)

(karboksimetil selüloz kons. (kg/m^3):

◇ 5, ◆ 10, ○ 15, • 20, □ 25, ■ 30) 155

Şekil 4.37. Arrhenius grafiği (rotor devir sayısı =35 dev/dk)

(karboksimetil selüloz kons. (kg/m^3):

◇ 5, ◆ 10, ○ 15, • 20, □ 25, ■ 30) 156

Şekil 4.38. Arrhenius grafiği (rotor devir sayısı =40 dev/dk) (karboksimetil selüloz kons. (kg/m ³): ◇5, ◆ 10, ○ 15, ● 20 , □ 25, ■ 30)	156
Şekil 4.39. Arrhenius grafiği (rotor devir sayısı =55 dev/dk) (karboksimetil selüloz kons. (kg/m ³): ◇5, ◆ 10, ○ 15, ● 20 , □ 25, ■ 30)	157
Şekil 4.40. Arrhenius grafiği (rotor devir sayısı =50 dev/dk) (karboksimetil selüloz kons. (kg/m ³): ◇5, ◆ 10, ○ 15, ● 20 , □ 25, ■ 30)	157
Şekil 4.41. Arrhenius grafiği (rotor devir sayısı =55 dev/dk) (karboksimetil selüloz kons. (kg/m ³): ◇5, ◆ 10, ○ 15, ● 20 , □ 25, ■ 30)	158
Şekil 4.42. Arrhenius grafiği (rotor devir sayısı =60 dev/dk) (karboksimetil selüloz kons. (kg/m ³): ◇5, ◆ 10, ○ 15, ● 20 , □ 25, ■ 30)	158
Şekil 4.43. 15 dev/dk rotor devir sayısında görünür viskozitenin sıcaklık ve konsantrasyonla değişimi (a)deneysel görünür viskozite değerleri (b) eşitlik 4.23 kullanılarak hesaplanan görünür viskozite değerleri (c) eşitlik 4.24 kullanılarak hesaplanan görünür viskozite değerleri.....	162
Şekil 4.44. Deneysel görünür viskozite değerlerinin hesaplanan görünür viskozite değerleri ile karşılaştırılması (eşitlik no: □ 23, ■ 24).....	162
Şekil 4.45. Akış aktivasyon enerjisi-kayma hızı grafiği.....	163
Şekil 4.46. Log m-T ilişkisi (C(kg/m ³): ◆ 10, ○ 15, ● 20 , □ 25, ■ 30).....	167
Şekil 4.47. Eşitlik 4.34 kullanılarak hesaplanan m değerlerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişimi.....	168
Şekil 4.48. Deneysel m değerlerinin eşitlik 4.32 kullanılarak hesaplanan m değerleri ile karşılaştırılması.....	168
Şekil 4.49. Eşitlik 4.45 kullanılarak hesaplanan n değerlerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişimi.....	169

- ve konsantrasyonla değişimi..... 169
- Şekil 4.50. Deneysel n değerlerinin eşitlik 4.45 kullanılarak hesaplanan n değerleri ile karşılaştırılması..... 170
- Şekil 4.51. Film emülsiyonları ile kaplı şeftalilerde depolama süresiyle ağırlık kaybının değişimi (a) Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4 (Film Emülsiyonu: ■ A, □ K, ● E, ○ C) (b) Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1 (Film Emülsiyonu: ■ B, □ F, ● D, ○ K)..... 171
- Şekil 4.52. Kaplamasız şeftali için Page modeli kullanılarak hesaplanan ağırlık kayıpları ve deneysel olarak belirlenen ağırlık kayıplarının karşılaştırılması..... 175
- Şekil 4.53. Film emülsiyonları ile kaplı şeftalilerde depolama süresiyle pH'nın değişimi (a) Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4 (Film Emülsiyonu: ■ C, □ A, ● K, ○ E) (b) Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1 (Film Emülsiyonu: ■ B, □ F, ● D, ○ K)..... 176
- Şekil 4.54. Film emülsiyonları ile kaplı şeftalilerde depolama süresiyle suda çözünabilir kuru madde miktarının değişimi (a) Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4 (Film Emülsiyonu: ■ C, □ A, ● K, ○ E) (b) Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1 (Film Emülsiyonu: ■ B, □ F, ● D, ○ K)..... 177
- Şekil 4.55. Film emülsiyonları ile kaplı şeftalilerde depolama süresiyle kırılma indisinin değişimi (a) Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4 (Film Emülsiyonu: ■ C, □ A, ● K, ○ E) (b) Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1 (Film Emülsiyonu: ■ B, □ F, ● D, ○ K)..... 178
- Şekil 4.56. Film emülsiyonları ile kaplı şeftalilerde depolama süresiyle titre edilebilir asitliğin değişimi (Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4) (a) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan (Film Emülsiyonu: ■ C, □ A, ● K, ○ E) (b) Ağırlık kaybı hesaba katılarak

- (Film Emülsiyonu: ■ K, □ E, ● C, ○ A)..... 179
- Şekil 4.57. Film emülsiyonları ile kaplı şeftalilerde depolama süresiyle titre edilebilir asitliğin değişimi (Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1)
- (a) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan
- (Film Emülsiyonu: ■ B, □ D, ● K, ○ F)
- (b) Ağırlık kaybı hesaba katılarak
- (Film Emülsiyonu: ■ K, □ F, ● D, ○ B)..... 180
- Şekil 4.58. Film emülsiyonları ile kaplı şeftalilerde depolama süresiyle askorbik asit miktarının değişimi (Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4)
- (a) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan
- (Film Emülsiyonu: ■ E, □ C, ● A, ○ K)
- (b) Ağırlık kaybı hesaba katılarak
- (Film Emülsiyonu: ■ C, □ E, ● A, ○ K)..... 182
- Şekil 4.59. Film emülsiyonları ile kaplı şeftalilerde depolama süresiyle askorbik asit miktarının değişimi (Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1)
- (a) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan
- (Film Emülsiyonu: ■ F, □ D, ● B, ○ K)
- (b) Ağırlık kaybı hesaba katılarak
- (Film Emülsiyonu: ■ F, □ K, ● D, ○ B)..... 183
- Şekil 4.60. Film emülsiyonları ile kaplı elmalarda depolama süresiyle ağırlık kaybının değişimi (a) Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4
- (Film Emülsiyonu: ■ K, □ A, ● C, ○ E)
- (b) Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1
- (Film Emülsiyonu: ■ B, □ D, ● K, ○ F)..... 186
- Şekil 4.61. Kaplamasız elma için polinom modeli kullanılarak hesaplanan ağırlık kayıpları ve deneysel olarak belirlenen ağırlık kayıplarının karşılaştırılması..... 187
- Şekil 4.62. Film emülsiyonları ile kaplı elmalarda depolama süresiyle pH' nın değişimi (a) Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4
- (Film Emülsiyonu: ■ K, □ C, ● A, ○ E)
- (b) Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1
- (Film Emülsiyonu: ■ K, □ B, ● D, ○ F)..... 189

çözünebilir kuru madde miktarının değişimi

(a) Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4

(Film Emülsiyonu: ■ E, □ C, ● A, ○ K)

(b) Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1

(Film Emülsiyonu: ■ F, □ D, ● B, ○ K)..... 190

Şekil 4.64. Film emülsiyonları ile kaplı elmalarda depolama süresiyle kırılma

indisinin değişimi (a) Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4

(Film Emülsiyonu: ■ E, □ C, ● A, ○ K)

(b) Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1

(Film Emülsiyonu: ■ F, □ B, ● D, ○ K)..... 191

Şekil 4.65. Film emülsiyonları ile kaplı elmalarda depolama süresiyle titre

edilebilir asitliğin değişimi (Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4)

(a) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan

(Film Emülsiyonu: ■ E, □ A, ● C, ○ K)

(b) Ağırlık kaybı hesaba katılarak

(Film Emülsiyonu: ■ E, □ A, ● C, ○ K)..... 192

Şekil 4.66. Film emülsiyonları ile kaplı elmalarda depolama süresiyle titre

edilebilir asitliğin değişimi (Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1)

(a) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan

(Film Emülsiyonu: ■ F, □ D, ● B, ○ K)

(b) Ağırlık kaybı hesaba katılarak

(Film Emülsiyonu: ■ F, □ D, ● B, ○ K)..... 193

Şekil 4.67. Film emülsiyonları ile kaplı elmalarda depolama süresiyle askorbik

asit miktarının değişimi (Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4)

(a) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan

(Film Emülsiyonu: ■ E, □ C, ● A, ○ K)

(b) Ağırlık kaybı hesaba katılarak

(Film Emülsiyonu: ■ E, □ C, ● A, ○ K)..... 195

Şekil 4.68. Film emülsiyonları ile kaplı elmalarda depolama süresiyle askorbik

asit miktarının değişimi (Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1)

(a) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan

(Film Emülsiyonu: ■ F, □ B, ● D, ○ K)

(b) Ağırlık kaybı hesaba katılarak

(Film Emülsiyonu: ■ F, □ B, ● D, ○ K)..... 196

Şekil 4.69. Film emülsiyonları ile kaplı armutlarda depolama süresiyle

ağırlık kaybının değişimi (a) Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4

(Film Emülsiyonu: ■ A, □ C, ● K, ○ E)

(b) Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1

(Film Emülsiyonu: ■ B, □ D, ● K, ○ F)..... 198

Şekil 4.70. Kaplamasız armut için polinom modeli kullanılarak hesaplanan

ağırlık kayıplarının deneysel olarak belirlenen ağırlık

kayıplarına göre dağılımı 199

Şekil 4.71. Film emülsiyonları ile kaplı armutlarda depolama süresiyle

pH'nın değişimi (a) Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4

(Film Emülsiyonu: ■ A, □ C, ● K, ○ E)

(b) Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1

(Film Emülsiyonu: ■ B, □ D, ● K, ○ F)..... 201

Şekil 4.72. Film emülsiyonları ile kaplı armutlarda depolama süresiyle suda

çözünebilir kuru madde miktarındaki değişim

(a) Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4

(Film Emülsiyonu: ■ E, □ C, ● A, ○ K)

(b) Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1

(Film Emülsiyonu: ■ F, □ D, ● B, ○ K)..... 202

Şekil 4.73. Film emülsiyonları ile kaplı armutlarda suda çözünebilir

kuru madde miktarının zamana göre değişim grafiği

(a) Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4

(Film Emülsiyonu: ■ E, □ C, ● A, ○ K)

(b) Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1

(Film Emülsiyonu: ■ F, □ B, ● D, ○ K)..... 204

Şekil 4.74. Film emülsiyonları ile kaplı armutlarda depolama süresiyle titre

edilebilir asit miktarının değişimi (Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4)

(a) Ağırlık kaybı hesaba Katılmadan

(Film Emülsiyonu: ■ K, □ E, ● A, ○ C)

(b) Ağırlık kaybı hesaba katılarak

- (Film Emülsiyonu: ■ E, □ A, ● C, ○ K)..... 205
- Şekil 4.75. Film emülsiyonları ile kaplı armutlarda depolama süresiyle titre edilebilir asit miktarının değişimi (Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1)
- (a) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan
- Film Emülsiyonu: ■ F, □ K, ● D, ○ B)
- (b) Ağırlık kaybı hesaba katılarak
- (Film Emülsiyonu: ■ F, □ K, ● D, ○ B)..... 206
- Şekil 4.76. Film emülsiyonları ile kaplı armutlarda depolama süresiyle askorbik asit miktarının değişimi (Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4)
- (a) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan
- (Film Emülsiyonu: ■ E, □ A, ● C, ○ K)
- (b) Ağırlık kaybı hesaba katılarak
- (Film Emülsiyonu: ■ E, □ A, ● C, ○ K)..... 207
- Şekil 4.77. Film emülsiyonları ile kaplı armutlarda depolama süresiyle askorbik asit miktarının değişimi (Karboksimetil selüloz içeriği %1.1)
- (a) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan
- (Film Emülsiyonu: ■ F, □ D, ● B, ○ K)
- (b) Ağırlık kaybı hesaba katılarak
- (Film Emülsiyonu: ■ F, □ D, ● B, ○ K)..... 208
- Şekil 4.78. Meyve depolama kamarası içinde ve dışında muhafaza edilen mandalinalarda % ağırlık kaybı (■Meyve depolama kamarası dışında muhafaza edilen örnek, □ Meyve depolama kamarası içinde muhafaza edilen örnek).....210
- Şekil 4.79. Film emülsiyonları ile kaplı mandalinalarda depolama süresiyle ağırlık kaybının değişimi
- (a) Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4
- (Film Emülsiyonu: ■ A, □ K, ● E, ○ C)
- (b) Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1
- (Film Emülsiyonu: ■ B, □ D, ● K, ○ F)..... 211
- Şekil 4.80. Kaplama filmleri ile kaplı mandalinaların fotoğrafları(25. Gün)..... 212
- Şekil 4.81. Kaplamasız mandalina için polinom modeli kullanılarak hesaplanan ağırlık kayıpları ve deneysel olarak belirlenen

ağırlık kayıplarının karşılaştırılması..... 215

Şekil 4.82. Film emülsiyonları ile kaplı mandalinalarda depolama süresiyle

pH'nın değişimi (a) Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4

(Film Emülsiyonu: ■ K, □ C, ● A, ○ E)

(b) Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1

(Film Emülsiyonu: ■ K, □ D, ● B, ○ F)..... 216

Şekil 4.83. Film emülsiyonları ile kaplı mandalinalarda depolama süresiyle

suda çözünebilir kuru madde miktarının değişimi

(a) Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4

(Film Emülsiyonu: ■ E, □ C, ● A, ○ K)

(b) Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1

(Film Emülsiyonu: ■ F, □ B, ● D, ○ K)..... 217

Şekil 4.84. Film emülsiyonları ile kaplı mandalinalarda depolama süresiyle

kırılma indisinin değişimi (a) Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4

(Film Emülsiyonu: ■ E, □ C, ● A, ○ K)

(b) Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1

(Film Emülsiyonu: ■ F, □ B, ● D, ○ K)..... 218

Şekil 4.85. Film emülsiyonları ile kaplı mandalinalarda depolama süresiyle

titre edilebilir asitliğin değişimi(Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4)

(a) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan

(Meyve : Kabuksuz Film Emülsiyonu: ■ E, □ C, ● K, ○ A)

(b) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan

(Meyve : Kabuklu Film Emülsiyonu: ■ E, □ C, ● K, ○ A)

(c) Ağırlık kaybı hesaba katılarak

(Meyve : Kabuksuz Film Emülsiyonu: ■ E, □ C, ● K, ○ A)

(d) Ağırlık kaybı hesaba katılarak

(Meyve : Kabuklu Film Emülsiyonu: ■ E, □ C, ● K, ○ A)..... 220

Şekil 4.86. Film emülsiyonları ile kaplı mandalinalarda depolama süresiyle

titre edilebilir asitliğin değişimi (Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1)

(a) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan

(Meyve : Kabuksuz Film Emülsiyonu: ■ F, □ B, ● D, ○ K)

(b) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan

(Meyve : Kabuklu Film Emülsiyonu: ■ F, □ B, ● D, ○ K)

(c) Ağırlık kaybı hesaba katılarak

(Meyve : Kabuksuz Film Emülsiyonu: ■ F, □ D, ● K, ○ B)

(d) Ağırlık kaybı hesaba katılarak

(Meyve : Kabuklu Film Emülsiyonu: ■ F, □ K, ● B, ○ D)..... 221

Şekil 4.87. Film emülsiyonları ile kaplı mandalinalarda depolama süresiyle

askorbik asit miktarının değişimi(Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4)

(a) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan

(Meyve : Kabuksuz Film Emülsiyonu: ■ E, □ A, ● C, ○ K)

(b) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan

(Meyve : Kabuklu Film Emülsiyonu: ■ E, □ A, ● C, ○ K)

(c) Ağırlık kaybı hesaba katılarak

(Meyve : Kabuksuz Film Emülsiyonu: ■ C, □ E, ● A, ○ K)

(d) Ağırlık kaybı hesaba katılarak

(Meyve : Kabuklu Film Emülsiyonu: ■ C, □ E, ● A, ○ K)..... 223

Şekil 4.88. Film emülsiyonları ile kaplı mandalinalarda depolama süresiyle

askorbik asit miktarının değişimi (Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1)

(a) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan

(Meyve : Kabuksuz Film Emülsiyonu: ■ B, □ F, ● D, ○ K)

(b) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan

(Meyve : Kabuklu Film Emülsiyonu: ■ B, □ F, ● D, ○ K)

(c) Ağırlık kaybı hesaba katılarak

(Meyve : Kabuksuz Film Emülsiyonu: ■ F, □ B, ● D, ○ K)

(d) Ağırlık kaybı hesaba katılarak

(Meyve : Kabuklu Film Emülsiyonu: ■ F, □ B, ● K, ○ D)..... 225

Şekil E.1.1. %60'lık Gliserin İçin Kayma Hızına Karşı Kayma Gerilmesinin

Değişimi (Sıcaklık (°C): ■20,□22,●25,○27,◆30) 246

Şekil E.1.2.Askorbik Asit Tayini İçin Standart Eğri..... 248

TABLOLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Selüloz ve Türevlerinin Molekül Ağırlıkları.....	7
Tablo 2.2. Karboksimetil Selülozun Kullanım Alanları ve İşlevi.....	27
Tablo 2.3. Zamandan Bağımsız Akışkanların Akış Davranışını Tanımlayan Reolojik Modeller.....	41
Tablo 2.4. Bazı Meyvelerde Şekerlerin Dağılımı.....	43
Tablo 2.5. Bazı Meyvelerin C Vitamini İçeriği.....	46
Tablo 2.6. Bazı Meyvelerin Mineral Madde İçerikleri.....	47
Tablo 2.7. Bazı Meyvelerdeki Toplam Asit Miktarları, Dominant ve İkinci Derecedeki Asit Çeşitleri	48
Tablo 2.8. Yıllar İtibariyle Yaş Meyve ve Sebze Üretimi (Miktar: 1000 Ton).....	51
Tablo 2.9. Yıllar İtibariyle Dünya Yaş Meyve Üretimi (1000 Ton).....	51
Tablo 2.10. Yıllar İtibariyle Yaş Sebze ve Meyve İhracatımız (Miktar: 1000 Ton - Değer: 1000 US\$).....	52
Tablo 2.11. Yıllar İtibariyle Yaş Meyve İthalatımız (Miktar: Ton-Değer: US \$).....	54
Tablo 2.12. Bazı Meyveler İçin Uygun Depolama Koşulları.....	65
Tablo 3.1. Film Emülsiyonlarının Bileşimi.....	108
Tablo 4.1. Şeker Pancarı Küspesinin Bileşimi.....	118
Tablo 4.2. Şeker Pancarı Küspesinin Selüloz İçeriği.....	119
Tablo 4.3. Farklı Ekstraksiyon Koşullarında Elde Edilen Selüloz Kullanılarak Hazırlanan Selüloz Çözeltilerinin Relatif Viskozite Spesifik Viskozite ve İndirgenmiş Viskozite Değerleri.....	121
Tablo 4.4. İntrinsik Viskozite – Konsantrasyon İlişkisi İçin Eşitlikler	123
Tablo 4.5. Ortalama Molekül Ağırlığını Hesaplamak İçin Gerekli Veriler.....	125
Tablo 4.6. Farklı Konsantrasyonlardaki Selüloz Çözeltilerinin Arrhenius Model Parametreleri.....	130
Tablo 4.7. Selüloz Çözeltilerinin Viskozitesine Konsantrasyon ve Sıcaklığın Birlikte Etkisi.....	132
Tablo 4.8. Farklı Reaksiyon Koşullarının Karboksimetil Selülozun Süstitüsyon Derecesine Etkisi.....	139

Tablo 4.9. Reolojik Model Parametreleri.....	142
Tablo 4.10. Akış Aktivasyon Enerjisinin Kayma Hızı ile Değişimi.....	159
Tablo 4.11. Karboksimetil Selüloz Çözeltilerinin Görünür Viskozitesine Sıcaklık ve Konsantrasyonun Birlikte Etkisi (Eşitlik 4.23).....	160
Tablo 4.12. Karboksimetil Selüloz Çözeltilerinin Görünür Viskozitesine Sıcaklık ve Konsantrasyonun Birlikte Etkisi (Eşitlik 4.24).....	161
Tablo 4.13. Eşitlik 4.32-4.35 için Model Katsayıları.....	166
Tablo 4.14. Eşitlik 4.43-46 için Model Katsayıları.....	167
Tablo 4.15. Şeftali için Modifiye Edilmiş Kurutma Modellerinin Katsayıları.....	174
Tablo 4.16. Şeftaliler için Film Emülsiyonlarının Analiz Sonuçlarına Göre Kullanılabilirliği.....	184
Tablo 4.17. Elma için Modifiye Edilmiş Kurutma Modellerinin Katsayıları.....	188
Tablo 4.18. Elmalar için Film Emülsiyonlarının Analiz Sonuçlarına Göre Kullanılabilirliği.....	197
Tablo 4.19. Armut için Modifiye Edilmiş Kurutma Modellerinin Katsayıları.....	200
Tablo 4.20. Armutlar için Film Emülsiyonlarının Analiz Sonuçlarına Göre Kullanılabilirliği.....	209
Tablo 4.21. Mandalina için Modifiye Edilmiş Kurutma Modellerinin Katsayıları..	214
Tablo 4.22. Mandalinalar için Film Emülsiyonlarının Analiz Sonuçlarına Göre Kullanılabilirliği.....	227
Tablo E1.1. %60'lık Gliserin İçin Rotor Devir Sayısı İle Rotora Uygulanan Tork Değerlerinin Değişimi.....	245
Tablo E1.2. %60'lık Gliserin İçin Kayma Hızı-Kayma Gerilim Değerleri.....	246
Tablo E1.3. Kalibrasyon Katsayıları.....	247
Tablo E1.4. Standart Askorbik Asit Çözeltileri İçin Okunan Absorbans Değerleri.....	247
Tablo E2.1. Farklı Ekstraksiyon Koşullarında Elde Edilen Selüloz Kullanılarak Hazırlanan Selüloz Çözeltileri İçin (C , η_{sp}/C) Grafiği (Staudinger ve Huggins). (Süre(Saat): 10).....	249
Tablo E2.2. Farklı Ekstraksiyon Koşullarında Elde Edilen Selüloz Kullanılarak Hazırlanan Selüloz Çözeltileri İçin	

(C, η_{sp}/C) Grafiği (Staudinger ve Huggins)	
(Süre(Saat): 16).....	249
Tablo E2.3 Farklı Ekstraksiyon Koşullarında Elde Edilen Selüloz	
Kullanılarak Hazırlanan Selüloz Çözeltileri İçin	
(C, η_{sp}/C) Grafiği (Staudinger ve Huggins)	
(Süre(Saat): 22)	249
Tablo E2.4. Farklı Ekstraksiyon Koşullarında Elde Edilen	
Selüloz Kullanılarak Hazırlanan Selüloz Çözeltileri İçin	
(C, $L\eta_r/C$) Grafiği (Kraemer Eşitliği)	
(Süre(Saat): 10)	249
Tablo E2.5. Farklı Ekstraksiyon Koşullarında Elde Edilen Selüloz	
Kullanılarak Hazırlanan Selüloz Çözeltileri İçin	
(C, $L\eta_r/C$) Grafiği (Kraemer Eşitliği)	
(Süre(Saat): 16)	250
Tablo E2.6. Farklı Ekstraksiyon Koşullarında Elde Edilen Selüloz	
Kullanılarak Hazırlanan Selüloz Çözeltileri İçin	
(C, $L\eta_r/C$) Grafiği (Kraemer Eşitliği)	
(Süre(Saat): 22).....	250
Tablo E2.7. Farklı Ekstraksiyon Koşullarında Elde Edilen Selüloz	
Kullanılarak Hazırlanan Selüloz Çözeltileri İçin	
(C, $\text{Log}(\eta_{sp}/C)$) Grafiği (Martin Eşitliği)	
(Süre(Saat): 10).....	250
Tablo E2.8. Farklı Ekstraksiyon Koşullarında Elde Edilen Selüloz	
Kullanılarak Hazırlanan Selüloz Çözeltileri İçin	
(C, $\text{Log}(\eta_{sp}/C)$) Grafiği (Martin Eşitliği)	
(Süre(Saat): 16).....	251
Tablo E2.9. Farklı Ekstraksiyon Koşullarında Elde Edilen Selüloz	
Kullanılarak Hazırlanan Selüloz Çözeltileri İçin	
(C, $\text{Log}(\eta_{sp}/C)$)Grafiği (Martin Eşitliği)	
(Süre(Saat): 22).....	251
Tablo E2.10.Molekül Ağırlığı- İntresik Viskozite İlişkisi	
Tablo E2.11.Selüloz Çözeltilerinin Viskozitesine Sıcaklık ve	

Konsantrasyonun Etkisi.	251
Tablo E2.12. Arrhenius Grafiği.....	252
Tablo E2.13. Model 6 Kullanılarak Hesaplanan Selülozun Viskozite Değerlerinin Sıcaklık ve Konsantrasyon İle Değişimi.....	252
Tablo E2.14. Deneysel Viskozite Değerlerinin Model 6 Kullanılarak Hesaplanan Viskozite Değerleri İle Karşılaştırılması.....	253
Tablo E2.15. Rotor Devir Sayısı (N) (dev/dk) Tork (Nm) Verileri.....	253
Tablo E2.16. 5 kg/m ³ 'lük Karboksimetil Selüloz Çözeltisi İçin Reolojik Veriler.	255
Tablo E2.17. 10 kg/m ³ 'lük Karboksimetil Selüloz Çözeltisi İçin Reolojik Veriler.	257
Tablo E2.18. 15 kg/m ³ 'lük Karboksimetil Selüloz Çözeltisi İçin Reolojik Veriler.	258
Tablo E2.19. 20 kg/m ³ 'lük Karboksimetil Selüloz Çözeltisi İçin Reolojik Veriler.	260
Tablo E2.20. 25 kg/m ³ 'lük Karboksimetil Selüloz Çözeltisi İçin Reolojik Veriler.	262
Tablo E2.21. Arrhenius Grafiği (rotor devir sayısı=3 dev/dk).....	263
Tablo E2.22. Arrhenius Grafiği (rotor devir sayısı =6 dev/dk)	264
Tablo E2.23. Arrhenius Grafiği (rotor devir sayısı =9 dev/dk).....	264
Tablo E2.24. Arrhenius Grafiği (rotor devir sayısı =12 dev/dk)	264
Tablo E2.25. Arrhenius Grafiği (rotor devir sayısı =15 dev/dk).....	264
Tablo E2.26. Arrhenius Grafiği (rotor devir sayısı =18 dev/dk).....	265
Tablo E2.27. Arrhenius Grafiği (rotor devir sayısı =20 dev/dk).....	265
Tablo E2.28. Arrhenius Grafiği (rotor devir sayısı =25 dev/dk).....	265
Tablo E2.29. Arrhenius Grafiği (rotor devir sayısı =30 dev/dk).....	265
Tablo E2.30. Arrhenius Grafiği (rotor devir sayısı =35 dev/dk).....	266
Tablo E2.31. Arrhenius Grafiği (rotor devir sayısı =40 dev/dk).....	266
Tablo E2.32. Arrhenius Grafiği (rotor devir sayısı =45 dev/dk).....	266
Tablo E2.33. Arrhenius Grafiği (rotor devir sayısı =50 dev/dk).....	266
Tablo E2.34. Arrhenius Grafiği (rotor devir sayısı =55 dev/dk	267
Tablo E2.35. Arrhenius Grafiği (rotor devir sayısı =60 dev/dk).....	267
Tablo E2.36. Eşitlik 4.23-4.24' Deki Katsayıların Hooke-Jeeves ve Quasi-Newton Tahmin Metodu Kullanılarak Belirlenmesinde Kullanılan Farklı Rotor Devir Sayılarındaki Görünür Viskozite (mPas) Verileri.....	267
Tablo E2.37. 15 Dev/dk Rotor Devir Sayısında Görünür Viskozitenin Sıcaklık	

ve Konsantrasyonla Değişimi (a)Deneysel Görünür Viskozite

Değerleri (b) Eşitlik 4.23 Kullanılarak Hesaplanan Görünür

Viskozite Değerleri (c) Eşitlik 4.24 Kullanılarak Hesaplanan

Görünür Viskozite Değerleri..... 268

Tablo E2.38. Akış Aktivasyon Enerjisi - Kayma Hızı Grafiği..... 269

Tablo E2.39. Şekil 4.46-4.50 için Veriler..... 269

Tablo E2.40. A Film Emülsiyonu ile Kaplı Şeftaliler için Veriler..... 270

Tablo E2.41. B Film Emülsiyonu ile Kaplı Şeftaliler için Veriler..... 270

Tablo E2.42. C Film Emülsiyonu ile Kaplı Şeftaliler için Veriler..... 271

Tablo E2.43. D Film Emülsiyonu ile Kaplı Şeftaliler için Veriler..... 271

Tablo E2.44. E Film Emülsiyonu ile Kaplı Şeftaliler için Veriler..... 272

Tablo E2.45. F Film Emülsiyonu ile Kaplı Şeftaliler için Veriler..... 272

Tablo E2.46. Kontrol Amaçlı Şeftaliler için Veriler..... 273

Tablo E2.47. Elma İçin Ağırlık Kaybı Verileri..... 273

Tablo E2.48. A Film Emülsiyonu ile Kaplı Elmalar için Veriler..... 274

Tablo E2.49. B Film Emülsiyonu ile Kaplı Elmalar için Veriler..... 274

Tablo E2.50. C Film Emülsiyonu ile Kaplı Elmalar için Veriler..... 275

Tablo E2.51. D Film Emülsiyonu ile Kaplı Elmalar için Veriler..... 275

Tablo E2.52. E Film Emülsiyonu ile Kaplı Elmalar için Veriler..... 276

Tablo E2.53. F Film Emülsiyonu ile Kaplı Elmalar için Veriler..... 276

Tablo E2.54. Kontrol Amaçlı Elmalar için Veriler..... 277

Tablo E2.55. Armut için Ağırlık Kaybı Verileri..... 277

Tablo E2.56. A Film Emülsiyonu ile Kaplı Armutlar için Veriler..... 278

Tablo E2.57. B Film Emülsiyonu ile Kaplı Armutlar için Veriler..... 278

Tablo E2.58. C Film Emülsiyonu ile Kaplı Armutlar için Veriler..... 279

Tablo E2.59. D Film Emülsiyonu ile Kaplı Armutlar için Veriler..... 279

Tablo E2.60. E Film Emülsiyonu ile Kaplı Armutlar için Veriler..... 280

Tablo E2.61. F Film Emülsiyonu ile Kaplı Armutlar için Veriler..... 280

Tablo E2.62. Kontrol Amaçlı Armutlar İçin Veriler..... 281

Tablo E2.63. A Film Emülsiyonu ile Kaplı Mandalinalar için Veriler..... 281

Tablo E2.64. B Film Emülsiyonu ile Kaplı Mandalinalar için Veriler..... 282

Tablo E2.65. C Film Emülsiyonu ile Kaplı Mandalinalar için Veriler..... 282

Tablo E2.65.C Film Emülsiyonu ile Kaplı Mandalinalar için Veriler.....	282
Tablo E2.66.D Film Emülsiyonu ile Kaplı Mandalinalar İçin Veriler.....	283
Tablo E2.67.E Film Emülsiyonu ile Kaplı Mandalinalar için Veriler.....	283
Tablo E2.68.F Film Emülsiyonu ile Kaplı Mandalinalar için Veriler.....	284
Tablo E2.69.Kontrol Amaçlı Mandalinalar İçin Veriler.....	284
Tablo E2.70. Mandalinalar için Ağırlık Kaybı Verileri.....	285
Tablo E3.1. 30 kg/m ³ 'lük Karboksimetil Selüloz Çözeltisi için Bilgisayar Çıktısı.....	292



SİMGELER LİSTESİ

a	Eşitlik 2.1 ve 3.17'deki sabit
A	Eşitlik 2.5' deki sabit
A, B	Eyring model parametreleri
A_1	Eşitlik 4.25-4.31'in parametreleri
$A_{11}, A_{12}, A_{13}, A_{14}$	Eşitlik 4.25-4.31'in parametreleri
$A_{21}, A_{22}, A_{23}, A_{24}$	Eşitlik 4.37-4.42' in parametreleri
C	Konsantrasyon (kg/m^3)
$dV_x / dy = \dot{\gamma}$	Kayma hızı (s^{-1})
E_a	Akış aktivasyon enerjisi (kJ/mol)
k	Huggins, Kraemer ve Martin sabitleri
K	Eşitlik 2.1'deki sabit
K_1	Tablo 2.4 deki çeşitli reolojik modellerin parametreleri
L	Rotor etkin uzunluğu (m)
$(\log m)_1, (\log m)_2$	Eşitlik 4.25-4.31'in parametreleri
$(\log m)_3, (\log m)_4$	Eşitlik 4.25-4.31'in parametreleri
m	Akışkanlık sabiti (Pa s^n)
m_0, m_1, m_2, m_3, m_4	Eşitlik 4.25-4.31'in parametreleri
M	Molekül ağırlığı (kg/kgmol)
M_d	Tork (N.m)
$\bar{M}_{w, \text{ort}}$	Ortalama molekül ağırlığı (kg/kgmol)
n	Akış davranış indeksi ve Kırılma indisi
n, n_1, n_2	Tablo 2.4 deki çeşitli reolojik modellerin parametreleri
n_0	Çözücünün (%37 'lik HCl) kırılma indisi
n_1, n_2, n_3, n_4	Tablo 2.3' ün parametreleri
$n_{01}, n_{02}, n_{03}, n_{04}$	Eşitlik 4.37-4.42' in parametreleri
N	Rotor devir sayısı (devir/s)
N_0	Avagadro sayısı (6.023×10^{23})
r	Radyal yöndeki uzaklık (m)
R_i	Dış silindir iç yarıçapı (m)
R_0	Rotor yarıçapı (m)

R	İdeal gaz sabiti (kJ/mol K)
t	Viskozimetrede akma süresi (s)
T	Sıcaklık (K)
V_{ϕ}	Açısal yöndeki hız (m/s)
α	Ellis parametresi (boyutsuz)
δ, δ_1	Eşitlik 4.20'nin parametreleri
$\varepsilon, \varepsilon_1$	Eşitlik 4.20'nin parametreleri
η_a	Görünür viskozite (mPas)
$[\eta], \eta_i$	İntrinsik viskozite (m ³ /kg)
η_o	Çözücünün (%37'lik HCl) viskozitesi (mPas)
η_o	Eşitlik 4.20' nin parametresi
η_o, η_{∞}	Tablo 2.3' deki çeşitli reolojik modellerin parametreleri
η_{ind}	İndirgenmiş viskozite (m ³ /kg)
η_r	Relatif viskozite
η_{sp}	Spesifik viskozite
λ	Monokromatik sodyum ışığının dalga boyu (0.5893x10 ⁻⁶ m)
$\eta=\mu=\mu_o$	Viskozite (Pas)
μ_o	Reiner-Philippoff parametresi (Pas)
μ_{∞}	Reiner-Philippoff parametresi (Pas)
ν	Kinematik viskozite (m ² /s)
θ	Hagenbach düzeltme katsayısı
ρ	Yoğunluk (kg/m ³)
ρ_o	Çözücünün (%37' lik HCl) yoğunluğu (kg/m ³)
τ	Bulanıklık (m ⁻¹)
τ_s	Reiner-Philippoff parametresi (N/m ²)
τ_o	Eşik kayma gerilmesi (N/m ²)
$\tau_{yx}, \tau_{r\phi}$	Kayma gerilimi (N/m ²)
ψ_o	Ellis parametresi (m ² s ⁻¹ N ⁻¹)
ψ_1	Ellis parametresi (m ^{2\alpha} s ⁻¹ N ^{-\alpha})

ve saflaştırılmasını güçleştirir. Selüloz doğal olarak bulunan organik bileşiklerden en bol olanıdır ve insanların ihtiyacı olan çoğu ürünlerin bir bileşenidir. Selüloz; kağıt ürünlerinde, selüloz nitrat, etil selüloz, selüloz asetat, metil selüloz ve karboksimetil selüloz gibi selüloz türevlerinin hazırlanmasında ve viskoz ipeği, sellofan gibi rejenere selüloz ürünlerinde hammadde olarak kullanılır (Kirk-Othmer,1967).

Selüloz eterleri arasında en çok miktarda kullanılan karboksimetil selülozdur. Karboksimetil selüloz gıda uygulamaları için % 99 saflıkta, teknik olarak da % 55 – 65 saflıkta üretilmektedir. Gıda uygulamaları için ham ürünün saflaştırılması, ürünün kendisini çözmeyen alkol-su karışımı ile yan ürünlerin ekstrakte edilmesiyle sağlanır. Karboksimetil selülozun kalınlaştırıcı, yapıştırıcı, bağlayıcı ve stabilizatör olması, yağlara ve organik çözücülere karşı dayanıklı olan mükemmel film oluşturması, tepkimelerde fizyolojik olarak etkisiz olması, anyonik olması, emülsiyon oluşturması, sıcak ve soğuk suda çözünmesi, insan ve hayvanlara zararsız olması gibi özellikleri vardır. Bu özellikleri ile karboksimetil selüloz deterjan, boya, duvar kağıdı tutkalı, kağıt ve mukavva, tekstil, petrol sondaj çamurları, seramik, gıda maddeleri, kozmetik ve eczacılık endüstrileri gibi geniş bir alanda kullanılmaktadır. Ayrıca karboksimetil selüloz meyve ve sebzelerin bozulmalarının geciktirilmesinde kullanılan kaplama filmlerinde hidrofil madde olarak da kullanılmaktadır (Erbil, 1985; Far, 1992, Horner ve ark., 1999).

Türkiye ekolojik yapısı nedeniyle bahçe ürünleri bakımından büyük üretim potansiyeline sahip bulunan bir ülkedir. Bazı tropik ve subtropik meyveler hariç dünya üzerinde görülen tüm ürünler ülkemizde ekonomik anlamda yetiştirilebilmektedir. Tarımsal üretimin yaklaşık yarısını meyve ve sebze üretimi oluşturmaktadır. Türkiye 2000 yılında istatistiklere göre 41 milyon ton düzeyine ulaşan yaş meyve ve sebze üretimi ile dünyanın önemli üretici ülkelerinden birisi konumundadır. Ülkemizde üretilen meyve ve sebzelerin bir kısmı ihraç edilirken büyük bir kısmı iç pazarda tüketiciye sunulmaktadır. Özellikle iç tüketime sunulan ürünlerde nakliye ve pazarlama esnasında büyük oranda kayıplar olmaktadır. Yapılan hesaplamalara göre dünyada olduğu gibi ülkemizde de üretilen meyve sebzelerin % 25 i üreticiden tüketiciye ulaşmaya kadar bozulup atılmaktadır. Ayrıca Türkiye’de üretilen bahçe ürünlerinin büyük bir kısmı depolama olanaklarının yeterli ölçüde sağlanamamış olması yüzünden derme işleminden sonra hemen piyasaya arz edilmektedir. Bu durum çoğu kez pazarın birden bire dolmasıyla, ürün israfının yanında fiyatların düşmesine ve üreticinin bundan büyük ölçüde zarar görmesine neden olmaktadır. Pazardaki yığılmayı önlemek için özellikle derim periyodu içerisinde ürünlerin raf ömürlerinde birkaç haftalık hatta birkaç günlük uzatma bile çok fayda sağlayabilir. Türkiye’de yaş meyve ve sebze üretimi miktar itibarıyla önemli olmasına karşın, ihracatın üretime oranı çok düşüktür. İhracata konu olan meyve ve sebze çeşitlerinin uluslararası piyasalarda talep edilen çeşitlere uygun olmayışı ve üretimden tüketime miktar ve kalite kayıplarının yüksekliği bu yapının en önemli nedenleri arasındadır (Pekmezci ve ark.,1984; <http://www.igeme.org.tr/TUR/foyer/tarim/yms1.htm>).

Meyve ve sebzeler su içerikleri yüksek ürünlerdir. Genel olarak % 75-95 oranında su içerirler. Çevre nispi nemi bunu dengelemezse nem kaybeder veya kazanırlar. Meyve ve sebze muhafazasında temel ilke; metabolik faaliyetlerin ürünün ölümüne yol açmayarak en düşük düzeyde devam ettirmesini sağlayan şartların oluşturulmasıdır. Böylece canlı bitki kendi savunma sistemiyle mikroorganizma saldırısına karşı kendini koruyabilmekte ve bünyesindeki gıda unsurlarını daha uzun süre muhafaza edebilmektedir. Meyve ve sebzelerdeki

solunum ve terleme hızları ortamın sıcaklığına, bağıl nemine ve gaz kompozisyonuna bağlı olarak değişmektedir.

Çabuk bozulan, depolama ömrü kısa meyvelerin hasattan tüketim aşamasına kadar özel koşullarda korunmaları gerekmektedir. Meyvelerin canlılıkları hasattan sonrada sürdüğünden solunum ile glukoz parçalanması devam etmekte ve karbondioksit su enerji ve etilen gibi bazı uçucu parçalanma ürünleri açığa çıkmaktadır. Bu gibi yapı değişikliklerinin sonucu olarak mekanik dirençleri, mikroorganizmalara dayanırlıkları azalmakta ve bozulma başlamaktadır. Meyve ve sebzelerin raf ömürlerini uzatmak için çeşitli yöntemler mevcuttur. Soğukta veya kontrollü atmosferde depolama, modifiye atmosferde paketleme ve antimikrobiyal kimyasal maddelerle muamele yaygın olarak kullanılan muhafaza yöntemleridir. Ayrıca uygun kaplama filmleri oluşturularak, meyve ve sebzelerin kaplanmasıyla, üründen nem, oksijen ve karbondioksit giriş ve çıkışları kontrol edilip meyve ve sebze etrafında modifiye atmosfer koşulları sağlanabilir. Böylece su kaybı ve solunum hızı azaltılarak, raf ömrü uzatılabilir. Aynı zamanda kaplama filmleriyle kaplanmış meyve ve sebzelerin fiziksel zararlara karşı dayanıklılığı artacağından, depolama ve nakliye sırasında meydana gelebilecek ürün kaybını azaltmak da mümkündür. Ayrıca, bu filmlere antimikrobiyal ve antioksidan gibi gıda katkı maddeleri eklenerek ürünlerin muhafazasına farklı bir boyut kazandırılabilir. Dış ortamdan bitkiye oksijen transferinin tamamen durması istenmez. Çünkü bu durumda bitkinin yapısındaki glukoz oksijensiz ortamda anaerobik fermentasyona uğramakta ve alkol açığa çıkmaktadır. Bu da meyvenin tat ve aromasını bozmakta, çürümeyi hızlandırmaktadır. Kaplanan filmler suda çözünüyorsa tüketici tarafından yıkanarak çözünmüyor ise meyvenin kabuğu soyularak uzaklaştırılmaktadır. (Ayfer ve ark., 1982; Erbil ve ark., 1985; Erbil ve ark., 1987).

Artan çevre bilinci, daha uzun raf ömrü ve kaliteli gıdalara karşı artan tüketici talebi kaplama filmlerine olan ilgiyi artırmıştır. Kaplama filmleri gıda yüzeyine ince bir film şeklinde uygulanırlar ve genellikle gıdalarla birlikte tüketilirler. Yüksek kaliteli, uzun raf ömrüne sahip, tüketime hazır gıdalara karşı artan tüketici talebi kendi doğal yapısını ve olabildiğince kendi doğal görünüşünü

koruyan ve aynı zamanda güvenli yenebilen minimum korunma işlemine tabi tutulmuş ürünlerin geliştirilmesine öncülük etmiştir. Gıdaların kalite ve raf ömrü bulunduğu ortamdaki su buharı ve koku alışverişi, oksijenle teması, mikrobiyal kontaminasyon ve çevre ile olan etkileşimler sonucunda azalır. Bu amaçla filmlerin ve kaplamaların üretiminde proteinler, polisakkaritler, lipidler, reçineler, mumlar ve bir kısım bitkisel sıvı yağlar kullanılır.

Şeker pancarı küspesinin önemli miktarlarda hemiselüloz ve selüloz içerdiği bildirilmektedir (Phatak ve ark.,1988). Şeker pancarı küspesi selülozundan elde edilen karboksimetil selülozun meyvelerin bozulmalarının geciktirilmesinde kullanılan kaplama filmlerinde hidrofil polimer olarak kullanılarak bu tarımsal endüstri atığının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmanın amacı, şeker pancarı küspesinden selülozun ekstraksiyonunda selüloz verimine ekstraksiyon koşullarının etkisini, selüloz çözeltilerinin intrinsik viskozite-molekül ağırlığı ilişkisini, selüloz çözeltilerinin viskozitesine sıcaklık ve konsantrasyonun birlikte etkisini, selülozdan karboksimetil selüloz üretimini ve karboksimetilasyon işleminin optimizasyonunu, karboksimetil selüloz çözeltilerinin reolojik özelliklerini ve hidrofil polimer olarak karboksimetil selüloz içeren film emülsiyonlarının koruyucu film tabakası olarak meyvelerin bozulmalarının geciktirilmesinde kullanılmasını araştırmaktır.

2.GENEL BİLGİLER

2.1. Selüloz

2.1.1. Selülozun Kimyasal Özellikleri

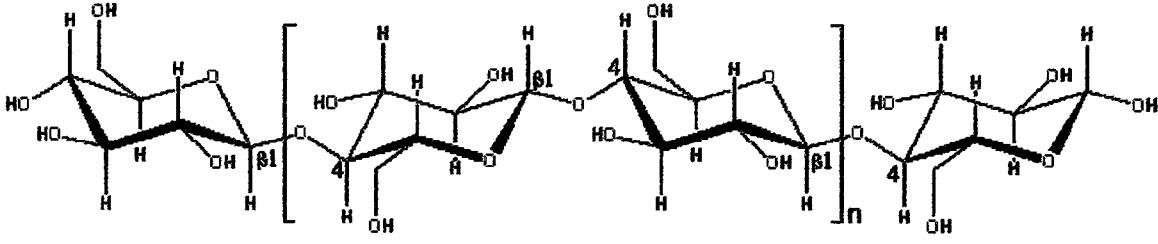
2.1.1.1. Selülozun Moleküler Yapısı

Selüloz molekülü sellübiyoz çiftleri halinde düzenlenmiş uzun ve düz zincir halinde glukoz anhidriti birimlerini içerir. Selüloz, birbirlerine β -1,4-glikozidik bağları ile bağlı D-glukoz birimlerinin uzun zincirlerinden oluşan yüksek molekül ağırlıklı polidispers bir polimerdir.

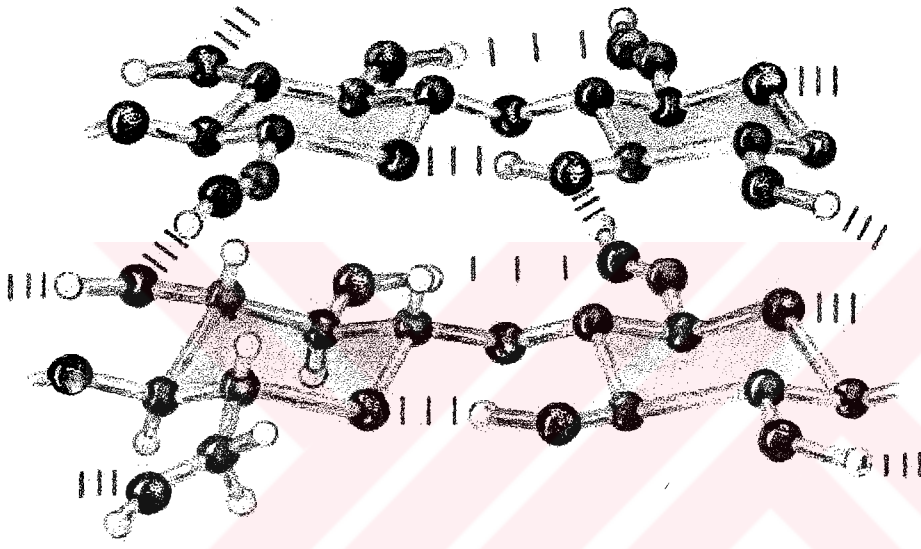
Selüloz molekülündeki her glukoz birimi iki adet sekonder alkol grubundan ve bir adet primer alkol grubundan oluşan üç serbest hidroksil grubu taşır. Bu hidroksil grupları 2., 3. ve 6. karbon atomlarına bağlıdır. Selüloz molekülündeki alkol grupları; alkolat oluşumu, ester oluşumu ve yükseltgenme gibi tipik alkol reaksiyonları verirler. Bu gruplar selülozun su emicilik özelliğinden sorumludurlar.

Her yüz veya daha fazla glukoz biriminde yaklaşık 1 adet karboksil grubu vardır. Selüloz önemli ölçüde bölünmediği takdirde bu grupların sayısı azdır. Ancak bunlar selülozun iyonizasyon katsayısı yaklaşık 2×10^{-14} olan zayıf bir monobazik asit olarak hareket etmesine yetecek sayıda vardır.

Optik çevirme açısı ve asit hidrolizinin kinetiği bağların en azından % 99.9'unun β konfigürasyonunda olduğunu göstermiştir. Selüloz birimlerinde reaksiyon verebilecek 3 serbest hidroksil grubu vardır. Şekil 2.1 ve 2.2' de selülozdaki serbest hidroksil gurupları ve selülozun moleküler yapısı gösterilmiştir (Kirk-Othmer, 1967; http://www.kcpc.usyd.edu.au/discovery/9.2.2/9.2.2_Cellulose.html).



Şekil 2.1. Selülozdaki serbest hidroksil grupları



Şekil 2.2. Selülozun moleküler yapısı

2.1.1.2. Selülozun Molekül Ağırlığı

Ticari selülozun içindeki selülozun zincir uzunluğu ve molekül ağırlığı hakkındaki bilgilerin, selüloz elyafının fiziksel özellikleri ile ortalama zincir uzunluğu arasındaki ilişki nedeniyle pratik bir değeri vardır. Selülozun zincir uzunluğu ne kadar fazla olursa elyaf o kadar kuvvetli ve ısımn, kimyasal maddelerin, biyolojik etkenlerin parçalayıcı etkilerine karşı o kadar dayanıklı olur. Selülozda çok değişik zincir uzunluğunda moleküller vardır. Bu nedenle molekül ağırlığı ortalama esasına göre ifade edilir. İzole edilmiş ticari selülozun içinde

mevcut kısa zincirli maddenin bir kısmı orijinal bitkide aynı şekliyle mevcut olabilir. Ancak ticari selülozdaki kısa zincirli maddenin dikkate değer bir kısmı, muhtemelen selüloz üretimi sırasındaki parçalanmadan ileri gelmektedir. Çok molekülü yapısı nedeniyle, selülozun zincir uzunluğu dağılımını göz önüne almaksızın sadece ortalama polimerizasyon derecesiyle değerlendirmek uygun değildir. İki ticari selüloz hemen hemen aynı polimerizasyon derecesine sahip, ancak zincir uzunluğu dağılımı bakımından birbirinden çok farklı olabilir ve bunun sonucu olarak fiziksel özellikleri bakımından da ayrılırlar. Ortalama polimerizasyon derecesi selüloz kalitesinin bir göstergesidir. Selülozun ortalama zincir uzunluğunu ve molekül ağırlığını saptamak için kullanılan yöntemler; X-ışını kırınımı, viskozite ölçümleri, ultrasantrifüj yöntemleri, osmatik basınç ölçümleri ve uç gurubu saptamalarıdır. Çeşitli selülozların molekül ağırlığı değerleri Tablo 2.1' de gösterilmiştir (Kirk-Othmer, 1967; Aksu, 1985).

Ortalama molekül ağırlığı ve polimerizasyon derecesi arasındaki ilişki aşağıdaki şekilde verilmektedir.

Ortalama molekül ağırlığı = Polimerizasyon derecesi x 162 (tek glukoz biriminin molekül ağırlığı)

Tablo 2.1. Selüloz ve Türevlerinin Molekül Ağırlıkları

	Molekül Ağırlığı	Polimerizasyon Derecesi
Doğal selüloz	600000-1500000	3500-10000
Pamuk	80000-500000	500-3000
Odun pulpu	80000-340000	500-2100
Rejenere selüloz	57000-89000	350-550
Sellofan	45000-57000	280-350
Nitro selüloz	16200-875000	100-3500
Selüloz asetat	28000-58000	175-360

Çoğu polimerlerde olduğu gibi selüloz molekül ağırlığının belli bir seviyenin altına düşmesi, doğal selüloz ve rejenere ürünlerin dayanıklılığının azalmasına yol açar (Kirk-Othmer,1967).

2.1.1.3. Selülozun Reaksiyonları

Selüloz, iki amaçla türevlerine dönüştürülür. İlki selülozun yaygın çözücülerde çözünürlüğünün düşük olması ve işlenebilirliğinin olmamasıdır. Selülozun türevlerine dönüştürülmesi ile fiberler, kaplama veya döküm (örneğin film membranlar) için kullanılabilir çözeltiler ve çeşitli kullanılır formlarda işlenebilir materyaller elde edilir. İkincisi selülozun fiziksel özellikleri türevlerine dönüştürülerek modifiye edilebilir. Bu amaçlarla, selülozun maruz kaldığı reaksiyonlar aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

1) Oksidasyon

- a) Primer hidroksil grupların aldehit veya karboksil gruplara oksidasyonu
- b) Sekonder hidroksil grupların aldehit, keton veya karboksil gruplara oksidasyonu
- c) Uç indirgen grupların karboksil gruplara oksidasyonu

2) Depolimerizasyon

3) Hidroksil grupların organik ve inorganik radikaller ile süstitüsüyonu

4) Hidroksil gruplarındaki hidrojenin yerine başka grupların geçmesi

5) Hidroliz

6) Uç grup reaksiyonları

7) Baz değiştirme reaksiyonları

Oksidasyon çok değişik şartlar altında yürütülebilir. Reaksiyon reaktif ve şartlara bağlı olarak depolimerizasyon ile birlikte yürür. En çok bilinen oksidasyon şekli alkali şartlarda oksijen veya hipoklorit ile yapılan oksidasyondur. Sodyum periyodat ve kurşun tetraasetat 2,3 glikol gruplarını dialdehit grubuna okside eder. HCl, belli şartlar altında aldehit guruplarını karboksil gruplarına okside eder. NO₂'

de bulunan oksijen primer hidroksil grubunu karboksil gruplarına, O_3 ' de bulunan oksijen primer hidroksil grubunu aldehit grubuna okside eder. Oksidasyon, selülozun özelliklerini önemli derecede değiştirir. Ürünler alkali reaktiflere karşı daha az kararlıdır ve liflerin dayanıklılığı genellikle azalır.

Depolimerizasyon çoğu selüloz türevlerinin oluşumunda önemli bir adımdır. İplik yapma işlemlerinde, plastik molding işlemlerinde ve verniklerde kullanılan çözünebilir selüloz türevlerinin vizkozitesini azaltmak için selüloz zincirlerinin kontrollü bir şekilde bölünmesi gereklidir. Asetat veya nitrat için hidroliz, viskoz ipeği için alkali oksidasyon ticari olarak kullanılan depolimerizasyon teknikleridir. Depolimerizasyon için ozon kullanımı, enzimatik hidroliz, yüksek sıcaklık ve yüksek enerjili irradyasyon da kullanılmaktadır. Selüloz bazı bakteri ve mantarlar tarafından da depolimerize edilmektedir. CO_2 ve su mikroorganizmalar tarafından selülozun bozunmasının son ürünleridir.

Heterojen asit hidrolizi, viskozite ve gerilme kuvvetlerinin azalmasına yol açar. Hidrolize olmuş selüloz suda kolloidal çözelti oluşturarak kolayca dispers olur.

İndirgen uç reaksiyonlarının kimyasal amaçlar için selüloz saflaştırılmasında önemi vardır.

Selülozik maddeler, metal iyonlarının hidrojen iyonları ile değiştirildiği katyon değiştirme reaksiyonlarına katıldıklarından iyon değiştiricilere benzerler. Çok değerlikli katyonlar alkali metal katyonlarına kıyasla selüloz lifleri tarafından daha kuvvetli bir şekilde tutulur. Saflaştırılmamış selülozik liflerin iyon değiştirme yeteneği genellikle içerdikleri safsızlıklardan kaynaklanmasına rağmen, saf selülozun iyon değiştirme yeteneği selüloz molekülündeki karboksil gibi asidik gruplardan ileri gelir. Selülozun katyon değiştirme reaksiyonlarının, kimyasal selülozların üretiminde kullanılan yıkama işlemleri sırasında pratik önemi vardır. Bu tür katyon değiştirme reaksiyonları selülozdan yapılan kağıtların elektriksel

direncini de etkiler. Elektriksel direnç selüloza iki değerlikli katyonların bağlanması durumunda daha iyidir.

Selüloz özellikle yüksek sıcaklıklarda asitlerde parçalanarak hidroselüloz olarak bilinen daha düşük molekül ağırlığına sahip bir ürüne dönüşür. HNO_3 , H_2SO_4 ve HCl gibi anorganik asitlerin etkin olmalarına karşı fosfat asiti daha az etkindir. Okzalik asit oldukça etkin ise de, diğer organik asitler etkin değildir. Seyreltik anorganik asitlerin ilk etkileri çabuk ve şiddetlidir, fakat selüloz zincirlerinin yaklaşık 320 glukoz birimi ihtiva ettiği noktada reaksiyon az çok denge konumuna gelir.

Derişik asitlerin etkileri seyreltik olanlara göre farklıdır. Örneğin derişik H_2SO_4 (% 78) selülozu jelatinleştirir, derişik HNO_3 esterleşmeye neden olur. Derişik fosfat asitlerinde düşük sıcaklıklarda çözünen selülozun çok az hidroliz olduğu belirtilmektedir. Asitlerin etkileri oldukça ileri götürüldüğünde selüloz lifleri ufalanabilir beyaz veya krem renginde bir toza dönüşür. En şiddetli şartlar altında son ürünler sadece basit şekerlerdir. Bununla beraber hidroliz asla bu dereceye kadar ilerlemez. Nispeten ılımlı asit koşullarında bırakılan selüloz lifleri yapılarını korurlar, ancak suda ve alkali hidroksitlerde çözünme yeteneği arttığı gibi liflerin kopma dayanımı da azalır. Enzimler de selülozu hidroliz ederler. Selüloz, hayvanların tükürüklerinde veya sindirim sularında bulunan enzimlerden nişastanın aksine büyük ölçüde etkilenmez, fakat bazı mikroorganizmaların özellikle toprakta bulunan bakterilerin oluşturduğu enzimlerden ve bazı mantar enzimlerinden etkilenir.

Yükseltgen maddeler selülozu parçalayarak oksiselüloz denilen daha düşük molekül ağırlığına sahip bir ürün meydana getirirler. Oksiselüloz, yükseltgenmenin şiddetine göre, hemen hemen hiç değişmemiş liflerden kuru toz haline kadar değişik hallerde olabilir. Yükseltgenme maddelerine ve yükseltgenme koşullarına göre çok değişik ürünler elde edilebilir. Hipokloritin nötr ve alkali koşullarda selüloz ile reaksiyonu, nispeten yüksek oranda karboksil gruplarını içeren oksiselüloz açığa çıkarır. Selülozdaki hidroksilleri karbonil guruplarına yükseltgemek için periyodat

asidi, bu karbonil gruplarını karboksil gruplarına dönüştürmek için klorit asidi ve sonradan bu grupları orjinal hidroksil durumuna indirgemek için sodyumborohidrür kullanılabilir. Hidrojen peroksit aldehit karbonillerini karboksillere yükseltger, fakat aynı anda yeni aldehit ve keton karbonillerinin meydana gelmesine neden olur. Klordioksit selülozu yükseltmez. Azotdioksit, öncelikle selüloz gruplarının birincil hidroksillerini karboksil guruplarına yükseltgeyen bir yükseltgeme maddesidir.

Selüloz birçok tipik reaksiyon verir. Bunlardan bazıları ester oluşumu, eter oluşumu ve aldehitlerle olan reaksiyonlardır. Selülozdaki ana reaktif guruplar birincil ve ikincil alkol gruplarıdır. Her glukoz biriminde üç hidroksil grubu bulunduğundan üçlü estere ve üçlü etere kadar sübstitüsyon reaksiyonları yapı bakımından heterojendir. Birincil hidroksil grupları, ikincil hidroksil gruplarından daha aktiftirler. Son türevlerinin özellikleri sübstitüsyon gruplarının tipleri (metil, etil asetil v.s.), sübstitüsyon derecesi yani değişime uğramış ve serbest hidroksil gruplarının birbirine oranı, selüloz molekülünün ortalama zincir uzunluğu ve sübstitüsyon derecesi bakımlarından ürünün üniformluğu tarafından tayin edilir. Sübstitüsyon ile elde edilen değişiklikler doğal olarak hem kimyasal hemde fizikseldir. Selülozun çözünürlüğü ve şişmesi sübstitüsyon derecesinden genellikle etkilenir. Düşük derecede sübstitüsyon ile elde edilen türevler suya karşı başlangıçtaki selülozdan daha duyarlıdır ve hatta suda dağılırlar. Polar olmayan maddelerle elde edilen sübstitüsyon derecesi yüksek türevlerde ise, suya duyarlılık ve su emme azalır, organik çözücülerde çözünürlük artar.

Selüloz esterleri; selüloz nitrat, asetat, format, propiyonat, bütirat, benzoat ve karışık esterlerdir. Ticari olarak kullanılan selüloz esterlerinin çoğu sübstitüsyon derecesi yüksek, çözücülerde çözünebilir cinslerdir. Diğer esterleşme reaksiyonları p-toluen sülfon asidi esterleri ile alkillendirme,benzil klorür ile alkillendirme, karboksi metillendirme, sülfotillendirme, amino alkil sülfat asitleriyle aminlendirme, etilen oksitle hidroksietillendirme, hidroksipropillendirme, siyanürlendirme ve karboksillendirmedir.

Ticari amaçlar için üretilen selüloz eterleri arasında metil, etil, hidroksietil ve karboksimetil selüloz vardır. Selüloz eterleri selülozun anorganik asitlerin esterleri (alkil sülfat veya alkil klorür gibi) ile fazla sodyum hidroksitli ortamda muamele edilmesinden elde edilirler. Eterin özellikleri, sübstitüsyon maddesinin tipine ve sübstitüsyon derecesine bağlıdır. Aynı türden maddelerin molekül ağırlığı arttıkça suya karşı duyarlılık ve su emme gücü azalır ve plastiklik artar.

Selüloz aldehitlerle asitli ortamda reaksiyona girer. Reaksiyonun aldehit ile farklı selüloz zincirlerinde bulunan iki hidroksil grubu arasında meydana geldiğine ve böylece çapraz zincirlemenin oluştuğuna inanılmaktadır. Reaksiyon ürünleri selülozun basit metilen eterleri, $-O-CH_2-O-$ veya daha kompleks polioksümetilen bileşikleri, $-O(CH_2O)_n-$ olabilir. Aldehit konsantrasyonunun yüksek olması, kompleks polioksümetilen bileşiklerin oluşmasını kolaylaştırır (Ott, E., 1946; Casey, 1960; Kirk-Othmer, 1967; Feller ve Wilt, 1990; [http : //www. kcpc.usyd. edu. au / discovery/9.2.2/9.2.2_CellulosetoEthene](http://www.kcpc.usyd.edu.au/discovery/9.2.2/9.2.2_CellulosetoEthene)).

2.1.2. Selülozun Fiziksel Özellikleri

Selüloz molekülünün dikkati çeken fiziksel özelliği genellikle 500-1000 Angstrom civarında olduğu sanılan uzun zincir boyudur. Genellikle molekül genişliğinin yaklaşık 9 Angstrom ve kalınlığının ise 4.7 Angstrom olduğu kabul edilir. Gerilme dayanımı polimerizasyon derecesindeki artışla hemen hemen doğrusal biçimde arttığı için, liflere gerilme dayanımını sağlayan husus tek tek moleküllerin zincir şeklindeki yapısıdır (Kirk-Othmer, 1967).

Kristal ve amorf selüloz: Selüloz liflerinin X-ışını analizi, lifi meydana getiren moleküllerin, lifin kristal bölgesi diye adlandırılan belirli bölgelerinde belirli bir kristal şeklinde mevcut olduğunu göstermiştir. Bu bölgelerde selüloz molekülleri birbirine yakın bir şekilde toplanmış olduğundan, bitişik selüloz zincirleri arasında hidrojen bağlarının meydana gelmesi için en büyük fırsatı sağlamaktadır. Diğer bölgelerde ise moleküllerin düzeni daha rastgele ve daha az sıkıdır. Bu bölgelere

amorf alanlar denir. Amorf alanlar, tamamen amaçsız bölgelerle kristalleşmeye yaklaşan bölgeler arasında değişir. Kristal selülozun amorf selüloza oranının selüloz liflerinin fiziksel özelliği ve etkinliği üzerinde önemli bir etkisi vardır. Doğal liflerdeki amorf maddelerin bir kısmı hemiselülozlar ve lignin gibi selüloz olmayan bileşenlerden oluşmuştur. Ancak amorf durumda olan çok miktarda selüloz da vardır. Genellikle, büyüyen bitkilerde ilk defa oluşan selülozun tamamının amorf olduğuna inanılır. Fakat bu kısmı, bitki olgunlaştıkça kristalleşir. Kristal bölgesinde lifler en yüksek dayanıma, şişmeye karşı en yüksek dirence ve uzamaya karşı en çok dirence sahiptir. Kristal selülozun gerilme dayanımının amorf selülozun 15 katı ve esneklik modülünün, amorf selülozun 10^5 katı olduğu tahmin edilmektedir. Kristal bölgelerde, hidroksiller birbirlerine hidrojen bağı ile zincirlenmiş olduklarından serbest hidroksil yoktur. Amorf bölgelerde lifler en büyük uzamaya ve esnekliğe sahiptir. Selüloz asitlerle veya yükseltgen maddelerle muamele edildiğinde meydana gelen parçalanmanın özellikle amorf bölgelerde olduğuna inanılmaktadır. Katı kristal yapıyı oluşturmamış selüloz yüksek molekül ağırlığına rağmen suda dağılabilir. Bu kristal yapı su moleküllerinin zincirler arasına sızmasını çok zorlaştırmaktadır (Ott, 1946; Kirk-Othmer, 1967).

Selülozda adsorbsiyon ve şişme: Selüloz gazları, sıvıları ve katıları adsorbe edebilir. Selülozun yüksek bir molekül sel kohezyon yeteneği vardır, ancak nüfuz edici maddelerin polarlığı normal olarak yüksek ise liflerde şişme olur. SO_2 , NH_3 , CO_2 gibi polar gazlar, polar olmayan gazlardan daha büyük ölçüde adsorbe edilir. Selülozun suya karşı büyük bir ilgisi vardır. Gerçekte, tamamen kuru selüloz bilinen en nem çekici maddelerden birisidir ve nemi fosfor pentoksit de dahil bilinen bütün kurutma maddelerinden alır. Dengede tutulan su miktarı, selülozun saflığına ve atmosferdeki neme bağlıdır. Hemiselüloz ve parçalanmış selülozlar, gerçek selülozdan biraz daha nem çekici oldukları için, içinde yabancı maddeler bulunan bu liflerin nem miktarı, çok saflaştırılmış liflere göre daha yüksektir. Selüloz lifleri suyu adsorpsiyonla alırlar (Kirk-Othmer, 1967).

Su selülozun lif yapısında kolloidal (bağlı) su, kılcal su ve absorbe edilmiş su şeklinde bulunabilir. Suyun bu çeşitli şekilleri aşağıda ele alınmıştır.

Kolloidal su: Kolloidal veya bağı su selüloz kristallerinin yüzeyinde adsorpsiyonla tutulan sudur. Suyun % 3 ile % 4' e kadarlık kısmı bu şekilde tutulur. Bu su o kadar kuvvetli bir şekilde tutulur ki, serbest su özellikleri artık hiç kalmaz. Örneğin anormal derecede yüksek yoğunluğu vardır, normal sıcaklıklarda donmaz, bir çözücü olarak iş görmez, nem miktarındaki değişmelere karşı fazla duyarlı değildir ve çok düşük buhar basınçları dışında diğer koşullarda tamamen giderilemez. 100 °C sıcaklıkta olan bir etüvde sabit ağırlığa kadar kurutulan lifler bile, kolloidal suyun % 0.5 ile % 1'ini korurlar. Kolloidal su lifin şişmesine neden olduğu gibi fiziksel özelliklerini de etkiler. Emme prosesinin başlangıcında liflerin bir kasılma yaptığı görülür. Bu kasılma selüloz ile su arasındaki kuvvetli çekimin bir kanıtıdır. Bu durum, su molekülleri ile selülozun hidroksil gurupları arasında hidrojen bağlarının oluşumu ile açıklanabilir. Şişme, suyun adsorpsiyonunu hemen izleyerek kristaller arasında daha çok suyun girebileceği yeni alanlar açar. Lif hacmi şişme prosesi sırasında artar, fakat toplam son hacim orijinal katı madde artı suyun hacminden azdır (Kirk-Othmer, 1967) .

Kılcal su : Lifin dar kılcal borularında bulunan kolloidal suya ek olan sudur. Bu su adsorbe edilmiş olmayıp sadece gözenekleri doldurur. Kılcal su sıvılık özelliklerini korur ve ayrıca lifin şişmesine veya fiziksel özelliklerine daha az etki yapması yönünden de kolloidal sudan ayrılır. Kolloidal suyun aksine nem değişikliklerine hemen cevap verir (Casey, 1960) .

Absorbe edilmiş su: Selüloz lifleri doymuş su buharından alabildikleri nemi aldıktan sonra sıvı halde su ile temas ettikleri taktirde lif ağırlığının % 200 ile 300' ü oranında büyük bir miktar suyu yine absorbe ederler. Bu şekilde emilen suya absorbe edilmiş su denir (Casey,1960).

Isının selüloza etkisi: Isının selüloz üzerinde asitler veya yükseltgeme maddelerinden daha çok parçalayıcı etkisi vardır. Çok yüksek sıcaklıkta kurutulan selüloz liflerinin su emiciliğinde ve şişme yeteneğinde suyun kaybolması nedeniyle önemli kayıplar meydana gelir. Bu kayıplar bitişik selüloz molekülleri arasında

meydana gelen kimyasal zincirleme ve artan hidrojen bağları nedeniyle oluşur. Yüksek sıcaklıklarda ısıtılan selüloz liflerinin gerilme dayanımı çok azalır ve çok çabuk kırılabilir duruma gelirler.(Casey, 1960).

Selülozun elektrokinetik potansiyeli: Selülozun önemli özelliklerinden birisi, suda süspansiyon yapıldığında bir zeta potansiyeli olan negatif bir elektrokinetik potansiyeli alma yeteneğidir. Selüloz lifleri sudan hidroksil absorbe ederek, liflere bitişik negatif yüklü bir tabaka oluşturur. Pozitif yüklü iyonlar çekilir ve böylece dış kısımdaki pozitif iyonlar tabakası ile lif yüzeyi arasında bir potansiyel farkı meydana gelir. Bu zeta potansiyelidir. Elektrokinetik potansiyel selüloz liflerinin suda şişmesinde önemli bir etken olup en büyük şişme en yüksek potansiyelde meydana gelir (Casey,1960).

Selülozun yoğunluğu: Lif yapısıyla ilgili çalışmalar tek bir lifteki selülozun yoğunluğunun üniform olmadığını göstermiştir. Selülozun ortalama yoğunluğu selülozun kaynağına ve elde edildiği kimyasal işleme göre değişmektedir. Amorf ve kristal modifikasyonlar için yoğunluk değerleri farklıdır. Amorf selülozun yoğunluğu 1,471-1,489, selüloz I' in yoğunluğu 1,590-1,630, selüloz II' in yoğunluğu 1,600-1,615 arasında değişir (Kirk- Othmer, 1967).

Selülozun çözünürlüğü : Selüloz, higroskopik olmasına rağmen suda çözünmez. Selüloz % 72 H_2SO_4 , % 40 HCl veya % 85 H_3PO_4 derişik mineral asit çözeltilerinde çözünebilir. Oda sıcaklığında mineral asit çözeltilerinde hidroliz olur. Ancak hidroliz hızı düşük sıcaklıklarda oldukça yavaştır. % 72' lik $ZnCl_2$ gibi bazı derişik tuz çözeltileri ve % 10'luk NaOH çözeltisi selülozu şişirir ve hatta düşük molekül ağırlığına sahip kısımlara parçalar. Selülozun çözünmesi için kullanılan iki ana çözücü kupramonyum ve bakır III etilen diamindir. Fakat bakır III etilen diamin daha kalıcı bir dispersiyon (dağılım) meydana getirir. Kupramonyum'da litrede 15 gram bakır ve 200 gram amonyak bulunur. Selüloz bu bileşimdeki kupramonyumda % 4 ile % 5' e kadar çözünebilir. Bakır III etilen diamin yönteminde çözücü bakır hidroksitle doymuş ve bakır miktarı 0.5 mol olacak şekilde seyreltilmiş etilen diamindir. Daha iyi bir çözücü ise etilen diamin ile Cd

katyonunun bir kompleksi olan kadoksendir. İlk iki çözücü mavidir, kadoksen ise renksizdir. Demir-sodyum tartarat kompleksi de çözücü olarak kullanılır. Dİbenzildimetilamonyum hidroksit de selülozu çözer. Selüloz ayrıca susuz azot tetra oksit ve aseto nitril gibi bazı organik bileşiklerin karışımında çözünebilmektedir (Ott, 1946; Casey, 1960; Kirk- Othmer, 1967).

Selüloz çözeltilerinin viskozitesi :Viskozite, selüloz ve türevlerinin çözeltilerinin karakterize edilebildiği en önemli özelliklerden birisidir. Selülozun özelliklerini ölçmek için kullanılan testlerin en önemlilerinden biri çözelti halindeki selülozun viskozitesidir. Viskozite testi selüloz türevlerinin üretiminde selülozun uygunluğunun saptanması açısından önemlidir. Viskozite selüloz konsantrasyonunun ve polimerizasyon derecesinin artmasıyla artar.

Ortalama polimerizasyon derecesini bulmak için kullanılan en basit ve en yaygın yöntem, çözelti viskozitesinin tayinidir. Bu yöntem, uzun zincirli moleküllerde zincir uzunluğunun artmasıyla çözelti viskozitesinin artması esasına dayanır. Selüloz yapısı için moleküler zincir teorisi esaslarına göre düşük bir viskozite sayısı, düşük ortalama zincir uzunluğunun bir göstergesidir. Ancak uzun zincirli moleküllerin çözelti viskozitesi konsantrasyona da önemli ölçüde bağlıdır.

İntrinsik viskozite $[\eta]$ ve molekül ağırlığı arasındaki ilişki Mark-Houwink-Sakurada eşitliği ile verilir (Brandrup ve Immergut, 1975; Feller ve Wilt, 1990).

$$[\eta] = KM^a \quad (2.1)$$

Viskozite ile molekül ağırlığı arasındaki ilişkiyi belirten bu eşitlikteki K ve a sabitleri osmotik basınç veya ışık saçılması yöntemleriyle belirlenebilir. Viskozite ölçümleri genellikle Cu III katyonu ile kompleks halde bulunan amonyak ve etilendiaminde çözülmüş selüloz çözeltisinde yapılır. Önceleri Cuoxam $(Cu(NH_3)_4)(OH)_2$ en yaygın olarak kullanılan çözelti idi. Ancak Cuoxen $(Cu(en)_2)(OH)_2$ (en; etilen diamin $(C_2 H_4(NH_2)_2)$) daha kolay hazırlandığından ve oksijen ile degradasyona çok daha duyarlı olan selüloz çözeltileri verdiği için daha

avantajlıdır. Ayrıca önerilen yeni bir çözücü de demir-sodyum tartarat kompleksidir ($\text{Fe}(\text{C}_4\text{H}_3\text{O}_6)_3 \text{Na}_6$) (Ott, 1946; Casey, 1960; Kirk- Othmer, 1967; Feller ve Wilt,1990).

2.1.3. Selüloz Türevleri

Selüloz, hidroksil guruplarında meydana gelen reaksiyon ve anhidroglukoz birimleri arasındaki bağların bölünmesi ile selüloz türevlerine dönüştürülebilir. Selülozun kimyasal reaksiyonlarla selüloz türevlerine dönüştürülmesi, selülozun özelliklerini değiştirerek kullanılabilirliğini artırır. Örneğin selüloz nitrat, organik çözücülerde çözüldüğünden verniklerde ana bileşen olarak kullanılır. Selüloz türevleri selüloz asetat, selüloz asetat-bütirat ve selüloz nitrat gibi esterler ve metil selüloz, etil selüloz, karbosimetil selüloz ve hidroksietil selüloz gibi eterlerdir. Selüloz türevleri film ve plastikler için en önemli hammaddelerdir.

Selüloz türevleri, anhidroglukoz birimlerinde bulunan üç hidroksil gurubuyla reaksiyon ile ve anhidroglukoz birimleri arasındaki bağları kopararak degradasyon ile meydana gelir. Selüloz amorf bölgeler ile bağlanmış kristal bölgelerden oluşur. Genellikle selülozun yaklaşık % 60-70' i kristal, % 30-40'ı amorf şeklindedir. Kristal şeklindeki selülozda zincirler arasındaki çekim kuvvetleri hidroksil guruplar arasında hidrojen bağlarının oluşmasına neden olur. Bu kuvvetler selülozun suda çözünmesini engelleyecek kadar büyüktür.

Selülozdaki hidroksil gurupları, alifatik alkollerdeki hidroksil gurupları kadar reaktiftir. Ancak, selüloz kristal bölgeleri olan bir polimer olduğundan hidroksil gurupları kimyasal reaktiflere çok duyarlı değildir. Kimyasal reaktiflere duyarlı olan hidroksil guruplarının yüzdesi, reaktif molekülün boyutuna ve selülozun kristallenme derecesine bağlıdır.

Isı ve mikroorganizmalar ile selülozun bozunmasına karşı selülozun direncini artırmak amacıyla amorf bölgelerde ve yüzeyde meydana gelen asetilasyon

ve siyano etilasyon gibi reaksiyonlar, pamuklu dokumanın buruşukluğa karşı direncini artırmak için yüzey reaksiyonları (daha ziyade çapraz bağlanma reaksiyonları) ve selülozun yaygın çözücülerde çözünen bir ürün vermek amacıyla yaptığı reaksiyonlar selülozun tipik reaksiyonlarıdır. Önemli selüloz türevleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

I) Selüloz Esterleri

A. İnorganik

1. Nitrat
2. Sülfat

B. Organik

1. Asetat
2. Propiyonat
3. Asetat propiyonat
4. Asetat bütirat

C. Organik-İnorganik

1. Asetat sülfat

II) Selüloz Eterleri

A. Organik bileşiklerde çözünebilir ve termoplastik eterler

1. Etil selüloz
2. Etilhidroksietil selüloz
3. Siyanoetil selüloz

B. Suda çözülebilir eterler

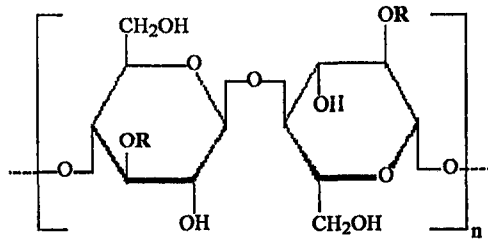
1. Sodyum karboksimetil selüloz
2. Sodyum karboksimetilhidroksietil selüloz
3. Hidroksietil selüloz
4. Metil selüloz
5. Metilhidroksipropil selüloz
6. Etilhidroksietil selüloz
7. Metiletil selüloz
8. Metilhidroksietil selüloz

Suda çözünebilen sülfat ve asetat sülfat hariç selüloz esterlerinin tümü organik bileşiklerde çözünebilir. Diğer önemli bir türev, NaOH ve CS₂ ile selülozun reaksiyonu ile oluşan sodyum selüloz ksantatdır. Bu reaksiyon viskoz ipeği ve selofan üretiminde kullanılır. İdeal bir selüloz eteri Şekil 2.3' de gösterilmiştir.

Şekil 2.3' deki R grupları -CH₃, -CH₂-CH₃, -CH₂CHOHCH₃, -CH₂-CO₂-Na, -CH₂-CH₂OH ve -CH₂CH₂CHOHCH₃ gruplarından biri veya birkaçı olabilir. R grupları kimyasal kinetik, süstitüsyonların dağılımı, çözünürlük, yüzey aktivite, termoplastik özellik, film karakteristiği ve biyolojik olarak bozunabilirlik gibi özellikleri tayin eder (Ott, 1946; Kırk-Othmer,1967; Feller ve Wilt,1990).

Süstitüsyon derecesi : Süstitüsyon derecesi, anhidroglukoz biriminde mevcut üç hidroksil grubundaki süstitüte edilmiş hidroksil grubunun sayısını gösterir. Örneğin süstitüsyon derecesi 2 ise anhidroglukoz birimindeki hidroksil gruplarından 2 tanesi esterleştirilmiş, 1 tanesi ise serbesttir. Hidroksialkil türevleri ile süstitüsyonda yeni bir hidroksil gurubu olduğundan süstitüsyon derecesini ifade ederken zorlukla karşılaşılır. Süstitüsyon derecesi yüksek olan selüloz türevleri daha yüksek çözünürlük gösterirler ve daha kullanışlı olurlar.

Anhidroglukoz birimi başına birleşen reaktifin mol sayısının süstitüsyon derecesine oranı, ortalama yan zincir uzunluğunun bir ölçüsüdür.



Şekil 2.3. İdeal bir selüloz eteri

Selüloz türevlerinin bileşimleri genellikle sübstitüentin ağırlıkça yüzdesine göre ifade edilir. Selüloz asetat için bu % asetil veya % asetik asittir. Tamamen asetillenmiş selüloz için % asetil 44.8 ve % asetik asit 62.5' dir. Selüloz nitratt için genellikle % azot kullanılır. Bu tür ifadelerden sübstitüsyon derecesine dönüşüm kolaylıkla hesaplanabilir veya bu amaç için hazırlanan grafiklerden okunur.

Organik bileşiklerde çözünebilen selüloz türevlerinin sübstitüsyon derecesi 2-3 arasındadır. Suda çözünebilir selüloz türevleri bazı durumlarda daha düşük sübstitüsyon derecesine sahiptir. Örneğin sodyum selüloz sülfat 0.3 sübstitüsyon derecesinde sodyum karboksimetil selüloz ise 0.4 sübstitüsyon derecesinde suda çözünebilir. Daha az polar bir sübstitüent ile daha yüksek sübstitüsyon derecelerinde suda çözünebilirlik meydana gelir (Kirk-Othmer,1967).

Polimerizasyon derecesi: Polimerizasyon derecesi (DP), birim selüloz zinciri başına ortalama anhidroglukoz birimlerinin sayısıdır. Doğal selülozda DP=3500-10000 dir. DP selülozun izolasyonu ve selüloz türevlerinin oluşumu sırasında azalır. DP anhidroglukoz birimleri arasındaki glukozidik bağların bölünmesiyle reaksiyonlar azalır. DP aşağıdaki reaksiyonlar nedeniyle azalır.

- 1- Kuvvetli asit çözeltileri ile hidroliz
- 2- Hava veya diğer oksitleyici vasıtalarla oksidasyon

NaOH varlığında selüloz hava ile kolaylıkla bozunabilir. Sodyum hipoklorit ve peroksit gibi çoğu oksitleyici ajanlar selülozu bozabilir.

- 3- Isıl bozunma

Selüloz türevleri selüloza kıyasla ısıya karşı daha dayanıklıdır.

- 4- Selüloz öğütme ve ultrasonik dalgalar ile bozunur.

5- Selüloz ve türevleri UV ışınları ve X-ışınları gibi yüksek enerjili radyasyon ile bozunabilir.

6- Selüloz bazı mikroorganizmalar ile bozunur. Örneğin, selülaz enzimi selülozu hidroliz eder. Doğal selüloz nemli bir yerde bırakılırsa genellikle enzimler nedeniyle bozunma meydana gelir. Birçok selüloz türevi bakteriyel bozunmaya karşı selülozdan daha dirençlidir (Ott, 1946; Kirk- Othmer, 1967).

Selüloz türevlerinin çözünürlük özellikleri: Selüloz türevlerini çözmeyen çoğu sıvılar selüloz türevleri tarafından absorbe edilir ve onları şişirirler. Bazı sıvılar selüloz türevleri ile jel oluştururlar. Genellikle tek bir çözücü yerine çözücü karışımlarının kullanılması daha iyidir. Örneğin etil alkol, selüloz asetat için bir çözücü olmamasına rağmen sadece metilen klorür yerine metilen klorür-etil alkol karışımı selüloz asetatın en iyi çözücüsüdür. Organik çözücülerde çözünebilen selüloz türevleri için çözünürlük genellikle yüksek sıcaklıklarda daha iyidir. Ancak suda çözünebilen bazı selüloz türevleri düşük sıcaklıklarda daha iyi çözünür.

Çok yüksek molekül ağırlıklı selüloz türevlerinin seyreltik çözeltilerinin viskozitesi yüksektir. Çok düşük konsantrasyonlarda düşük molekül ağırlıklı selüloz türevlerinin çözeltileri Newtonian akışkanlar gibi davranır. Yani viskozite kayma hızından bağımsızdır. Ancak yüksek konsantrasyonlarda viskozite kayma hızına bağlıdır. Bu özellikle yüksek polimerizasyon derecesindeki türevler için böyledir.

Selüloz türevlerinin mekanik özelliklerinin çoğu da polimerizasyon derecesi ile aynı şekilde değişir. 50-100 arası polimerizasyon derecesinin altındaki selüloz türevleri uygun film lif veya plastik oluşturmazlar. Polimerizasyon derecesi 100'den 250' ye artırıldığında mekanik özelliklerde oldukça hızlı bir düzelme görülür. Polimerizasyon derecesi daha da artırıldığında gerilme kuvveti çok daha yavaş bir hızda artar (Ott, 1946; Kırk- Othmer,1967; Feller ve Wilt,1990).

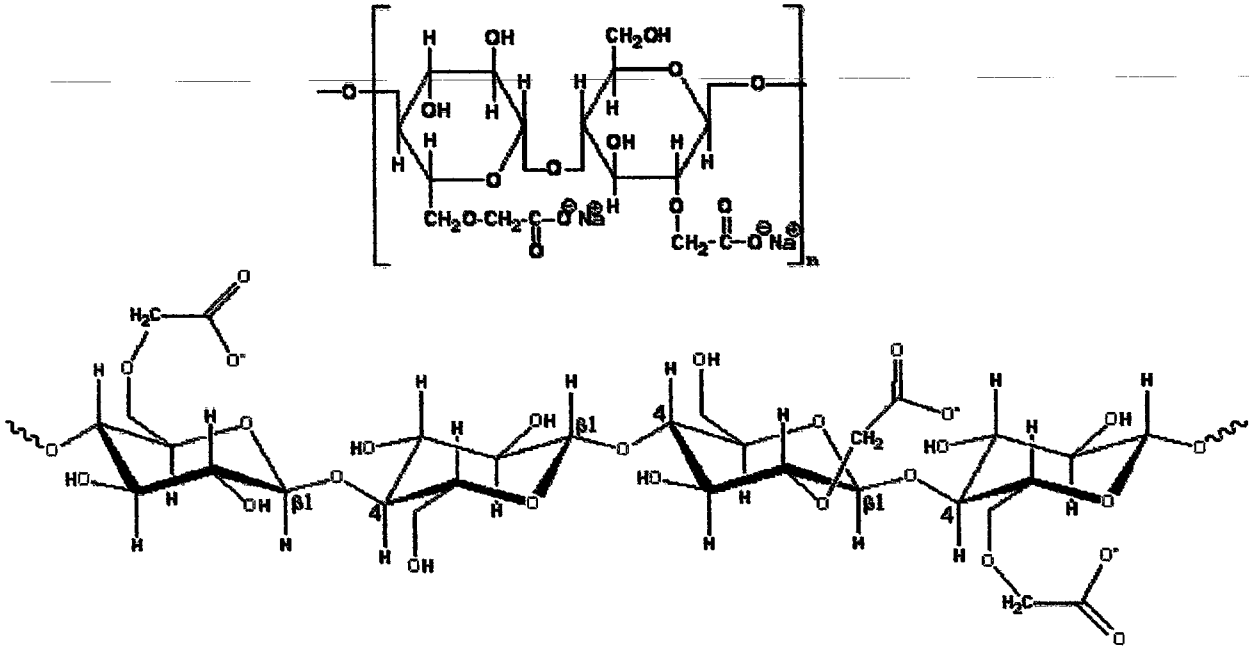
2.2. Karboksimetil Selüloz

2.2.1. Karboksimetil Selülozun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Karboksimetil selüloz sodyum tuzu alkali selülozun sodyumklor asetat ile muamelesiyle elde edilir. Yan reaksiyon, sodyum klorasetatın sodyum glikonata dönüşümüdür. Diğer selüloz esterlerinin hazırlanmasında olduğu gibi daha yüksek NaOH konsantrasyonlarında, yani reaksiyon karışımındaki su miktarının düşük olması durumunda, yan reaksiyonlar azalır. Ancak, şişmeyi sağlamak için yeterince su bulunmalıdır. Alkali selüloz genellikle % 50 veya daha yüksek

konsantrasyonlardaki NaOH ile hazırlanır. % 50'lik NaOH doygun bir çözelti olduğundan, daha yüksek konsantrasyonlar istendiğinde sıcak çözeltiler ile çalışmak gerekir. NaOH çözeltisinin miktarının selüloz miktarına oranı, NaOH çözeltisi en azından selülozu tamamen uniform bir şekilde ıslatacak kadar büyük olmalıdır. Sodyum klorasetat katı olarak, çözelti halinde veya serbest monoklor asetik asit olarak ilave edilir. Eğer monoklorasetik asit kullanılırsa onu nötralleştirmek için fazladan NaOH ilave edilmelidir. Reaksiyon 25-100°C'de gerçekleştirilir. Selüloz, sübstittüsyon derecesi 0.4' ü geçmediği sürece lifli yapısını korur. 0.4 sübstittüsyon derecesinden sonra hamur haline gelir. % 70-80 metanol ile yıkama ile yan ürün tuzları uzaklaştırılır. (Ott, 1946; Kirk- Othmer, 1967; Feller ve Wilt , 1990, Far, 1992).

Karboksimetil selüloz hazırlanması için basitleştirilmiş genel denklemler ve karboksimetil selülozun moleküler yapısı Şekil 2.4' de verilmiştir (<http://www.sbu.ac.uk/water/hycmc.html>).



Karboksimetil selüloz fizyolojik olarak inert, kokusuz ve tatsız, toksik olmayan, suda çözünen, köpük yapmayan, belli pH' da dayanıklı olan, akışkan, su tutma kapasitesi yüksek, berrak çözelti oluşturabilen, diğer hidrokolloidler ile geçimsizlik yapmayan, mikrobiyal atağa karşı dayanıklı ve düşük miktarlarda kullanımı yeterli olan bir maddedir. Karboksimetil selüloz hidrofiliktir, kıvam verici ve koruyucu kolloid olarak kullanılır, sulu çözeltiden tuz oluşturarak Ba, Al ve Cu gibi ağır metal iyonları ile çöktürülebilir. Karboksimetil selüloz üretildiğinde normalde % 5-8 nem içerir ve higroskopik karakterinden dolayı nemli yerde tutulmamalıdır. Aksi takdirde su absorbe eder. Dolgu maddesi, su tutucu, bağlayıcı, şişirme ajanı, jelleştirme ajanı, film oluşturucu, yapıştırıcı, süspansiyon ve emülsiyon stabilizatörü, kristallenmeyi önleyici ve su bağlayarak jelleşme ve büzülmeyi önleyici olarak kullanılır (Far,1992).

Karboksimetil selülozda süstitüsyon derecesi en az 0.2-1.2 ve optimal 0.5-0.8 arasındadır. Karboksimetil selüloz için en yaygın çözücü sudur. Fakat hızlı şişme özelliği göstermesinden dolayı topaklar oluşabilir. İyi toz edilmiş ürünlerde aglomerasyon granüllü ürüne kıyasla daha fazladır. Bunu önlemek için iyi bir karıştırma gereklidir. Süstitüsyon derecesi 0.3 olan karboksimetil selüloz suda çözünmemesine rağmen NaOH çözeltisinde çözünür. Süstitüsyon derecesi 0.4 olan ürünün suda çözünürlüğü daha iyidir ve şişmesinden dolayı jelatinimsi hal alır. Süstitüsyon derecesi 0.6-0.7 olan ürünler suda mükemmel şekilde çözünür ve berrak çözelti oluşturur. Karboksimetil selülozun polimerizasyon derecesi genellikle 150-1200 arasındadır. Süstitüsyon derecesi 1.2 den büyük olan ürünlerin ticari değeri yoktur. Karboksimetil selüloz, uygun bir iyon değiştirici reçineden karboksimetil selüloz Na tuzunun geçirilmesiyle saf halde hazırlanabilir. Karboksimetil selülozun iyonizasyon sabiti yaklaşık 10^{-4} dür. Karboksimetil selüloz kurutulursa suda çözünmez, fakat NaOH çözeltisinde dispers olur. Karboksimetil selüloz Na tuzunun pH'sı 8.25'dir.

Karboksimetil selüloz güçlü asitlerle muamelede asit haline geçer. Asit karboksimetil selüloz suda çözünmez. Karboksimetil selülozun sulu çözeltisine asit ilavesi, asit karboksimetil selülozu jel ve kolloid halinde çöktürür. Asit

karboksimetil selüloz sodyum karboksimetil selülozun seyreltik H_2SO_4 ile muamelesiyle elde edilir (Far, 1992).

Uzun zincirli moleküllerde moleküllerin birbirleri ile çarpışması sonucu viskozite ortaya çıkar. Çözünme olayında negatif yüklü karboksil gurubu pozitif yüklü iyon bulutları ile sarılmıştır. Karboksil gurupları kendi güçleri ile molekülleri düz zincir halinde tutmaya çalışırken pozitif yükler molekülleri bükülmeye yöneltir ve moleküllerin birbirleri ile çarpışmasını sağlar. Böylece iki eğilim arasında viskozite ortaya çıkar. Bundan dolayı polimerizasyon derecesi artıkça viskozitede artış gözlenir.

Elektrolit konsantrasyonun artışı ile karboksimetil selüloz molekülündeki bükülme daha şiddetli olur ve viskozite düşer. Elektrolitlerin etkisi karboksimetil selülozun kalitesine bağlıdır. Yüksek viskozite ve düşük sübstitüsyon derecesinin ürünlere belirgin etkisi olduğu halde düşük viskozite ve yüksek sübstitüsyon derecesi ürünlerde pek etkili değildir.

3.5-10 pH aralığında pH' ın viskoziteye etkisi önemsizdir. pH 3.5' in altına düştüğü zaman serbest asit karboksimetil selüloz çöker ve çözeltinin yapıştırıcı etkisi kaybolur.

Sıcaklığa dayanıklı olmasına rağmen 70 °C' nin üstünde uzun süre tutulmamalıdır. Bu durumda viskozite düşebilir. Isı ile ters orantılı olarak viskozitede düşüş görülür. Uzun süreli ısı uygulanması durumunda molekül yapısında tersinmez parçalanma meydana gelir ve başlangıç sıcaklığına düşürülmesi durumunda viskozitede bir düşüş gözlenir.

Çözünme viskoziteyi etkiler. Türbülans karıştırma viskozitenin yüksek olmasına neden olduğu halde laminar karıştırma o kadar etkili değildir.

Viskozite molekülün zincir uzunluğu ile artar. Konsantrasyon iki katına çıktığında viskozite yaklaşık 8-10 kat artmaktadır.

Karboksimetil selüloz yüksek molekül ağırlıklı bir polimerdir ve çözeltileri pseudoplastik akış davranışı gösterirler. Yani kayma hızı (hız gradiyenti) uygulanan kayma gerilimine oranla daha azdır. Reolojik çalışmalar karboksimetil selüloz çözeltilerinde agregatların olduğunu göstermiştir. Bu agregatlar NaOH gibi daha kuvvetli çözücülerin kullanılması ile ve yüksek kayma gerilimlerinin uygulanması ile dispers edilebilir. Karboksimetil selülozun polimerik yapısına bağlı diğer özelliği tiksotropidir. Bu özellik karboksimetil selülozun üç boyutlu yapısından ileri gelir ve uygulanan kayma gerilimi ile viskozite düşer. Bu değişiklik zamana bağlı olarak tersinirdir ve orijinal haline geri döner. Çünkü üç boyutlu yapının kurulması için zamana ihtiyaç vardır.

Karboksimetil selüloz enzim ve oksidanlara karşı dayanıklıdır. Enzimler doğrudan çözeltiliye karışabilir, mikroorganizmaların etkisi ile oluşabilir ve selüloz zincirini parçalayarak tersinmez viskozite düşüşüne neden olabilir. Enzim, glukoz ünitelerinde süstitüe olmayan iki üniteyi parçalar ve bu nedenle yüksek süstitüsyon dereceli ürünler enzimatik atağa karşı daha duyarlıdır. Normal olarak enzim mikroorganizma bulaşması sonucu meydana gelir. Bunu önlemek için ısı uygulama ve koruyucu ilavesi yararlı bir yöntemdir. 80 °C' de 30 dk. 100 °C' de 1 dk. ısı uygulama mikroorganizmayı ortadan kaldırır. Süstitüsyon derecesi yüksek ürünlerin elektrolit varlığında stabilitesi ileri düzeydedir. Ayrıca bu ürünler enzim degradasyonuna karşı dayanıklıdır. Klor ve hidrojen peroksit gibi oksidanlar selüloz zincirinde parçalanmaya neden olur. Havadaki oksijen ile temas sonucu karboksimetil selülozda tedrici parçalanma olabilir. Yüksek pH ve Fe^{2+} , Co gibi iyonlar oksidasyonu hızlandırır. Bunları önlemek için uzun süre bekletilecek karboksimetil selüloz çözeltileri hava akımı ve yüksek pH' da tutulmamalıdır. Antioksidan ilave edilebilir. pH: 7-9 arasında tutulmalı ve yüksek ısıdan kaçınılmalıdır. Güneş ışığı, UV ve ısı alkali şartlar altındaki karboksimetil selülozun viskozite kaybına neden olur. Karboksimetil selüloz 100-150 °C' de kurur. Sıcaklık 170 °C' ye vardığında oksijen varlığında kahverengi olup daha sonra kömür haline geçer. Yakıldıktan sonra Na_2CO_3 ve NaCl kalıntıları gözlenir. Karboksimetil selüloz nötr veya hafif alkali halinde 70-80 °C' de dayanıklıdır. Dondurmak karboksimetil selülozu etkilemez. Kuvvetli asit ile hidrolize neden olur, asit ile birlikte ısı

uygulanması glikonik asit oluşmasına neden olur. Kuvvetli alkalide okside olur ve viskozitesi düşer . Alkol ve aseton gibi su ile karışan sıvılar çökmesine neden olur. Karboksimetil selüloz bakteriyel etkiler ile parçalanabilir.

Karboksimetil selüloz bazı polisakaritler ile viskozite açısından sinerjik etki yaparken bazıları ile geçimsizlik gösterebilir. Karboksimetil selüloz proteinler ile kompleks oluşturur. Proteinler aminoasit polimeri olarak pH' ya duyarlıdır ve bu özelliklerinden dolayı suda belli pH aralığında çözünürler. Karboksimetil selüloz gibi karboksil grubu içeren polimerlerle kompleks oluşturarak, karboksimetil selülozun geniş pH aralığında suda çözünmesinden dolayı oluşan komplekslerde aynı pH aralığında suda çözünmesinden dolayı oluşan komplekslerde aynı pH aralığında çözünmeye uyum gösterirler. Özellikle izoelektrik noktaya (çözünmenin en az olduğu pH) sahip süt proteinlerinde karboksimetil selüloz stabilizatör görevi yapar. Karboksimetil selülozun tuzlarla geçimsizliği tuzun verebileceği katyon yeteneğine bağlıdır. Tek değerlikli katyonlar karboksimetil selüloz ile reaksiyona girer ve suda çözünen tuz oluştururlar. Genel olarak iki değerlikli katyonlar karboksimetil selüloz ile çapraz bağ oluşturmazlar ve bulanıklık ortaya çıkar. Üç değerlikli katyonlar karboksimetil selüloz ile çözünmeyen çökelek oluşturur. Böylece karboksimetil selüloz 1, 2 ve 3 değerlikli katyonlarla sırasıyla çapraz, iyonik ve çözünmeyen kompleks oluşturur. Yüksek sübstitüsyon dereceli karboksimetil selüloz tuzlarla daha geçimlidir. Karboksimetil selüloz noniyonik polimerlerle geniş bir konsantrasyon aralığında geçimli olmakla birlikte düşük viskoziteli tipleri yüksek viskoziteli tiplerinden daha çok geçimlilik gösterir. Karboksimetil selülozun metil/ hidroksietil/ hidroksipropil selüloz gibi noniyonik polimerlerle karıştırılması viskozitede beklenenden daha fazla ve sinerjik bir artış gösterir. Genel olarak düşük viskoziteye sahip yüksek konsantrasyonlu karboksimetil selüloz ve düşük tiksotropik karakterli karboksimetil selüloz ile çok elastik jeller elde edilir. Al tuzunun yüksek oranda kullanımı çok kırılğan jel oluşumuna neden olur. Elastiklik ve kırılabilirlik noniyonik hidrokolloid, protein, tuz ve şekerlerin ilavesi ile değişir (Far,1992).

2.2.2. Karboksimetil Selülozun Kullanım Alanları

Değişik özellikleri nedeniyle, karboksimetil selüloz II. Dünya Savaşı'ndan beri dünyanın her tarafındaki farklı endüstrilerde kullanılmaktadır. Türkiye'de ilk defa 70'li yıllarda kullanıldı ve kullanımı o zamandan beri gitgide artmaktadır.

Tablo 2.2' de karboksimetil selülozun kullanım alanları ve işlevleri verilmiştir.

Tablo 2.2. Karboksimetil Selülozun Kullanım Alanları ve İşlevi

Kullanım Alanı	İşlevi
Petrol Sondajı	Sondaj borularına akıtılan sondaj çamurlarına uygun akışkanlık özelliği vermek, çamurun içine giren maddeleri yüzeye taşımak ve sondaj sıvılarının çevreye sızmasını önlemek için kullanılır. Petrol sondajı sırasında çamurun su tutma özelliğini artırarak petrolün çamura penetrasyonunu önler.
Madencilik	Silikat ve karbonatların selektif baskılayıcısıdır. Safsızlıkları tutarak yararlı minerallerden ayrılmasını sağlar.
Deterjan	Yıkama sonucu kumaş üzerinden çıkan kirlerin yeniden kumaş üzerinde birikmesini önleyerek deterjanın temizleme gücünü artırır. Toz ve sıvı deterjanlarda karboksimetil selüloz kullanarak, viskoziteyi kontrol etmek ve daha fazla su tutulmasını sağlamak mümkündür. Uygulama sırasında, daha iyi sonuç almak için karboksimetil selülozun suda tamamen çözünmesi önerilir. Krem deterjan üretiminde kullanılır. Çünkü, su tutucu ve bağlayıcı özellikleri yüzünden krem deterjanın kuruluk ve sertliğini yok eder.
Tekstil	Tekstil endüstrisinde, pamuk ve sentetik ipliklerin haşıl çözeltilerinde ya yalnız ya da sentetik ve nişasta gibi haşıl maddeleri ile birlikte kullanılır. Suda çözünebilmesi ve yarı plastik yapısı nedeniyle ipliğin etrafında dokuma sırasında oluşan döküntü ve tozu önleyici esnek bir film oluşturulabilmesi ile ipliğin direncini artırır, verimliliği fazlalaştırır ve kaliteyi geliştirir. Boyama ve

	baskıda yüksek kalitenin önemi göz önüne alındığında, haşıllama maddelerinin kumaştan sadece suyla yıkanıp çıkarılabilmesi ile etkili bir haşıl sökümü sağlar, böylece enzim ve buhara ihtiyaç duyulmaz. Ayrıca, en yüksek karlılığı sağlar, herhangi bir kirlilik yaratmaz. Boyamanın niteliğini ve etkinliğini artırır, kumaşın kalitesinde herhangi bir değişiklik olmaz.
Boya	Hem toz hem de sıvı boyalarda kullanarak, durgun boya solüsyonundaki homojenliği ve viskozite kontrolü sağlanabilir. Az miktar kullanarak, toz boyadan hazırlanan solüsyondaki viskozitenin kontrolü iyi bir şekilde yapılabilir. Boya solüsyonundaki miktar artırıldığında, viskozite de artar ve solüsyon daha homojen bir yapıya ulaşır. Karboksimetil selüloz içeren boyanın uygulanmasıyla, yapışkanlığı ve kirlenmeyi önleyen şeffaf film oluşumu nedeniyle, boyalı yüzeyler üstünde daha iyi ve temiz bir görüntü oluşur. Boya pastasında tiksotropik özelliği olmayan ve iyi akışkanlık gösteren molekül ağırlığı 10^4 - 10^5 olan karboksimetil selüloz kullanılır.
Tutkal	Selülozik yapısı nedeniyle, kağıt gibi diğer selüloz içeren maddeler için çok iyi bir yapıştırıcı olma özelliğine sahiptir. Bu nedenle, karboksimetil selüloz ya tek başına ya da diğer polimerler ile mükemmel duvar kağıdı tutkalı olma özelliğini gösterir. Karboksimetil selüloz , kolaylıkla suda çözündüğü için, tutkalın hazırlanması kolaydır, duvar kağıdının yapışması hemen gerçekleşir.
Matbaa Mürrekkebinde	Polimerizasyon derecesi 450-500 ve süstitüsyon derecesi 0.7 olan karboksimetil selüloz sodyum tuzu koyulaştırıcı olarak kullanılır.
Alkali Çinko Piller	Stabilitesi yüksek jel yapıcı olarak kullanılır. Karboksimetil selüloz eter bağlı olan florokarbonlarla karıştırılarak jelin uzun süre depolanma ve yüksek ısıya karşı ($<80^{\circ}\text{C}$) dayanıklılığını artırır.
Seramik	Bağlayıcı olarak gerilme ve yıkımı düşürüp, döküm esnasında ortaya çıkabilecek deformasyonu önleyerek boyut doğruluğunu sağlar. Ayrıca üretimin son aşamasında yapışmayı en aza indirger.
Hijyen ve kozmetik	Ağız yıkama preparatlarında % 0.5-2 karboksimetil selüloz nem tutucu, diş macunlarında % 0.3-1 miktarlarında karboksimetil selüloz viskoziteyi

	macunlarında % 0.3-1 miktarlarında karboksimetil selüloz viskoziteyi düzenleyici, dispersiyon ve süspansiyon ajanı, şampuan ve köpüklü ürünlerde süspansiyon ajanı, viskozite ve köpük stabilizatörü , krem ve losyonlarda emülsiyon stabilizatörü, yumuşatıcı, koyulaştırıcı, kepek önleyicilerde % 10 oranında karboksimetil selüloz selenyum sülfid partiküllerinde sürfaktan etkisinden dolayı kullanılır.
Gıda	Düşük kalorili un ürünlerinde koruyucu kolloid yaparak aspartamın sıcaklıkla parçalanmasını önler. Paketlemede fungusit ile muamele edilmiş kağıt kullanılır ve terkiibinde % 20 karboksimetil selüloz sodyum tuzu kullanılır. Besin katkı maddesi olarak bağlayıcı, maskeleyici, stabilizatör olarak kullanılır. Dondurmada oda sıcaklığında yapıyı korur, viskoziteyi artırır, şekerlenmeyi ve buz kristallerinin oluşumunu önler. Süt ürünlerinde karboksimetil selüloz iyonik yapısından dolayı proteinlerde çözünür kompleks oluşturur ve oluşan kompleks ısıya dayanıklılığı artırır. Özellikle kazein ile reaksiyona girer ve sabit viskoziteli bir ürün oluşturur. Kazein – karboksimetil selüloz kompleksinden dolayı ısıda kazein denatüre olmaz. İçeceklerde CO₂' in uzun süre tutulmasını sağlar ve pH' yı sabit tutar. Diyet ürünleri ve düşük kalorili ürünlerde koyulaştırıcı, kıvam verici ve süspansiyon ajanı olarak kullanılır.
İlaç	Jel , merhem ve pomatlarda kimyasal stabilite, tabletlerde yüksek film gerilimi ve bağlayıcı özelliğinden dolayı bağlayıcı ve granülasyon yardımcısı, şuruplarda viskozite verici, seyreltik insan serumunda steril karboksimetil selüloz adsorban olarak, kremlerde hidrofilik koyulaştırıcı ajan olarak, radyolojide ise kolonik mukozanın daha iyi görüntülenmesi (% 1-0.05 kaboksimetil selüloz) amacıyla kullanılır.
Yüzey koruyucu	Donma ve hava ile temas sonucu ortaya çıkan tozlaşmayı önlemek için karboksimetil selüloz ve polivinil alkol karışımı kullanılır. Fiber glass yapımında karboksimetil selüloz veya tuzları bağlayıcı olarak işlenmiş yüzeyin darbelere karşı dayanıklılığını sağlar.
Kağıt ve tahtalarda	Dayanıklılığı artırıcı, rafinasyon yardımcısı, su tutucu yağ ve mürekkep uzaklaştırıcı olarak ve ayrıca hava geçirgenliğini düşürmek için renklerin reolojik kontrolü için kullanılır. Kağıt imalatında katkı maddeleri ve macunun

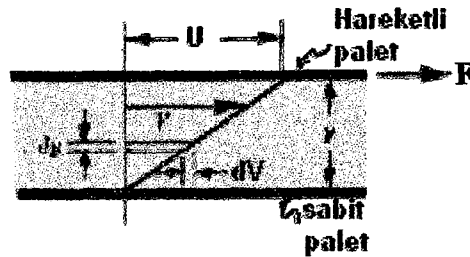
	kağıda tutulmasını sağlamak amacıyla kullanılır. Kağıdı katılaştırır, ofset baskılarda astarlanmanın azalmasına neden olur. Kurşun kalemelerde kırılmaya karşı direnci artırır, yumuşaklığı düzenler. Matbaa kağıtlarının yapımında yüksek stabilite sağlamak için hidrofilik polielektrolit olarak kullanılır.
Atık su arıtımı	Süfaktanlar ile birlikte karboksimetil selüloz bağlayıcı olarak kullanılır.
http://www.aciselsan.com.tr/product.html , http://www.amtex.com.co/ingles/i_cmc.html http://deneme.toptanpazaryeri.com/b2bdeneme/kimyasal/urun.html Far, 1992	

2.3. Sıvı Akış Modelleri

Bir akışkana uygulanan kayma gerilimi Şekil 2.5' de gösterilen varsayım ile temsil edilebilir.

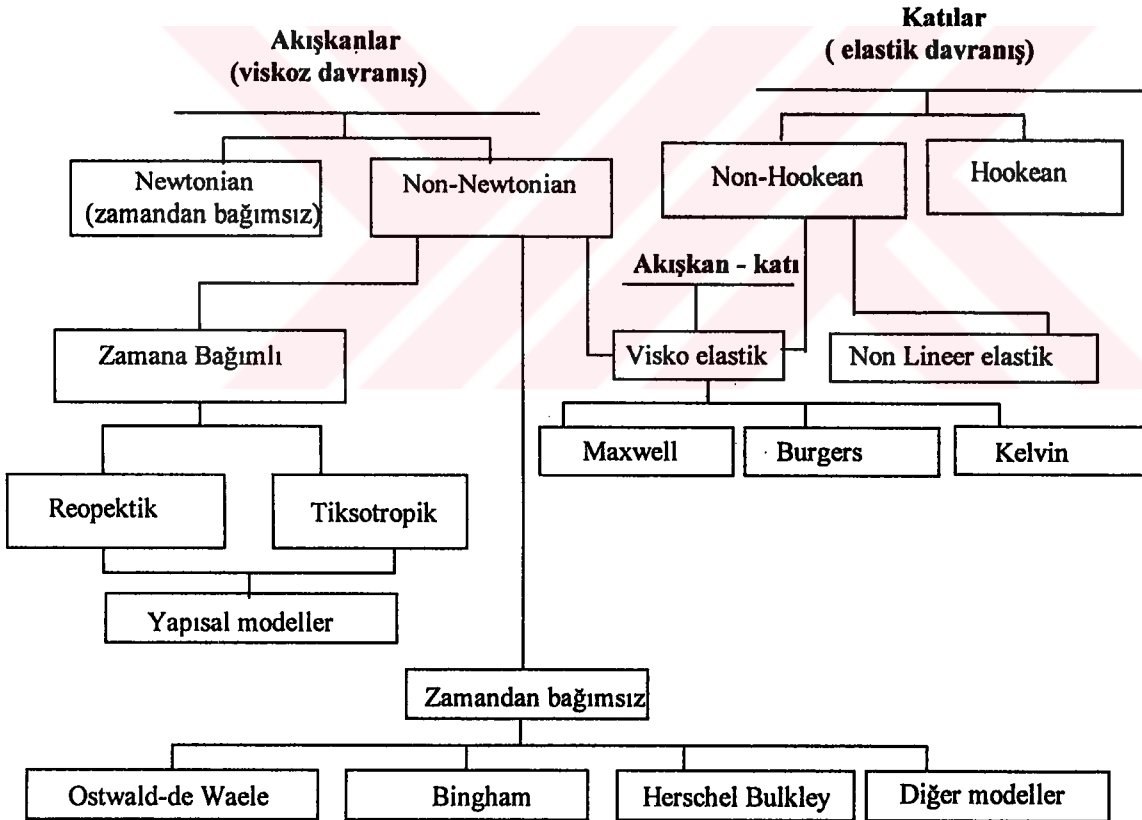
Kararlı laminar akışta birçok sıvının reolojik davranışı τ_{yx} kayma gerilimini göstermek üzere aşağıdaki eşitlik ile ifade edilebilir.

$$\tau_{yx} = -\eta \frac{dv_x}{dy} \quad (2.2)$$

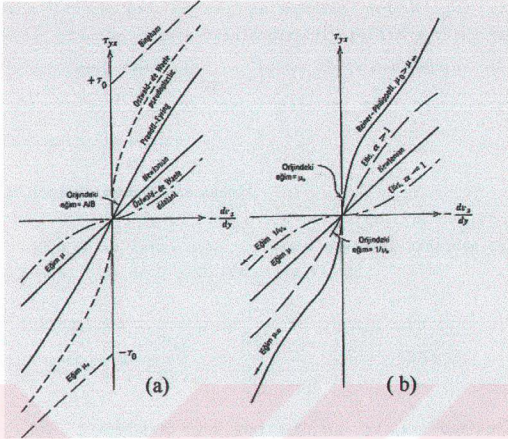


Şekil 2.5. Kartezyen koordinatlarda Newtonian bir akışkana uygulanan kayma gerilimi

Bu eşitlikte η görünür viskozite, dV_x/dy ise kayma hızı olup τ_{yx} 'in bir fonksiyonu olarak tanımlanabilir. Kayma hızının artmasıyla η 'nın azaldığı bölgelerde davranış **pseudoplastik**; arttığı bölgelerde ise davranış **dilatant** olarak adlandırılır. Kayma hızı ve kayma gerilimi arasındaki ilişkiyi açıklamak için çok sayıda ampirik eşitlik ve model geliştirilmiştir. Şekil 2.6' da reolojik davranışların basit sınıflandırılmasını, Şekil 2.7'de genel olarak akışkanların kayma gerilimleri ve kayma hızları arasındaki ilişkiyi açıklamada kullanılan ve kayma gerilimlerinin kayma hızları ile nasıl değiştiğini gösteren hem deneysel hem de teorik olarak ortaya konulmuş modelleri göstermektedir (Bird ve ark. 1960 ; Steffe,1992).



Şekil 2.6. Reolojik davranışların basit sınıflandırılması



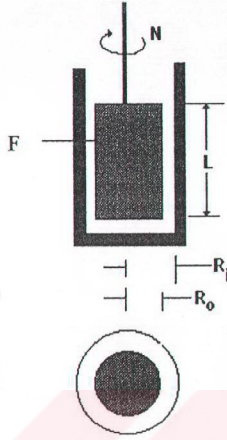
Şekil 2.7. Newtonian ve Newtonian olmayan akış davranışları (a) İki parametrelili modeller, (b) Üç parametrelili modeller.

2.3.1. Newtonian Modeli

Eğer η , kayma hızından bağımsız ise $\eta = \mu$ alınır ve davranış **Newtonian** olarak adlandırılır. Newtonian davranış gösteren bir akışkanın kayma gerilimi ile kayma hızı arasındaki ilişki, eğimi akışkanın viskozitesine eşit olan bir doğru denklemdir. Bu davranışı gösteren akışkanlar için kayma gerilimi ile kayma hızı arasındaki ilişki aşağıdaki eşitlikle verilir.

$$\tau_{yx} = -\mu \frac{dv_x}{dy} \quad (2.3)$$

Şekil 2.8' de ortak eksenli iki silindir arasındaki bir akışkana uygulanan kayma gerilimi gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Ortak eksenli iki silindir arasındaki bir akışkana uygulanan kayma gerilimi

Bu sistemde, akışın laminar ve kararlı, akışkan özelliklerinin basınçla değişmediği, sıcaklığın sabit olduğu, sistemde duvarlarda sürtünmenin olmadığı ve radyal-eksenel yönlerdeki hız bileşenlerinin sıfır olduğu kabul edilerek, içteki hareketli silindirin yüzeyine etki eden kuvvetlerin denklighinden, yüzeydeki kayma gerilimi silindirik koordinatlarda aşağıdaki eşitlikle verilir (Steffe, 1992).

$$M_d = F \cdot R_o = 2 \cdot \pi \cdot R_o \cdot L \cdot \tau_{r\phi} \cdot R_o \quad \tau_{r\phi} = \frac{M_d}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot R_o^2} \quad (2.4)$$

Ortak eksenli iki silindir arasındaki açışal doğrultudaki akışta içteki silindirin dönmesi durumunda momentum akısı dağılımı A sabit olmak üzere aşağıdaki gibidir.

$$\tau_{r\phi} = \frac{A}{r^2} \quad (2.5)$$

Şekil 2.8' deki sisteme Newtonian model uygulandığında kayma gerilimi aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$\tau_{r\phi} = -\mu \frac{dV_\phi}{dr} \quad \tau_{r\phi} = -\mu \cdot r \cdot \frac{d}{dr} \left(\frac{V_\phi}{r} \right) \quad (2.6)$$

Eşitlik (2.5) ve (2.6) birbirine eşitlenip integre edilirse,

$$\frac{V_\phi}{r} = -\frac{A}{2 \cdot \mu \cdot r^2} + C \quad (2.7)$$

elde edilir. N: rotor devir sayısı (dev./s) olmak üzere, Şekil (2.8) için iki sınır şartı yazılırsa ,

$$r = R_0 \quad V_\phi = 2 \cdot \pi \cdot R_0 \cdot N \quad (2.8)$$

$$r = R_i \quad V_\phi = 0 \quad (2.9)$$

Eşitlik (2.9)' daki sınır şartı eşitlik (2.7)' de yerine yazılarak integral sabiti bulunur.

$$C = -\frac{A}{2 \cdot \mu \cdot R_i^2} \quad (2.10)$$

Eşitlik (2.10) ve eşitlik (2.8) deki sınır şartı eşitlik (2.7)' de yerine yazılarak

$$A = \frac{4 \cdot \pi \cdot \mu \cdot N \cdot R_0^2}{\left(1 - \left(\frac{R_0}{R_i} \right)^2 \right)} \quad (2.11)$$

elde edilir. Eşitlik (2.11) eşitlik (2.5)' de yerine yazılarak rotor yüzeyindeki ($r=R_0$ ' da) kayma gerilimi aşağıdaki şekilde bulunur.

$$\tau_{r\phi} = \frac{4 \cdot \pi \cdot \mu \cdot N}{\left(1 - \left(\frac{R_0}{R_i}\right)^2\right)} \quad (2.12)$$

Eşitlik (2.12)' nin her iki tarafı μ ' ye bölünürse bu sistemdeki kayma hızı (γ) için aşağıdaki eşitlik bulunur.

$$\gamma = \frac{4 \cdot \pi \cdot N}{\left(1 - \left(\frac{R_0}{R_i}\right)^2\right)} = \frac{4 \cdot \pi \cdot N}{(1 - R^2)} \quad (2.13)$$

2.3.2. Bingham Modeli

Bu modelde de ilişki eşik kayma gerilimi τ_0 'dan büyük kayma gerilmesinden sonra doğrusaldır.

$$|\tau_{yx}| > \tau_0 \quad \text{ise} \quad \tau_{yx} = -\mu_0 \frac{d\gamma_x}{dy} \mp \tau_0 \quad (2.14)$$

$$|\tau_{yx}| < \tau_0 \quad \text{ise} \quad \frac{d\gamma_x}{dy} = 0 \quad (2.15)$$

Eşik kayma gerilmesi τ_0 için, τ_{yx} pozitif ise eşitlik (2.14)' deki pozitif işaret, τ_{yx} negatif ise eşitlik (2.14)'deki negatif işaret kullanılır. Bu iki parametrelili modele uyan madde Bingham plastiği olarak adlandırılır ve bu tip akışkanlar kayma gerilmesi eşik kayma gerilimi τ_0 'dan küçük bir değerde olursa hareketsiz kalır; ancak, kayma gerilimi τ_0 'ı geçerse akış Newtonian akışa benzer.

Şekil (2.8)' deki sisteme Bingham model uygulandığında kayma gerilimi aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$\tau_{r\phi} = -\mu \frac{dV_\phi}{dr} + \tau_0 \quad \tau_{r\phi} = -\mu_0 \cdot r \cdot \frac{d}{dr} \left(\frac{V_\phi}{r} \right) + \tau_0 \quad (2.16)$$

Eşitlik (2.5) ve (2.16) birbirine eşitlenip integre edilirse,

$$-\frac{V_\phi}{r} = -\frac{A}{2 \cdot \mu_0 \cdot r^2} - \frac{\tau_0}{\mu_0} \cdot \ln(r) + C \quad (2.17)$$

elde edilir. Eşitlik (2.8) deki sınır şartı eşitlik (2.17)' de yerine yazılarak integral sabiti bulunur.

$$C = -2 \cdot \pi \cdot N + \frac{A}{2 \cdot \mu_0 \cdot R_0^2} + \frac{\tau_0}{\mu_0} \cdot \ln(R_0) \quad (2.18)$$

Eşitlik (2.18) ve eşitlik (2.9)' deki sınır şartı eşitlik (2.17)' de yerine yazılarak

$$A = R_0^2 \cdot \left[-2 \cdot \tau_0 \cdot \frac{\ln \frac{R_0}{R_i}}{\left(1 - \left(\frac{R_0}{R_i} \right)^2 \right)} + \frac{4 \cdot \pi \cdot \mu_0 \cdot N}{\left(1 - \left(\frac{R_0}{R_i} \right)^2 \right)} \right] \quad (2.19)$$

elde edilir. Eşitlik (2.19) eşitlik (2.5)' de yerine yazılarak rotor yüzeyindeki ($r=R_0$ ' da) kayma gerilimi aşağıdaki şekilde bulunur.

$$\tau_{r\phi} = \frac{4 \cdot \pi \cdot \mu_0 \cdot N}{\left(1 - \left(\frac{R_0}{R_i} \right)^2 \right)} - 2 \cdot \tau_0 \cdot \frac{\ln \frac{R_0}{R_i}}{\left(1 - \left(\frac{R_0}{R_i} \right)^2 \right)} = \frac{4 \cdot \pi \cdot \mu_0 \cdot N}{(1 - R^2)} - 2 \cdot \tau_0 \cdot \frac{\ln R}{(1 - R^2)} \quad (2.20)$$

Eşitlik (2.20)' daki $\tau_{r\phi}$ yerine eşitlik (2.16)' da yerine yazılırsa bu sistemdeki kayma hızı (γ) için aşağıdaki eşitlik bulunur.

$$\gamma = \frac{4 \cdot \pi \cdot N}{\left(1 - \left(\frac{R_0}{R_i}\right)^2\right)} - \frac{\tau_0}{\mu_0} \left(1 + 2 \cdot \frac{\ln \frac{R_0}{R_i}}{\left(1 - \left(\frac{R_0}{R_i}\right)^2\right)}\right) = \frac{4 \cdot \pi \cdot N}{(1 - R^2)} - \frac{\tau_0}{\mu_0} \left(1 + 2 \cdot \frac{\ln R}{(1 - R^2)}\right) \quad (2.21)$$

2.3.3. Ostwald-de Waele Modeli

Bu modelde kayma hızı ile kayma gerilimi arasında üstel bir ilişki olup aşağıdaki ifade ile verilir.

$$\tau_{yx} = -m \cdot \left| \frac{d\gamma_x}{dy} \right|^{n-1} \cdot \frac{d\gamma_x}{dy} \quad (2.22)$$

İki parametrelili bu eşitlik üs yasası olarak da adlandırılır. $n=1$ için bu eşitlik $m=\mu$ yazılarak Newton kanununa indirgenir; bu nedenle n 'in 1'den sapması newtonian davranıştan sapma derecesini gösterir. n 'nin 1'den küçük değerleri için davranış pseudoplastik, 1'den büyük değerleri için dilatanttır.

Şekil (2.8)'deki sisteme Ostwald-de Waele modeli uygulandığında kayma gerilimi aşağıdaki şekilde yazılır.

$$\tau_{r\phi} = -m \left(\frac{d\gamma_\phi}{dr} \right)^n \quad \tau_{r\phi} = -m \cdot \left[r \cdot \frac{d}{dr} \left(\frac{\gamma_\phi}{r} \right) \right]^n \quad (2.23)$$

Eşitlik (2.5) ve (2.23) birbirine eşitlenip düzenlenirse,

$$\frac{A}{r^2} = -m \cdot \left[r \cdot \frac{d}{dr} \left(\frac{V_\phi}{r} \right) \right]^n \quad (2.24)$$

$$-r \frac{d}{dr} \left(\frac{V_\phi}{r} \right) = \left(\frac{A}{r^2 \cdot m} \right)^{\frac{1}{n}} \quad (2.25)$$

elde edilir. Eşitlik (2.25) integre edilirse,

$$-\frac{V_\phi}{r} = \left(\frac{A}{m} \right)^{\frac{1}{n}} \cdot \left(-\frac{n}{2} \right) \cdot \left(\frac{1}{r^{\frac{2}{n}}} \right) + C \quad (2.26)$$

elde edilir. Eşitlik (2.9)' daki sınır şartı eşitlik (2.26)' da yerine yazılarak integral sabiti bulunur,

$$C = -\left(\frac{A}{m} \right)^{\frac{1}{n}} \left(-\frac{n}{2} \right) \left(\frac{1}{R_i^{\frac{2}{n}}} \right) \quad (2.27)$$

Eşitlik (2.27) ve eşitlik (2.8)' deki sınır şartı eşitlik (2.26)' da yerine yazılarak,

$$A = m \cdot R_0^2 \cdot \left[\frac{4 \cdot \pi \cdot N}{n \cdot \left(1 - \left(\frac{R_0}{R_i} \right)^{\frac{2}{n}} \right)} \right]^n \quad (2.28)$$

elde edilir. Eşitlik (2.28) eşitlik (2.5)' de yerine yazılarak rotor yüzeyindeki ($r=R_0$ ' da) kayma gerilimi aşağıdaki şekilde bulunur.

$$\tau_{r\phi} = m \cdot \left[\frac{4 \cdot \pi \cdot N}{n \cdot \left(1 - \left(\frac{R_0}{R_i} \right)^{\frac{2}{n}} \right)} \right]^n = m \cdot \left[\frac{4 \cdot \pi \cdot N}{n \cdot \left(1 - R^{\frac{2}{n}} \right)} \right]^n \quad (2.29)$$

Eşitlik 2.29' un logaritmik şekli aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$\ln \tau_{r\phi} = \ln \left[m \cdot \left[\frac{4 \cdot \pi}{n \cdot \left(1 - R^{\frac{2}{n}} \right)} \right]^n \right] + n \cdot \ln N \quad (2.30)$$

Eşitlik (2.29) ve eşitlik (2.23) eşitlenirse bu sistemdeki kayma hızı (γ) için aşağıdaki eşitlik bulunur.

$$\gamma = \frac{4 \cdot \pi \cdot N}{n \cdot \left(1 - \left(\frac{R_0}{R_i} \right)^{\frac{2}{n}} \right)} = \frac{4 \cdot \pi \cdot N}{n \cdot \left(1 - (R)^{\frac{2}{n}} \right)} \quad (2.31)$$

2.3.4. Eyring Modeli

$$\tau_{yx} = A \cdot \arcsin h \left(-\frac{1}{B} \frac{d\mathcal{V}_x}{dy} \right) \quad (2.32)$$

İki parametrelili olan Eyring modeli sınırlı kayma gerilimi değerlerinde pseudoplastik davranışı açıklamak için kullanılmaktadır. τ_{yx} 'in sonlu değerlerinde

pseudoplastik davranış olacağı düşünülür, τ_{yx} sıfıra yaklaşırken Newton kanununa indirgenir.

2.3.5. Ellis Modeli

$$-\frac{d\gamma_x}{dy} = \left[\psi_0 + \psi_1 |\tau_{yx}|^{\alpha-1} \right] \cdot \tau_{yx} \quad (2.33)$$

Bu model ψ_1 , ψ_0 ve α olmak üzere üç parametre içermektedir. Eğer α değeri 1' den büyük alınırsa model küçük τ_{yx} değerleri için Newton kanununa yaklaşır ; diğer taraftan α değeri 1' den küçük seçilirse büyük τ_{yx} değerleri için de Newton kanununa yaklaşır. Bu model son derece esnektir ve özel durumlar için Newton kanunu ($\psi_1=0$) ve üs yasasını ($\psi_0=0$) içine alır.

2.3.6. Reiner Phillippoff Modeli

$$-\frac{d\gamma_x}{dy} = \left[\frac{1}{\mu_\infty + \frac{\mu_0 - \mu_\infty}{1 + (\tau_{yx} \cdot \tau_s)^2}} \right] \cdot \tau_{yx} \quad (2.34)$$

Bu model μ_0 , μ_∞ ve τ_s olmak üzere üç parametre içermektedir. Newtonian davranış hem çok küçük hem de çok yüksek kayma hızlarında sıkça gözlemlendiğinden dolayı, yukarıdaki eşitlik sırası ile $\mu = \mu_0$ ve $\mu = \mu_\infty$ viskoziteli iki sınırlı durumda Newton kanununa indirgenir.

2.3.7. Diğer Sıvı Akış Modelleri

Bir akışkanın akış davranışını tanımlamak için kullanılan reolojik modelin seçilmesini etkileyen pek çok faktör vardır. Newtonian, Ostwald-de Waele ve Bingham modellerine ek olarak pek çok model Non-Newtonian akışkanların akış davranışlarını temsil etmek için kullanılır. Bu modellerin bazıları Tablo 2.3' de özetlenmiştir (Steffe, 1992).

Tablo 2.3. Zamandan Bağımsız Akışkanların Akış Davranışını Tanımlayan Reolojik Modeller.

Model	Eşitlik
Casson	$\tau^{0.5} = (\tau_0^{0.5}) + K_1 \cdot (\dot{\gamma})^{0.5}$
Modifiye Casson	$\tau^{0.5} = (\tau_0^{0.5}) + K_1 \cdot (\dot{\gamma})^{n_1}$
Genelleştirilmiş Herschel-Bulkley	$\tau^{n_1} = (\tau_0^{n_1}) + K_1 \cdot (\dot{\gamma})^{n_2}$
Carreau	$\eta = \eta_{\infty} + (\eta_0 - \eta_{\infty}) \left[1 + (K_1 \cdot \dot{\gamma})^2 \right]^{(n-1)/2}$
Cross	$\eta = \eta_{\infty} + \frac{(\eta_0 - \eta_{\infty})}{\left[1 + K_1 \cdot (\dot{\gamma})^n \right]}$
Van Wazer	$\eta = \eta_{\infty} + \frac{(\eta_0 - \eta_{\infty})}{\left[1 + K_1 \cdot \dot{\gamma} + K_2 \cdot (\dot{\gamma})^{n_1} \right]}$

2.4. Meyveler

2.4.1. Meyvelerin Bileşimleri

Meyveler genellikle karbonhidratlar, proteinler ve yağlar olmak üzere üç temel bileşim ögesinden oluşmaktadır. Bu üç ana gruba ek olarak, daha az miktarda bulunan, inorganik mineral maddeler grubu ile değişik organik bileşiklerden oluşan maddeler grubu olmak üzere iki ayrı grup madde dahil edilmektedir. Değişik organik bileşiklerden oluşan maddeler grubuna, vitaminler, asitler, renk maddeleri, lezzet ve aroma maddeleri, enzimler gibi gerek kimyasal yapıları ve gerekse fonksiyonları açısından birbirlerinden çok farklı maddeler girmektedir. Bütün bu maddeler kadar ve belki bazı açılardan bunlardan daha önemli bir madde olan su da gıdaların ana bileşim ögeleri arasında yer almaktadır.

Karbonhidratlar: Meyvelerin temel bileşim ögelerinden birisi karbonhidratlardır. Meyvelerde bulunan karbonhidratların miktarı çok değişmekle birlikte çoğunlukla % 3 – 20 arasında geniş sınırlar içinde oynadığı kabul edilir. Meyvelerde yaygın olarak bulunan glukoz ve fruktoz 6 karbonlu basit şekerlerdir. Meyvelerde en yaygın olarak bulunan disakkarit sakarozdur. En yaygın olarak bulunan polisakaritler ise , nişasta , selüloz ve pektindir. Monosakkaritlerle disakkaritler suda çözünürler ve tatlıdır. Buna karşın polisakkaritler ise suda ya koloidal olarak çözünürler veya dispers halde çözünürler ve bunlar tatlı değildir. Bazı meyvelerde şekerlerin dağılımı Tablo 2.4' de verilmiştir. Meyvelerde ne proteinlere nede polisakaritlere benzemeyen ve genel olarak hidrofob makromoleküller olarak isimlendirilen bir makro molekül madde grubu daha vardır. Bunların başlıcaları lignin, suberin, ve kutindir. Genel özellikleri kompleks bir yapıda olmaları, suda çözünmemeleri, su ile şişme niteliğine sahip olmamaları tam anlamıyla hidrofobik olmaları, enzimatik parçalanma eğiliminin çok sınırlı veya hiç olmamasıdır. Meyve bileşiminde polisakarit veya türevi olan bitkisel zamlar maddeleri (gum) bulunmaktadır. Bu grup maddelerin özellikleri , hidrofilik maddelere sahip olmaları nedeniyle düşük konsantrasyonlarda dahi yüksek viskozite gösteren çözelti yapmalarıdır. Bu grup maddeler çekirdek içi veya civarında yaygın olarak bulunurlar. Karbonhidratlarda anomerik hidroksil gruplarından birinin hidrojeni

Tablo 2.4. Bazı Meyvelerde Şekerlerin Dağılımı

Meyve	Toplam Şeker (%)	Glukoz (%)	Fruktoz (%)	Sakkaroz (%)
Elma	10.8	1.0	7.2	2.6
Armut	9.3	2.2	6.6	1.1
Şeftali	8.4	2.4	2.4	3.6
Portakal	9.8	2.5	2.5	4.8
Kayısı	10.5	3.0	2.5	5.0
Vişne	9.8	5.1	4.7	0
Üzüm	16.3	8.3	8.0	0
Nar	13.6	6.5	7.1	0
Muz	16.6	5.6	4.0	7.0
Kızılcık	10.0	5.7	4.3	0
İncir	9.5	5.5	4.0	0
Çilek	10.3	2.6	6.8	0.9
limon	1.7	0.5	1.0	0.2
Greyfurt	5.2	2.0	1.2	2.0

yerine bir aril veya alkil grubunun bağlanmasıyla oluşan glikozitler meyvelerde bulunan değişik nitelikteki maddelerdir. Meyvelerde bulunan şekerlerde türemiş diğer bir madde grubu şeker alkolleridir. Meyvelerde en yaygın şekilde bulunan şeker alkol sorbitol' dur. Elmalarda % 0.4-1.6, armutlarda % 0.8-6.0, ayvalarda % 1.2-1.9 eriklerde ise % 2.5-3.0 civarında sorbitol bulunmaktadır. Turunçgillerde, incir ve muzda sorbitol bulunmaz.

Azotlu maddeler : Genel olarak meyvelerde azotlu maddeler o kadar azdır ki, beslenme açısından herhangi bir şekilde dikkate alınmalarına gerek dahi yoktur. Nitekim meyvelerde azotlu maddeler genelde % 0.2 – 1.0 arasında fakat çoğunlukla % 0.4'ün altında bulunmasına karşın, fındık, badem ve ceviz gibi sert kabuklu meyveler % 20 dolayında protein içermektedirler. Meyvelerin azotlu maddelerce çok fakir olduğu anlaşılmakla birlikte, az miktardaki bu maddelerin, işleme teknolojisinde bazı açılardan önemli rolleri bulunmaktadır. Serbest aminoasitlerin

başlıca rol aldığı enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının meyvelerin işlenmesinde karşılaşılan sorunlar içinde önemli bir yeri vardır.

Azotlu maddeler denince kuşkusuz azot içeren tüm maddeler anlaşılır. Her azot içeren madde protein değildir. Örneğin azotlu maddelerce zengin bir gıda olan mantarların içerdiği azotlu maddelerin % 65'i protein geri kalan bölümü serbest aminoasitler, amonyak veya diğer azot içeren bileşiklerdir. Bununla birlikte genel olarak meyvelerin içerdiği azotlu maddelerin hemen tümü ya protein veya daha az kısmı proteinlerin yapı taşı olan aminoasitlerden oluşmaktadır. Aminoasit birimlerinin birleşmesiyle oluşan karmaşık yapılu proteinler değişik etkilerle denatüre olurlar. Denatürasyon kovalent bağların parçalanmaksızın protein yapısının değişmesi olgusudur. Isı, pH ve tuz gibi etkilerle gerçekleşen denatürasyon sonucu proteinlerin bazı fiziksel ve fonksiyonel özellikleri kaybolur. Proteinler gıdaların işlenmesinde indirgen şekerler ile reaksiyona girer ve biyolojik değeri azalır. Ayrıca lipidlerin oksidasyonu sırasında oluşan peroksitler de proteinlerle reaksiyona girerler ve onları biyolojik açıdan inaktif hale getirirler.

Lipidler: Meyvelerde bulunan lipidler denince akla, öncelikle yağlar, mumlar ve terpenler gelir. Mum ve mum benzeri denen bazı bileşikler, erik, üzüm, elma, armut vb. gibi meyvelerin dış kısmında koruyucu ince bir tabaka olarak doğal halde bulunurlar. Terpenler ise turuncgöl kabuk yağının esas bileşim öğelerinden birisidir.

Meyvelerde genellikle en fazla bulunan lipid, yağlardır. Ancak buna rağmen, meyvelerdeki yağlar o kadar azdır ki, bunlar beslenme açısından dikkate alınmaktan çok uzaktırlar. Eğer bir genelleme yapılırsa, yaş meyvelerde yağ oranı daima % 1'in altında, fakat çoğunlukla % 0.1-0.3 arasındadır. Yağlarının miktarının bu kadar az olmasına karşın, onların işlenme ve depolanmalarında teknolojik açıdan bazı sorunlara neden olmaları yüzünden, daima dikkate alınmaları zorunludur. Yağ içeren dondurulmuş ürünlerin depolanmalarında kalitenin hızla bozulduğu, öteden beri bilinen bir gerçektir.

Meyvelerde genel olarak yağ az miktarda bulunmakla birlikte, bazı ayrıcalıklı durumlar vardır. Nitekim, zeytin ve avakado gibi meyveler yağ açısından oldukça zengindirler. Avakadoda % 25'e yaklaşan düzeyde yağ bulunmaktadır. Kuşkusuz, fındık, fıstık , ceviz gibi sert kabuklu meyveler yağca çok zengindirler ve bunlardaki yağ oranı daima % 50'nin üstündedir. Aynı şekilde tohum ve meyve çekirdekleri de yağca zengindirler. Ancak bütün bunlar sadece ayrıntıdır ve endüstride işlenen meyvelerde yağ oranının % 0.1-0.3 arasında yani, çok düşük düzeyde bulunduğu genel ilkesini değiştirmezler.

Vitaminler: Vitaminler insan vücudunda sentezlenemeyen fakat insan sağlığı açısından gerekli olduğu için mutlaka dışardan az miktarda alınması gerekli olan organik maddelerdir. Meyveler vitamince zengin gıdalardır ve diyetteki önemleri de daha çok vitamin ve mineral madde sağlamalarından kaynaklanmaktadır. Kaba bir genelleme yapılırsa, yeşil sebzeler beta-karotene ve C vitaminine, sarı renkli olanlar ise sadece beta-karotene zengindirler.

Vitaminleri kimyasal yapıları bakımından gruplamak olanaksızdır. Her vitaminin kendine özgü bir kimyasal yapısı vardır. Bu bakımından vitaminler , yağda eriyen ve suda eriyen vitaminler olarak, erime özelliğine göre, 2 gruba ayrılırlar. A, D, E ve K vitaminleri yağda eriyen , C ve B grubu vitaminleri ise suda eriyen vitaminlerdir.

C Vitamini doğada en yaygın vitaminlerden birisidir. Özellikle turuncu meyveleri başta olmak üzere, çeşitli yeşil sebzelerde domates, lahana, biber, patates, çilek gibi meyveleri gibi bitkisel ürünlerde bol miktarda , hayvansal ürünlerde ise sadece süt, ve ciğerde düşük miktarda bulunmaktadır. C vitamininin aşırı miktarda bulunduğu ürünlerin başında kuşburnu meyveleri gelir. Tablo 2.5' de çeşitli meyvelerde bulunan c vitamini miktarları verilmiştir.

Tablo 2.5. Bazı Meyvelerin C Vitamini İçeriği

Meyve	C vitamini (mg/100 g)	Meyve	C vitamini (mg/100 g)
Elma	2-10	Muz	10-25
Armut	5-6	Mandalina	30-50
Şeftali	5-13	Kavun	25-35
Portakal	30-55	Çilek	60
Kayısı	5-10	Limon	45-55
Vişne	3-5	Erik	3-5

C vitamini çeşitli faktörlerden kolaylıkla etkilenecek oksidasyona uğramaktadır. Özellikle oksijen, oksijen eşliğinde uzun süre ısıtma ve ışık C vitamininin parçalanmasına neden olan başlıca etmenlerdir. C vitamini ayrıca enzimatik yolla da parçalanmaktadır.

Mineral maddeler: Meyveler mineral maddelerce çok zengin gıdalardır. Meyvelerde bulunan mineral maddelerin büyük bir kısmı suda çözünebilir nitelikte olduğundan işleme ve depolamanın herhangi bir aşamasında kimyasal ve fiziksel yollarla değişebilmektedir. Bazı mineraller hava oksijeni ile okside olarak daha yüksek değerlik kazanabilmektedir. Ancak bu değişimin, o mineralin fonksiyonu ve yararlılığı açısından bir farklılığa neden olduğuna yönelik henüz yeterli bilgiler yoktur. Potasyum meyvelerde bol miktarda bulunur. Bir çok meyvenin külünün hemen hemen yüzde ellisi potasyumdan oluşur. Bazı meyvelerin mineral madde içerikleri Tablo 2.6' da verilmiştir.

Asitler : Meyvelerde çeşide bağlı olarak değişik cins ve miktarlarda organik asitler bulunmaktadır. Özellikle meyvelerin çoğunluğunun lezzeti asit şeker dengesiyle oluşmaktadır.

Organik asitler, meyvelerin hücre suyunda çoğu serbest halde, ancak bir kısmı tuz, ester, glikozit vb. değişik bileşikler oluşturulmuş olarak, fakat daima suda

Tablo 2.6. Bazı Meyvelerin Mineral Madde İçerikleri.

Meyve	(mg/100 g yenebilir kısımda)									
	Na	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	P	S	Cl
Greyfurt	2	198	17	10	0.01	0.3	0.02	18	51	3
Ananas	0.3	210	16	11	1.07	0.3	0.07	11	25	46
Armut	3	129	13	9	0.06	0.3	0.13	16	7	4
Çilek	2	145	28	12	0.06	0.8	0.13	27	12	11
Elma	1	116	6	6	0.08	0.3	0.07	10	5	4
Erik	0.6	170	17	11	0.1	0.5	0.08	20	5	2
İncir	2	190	50	21	-	0.8	0.07	40	12	16
Kavun	-	-	17	12	-	0.4	0.07	16	14	41
Kayısı	0.6	440	16	9	-	0.5	0.1	23	6	2
Limon	6	148	40	9	0.04	0.6	0.26	22	8	4
Mandalina	2.2	110	33	11	0.04	0.4	0.1	23	10	2
Muz	1	420	8	31	0.64	0.6	0.2	28	12	125
Portakal	0.3	170	33	10	0.025	0.4	0.08	23	8	4
Şeftali	0.5	160	8	11	0.1	0.6	0.01	22	7	5
Üzüm	2	254	17	7	0.08	0.6	0.1	21	9	2
Vişne	2	260	19	14	-	0.5	0.07	20	8	3

erimiş halde bulunurlar. Bazı organik asitlerin miktarı o kadar yüksektir ki bazı meyvelerin çok ham olduğu dönemlerde hücrede kristaller halinde bulunabilmektedir. Örneğin bazı ham meyvelerde kalsiyum okzalat kristalleri, üzümelerde ise potasyumbitartarat kristalleri oluşmaktadır. Organik asitler, meyvelerde solunum enerjisi oluşturmada önemli bir kaynaktırlar.

Meyvelerde en çok malik asit (elma asidi), sitrik asit (limon asidi) ve üzümelerde tartarik asit (şarap asidi) bulunmaktadır. Birçok meyvede en çok bulunan asit ya sitrik yada malik asittir.

Malik asit, elma ve vişnelerde en çok bulunan asittir. Malik asit ayrıca, erik, armut ve kaysılarda bulunur. Turunçgillerde de azımsanmayacak düzeyde malik asit bulunmaktadır. Üzümelerde en çok bulunan asit tartarik asitse de, bir miktar malik

asit de bulunmaktadır. Kaba bir genelleme yapılırsa, yumuşak ve sert çekirdekli meyvelerde en çok bulunan organik asit malik asittir.

Sitrik asit esas olarak trunçgil meyvelerinde en çok bulunan asittir. Ancak çilekçillerde de yaygın asit sitrik asittir. Sitrik asit ayrıca, narda, incirde ve az miktarda üzümelerde de bulunmaktadır.

Tartarik asit, üzümelerde en çok bulunan asit olup, bu meyvelerin toplam asitliliğinin % 40-80' ini oluşturur . Ayrıca üzüksü meyvelerde toplam asidin % 1,6-2,8' ini tartarik asit oluşturmaktadır.

Meyvelerde ayrıca az miktarda süksinik asit, okzalik asit, hidroksisinamik asitler, salisilik asit ve benzoik asit gibi diğer organik asitler de bulunmaktadırlar. Bazı meyvelerde bulunan toplam asit miktarları ile, dominant ve ikinci derecedeki asit çeşitleri Tablo 2.7' de verilmiştir.

Tablo 2.7. Bazı Meyvelerdeki Toplam Asit miktarları, Dominant ve İkinci Derecedeki Asit Çeşitleri

Meyve	Toplam Asit (%)	Dominant asitler	Diğer Asitler
Armut	0.2-1.0	Malik	Sitrik
Çilek	0.4-1.2	Sitrik	Malik ve Kuinik
Elma	0.2-0.8	Malik	Kuinik
Erik	0.5-1.0	Malik	Kuinik
İncir	-	Sitrik	Malik
Kayısı	0.4-2.0	Malik ve Sitrik	Kuinik
Kızılcık	2.0-2.5	Malik	-
Nar	0.2-5.5	Sitrik	Malik
Şeftali	0.3-0.9	Malik	Sitrik
Turunçgiller	0.8-7.0	Sitrik	Malik ve Kuinik
Üzüm	0.5-1.5	Tartarik	Malik
Vişne	1.7-2.5	Malik	Sitrik ve Kuinik

Enzimler: Enzimler bitkisel ve hayvansal dokuların bileşiminde yer alan, az miktarda bulunan fakat çok önemli rolleri olan organik katalizörlerdir. Enzimlerin yapısını esas olarak proteinler oluşturur. Enzimlerin gıda endüstrisinde önemli yerleri vardır. Nitekim bazı enzimlerin rolleri, üretilen gıda açısından olumlu, bazılarının ki ise olumsuz sonuç vermektedir. Bunun en ilginç örneği polifenoloksidaz enzimlerince katalize edilen oksidasyon reaksiyonlarıdır. Nitekim, siyah çay üretiminde, fenoloksidaz enzimlerinin katalize ettiği reaksiyonlarla çayın başlıca karakterini veren siyah renk oluştuğu ve bu durum bu üründe istendiği halde, meyvede aynı olay, rengin bozulmasına neden olduğundan hiçbir şekilde istenmez ve olaya engel olmak üzere tüm önlemler alınır.

Fenolik maddeler: Meyvelerde genellikle çok az miktarda bulunan fakat işlenmelerinde değişik sorunlara neden olabilen önemli maddeler grubundan birisi fenolik bileşiklerdir. Fenolik maddeler ürünlerin lezzetinin oluşmasında, özellikle ağızda buruk bir izlenim bırakma yönünde etkilidir. Diğer taraftan bir kısım fenolik maddeler , örneğin antosiyaninler, sebze ve meyvelerin kendine özgü renklerinin oluşmasını sağlamaktadırlar. Fenolik bileşiklerin yer aldığı her bitkisel dokuda mutlaka polifenoloksidaz enzimi de bulunmaktadır. Sağlam bir hücrede fenolik bileşikler vakuollerde, buna karşın polifenoloksidaz enzimi ise sitoplazmada bulunarak birbirleri ile temas etmezler. Ancak parçalanma, dilimleme ve pulpa işleme gibi işlemler sonucunda fenolik bileşikler ve polifenoloksidaz enzimi bir araya gelerek esmerleşme reaksiyonlarını başlatırlar. Bunun tipik örneği; elma, muz gibi bazı meyveler doğrandıkları zaman yada zedelendiklerinde yüzeylerinin kısa sürede esmer bir nitelik kazanmasıdır. Buna karşın portakal, limon gibi bazı meyvelerin rengi kesilince yada suları çıkarılınca bir değişikliğe uğramamaktadır. Bunun nedeni ise bu tip ürünlerde bulunan fenolik bileşiklerin esmerleşme reaksiyonlarına iştirak edecek nitelikte olmaması, polifenoloksidaz enzim aktivitesinin bunlarda çok düşük olması ve/veya askorbik asit içeriğinin yüksek olması gibi üç faktörden birine dayanmaktadır.

Renk maddeleri : Meyve ve sebzeler sadece lezzetleri, mineral ve vitamin içerikleri açısından değil, değişik renkleriyle de çekici gıdalardır. Meyve ve sebzelerin rengi, farklı nitelikteki renk maddelerinden yani pigmentlerinden

kaynaklanmaktadır. Meyve ve sebzelerde yeşil rengi “klorofil”i, sarıdan koyu kırmızıya kadar olan renkleri karotenoid grubu maddeler, pembeden menekşe , mor ve maviye kadar değişen renkleri ise antosyanin grubu renk maddeleri vermektedir (Keskin, 1981; Cemeroğlu ve Acar,1986).

2.4.2. Yaş Meyve ve Sebze Üretimimiz, İhracatımız ve İthalatımız

Türkiye, 41 milyon ton düzeyine ulaşan yaş meyve ve sebze üretimi ile dünyanın önemli üretici ülkelerinden birisi konumundadır. Ülkemiz rakamsal olarak önemli bir üretici ülke görünümünde olmakla birlikte ihracatın üretime oranı % 2.5 civarındadır. Çeşit bazına indirgediğimiz zaman da aynı yapı karşımıza çıkmaktadır. Ülkemizin yaş meyve üretimi 4 ana grup altında incelenmektedir. 2000 yılı itibariyle yaklaşık 11 milyon ton meyve üretimi içinde üzüksü meyveler % 38 ile en önemli paya sahiptir. Yumuşak çekirdekli meyveler yaş meyve üretimimizin % 27'sini oluştururken elma bu grubun en önemli meyvesidir. Turunçgil meyveleri, yaş meyve üretiminden % 20 pay almaktadır. Taş çekirdekli meyve grubunun meyve üretimi içindeki payı % 14 olup kayısı, kiraz, erik ve şeftali bu grubu temsil eden meyveler olarak dikkat çekmektedir. Ülkemizin yıllar itibariyle yaş meyve ve sebze üretimi Tablo 2.8’ de verilmiştir (<http://www.igeme.org.tr/TUR/foyer/tarim/yms1.htm>).

Dünyada üretici ülkeler sınıflandırılması içinde yer alabilmek ihracatı ne ölçüde başarıyla gerçekleştirdiğimize bağlıdır. Bu anlamda da üretim miktarı, endüstri kalitesi, altyapı ve kullanılan girdiler, finans ve pazar şartları olarak adlandırılan, dünyada kabul görmüş rekabet kriterleri doğrultusunda ülkemizin yaş meyve ve sebze sektörünün yapılandırılması gerekmektedir. Aksi durumda önemli üretici olmamız tek başına bir anlam ifade etmemektedir. Yıllar itibariyle dünya yaş meyve üretimi Tablo 2.9’ da verilmiştir.

Tablo 2.8. Yıllar İtibariyle Yaş Meyve ve Sebze Üretimi (Miktar: 1000 Ton)

ÜRÜNLER	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Portakal	842	890	740	970	1.100	1.070
Mandalina	453	450	365	480	500	560
Limon	418	401	270	390	520	460
Greyfurt	65	75	55	100	140	130
Elma	2.100	2.200	2.550	2.450	2.500	2.400
Üzüm	3.550	3.700	3.700	3.600	3.400	3.600
Karpuz, Kavun	5.400	5.800	5.550	5.815	5.725	5.805
Kayısı	400	250	206	490	335	530
Şeftali	340	360	355	410	400	430
İncir	300	290	243	255	275	240
Kiraz	186	200	215	195	250	230
Armut	410	415	400	360	360	380
Domates	7.250	7.800	6.600	8.290	8.956	8.890
Patates	4.750	4.950	5.100	5.250	6.000	5.370
Kuru Soğan	2.850	1.900	2.100	2.270	2.500	2.200
Hıyar	1.250	1.300	1.400	1.475	1.650	1.825
Biber	1.080	1.150	1.130	1.400	1.462	1.480
Patlıcan	750	850	847	915	976	924
Havuç	250	270	240	232	239	235
Sarmısak	75	80	85	80	86	81
Toplam (Diğerleri Dahil)	36.000	35.000	36.000	39.000	41.200	41.000

Tablo 2.9. Yıllar İtibariyle Dünya Yaş Meyve Üretimi (1000 Ton)

Ürünler	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Elma	50.486	56.206	57.427	56.975	57.726	59.963
Armut	12.652	13.641	14.240	15.312	15.695	16.626
Ayva	296	332	345	364	369	377
Kayısı	2.077	2.539	2.381	2.510	2.706	2.742
Kiraz	1.579	1.710	1.611	1.608	1.754	1.769
Erik	6.505	8.206	8.115	7.652	7.875	8.223
Şeftali	10.881	11.739	11.434	11.617	12.966	13.457
Muz	56.478	55.257	58.869	55.421	58.676	58.687
İncir	1.177	1.133	1.090	1.123	1.140	1.144
Üzüm	56.004	58.977	58.590	56.956	60.977	62.31
Çilek	2.769	2.728	2.714	2.789	3.052	3.110
Portakal	59.048	60.680	65.610	62.534	62.133	66.054
Mandarin	15.780	15.477	18.072	16.181	17.888	18.637
Limon	8.480	8.943	9.607	9.429	9.588	9.972
Altıntop	5.142	5.066	5.310	4.905	4.859	5.088
Toplam (D.D)	404.900	426.704	442.290	432.296	444.651	*

*Veri henüz yayınlanmamıştır (D.D) Diğerleri dahil

Yıllar itibariyle yaş meyve ve sebze ihracatımız Tablo 2.10'da verilmiştir. Almanya, 2000 yılında 112.000.000 Dolarlık sebze ihracatımızın % 19'unun yöneldiği en önemli ülke konumundadır. Almanya'yı % 15 ile Suudi Arabistan, % 11 ile Rusya Federasyonu ve % 5 ile Romanya takip etmektedir. Avusturya, Azerbaycan, Hollanda, Fransa, ve Yunanistan diğer önemli pazarlarımız görünümündedir. 2000 yılında meyveler ihracatımızın değer olarak % 16'sı Rusya Federasyonu'na, % 13'i Almanya'ya, % 12'si Suudi Arabistan'a, % 10.5'i Ukrayna'ya, % 8'i Avusturya'ya, % 6.7'si İngiltere'ye, % 6.9'u Romanya'ya ve % 4.5'i Hollanda'ya yönelmiştir. Türkiye'de yaş meyve ve sebze üretimi miktar itibariyle önemli olmasına karşın, ihracatın üretime oranı çok düşüktür. İhracata konu olan meyve ve sebze çeşitlerinin uluslararası piyasalarda talep edilen çeşitlere uygun olmayışı ve üretimden tüketime miktar ve kalite kayıplarının yüksekliği bu yapının en önemli nedenleri arasındadır.

Tablo 2.10. Yıllar İtibariyle Yaş Meyve ve Sebze İhracatımız (Miktar: 1000 Ton - Değer: 1000 US\$)

ÜRÜNLER	1998		1999		2000	
	Miktar	Değer	Miktar	Değer	Miktar	Değer
Portakal	67	29.434	122	57.716	90	30.142
Limon	104	58.368	217	103.783	162	66.436
Mandalina	118	50.411	132	61.268	139	48.726
Altıntop	41	19.349	72	28.375	85	22.607
Elma	25	13.067	13	5.369	12	5.146
Karpuz	12	2.306	10	1.439	11	1.332
Kavun	8	2.331	7	1.930	6	1.503
Kiraz	9	16.509	26	38.390	12	23.563
İncir	4	5.837	6	6.357	42	67.117
Üzüm	54	20.967	48	25.298	64	28.438
Domates	144	57.052	100	18.902	120	37.482
Patates	55	15.586	64	14.479	128	23.078
Kuru Soğan	145	26.436	132	19.637	82	11.132
Hıyar-Kornişon	10	5.315	6	3.255	8	3.503
Havuç	10	1.932	14	2.444	17	2.970
Yeşil Biber	27	19.509	27	21.613	31	19.854
Yaş Meyveler (DD)	470	236.000	686	344.000	638	256.000
Yaş Sebzeler (DD)	417	140.000	370	93.000	420	112.000
TOPLAM	887	376.000	1.056	437.000	1.058	368.000

(D.D) Diğerleri dahil

Ülkemiz sahip olduğu üretim alanı ve ekolojik yapısı itibariyle yaş meyve ve sebze üretiminde kendine yeterli ve ihracat şansına sahip şanslı ülkelerden birisidir. Bahsedilen nedenle ülkemiz yaş meyve ve sebze ithalatının yapısı aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

Muz, hindistan cevizi, ananas, avokado armudu gibi ülkemizde yetiştiricilik imkanı kısıtlı olan veya yetiştiriciliğı mümkün olmayan meyveler ithal edilmektedir. Dahilde İşleme Rejimi kapsamında gıda işleme sanayinin ihtiyaç duyduğu çeşitlerin temini amacıyla ve sezon dışı talebi karşılamak amacıyla ithalat yapılmaktadır. Zaman zaman da re-export yapmak amacıyla yaş meyve-sebze ithal edildiğı görülmektedir.

Yıllar itibariyle yaş meyve ithalatımız Tablo 2.11' de verilmiştir. Bu bağlamda, 2000 yılı ithalatı açısından 124244 ton ile muz, 8272 ton ile hurma ve 3416 ton ile elma ithal edilen en önemli meyveler olarak dikkati çekmektedir. Ayrıca sektör, meyve-sebzelerin sınıflandırılması ve paketlenmesinde kullanılan alet-ekipman, mumlama materyali, ambalaj materyali, soğuk muhafaza alet ve ekipmanı gibi girdileri ithal etmektedir. Ancak bu ithalat, teknolojilerin takibi, ülkemizde üretim kapasitelerinin yetersiz olduğı girdilerin teminine yönelik ithalat olarak kendini göstermektedir (<http://www.igeme.org.tr/TUR/foylet/tarim/ymsl.htm>).

Tablo 2.11.Yıllar İtibariyle Yaş Meyve İthalatımız (Miktar: Ton - Değer: US \$)

ÜRÜNLER	1998		1999		2000	
	M	D	M	D	M	D
Muz	123.128	48.023.612	150.533	58.349.195	124.245	49.023.608
Hurmalar	5.252	936.013	3.689	1.155.338	8.272	1.113.376
Elma	3.632	1.488.449	4.482	1.834.917	3.417	1.265.210
Hindistan ,Brezilya, Kaju Cevizleri	1.914	1.780.264	2.036	1.508.305	2.937	2.379.012
Üzüm	304	233.558	233	192.129	173	118.353
Ananaslar	152	78.262	306	148.448	151	75.994
Kayısı, Kiraz, Şeftali, Erik, Çakaleriği	200	100.519	508	247.417	135	71.031
Kavun, Karpuz, Papaya	1.372	499.087	95	34.276	106	32.049
Avokado Armudu	27	23.225	19	14.252	21	12.528
Hint Kirazı	39	44.749	22	22.692	20	14.861
Toplam(Diğerleri Dahil)	138.182	55.564.000	163.874	65.940.956	142.323	56.935.690

2.5. Meyve Yüzeylerinin Kaplanması

2.5.1. Meyvelerin Bozulmalarına Neden Olan Faktörler

Meyveler çabuk bozulabilen besin maddeleri olup, özelliklerini kolayca yitirdiklerinden, hasattan tüketim aşamasına kadar özel koşullarda depolanmaları ve taşınmaları gerekmektedir.

Meyveler hasattan sonrada canlılıklarını sürdürürler. Solunum ile glukoz parçalanması devam eder, oksijen alınarak karbondioksit, su, enerji ve örneğin etilen gibi uçucu parçalanma ürünleri açığa çıkması olayı ve bir dizi yapı değişikliği gözlenir. Bunların yapılarındaki maddelerin harcanması sonucu mekanik dirençleri ve mikroorganizmalara dayanıklılıkları azalır ve bozulma başlar. Bozulmaya başlıca 8 faktör neden olmaktadır .

Solunum: Taze meyveler hasattan sonra da canlıdırlar ve metabolik faaliyetlerini sürdürürler. Metabolizma faaliyetleri ortam koşullarına bağlı olarak hızlı veya yavaş

olarak devam etmektedir. Metabolizma olayları içerisinde en önemlileri solunum ve terlemedir. Solunumla ortamdan oksijen alır, ortama karbondioksit, su buharı ve enerji verirler. Bu sırada üründe depo edilmiş maddeler harcanır. Nihayet bir süre sonra her canlıda olduğu gibi doğal yaşlanma sonucu meyve ve sebzelerin yapısı bozulur.

Meyvelerin muhafazasında temel ilke; metabolik faaliyetlerin ürünün ölümüne yol açmayarak en düşük düzeyde devam ettirmesini sağlayan şartların oluşturulmasıdır. Böylece canlı bitki kendi savunma sistemiyle mikroorganizma saldırısına karşı kendini koruyabilmekte ve bünyesindeki gıda unsurlarını daha uzun süre muhafaza edebilmektedir. Meyve ve sebzelerdeki solunum ve terleme hızları ortamın sıcaklığına, bağıl nemine ve gaz bileşimine bağlı olarak değişmektedir.

Bitkisel solunum karmaşık bir biyokimyasal olaylar dizisidir. Solunum, başta glukoz olmak üzere, çözünebilir karbonhidratların ve diğer organik bileşiklerin, hava oksijeni ile yükseltgenmesidir. Bitkisel solunum aşağıdaki denklemle gösterilir.



Denklemde görüldüğü gibi solunum hızını, meyvenin bileşimindeki karbonhidrat miktarı, ortamdaki oksijen, karbondioksit, su buharı miktarı ve ısı enerjisi etkilemektedir. Bitkisel solunum ile sebze ve meyveler yapılarındaki karbonhidratları sürekli kaybederken, açığa çıkan ısı enerjisi de bazı türlerde hızlı sıcaklık yükselmelerine ve bozulmaya neden olur. Hasat sonrası elma, armut, kayısı, şeftali, erik gibi meyvelerin solunum hızları artar, buna klimakterik denir. Olgunluk dönemi bitişi ile solunum hızı tekrar düşer. Yaş meyvelerin depolama ömür ve kalitelerini solunum hızları belirlediğinden, alınacak tüm önlemler bu solunum hızını yavaşlatmaya yöneliktir.

Solunum hızını düşürmenin en basit yolu ortam sıcaklığının düşürülmesidir. Teorik olarak donma noktasının hemen üzerinde solunum en aza düşer. Her meyve

için donma noktası farklıdır, hasattan sonra en kısa sürede en uygun depolama sıcaklığına inilmelidir. Ayrıca +4 °C' nin altındaki sıcaklıklarda ortamdaki etilen, bütilen, asetilen, karbondioksit gibi uçucu reaksiyon ürünlerinin solunumu hızlandırma etkisi de kalmamaktadır.

Solunum hızını düşürmenin diğer bir yolu da kontrollü atmosfer depolarında ortamdaki oksijen miktarını düşürüp, karbondioksit miktarını artırarak reaksiyonun sağa doğru ilerlemesinin engellenmesidir. % 2' nin üstünde CO₂ ve % 10' un üzerinde O₂ içeren atmosfer şartları solunumu önemli ölçüde engeller.

Hasat zamanı: Meyve hasatının en uygun zamanda yapılması, başarılı bir muhafaza için gereklidir. Çünkü bazı bozulmalar erken, diğer bazı bozulmalar ise geç hasat zamanı nedeniyle ortaya çıkmaktadır.

Erken hasat edilen meyvelerde fungal ve fizyolojik kayıplar artmakta, yüksek su kaybı pörsümeye neden olmaktadır. Erken hasat ile yeteri kadar irileşmemiş meyvelerin toplanmaları, % 15-30' luk ürün kayıplarına neden olmaktadır.

Geç hasat edilen meyvelerin muhafaza ömürleri kısa olmakta, çabuk bozulmaktadırlar. Ayrıca geç hasat edilen bazı meyveler kontrollü atmosferde muhafazaya elverişli değildir, çünkü CO₂' nin olgunluğu ilerlemiş dokulara zararı vardır.

Zedelenme ve berelenme: Meyvelerin depolama ömürlerinin genellikle kısa olmasının bir başka nedeni hasat ve taşıma sırasında meyvelerin çok fazla zedelenme ve berelenmeleridir. En ileri muhafaza tekniklerinin kullanımı ile bile fazla berelenmiş meyveleri sınırlı bir süreden daha fazla depolamak mümkün değildir.

Su kaybı : Meyve ve sebzeler su içerikleri yüksek ürünlerdir. Genel olarak % 75-95 oranında su içerirler. Çevre nispi nemi bunu dengelemezse rutubet kaybeder veya kazanırlar.

Yaş meyveler hasattan itibaren depolama, taşıma ve pazarlamanın her aşamasında su kaybederler. Meyvelerin dokularındaki yüksek su oranı (ortalama %80-90) nedeniyle hücreler arasındaki hava her sıcaklıkta doymuş halde bulunur. Bu nedenle daha az su buharı içeren dıştaki havaya doğru sürekli bir nem kaybı olur. Bu kaybın hızı ürün içindeki ve dış ortamdaki su buharı basıncı farkına, meyve türüne, kabuk hücrelerinin morfolojik yapısına, hasat zamanı ve hasattan sonra geçen süreye, ortamın sıcaklığına ve ortamdaki hava hareketine bağlıdır.

Su kaybına bağlı olarak oluşan ağırlık kaybının % 5'i geçmesi ile meyvede buruşma ve solma başlar, kalite düşer. Kaybedilen suyun % 10' u solunum sırasında oluşan sudur.

Muhafaza deposunun oransal nemi meyve yüzeyinin oransal nemi ile denge halinde ise (yaklaşık % 90-97) su kaybı durur. Depo havası nemi düşük ise denge sağlanıncaya kadar su kaybı sürer. Ancak depo havasının oransal nemi sıcaklıkla büyük ölçüde değişir. Bu nedenle depo havası ile meyve dokularındaki hava nemi arasındaki dengenin en iyi göstergesi su buharı basıncı farkıdır. Oransal nem aynı kalsa bile, su buharı basıncı farkı yüksek olursa meyve su kaybetmeye devam eder. Gerektiğinden fazla yüksek depo nemi mantar hastalıklarının zararlarını artırır, kabuk ve meyve etinin kararmasına, lekelenmeye neden olur.

Depo içindeki meyvenin çevresindeki havanın hızlı hareketi önemli ağırlık kayıplarına neden olur. Çünkü meyvenin üstünü saran olağan üstü ince, nemi dengelenmiş hava tabakasını sürükler ve bozar. Bu nedenle, hava hareketinin solunum ısını etkin bir biçimde alacak şekilde düzenlenmesine ve deponun her yanında aynı olmasına dikkat etmek gerekir.

Kimyasal değişmeler: Meyvelerin kimyasal bileşimleri depolama sırasında değişime uğrar. Yapılarında bulunan meyve asitleri parçalanır, vitamin kaybı olur, protopektin kısmı hidrolize uğrar, glikozitler azalır, protein sentez edilir. Kimyasal değişmeler kaliteyi düşürür, meyve tat, aroma, renk ve diriliğini kaybeder. Bu olaylar sıcakta hızlanır, soğukta yavaşlar. Ayrıca kimyasal değişmeler depo atmosferinin bileşimine de bağlıdır, oksijen azalıp karbondioksit artıkça kimyasal değişmeler azalır. Ancak bu kuraldan sapmalar da vardır. Örneğin C vitamini düşük O_2 ve yüksek CO_2 ' li atmosferde daha hızlı parçalanır.

Fizyolojik bozulmalar: Meyvenin etli kısmında ve kabuk kısmında mikroorganizmaların neden olmadığı çürümeye fizyolojik bozulma denilir. Böyle bozulmalara genellikle yüksek sıcaklıkta yapılan depolama ve taşımalarından sonra rastlanılır.

Bazen de fizyolojik bozulma soğutmalı depolarda belli sıcaklıklarda görülmektedir. Örneğin bir şeftali türü 2 °C ile 4 °C arasında depolandığında bozulmakta fakat 2 °C' nin altında ve 4 °C' nin üstünde depolandığında uzun süre dayanmaktadır. Fizyolojik bozulmanın meyve doku hücrelerinde iki ayrı biokimyasal proses nedeni ile oluştuğu sanılmaktadır. İlk proste hücre zehri oluşmakta, ikincisinde bu zehir parçalanmaktadır. Zehrin oluşma ve parçalanma hızına sıcaklığın etkisi farklıdır. Zehrin parçalanma hızının düşük olduğu sıcaklıklarda fizyolojik bozulmalar gerçekleşmektedir.

Mikrobiyolojik bozulmalar : Meyvelerde bulunan mikroorganizmalar solunum sırasında oluşan reaksiyonlarla, bileşimde bulunan karbonhidratları ve diğer kompleks organik maddeleri parçalarlar.

Bakteri, mantar ve küflerden oluşan mikroorganizmaların faaliyeti ile karbonhidratlar önce organik asitlere sonra da karbondioksit ve suya dönüşürler.

Mikrobiyolojik çürüme, meyvenin bileşimine, mikroorganizmanın cinsine, dış ortama, meyvenin bozulması sırasında oluşan iç ve dış değişikliklere (yapı,

atmosfer vs.) bağlıdır. Karbonhidratlar dışında, proteinler de peptid ve aminoasit vermek üzere parçalanırlar. Mikroorganizma ürünü kimyasallar genellikle zehirli olduklarından çürümüş meyvelerin yenmesi tehlikelidir.

Meyvenin bileşimi, pH' ısı, nem miktarı, tuz miktarı ve dış ortamın sıcaklığı, meyveyi hangi tip mikroorganizmaların çürüteceğini ve bu mikroorganizmaların çoğalma hızını, ürettikleri kimyasalların cinsini belirleyen faktörlerdir.

Enzimlerin yol açtığı bozulmalar: Enzimler protein esaslı katalizörlerdir. Bunlar meyvenin yapısındaki organik bileşiklerin parçalanma reaksiyonlarında katalizör görevi yaparlar. Enzimler mikroorganizmalardan farklı olarak meyvenin yapısında bulunurlar. Enzim aktivitesi sıcaklığa bağlıdır, sıcaklık düştükçe azalır. -10, - 20 °C ' de çok düşüktür. Sıcaklıktaki her 10 °C' lik artış enzim aktivitesini bir kat artırır. Ancak 50 °C civarında enzimler aktivitelerini kaybederler. Aynı şekilde yüksek asitlik ve bazlık halinde de enzimler aktivitelerini yitirirler.

Meyve için fizyolojik ölüm gerçekleştiğinde yani solunum durduğunda, enzimlerin faaliyeti devam eder ve çok sayıda reaksiyon ürünü oluşur. Bunların en önemlisi alkol oluşmasıdır. Bu alkol uçucu asitlerle esterleşir ve kokuşma yapar. Başka bir oluşum asetaldehit birikmesidir, bu da tadı bozar. Çürüme sırasında pektin de parçalandığından hücre duvarları tamamen çözünür (Ayfer ve Türk,1982; Erbil ve Teoman,1985; Uslu, 2001).

2.5.2. Meyvelerin Bozulmalarını Geciktirme Yöntemleri

Meyvelerin hasat sonrası bozulmalarını geciktirmek için kullanılan belli başlı 8 yöntem vardır.

Erken hasat : Erken hasat edilmesi fungal, fizyolojik bozulmalarına neden olmayan, ayrıca kısa sürede fazla su kaybı ile buruşmayan limon, muz gibi meyvelerde hasat sonrasındaki dayanma süresi fazladır. Ancak erken hasat ile

meyvenin yeteri kadar irileşmesi de önlendiğinden ürünün ekonomik değeri düşmektedir.

Kurutma : Meyvelerde bulunan su mevcut mikroorganizmaların yaşaması ve çoğalması için gereklidir. Kurutma ile bu suyun uzaklaştırılması halinde osmotik basınç da arttığından mikroorganizmaların çoğalması yavaşlamaktadır. Üzüm, incir ve kayısı gibi meyveler güneş altında veya özel kurutma tesislerinde kurutulmaktadır. Son yıllarda dondurarak kurutma yüksek vakum altında gerçekleştirilmekte ve başarılı sonuç vermektedir.

Derin dondurma : Meyvelerdeki mikroorganizmaların üremesi -10°C de tamamen durmakta, enzimlerin katalizör özelliği azalmaktadır. Meyvelerin dondurularak muhafazası mikrobiyolojik açıdan en avantajlıdır, ancak hücre özsuyunun donması ile oluşan buz kristalleri hücre zarını parçaladığından, meyvenin yenmesinden önce yapıları, görünüşleri bozulmaktadır. Bunu önlemek için hızlı soğutma ile çok küçük buz kristalleri elde edilmekte, hücre zarı parçalanmaktan korunmaktadır.

Derin dondurmaya uygun meyveler $-30, -50^{\circ}\text{C}$ de dondurulmakta, $-18, -24^{\circ}\text{C}$ de muhafaza ve taşınması sağlanmaktadır. Satın alınan dondurulmuş meyveler -18°C deki buzlukta birkaç ay, -6°C civarında birkaç gün, normal buzdolabı sıcaklığı ($+3, 5^{\circ}\text{C}$) ancak bir gün bekletilebilir. Bu sürelerin geçmesi halinde kalite ve görünüm çok düşer.

Derin dondurma sırasında meyvelerin su kaybetmesi renk, yapı, koku ve beslenme özelliklerini düşürdüğünden genellikle ambalajlanmış halde dondurma yapılır.

Kontrollü atmosferde depolama : Bu yöntemde meyveler CO_2 ve O_2 gaz oranları bakımından havadakinden farklı bir karışımda depolanırlar. Depoların duvarları özel boyalar veya metal levhalar ile kaplanarak bu gazların geçmesine engel olunur.

Meyve çeşidine göre CO₂ oranı % 4-20, O₂ oranı % 2-5 arasında tutulur. Yüksek CO₂ oranında meyveler daha yeşil kalmakta, sertlik soğutmalı depolardakinden yüksek olmakta, çürük ve küflenme kayıpları azalmaktadır.

Meyveler kapalı ortamdaki oksijeni tüketerek karbondioksit açığa çıkardıklarından, deponun atmosfer bileşimi dışardan uygun miktarda gaz vererek sürekli sabit tutulmaktadır. Doğal CO₂' nin oluşum hızı bir kontrollü atmosfer deposunun dizaynı için gerekli önemli verilerden biridir. Soğutmalı depolara kontrollü atmosfer uygulanması ile daha iyi sonuç alınmaktadır. Ancak belli bir yörede yetişen belli bir meyve için en uygun atmosfer bileşimini ve sıcaklığı önceden önermeye olanak yoktur, denenerek hesaplanması gerekmektedir. Kontrollü atmosfer depolarında azot gazını inert gaz olarak kullanarak gaz bileşimini ayarlamak da mümkündür.

Işınlama (radyasyon) ile koruma : Son yıllarda geliştirilen bu yöntemde alfa, beta ve gama ışınları göndermek suretiyle meyvelerdeki mikroorganizmalar öldürülmekte ve enzim faaliyeti engellenmektedir. Radyasyon kaynağından gelen nötronlar ise gıda muhafazasında istenmemektedir, çünkü bunlar gıda maddelerindeki elementlerin de radyoaktif olmasına neden olmaktadır. Işınlamanın dozunun ayarı da önemlidir. Işınlama ile koruma henüz araştırma safhasındadır. Uygulama aşamasına gelmesi ümit edilmektedir.

Plastik ambalaj içinde depolama : Bu yöntemde meyveler polivinil klorür, polietilen, polipropilen, selofan, selüloz asetat gibi plastik filmler içinde depolanmaktadır. Ambalaj içindeki atmosferin bileşimi zamanla değişmekte, oksijen azalırken karbondioksit ve su buharı artmaktadır. Son yıllarda kontrollü atmosfer koşullarını plastik torbalar içinde oluşturarak, soğutmalı depolardan kontrollü atmosferli depolar gibi yararlanma olanakları araştırılmaktadır. Ancak plastik torba içindeki nem oranı yükseldikçe mikrobiyolojik bozulma hızlanmakta, oksijen tükendikçe anaerobik fermentasyon başlamaktadır. Torbaya konulan meyvenin solunum hızı ve ağırlığı, torbanın O₂ ve CO₂ gazı geçirgenlikleri, kalınlığı, gaz transfer yüzeyi bilindiği takdirde torba içindeki atmosferin bileşimi hesaplanabilir.

Ancak sıcaklık değişimi plastiğin geğirgenliği ile solunumu aynı oranda etkilemektedir. Ayrıca plastik torbaların kapatılması tam olarak yapılamamakta ve ölçüm yapılmadıkça torba içindeki CO₂ ve O₂ belirlenememektedir. Plastik torbalar, daha çok bazı özel hallerde kısa süreli muhafazalar için kullanılmaktadır (Erbil ve Teoman, 1985; Uslu, 2001)

Soğukta depolama ve meyve yüzeylerinin koruyucu bir film tabakası ile kaplanması sırasıyla 2.5.3, 2.5.4 başlıkları altında ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

2.5.3. Soğukta Depolama

Depolama, ürünün daha sonra pazarlanmak üzere kalitesini koruyacak koşullarda bekletilmesidir. Bu nedenle, ekonomik bir girişimdir ve amacı yüksek kazanç sağlamaktır. Depolama, ürünün pazarlama süresini uzatarak, geç mevsimde azalan sunuya (arza) karşılık, yükselen fiyatlardan yaralanma olanağı verir. Böylece gelir yükselir.

Bununla birlikte depolama, pazara çıkan ürünün maliyetini de arttırır. Çünkü depolama ek masraflar gerektirir. Depolamada kalite ve miktarda görülen azalmaları azaltmak için çeşitli yöntemler kullanılsa bile tümüyle önlemek mümkün değildir.

Depolamada başarı, ürünlerdeki kalite ve miktar kayıplarını en aza indirmek, fakat depolama süresini uzatmak olarak özetlenir. Bunun için, depoya dayanıklı ürün konur ve depolama faktörleri en uygun düzeyde tutulur. Dayanıklı ürün için, hasat öncesinden ve hasattan depoya girinceye dek geğilen aşamalardan söz etmek gerekir.

Toplanmış meyvelerden depolanacak olanların özellikle olgunluk bakımından bir örnek olmaları esastır. Meyveler arasında çok düşük kaliteli, gelişmemiş ve çok zarar görmüş olanlar, kısacası pazara çıkamayacak durumda olanlar ayıklanır. İkinci olarak, depoda dayanmayacak yani fazla olgun, kara lekeli,

don ve dolu yaralı, böcek ve kuşların zarar verdiği, yere düşmüş, aşırı derecede paslı ve sap tarafından zarar görmüş meyveler ayrılır ve pazara gönderilir. Bunlardan başka ağacın güneş görmeyen iç tarafındaki meyvelerle, etek dallarında toprağa yakın veya toprağa bulaşmış meyvelerde dayanıksızdır. Böyle meyvelerde hastalık tehlikesi fazladır. Bu nedenle iyice renklenmemiş bu meyvelerde ayrılmalı ve bir süre bekletilip olgunlaştırıldıktan sonra satılmalıdır.

Kalan ve depolanacak meyveler iri-orta-küçük olarak üç boya ayrılır. Orta boy en uygun depo meyvesidir. İri boy daha az dayanıklı, küçük boy daha düşük kaliteli ve çabuk buruşan meyvelerdir.

Hasat edilen meyvenin en kısa zamanda ve zarar görmeyecek biçimde depoya ulaşması gerekir. Bunu sağlamak için, sıkı ve normal doldurulmuş kasalar, sıkı ve sağlam istif, aynı zamanda düzgün yollar, amortisörleri sağlam taşıyıcılar ve sorumlu sürücüler gereklidir. Meyveler güneş, yağmur ve rüzgardan korunmalı; yükleme ve boşaltım esnasında hırpalanmamalıdır.

Hasat edilen ve depoya getirilen meyve, hiç bekletmeden içeriye alınmalı ve en kısa zamanda soğutulmalıdır. Bunun için, meyve toplanırken bir yandan da depoya hazırlanmalı ve gece nakledilerek sabahleyin depoya girişi olmalıdır. Hasat edilmiş meyvenin bahçede veya depo dışında bekletilmesi, son derece zararlıdır. Depoya hazırlama için bekleme yerine, meyvenin ağaçta kalması daha az zararlıdır. Çünkü meyvenin ağaç üzerinde olgunlaşması, koparılmış meyveye göre daha yavaştır.

Hasattan sonra depo dışında geçen her gün, 7-10 günlük depo ömrü kaybı demektir. Hasat ile depo arası devrede meyve, sıcak-kuru ve rüzgarlı havadan korunmalıdır. Aksi halde su kaybı çok artar. Örneğin, 25 °C de % 50 nemli havanın buharlaştırma gücü, 0 °C de ve % 90 nemdeki depoya göre 25 kat fazladır.

Ürün soğutulmasındaki gecikmeler, sadece olgunluğu ve su kaybını hızlandırıp arttırarak değil, çeşitli fizyolojik bozulmaları (acı benek) ve hastalık

zararını da arttırarak depolama ömrünü kısaltır. Depoya giren meyve en geç 2 gün sonra uygun sıcaklık ve rutubet ile soğutulmuş olmalıdır. Depo planlamasında soğutma gücü, günde % 10 ile yüklenecek yani depo 10 günde dolacak ve bu meyve 1 gün içinde soğutulacak biçimde hesaplanmalıdır.

Depo odasına giren meyve artık depo faktörlerinin kontrolündedir. Bu ana kadar sahip olduğu direnme–dayanma gücü ile ömrünü sürdürmeye çalışır. Bunun sağlanması için depolama faktörleri en uygun değerlerde tutulur.

Depo sıcaklığı: Depoya giren meyvenin en kısa zamanda mümkünse bir günde istenilen sıcaklık derecesine soğutulması gerekir ki bunun için depo soğutma gücü yeterli değerde olmalıdır. Depo planlamasında soğutma gereksiniminin hesabı özel bir konudur.

Depoda sıcaklık kontrolü termostatla yapılır. Kullanılan termostat yeterince duyarlı ve güvenilir olmalı ve zamana bağlı sıcaklık oynaması 1-2 °C' den fazla olmamalıdır.

Oda içi sıcaklık dağılımı bir örnek olmalı ve belirli köşelerde ölü sıcak yuvalar oluşturulmamalıdır. Buda, ancak etkin bir ısı yalıtımı, hava hareketi gücü ve dağılımı ve uygun bir istifleme ile sağlanabilir

Depo sıcaklığı soğutucuya giren hava ile çıkan hava sıcaklığı ortalaması olarak bilinir. Bazı meyveler için uygun depolama koşulları ve depolama süreleri Tablo 2.12' de verilmiştir.

Yüzde nem: Depo neminin düşük olması meyvelerde su kaybını arttırır. Çok yüksek olması ise hastalık kayıplarını arttırır ve meyvelerde aroma (koku) oluşumu bozulur. Uygulamada soğuk deponun yüzde nemini yüksek tutmak güçlükler yaratır. Depo odasının nemi, soğutucunun sıcaklığı ile depo sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkına göre oluşur. Bu fark büyüdükçe veya soğutucunun sıcaklığı düştükçe, yüzde nem de düşer.

Tablo 2.12. Bazı Meyveler için Uygun Depolama Koşulları

Meyve	Sıcaklık °C	% Bağıl Nem	Depolama süresi (Gün)
Elma	-1.1-4.4	90-95	90-240
Kayısı	0	90-95	7-14
Kuşkonmaz	0-1.7	95-100	14-21
Şeker Pancarı	0	98-100	90-150
Böğürtlen	0	90-95	2-3
Kiraz	-1.1	90-95	14-21
Mısır	0	95-98	4-6
Yabanmersini	2.2-4.4	90-95	60-120
Greyfurt	10-16	85-90	28-42
Üzüm	0	85	56-180
Kivi	0	95-100	28-84
Limon	10-13	85-90	30-180
Portakal	0-9	85-90	21-56
Şeftali	0	90-95	14-28
Armut	0	90-95	60-90
Erik	0	90-95	14-28
Bal kabağı	10-16	50-75	84-160
Ahududu	0	90-95	2-3
Şalgam	0	98-100	120-180
Mandalina	4.4	90-95	14-28
Karpuz	10-16	90	14-21

Depo başlangıcında meyve kasaları kuru olduğu için nem çekici olarak etki yaparlar. Bu nem depoya verilmezse, meyveden alınır. Her kasa yaklaşık 100-150 gr. su alabilir ve bu değer 10.000 kasa için 1-1.5 ton su yapar. Bu nedenle, depoda özel bir nemlendirme düzeni yoksa, depo havasına çok ince zerreler halinde veya atomize şekilde su püskürtülür. Ancak meyveler üzerine su gelmemelidir. Birçok depoda özel nemlendirme sisteminin bulunması zorunluluktur. Bunlar belirli aralıklarla çalıştırılarak odaya nem verirler. Deponun su şebekesine bağlıdır. Meyvelerin su kaybetmeleri farklıdır.

Hava hareketi ve istif : Depo içinde dengeli bir sıcaklık, nem ve uçucu madde dağılımı, etkin bir soğutma için önemlidir. Odanın havalandırma kapasitesi yeterli olmalıdır. Ancak hava hareketini gereğinden fazla artırmak, meyvelerden olan su kaybını da artırır. Örneğin; hava hareketi bir misli artarsa, bu % 5 'lik nem azalışı

gibi etki yapar ve su kaybı 1/3 kadar artar. Bu nedenle, genel olarak depo hacmini bir saatte 20-30 defa hareket ettirecek havalandırma gücü esas alınır. İlk soğutma tamamlandıktan sonra , 15-20' ye indirilir. Ancak çok kokulu çeşitlerde nispeten yüksek tutulması yararlı olur.

Soğuk havanın dengeli dağılımı, uygun istif düzeni ile sağlanır. Bunun için soğutucudan çıkan hava, sandıkların arasından geçerek ısınır, yeniden geriye dönmelidir. Bu amaçla sandıklar, paletler veya özel dilmeler üzerinde istiflenerek, zeminden de hava dolaşımına uygun boşluklar yaratılır. Tavandan da aynı amaçla 50-75 cm' lik , yan duvarlar arasında da 15-20 cm' lik aralık bırakılması uygun olur.

İstif içinde her kasa en az bir, mümkünse iki taraftan soğuk hava ile temas etmelidir. İstif arası yollar havanın hareket yönünden bırakılmalıdır.

Depo içinde havanın karşı duvara yönelik hareketi 10-12 m' den uzun bir mesafe ise merkezi bir hava kanalı yapılarak iki yandan çıkış vermek daha doğru olur. Bu çıkışlar orta yoldan yan duvara uzanan istiflerin üstünden ortaya verilir.

Farklı çeşitlerin, farklı bölgelerin ve farklı olgunluktaki partilerin meyveleri, kolay bulunacak şekilde ayrı istiflenmelidir. Depodan erken çekilecek meyveler kapıya yakın konmalıdır. Her çeşit meyve depoya alınmamalı ve az sayıda, bilinen çeşitler üzerinde durulmalıdır. Değişik meyvelerin depolanması için, hiç olmazsa depolamaya değer miktarda mevcut olması gereklidir.

Depoda kontrol: Depolamada başarı için etkin bir kontrol son derece önemlidir. Gerek depoda çalışan sistemler, gerekse birer canlı olan meyveler zaman içinde bozulurlar, değişirler. Bunlar zamanında fark edilip gerekli önlemler alınmazsa, büyük kayıplar meydana gelir.

Depo kontrolünde çeşitli kontrol araçları, kısmen de otomatik olarak çalışırlar. Ancak bunlar hiçbir zaman sistemli kontrolün yerini tutamaz. Depoda kontrol iki yönden yürütülür.

1. Depolama faktörlerinin (sıcaklık, nem) kontrolü,
2. Meyvenin durumu; ağırlık kaybı, dış görünüş ve iç durumu.

Sıcaklık kontrolü için soğutucuya giren çıkan havada, soğutucu karşısında üst ve altta dört ölçme yapılır. Ortalaması depo sıcaklığı olmalıdır. Ölçmelerde maksimum, minimum termometreler ve yazıcı termograflar kullanılır. Nem de aynı noktalarda ölçülür. Bu amaçla psikrometre ile ayarlanmış nem ölçerler kullanılır. Depo içinde ayrıca depo havasındaki koku izlenir. İyi bir depoda meyve kokusu duyulmamalıdır. Depo içi hava hareketinin kontrolü oldukça zordur. Bu amaçla termooanemometreler kullanılır. Başarılı depolama için bu kontrolün hiç olmazsa başlangıçta yapılmasında yarar vardır. Bu kontrol, depoda ölü noktaları bulmaya yarar.

Ürünün dış görünüşü, özellikle renk ve buruşması izlenir. Daha sonra meyve kesilerek iç durumuna bakılır. Meyvenin tadı, lezzeti, sertliği, kokusu vb. saptanır. Ürünün genel sağlık durumu, çeşitli bozulma ve hastalıkların gelişmesi izlenir.

Depoda kontrol başlangıçta ve son devrede önem kazanır. Bu nedenle, bu devrelerde birer hafta ara ile yapılır. Kontrollerde kararsız davranan, dayanma durumları bilinmeyen çeşit ve bölgelerin meyveleri, hastalık tehlikesi fazla veya çeşitli nedenlerle depolama yeteneği azalmış olan meyvelere özel önem verilmelidir.

Depodan Çıkarma: Normal depolama süresi içinde birden bire ortaya çıkan ve hızla gelişme özelliği gösteren bozulmalarda, meyve daha fazla depoda bırakılamaz, hemen çıkarılır. Gerekli önlemler alındıktan sonra, bu parti meyveler; veya bozulma odalarındaki tüm meyvelerde ise tümü çıkarılmaya başlanır. Örneğin; elmalarda düşük sıcaklık zararı görülünce sıcaklık hemen +4 °C' ye yükseltilir. Sağlıklı ve zararlı meyveleri birbirinden ayırmak mümkün olmadığından, tümü çıkarılır.

Meyveler depolama ömrünün sonuna ulaşmışlarsa yine zorunlu olarak çıkarılırlar. Depodan zorunlu çıkarmanın ölçüsü, genel olarak % 10'luk bir kayıptır.

Depolama süresi içinde pazardaki fiyat gelişmelerine göre isteğe bağlı olarak da çıkarma yapılabilir. Depolanan meyvenin belirli bir program içinde depolama ömrünün sonuna ulaşmadan önce çıkarılması gerekir. Bu meyvelerin depodan çıkarıldıktan sonra bir süre bekletilerek olgunlaştırılmaları gerekebilir. Bunun için nispeten ılık (15-20 °C) ve nemi yüksekçe (% 80-85) bir yer uygundur.

Deponun dezenfeksiyonu : Patojenlerden ileri gelen hastalıkları önlemede etkin bir yoldur. Depo içine, kasalar, paletler ve dezenfeksiyonu yararlı olan malzemelerde konarak tümü dezenfekte edilir. Hastalıktan önce yapılır. Yerlerin deterjanlarla temizlenmesi ve duvarların kireçle badana edilmesi depo için yeterli olursa da, formalin ile ilaçlamak daha pratiktir. Bu amaçla, her 100 metreküp hacim için 2 litre formalin içine 2 litre su eklenerek oda 2-3 gün kapatılır. Sonra oda açılır ve iyice havalandırılır (<http://www.geocities.com/webebkae/depolama.htm>).

2.5.4. Meyve Yüzeylerinin Koruyucu Bir Film ile Kaplanması

Meyvelerin hasat sonrası bozulmalarının geciktirilmesi için önceden değinildiği gibi başlıca üç işlem yapılmalıdır.

- Solunum azaltılmalı
- Yapısındaki suyun kaybı önlenmeli
- Mikroorganizmaların üreme ve faaliyet hızları düşürülmelidir.

Soğukta ve kontrollü atmosferde saklama dışında, uygun filmler oluşturularak, meyvelerin kaplanmasıyla, üründen nem, oksijen ve karbondioksit giriş ve çıkışları kontrol edilip meyve etrafında modifiye atmosfer koşulları sağlanabilir. Böylece su kaybı ve solunum hızı azaltılarak, raf ömrü uzatılabilir. Aynı zamanda filmlerle kaplanmış meyvelerin fiziksel zararlara karşı dayanıklılığı artacağından, depolama ve nakletme sırasında meydana gelebilecek ürün kaybını azaltmak da mümkündür. Kaplama filmlerinin mikroorganizmaların üreme ve faaliyet hızını artıracak ortamı sağlaması gerekir. Bu filmlere antimikrobiyal ve

antioksidan gibi gıda katkı maddeleri eklenerek ürünlerin muhafazasına farklı bir boyut kazandırılabilir (Uslu, 2001) .

2.5.4.1. Meyvelerin Solunum Hızının Azaltılması

Meyveler havadan aldıkları oksijen ile yapılarındaki glukozdan kimyasal bir reaksiyonla karbondioksit, su ve enerji üretirler. Dış ortamdaki oksijen bitkinin kabuğundaki hücreler arasından geçerek içeri girmekte, üretilen karbondioksit aynı yoldan dışarı çıkmaktadır. Dış ortam ile meyve içindeki ortam arasında bir gaz transfer dengesi vardır. Solunum devam ettikçe bitki olgunlaşmakta, yapısında değişimler olmaktadır.

Meyve yüzeyinin kısmen veya tamamen bir filmle kaplanması durumunda bu denge bozulmakta ve filmin yüzey alanına, gözenekliliğine, kalınlığına, oksijen ve karbondioksit geçirgenliğine bağlı olarak yeni bir gaz transfer dengesi kurulmaktadır. Her iki halde de gaz transfer yüzeyi azaldığından oksijen ve karbondioksit transferi azalmaktadır. Ancak bu iki gazın birbirine oranının istendiği gibi ayarlanması mümkündür. Dış ortamdan meyvenin içine oksijen transferinin tamamen durması istenmez, çünkü bu durumda meyve yapısındaki glukoz oksijensiz ortamda anaerobik fermantasyona uğramakta, alkol açığa çıkmaktadır.



Oluşan alkol ise meyve ve sebzenin tadının kokusunun bozulmasına yol açmakta, çürümeyi hızlandırmaktadır. Gazların ve buharların bir kaplama filminden geçmesi 2 ana mekanizma ile mümkündür.

- Film gözeneklidir, gaz veya buhar bu gözeneklerden geçer.
- Film gözeneksizdir, gaz önce filmin bir yüzeyinde absorplanır, filmin içinden diğer yüzeye difüzyonla ve bu yüzeyden diğer ortama geçer. Böyle

transferlerde kısa sürede bir denge durumu oluşur. Bir yüzeyden absorplanan miktardaki kadar gaz diğer yüzeyi terk eder.

Bir filmin bir gaza az geçirgen olması için o gazın filmdeki çözünürlük ve difüzyon katsayılarından ya birisinin ya da her ikisinin düşük olması gerekir.

Su buharı ya da gaz geçirgenliği aşağıdaki formül ile ifade edilir.

Su buharı veya gaz geçirgenliği = (geçen su buharı veya gaz miktarı)/(film kalınlığı)/(film alanı)(süre)(su buharının veya gazın kısmi basıncı)

Gaz veya buharların geçirgenliklerini polimerin cinsi, filmin kalınlığı, gazın basıncı ve sıcaklığı etki eder. Kaplama filmlerinde meyveler oda sıcaklığında ve atmosfer basıncında tutulduklarından polimer filmin cinsi ve kalınlığı önemli değildir.

Polimerler genellikle hem amorf hem de kristal bölgelerden oluşurlar. Gazlar amorf bölgelerde hızlı, kristal bölgelerde yavaş difüzlenirler. Ayrıca polimer zincirlerin molekül ağırlığı da gaz geçirgenlikleri ile ters orantılıdır.

Polimer filmin kalınlığı arttıkça gaz geçirgenliği düşmektedir. Meyvelere kaplanan filmlerin kalınlıklarının ölçülmesi çok zor olduğundan, kaplama miktarı birim meyve ağırlığı başına kaplamanın ağırlığı olarak ifade edilir. Kaplama filmi çok ince olduğundan film üzerinde birçok delik oluşmakta ve gaz transferi bu delikler aracılığıyla gerçekleşmektedir. Ancak fazla kalın kaplama polimerin cinsine bağlı olarak oksijen girişini engellemekte ve anaerobik fermentasyonu başlatmaktadır. En uygunu oda sıcaklığında normal oksijen transferini % 75-85 düşürecek bir kaplama filmi kullanılmasıdır. Bundan daha az oksijen geçirgenliğine sahip bir kaplama filmin meyvede istenmeyen koku, alkolü tat ve yapı değişikliklerine neden olmaktadır.

Geçirgenlik, transfer ile karıştırılmaması gereken bir kavramdır. Geçirgenlik su buharının veya herhangi bir gazın, filmin bir yüzeyinden öteki yüzeyine difüzyonla taşınması anlamına gelmektedir. Transfer ise film yüzeyinde makroskopik delik ve çatlaklar bulunması durumunda, su buharının veya gazların bu delikler vasıtası ile taşınmasıdır. Bu nedenle kaplama filmi üretiminde makroskopik delik veya çatlak kalmaması için özen göstermek gerekmektedir.

Proteinler yapılarında çok sayıda hidrofilik gruplar içerdikleri için bunlardan elde edilen filmlerin su buharı geçirgenliklerinin sentetik filmlerin su buharı geçirgenliklerinden yaklaşık 1000 kat daha fazla, lipidlerden elde edilen filmlerin su buharı geçirgenlikleri sentetik filmlerinkinden biraz daha düşük, polisakkarit bazlı filmlerin su buharı geçirgenlikleri ise sentetik filmlerden yaklaşık 100 kat daha fazladır.

Proteinlerin ve polisakkaritlerin su buharına karşı olan dirençlerini artırmak amacıyla hidrofobik yapıya sahip olan lipidler film çözeltisine eklenerek emülsiyon filmler veya bir katı lipidlerden diğer katı ise protein veya polisakkaritlerden oluşan çok katlı filmler yapılabilir. Lipidlerden stabil film elde etmek güçtür. Bu nedenle protein ve polisakkaritler film bütünlüğünü korumak için gereklidir (Erbil ve Teoman,1985; Krochta ve ark., 1994; Perez-Gago ve Krochta, 1999; Uslu, 2001).

2.5.4.2. Meyve Yapısındaki Su Kaybının Azaltılması

Kaplama filminin su kaybına mümkün olduğu kadar engel olması istenilir. Çünkü su kaybı ile meyve buruşmakta, dış görünümü ve iç yapısı bozulmakta, mikrobiyolojik faaliyetler artmaktadır. Ayrıca, kilo ile satıldıklarından, ağırlık kaybı ile meyvenin ekonomik değerinde de düşüş olmaktadır.

Meyve içinde % 80-90 olan bağıl nem, dış ortamdaki % 60-70 olan bağıl nemden daha yüksektir. Bu fark nedeniyle meyve içindeki su, su buharı halinde meyve kabuğundan geçerek dışarı taşınır. Kullanılan kaplama filminin su buharı

transferine engel olması için, su buharı geçirgenlik katsayısının düşük olması gerekmektedir.

Geçirgenlik katsayısı, çözünürlük ve difüzyon katsayısı çarpımına eşittir. Suda çözünen kaplama filmleri için su buharı çözünürlük katsayısı büyüktür, dolayısı ile bu filmlerin su buharı geçirgenlikleri de yüksektir. Bu nedenle suda çözünen kaplama filmlerinin yalnız başlarına kullanılması başarılı sonuç vermemektedir. Bunun yerine suda çözünen bir polimer yapı içine dağılmış hidrofob tanecikler veya hidrofob film içeren bir heterojen kaplama önerilmektedir.

Kaplamadan bir süre sonra, kaplama filmi ile meyve yüzeyi arasında bir su buharı transferi dengesi oluşmaktadır. Filmin geçirgenliği düştükçe, bu iki yüzey arasındaki su buharı birikimi artmaktadır. Su buharı film içinden geçerek difüzlendikçe, meyve içindeki su buhar haline geçmektedir. Su buharı geçirgenliğini düşürmek için suda çözünmeyen polimerlerden yapılan kaplama filmlerinde kalınlığı artırmak; suda çözünen polimer içeren heterojen filmlerde ise hidrofob bileşenin miktarını artırmak gereklidir (Erbil ve Teoman,1985).

2.5.4.3. Mikrobiyolojik Üreme Hızının Düşürülmesi

Kaplama filminin içine mantar, küf ve bakterilerin üremesini önleyecek kimyasal maddeler, örneğin polilisin, sodyum-o-fenilfenat ve metil-1-bütütkarbomil-2-benzimidazol karbomat katılabilir. Hiçbir fungusit katılmadığı, ancak oksijen, karbondioksit ve su buharı geçirgenliğinin gerektiği gibi ayarlandığı bir kaplama filmi kullanılması halinde de mikrobiyolojik faaliyet hızının çok düştüğü bildirilmiştir (Erbil ve Teoman, 1985).

2.5.4.4. Kaplama Filmi Üretimi

Polisakkaritler (selüloz türevleri, nişasta, pektin vb.) ve lipitler (bal mumu, parafin, yağ asitleri vb.), proteinler (peynir altı suyu proteinleri, buğday gluteni, kazein, jelatin vs.) tek tek veya beraber kullanılarak kaplama filmleri üretilebilir.

A-Protein filmler:

Pek çok, protein film oluşturma özelliklerinden dolayı uzun zamandan beri bu amaçla kullanılmaktadır. Süt proteini kazein ve mısır proteini zein; şekerleme endüstrisinde, bir kısım kuruyemişlerin işlenmesinde, et ve et ürünlerini kaplamada da kullanılmaktadır.

Kollagen: Hayvanlarda, deri ve konnektif doku bileşenidir. Ticari olarak en yaygın şekilde kullanılan yenabilir bir protein filmidir. Su buharı geçirgenliği çok iyi olmamasına karşın mükemmel bir oksijen geçirgenliğini engelleme özelliğine sahiptir. Kollagen kılıflar, sosis kapalamada büyük ölçüde doğal bağırsak yerini almıştır. Kollagen kılıflar çok kalın tabakalar şeklinde üretilmedikleri sürece kaplama sosisle birlikte tüketilebilir.

Jelatin: Kollagen zincirinin hidrolizi sonucunda elde edilir. Farmakolojide ilaçların kapsüllenmesinde kullanılır.

Buğday Gluteni: Buğday ununun suda çözünmeyen proteinleridir. Glutenin amino asit bileşimi özelliğini belirtir. Gluten; gliadin ve glutenin polipeptidlerinin bir kombinasyonundan oluşmaktadır. Film sulu ortamda çözünür, fakat homojen film oluşması için alkali ve asidik ortam gerekir. Yüksek tarçın ve benzoik asit gibi bazı maddelerin askorbik asit ile birleşmesi gıdalarda, kahverengileşmeyi engellemede etkilidir. Su buharı geçirgenliğine sahip olup, oksijen ve karbondioksit geçirgenliği oldukça düşüktür. Bileşimine plastifiye edicilerin eklenmesi sonucunda elde edilen gluten filmlerde, moleküller arası kuvvetin aşırı derecede yükselmesinden dolayı kırılğan bir yapı kazanabilir.

Mısır Proteini: Zein ticari olarak mısır gluteninin türevlerinden elde edilir. Çok düşük ve çok yüksek pH dışında suda çözünmez. Zeinin suda çözünmemesi; yapısındaki aminoasitlerin bileşimiyle ilgilidir. Mısır zeini farmakolojide ilaç kapsüllerinin kaplanmasında kullanılır. Sosislerin kaplanmasında da kullanılmaktadır. Oldukça parlak ve sert bir görünüme sahiptir.

Soya Proteini: Soya proteini konsantresi ve soya protein izolatları kuru ağırlık olarak % 70-90 protein içerir. Üretilen filmin bileşimi, soyanın çeşidine ve kalitesine bağlıdır. Sosis kaplama amacıyla kullanım çalışmaları devam etmektedir.

Süt Proteini: Süt proteinlerinin üniform yapısı nedeniyle kullanıldığı gıdalarda geçirgenliğin kontrolü açısından, yenabilir filmlerin üretiminde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Süt proteini; sütün % 80 kazein ve toplam süt proteininin % 20'sini oluşturan peynir altı suyundan oluşur.

Kazein: Suda çözünür yapıya sahip olup, temel bileşeni fosfoproteinlerdir. Kazein kaplama; meyve-sebzelerin korunmasında; orta seviyede su içeriğine sahip olan meyvelerin kaplanmasında, yapısına lipid ilave edilerek hazırlanan emülsiyonların kullanılması durumunda meyveden su kaybını azaltmada başarıyla kullanılır. Kaplama emülsiyonuna lipid ilavesiyle kazein filminin su buharı geçirgenliğine karşı olan direnci artar. Kazein film şeffaf, kokusuz ve esnektir.

Peynir Altı Suyu Proteini: Peynir altı suyu, peynir üretimi sırasında çok miktarda üretilen, çoğu zaman yeterince değerlendirilemeyen önemli miktarda bir süt yan ürünüdür. Pişirilmiş gıdalarda, şekerleme, çikolata ve bisküvi ürünlerinde kullanılır. Peynir altı suyu protein filmi oksijen geçirgenliğini engellemede mükemmel bir avantaja sahip olmasına rağmen, su buharı geçirgenlik özelliği hidrofilik yapısı nedeniyle yeterince dirençli değildir. Peynir altı suyu proteinlerinden üretilen filmler, şeffaf, kokusuz ve yüksek esneme kabiliyetine sahiptir. Süt proteinleri orijinli filmler iyi bir gaz tutucu özelliğe ve mekanik dayanıma sahiptir. Süt proteinleri

ayrıca mükemmel bir besleyici değere sahip olduğu için film olarak kullanıldığı gıdaları duyusal olarak da zenginleştirir.

B-Polisakkarit Filmler

Bu grubu oluşturan temel polisakkaritler: nişasta, hidrolize nişasta-alginat, pektin carregenat, ve selüloz türevleridir. Polisakkarit filmler hidrofilik yapıda oldukları için, düşük su buharı geçirme özelliğine sahiptirler. Yağsız ve düşük kalorili polisakkarit filmler ve kaplamalar; meyve-sebze, deniz ürünleri ve et ürünlerinde su kaybı, oksidasyon ve yüzey kararmasını önleyerek raf ömrünü uzatmak amacıyla kullanılabilirler.

Nişasta: Nişasta yenilebilir film üretiminde kullanılabilir. Genellikle nişasta % 25 amiloz (1,4 glukoz) ve % 75 amilopektinden (1,6 glukoz) oluşur. Amiloz film; yüksek oranda amiloz içeren nişastanın sıvı çözeltisinin hazırlanması ve ardından da döküm yöntemiyle hazırlanmaktadır. Amiloz filmlerinin oksijen geçirgenliği orta derecede olmasına karşın, su buharı geçirgenliğinin yüksek olması bu film için bir dezavantaj oluşturmaktadır. Genellikle amiloz filmlerin mekaniksel dirençleri sentetik polimerlerden daha düşüktür. Nişastanın yapısındaki amiloz daha iyi film oluşturma özelliğine sahipken amilopektin gıda endüstrisinde kalınlaştırıcı ajan olarak daha yaygın kullanım alanı bulmuştur.

Alginat: Sodyum alginat, alginik asitin tuzu olup deniz yosunundan lineer (-1,4) bağları ile bağlı polietronik asitin ekstraksiyonu ile elde edilir. Alginat filmin kuvvet ve geçirgenliği ortamdaki çoklu bağların katyon konsantrasyonuyla, pH, sıcaklık ve diğer grupların hidrokoloidler vs.) varlığı ile değişebilir. Alginat kaplamalar gıda bileşimindeki lipid oksidasyonunu yavaşlatan düşük oksijen geçirgenliği özelliğine sahip olup, gıdalarda lezzet ve tekstür gelişimine katkıda bulunur. Alginat kaplamalar gıda ingredientlerini oksidasyona karşı korurlar. Jelatinli alginat kaplamalar et ürünlerinin kaplanması da kullanılmaktadır.

Pektin: Bitki hücre duvarı bileşeni olan kompleks bir polisakkarit karışımıdır. Ticari olarak turuncgillerin kabuğundan elde edilir. Pektinden yapılan kaplamalar

genellikle hidrofilik özelliklere sahip olmaları sebebiyle yüksek su buharı geçirgenliğine sahiptir. Kullanım alanının artırılabilmesi için pektin filminin su buharı geçirgenliğine karşı direncinin artırılması gerekir.

Selüloz: Selüloz doğadaki en yaygın polisakkaritlerden biri olup bitki hücre duvarının temel bileşenidir. D-glukoz ünitelerinin 1,4 glikozidik bağlarla bağlanması sonucunda meydana gelmiştir. Doğal haliyle selüloz suda çözünmez.

Kitin ve Chitosan: Kitin selülozdan sonra ikinci derecede en yaygın olarak bulunan polisakkarit olup özellikle kabuklu deniz hayvanlarının ve omurgasızların iskelet yapı maddesi olan bir bileşiktir. Kitinin deasetilasyonu sonucunda chitosan elde edilir. Chitosanın mükemmel bir oksijen geçirmeme özelliğine sahip olması nedeniyle kaplama film bileşeni olarak önemi artmakta ve ticari olarak kullanımı yaygınlaşmaktadır.

C-Lipidler ve Reçineler:

Kaplama amacıyla lipid kullanımı yüzyıllardır uygulanmaktadır. Bazı lipidlerin diğer film oluşturan maddelerle yüksek uyum kabiliyetine sahip olmaları, kullanımdaki faydaları, su buharı ve gaz geçirgenliğini engelleme oranlarının yüksek olması, gıda endüstrisinde yenabilir filmlerin artan oranda kullanılması gibi faktörler, lipidleri bu amaçlar için kullanımda ön plana çıkarmıştır. Yenabilir filmlerin üretiminde formülasyona lipid ilavesi su buharı geçirgenliğini çok önemli ölçüde azaltır. Lipitler kaplama olarak; şekerlemelerde, meyve-sebzelerde raf ömrünü uzatmak amacıyla kullanılmaktadır. Meyve ve sebzelerde kaplama ağırlık kaybını önlemek aerobik solunumu yavaşlatmak, görünüşü iyileştirmek, besleme değerini artırmak ve tüketimi teşvik etmek içinde kullanılmaktadır.

D- Mumlar (Wax):

Bal mumu: Bal arısı peteklerinde bulunur ve % 71' i uzun zincirli yağ asidi esterlerinden meydana gelmiştir. Doğada kısmen kristal formda mevcut olup peteklerdeki mumdan izole edilir. Su buharı geçirgenliğine karşı mükemmel bir dirence sahiptir.

Camauba mumu: Güney Amerika'da (Brezilya) yetişen bir tür palmye yapraklarının ekstraksiyonu sonucunda elde edilir. Meyve-sebzelerin kaplanması için kullanılır.

Cendelilla mumu: Cendelilla bitkisinden ekstrakte edilir. Sakız ve sert şekerlerin kaplanması için kullanılır.

Parafin mumu: Ham petrolün distilasyonu sonucunda elde edilen fraksiyonlardan üretilir. Sentetik parafin ise etilenin polimerizasyonu ile elde edilir. Ham meyve ve sebzeler ile peynirlerde kullanılır.

E- Sıvı Yağlar ve Yağ Asitleri:

Bir kısım bitkisel yağlarda gıda endüstrisinde kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır.

Gıda endüstrisinde kullanılan filmlerin mekaniksel, koruyucu, duyu ve besleme özelliklerine katkıda bulunabilmek veya filmin çeşitli özelliklerini iyileştirmek amacıyla kaplama filmleri değişik katkı maddeleri ile kombine edilebilirler. Bileşime ilave edilen katkı maddeleri, filmin geçirgenlik özelliklerinde önemli değişikliklere neden olurlar. Filmin bileşiminde bulunan katkı maddeleri plastifiye ediciler, antimikrobiyal maddeler, antioksidanlar, fungisitler, vitaminler, aroma maddeleri ve pigmentlerdir.

Plastifiye ediciler: Plastifiye ediciler; düşük molekül ağırlığına, yüksek kaynama noktasına sahip, uçucu olmayan, başka bir materyale eklendiğinde o materyalin belirli fiziksel ve mekaniksel özelliklerini değiştiren maddeler olarak tanımlanırlar. Plastifiye ediciler, ilave edildikleri filmin genellikle kuvvetini, esnekliğini, yırtılmaya karşı direncini artırmak ve kırılabilirliğini azaltmak amacıyla kullanılırlar. Plastifiye ediciler; bitişik polimer molekülleri arasındaki molekül içi kuvveti azaltarak, biopolimer zincirlerinin hareketini artırır ve böylece ilave edildikleri filmin mekaniksel özelliklerini geliştirerek esnekliğini artırır. Aynı zamanda ilave

edildikleri filmlerin yapısının gevşemesi sonucunda, çeşitli gaz ve buharları geçirme veya engelleme kabiliyetleri azalır. Yaygın olarak kullanılan plastifiye ediciler polietilen glikol, gliserol ve sorbitol'dur.

Antimikrobiyal maddeler: Antimikrobial maddeler; gıda muhafazası, depolanması ve dağıtım aşamasında küf, maya ve bakterilerin çoğalmasını yavaşlatmak ve böylece taze meyve-sebzelerin raf ömürlerini uzatmak ve gıdaların stabilitesini artırmak amacıyla yenilebilir filmlere ilave edilir. Gıda endüstrisinde en yaygın kullanılan antimikrobiyal maddeler çeşitli organik asitler ve tuzları, sülfidler, nitritler, antibiyotikler ve alkol, benzoik asit, sodyum benzoat, sorbik asit, potasyum sorbat ve propiyonik asittir. Gıda yüzeyindeki mikrobiyal üremenin kontrolü için, potasyum sorbat gibi antimikrobiyal içeren kaplama ya da filmler kullanılmaktadır.

Antioksidanlar: Antioksidanlar; yenilebilir filmlerde stabiliteyi arttırmak, oksidatif acılaşmayı, bozulmayı engellemek, gıdaları renk ve bozulmalara karşı korumak ve ürünün besleyicilik değerini muhafaza etmek için eklenir. Gıda antioksidantları: asitler (sitrik asit) ve bir kısım esterleri, fenolik bileşikler olarak iki gruba ayrılır. Antioksidanlar meyve ve sebzelerde rengi korumak amacıyla kaplamalarda kullanılmaktadır.

Fungusitler: Mum emülsiyonlarının uygulanmasında fungusit kullanımı küf gelişimini azaltır. Benomyl ve thiobendazole turuncgillerde kullanılan fungusitlerdir. Bu fungusitler çözücü şeklinde uygulanır. Fakat bu durumun mum emülsiyonlarına karıştırılarak uygulanması fungusitin küf büyümesini önleme kabiliyetini azaltır. Çünkü fungusit mum içinde kalır ve tam aktif olarak görevini yapamaz (Karakaya ve ark., 2001; Brandenburg ve ark., 1993; Kester ve Fennema, 1986; Miller ve Krochta, 1996; Shellhammer ve Krochta, 1997).

Protein veya polisakkaritlerden film hazırlanacaksa öncelikle su, alkol, alkol-su karışımı gibi uygun bir çözücüde çözünmeleri gerekmektedir. Çözücünün pH sınırın ayarlanması özellikle proteinleri çözebilmek için önemlidir. Çözeltiye gliserin, yağ asitleri, mum gibi başka maddeler eklenirse, çözeltinin homojenize

edilmesi gerekir. Daha sonra döküm yapıp kurutularak kaplama filmi elde edileceği gibi, çözeltiye meyveler daldırılarak veya çözelti meyve yüzeyine püskürtülerek doğrudan meyvelerin kaplanması da kullanılabilir.

Kaplama filmi oluşturmak için daldırma, köpürtme, püskürtme, akışkan yatakta paketleme, dökme ve fırça ile boyama teknikleri kullanılabilir. Ancak daldırma, püskürtme ve dökme dışındaki yöntemler yaygın olarak kullanılmamaktadır.

Daldırma: Bu yöntem, kaplanacak gıda maddesinin film çözeltisine daldırılması ve fazla kaplama materyalinin gıda yüzeyinden akmasına izin verdikten sonra, kaplamanın kurutulması veya katılaştırılmasıdır.

Püskürtme: Püskürtme yöntemiyle, gıda yüzeyinde daldırma yöntemine göre daha düzgün ve ince film tabakası oluşturulabilir. Bu yöntem, sadece bir yüzeyinin kaplanması istenen gıdalarda uygulamaya daha elverişlidir. Püskürtme kaplanmış gıda yüzeyinde, ikinci bir film tabakası oluşturmak için de kullanılabilir.

Dökme: Bu yöntem, film üretiminde kullanılmaktadır. Düzgün bir yüzeye, film oluşturacak çözelti istenilen kalınlığa göre dökülür ve her tarafa iyice yaydıktan sonra kurutularak film elde edilebilir.

2.5.4.5. Kaplama Filmlerinin Fiziksel Özelliklerini Etkileyen Faktörler

Plastikleştiriciler: Esnek ve kırılğan olmayan bir yapıya sahip film elde etmek için gliserol, sorbitol, dietilen gliserol gibi plastikleştirici materyaller film çözeltilerine eklenmektedir. Plastikleştirici katılması filmlerin geçirgenlik özelliklerini de etkilemektedir. Gliserin miktarı arttıkça filmlerin su buharı geçirgenliği, gerilme mukavemeti ve uzama miktarı da artmaktadır.

Proteinlerde plastikleştirici oranı arttıkça, moleküller arasındaki boşluk artmakta ve hidrojen bağları azaldığı için su buharı ve gaz geçirgenlik özellikleri artmaktadır.

Metil selüloz ve hidroksipropil selülozdan film üretilirken polietilen glikol, propilen glikol ve gliserin farklı konsantrasyonlarda eklenmiş, filmlerin gerilme mukavemeti ve uzama katsayısının plastikleştirici konsantrasyonu ile doğru orantılı olarak değiştiği ve aynı konsantrasyonda en uzun karbon zincirine sahip polietilen glikol katılarak üretilen filmlerin en esnek yapıya sahip oldukları tespit edilmiştir. Aynı zamanda polietilen glikol eklemenin filmlerin geçirgenlik özellikleri üzerine etkisinin olmadığı bulunmuştur.

Lipitler: Peynir altı suyu proteinleri ve 14 ile 22 arasında değişen karbon sayılı yağ asitlerinden üretilen emülsiyelerde yağ asitlerinin zincir uzunluğu arttıkça filmdeki yağ asidi partikül büyüklüğü de artar.

Peynir altı suyu proteinleri çözeltisinden ve bu çözeltiye protein miktarının % 40'ı kadar balmumu eklenerek hazırlanan filmlerin su buharı geçirgenlikleri balmumu ilavesi ile azalmaktadır.

Metilselüloz ve mısır zeininden yapılan çift katlı filmlere % 0, % 10, % 20, % 30 ve % 40 oranlarında laurik, palmitik ve stearik-palmitik asit katıldığında yağ asidi konsantrasyonu ve zincir uzunluğu arttıkça filmlerin su buharı geçirgenlikleri ve gerilme mukavemetleri azalmaktadır.

Çözelti pH'sı: Proteinler izoelektrik noktalarında çözelti içerisinde pıhtılaştıkları için, izoelektrik noktalarına yakın pH aralıklarında proteinlerden film üretmenin mümkün olmadığı tespit edilmiştir.

Peynir altı suyu proteinleri ve balmumu emülsiyonlarından pH 7 de yapılan filmlerin su buharı geçirgenliklerinin en az olduğu ve pH düştükçe su buharı geçirgenliğinin arttığı belirlenmiştir.

Soya proteini çözeltilerinden hazırlanan pH' ları 6 ile 11 arasında değişen yenebilir filmlerin pH' ları 1 ile 3 arasında değişen soya proteini çözeltilerinden hazırlanan filmlere göre su buharı geçirgenliklerinin daha az olduğu, gerilme mukavemetlerinin ve uzama katsayılarının ise daha fazla olduğu bulunmuştur.

Sıcaklık: Isıtılan çözeltilerden elde edilen filmlerin daha düzgün ve saydam, su buharına karşı daha dirençli, gerilme mukavemeti ve uzama katsayısının ise daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Enzimlerle muamele: Transglutaminaz enzimi ile çapraz bağlanan peynir altı suyu proteinlerinden elde edilen filmlerin, çözünürlüğünün ve su buharı geçirgenliğinin azaldığı gerilme mukavemetinin ise iki katına çıktığı, tripsin ve α -kemotripsin enzimleri ile hidrolizinin ise değiştirmedığı kaydedilmiştir.

Molekül ağırlığı: Değişik molekül ağırlıklarına sahip hidroksipropil selüloz (100000, 370000, 1000000) ve metil selülozdan (13000, 20000, 41000, 63000, 86000) üretilen yenebilir filmde molekül ağırlığı arttıkça su buharı geçirgenliğinin, gerilme mukavemetinin ve yüzde uzama katsayısının arttığı tespit edilmiştir. (Park ve ark., 1993; Gennadios ve ark., 1993; Park ve ark., 1994; Craing ve ark., 1998; Yıldırım ve Hettirachy 1998; Uslu, 2001).

2.5.4.6. Kaplama Filmlerinin Meyvelerde Kullanılması

Gıda uygulamalarında kullanılacak kaplama filmlerinin seçimi, gıdanın niteliği ve kaplamalardan istenilen fonksiyonlara göre değişmektedir. Örneğin meyvelerde kullanılacak kaplama filmlerinde, solunumun engellenmemesi için belli bir gaz geçirgenliğine sahip olmaları istenmektedir. Aksi halde anaerobik solunum sonucu ürün kısa sürede tüketilemeyecek bir hal alır. Buna karşılık, bileşiminde fazla miktarda doymamış yağ içeren, oksidasyona karşı hassas heterojen gıda sistemlerinde kullanılacak filmlerin oksijen geçirgenliğinin mümkün olduğu kadar az veya hiç olmaması istenir .

Kaplama filmlerinin meyvelere uygulanmasının en önemli sebeplerinden birisi de su buharı göçünün önlenmesidir. Bilindiği gibi gıdalar su aktivitesi değerlerine bağlı olarak ortamdan su alıp verebilir. Su aktivitesi yüksek gıdaların kurumması, su aktivitesi düşük gıdaların da nem alması gıda yüzeyinin filmlerle kaplanmasıyla önlenabilir.

Ayrıca bu filmler meyvelerin farklı su aktivitesine sahip kısımlarını bir birinden ayırmak için de uygulanabilir. Bu ikinci durumda filmler, meyvenin farklı kısımları arasındaki su aktivitesi farkından meydana gelebilecek su alışverişini durdurarak, bu kısımların kendilerine has yapısal özelliklerini korumalarını sağlamaktadırlar.

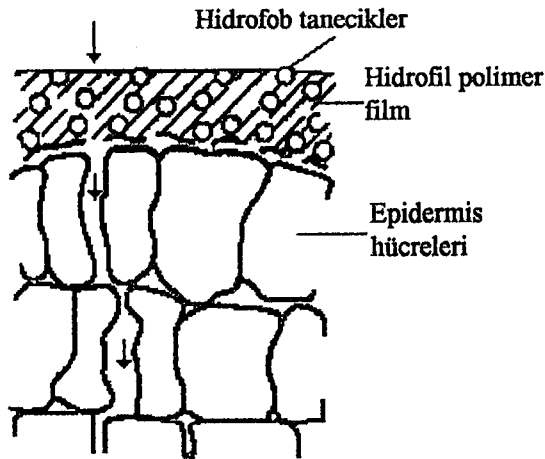
Mum meyveler için kullanılan yenilebilir kaplamaların en yaygın olanlarıdır. Fakat onlar tüm ürünler üzerinde eşit etkiye sahip değildir. Diğer bir problem tüketicilerin mum kaplama hakkındaki endişeleridir. Bu sebeple mum tadı vermeyen alternatif yenilebilir kaplamaların geliştirilmesi arzu edilmektedir. Yenilebilir kaplamaların iç gaz bileşimi ve onların kalite parametreleri üzerindeki etkileri kaplanmış taze ürünler için belirlenebilmelidir. Renk değişimi, sertlik kayıpları, etanol fermentasyonu, bozulma hızı ve ağırlık kayıpları bazı ürünler için önemli kalite parametreleridir. Meyveler için yenilebilir kaplamaların başarısı temelde özel bir ürün için uygun iç gaz bileşimini verebilen film yada kaplamanın seçilmesine bağlıdır. Bir kaplamanın aşırı zararlı etkisi, oksijen konsantrasyonunun arzu edilen faydalı seviyenin altında olması ve buna bağlı olarak karbondioksit konsantrasyonunun müsaade edilen kritik seviyenin üstüne çıkması ile sonuçlanabilir. Bu koşullar anerobik fermentasyona sebep olurlar. Farklı yenilebilir kaplamaların geliştirilmesi, seçilen kaplamaların gaz geçirgenlik özelliğinin ölçülmesi, seçilen meyvenin doku ve yapıdaki difüzyon özelliklerinin ölçülmesi, yenilebilir film ile kaplı meyveler için iç gaz bileşiminin tahmini, meyvelerin kalite değişimi üzerine kaplamanın etkisinin gözlenmesi ile bertaraf edilebilir.

Kaplama çözeltisindeki polimer ve diğer katkı maddelerinin toksik olmaması, gıda maddelerinde kullanılabilir kimyasallardan olması gereklidir. Bu

nedenle çözeltiler hazırlanırken daha ziyade doğal polimerler, bitkisel esaslı hidrofof maddeler tercih edilmektedir. Meyvelerin korunma amacı ile kaplanmasında polimer film olarak pektin, parafin mumu, vinilidin klorür-akrilonitril kopolimeri, polivinilasetat, polivinilasetat- hidrofilik mum karışımı, karboksimetil selüloz sodyum tuzu, sodyum kazeinat, jelatin, polivinil alkol, kazein, nişasta, arap zımkı, sodyum aljinat-balmumu karışımı kullanılmaktadır. Aynı kaplamanın bileşiminin ve verdiği sonucun ayrı ayrı tespiti gerektiği, ancak benzer tür meyveler için aynı kaplamanın kullanılabileceği saptanmıştır.

Kaplamalarda heterojen film kullanımında hidrofof ve hidrofil malzeme oranının iyi ayarlanması gerekmektedir. Heterojen polimer bir filmle kaplanmış meyve kabuğunun kesiti Şekil 2.9' da görülmektedir.

Şekil (2.9)' dan görüldüğü gibi suda çözünen hidrofil polimer film içindeki hidrofof (balmumu, parafin mumu, bitkisel yağ v.s.) taneciklerin büyüklüğü ve çokluğu ile kaplamanın su buharı, oksijen ve karbondioksit geçirgenliği değişmektedir. Hidrofof partiküllerin büyüklüğünün 1-10 mikron arasında olması ve partiküllerin birbirinden ayrı konumda olmaları istenir. Partikül büyüklüğü artıkça ve partiküller birbirleri ile birleşip devamlı bir tabaka oluşturdukça filmin gaz geçirgenliği denetlenemez hale gelir.



Şekil 2.9. Heterojen polimer bir film emülsiyonu ile kaplı meyve kabuğu kesiti

Eğer suda çözünen hidrofil polimer miktarı hidrofor partiküllere kıyasla çok fazla ise su buharı geçirgenliği artar. Eğer hidrofor partiküllerin miktarı fazla ise düzgün bir kaplama filmi elde etmek olanaksız olur. Bu nedenle Hidrofor madde/hidrofil polimer oranı 10:2-10:5 arasında değiştirilmelidir. Partikül çapının ayarlanması için kullanılan emülgatörün, karıştırıcı hızının, karıştırma sırasındaki sıcaklığın ve sulu çözeltinin viskozitesinin uygun seçilmesi gerekmektedir. Emülgatör olarak yağ asitlerinin Na ve K tuzları, oleik asit-etanolamin karışımı vs. kullanılmaktadır. Karıştırıcı hızları 1000-6000 rpm arasında değişmektedir. Emülsiyonun hazırlanması sırasındaki çözelti sıcaklığı 20-90 °C arasındadır (Cemeroğlu ve Acar, 1988; Erbil ve Teoman, 1985; Uslu, 2001).

2.6. Konuyla İlgili Çalışmalar

Sun ve Hughes (1998), şeker pancarı küspesinden elde edilen selüloz ve hemiselülozun fizikokimyasal özelliklerini incelemişler molekül ağırlıklarını belirlemişler ve verime NaOH konsantrasyonu, süre ve sıcaklığın etkisini incelemişlerdir.

Spagnola ve ark. (1999), şeker pancarı küspesinden arabinaz enzimi ile pektin selüloz ve arabinozu ayırmışlar ve bu fraksiyonların kimyasal yöntemlerle ayrılanlarla kalitatif ve kantitatif olarak benzer olduklarını ifade etmişlerdir.

Johnston ve Sourirajon (1973), Mark-Houwink eşitliğini kullanarak selüloz türevlerinin intrinsik viskozitesi ve ortalama molekül ağırlığı arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır.

Charpentier ve ark. (1997), karboksimetil selüloz türevlerinin intrinsik viskozitelerini belirlemişler ve intrinsik viskoziteye çözücü konsantrasyonunun etkisini incelemişlerdir.

Lowys ve ark. (2001), selülozik süspansiyonların reolojik özelliklerini incelemiş selüloz konsantrasyonunun ve suda çözülebilir polimerik katkı maddelerin reolojik davranışları etkilediğini ifade etmişlerdir.

Sun ve ark. (2001), kavak ağacından farklı konsantrasyonlardaki NaOH ile ekstrakte ettikleri hemiselülozu FTIR, NMR, GPC ile karakterize ederek fizikokimyasal özelliklerini incelemişlerdir.

Tirtaatmadja ve ark. (2001), dextran çözeltilerinin viskozitelerini belirleyerek Huggins eşitliği ile intrinsik viskoziteyi bulmuşlar ve intrinsik viskozite molekül ağırlığı ilişkisini veren ifadeyi türetmişlerdir.

Zhang (2001), Karboksimetil selüloz, hidroksietil selüloz, metil selüloz ve hidroksipropil selüloz gibi çeşitli suda çözünebilir selüloz türevlerinin hidrojel oluşturma ve yüzey aktivite özellikleri yanında sulu çözeltilerdeki viskozite davranışlarını incelemiştir.

Barai ve ark. (1997), su sümbülünden karboksimetil selüloz eldesi prosesini çözücü cinsi, alkali konsantrasyonu, asit konsantrasyonu, süre ve sıcaklığa göre optimize etmişlerdir.

Olaru ve ark. (1998), etanol, aseton ve etanol-aseton karışımını içeren ortamlarda odun pulpu selülozundan ve pamuk linteri selülozundan karboksimetil selüloz elde etmişler ve etanol-aseton karışımı içeren bir ortamda daha yüksek sübstitüsyon dereceli karboksimetil selüloz elde ettiklerini ifade etmişlerdir.

Heinze ve Pfeiffer (1999), karboksimetil selülozun sentezi ve karakterizasyonunu inceledikleri çalışmalarında hem alkali konsantrasyonunun hem de reaksiyon süresinin karboksimetil selülozun sübstitüsyon derecesini etkilediğini ifade etmişler ve karboksimetil selüloz sodyum tuzunun sübstitüsyon derecesini NMR analizi ile belirlemişlerdir.

Zorba ve Oval (1999), çeşitli gıdalardaki karboksimetil selülozu 2,7-naftalenediol yöntemi ile kantitatif olarak tayin etmişlerdir.

Heinze ve ark. (1999), farklı şartlarda farklı karboksimetilleme vasıtalarıyla selülozdan farklı süstitüsyon dereceli karboksimetil selüloz elde etmişler ve en yüksek süstitüsyon dereceli karboksimetil selülozun reaksiyon ortamı olarak %1 su içeren dimetil sülfositeli sodyum monoklorasetat ile elde edildiğini ifade etmişlerdir.

Waring ve Parsons (2001), Karboksimetillenmiş selüloz liflerinin süstitüsyon derecesi ve saflığını belirleyerek kimyasal bileşimini analiz etmişler ve düşük süstitüsyon dereceli örneklerin suda çözünmediğini belirtmişlerdir.

Rao (1987), bitki orjinli gıda süspansiyonlarının akış özelliklerine sıcaklık konsantrasyon ve asılı katıların etkisini incelemiş, deneysel verileri kullanarak reolojik model parametrelerini belirlemiş ve matematiksel modellerle bileşim ve reolojik davranış arasındaki ilişkiyi açıklamışlardır.

Westra (1989), karboksimetil selüloz çözeltilerinin reolojisini incelemiş, reolojik özelliğin pseudoplastik olduğunu ve pseudoplastikliği karakterize etmek için Ostwald-de Waele eşitliğinin kullanılabileceğini ifade etmiştir.

Abdelrahim ve Ramaswamy (1995). % 0.5-2.0 konsantrasyonlarındaki karboksimetil selüloz çözeltilerinin 60-140 °C aralığındaki sıcaklıklarda yüksek sıcaklık/yüksek basınç sensor sistemi kullanarak reolojik özellikleri incelemiş, reolojik parametreleri Power law, Herschel- Bulkley, Casson, Lineer modellerini kullanarak değerlendirmiş, parametrelerin sıcaklık ve zamanla değişimini Turrian ve Weltmann modelleri kullanarak incelemiş ve akış özelliklerinin sıcaklık ve konsantrasyondan önemli ölçüde etkilendiğini belirtmişlerdir.

Kulicke ve ark. (1996), farklı süstitüsyon derecelerindeki karboksimetil selülozun molekül ağırlığını belirlemişler ve intrinsik viskozite ile kayma gerilimi ilişkisini ampirik bir eşitlik ile vermişlerdir.

Almeida ve Dias (1997), 30-50 °C' de 500-1900 Pa kayma geriliminde 1-4 g/l konsantrasyonlarındaki karboksümetil selüloz çözeltilerinin reolojik özelliklerini incelemişler ve karboksümetil selüloz çözeltilerinin kayma degradasyonunun uygulanan kayma gerilimi ile orantılı olduğunu belirtmişlerdir.

Guerrero ve Alzomora (1997), meyve pürelerinin akış davranışlarına pH, sıcaklık ve glukoz ilavesinin etkisini incelemiş, akış eğrilerinin Herschel- Bulkley modeline uyduğunu belirtmiş ve sıcaklığın etkisi için verilen Arrhenius tipi ilişkiyi , konsantrasyonun etkisi için verilen üstel bir ilişkiyle birleştirerek akışkanlık sabitine sıcaklık ve konsantrasyonun birlikte etkisini ifade eden tek bir eşitlik türetmiştir.

Abromovic ve Klofutar (1998), çeşitli yağların dinamik viskozitesine sıcaklığın etkisini incelemiş ve deneysel verileri dinamik viskoziteye sıcaklığın etkisini tarif eden bazı ampirik eşitliklere uydurmuştur.

Husband (1998), sodyumkarboksümetil selülozun reolojik özelliklerine sübstitüsyon derecesinin etkisini incelemiştir.

Michailova ve ark. (1999), karboksümetil selülozun viskoelastik özelliklerine sulu ortamın etkisini incelemişler, pH ve ortamın iyon tipinin karboksümetil selülozun akış davranışını etkilediğini belirtmişlerdir.

Grigelmo ve ark. (1999), belli bir sıcaklık aralığında şeftali süspansiyonlarının akış davranışlarını incelemiş ve davranışın Power-law modele uyduğunu, görünür viskoziteye sıcaklığın etkisinin Arrhenius model ile tarif edildiğini, konsantrasyon ile görünür viskozitenin değişiminin Power-law modele uyduğunu, görünür viskoziteye konsantrasyonun etkisinin sıcaklığın etkisine göre daha fazla olduğunu ifade etmiştir.

Marcotte ve ark. (2001), çeşitli hidrokolloidlerin farklı sıcaklık ve konsantrasyonlarda reolojik özelliklerini incelemiş akışkanlık sabiti ve akışkanlık indeksini bulmak için kayma hızı ve kayma gerilimi verilerini çeşitli modellere

uydurmuş, akışkanlık sabiti ve akışkanlık indeksi değerlerinin sıcaklık ve konsantrasyon değişimine karşı duyarlı olduğunu ve hidrokolloidlere tuz ilavesinin reolojik özellikleri değiştirdiğini ifade etmiştir.

Wei ve ark. (2001), bazı meyve içlerinin akış özelliklerine karboksimetil selülozun etkisini incelemiş ve kayma hızı – kayma gerilimi ilişkisinin Herschel-Bulkley modeline uyduğunu ifade etmiştir.

Park ve ark.(1993), kaplama filmi olarak kullanılan metil selüloz ve hidroksipropil selüloz gibi çeşitli selüloz türevlerinin oksijen ve su buharı geçirgenlikleri ile mekanik özelliklerin incelemişler , oksijen ve su buharı geçirgenliğinin film kalınlığına bağlı olmadıklarını fakat mekanik özelliklerin film kalınlığının artması ile arttığını ifade etmişlerdir.

Park ve ark. (1994), kaplama filmi olarak kullanılan metilselüloz filmlerinin su buharı geçirgenliklerine yağ asitleri tipinin ve konsantrasyonunun etkisini incelemişler, yağ asidi konsantrasyonunun artması ile su buharı geçirgenliklerinin azaldığını belirtmişlerdir.

Stuchell ve Krochta (1994), kaplama filmi olarak kullanılan soya proteinin nem tutma özelliklerine ısı ve enzimatik işlemlerin etkisini incelemişler, ısı işlemin daha saydam ve pürüzsüz bir film oluşturduğunu ve bu filmlerin su buharı geçirgenliğini azalttığını, enzimatik işlemin ise su buharı geçirgenliğini etkilemediğini ifade etmişlerdir.

Kabasakalis ve ark. (2000), ticari meyve sularının askorbik asit içeriklerini belirlemişler ve depolama sıcaklık ve süresiyle askorbik asit kaybının değiştiğini ifade etmişlerdir.

Nisperos-Carriedo ve ark.(1990), Bender ve ark. (1995), Park ve ark. (1994), Baldwin ve ark. (1995), Chen (1994), Chen (1995), Baldwin ve ark. (1999), Amarante ve Banks (2000), Chen ve Nussinovitch (2000), Hagenmaier (2000),

Amarante ve ark.(2001), Chen ve Nussinovitch., (2001), Jiang ve Li (2001), meyve ve sebzeleri çeşitli yenabilir kaplama filmleri ile kaplayarak depolama sırasındaki ağırlık kaybı değişimini ve solunum hızının engellenmesi ile meyve ve sebzelerdeki kimyasal değişimleri incelemişlerdir.

İlgili literatür ışığında, şeker pancarı küspesi selülozundan karboksimetil selülozun üretimi, karboksimetil selülozun mevcut kullanım alanlarında en önemli kullanılabilirlik ölçüsü olarak reolojik özelliklerinin belirlenmesi ve ek bir kullanım alanı olarak araştırmalara konu olan ve meyvelerin bozulmalarının geciktirilmesi amacı ile hazırlanan kaplama filmlerine belli oranlarda katılması ve hidrofob-hidrofil madde homojenliğinin sağlanması ile meyvelerin depolama sürelerinde meydana gelen değişim ve meyve içi bileşenlerin bozulmalarının geciktirilmesi amaçlanmıştır.



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Şeker pancarı küspesi, şeker pancarından ekstraksiyon işlemi ile şeker üreten Elazığ Şeker Fabrikasından temin edildi. Şeker pancarı küspesi kurutuldu, 50 mesh elekten geçecek şekilde öğütüldü ve aynı gün analize alınmayan örnekler polietilen torbalara konarak kodlanıp desikatörde saklandı.

3.2. Metot

3.2.1. Şeker Pancarı Küspesinin Bileşimi

Şeker pancarı küspesinin bileşimini belirlemek amacıyla nem, kül, protein ve yağ tayini yapılmıştır.

3.2.1.1. Nem Tayini

Küspedeki nem miktarı, 105 °C' de sabit tartıma getirme yöntemi ile tayin edildi (Zitko and Bishop,1965). 2 g civarındaki örnek, darası alınmış porselen kapsüle konarak 105 °C' de sabit tartıma getirildi ve küspedeki nem oranı aşağıdaki bağıntıdan hesaplandı.

$$N = (m_0 - m_1) (100 / m_0)$$

$$m_0 = \text{Örneğin ilk ağırlığı (g)}$$

$$m_1 = \text{Kurutulmuş örneğin ağırlığı (g)}$$

$$N = \% \text{ nem}$$

3.2.1.2. Kül Tayini

Şeker pancarı küspesi 600 °C' deki fırında bir gece bekletilerek kül içeriği tayin edildi (Phatak ve ark.,1988). 2 g civarındaki örnek, darası alınmış porselen kapsüle konarak 600 °C' de sabit tartıma getirildi ve küspedeki kül oranı aşağıdaki bağıntıdan hesaplandı.

$$K = m_1 (100 / m_0) [100 / (100 - N)]$$

K= Kül miktarının kuru esas üzerinden ağırlık yüzdesi

m_0 = Örneğin ilk ağırlığı (g)

m_1 = Külün ağırlığı (g)

N= % nem

3.2.1.3. Protein Tayini

Şeker pancarı küspesindeki protein miktarı mikrokjeldahl yöntemiyle belirlendi. 2 g örnek; derişik sülfürik asit, 10 g susuz sodyum sülfat, 0.3 g bakır sülfat ve 0.15 g saf selenyum karışımından ibaret olan kimyasal katalizör ve ısı yardımıyla parçalandıktan sonra destile edildi ve toplam destilat 0.1 N ayarlı HCl ile titre edildi (Pearson,1970; İlyas, 1989).

Çözeltiler :

1) Borik asit (% 4'lük): 4 g borik asit 65 ml. kaynatılmış ve çok sıcak destile suda çözüldü ve oda sıcaklığına gelmiş çözeltiye 1 ml. % 0.1' lik bromokrezol yeşili ve 0.7 ml. % 0.1' lik metil kırmızısı ilave edilerek karıştırıldı ve destile su ile 100 ml' ye tamamlandı.

2) Bromokrezol yeşili (% 0.1' lik): 0.1 g bromokrezol yeşili % 96' lık alkolde çözüldü ve alkolle 100 ml' ye tamamlandı.

3) Metil kırmızısı (% 0.1' lik): 0.1 g metil kırmızısı % 96' lık alkolde çözüldü ve alkolle 100 ml' ye tamamlandı.

4) HCl (0.1 N): Analitik saflıktaki 8.9 ml. HCl destile su ile litreye tamamlandı ve ayarlandı.

Örneğin yakılması : 2 g örnek kjeldahl balonuna tartıldı, üzerine yaklaşık 2 g katalizör ve 13 ml. derişik H₂SO₄ konuldu. Kjeldahl yakma ünitesinde örnek tamamen renksiz olana kadar yakıldı ve soğutulduktan sonra üzerine 75 ml. destile su ilave edildi.

Destilasyon : 25 ml. borik asit 250 ml' lik erlene alındı, destilasyon soğutucusunun ucu erlene daldırıldı, kjeldahl balonundakiler destilasyon balonuna aktarıldı ve üzerine 50 ml. % 35-40' lık NaOH ilave edildi. Erlene yaklaşık 75 ml. destilat toplanana kadar destilasyona devam edildi. Ayrıca yalnızca kimyasal maddeler bulunan (örneksiz) kör için de yakma işlemi uygulandıktan sonra aynı şekilde destile edildi.

Titrasyon : Toplam destilat 0.1 N ayarlı HCl ile nötral gri renge kadar titre edildi. K.M.' de % N aşağıdaki bağıntıdan hesaplandı.

$$\% N = 0.0014 (V_1 - V_0) \times (100/m)$$

V_0 : Kör deneyinde kullanılan 0.1 N HCl miktarı (ml.)

V_1 : Örnek deneyinde kullanılan 0.1 N HCl miktarı (ml.)

m : Analiz edilen örneğin ağırlığı (g)

$$\% \text{ Protein} = N \times 6.25$$

3.2.1.4. Yağ Tayini

Soxhlet cihazından kloroform ve metanol (kloroform: metanol=2:1 ,v/v) karışımıyla ekstrakte edilebilen toplam yağlar K.M.' de % olarak ifade edildi.

Soxhlet cihazının ekstraktörüne göre kartuş şeklinde hazırlanmış süzgeç kağıdının içine 5 g kadar örnek tartıldı ve kartuş ekstraktöre yerleştirildi. Ağırlığı bilinen balona kloroform ve metanol karışımı konuldu ve 80 °C' lik su banyosu üzerinde 6-8 saat süreyle kaynatıldı. İşlem sonunda balon alındı ve çözücü destilasyon ünitesinde geri kazanıldı. Daha sonra 80 °C' lik etüvde 2-4 saat süreyle kurutuldu, desikatörde soğutularak tartıldı. Yağ K.M.' de % olarak aşağıdaki bağıntıdan hesaplandı.

$$\% \text{ Yağ} = [(m_2 - m_1) / m] \times 100$$

m_1 : Balonun ağırlığı (g)

m_2 : Kurutmadan sonra balon + yağ ağırlığı (g)

m : Kuru örneğin ağırlığı (g)

3.2.1.5. Toplam Karbonhidrat Tayini

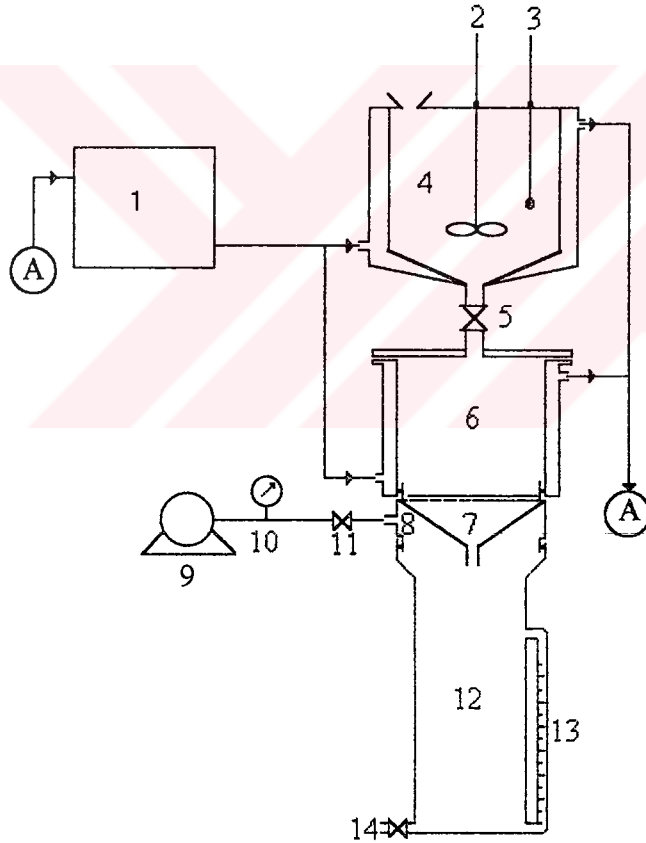
Toplam protein, toplam yağ ve kül miktarları tayin edildikten sonra K.M.' de % toplam karbonhidrat aşağıdaki formüle göre hesaplandı.

$$\% \text{ Toplam karbonhidrat} = 100 - (\text{Toplam protein} + \text{Toplam yağ} + \text{Kül})$$

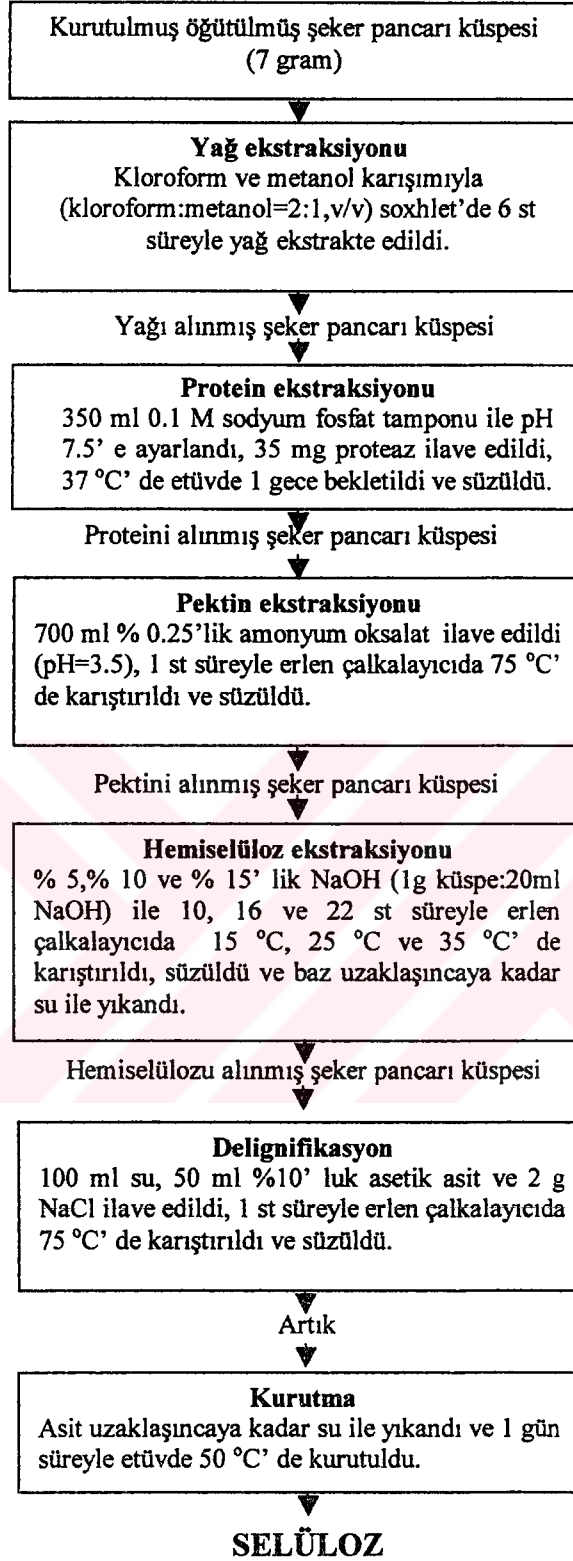
3.2.2. Şeker Pancarı Küspesinden Selüloz Ekstraksiyonu

Elazığ Şeker Fabrikasından temin edilen şeker pancarı küspesi güneşte kurutuldu ve ekstraksiyon işlemlerini kolaylaştırmak için 50 mesh elekten geçecek şekilde öğütüldü. Kurutulmuş şeker pancarı küspesi pektik enzimleri inaktive etmek için yaklaşık 10 dk. süreyle su banyosunda 97 °C' de tutuldu, şeker ve flavenoidleri uzaklaştırmak için su ile yıkandı, süzülde, 50 °C' de kurutuldu ve tekrar 50 mesh elekten geçecek şekilde öğütüldü. Soxhlet cihazının ekstraktörüne göre kartuş şeklinde hazırlanmış süzgeç kağıdının içine 7 g kadar örnek tartıldı ve kartuş ekstraktöre yerleştirildi. Balona kloroform ve metanol karışımı konuldu ve 80 °C' lik

su banyosu üzerinde 6-8 saat süreyle kaynatıldı. Yağı alınmış örneğe 350 ml 0.1 M sodyum fosfat tamponu ilave edilerek pH 7.5' e ayarlandı. 35 mg proteaz ilave edildi, 37°C' de etüvde 1 gece bekletildi ve süzüldü. Kurutulup öğütülen örnek, su banyosunda 75 °C' ye ön ısıtılmış 750 ml % 0.25' lik (w/v) amonyum oksalat (pH=3.5) ile karıştırıldı ve daha sonra karışım, sıcaklık 75 °C' de sabit tutularak erlen çalkalayıcıda 60 dk. süreyle tutuldu sıvı faz süzülerek ayrıldı. Tüm süzme işlemlerinin kısa sürede yapılabilmesi için, süzme işlemleri vakumlu bir filtrasyon düzeneğinde gerçekleştirildi. Hemiselüloz ekstraksiyonu 27 farklı ekstraksiyon koşulları için gerçekleştirildi. Süzme işlemlerinde kullanılan kesikli laboratuvar düzeneğinin şematik görünümü Şekil 3.1' de, şeker pancarı küspesinden selüloz ekstraksiyon koşulları detaylı olarak Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



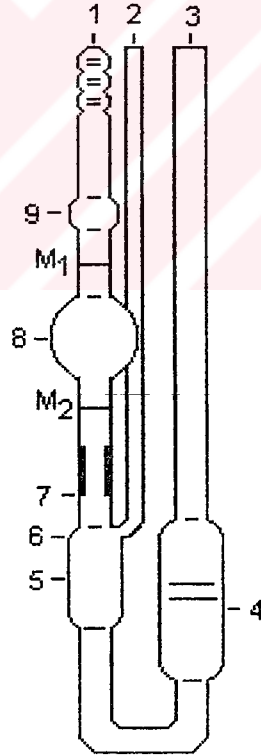
Şekil 3.1. Filtrasyon düzeneğinin şematik gösterimi. (1-Su banyosu, 2-Karıştırıcı, 3-Termometre, 4-Besleme kabı, 5-Vana, 6-Ceketli paslanmaz çelik filtre, 7-Huni, 8-Vakum bölgesi 9-Vakum Pompası, 10-Vakum manometresi 11-Basınç kontrol vanası, 12-Süzüntü kabı, 13- Derecelendirilmiş cam seviye göstergesi, 14-Süzüntü çıkış vanası)



Şekil 3.2. Şeker pancarı küspesinden selüloz ekstraksiyonu

3.2.3. Viskozite Tayini

Viskozite, selüloz ve türevlerinin çözeltilerinin karakterize edilebildiği en önemli özelliklerden birisidir. Selülozun özelliklerini ölçmek için kullanılan testlerin en önemlilerinden biri çözelti halindeki selülozun viskozitesidir. Viskozite testi selüloz türevlerinin üretiminde selülozun uygunluğunun saptanması açısından önemli bir parametre olduğundan farklı konsantrasyon ve sıcaklıklarda selüloz çözeltilerinin viskozite ölçümleri yapılmıştır. Bu amaçla; %37' lik HCl ile 0.5, 0.75, 1, 2.5, 5, 7.5, 10 kg/m³ konsantrasyonlarında selüloz çözeltileri hazırlandı ve kapiler numarası II, iç çapı 1.13 mm olan, -20 ile +100 °C arasındaki sıcaklıklara ayarlanabilen sirkülasyonlu su banyosuna (Grant LTDGG) bağlı sıcaklık kontrollü ısı stabilizasyon ceketine içine daldırılmış, Ubbelohde viskozimetresiyle (Şekil 3.3) çözeltilerin ve çözücünün akma süreleri ölçüldü. Yoğunluk ölçümleri piknometre ile yapıldı.



Şekil 3.3. Ubbelohde viskozimetresi

Viskozimetre kullanılmadan önce % 15' lik H_2O_2 ve % 15' lik HCl ile temizlendi. Yaklaşık 15 ml. örnek 4 nolu alt rezervuara dolduruldu. 2 nolu tüp parmak ile kapatılarak 1 nolu tüpe vakum uygulandı. Böylece örnek kapilerden geçirilerek 9 nolu üst rezervuara alındı. 2 nolu tüpten parmak kaldırıldı ve çözelti aşağıya doğru inerken M_1 - M_2 çizgileri arasını aldığı süre kronometre ile saptandı ve aşağıdaki eşitliklerden kinematik viskozite ve dinamik viskozite hesaplandı.

$$\text{Kinematik viskozite} = \nu (\text{cst, mm}^2/\text{s}) = k (t - \theta) \quad (3.1)$$

k = Viskozimetre sabiti (0.1)

t = Akma süresi (s)

θ = Hagenbach düzeltme katsayısı

$$\text{Dinamik viskozite} = \eta (\text{cps}) \nu \rho \quad (3.2)$$

Relatif viskozite, spesifik viskozite, indirgenmiş viskozite, inherent viskozite ve intrinsik viskozite aşağıdaki eşitliklerden hesaplandı.

$$\text{Relatif viskozite} = \eta_r = \eta / \eta_o = \nu \rho / \nu_o \rho_o = (t - \theta) \rho / (t_o - \theta) \rho_o \quad (3.3)$$

$$\text{Spesifik viskozite} = \eta_{sp} = (\eta - \eta_o) / \eta_o = \eta_r - 1 \quad (3.4)$$

$$\text{İndirgenmiş viskozite (viskozite sayısı)} = \eta_{ind} = \eta_{sp} / c \quad (\text{m}^3/\text{kg}) \quad (3.5)$$

$$\text{İnherent viskozite (logaritmik viskozite sayısı)} = (\ln \eta_r) / c \quad (\text{m}^3/\text{kg}) \quad (3.6)$$

ρ = Çözeltinin yoğunluğu (kg/m^3)

ρ_o = Çözücünün yoğunluğu (kg/m^3)

t_o = Çözücünün akma süresi (s)

ν = Çözeltinin kinematik viskozitesi (m^2/s)

ν_o = Çözücünün kinematik viskozitesi (m^2/s)

η = Çözeltinin viskozitesi (mPas)

η_o = Çözücünün viskozitesi (mPas)

c = Çözeltinin konsantrasyonu (kg/m^3)

İntrinsik viskozite Staudinger eşitliğinden hesaplandı.

$$\text{İntrinsik viskozite (sınırlayıcı viskozite sayısı)} = \eta_i = \lim_{c \rightarrow 0} (\eta_{sp}/c) \quad (3.7)$$

(c , η_{sp}/c) grafiğinde eğrilerin y eksenini kestiği nokta intrinsik viskoziteyi verir. İntrinsik viskozite aşağıdaki eşitliklerden de hesaplanabilir.

$$\eta_{sp}/c = \eta_i + k \eta_i^2 c \quad \text{Huggins eşitliği} \quad (3.8)$$

$$\ln \eta_r / c = \eta_i - k \eta_i^2 c \quad \text{Kraemer eşitliği} \quad (3.9)$$

$$\log (\eta_{sp}/c) = \log \eta_i + k \eta_i c \quad \text{Martin eşitliği} \quad (3.10)$$

(Christensen, 1953; Postlmayr ve ark., 1956; McMillan, 1974; Evranuz, 1985; Tanglertpaibul ve Rao, 1987; Chou ve Kokini, 1987; Tehcien ve Kokini, 1987; Genovese ve Lozano, 2001).

3.2.4. Molekül Ağırlığı Tayini

Viskozite sadece konsantrasyona bağlı değil ayrıca molekül ağırlığı, pH ve iyonik güce de bağlıdır (Thibault ve Rombouts, 1986). Molekül ağırlığı arttıkça viskozite de artar. Bu nedenle selüloz çözeltilerinin molekül ağırlığının ölçülmesine ihtiyaç vardır. Molekül ağırlığını belirlemek için daha ziyade kromatografik yöntemler kullanılmıştır (Bartolini ve Jen, 1990). Bu çalışmada, ortalama molekül ağırlığı kolaylığı ve basitliği nedeniyle ışık saçılması (light scattering) tekniğiyle belirlendi.

Molekül ağırlığının tayini için; çözücü olarak % 37' lik HCl kullanılarak hazırlanan 0.5, 0.75, 1, 1.5, 2.5 kg/m^3 konsantrasyonlardaki selüloz çözeltilerinin ve çözücünün kırılma indisi, monokromatik sodyum lambasının ($\lambda=5893 \text{ \AA}$)

kullanıldığı bir refraktometre ile (Atago) ölçüldü. % 37' lik HCl ile hazırlanan farklı konsantrasyonlardaki selüloz çözeltileri için % geçirgenlik değerleri Spectronik 20 (Bausch and Lomb) görünür bölge spektrofotometresiyle (Rao,1993) ölçüldü.

Ortalama molekül ağırlığı ($M_{w,ort}$) aşağıdaki eşitlik ile hesaplandı (Allock ve Lampe,1981 ; Rao,1993).

$$\frac{1}{M_{w,ort}} = \lim_{c \rightarrow 0} \frac{Hc}{\tau} \quad (3.11)$$

$$H = \left(\frac{32\pi^3 n_o^2}{3\lambda^4 N_o} \right) \left(\frac{n - n_o}{c} \right)^2 \quad (3.12)$$

n_o = Çözücünün (0.1 M sodyum fosfat tamponu) kırılma indisi = 1.4062

n = Çözeltinin kırılma indisi

λ = Monokromatik sodyum ışığının dalga boyu = 0.5893×10^{-6} m

N_o = Avogadro sayısı = 6.023×10^{23} (kg/ kgmol)

c = çözeltinin konsantrasyonu (kg/m³)

Işık saçılması nedeniyle ışığın şiddetindeki azalma çözeltilerin bulanıklılığını (τ) tarif etmek için kullanıldı. Azalma, sistemden geçen ışık yolunun uzunluğuna bağlıdır ve Lambert kanununa benzetilerek şöyle yazılır.

$$I / I_o = e^{-\tau l} \quad (3.13)$$

Burada; τ çözeltinin bulanıklılığı, I_o gelen ışığın şiddeti, I çözeltilerden çıkan ışığın şiddeti, l ışığın çözeltilerden geçtiği yolun uzunluğudur.

Bu eşitlik şu şekilde de düzenlenebilir.

$$e^{-\tau} = \frac{I}{I_0} = \frac{I_0 - I_s}{I_0} = \frac{I_0 - I's}{I_0} = 1 - \frac{I's}{I_0} \quad (3.14)$$

Burada; I_s çözelti tarafından saçılan ışığın toplam şiddeti, $I's$ birim ışık yolu uzunluğu başına saçılan ışığın toplam şiddetidir.

Saçılan ışık %' si genellikle çok küçüktür ve eşitlik (3.14)' deki üstel fonksiyonu aşağıdaki şekilde ifade etmek iyi bir yaklaşımdır.

$$e^{-\tau} = 1 - \tau + \frac{1}{2} (\tau)^2 - \frac{1}{6} (\tau)^3 + \dots \cong 1 - \tau \quad (3.15)$$

Eşitlik 3.13 ve 3.15 yardımıyla aşağıdaki eşitlik yazılabilir.

$$\tau = 1 - (I / I_0) = 1 - (\% \text{ geçirgenlik} / 100) \quad (3.16)$$

$I / I_0 = 1$ cm uzunluğundaki çözültiden geçen ışığın kesri (geçirgenlik)

C' ye karşı HC / τ' nun grafiğe geçirilmesiyle elde edilen doğrunun kayması $1 / M_{w,ort.}'$ yı, kaymanın tersi $M_{w,ort.}'$ yı verir.

Ortalama molekül ağırlığı ve intrinsik viskozite arasındaki ilişki Mark-Houwink- Sakurada eşitliği ile verilir (Isihara, 1992).

$$\eta_i = K (M_{w,ort.})^a \quad (3.17)$$

Bu eşitlik bir doğru denklemini halinde düzenlenirse aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$\ln \eta_i = \ln K + a \ln M_{w,ort} \quad (3.18)$$

$\ln M_{w,ort.}'$ ya karşılık $\ln \eta_i$ grafiğe geçirildiğinde intrinsik viskoziteyi ortalama molekül ağırlığına bağlayan eşitlikteki a ve K sabitleri bulunabilir.

Molekül ağırlığının 5×10^5 'den daha yüksek olduğu durumlarda intrinsik viskozite sıcaklığa karşı oldukça duyarlıdır (Allock ve Lampe, 1981) .

3.2.5. Selülozun İnfrared Spektrumu

Infrared spektrumu pek çok grup için karakteristik pikler verir. Böylece spektrumu alınan maddede hangi karakteristik grupların bulunduğunu ve dolayısıyla maddenin yapısını anlamak kolaylaşır.

Bu nedenle optimum koşullarda elde edilen selülozun FTIR spektrumu (ATI UNICAM 1000 MATTSON FTIR Spektrometre) alındı.

3.2.6. Karboksimetil Selüloz Üretimi

Reaksiyon parametrelerinin her birindeki değişim ile sübstitüsyon derecesindeki (DS) deki değişimi optimize etmek amacıyla sübstitüsyon derecesine reaksiyon sıcaklığı, süre, klor asetik asit sodyum tuzu konsantrasyonu, alkali konsantrasyonu ve çözücünün etkileri çalışıldı. -20 ile +100 °C arasındaki sıcaklıklara ayarlanabilen sirkülasyonlu su banyosuna (Grant LTDGG) bağlı sıcaklık kontrollü ısı stabilizasyon ceketli bir reaksiyon kabına 1 kısım selüloz, 100 ml çözücü (su, etanol, izopropil alkol ve izobütil alkol) ve 10 kısım belli bir konsantrasyondaki (% 5, 10, 15, 20, 25 ve 30) NaOH konuldu ve reaksiyon kabının üst kapağına merkezlenen bir karıştırıcı (RW20 Janke&Kunkel) ile 1200 dev/dk hızda 1 saat süreyle karıştırıldı. Karışım, katı faz yaklaşık 3.2 kısımlık bir ağırlığa gelinceye kadar süzüldü ve blenderde karıştırıldı. Belli bir selüloz / sodyumklorasetat oranında (1/0.5, 1/0.7, 1/0.9, 1/1.1, 1/1.3 ve 1/1.5) klor asetik asit sodyum tuzu ilave edildi ve karışım farklı sıcaklık (30, 40, 50, 60 ve 70 °C) ve farklı sürelerde (60, 90, 120, 180 ve 360 dk) yukarda anlatılan sistemde mekanik karıştırıcı ile karıştırıldı. Reaksiyon süresi sonunda reaksiyon içeriği % 90' lık asetik

asit ile nötrale edildi ve süzöldü. Kek, yan ürün tuzlarını uzaklaştırmak amacıyla % 70'lik metanol ile yıkandı , süzöldü ve 70 °C' de kurutuldu (Kirk-Othmer, 1967).

3.2.6.1. Nem Tayini

Karboksimetil selülozdaki nem miktarı, 105 °C' de sabit tartıma getirme yöntemi ile tayin edildi . 5 g örnek, darası alınmış porselen kapsüle konarak 105 °C' de sabit tartıma getirildi ve karboksimetil selülozdaki nem oranı aşağıdaki bağıntıdan hesaplandı (AOAC, 1975).

$$N = (m_o - m_1) (100 / m_o)$$

m_o = Örneğin ilk ağırlığı (g)

m_1 = Kurutulmuş örneğin ağırlığı (g)

N = % nem

3.2.6.2. Sübstitüsyon Derecesinin Belirlenmesi

Sübstitüsyon derecesi 100 glukoz ünitesindeki estér (karbonil) gruplarının miktarı veya bir ünitedeki sübstitüentın ağırlık yüzdesidir. 108 ml % 65'lik nitrik asit, metanol ile 1 litreye tamamlandı, 5 g karboksimetil selüloz 200 ml metanol ve nitrik asit karışımı ile çalkalandı, yaklaşık 3 saat bekletildi, asidin fazlası % 80' lik metanol ile yıkandı ve metil oranj indikatörü ile nötrlüğü kontrol edildi.

Kurutulmuş 2 g katıya 200 ml destile su, 30 ml 1 N NaOH ilave edildi ve karışım tamamen çözöndükten sonra fenolftalein varlığında 1 N HCl ile titre edildi (Far, 1992; Barai ve ark., 1997).

$$DS = \frac{0.162 \cdot A}{(1 - 0.0584 \cdot A)}$$

$$A = (BC - DE) / F$$

A=Alkalinin eşdeğer ağırlığı/g örnek

B= NaOH çözeltisinin miktarı (ml)

C= NaOH çözeltisinin normalitesi

D=HCl çözeltisinin miktarı (ml)

E= HCl çözeltisinin normalitesi

F= Örneğin ağırlığı (g)

3.2.6.3. Karboksimetil Selüloz İçeriğinin Belirlenmesi

1.5 g karboksimetil selüloza 100 ml % 80'lik alkol ilave edilip karıştırılarak 10 dk bekletildi ve karışım süzüldü. Bakiye tekrar 100 ml % 80'lik alkol ile yıkandı, 105 °C' de 4 saat tutuldu, soğutuldu ve tartıldı (Far, 1992).

$$\% \text{ CMC içeriği} = 100 m_2 / m_1$$

m_1 = Kurutulmuş örneğin ağırlığı (g)

m_2 = yıkanmış örneğin ağırlığı (g)

3.2.6.4. NaCl Miktarının Belirlenmesi

2 g karboksimetil selüloza 250 ml % 65' lik metanol ilave edildi ve 5 st bekletildi. Üstte kalan sıvıdan alınan 100 ml' lik kısım seyreltik nitrik asit ile fenolftalein indikatörü varlığında titre edildi. Birkaç damla potasyum kromat ilave edilir ve 0.1 N AgNO_3 çözeltisi ile renk süt sarısından kahve kırmızıya geçinceye kadar titre edilir (Far,1992).

$$\% \text{ NaCl} = V_1 1.461 / m_1$$

V_1 = Harcanan AgNO_3 miktarı (ml)

m_1 = Kurutulmuş örneğin ağırlığı (g)

3.2.7. Karboksimetil Selülozun İnfrared Spektrumu

Süstitüsyon derecesi (DS)' ne reaksiyon sıcaklığı, süre, klor asetik asit sodyum tuzu konsantrasyonu, alkali konsantrasyonu ve çözücünün etkilerinin araştırıldığı deneylerde en yüksek süstitüsyon derecesine sahip ürünün FTIR spektrumu (ATI UNICAM 1000 MATTSON FTIR Spektrometre) alındı.

3.2.8. Karboksimetil Selüloz Çözeltilerinin Reolojisi

3.2.8.1 Karboksimetil Selüloz Çözeltilerinin Hazırlanması

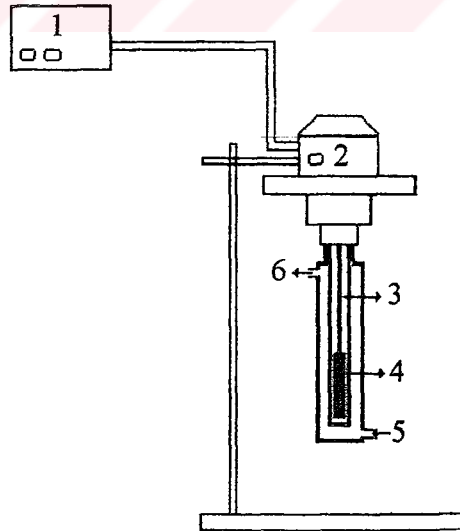
Optimum reaksiyon koşullarında elde edilen karboksimetil selüloz kullanılarak 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 kg/m^3 konsantrasyonlarda karboksimetil selüloz çözeltileri hazırlandı. Ortamdaki karboksimetil selülozun tamamen çözünmesini sağlamak amacıyla, hazırlanan çözeltiler 12 st süreyle 25 °C' de karıştırıldı, süzüldü ve çözeltilerdeki hava kabarcıklarının serbest kalması için 24 saat beklendikten sonra çalışılan konsantrasyondaki numune bir su banyosunda çalışma sıcaklığına (20, 22, 25, 27 ve 30 °C) getirilerek rotor etkin boyunu geçmeyecek şekilde döner viskozimetrenin numune kabına aktarıldı.

3.2.8.2. Reolojik Ölçümler

Karboksimetil selülozun sulu çözeltilerinin akış özelliklerine konsantrasyonun (% 0.5-3) ve sıcaklığın (20-30 °C) etkisini belirlemek amacıyla

dış silindir iç yarıçapı 14×10^{-3} m, rotor yarıçapı 12.5×10^{-3} m ve rotor etkin uzunluğu 9.1×10^{-2} m olan döner viskozimetre (CETI, NDJ-1 Model) kullanıldı. Kullanılan döner viskozimetrenin şematik gösterimi Şekil 3.4 de verilmiştir.

Kayma gerilmesi ölçümünde kullanılan viskozimetre 0-100 arasında ölçülendirilmiş bir diske bağlı olan bir senkronize motorla çalışmaktadır. Bu motor rotoru dört farklı hızda döndürebilmektedir. Mevcut hızlar arasındaki ara değerlerde çalışılabilmek için viskozimetre bir invertöre bağlandı. Ölçümler sırasında istenilen sıcaklık, sirkülasyon banyosu (Grant LTD 6G) vasıtasıyla numune kabının dışına sonradan monte edilen ceketten çalışma sıcaklığındaki su geçirilerek sağlandı. Su sirkülasyonunu takiben 15 dk periyotta numune sıcaklığının arzu edilen sıcaklığa ulaştığı yapılan ön incelemelerle tespit edildiği için, tüm ölçümlerde çözeltinin numune kabına aktarılmasını takiben 15 dk beklendi. Rotor dönmeye başladığında bir viskoz dirence maruz kalır ve motora tork uygulanır. Bu tork değeri skaladaki ibre sabit bir değere geldikten sonra okundu. Kayma gerilimlerinin hesaplanmasında her bir örnek için skaladan okunan 5 tork değerinin (sapma: ± 1) aritmetik ortalaması kullanıldı.



Şekil 3.4. Döner viskozimetrenin şematik gösterimi (1- İnvertör, 2-Döner Viskozimetre, 3- Numune kabı, 4-Rotor, 5-Su girişi, 6-Su çıkışı)

Düzenegin kalibrasyonu için Newtonian bir akışkan olduğu, farklı sıcaklık ve konsantrasyonlarda viskozitesi bilindiği için gliserin kullanıldı. % 60' lık gliserin çözeltisi ile farklı devir hızlarında tork değerleri ölçüldü. Daha sonra kayma gerilimi ve kayma hızları hesaplanarak grafiğe geçirildi. Grafiğin eğiminden gliserinin viskozitesi belirlendi. Gliserinin kinematik viskozitesi literatürden elde edilen kinematik viskozite değerine oranlanarak kalibrasyon katsayısı bulundu. Döner viskozimetreden okunan tork değerleri kalibrasyon katsayılarına bölünerek bulunan tork değerleri eşitlik (2.4)' de yerine konularak kayma gerilimleri hesaplandı (Ekler, E1.1).

3.2.8.3. Verilerin Analizi

Eşitlik (2.12) yardımıyla rotor devir hızına (N) karşı eşitlik (2.4)' den hesaplanan kayma gerilmesi ($\tau_{r\phi}$) değerleri grafiğe geçilerek elde edilen doğrunun eğiminden Newtonian viskozite (μ) aşağıdaki eşitlikten bulundu.

$$\mu = egim \cdot \frac{(1 - R^2)}{4 \cdot \pi} \quad (3.19)$$

Eşitlik (2.20) yardımıyla rotor devir hızına (N) karşı Eşitlik (2.4)' den hesaplanan kayma gerilmesi ($\tau_{r\phi}$) değerleri grafiğe geçilerek elde edilen doğrunun eğiminden Bingham viskozite (μ_0), ordinatı kesim noktasından ise eşik kayma gerilimi (τ_0) aşağıdaki eşitliklerden bulundu.

$$\mu_0 = egim \cdot \frac{(1 - R^2)}{4 \cdot \pi} \quad (3.20)$$

$$\tau_0 = -kayma \frac{(1 - R^2)}{2 \cdot \ln R} \quad (3.21)$$

Eşitlik (2.30) gereğince rotor devir hızlarının logaritmasına ($\ln N$) karşı eşitlik (2.4)' den hesaplanan kayma gerilmesi değerlerinin logaritması ($\ln \tau_{r\phi}$)

grafiğe geçirilerek elde edilen doğruyun eğiminden akışkanlık indeksi (n), ordinatı kesim noktasından akışkanlık sabiti (m) bulundu.

$$n = \text{eğim} \quad m = \frac{\exp(kayma)}{\left[\frac{4 \cdot \pi}{n \cdot (1 - R^n)} \right]^n} \quad (3.23)$$

Oswald-de Waele model parametreleri ve kayma hızı ($\dot{\gamma}$) değerleri kullanılarak görünür viskozite aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$\eta_a = m \cdot \left(\dot{\gamma} \right)^{n-1} = \frac{\tau_{r\phi}}{\dot{\gamma}} \quad (3.24)$$

Deneyisel veriler kullanılarak hesaplanan model parametreleri dikkate alınarak karboksimetil selüloz çözeltileri için en uygun akış modeli belirlendi.

Bu çalışmada, model parametrelerini ve korelasyon katsayılarını veren program, Turbo C++ version 3.0 derleyicisi kullanılarak hazırlandı. En küçük kareler yöntemine göre eğim, kayma ve korelasyon katsayılarını hesaplayacak ve ayrıca model parametreleri yanısıra her üç model için silindirik koordinatlarda lineerleştirilmiş bağıntılardan kayma gerilimi, kayma hızı değerlerini Oswald-de Waele modeli için görünür viskoziteyi hesaplayacak ve son çıktıyı Microsoft Excel 2000 dosyası olarak verecek şekilde düzenlenen program ve % 3' lük karboksimetil selüloz çözeltisi için program çıktısı Ek 3' de verilmiştir.

3.2.9. Kaplama Filmlerinin Hazırlanması

Kaplama filmleri hidrofob madde, hidrofil polimer, emülgatör ve su kullanılarak hazırlandı. Hidrofob madde olarak parafin mumu , balmumu ve soya yağı, hidrofil polimer olarak karboksimetil selüloz, emülgatör olarak Emülgin PE,

trietanol amin oleik asit ve sodyum oleat kullanıldı ve farklı bileşimlerde 6 değişik kaplama film emülsiyonu hazırlandı (Tablo 3.1).

Hidrofob madde ve emülgatör 70 °C' de eritildi, bir mekanik karıştırıcı ile karıştırılan su banyosunda 70 °C' ye ısıtılmış su ve karboksimetil selüloz karışımına ilave edildi ve 1 saat süreyle karıştırıldı. Karışım daha sonra oda sıcaklığına soğutuldu.

Tablo 3.1. Film Emülsiyonlarının Bileşimi

Film	Film bileşimi	Ağırlıkça %	Film	Film bileşimi	Ağırlıkça %
A	Parafin mumu	16.1	B	Parafin mumu	18.5
	Emülgün PE	3.2		Emülgün PE	5.3
	Su	80.3		Su	75.1
	Karboksimetil selüloz	0.4		Karboksimetil selüloz	1.1
C	Bal mumu	18.7	D	Bal mumu	18.5
	Trietanolamin	2.8		Trietanolamin	3.0
	Oleik asit	2.8		Oleik asit	2.2
	Su	75.3		Su	75.2
	Karboksimetil selüloz	0.4		Karboksimetil selüloz	1.1
E	Soya yağı	9.0	F	Soya yağı	8.8
	Sodyum oleat	0.7		Sodyum oleat	0.6
	Su	89.9		Su	89.5
	Karboksimetil selüloz	0.4		Karboksimetil selüloz	1.1

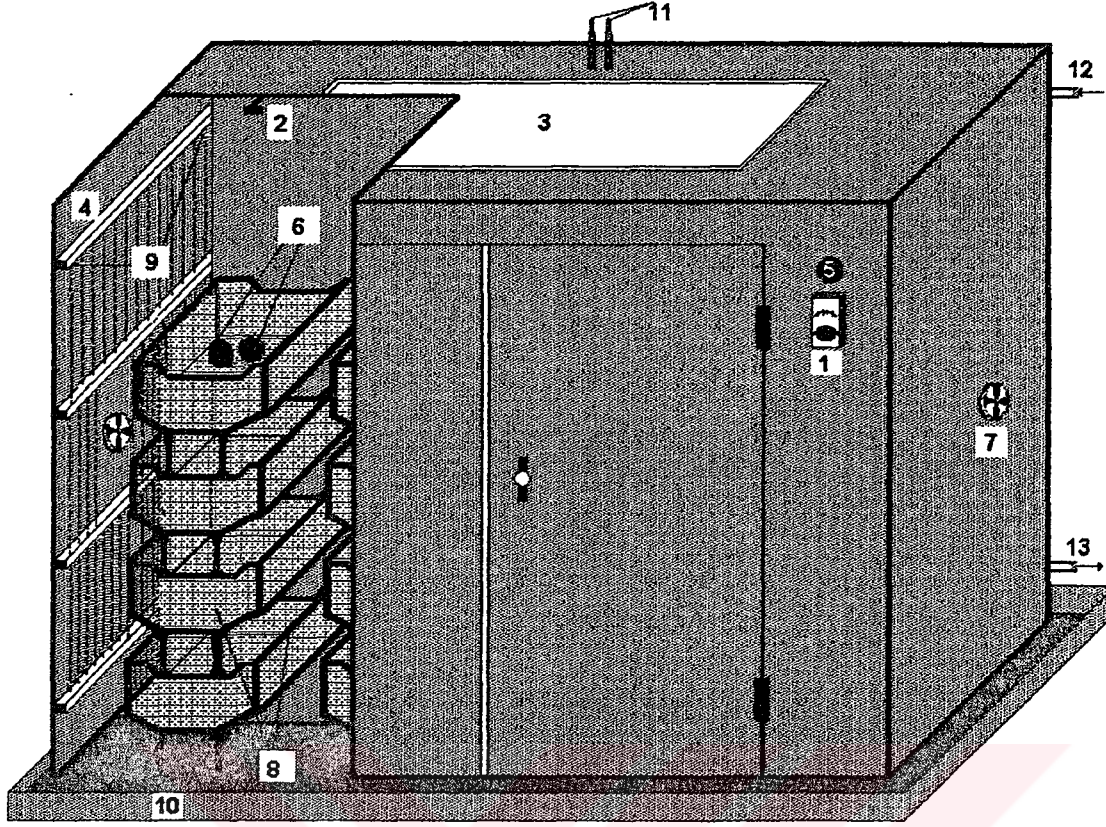
3.2.10. Meyve Yüzeylerinin Kaplanması

Elazığ Meyve ve Sebze Halinden satın alınan yeme olgunluğundaki şeftali (*Persica vulgaris* Miller.), elma (*Malus sylvestris* Miller.), armut (*Pyruse communis* L.) ve mandalina (*Citrus nobilis* Lour.) gibi meyveler irilik, renk ve olgunluk bakımından bir örnek olacak şekilde seçildikten sonra 7 gruba ayrıldı. Birinci grup hiçbir işlem yapılmadan kontrol grubu (K) olarak ayrıldı. Diğer altı grup meyve ise yüzeyleri meyveye zarar vermeyecek şekilde hafif nemli bir bezle silinerek temizlendikten sonra meyve ağırlığının % 1' i miktarındaki emülsiyon ile lateks eldiven kullanılarak elle kaplandı ve meyveler önceden etiketlenilmiş meyve sepetlerine yerleştirilerek 5 dk süreyle düşük basınçlı hava püskürtmek suretiyle kurutulduktan sonra bağıl nemi % 75 sıcaklığı 25 °C olan meyve depolama kamarasında uygun şekilde istiflendi ve analizler için muhafaza edildi.

3.2.11. Emülsiyon Filmi İle Kaplanmış Meyvelerin Depolanması

Meyvelerin bozulmalarının geciktirilmesinde kaplama filmlerinin etkisinin araştırıldığı bu çalışmada, meyvelerin bozulma hızları üzerine önemli etkilerinin olduğu bilinen depo sıcaklığı ve bağıl nem gibi parametreleri sabit tutarak sadece kaplama filmlerinin olumlu-olumsuz etkilerini açıklayabilmek amacıyla tasarlanan 18-10 Cr-Ni paslanmaz çelikten imal edilen meyve depolama kamarası Şekil 3.5' de gösterilmiştir.

Depolama süresince ortamın bağıl nemini sabit bir değerde tutmak amacıyla belli bir debideki musluk suyunu üst oluktan alt oluğa damlatacak şekilde 8 adet oluk kamaranın yan yüzeylerine yerleştirildi. Kamara, muhtemel su sızıntılarını önlemek ve ekstra bir nemlendirme sağlamak amacıyla boyutları kamaradan 5 cm daha büyük olan ve içerisinde yaklaşık 0.5 cm yüksekliğinde su bulunan bir tava üzerine yerleştirildi. Meyve depolama kamarasında sıcaklık düşüşlerini önlemek amacıyla kamaraya 0-40 °C gazlı bir termostata bağlanan 2 adet kuru hava ısıtıcısı



Şekil 3.5. Meyve depolama kamarasının şematik gösterimi (1-Fan hızı ayarlayıcı reosta 2-Kuru hava ısıtıcısı 3-Pencere 4-Oluk 5-Termostat 6-Meyve 7-Fan, 8-Meyve sepeti 9-Su damlacıkları 10-Tava 11-Fizyometre 12-Su girişi 13-Su çıkışı)

monte edildi. Depolama koşullarında meyvelerin ışık ihtiyacını karşılamak amacıyla kamaranın tavanına 60 x 70 cm büyüklüğünde pencere camı yerleştirildi. Depo içinde dengeli bir sıcaklık, nem ve uçucu madde dağılımı için deponun havalandırma kapasitesi yeterli olmalıdır. Genel olarak depo hacmini bir saatte 20-30 defa hareket ettirecek vantilasyon gücü esas alınır. Bu amaçla kamaranın yan yüzeylerine 2-4 nolu olukların arasına biri ortama hava verecek diğeri ortam havasını çekecek şekilde 2 adet fan yerleştirildi ve hava hızını kontrol etmek için 5 kademeli bir reostaya bağlandı. Ortamın bağıl nemini belirlemek amacıyla kamaranın merkezine fizyometre yerleştirildi.

Meyve sepetleri, mümkün olduğunca hava akımını kesmeyecek ve tüm sepetlere eşit miktarda hava teması sağlanacak şekilde, meyve depolama

kamarasında istiflendi. Meyvede meydana gelen değişimleri belirlemek amacıyla şeftali, armut, elma için gūnaşırı, mandalinada ise üç gūnde bir, kontrol ve film emūlsiyonları ile kaplı meyvelerden birer örnek alınarak ağırlık kaybı, pH, suda çözünebilir kuru madde ve kırılma indisi titre edilebilir asitlik ve askorbik asit tayinleri yapıldı. Tüm analiz günlerinde, sırasıyla Kontrol, A, B, C, D, E, F emūlsiyonlarıyla kaplı meyveler bir katı meyve sıkacağı ile sıkılarak suyu çıkarıldı ve süzūldü. Analizlerde bu süzūntü kullanıldı. Ağırlık kaybı tayini her gün, diğēr tayinler şeftali, elma ve armutta gün aşırı mandalinada ise 3 gūnde bir yapıldı. Tüm analizler 2 defa yapıldı ve bulunan değērlerin ortalaması analiz sonucu olarak ifade edildi.

3.2.12. Ağırlık Kaybı Tayini

Meyve ağırlıkları, kaplamanın yapıldığı gün ve daha sonraki günlerde, aynı saatte tartılarak belirlendi. % ağırlık kaybı aşığıdaki eşitlik yardımıyla bulundu.

$$\% AK = \frac{W_0 - W_i}{W_0} \times 100$$

% AK= % ağırlık kaybı

W_0 = Meyvenin başlangıç ağırlığı (g)

W_i = Meyvenin depolama süresince ölçūlen ağırlığı (g)

3.2.13. pH Tayini

Meyvelerden elde edilen meyve sularının pH değērleri oda sıcaklığında pH metre (INOLAB WTW) kullanılarak belirlendi.

3.2.14. Suda Çözünabilir Kuru Madde ve Kırılma İndisi Tayini

Meyve sularındaki suda çözünabilen kuru madde ve kırılma indisi sıcaklık ayarlı bir refraktometre (ATAGO) ile belirlendi

3.2.15. Titre Edilebilir Asitlik Tayini

10 ml süzüntü 100 ml' lik bir beherde kaynayınca kadar ısıtıldı, 50 ml destile su ilave edildi ve 1 ml fenolftalein indikatörü varlığında açık kırmızı renk oluşuncaya kadar 0.1 N NaOH ile titre edildi ve sonuçlar g sitrik asit/ 100 g meyve olarak ifade edildi (Pearson, 1970).

1 ml 0.1 N NaOH =0.64 g sitrik asit / L meyve suyu

$$TA = \frac{V_1 \cdot 0.64 \cdot V_2 \cdot 100}{1000 \cdot m}$$

TA =Titre edilebilir asitlik (g sitrik asit/ 100 g meyve)

V_1 =Titrasyonda harcanan NaOH hacmi (ml)

V_2 =Süzüntü hacmi (ml)

m =Meyve ağırlığı (g)

3.2.16. Askorbik Asit Tayini

Askorbik asit tayini, askorbik asidin indikatör boyasını (2, 6 diklorofenol indofenol) renksizliğe indirgemesi ve reaksiyon sonunda indirgenmemiş boyanın fazlasının asidik çözeltide oluşturduğu gül pembesi rengindeki karışımın spektrofotometrede absorbans değerinin saptanması ilkesine dayanır (Pearson, 1970).

Stabilizan çözelti (% 0.4' lük): 4 g okzalik asit 1 L suda çözüldü.

Stok askorbik asit çözeltisi : % 0.4 lük okzalik asit çözeltisiyle 1000 ml % 0.1' lik askorbik asit çözeltisi hazırlandı (bu çözelti sadece birkaç saat dayanabilir).

Standart askorbik asit çözeltisi : 100' er ml' lik balon jojelere stok askorbik asit çözeltisinden 1, 2, 3, 4 ve 5 ml alınarak 100 ml' ye % 0.4' lük okzalik asit çözeltisiyle tamamlandı. Bu çözeltilerin her ml' si sırasıyla 1, 2, 3, 4 ve 5 mg askorbik asit içerir.

Standart boya çözeltisi : 1000 ml % 0.002' lik 2,6 diklorofenolindofenol çözeltisi hazırlandı (bu çözelti buzdolabında 4-5 gün dayanabilir).

Standart eğrinin çizilmesi için hazırlanan çözeltiler : 4 adet test tüpüne aşağıdaki çözeltiler konuldu.

- A- 1 ml % 0.4'lük okzalik asit çözeltisi + 9 ml su
- B- 1 ml % 0.4'lük okzalik asit çözeltisi
- C- 1 ml 1 mg/100 ml konsantrasyonundaki standart askorbik asit çözeltisi +9 ml su
- D- 1 ml 1 mg/100 ml konsantrasyonundaki standart askorbik asit çözeltisi

1- A tüpü kullanılarak 520 nm dalga boyundaki spektrofotometre sıfıra ayarlandı.

2- B tüpüne 9 ml boya çözeltisi ilave edilip karıştırıldı ve 15 s sonra L_1 okuması kaydedildi.

3- C tüpü ile alet sıfıra ayarlandı.

4- D tüpüne 9 ml standart boya çözeltisi ilave edilip karıştırıldı ve 15 s sonra L_2 okuması kaydedildi.

5- Diğer askorbik asit çözeltileri için 3. ve 4. kademeler tekrarlandı.

6- Askorbik asit konsantrasyonları absise, her okunan standart için L_1 - L_2 değerleri ordinata yazarak standart eğri çizildi (Ekler, E1.2).

10 ml meyve suyu 90 ml % 0.4' lük okzalik asit çözeltisi ile karıştırıldı ve süzüldü. Bir tüpe 1 ml süzüntü ve 9 ml su ilave edilerek spektrofotometre sıfıra ayarlanır. 1 ml % 0.4' lük okzalik asit çözeltisine 9 ml standart boya çözeltisi ilave edildi ve 15 s sonra absorbans değeri (L_1) kaydedi. Sonra diğer bir tüpe 1 ml süzüntü ve 9 ml standart boya çözeltisi ilave edildi ve 15 s sonra absorbans değeri (L_2) kaydedildi. Örnek için L_1 - L_2 değeri hesaplandı ve Ekler, E1.2' de verilen standart eğri yardımıyla askorbik asit konsantrasyonu okundu. Sonuç mg askorbik asit/ 100 g meyve olarak ifade edildi.

$$C_{vit} = \frac{C \cdot V_2 \cdot V_3}{V_1 \cdot m}$$

C_{vit} = Meyvenin C vitamini içeriği (mg/ g meyve)

C = Standart eğride L_1 - L_2 ye karşılık gelen konsantrasyon (mg/100ml)

V_1 = Analiz edilen meyve suyu hacmi (10 ml)

V_2 = Analizi yapılan meyve suyu hacmi (10 ml) + okzalik asit çözeltisi (90 ml)

V_3 = Süzüntü hacmi (ml)

m = Meyve ağırlığı (g)

3.2.17. İstatistiksel Testler

Bu çalışmanın farklı bölümlerinde STATISTICA for Windows programı kullanılarak model denklemler geliştirilmiştir. Modellerden elde edilen sonuçların güvenilirliğini araştırmak amacıyla RMSE, MBE ve Khi-kare gibi çeşitli istatistiksel mukayese metotları kullanılmış ve uygun model belirlenmeye çalışılmıştır.

Ortalama yüzde hata:

$$MPE = \frac{\sum_{i=1}^N \left(\frac{X_{di} - X_{hi}}{X_{di}} \right)}{N} \cdot 100$$

MPE = Ortalama yüzde hata

X_{di} = Deneysel değer

X_{hi} = Modelden hesaplanan değer

N = Ölçüm sayısı

Ortalama hata:

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^N (X_{hi} - X_{di})}{N}$$

MBE = Ortalama hata

X_{di} = Deneysel değer

X_{hi} = Modelden hesaplanan değer

N = Ölçüm sayısı

Hata karelerinin ortalama karekökü :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_{hi} - X_{di})^2}{N}}$$

RMSE = Ortalama hata

X_{di} = Deneysel değer

X_{hi} = Modelden hesaplanan değer

N = Ölçüm sayısı

Yüzde hata :

$$E = \frac{X_{di} - X_{hi}}{X_{di}} \cdot 100$$

E = Ortalama hata

X_{di} = Deneysel değer

X_{hi} = Modelden hesaplanan değer

N = Ölçüm sayısı

Khi-kare :

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_{di} - X_{hi})^2}{N - n}$$

χ^2 = Khi-kare

X_{di} = Deneysel değer

X_{hi} = Modelden hesaplanan değer

N = Ölçüm sayısı

n = Modeldeki parametre sayısı

Modelin modelleme yeteneği :

$$EF = \frac{\sum_{i=1}^N (X_{di} - X_{dort})^2 - (X_{hi} - X_{di})^2}{\sum_{i=1}^N (X_{di} - X_{dort})^2}$$

EF = Modelin modelleme yeteneği

X_{di} = Deneysel değer

X_{hi} = Modelden hesaplanan değer

N = Ölçüm sayısı

X_{dort} = Deneysel değerlerin ortalaması

Standart sapma :

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \left(\frac{X_{hi} - X_{di}}{X_{hi}} \right)^2}{N}}$$

SD = Standart sapma

X_{di} = Deneysel değer

X_{hi} = Modelden hesaplanan değer

N = Ölçüm sayısı



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Şeker Pancarı Küspesinin Bileşimi

Şeker pancarı küspesinde % 88.79 oranında nem bulunmuştur. Şeker pancarı küspesinin bileşimi kuru maddede % olarak Tablo 4.1' de verilmiştir.

Literatürde şeker pancarı küspesinin kül, protein, yağ ve karbonhidrat (şeker, selüloz, hemiselüloz, pektin) miktarı sırasıyla % 3.7, % 10.3, % 1.4 ve % 80 olarak verilmiştir (Sun ve Hughes, 1999). Deneylerde kullanılan şeker pancarı küspesinin bileşiminin literatürde verilen değerlerle uyum içinde olduğu gözlenmiştir.

Tablo 4.1. Şeker pancarı küspesinin bileşimi

Bileşen	K.M.'de %
Kül	3.72
Protein	8.92
Yağ	1.10
Karbonhidrat	86.26

4.2. Şeker Pancarı Küspesinin Selüloz İçeriği

Tablo 4.2' de selüloz verimine alkali konsantrasyonu, süre ve sıcaklığın etkisi K.M.' de % olarak verilmiştir.

Tablo 4.2' den görüldüğü gibi, selüloz verimi % 17.00-32.01 arasında değişmekte, sabit sıcaklıkta süre ve alkali konsantrasyonunun artması ile küspenin selüloz içeriğinde bir azalma gözlenmiştir. Sıcaklığın artması ile 10 saatlik ekstraksiyon sürelerinde selüloz içeriğinde bir azalma olmasına rağmen, 16 ve 22 saatlik ekstraksiyon sürelerinde düzenli bir eğilim gözlenmemiştir. 25 °C' de, % 5 alkali konsantrasyonunda, 10 saatlik ekstraksiyon süresi sonunda, küspenin %

Tablo 4.2. Şeker Pancarı Küspesinin Selüloz İçeriği*

SELÜLOZ (K.M.' DE %)	SICAKLIK (°C)	% NaOH	SÜRE (SAAT)		
			10	16	22
	25	5	32.01	27.11	26.64
		10	30.45	23.44	21.42
		15	30.27	21.68	18.32
	35	5	29.87	26.93	23.02
		10	29.40	25.32	17.20
		15	26.78	25.25	17.00
	45	5	28.61	25.47	23.82
		10	26.71	22.95	22.80
		15	26.40	22.90	19.5

* Selüloz dışı maddelerin giderilme yüzdesi : 100 - % selüloz

67.99' u miktarında, 16 saatlik ekstraksiyon süresi sonunda % 72.89 miktarında ve 22 saatlik ekstraksiyon süresi sonunda % 73.36' sı miktarında selüloz dışı maddeler uzaklaştırılmıştır. 25 °C' de % 10 alkali konsantrasyonunda 22 saatlik ekstraksiyon süresi sonunda, küspenin % 78.58'i miktarında , % 15 alkali konsantrasyonunda ise % 81.68 'i miktarında selüloz dışı maddeler uzaklaştırılmıştır.

Sıcaklığın 35 °C , alkali konsantrasyonunun % 15 ve sürenin 22 saat olduğu ekstraksiyon koşullarında kuru maddede % olarak en düşük selüloz içeriği % 17, aynı sıcaklıkta alkali konsantrasyonunun % 10 ve sürenin 22 saat olduğu ekstraksiyon koşulunda ise % 17.2 dir. Selüloz dışı safsızlıkların giderme veriminde alkali konsantrasyonunda % 5' lik artışın, % 1.1 lik gibi çok düşük bir iyileşmeye neden olduğu görülmektedir. Bu değerlerden, düşük % selüloz içeriğinin olduğu ekstraksiyon koşulunda selüloz dışı maddeler daha iyi uzaklaştırıldığından ve daha saf selüloz elde edildiğinden, selüloz dışı safsızlıkları giderme veriminin en iyi olduğu koşul (35 °C, % 10 NaOH ve 22 st) optimum koşul olarak belirlenmiş,

selülozun karakteristik özelliklerinin incelendiği deneylerde ve karboksimetil selüloz üretiminde 35 °C, % 10 alkali konsantrasyonu ve 22 saatlik ekstraksiyon koşullarında üretilen selüloz kullanılmıştır. Kurutulmuş şeker pancarı küspesinin lignoselülozik fraksiyonunun % 22-30 selüloz içerdiği bildirilmiştir (Spagnulo ve ark., 1999). Sun ve Hughes (1998), şeker pancarı küspesinden % 7.5 NaOH, 15 °C ve 16 saat ekstraksiyon koşullarında selülozu ekstrakte etmek için yaptıkları bir çalışmada selüloz verimini K.M.' de % olarak % 14.88 olarak bulmuşlardır. Wen ve ark. (1988), % 10 NaOH ile 20 saatlik ekstraksiyon süresi sonunda 3 saatlik delignifikasyon ile selüloz verimini K.M. de % olarak % 10.99 olarak bulmuşlardır.

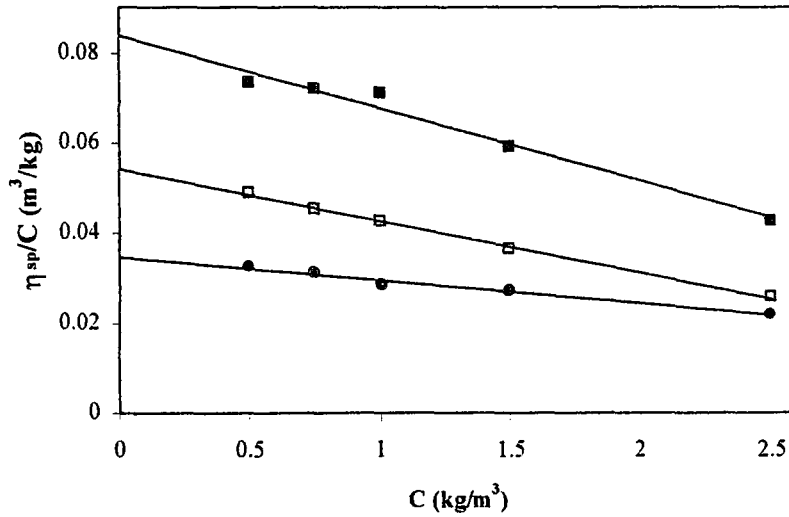
4.3. Selüloz Çözeltilerinin Viskoziteleri ve Molekül Ağırlıkları

Selüloz çözeltilerinde, viskoziteye bakarak selülozun kalitesi hakkında bilgi sahibi olmak mümkündür. 3 farklı ekstraksiyon koşulunda elde edilen selülozdan ve çözücü olarak % 37' lik HCl kullanılarak hazırlanan 0.5, 0.75, 1, 1.5, 2.5 kg/m³ konsantrasyonundaki selüloz çözeltilerinin 20 °C' de yapılan viskozite ölçümleri sonucu elde edilen kinematik viskozite değerlerinden hesaplanan relatif viskozite, spesifik viskozite ve indirgenmiş viskozite değerleri Tablo 4.3' de gösterilmiştir ($\eta_0=1.972$ mPas).

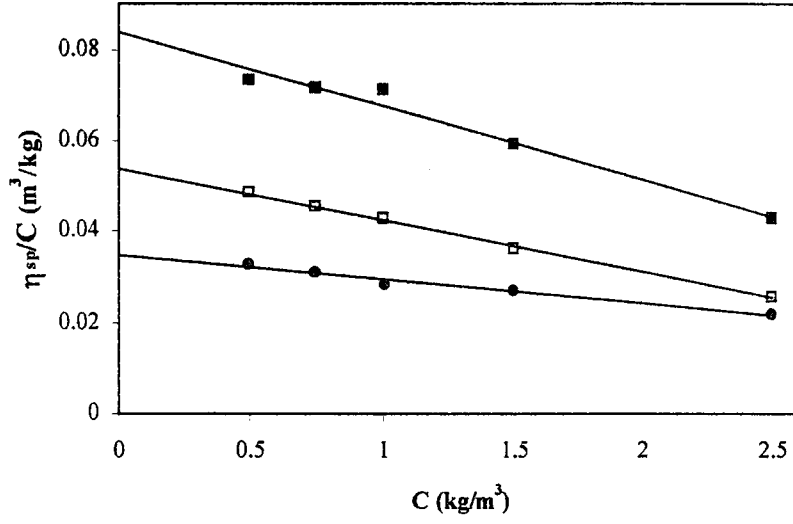
Hazırlanan selüloz çözeltileri için η_{sp}/C' değerlerinin çözeltideki selüloz konsantrasyonuna bağlı olarak değişimi Şekil 4.1' de gösterilmiştir. Bu eğrilerin y eksenini kestiği noktalar intrinsik viskoziteyi vermektedir. İntrinsik viskozite (3.8), (3.9), (3.10) nolu eşitlikler yardımıyla da bulunabilir. Huggins, Martin ve Kraemer eşitliklerine viskozite konsantrasyon ilişkisinin uygunluğu da araştırıldı. Bu amaçla C' ye karşı (η_{sp}/C) , C' ye karşı $\ln \eta_r/C$, ve C' ye karşı $\log (\eta_{sp}/C)$ değerleri grafiğe geçirildi (Şekil 4.2, 4.3 ve 4.4). Elde edilen doğruların eğim ve kaymasından sırasıyla Huggins, Martin ve Kraemer sabitleri ve intrinsik viskozite değerleri bulundu (Tablo 4.4).

Tablo 4.3. Farklı Ekstraksiyon Koşullarında Elde Edilen Selüloz Kullanılarak Hazırlanan Selüloz Çözeltilerinin Relatif Viskozite, Spesifik Viskozite ve İndirgenmiş Viskozite Değerleri

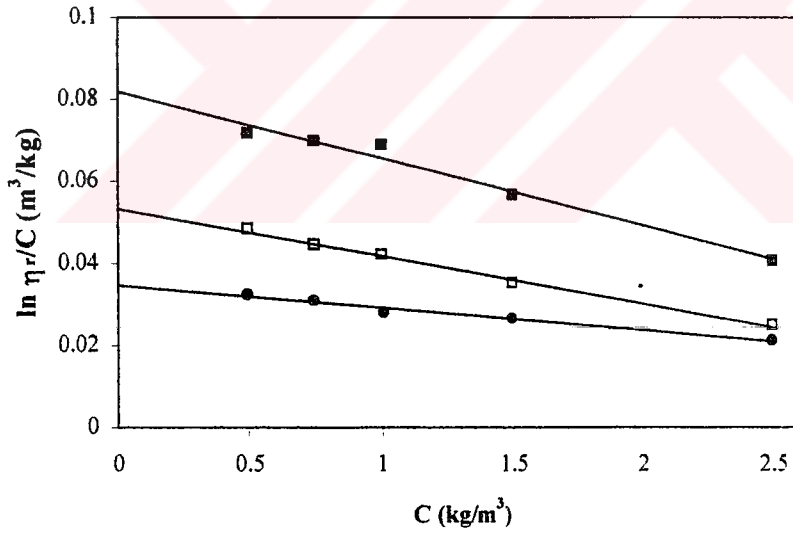
Ekstraksiyon koşulu	C (kg/m ³)	Relatif viskozite	Spesifik viskozite	İndirgenmiş viskozite(m ³ /kg)
% 10 NaOH 35 °C 10 Saat	0.50	1.0162	0.0162	0.0325
	0.75	1.0233	0.0233	0.0311
	1.00	1.0284	0.0284	0.0284
	1.50	1.0406	0.0406	0.0271
	2.50	1.0543	0.0542	0.0217
% 10 NaOH 35 °C 16 Saat	0.50	1.0243	0.0243	0.0487
	0.75	1.0340	0.0340	0.0453
	1.00	1.0426	0.0426	0.0426
	1.50	1.0543	0.0543	0.0362
	2.50	1.0644	0.0644	0.0258
% 10 NaOH 35 °C 22 Saat	0.50	1.0365	0.0365	0.0730
	0.75	1.0538	0.0538	0.0717
	1.00	1.0710	0.0710	0.0710
	1.50	1.0887	0.0887	0.0592
	2.50	1.1065	0.1065	0.0426



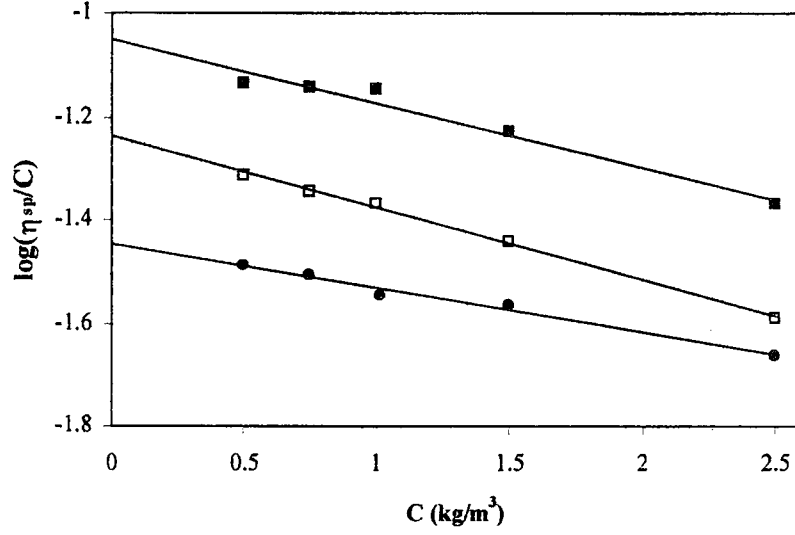
Şekil 4.1. Farklı ekstraksiyon koşullarında elde edilen selüloz kullanılarak hazırlanan selüloz çözeltileri için (C, η_{sp}/C) grafiği (Staudinger), (Süre(saat):●10, □16, ■22)



Şekil 4.2. Farklı ekstraksiyon koşullarında elde edilen selüloz kullanılarak hazırlanan selüloz çözeltileri için (C , η_{sp}/C) grafiği (Huggins), (Süre(saat):●10 , □16 , ■ 22)



Şekil 4.3. Farklı ekstraksiyon koşullarında elde edilen selüloz kullanılarak hazırlanan selüloz çözeltileri için (C , $\ln \eta_r/C$) grafiği (Kraemer eşitliği), (Süre(saat):●10 , □16 , ■ 22)



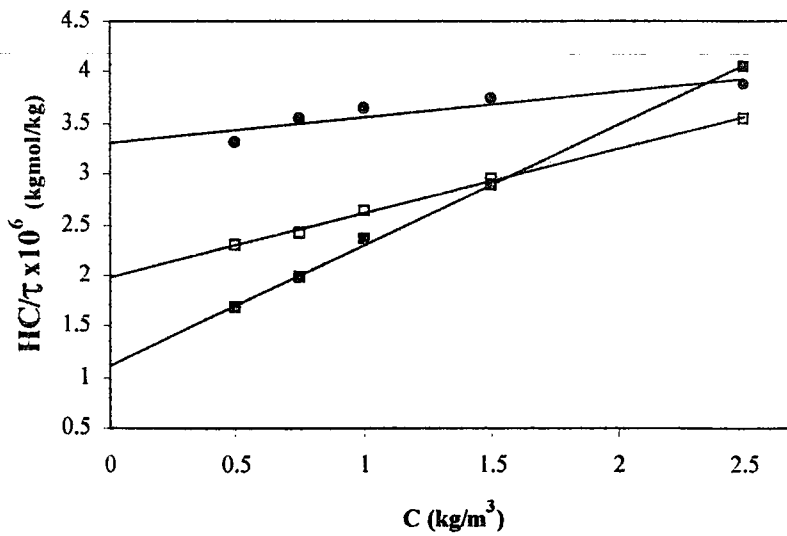
Şekil 4.4. Farklı ekstraksiyon koşullarında elde edilen selüloz kullanılarak hazırlanan selüloz çözeltileri için $(C, \log \eta_{sp}/C)$ grafiği (Martin eşitliği), (Süre(saat):●10 , □16 , ■ 22)

Tablo 4.4. İntrinsik Viskozite – Konsantrasyon İlişkisi için Eşitlikler

Ekstraksiyon koşulu	Araştırmacı	Genel eşitlik	η_i (m ³ /kg)	k [-]	r ²
% 10 NaOH 35 °C 10 Saat	Staudinger	$\eta_i = \lim_{c \rightarrow 0} (\eta_{sp}/c)$	0.0347	-	0.9808
	Martin	$\log (\eta_{sp}/c) = \log \eta_i + k \eta_i c$	0.0357	-2.406	0.9862
	Kraemer	$\ln \eta_r / c = \eta_i - k \eta_i^2 c$	0.0345	4.537	0.9746
	Huggins	$\eta_{sp}/c = \eta_i + k \eta_i^2 c$	0.0347	-4.318	0.9808
% 10 NaOH 35 °C 16 Saat	Staudinger	$\eta_i = \lim_{c \rightarrow 0} (\eta_{sp}/c)$	0.0535	-	0.9977
	Martin	$\log (\eta_{sp}/c) = \log \eta_i + k \eta_i c$	0.0578	-2.405	0.9978
	Kraemer	$\ln \eta_r / c = \eta_i - k \eta_i^2 c$	0.0533	4.048	0.9965
	Huggins	$\eta_{sp}/c = \eta_i + k \eta_i^2 c$	0.0535	-3.983	0.9977
% 10 NaOH 35 °C 22 Saat	Staudinger	$\eta_i = \lim_{c \rightarrow 0} (\eta_{sp}/c)$	0.0836	-	0.9712
	Martin	$\log (\eta_{sp}/c) = \log \eta_i + k \eta_i c$	0.0889	-1.388	0.9641
	Kraemer	$\ln \eta_r / c = \eta_i - k \eta_i^2 c$	0.0820	2.380	0.9796
	Huggins	$\eta_{sp}/c = \eta_i + k \eta_i^2 c$	0.0836	-2.304	0.9712

Sabit sıcaklık (35 °C) ve alkali konsantrasyonunda (% 10 NaOH), 10 ve 16 saatlik ekstraksiyon süresi sonunda elde edilen selüloz kullanılarak hazırlanan çözeltilerin intrinsik viskozitelerini belirlemede Martin eşitliğinin, 22 saatlik ekstraksiyon süresi için de Kraemer eşitliğinin en yüksek regresyon katsayısına sahip olduğu Tablo 4.4' de görülmektedir. Bu nedenle her ekstraksiyon koşulu için regresyon katsayılarının yüksek olduğu eşitlikler kullanılarak belirlenen intrinsik viskozite değerleri molekül ağırlığını belirlemek amacıyla kullanılmıştır. 10, 16 ve 22 saatlik ekstraksiyon koşullarında elde edilen selülozdan hazırlanan selüloz çözeltilerinin intrinsik viskozite değerleri sırasıyla 0.0357, 0.0578 ve 0.0820 m³/kg olarak bulunmuştur.

Farklı molekül ağırlığına sahip moleküller için, intrinsik viskozite ve molekül ağırlığı arasındaki ilişkinin bilinmesi gerekmektedir. Çözelti viskozitesindeki değişimin selüloz molekülündeki parçalanmayla ilgili olup olmadığının ve intrinsik viskozite-molekül ağırlığı ilişkisinin belirlenmesi amacıyla her ekstraksiyon koşulunda elde edilen selüloz örneklerinin molekül ağırlıkları saptanmıştır. Farklı ekstraksiyon koşullarında elde edilen selülozların molekül ağırlıkları eşitlik (3.11) gereğince C' ye karşı HC/τ ' nun grafiğe geçirilmesiyle elde edilen doğrunun kaymasının tersinin alınmasıyla bulunmuştur (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Selüloz çözeltilerinin molekül ağırlıklarının tayini için C-HC/τ grafiği
(Süre(saat):●10 , □16 , ■ 22)

τ ve H değerleri eşitlik 3.12 ve 3.16 yardımıyla bulunmuştur. Selülozda çok değişik zincir uzunluğunda moleküller vardır. Bu nedenle molekül ağırlığı ortalama esasına göre ifade edilir. Farklı ekstraksiyon koşullarında elde edilen selülozlardan farklı konsantrasyonlarda hazırlanan selüloz çözeltilerine ait ortalama molekül ağırlığının hesaplanmasında kullanılan deneysel veriler Tablo 4.5' de gösterilmiştir.

İntrinsik viskozite; makromoleküllerin akışı bozma yeteneği ile doğrudan, şekil ve boyutlarıyla dolaylı olarak ilgili bir özelliğidir ve bir molekül tarafından işgal edilen hacmin bir ölçüsüdür. Bir polimer çözeltisinin intrinsik viskozitesi polimer molekülünün viskoziteyi artırma kapasitesinin bir ölçüsüdür. Farklı molekül

Tablo 4.5. Ortalama Molekül Ağırlığını Hesaplamak İçin Gerekli Veriler

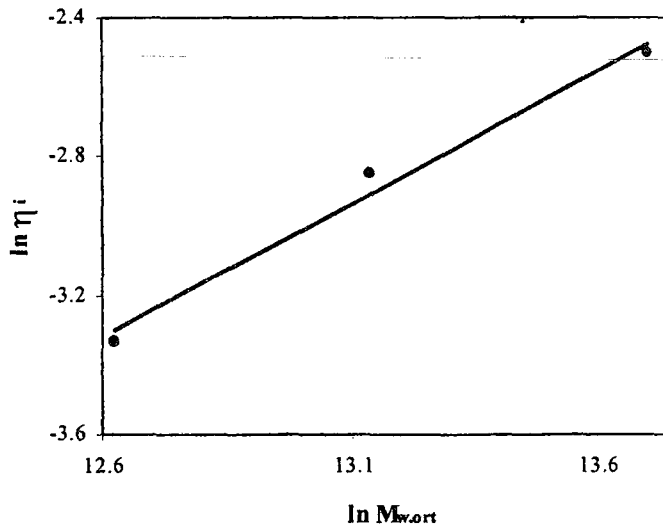
Ekstraksiyon koşulu	C (kg/m ³)	Kırılma indisi	Geçirgenlik %	Bulanıklık $\tau \times 10^2$ (m ⁻¹)	HC/ $\tau \times 10^6$ (kgmol/kg)	$M_{w,ort}$ (kg/kgmol)
% 10 NaOH 35 °C 10 Saat	0.50	1.4091	54	0.46	3.290	303200
	0.75	1.4103	43	0.57	3.538	
	1.00	1.4112	38	0.62	3.628	
	1.50	1.4128	30	0.7	3.733	
	2.50	1.4151	28	0.72	3.871	
% 10 NaOH 35 °C 16 Saat	0.50	1.4084	60	0.4	2.292	520400
	0.75	1.4095	45	0.55	2.419	
	1.00	1.4105	38	0.62	2.628	
	1.50	1.4122	30	0.7	2.941	
	2.50	1.4150	26	0.74	3.538	
% 10 NaOH 35 °C 22 Saat	0.50	1.4077	76	0.24	1.687	893500
	0.75	1.4086	67	0.33	1.974	
	1.00	1.4097	55	0.45	2.345	
	1.50	1.4118	38	0.62	2.894	
	2.50	1.4155	24	0.76	4.043	

ağırlığına sahip moleküller için intrinsik viskozite ve molekül ağırlığı arasındaki ilişki en önemli özelliklerden birisidir (Johnston ve Sourirajan, 1973; Fishman ve ark.,1991; Rao,1993). İntrinsik viskozite – molekül ağırlığı ilişkisini bulmak için eşitlik (3.18) gereğince $\ln M_{w,ort}$ ya karşılık $\ln \eta_i$ değerleri grafiğe alınmıştır (Şekil 4.6).

Eşitlik (3.18)'deki K ve a sabitleri Şekil 4.6' daki doğrunun eğim ve kaymasından sırasıyla $2.313 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$ ve 0.7665 olarak bulunmuştur. Buna göre intrinsik viskozite ile molekül ağırlığı arasındaki ilişki aşağıdaki şekildedir.

$$\eta_i = 2.313 \times 10^{-6} (M_{w,ort})^{0.7665}$$

K ve a sabitleri çözücünün cinsine, monomere, sıcaklığa ve polimerin konfigürasyonuna bağlı sabitlerdir (Feller ve Wilt,1990). Mark-Hauwink-Sakurada eşitliğindeki bu parametreler sadece % 37' lik HCl' de çözülen selüloz çözeltileri ve 20 °C sıcaklık için geçerlidir. Bu eşitlikteki K ve a sabitleri yardımıyla intrinsik viskoziteyi ölçerek selüloz örneklerinin ortalama molekül ağırlığını bulmak mümkündür.



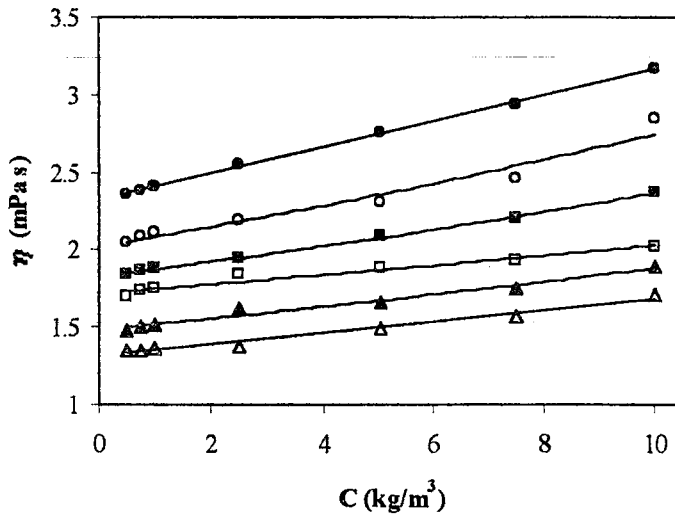
Şekil 4.6. Molekül ağırlığı-intrinsik viskozite ilişkisi

4.4. Selüloz Çözeltilerinin Viskozitesinin Sıcaklık ve Konsantrasyon ile Değişimi

Seyreltik organik çözeltiler (gerçek çözeltiler) Newtonian akış davranışı gösterirler (Kirk-Othmer, 1970). % 1 ve daha düşük konsantrasyonlardaki selüloz çözeltilerinin Newtonian karakterde olduğu ifade edilmiştir. Bu nedenle incelenen selüloz çözeltilerinin newtonian akış davranışı gösterdikleri varsayılmıştır.

Selüloz çözeltilerinin viskozitesi; molekül ağırlığı, polimerizasyon derecesi, çözücü gibi parametrelerden etkilenir. Viskozite ayrıca sıcaklık ve konsantrasyon ile de değişir. Optimum ekstraksiyon koşulunda (35 °C, % 10 alkali konsantrasyonu ve 22 saat) elde edilen selüloz kullanılarak hazırlanan 0.5, 0.75, 1.0, 2.5, 5.0, 7.5 ve 10 kg/m³ konsantrasyonlardaki selüloz çözeltilerinin viskozitesine sıcaklık ve konsantrasyonun etkisi Şekil 4.7' de gösterilmiştir.

Viskozite konsantrasyonla doğru, sıcaklıkla ters orantılıdır. Şekil 4.7' den görüldüğü gibi viskozite, yüksek konsantrasyonlarda sıcaklıktan daha fazla etkilenmiştir. Bir çözeltinin viskozitesi moleküller arası kuvvetlerin bir fonksiyonudur. Bu kuvvetler moleküller arasında oluşan hidrojen bağlarının



Şekil 4.7. Selüloz çözeltilerinin viskozitesine sıcaklık ve konsantrasyonun etkisi
(Sıcaklık (°C): • 10, ○ 20, ■ 30, □ 40, ▲ 50, △ 60)

kuvvetine, moleküller arasındaki boşluğa bağlıdır ve konsantrasyon ile sıcaklıktaki değişimden etkilenirler. Katı konsantrasyonundaki artış hidroksil gruplar ile hidrojen bağlarının, dolayısıyla viskozitenin artmasına neden olur. Çözeltinin sıcaklığı artırıldığında, moleküllerin termal enerjisi ve ısı genleşme nedeniyle moleküller arası uzaklık arttığından dolayı, viskozite azalır (Bayındırlı ve Özsan, 1992; Abramovic ve Klofutar, 1998).

Sıvıların viskozitesine sıcaklığın etkisi Arrhenius ve Andrade eşitlikleri ile ifade edilir (Rao ve ark., 1984 ;Constella ve ark., 1989; Abramovic ve Klofutar, 1998).

$$\eta = \eta_0 \exp(E_a/RT) \quad (4.1)$$

$$\ln \eta = A + B/T + C/T^2 \quad (4.2)$$

$$\ln \eta = A + B/T + CT \quad (4.3)$$

$$\log \eta = A/T - B \quad (4.4)$$

$$\eta = A - B \log T \quad (4.5)$$

Burada η =viskozite (mPas), η_0 =sabit (mPas), E_a =Akış aktivasyon enerjisi (kJ/mol), R = gaz sabiti (kJ/molK), T =mutlak sıcaklık (K), A, B, C sabitlerdir.

Sabit sıcaklıkta sıvıların viskozitesine konsantrasyonun etkisi iki tip eşitlik ile temsil edilir (Rao ve ark., 1984; Ibarz ve ark., 1987). Power tip eşitlikte konsantrasyon ile viskozite aşağıdaki şekilde değişmektedir.

$$\eta = K_1(C)^{A_1} \quad (4.6)$$

Eksponansiyel tip eşitlikte ise konsantrasyon ile viskozite aşağıdaki şekilde değişmektedir.

$$\eta = K_2 \exp(A_2 C) \quad (4.7)$$

Burada $K_1 = \text{sabit (mPas(kg/m}^3\text{)}^{-A_1})$, $K_2 = \text{sabit (mPas)}$, $A_1 = \text{sabit [-]}$, $A_2 = \text{sabit (kg/m}^3\text{)}^{-1}$, $C = \text{Konsantrasyon (kg/m}^3\text{) olur.}$

Eşitlik (4.1)' deki E_a , η_o ve eşitlik(4.2-5)' deki A , B , C sabitlerinin konsantrasyon ile ilişkileri üs ve üstel olarak aşağıdaki eşitlikler ile verilir.

$$\eta_o = K_3(C)^{A_3} \quad (4.8)$$

$$\eta_o = K_4 \exp(A_4 C) \quad (4.9)$$

$$E_a = K_5(C)^{A_5} \quad (4.10)$$

$$E_a = K_6 \exp(A_6 C) \quad (4.11)$$

$$A = K_7(C)^{A_7} \quad (4.12)$$

$$A = K_8 \exp(A_8 C) \quad (4.13)$$

$$B = K_9(C)^{A_9} \quad (4.14)$$

$$B = K_{10} \exp(A_{10} C) \quad (4.15)$$

$$C = K_{11}(C)^{A_{11}} \quad (4.16)$$

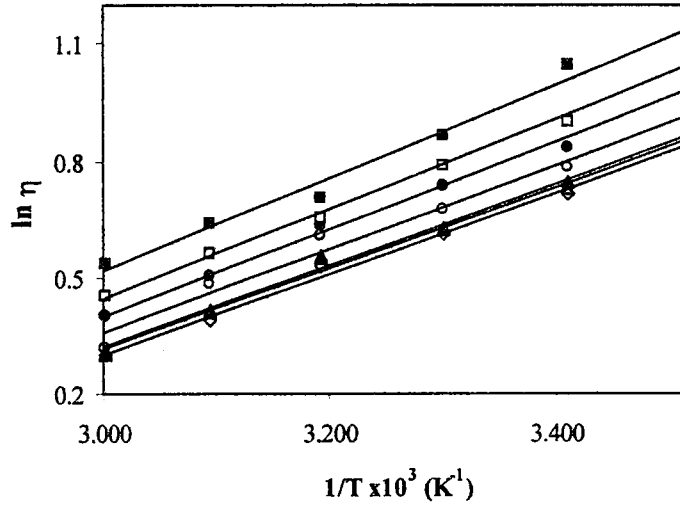
$$C = K_{12} \exp(A_{12} C) \quad (4.17)$$

Arrhenius eşitliğinin logaritmik şekli aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\ln \eta = \ln \eta_o + E_a/RT \quad (4.18)$$

K_{3-12} ve A_{3-12} sabitleri ve birimleri Tablo 4.7' de verilmiştir.

Akış aktivasyon enerjilerini bulmak için Arrhenius eşitliğinin logaritmik şekli olan eşitlik(4.18)' e göre $1/T$ ye karşı belli bir konsantrasyondaki deneysel viskozite değerleri grafiğe geçirilmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Arrhenius grafiği (Selüloz kons. (kg/m³): ♦ 0.5, △ 0.75, ▲ 1 , ○ 2.5, ● 5, □ 7.5, ■ 10)

Eşitlik (4.18)'deki E_a ve η_0 Şekil (4.8)' nin eğim ve kaymasından hesaplandı. Bu sabitlerin değerleri Tablo 4.6' da verilmiştir.

Tablo 4. 6. Farklı Konsantrasyonlardaki Selüloz Çözeltilerinin Arrhenius Model Parametreleri

C (kg/m ³)	E_a (kJ/mol)	$\eta_0 \times 10^3$ (mPa s)	r^2
0.50	8.643	60.7	0.9951
0.75	8.647	60.5	0.9923
1.00	9.183	58.8	0.9929
2.50	9.193	55.5	0.9825
5.00	9.423	51.7	0.9945
7.50	9.610	48.5	0.9964
10.00	10.022	44.9	0.9874

Akış aktivasyon enerjisi konsantrasyon artışı ile artmıştır. Yüksek konsantrasyonlarda moleküller arası mesafe azalacağından dolayı, moleküller içinden akacakları daha fazla boşluğa ihtiyaç duyarlar, dolayısıyla aktivasyon enerjisi artar (Rao ve ark., 1984).

Selüloz çözeltilerinin viskozitesine konsantrasyon ve sıcaklığın birlikte etkisini ifade etmek için, viskozite-sıcaklık ve viskozite-konsantrasyon ilişkilerini veren (4.1-4.5) ve (4.8-4.17) eşitliklerinin birleştirilmesiyle 28 farklı eşitlik türetildi. Eşitlik (4.1)' deki E_a ve η_0 yerine eşitlik (4.8-11)' de verilen eşitlikler yazılarak 4 eşitlik, Eşitlik (4.2) ve (4.3)' deki A,B,C sabitleri yerine, bu sabitleri konsantrasyona bağlayan eşitlikler (4.12-17) kullanılarak 16 eşitlik, eşitlik (4.4)ve (4.5)' deki A ve B sabitleri yerine eşitlik (4.12-4.15)' de verilen eşitlikler yazılarak 8 eşitlik olmak üzere toplam 28 farklı teorik model türetildi. Farklı sıcaklık ve konsantrasyonlardaki viskozite değerleri çoklu lineer regresyon ile bu eşitliklere uydurularak ve STATISTICA for Windows programı kullanılarak bu eşitlikler ile tarif edilen teorik modellerin parametrelerinin değerleri belirlendi. RMSE , MBE, MPE, χ^2 , EF ve regresyon katsayıları gibi istatistiksel testler kullanılarak model eşitliklerinin güvenilirliği araştırıldı . Sonuçlar Tablo 4.7' de verilmiştir.

Eşitlik (4.1) ve (4.2)' den türetilen teorik model eşitliklerin, hem regresyon katsayıları hem de yapılan istatistik test sonuçları bakımından , eşitlik (4.3-5)' den türetilen model eşitliklerden daha kullanılabilir oldukları Tablo 4.7' den görülmektedir. Ancak bu eşitlikler kendi aralarında mukayese edildiği zaman model 6 en düşük Khi-kare (χ^2) ve hata (RMSE, MPE, MBE) değerlerinin yanı sıra, en yüksek modelleme yeteneği (EF) ve regresyon katsayısı değerine sahip olduğu için. konsantrasyon ve sıcaklığın proses sırasında değiştiği selüloz üretiminin çeşitli aşamalarında ve selülozun kullanıldığı çeşitli alanlarda incelenen sıcaklık ve konsantrasyon aralığında selüloz viskozitesini tahmin etmek için kullanılabilir. Selülozun viskozitesi üzerine sıcaklık ve konsantrasyonun etkisi en iyi 4.2, 4.12, 4.14 ve 4.17 nolu eşitliklerin birleştirilmesi ile elde edilen eşitlik ile modellenebilir (Şekil 4.9).

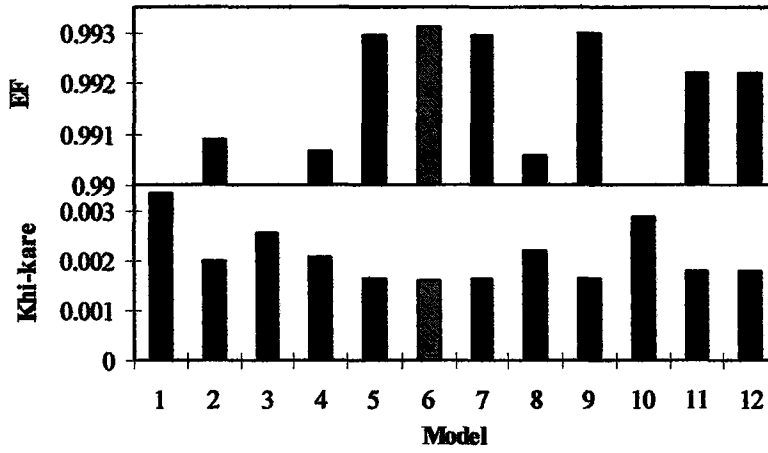
Tablo 4.7. Seltüloz Çözeltilerinin Viskozitesine Konsantrasyon ve Sıcaklığın Birlikte Etkisi

<u>Model 1:</u> $\eta = K_3 C^{A_3} \exp(K_5 C^{A_5}/RT)$ $\eta_0 = f(C): \dot{U}s$ $E_a = f(C): \dot{U}s$ $K_3 = 0.076731 \text{ mPas}(\text{kg/m}^3)^{A_3}$ $A_3 = -0.355620 [-]$ $K_5 = 8057.135 \text{ (J/mol)} (\text{kg/m}^3)^{A_5}$
$A_3 = 0.122098 [-]$ RMSE=0.021184 MBE=0.000231 MPE=-0.13058 $\chi^2 = 0.003358$ EF=0.9846 r=0.9923
<u>Model 2:</u> $\eta = K_3 C^{A_3} \exp(K_6 \exp(A_6 C)/RT)$ $\eta_0 = f(C): \dot{U}s$ $E_a = f(C): \dot{U}stet$ $K_3 = 0.052676 \text{ mPas}(\text{kg/m}^3)^{A_3}$ $A_3 = -0.001369 [-]$ $K_6 = 8941.115 \text{ (J/mol)}$
$A_6 = 0.007371 (\text{kg/m}^3)^{-1}$ RMSE=0.005546 MBE=-0.00037 MPE=-0.02405 $\chi^2 = 0.003358$ EF=0.9909 r=0.9954
<u>Model 3:</u> $\eta = K_4 \exp(A_4 C) \exp(K_5 C^{A_5}/RT)$ $\eta_0 = f(C): \dot{U}stet$ $E_a = f(C): \dot{U}s$ $K_4 = 0.050256 \text{ mPas}$ $A_4 = 0.024691 (\text{kg/m}^3)^{-1}$ $K_5 = 9063.522 \text{ (J/mol)} (\text{kg/m}^3)^{A_5}$
$A_5 = 0.0.002046 [-]$ RMSE=0.004297 MBE=0.001012 MPE=-0.09872 $\chi^2 = 0.002546$ EF=0.988416 r=0.9942
<u>Model 4:</u> $\eta = K_4 \exp(A_4 C) \exp(K_6 \exp(A_6 C)/RT)$ $\eta_0 = f(C): \dot{U}stet$ $E_a = f(C): \dot{U}stet$ $K_4 = 0.071445 \text{ mPas}$ $A_4 = -0.066924 (\text{kg/m}^3)^{-1}$ $K_6 = 8215.583 \text{ (J/mol)}$
$A_6 = 0.025016 (\text{kg/m}^3)^{-1}$ RMSE=0.009563 MBE=-0.0003 MPE=-0.005046 $\chi^2 = 0.00205$ EF=0.990654 r=0.9953
<u>Model 5:</u> $\ln \eta = K_7 C^{A_7} + K_9 C^{A_9}/T + K_{11} C^{A_{11}}/T^2$ $A = f(C): \dot{U}s$ $B = f(C): \dot{U}s$ $C = f(C): \dot{U}s$ $K_7 = -1.11839 (\text{kg/m}^3)^{A_7}$ $A_7 = -0.025601 [-]$ $K_9 = 0.17756 \text{ K}(\text{kg/m}^3)^{A_9}$
$A_9 = 2.374449 [-]$ $K_{11} = 160866 \text{ K}^2 (\text{kg/m}^3)^{A_{11}}$ $A_{11} = -0.039167 [-]$ RMSE=0.002927 MBE=-0.00026 MPE=-0.01859 $\chi^2 = 0.001637$ EF=0.992933 r=0.9961
<u>Model 6:</u> $\ln \eta = K_7 C^{A_7} + K_9 C^{A_9}/T + K_{12} \exp(A_{12} C)/T^2$ $A = f(C): \dot{U}s$ $B = f(C): \dot{U}s$ $C = f(C): \dot{U}stet$ $K_7 = -2.799607 (\text{kg/m}^3)^{A_7}$ $A_7 = 0.018556 [-]$ $K_9 = 10130.119 \text{ K}(\text{kg/m}^3)^{A_9}$
$A_9 = 0.025036 [-]$ $K_{12} = 2654.188 \text{ K}^2$ $A_{12} = 0.189627 (\text{kg/m}^3)^{-1}$ RMSE=0.005531 MBE=-0.00036 MPE=-0.01709 $\chi^2 = 0.001597$ EF=0.993104 r=0.9964
<u>Model 7:</u> $\ln \eta = K_7 C^{A_7} + K_{10} \exp(A_{10} C)/T + K_{11} C^{A_{11}}/T^3$ $A = f(C): \dot{U}s$ $B = f(C): \dot{U}stet$ $C = f(C): \dot{U}s$ $K_7 = 0.076731 (\text{kg/m}^3)^{A_7}$ $A_7 = -0.355620 [-]$ $K_{10} = 8057.135 \text{ K}$
$A_{10} = -0.355620 (\text{kg/m}^3)^{-1}$ $K_{11} = 8057.135 \text{ K}^2 (\text{kg/m}^3)^{A_{11}}$ $A_{11} = -0.355620 [-]$ RMSE=0.006452 MBE=-0.00036 MPE=-0.02097 $\chi^2 = 0.001633$ EF=0.99295 r=0.9963
<u>Model 8:</u> $\ln \eta = K_7 C^{A_7} + K_{10} \exp(A_{10} C)/T + K_{12} \exp(A_{12} C)/T^2$ $A = f(C): \dot{U}s$ $B = f(C): \dot{U}stet$ $C = f(C): \dot{U}stet$ $K_7 = -2.91577 (\text{kg/m}^3)^{A_7}$ $A_7 = -0.000403 [-]$ $K_{10} = 1068.279 \text{ K}$
$A_{10} = 0.006981 (\text{kg/m}^3)^{-1}$ $K_{12} = 6.443368 \text{ K}^2$ $A_{12} = -4.82281 (\text{kg/m}^3)^{-1}$ RMSE=0.005892 MBE=-0.00068 MPE=-0.02097 $\chi^2 = 0.002182$ EF=0.99058 r=0.9956
<u>Model 9:</u> $\ln \eta = K_8 \exp(A_8 C) + K_9 C^{A_9}/T + K_{11} C^{A_{11}}/T^2$ $A = f(C): \dot{U}stet$ $B = f(C): \dot{U}s$ $C = f(C): \dot{U}s$ $K_8 = -2.81916 [-]$ $A_8 = 0.003166 (\text{kg/m}^3)^{-1}$ $K_9 = 1049.787 \text{ K}(\text{kg/m}^3)^{A_9}$
$A_9 = 0.012397 [-]$ $K_{11} = 294.6172 \text{ K}^2 (\text{kg/m}^3)^{A_{11}}$ $A_{11} = 1.835890 [-]$ RMSE=0.005786 MBE=-0.00037 MPE=-0.01735 $\chi^2 = 0.001628$ EF=0.992972 r=0.9964
<u>Model 10:</u> $\ln \eta = K_8 \exp(A_8 C) + K_9 C^{A_9}/T + K_{12} \exp(A_{12} C)/T^3$ $A = f(C): \dot{U}stet$ $B = f(C): \dot{U}s$ $C = f(C): \dot{U}stet$ $K_8 = -3.00819 A_8 = -0.00815 (\text{kg/m}^3)^{-1}$ $K_9 = 1096.66 \text{ K}(\text{kg/m}^3)^{A_9}$
$A_9 = 0.001664 [-]$ $K_{12} = 36.06507 \text{ K}^2$ $A_{12} = -7.03621 (\text{kg/m}^3)^{-1}$ RMSE=0.005786 MBE=-0.00037 MPE=-0.01735 $\chi^2 = 0.001628$ EF=0.992972 r=0.9964

<u>Model11:</u> $\ln\eta = K_8 \exp(A_8 C) + K_{10} \exp(A_{10} C) / T + K_{11} C^{A_{11}} / T^2$ $A = f(C)$: $\dot{U}_{\text{stel}} B = f(C)$: $\dot{U}_{\text{stel}} C = f(C)$: $\dot{U}_s K_8 = -2.79445 [-]$ $A_8 = 0.10453 (\text{kg/m}^3)^{-1}$ $K_{10} = 1031.366 \text{ K}$ $A_{10} = 0.015375 (\text{kg/m}^3)^{-1}$ $K_{11} = 121.5429 \text{ K}^2 (\text{kg/m}^3)^{A_{11}}$ $A_{11} = 0.563581$ $\text{RMSE} = 0.007002$ $\text{MBE} = -0.00042$ $\text{MPE} = -0.01912$ $\chi^2 = 0.001805$ $\text{EF} = -0.992206$ $r = 0.99597$
<u>Model12:</u> $\ln\eta = K_8 \exp(A_8 C) + K_{10} \exp(A_{10} C) / T + K_{12} \exp(A_{12} C) / T^2$ $A = f(C)$: $\dot{U}_{\text{stel}} B = f(C)$: $\dot{U}_{\text{stel}} C = f(C)$: $\dot{U}_s K_8 = -2.79641 A_8 = 0.10492 (\text{kg/m}^3)^{-1}$ $K_{10} = 1032.271 \text{ K}$ $A_{10} = 0.015503 (\text{kg/m}^3)^{-1}$ $K_{12} = -12.6819 (\text{kg/m}^3)^{-1}$ $\text{RMSE} = 0.006968$ $\text{MBE} = -0.00042$ $\text{MPE} = -0.01915$ $\chi^2 = 0.001805$ $\text{EF} = 0.992189$ $r = 0.99596$
<u>Model13:</u> $\ln\eta = K_7 C^{A_7} + K_9 C^{A_9} / T + K_{11} C^{A_{11}} / T$ $A = f(C)$: $\dot{U}_s B = f(C)$: $\dot{U}_s C = f(C)$: $\dot{U}_s K_7 = -65.0739 (\text{kg/m}^3)^{A_7}$ $A_7 = -0.559531 [-]$ $K_9 = 10714.71 \text{ K} (\text{kg/m}^3)^{A_9}$ $A_9 = -0.48862 [-]$ $K_{11} = -0.1 \text{ K}^{-1} (\text{kg/m}^3)^{A_{11}}$ $A_{11} = -0.624085 [-]$ $\text{RMSE} = 0.032272$ $\text{MBE} = 0.002768$ $\text{MPE} = -0.05227$ $\chi^2 = 0.069389$ $\text{EF} = 0.700434$ $r = 0.85728$
<u>Model14:</u> $\ln\eta = K_7 C^{A_7} + K_9 C^{A_9} / T + K_{12} \exp(A_{12} C) / T$ $A = f(C)$: $\dot{U}_s B = f(C)$: $\dot{U}_{\text{stel}} C = f(C)$: $\dot{U}_s K_7 = -0.729085 (\text{kg/m}^3)^{A_7}$ $A_7 = -2.16055 [-]$ $K_9 = 128.5243 \text{ K} (\text{kg/m}^3)^{A_9}$ $A_9 = -0.290416 [-]$ $K_{12} = -0.059905 \text{ K}^{-1}$ $A_{12} = -3.61843 (\text{kg/m}^3)^{-1}$ $\text{RMSE} = 0.065273$ $\text{MBE} = -0.01808$ $\text{MPE} = 1.80792$ $\chi^2 = 0.110905$ $\text{EF} = 0.521203$ $r = 0.73$
<u>Model15:</u> $\ln\eta = K_7 C^{A_7} + K_{10} \exp(A_{10} C) / T + K_{11} C^{A_{11}} / T$ $A = f(C)$: $\dot{U}_s B = f(C)$: $\dot{U}_{\text{stel}} C = f(C)$: $\dot{U}_s K_7 = -65.5434 (\text{kg/m}^3)^{A_7}$ $A_7 = -0.013561 [-]$ $K_{10} = 10558.32 \text{ K}$ $A_{10} = 0.00547 (\text{kg/m}^3)^{-1}$ $K_{11} = -0.102989 \text{ K}^{-1} (\text{kg/m}^3)^{A_{11}}$ $A_{11} = -0.027686$ $\text{RMSE} = 0.003313$ $\text{MBE} = 0.005115$ $\text{MPE} = -0.05695$ $\chi^2 = 0.048984$ $\text{EF} = 0.788528$ $r = 0.89699$
<u>Model16:</u> $\ln\eta = K_7 C^{A_7} + K_{10} \exp(A_{10} C) / T + K_{12} \exp(A_{12} C) / T$ $A = f(C)$: $\dot{U}_s B = f(C)$: $\dot{U}_{\text{stel}} C = f(C)$: $\dot{U}_s K_7 = -4.236101 (\text{kg/m}^3)^{A_7}$ $A_7 = 0.001947 [-]$ $K_{10} = 540.653 \text{ K}$ $A_{10} = -66.4586 (\text{kg/m}^3)^{-1}$ $K_{12} = -0.011918 \text{ K}^{-1}$ $A_{12} = -0.006360 (\text{kg/m}^3)^{-1}$ $\text{RMSE} = 0.004461$ $\text{MBE} = -0.00162$ $\text{MPE} = -0.03473$ $\chi^2 = 0.004475$ $\text{EF} = 0.980682$ $r = 0.99265$
<u>Model17:</u> $\ln\eta = K_8 \exp(A_8 C) + K_9 C^{A_9} / T + K_{11} C^{A_{11}} / T$ $A = f(C)$: $\dot{U}_{\text{stel}} B = f(C)$: $\dot{U}_s C = f(C)$: $\dot{U}_s K_8 = -10.2260 [-]$ $A_8 = -10.4319 (\text{kg/m}^3)^{-1}$ $K_9 = 115.9016 \text{ K} (\text{kg/m}^3)^{A_9}$ $A_9 = -0.327326 [-]$ $K_{11} = 0.000598 \text{ K}^{-1} (\text{kg/m}^3)^{A_{11}}$ $A_{11} = -0.805521 [-]$ $\text{RMSE} = 0.114543$ $\text{MBE} = -0.04582$ $\text{MPE} = -1.11639$ $\chi^2 = 0.341248$ $\text{EF} = 0.152588$ $r = 0.57239$
<u>Model18:</u> $\ln\eta = K_8 \exp(A_8 C) + K_9 C^{A_9} / T + K_{12} \exp(A_{12} C) / T$ $A = f(C)$: $\dot{U}_{\text{stel}} B = f(C)$: $\dot{U}_s C = f(C)$: $\dot{U}_{\text{stel}} K_8 = 3.76368 A_8 = -0.058155 (\text{kg/m}^3)^{-1}$ $K_9 = 70.6174 \text{ K} (\text{kg/m}^3)^{A_9}$ $A_9 = 0.754124 [-]$ $K_{12} = -0.010593 \text{ K}^{-1}$ $A_{12} = -0.023247 (\text{kg/m}^3)^{-1}$ $\text{RMSE} = 0.09191$ $\text{MBE} = -0.00069$ $\text{MPE} = -0.01968$ $\chi^2 = 0.002059$ $\text{EF} = 0.991111$ $r = 0.99592$
<u>Model19:</u> $\ln\eta = K_8 \exp(A_8 C) + K_{10} \exp(A_{10} C) / T + K_{11} C^{A_{11}} / T$ $A = f(C)$: $\dot{U}_{\text{stel}} B = f(C)$: $\dot{U}_s C = f(C)$: $\dot{U}_s K_8 = 1.072311 [-]$ $A_8 = -0.046217 (\text{kg/m}^3)^{-1}$ $K_{10} = 450.5706 \text{ K}$ $A_{10} = 0.031384 (\text{kg/m}^3)^{-1}$ $K_{11} = -0.006313 \text{ K}^{-1} (\text{kg/m}^3)^{A_{11}}$ $A_{11} = -0.019270 [-]$ $\text{RMSE} = 0.005912$ $\text{MBE} = -0.0066$ $\text{MPE} = -0.01939$ $\chi^2 = 0.001964$ $\text{EF} = 0.99152$ $r = 0.99608$
<u>Model20:</u> $\ln\eta = K_8 \exp(A_8 C) + K_{10} \exp(A_{10} C) / T + K_{12} \exp(A_{12} C) / T$ $A = f(C)$: $\dot{U}_{\text{stel}} B = f(C)$: $\dot{U}_{\text{stel}} C = f(C)$: $\dot{U}_{\text{stel}} K_8 = 3.9400973 A_8 = 0.018432 (\text{kg/m}^3)^{-1}$ $K_{10} = 1.04985 \text{ K}$ $A_{10} = -32.4659 (\text{kg/m}^3)^{-1}$ $K_{12} = -0.10957 \text{ K}^{-1}$ $A_{12} = 0.014926 (\text{kg/m}^3)^{-1}$ $\text{RMSE} = 0.009576$ $\text{MBE} = -0.0083$ $\text{MPE} = -0.02332$ $\chi^2 = 0.002501$ $\text{EF} = 0.989201$ $r = 0.99551$

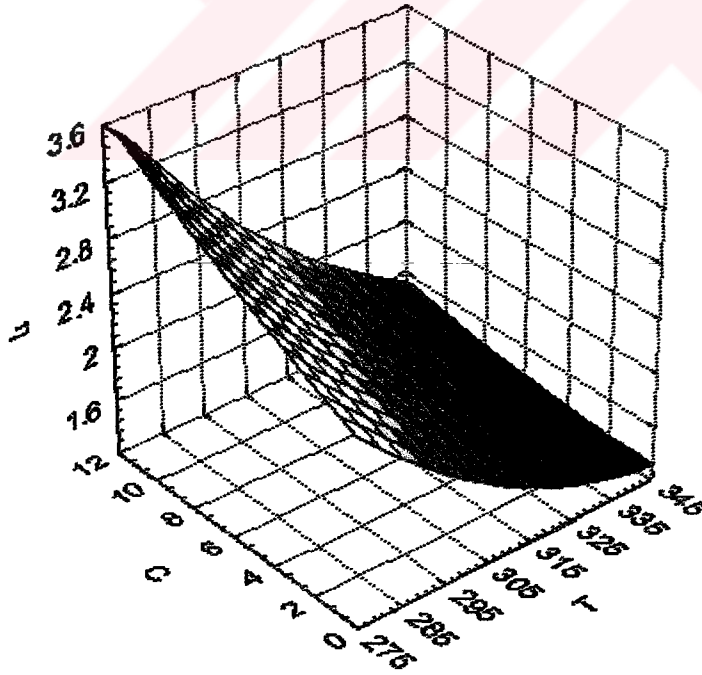
<u>Model21:</u>	$\log \eta = K_7 C^{A_7} / T - K_9 C^{A_9}$	$A = f(C): \ddot{U}s$	$B = f(C): \ddot{U}s$	$K_7 = 450.1556 \text{ K}(\text{kg/m}^3)^{A_7}$	$A_7 = 0.064510 [-]$	$K_9 = 1.207493 (\text{kg/m}^3)^{A_9}$	$A_9 = 0.052755 [-]$
	RMSE=0.021316	MBE=-0.00115	MPE=-0.04923	$\chi^2=0.005387$	EF=0.975451	r=0.98906	
<u>Model22:</u>	$\log \eta = K_7 C^{A_7} / T - K_{10} \exp(A_{10} C)$	$A = f(C): \ddot{U}s$	$B = f(C): \ddot{U}stel$	$K_7 = 78.45376 \text{ K}(\text{kg/m}^3)^{A_7}$	$A_7 = 0.129111 [-]$	$K_{10} = -0.079965$	$A_{10} = -3.649932 (\text{kg/m}^3)^{-1}$
	RMSE=0.096295	MBE=-0.02154	MPE=-2.25707	$\chi^2=0.124844$	EF=0.431082	r=0.65588	
<u>Model23:</u>	$\log \eta = K_8 \exp(A_8 C) / T - K_9 C^{A_9}$	$A = f(C): \ddot{U}s$	$B = f(C): \ddot{U}s$	$K_8 = 463.9447 \text{ K}$	$A_8 = 0.006982 (\text{kg/m}^3)^{-1}$	$K_9 = 1.266301 (\text{kg/m}^3)^{A_9}$	$A_9 = -0.000401 [-]$
	RMSE=0.005891	MBE=-0.00068	MPE=-0.002097	$\chi^2=0.002068$	EF=0.990558	r=0.99557	
<u>Model24:</u>	$\log \eta = K_8 \exp(A_8 C) / T - K_{10} \exp(A_{10} C)$	$A = f(C): \ddot{U}stel$	$B = f(C): \ddot{U}stel$	$K_8 = 448.3102 \text{ K}$	$A_8 = -0.015503 (\text{kg/m}^3)^{-1}$	$K_{10} = 1.214470$	$A_{10} = 0.010492 (\text{kg/m}^3)^{-1}$
	RMSE=0.006969	MBE=-0.00042	MPE=-0.01914	$\chi^2=0.001714$	EF=0.992189	r=0.99596	
<u>Model25:</u>	$\eta = K_7 C^{A_7} - K_9 C^{A_9} \log T$	$A = f(C): \ddot{U}s$	$B = f(C): \ddot{U}s$	$K_7 = 38.62725 (\text{kg/m}^3)^{A_7}$	$A_7 = 0.117354 [-]$	$K_9 = 14.78417 (\text{kg/m}^3)^{A_9}$	$A_9 = 0.119098 [-]$
	RMSE=0.031114	MBE=-0.0003	MPE=-0.03469	$\chi^2=0.008827$	EF=0.959774	r=0.97968	
<u>Model26:</u>	$\eta = K_7 C^{A_7} - K_{10} \exp(A_{10} C) \log T$	$A = f(C): \ddot{U}s$	$B = f(C): \ddot{U}stel$	$K_7 = 42.79103 (\text{kg/m}^3)^{A_7}$	$A_7 = -0.000797 [-]$	$K_{10} = -16.49081 [-]$	$A_{10} = -0.001562 (\text{kg/m}^3)^{-1}$
	RMSE=0.011357	MBE=-0.00128	MPE=0.074121	$\chi^2=0.008944$	EF=0.959237	r=0.97941	
<u>Model27:</u>	$\eta = K_8 \exp(A_8 C) - K_9 C^{A_9} \log T$	$A = f(C): \ddot{U}stel$	$B = f(C): \ddot{U}s$	$K_8 = 41.98693 [-]$	$A_8 = 0.001168 (\text{kg/m}^3)^{-1}$	$K_9 = 16.15891 (\text{kg/m}^3)^{A_9}$	$A_9 = -0.000142 [-]$
	RMSE=0.005866	MBE=-0.00296	MPE=-0.057846	$\chi^2=0.00874$	EF=0.960173	r=0.97988	
<u>Model28:</u>	$\eta = K_8 \exp(A_8 C) - K_{10} \exp(A_{10} C) \log T$	$A = f(C): \ddot{U}stel$	$B = f(C): \ddot{U}stel$	$K_8 = 36.18997$	$A_8 = -0.41134 (\text{kg/m}^3)^{-1}$	$K_{10} = 1338019 [-]$	$A_{10} = 0.041848 (\text{kg/m}^3)^{-1}$
	RMSE=0.020188	MBE=0.0000232	MPE=-0.00339	$\chi^2=0.004378$	EF=0.980049	r=0.98977	

[-]: Boyutsuz η : [mPas] T : [K] C : [kg/m³]

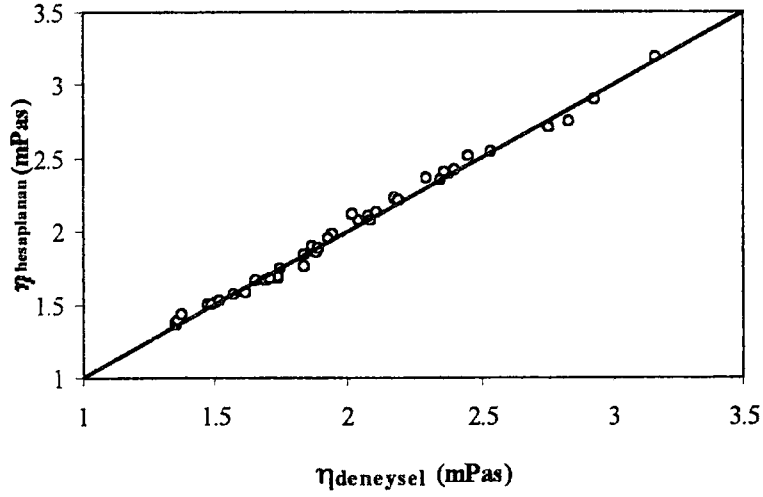


Şekil 4.9. Modellerin Khi-kare ve EF değerleri

Model 6 kullanılarak hesaplanan selülozun viskozite değerlerinin sıcaklık ve konsantrasyon ile değişimi Şekil 4.10'da, deneysel viskozite değerleriyle hesaplanan viskozite değerleri arasındaki ilişki Şekil 4.11' de verilmiştir.



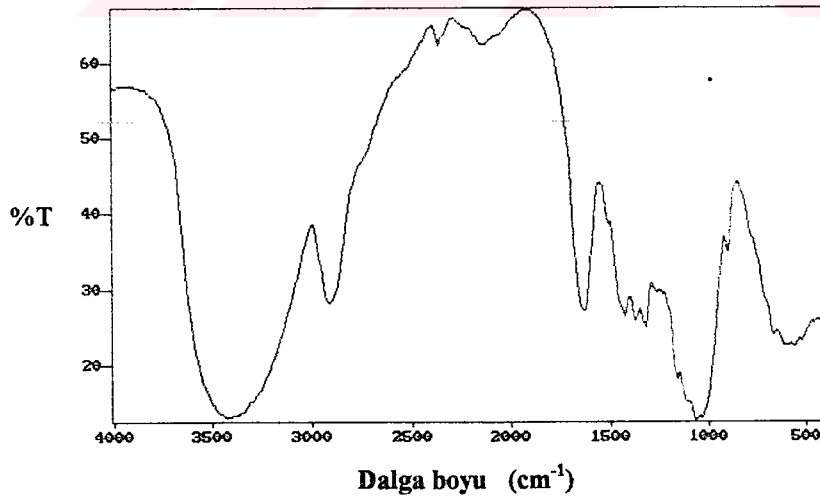
Şekil 4.10. Model 6 kullanılarak hesaplanan selülozun viskozite değerlerinin sıcaklık ve konsantrasyon ile değişimi ($T:K$, $C:kg/m^3$, $\eta:mPas$)



Şekil 4.11. Deneyel viskozite değerlerinin model 6 kullanılarak hesaplanan viskozite değerleri ile karşılaştırılması

4.5. Selülozun İnfrared Spektrumu

22 saat, 35°C ve % 10 NaOH alkali konsantrasyonu ekstraksiyon koşullarında elde edilen selülozun infrared spektrumu Şekil 4.12' de verilmiştir.



Şekil 4.12. Selülozun infrared spektrumu

Şekil 4.12' den görüldüğü gibi, 900 cm^{-1} ' deki absorpsiyon bandı β -glikozidik bağlarını göstermektedir. 1064 cm^{-1} ' deki belirgin band titreşimi ve C-OH bağlarını göstermektedir. 1160 cm^{-1} ' deki band C-O ve C-O-C gerilimlerinden ileri gelmektedir. 1150 cm^{-1} ' de belirgin keskin band C-O-C gerilme titreşimini göstermektedir. 1280 cm^{-1} ' de çok zayıf C-O gerime titreşimi bandı bulunmaktadır. 1390 cm^{-1} ' de C-H eğilme titreşimi bandı vardır. 1410 cm^{-1} civarındaki band düzlem içi C-O-H eğilme titreşimi bandıdır. $3300\text{-}3500\text{ cm}^{-1}$ ' deki çözünmemiş geniş band molekül içi hidrojen bağlı O-H gerilme titreşimi bandıdır ve selüloz moleküllerinde çok miktarda -OH gruplarının varlığını göstermektedir. 2900 cm^{-1} ' deki çözünmemiş band tersiyer C-H asimetrik ve simetrik gerilme titreşimi bandıdır. 1625 cm^{-1} ' deki band hidroksil grubuna komşu -O- gerilme titreşimi bandıdır.

4.6. Karboksimetil Selüloz Üretimi Prosesinde Sübstitüsyon Derecesi

Hidroksil gruplarının dönüşüm derecesi olarak da adlandırılan sübstitüsyon derecesi sıcaklık, reaksiyon süresi ve monoklorasetik asit konsantrasyonu ile kontrol edilir. Karboksimetil selülozun sübstitüsyon derecesine (DS) reaksiyon sıcaklığı, süre, selüloz/monoklorasetik asit Na tuzu oranı, alkali konsantrasyonu ve çözücünün etkilerinin incelendiği deneylerde, reaksiyon bu parametrelerin her birindeki değişim ile sübstitüsyon derecesine göre optimize edildi. Sonuçlar Tablo 4.8' de verilmiştir.

Önce sübstitüsyon derecesine çözücülerin etkisi incelendi. Çözücü olarak; su, etil alkol, izopropil alkol, izobütil alkol kullanıldı. Maksimum sübstitüsyon derecesi (0.4320), çözücü ortam olarak izobütil alkolun kullanıldığı deneylerde elde edildiği için daha sonraki deneylerde çözücü ortam olarak izobütil alkol kullanıldı. Karboksimetilasyon reaksiyonunda çözücünün rolü, selüloz zincirinin reaksiyon merkezlerine eterleştirme ajanlarının ulaşmasını sağlamaktır (Savage ve ark., 1954). Çözücülerdeki değişim ile sübstitüsyon derecesindeki değişime kullanılan çözücülerin polarlıkları göz önüne alınarak açıklanabilir. İzobütilalkol,

izopropil alkol, etil alkol ve suyun polarlık indeksi sırasıyla 3.9, 4.3, 5.2 ve 9 dur. Kullanılan çözücünün polaritesinin azalması ile reaksiyon etkinliğinin arttığı Tablo 4.8' de görülmektedir. Alkali konsantrasyonundaki ve sodyumklorasetat miktarındaki artış ile sübstitüsyon derecesinde artma gözlenmiştir. NaOH konsantrasyonu ve selüloz/sodyumklorasetat oranının düşük olduğu deneylerde daha fazla yan reaksiyon oluşmakta ve daha fazla sodyum glikonat meydana gelmektedir. Benzer bulgular su sümbülü ve mısır nişastasının karboksimetilasyonu için de rapor edilmiştir (Khalil ve ark., 1990; Barai ve ark., 1997). Olaru ve ark. (1998), çözücü olarak etanol ve aseton ve etanol-aseton karışımını kullanarak odun pulpu ve selülozdan karboksimetil selüloz ürettikleri çalışmada çözücü olarak etanol-aseton karışımı kullanıldığında sübstitüsyon derecesi daha yüksek karboksimetil selüloz üretildiğini ifade etmişlerdir. Heinze ve Pfeiffer (1999), çözücü olarak izopropanol kullanarak % 8-30' luk NaOH konsantrasyonunda ve 2-6 st. reaksiyon süresinde ladin ağacı sülfid pulpundan karboksimetil selüloz ürettikleri bir çalışmada NaOH konsantrasyonu ve reaksiyon verimine bağlı olarak elde ettikleri karboksimetil selülozun sübstitüsyon derecelerinin 0.66-1.24 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Bu yüksek konsantrasyonlarda selüloz molekülleri yakınında daha fazla asit moleküllerinin bulunma olasılığı ile açıklanabilir. Karboksimetilasyon üzerine sıcaklık ve sürenin de önemli etkisinin olduğu bildirilmiştir (Naterova ve Polein, 1974). Süre ve sıcaklıktaki artış ile de sübstitüsyon derecesinde artma olmasına rağmen yüksek sübstitüsyon dereceleri elde etmede sıcaklığın etkisinin sürenin etkisinden daha etkin olduğu ve en yüksek sübstitüsyon derecelerinin elde edildiği reaksiyon koşullarında karboksimetil selüloz içeriğinin miktarının en yüksek, yan ürün bileşenlerinin miktarının da en düşük olduğu Tablo 4.8' de görülmektedir. Sübstitüsyon derecesi karboksimetil selüloz Na tuzunun suda çözünürlüğünde önemli bir faktördür. 0.4' ün altındaki sübstitüsyon derecesine sahip polimerler suda şişer fakat çözünmez. Sübstitüsyon derecesinin artması ile hidroaffinite artar ve polimer suda çözünür (Waring ve Parsons, 2001). Karboksimetil selüloz Na tuzu, β -1.4-glikozidik bağları ile bağlı makromoleküller boyunca dağılmış β -D-glukoz ve β -D-glukopiranoz 2-O-karboksimetil Na tuzundan ibarettir. Karboksimetil selüloz ile hidroksil grupların sübstitüsyonu daha ziyade glukozun C-2 karbonunda meydana gelir (Charpentier ve ark., 1997). Şeker pancarı küspesi selülozundan karboksimetil

Tablo 4.8. Farklı Reaksiyon Koşullarının Karboksimetil Selülozun Sübstütüsyon Derecesine Etkisi

	Çözücü	% NaOH	Süre (dk)	T (°C)	S.K.A miktarı (g)	DS	% CMC	% NaCl	% Diğer
Çözücü Etkisi	Su	30	60	30	1.5	0.1020	51.2	3.13	45.67
	Etil alkol	30	60	30	1.5	0.1160	54.6	2.92	42.48
	İzopropil alkol	30	60	30	1.5	0.3270	57.0	2.55	40.45
	İzobütil alkol	30	60	30	1.5	0.4320	61.4	2.38	36.22
NaOH kons. etkisi	İzobütil alkol	5	60	30	1.5	0.1092	57.0	2.18	40.82
	İzobütil alkol	10	60	30	1.5	0.1799	68.0	2.11	29.89
	İzobütil alkol	15	60	30	1.5	0.2595	55.0	3.71	41.29
	İzobütil alkol	20	60	30	1.5	0.2803	56.1	2.72	41.18
	İzobütil alkol	25	60	30	1.5	0.3187	57.0	3.58	39.42
S / SKA oranının etkisi	İzobütil alkol	30	60	30	0.5	0.1760	49.0	3.28	47.72
	İzobütil alkol	30	60	30	0.7	0.2630	54.0	4.08	41.92
	İzobütil alkol	30	60	30	0.9	0.4130	54.0	4.54	41.46
	İzobütil alkol	30	60	30	1.1	0.4220	57.0	3.28	39.72
	İzobütil alkol	30	60	30	1.3	0.4232	59.0	3.38	37.62
Sürenin etkisi	İzobütil alkol	30	90	30	1.5	0.4818	60.4	3.65	35.95
	İzobütil alkol	30	120	30	1.5	0.5470	61.5	4.01	34.49
	İzobütil alkol	30	180	30	1.5	0.5890	60.2	4.38	35.42
	İzobütil alkol	30	360	30	1.5	0.6060	62.0	4.74	33.26
Sıcaklığın etkisi	İzobütil alkol	30	360	40	1.5	0.6110	63.0	4.74	32.26
	İzobütil alkol	30	360	50	1.5	0.6280	62.1	4.01	33.89
	İzobütil alkol	30	360	60	1.5	0.6560	64.0	3.58	32.42
	İzobütil alkol	30	360	70	1.5	0.6670	64.2	3.71	32.09

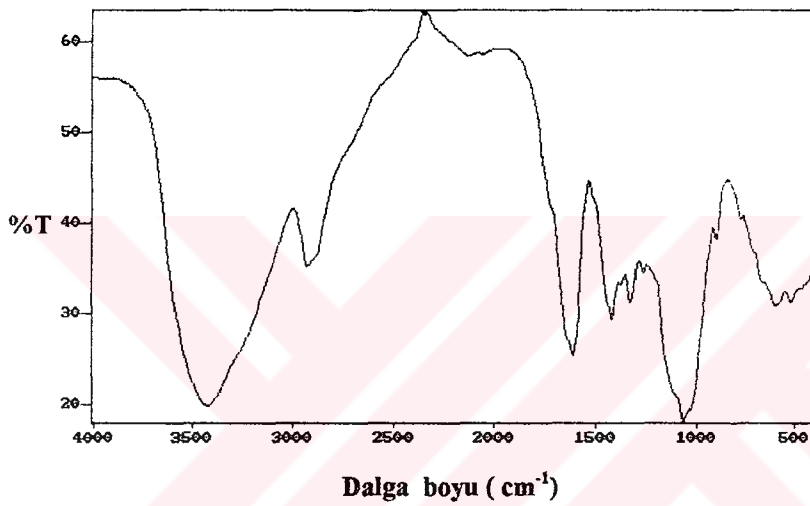
* S/SKA=selüloz/ sodyum klor asetat

selüloz üretimi için optimum şartların çözücü ortam olarak izobütil alkol, % 30 NaOH alkali konsantrasyonu, 360 dk, 1/1.5 selüloz/monoklorasetikasit Na tuzu oranı ve 70 °C olduğu bulunmuştur.

4.7. Karboksimetil Selüloz Sodyum Tuzunun İnfrared Spektrumu

Optimum reaksiyon koşullarında elde edilen karboksimetil selüloz sodyum tuzunun infrared spektrumu Şekil 4.13' de verilmiştir.

Şekil 4.13' de görüldüğü gibi selülozun infrared spektrumundaki bandlardan farklı olarak 1703 cm^{-1} dalga boyundaki band karboksimetil selüloz sodyum tuzundaki $\text{CH}_2\text{O}-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{O}^- - \text{Na}^+$ 'un çok az da olsa hidrolizinden dolayı ortama geçen karboksil grubunu $-\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{OH}$, 1660 cm^{-1} dalga boyundaki band $\text{CH}_2\text{O}-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{O}^- - \text{Na}^+$ 'daki $-\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{OH}$ karbonil grubunun asimetrik gerilimini, 1418 cm^{-1} dalga boyundaki band ise $-\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{OH}$ karbonil grubunun simetrik gerilimini göstermektedir.



Şekil 4.13. Karboksimetil selüloz sodyum tuzunun infrared spektrumu

4.8. Karboksimetil Selüloz Çözeltilerinin Reolojisi

Pompalanabilir akışkanların akış özellikleri akışkanın viskozitesine bağlı olduğundan, farklı konsantrasyonlardaki karboksimetil selüloz çözeltilerinin kullanıldığı karıştırıcı, pompa, ısıtıcı ve soğutucu gibi cihazların tasarımında ve ısı transfer işlemlerinde karboksimetil selüloz çözeltilerinin reolojik özellikleri önemli rol oynar (Rao, 1987; Abdelrahim ve Ramaswamy, 1995; Guerrero ve Alzamora, 1997). Bu nedenle, reolojik davranışların sıcaklık ve konsantrasyonun bir fonksiyonu olarak göz önüne alındığı cihazların tasarımı için, meyvelerin kaplanmasında hidrofil polimer olarak kullanılan karboksimetil selülozun

viskozitesi, kaplama filminin meyve yüzeyinde homojen veya heterojen olarak dağılmasını etkilediğinden dolayı ve hidrofob-hidrofil heterojen karışımının sağlanması için karboksimetil selüloz çözeltilerinin reolojik özelliklerinin bilinmesi gerekir. Karboksimetil selüloz çözeltilerinin reolojik davranışları, makromoleküler zincir yani hidrofobik grupların dağılımına neden olan glikozidik bağların α ve β konfigürasyonu ile de ilgilidir (Merle ve ark., 1999). Boyut dağılımı, partikül şekli, elektriksel ve yüzey özellikler ve asılı katıların etkileşimi de akış davranışını etkiler (Mizrahi, 1979).

Akışkanların reolojik özelliklerini tarif etmek için Newtonian model (Khalil ve ark., 1989; Ibarz ve ark., 1994; Giner ve ark., 1996), Bingham modeli (Fichtali ve ark., 1993; Ibarz ve ark., 1996), Power-law veya Ostwald-de Waele modeli (Vitali ve ark., 1974; Vitali ve Rao, 1982; Rao ve ark., 1984; Ibarz ve Pagan, 1987) kullanılmaktadır.

Karboksimetil selüloz çözeltilerinin incelenen tüm sıcaklık ve konsantrasyonlarda hangi model ile daha iyi temsil edildiğini belirlemek amacıyla, eşitlik (2.12) gereğince N' e karşı $\tau_{r\phi}'$ nin, eşitlik (2.20) gereğince N' e karşı $\tau_{r\phi}'$ nin ve eşitlik (2.30) gereğince $\ln N'$ e karşı $\ln \tau_{r\phi}'$ nin grafiğe geçirilmesi ile elde edilen doğruların eğim ve kaymalarından sırasıyla bulunan Newtonian model için μ , Bingham modeli için μ_0 ve τ_0 , Ostwald-de Waele modeli için n ve m değerleri Tablo 4.9' da gösterilmiştir.

Pseudoplastiklik derecesi akış davranış indeksi (n) ile ölçülür ve pseudoplastiklik arttığı zaman n değeri azalır. En yüksek ve en düşük n değerleri sırasıyla en düşük ve en yüksek karboksimetilselüloz (CMC) konsantrasyonlarında gözlenmiştir. Bu durum düşük CMC konsantrasyonlarında Newtonian davranışın arttığını göstermektedir. Aynı ilişki Grigelmo ve ark. (1999) ile Mahmoud ve Fugitt (1996)'in yaptıkları bir çalışmada da gözlenmiştir. Akışkanlık indeksi n değerinin tüm konsantrasyonlarda özellikle düşük sıcaklıklarda 1' den küçük olması karboksimetil selüloz çözeltilerinin Ostwald-de Waele modeline uyduğunu ve

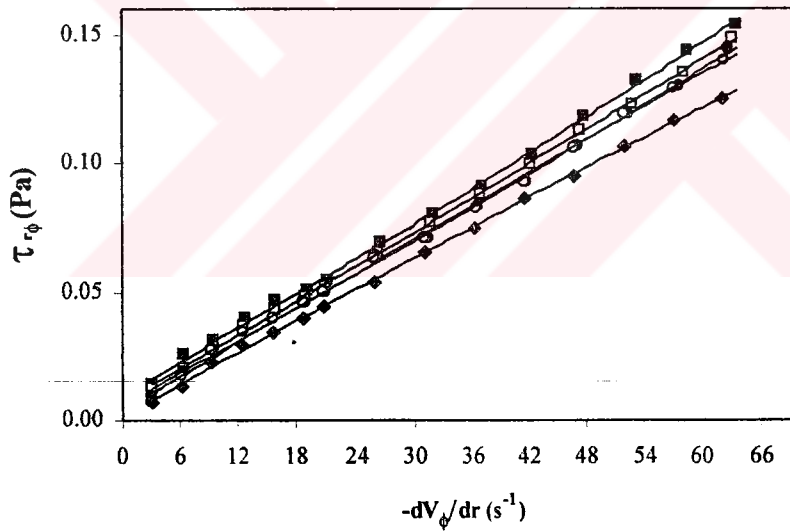
Tablo 4.9. Reolojik Model Parametreleri

Konsantrasyon (kg/m ³)	Sıcaklık (°C)	Newtonian Modeli		Bingham Modeli			Ostwald-de Waele Modeli			
		μ (mPas)	r	μ_0 (mPas)	τ_0 (Pa)	r	n	m (Pas ⁿ)	$-n$	r
5	20	2.352	0.9992	2.352	0.0075	0.9992	0.7981	0.0052	0.8870	0.9965
	22	2.272	0.9997	2.272	0.0058	0.9997	0.8390	0.0043		0.9987
	25	2.208	0.9991	2.208	0.0042	0.9991	0.8898	0.0035		0.9987
	27	2.190	0.9990	2.190	0.0039	0.9990	0.9491	0.0028		0.9957
	30	1.999	0.9996	1.999	0.0024	0.9996	0.9590	0.0024		0.9990
10	20	2.452	0.9995	2.452	0.0102	0.9995	0.7634	0.0064	0.7852	0.9969
	22	2.328	0.9992	2.328	0.0097	0.9992	0.7800	0.0057		0.9975
	25	2.191	0.9990	2.191	0.0094	0.9990	0.7836	0.0053		0.9984
	27	2.133	0.9993	2.133	0.0082	0.9993	0.7968	0.0049		0.9986
	30	1.972	0.9985	1.972	0.0091	0.9985	0.8022	0.0046		0.9992
15	20	3.208	0.9978	3.208	0.0205	0.9978	0.7294	0.0101	0.7473	0.9973
	22	2.971	0.9962	2.971	0.0187	0.9962	0.7347	0.0091		0.9954
	25	2.636	0.9982	2.636	0.0088	0.9982	0.7392	0.0072		0.9985
	27	2.250	0.9979	2.250	0.0123	0.9979	0.7575	0.0062		0.9986
	30	2.172	0.9982	2.172	0.0102	0.9982	0.7757	0.0055		0.9983
20	20	3.618	0.9991	3.618	0.0187	0.9991	0.7103	0.0116	0.7306	0.9936
	22	3.123	0.9977	3.123	0.0203	0.9977	0.7200	0.0102		0.9982
	25	2.459	0.9937	2.459	0.0202	0.9937	0.7301	0.0082		0.9988
	27	2.361	0.9980	2.361	0.0153	0.9980	0.7396	0.0072		0.9990
	30	2.274	0.9977	2.274	0.0130	0.9977	0.7531	0.0065		0.9978
25	20	3.986	0.9956	3.986	0.0286	0.9956	0.7095	0.0137	0.7274	0.9969
	22	3.556	0.9875	3.556	0.0308	0.9875	0.7114	0.0127		0.9972
	25	3.451	0.9966	3.451	0.0181	0.9966	0.7278	0.0104		0.9917
	27	3.112	0.9986	3.112	0.0159	0.9986	0.7386	0.0091		0.9945
	30	3.058	0.9993	3.058	0.0137	0.9993	0.7499	0.0084		0.9944
30	20	4.416	0.9944	4.416	0.0372	0.9944	0.7017	0.0162	0.7230	0.9994
	22	3.871	0.9933	3.871	0.0345	0.9933	0.7152	0.0138		0.9978
	25	3.555	0.9923	3.555	0.0287	0.9923	0.7251	0.0120		0.9993
	27	3.373	0.9967	3.373	0.0226	0.9967	0.7320	0.0106		0.9987
	30	3.057	0.9992	3.057	0.0170	0.9992	0.7407	0.0090		0.9983

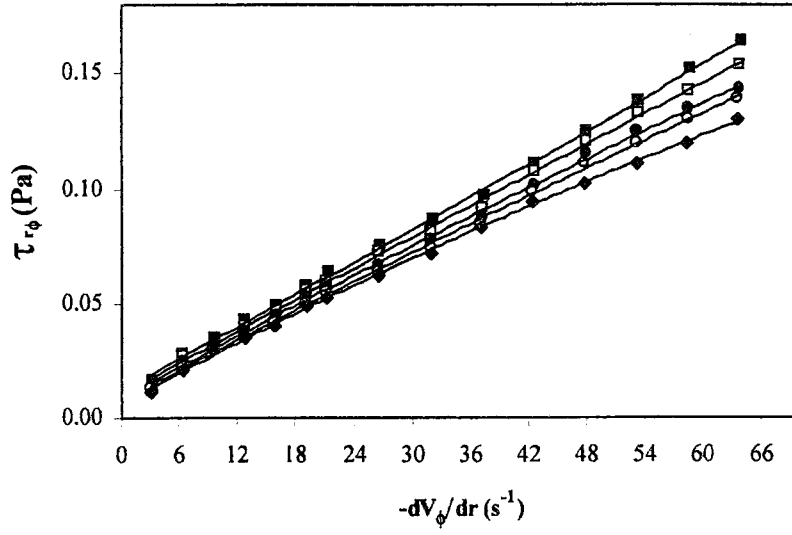
reolojik davranışın pseudoplastik olduğunu göstermektedir. Ayrıca Bingham modelindeki eşik kayma gerilimi τ_0 değerlerinin sıfıra çok yakın olması da özellikle 10 kg/m³ ve üzerindeki konsantrasyonlarda Ostwald-de Waele modelinin karboksimetil selüloz çözeltilerinin akış davranışını açıklamada daha etkin olacağını kanıtlamaktadır. Abdelrahim ve Ramaswamy (1995), % 0.5-2.0

konsantrasyonlardaki ve 60-140 °C sıcaklıklardaki ticari CMC' nin reolojik özelliklerini inceledikleri bir çalışmada reolojik davranışın tüm CMC konsantrasyonları için 60 ve 80 °C sıcaklıklarda Ostwald- de Waele modeline uyduğunu ancak % 0.5 ve 1.0 CMC konsantrasyonlarında 80 °C' nin üzerinde ve % 1.5 CMC konsantrasyonlarında 100 °C' nin üzerinde akış davranış indeksi değerlerinin 1' den büyük olduğunu ve çözeltilerin dilatant akış davranışı sergilediklerini ifade etmişlerdir. Westra (1989), 0.1-100 s⁻¹ kayma hızlarında ksantan gum içeren CMC' nin reolojisini incelediği bir çalışmada reolojik davranışın pseudoplastik davranış olduğunu ifade etmiştir.

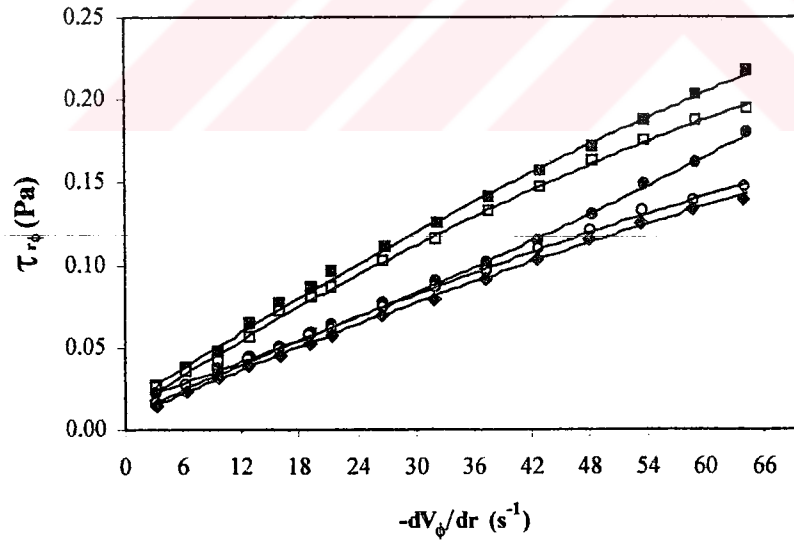
Şekil 4.14-4.19' da sırasıyla 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 kg/m³ konsantrasyonlardaki karboksimetil selüloz çözeltilerinin Ostwald de-Waele kayma hızı-kayma gerilimi ilişkisi verilmiştir.



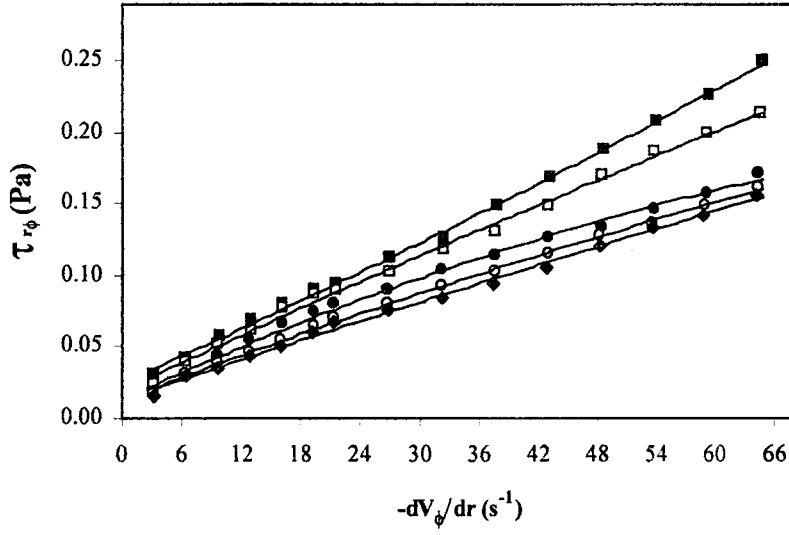
Şekil 4.14. 5 kg/m³ lük karboksimetil selüloz çözeltisi için Ostwald-de Waele kayma hızı-kayma gerilimi grafiği, (Sıcaklık (°C): ■ 20, □ 22, • 25, o 27, ♦ 30)



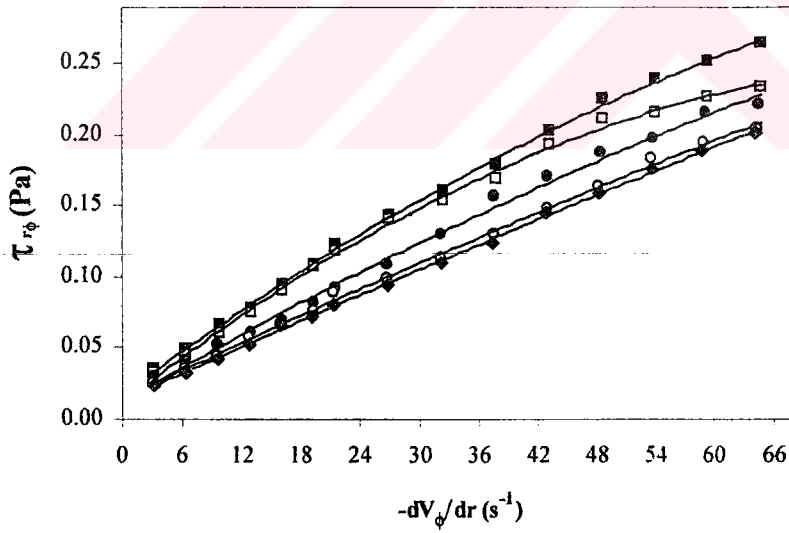
Şekil 4.15. 10 kg/m³ lük karboksimetil selüloz çözeltisi için Ostwald-de Waele kayma hızı- kayma gerilimi grafiği, (Sıcaklık (°C): ■ 20, □ 22, • 25, o 27, ♦ 30)



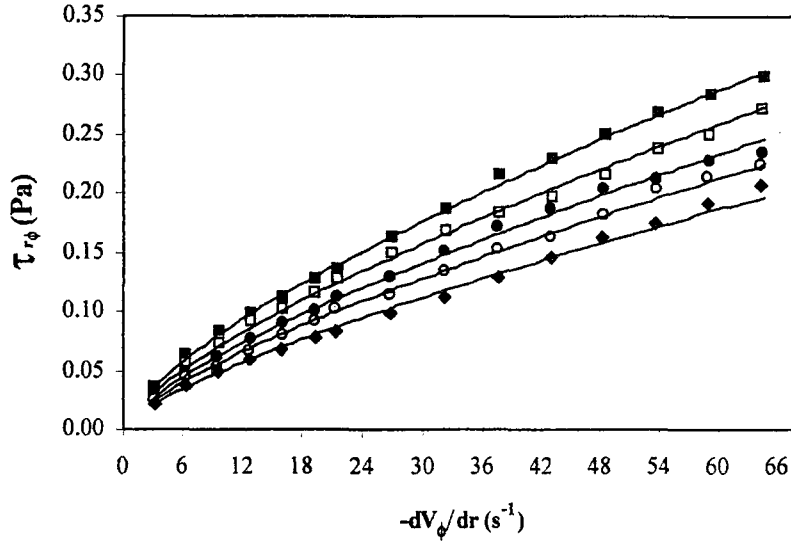
Şekil 4.16. 15 kg/m³ lük karboksimetil selüloz çözeltisi için Ostwald-de Waele kayma hızı- kayma gerilimi grafiği, (Sıcaklık (°C): ■ 20, □ 22, • 25, o 27, ♦ 30)



Şekil 4.17. 20 kg/m³ lük karboksimetil selüloz çözeltisi için Ostwald-de Waele kayma hızı- kayma gerilimi grafiği, (Sıcaklık (°C): ■ 20, □ 22, • 25, o 27, ♦ 30)

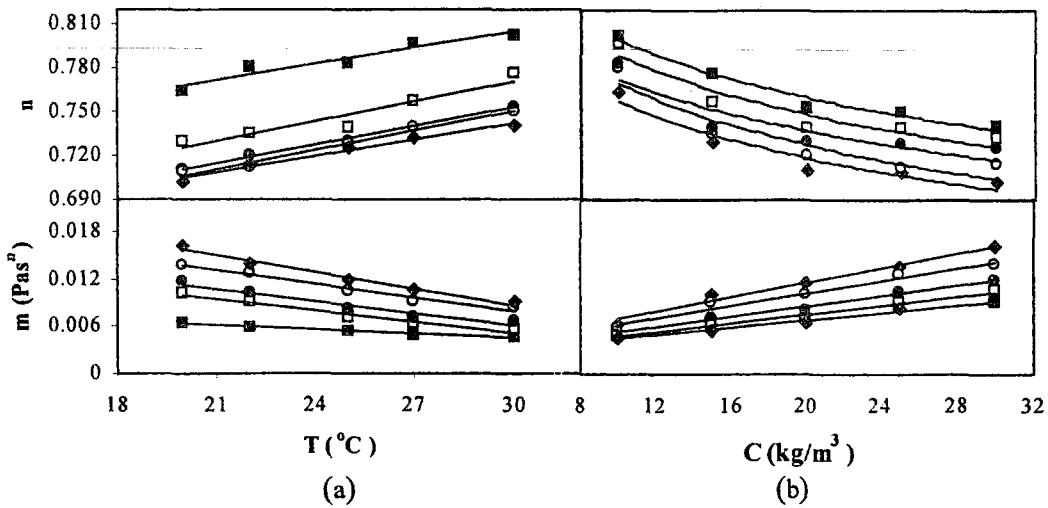


Şekil 4.18. 25 kg/m³ lük karboksimetil selüloz çözeltisi için Ostwald-de Waele kayma hızı- kayma gerilimi grafiği, (Sıcaklık (°C): ■ 20, □ 22, • 25, o 27, ♦ 30)

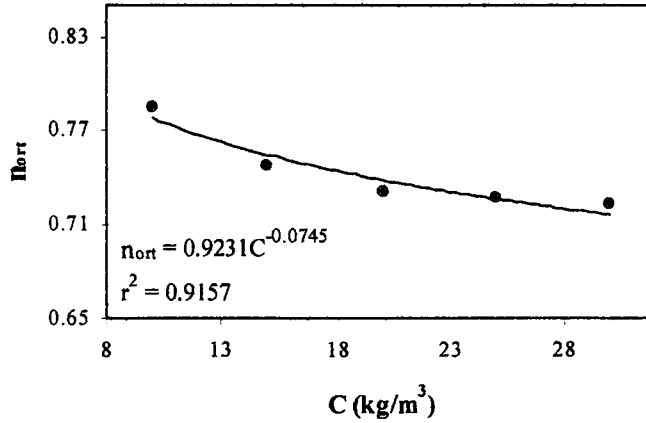


Şekil 4.19. 30 kg/m³ lük karboksimetil selüloz çözeltisi için Ostwald-de Waele kayma hızı- kayma gerilimi grafiği, (Sıcaklık (°C): ■ 20, □ 22, • 25, o 27, ♦ 30)

İki parametrelili bir model olan Ostwald-de Waele modelindeki akışkanlık indeksi n ve akışkanlık sabiti m' in sıcaklık ve konsantrasyonla değişimi Şekil 4.20' de ortalama akışkanlık indeksinin konsantrasyon ile değişimi Şekil 4.21' de verilmiştir.



Şekil 4.20. Ostwald-de Waele model parametrelerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişimi
(a: Konsantrasyon (kg/m³): ■ 10, □ 15, • 20, o 25, ♦ 30)
(b: Sıcaklık (°C): ♦ 20, o 22, • 25, □ 27, ■ 30)



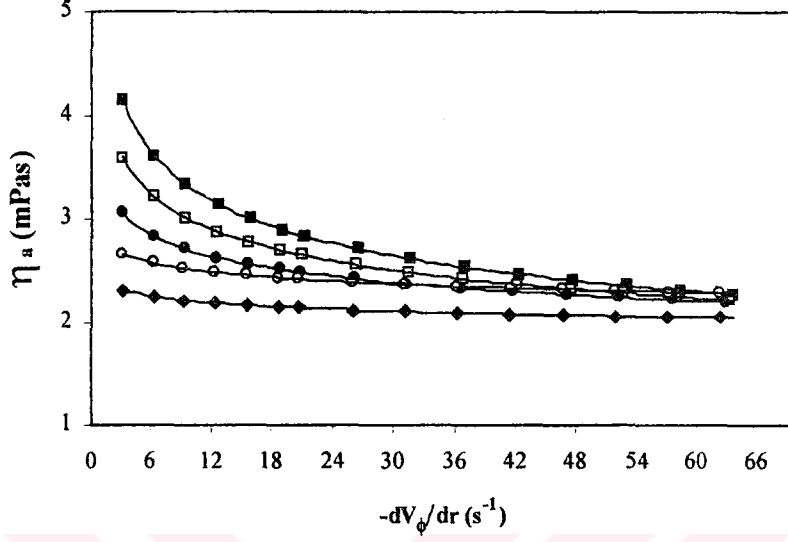
Şekil 4.21. Ortalama akışkanlık indeksi – konsantrasyon ilişkisi

Akışkanlık indeksi n değerlerinin tüm örnekler için, sıcaklıktaki artış ile arttığı, akışkanlık sabiti m değerlerinin ise azaldığı, akış davranış indeksi n değerlerinin tüm örnekler için konsantrasyondaki artış ile azaldığı, akışkanlık sabiti m değerlerinin ise arttığı Şekil 4.20' de görülmektedir. Akışkanlık sabiti m değerlerinin belli bir sıcaklıkta konsantrasyondaki artış ile artması partikül-partikül etkileşimindeki artıştan ileri gelir. (Vitali ve Rao, 1984). 5 kg/m³ konsantrasyondaki çözelti hariç tüm konsantrasyonlar için 5 farklı sıcaklık değerinde belirlenen akışkanlık indekslerinin aritmetik ortalaması ile konsantrasyon arasındaki ilişkinin üs modeline uyduğu Şekil 4.21' de görülmektedir. Ortalama akış davranış indeksi ve konsantrasyon arasındaki ilişkiyi ifade eden eşitlik Şekil 4.21' de verilmiştir.

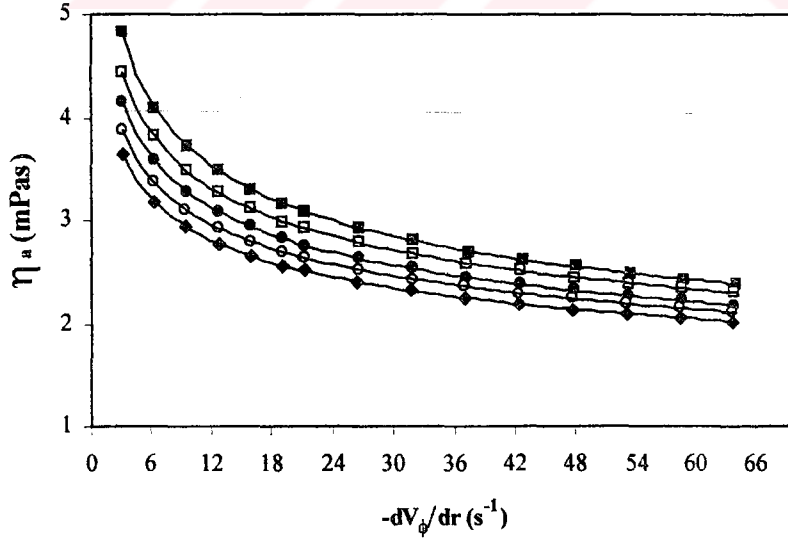
Verilen herhangi bir kayma hızında, kayma gerilimi-kayma hızı oranı görünür viskozite olarak adlandırılır. 5-30 kg/m³ konsantrasyon aralığındaki 6 farklı konsantrasyon için eşitlik (3.24)'den hesaplanan görünür viskozite değerlerinin kayma hızı ile değişimi Şekil 4.22-4.27' de verilmiştir.

Kayma hızının artmasıyla görünür viskozitenin azalması CMC çözeltilerinin akış davranışını pseudoplastik olduğunu göstermektedir. Karboksimetil selüloz çözeltilerinin viskozitelerindeki azalma makromoleküler agregatların kırılmasına

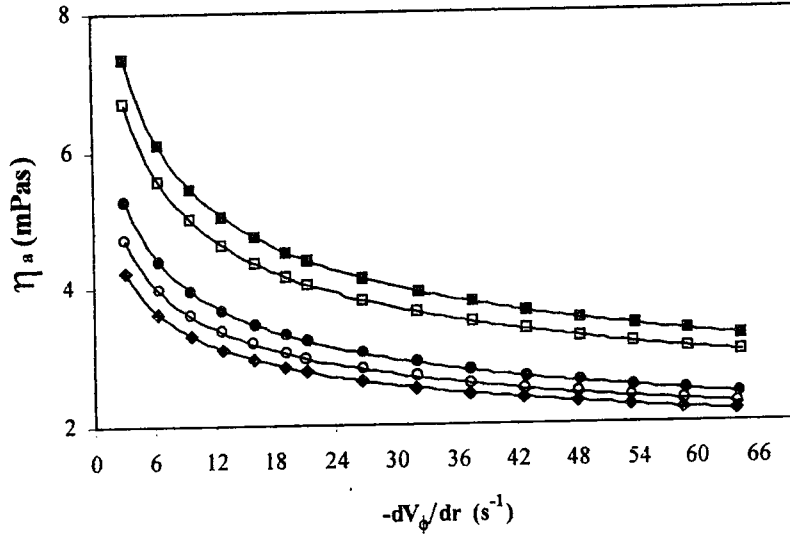
atfedilebilir (Almedia ve Dias, 1997). Görünür viskozitenin, konsantrasyon artıkça arttığı, sıcaklıktaki artış ile düştüğü Şekil 4.22- 4.27' de görülmektedir.



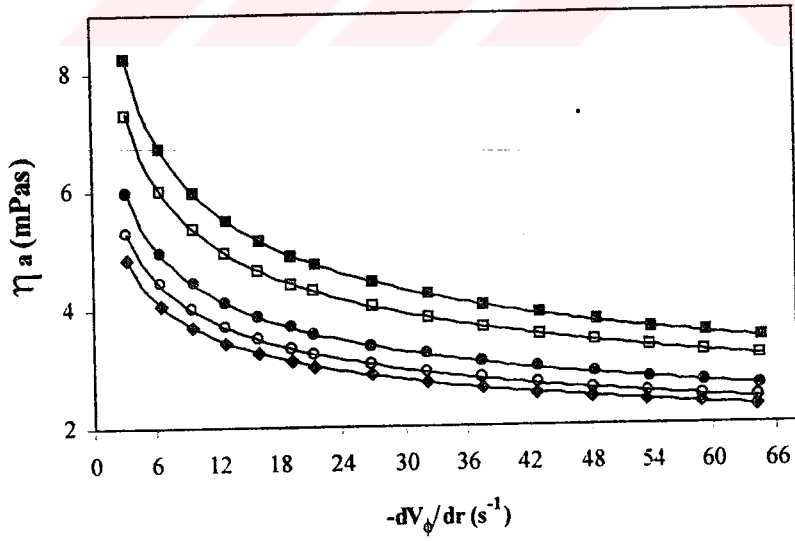
Şekil 4.22. 5 kg/m³ lük karboksimetil selüloz çözeltisi için kayma hızı-görünür viskozite grafiği (Sıcaklık (°C): ■ 20, □ 22, • 25, o 27, ♦ 30)



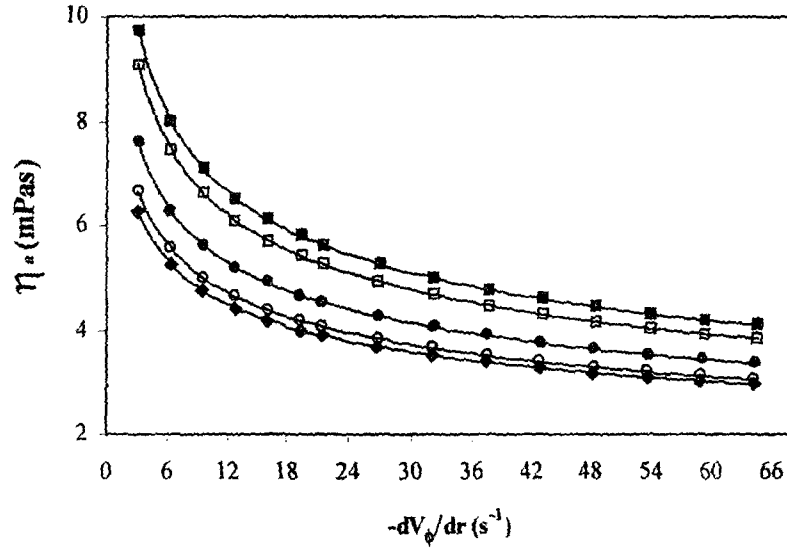
Şekil 4.23. 10 kg/m³ lük karboksimetil selüloz çözeltisi için kayma hızı-görünür viskozite grafiği (Sıcaklık (°C): ■ 20, □ 22, • 25, o 27, ♦ 30)



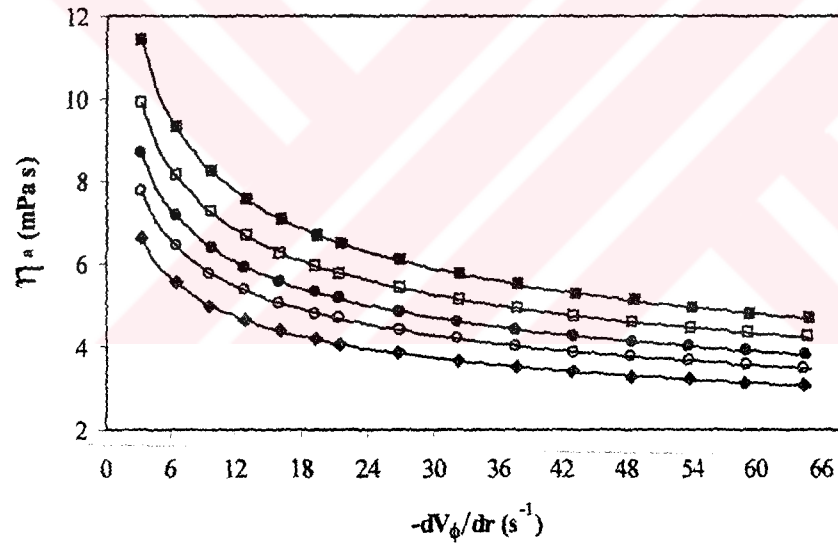
Şekil 4.24. 15 kg/m³'lük karboksimetil selüloz çözeltisi için kayma hızı-görünür viskozite grafiği (Sıcaklık (°C): ■ 20, □ 22, • 25, o 27, ♦ 30)



Şekil 4.25. 20 kg/m³'lük karboksimetil selüloz çözeltisi için kayma hızı-görünür viskozite grafiği (Sıcaklık (°C): ■ 20, □ 22, • 25, o 27, ♦ 30)



Şekil 4.26. 25 kg/m³ lük karboksimetil selüloz çözeltisi için kayma hızı-görünür viskozite grafiği (Sıcaklık (°C): ■ 20, □ 22, • 25, o 27, ♦ 30)



Şekil 4.27. 30 kg/m³ lük karboksimetil selüloz çözeltisi için kayma hızı-görünür viskozite grafiği (Sıcaklık (°C): ■ 20, □ 22, • 25, o 27, ♦ 30)

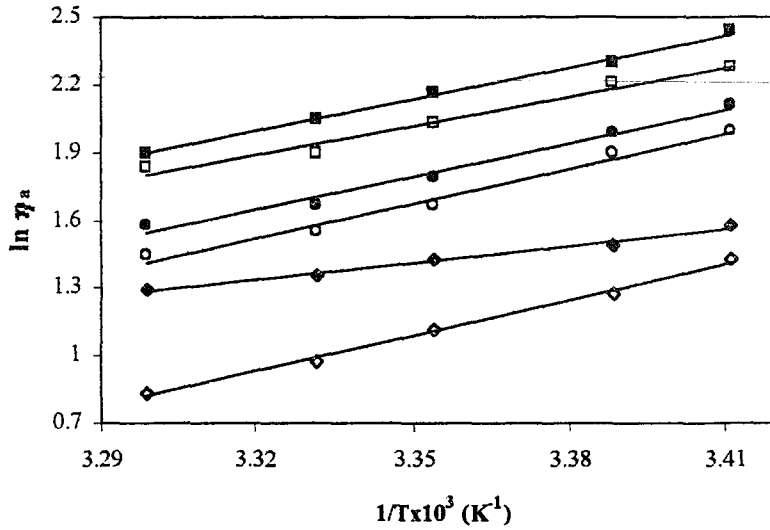
Yüksek konsantrasyonlardaki CMC çözeltilerinin viskozitesi kayma hızındaki değişime daha duyarlıdır. Düşük sıcaklıklarda görünür viskozite değerleri daha yüksektir ve böylece boşluk yaratmak için daha yüksek sıcaklıklarda gerekli olandan daha fazla enerjiye ihtiyaç vardır (Vitali ve Rao, 1984). Sıcaklığın artmasıyla görünür viskozitenin azalmasına polimer zincirinin esnekliğini artıran polimer molekülü etrafındaki hidrasyon suyunun kaybı neden olmaktadır (Casas

ve ark., 2000). Sıcaklığın artmasıyla görünür viskozitenin düşmesi muhtemelen çözeltideki moleküllerin termal degradasyonu ve moleküllerarası bağların zayıflaması ve kırılması nedeniyle de olabilir. Düşük rotor devir hızlarında yani düşük kayma hızlarında görünür viskozite hızlı bir şekilde azalırken yüksek kayma hızlarında viskozitedeki değişimin daha az olması, yüksek hızlarda agregatların kırılması nedeniyle akışa karşı daha az bir direnç oluştuğunu göstermektedir (Rha, 1978).

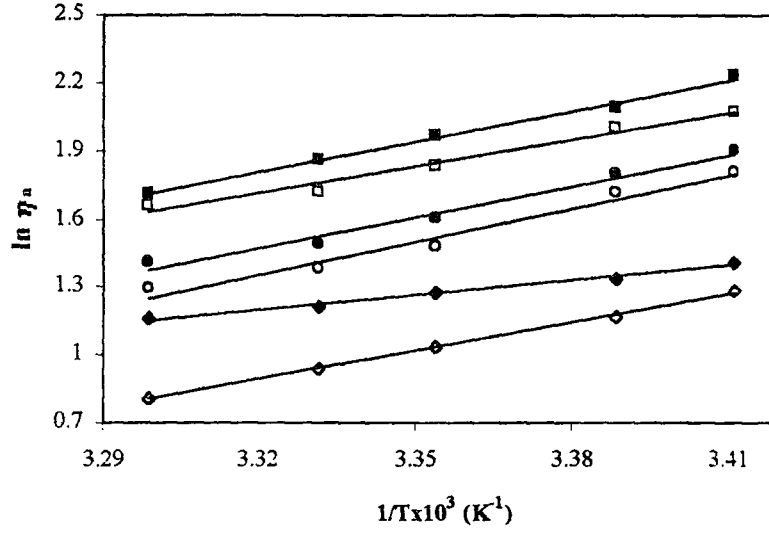
Sıvıların viskozitesi sıcaklığın artmasıyla genellikle azalır ve akışkanların akış davranışına sıcaklığın etkisi Arrhenius tipi eşitlikle verilir. Non-Newtonian akışkanlar için belli bir kayma hızında viskozite yerine görünür viskozite kullanılır. Görünür viskozite için için Arrhenius eşitliğinin logaritmik şekli aşağıdaki gibi yazılabilir (Grigermo ve ark., 1999).

$$\ln \eta_a = \ln \eta_o + E_a/RT \quad (4.19)$$

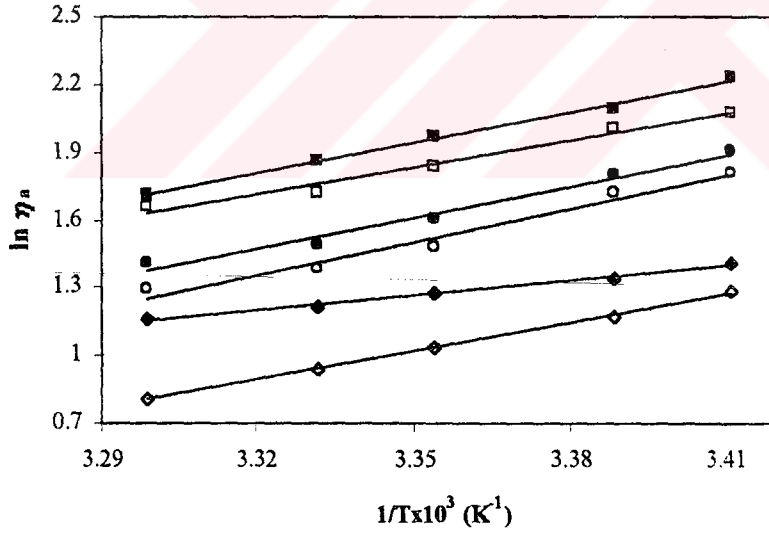
3-60 dev/dk rotor devir sayısı aralığında 15 farklı rotor devir sayısı ve 5-30 kg/m³ konsantrasyon aralığındaki 6 farklı konsantrasyon için 1/T'ye karşı görünür viskozite değerleri grafiğe geçirilmiştir (Şekil 4.28-4.42).



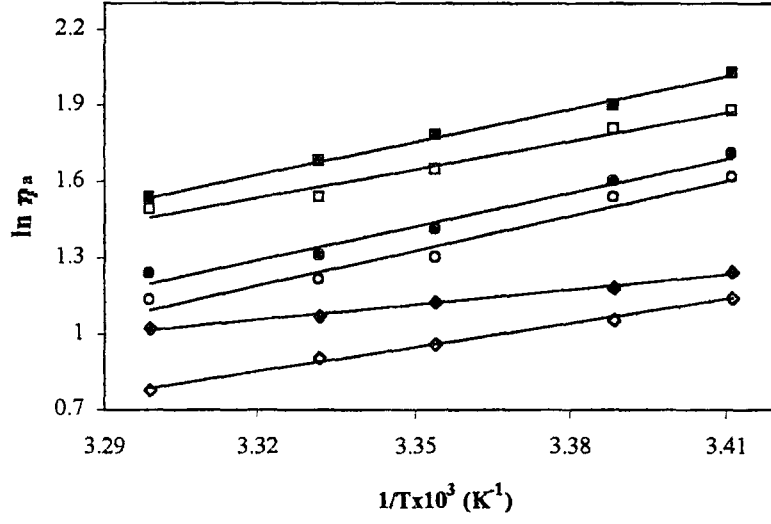
Şekil 4.28. Arrhenius grafiği (rotor devir sayısı=3 dev/dk) (Karboksimetil selüloz kons. (kg/m³): ◇5, ♦ 10, ○ 15, • 20, □ 25, ■ 30)



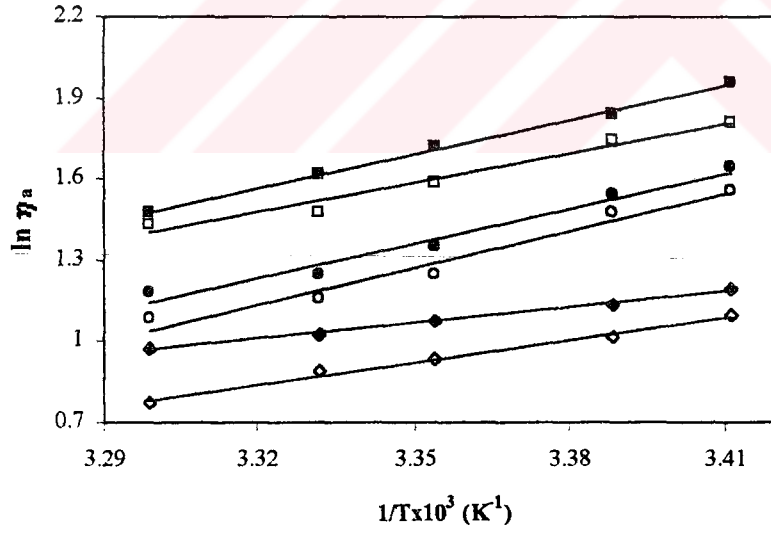
Şekil 4.29. Arrhenius grafiği (rotor devir sayısı=6 dev/dk)
(Karboksimetil selüloz kons. (kg/m³): ◇5, ♦ 10, ○ 15, • 20, □ 25, ■ 30)



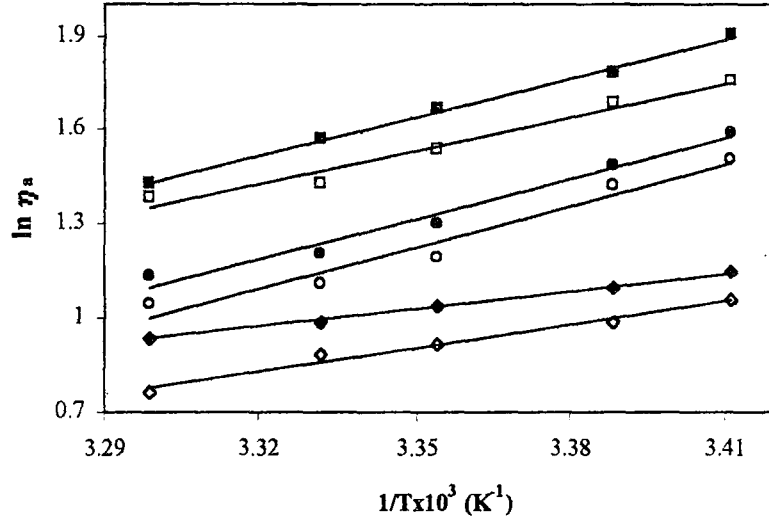
Şekil 4.30. Arrhenius grafiği (rotor devir sayısı=9dev/dk)
(Karboksimetil selüloz kons. (kg/m³): ◇5, ♦ 10, ○ 15, • 20, □ 25, ■ 30)



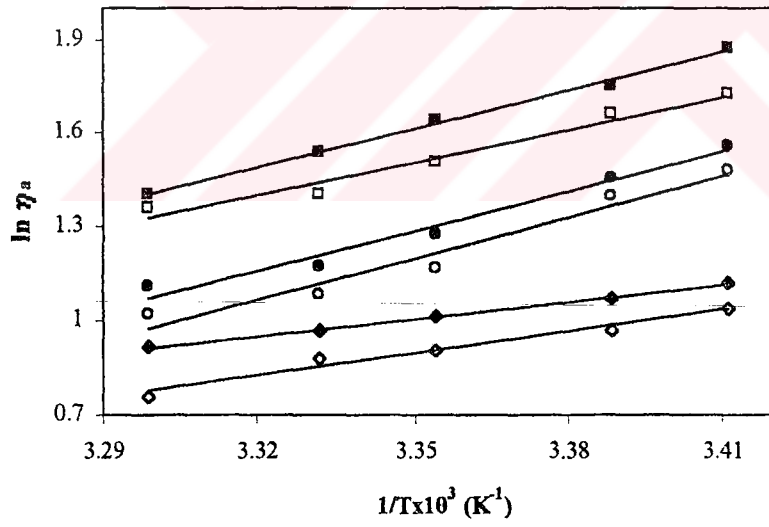
Şekil 4.31. Arrhenius grafiği (rotor devir sayısı=12 dev/dk)
(Karboksimetil selüloz kons. (kg/m³): ◇5, ◆10, ○15, ●20, □25, ■30)



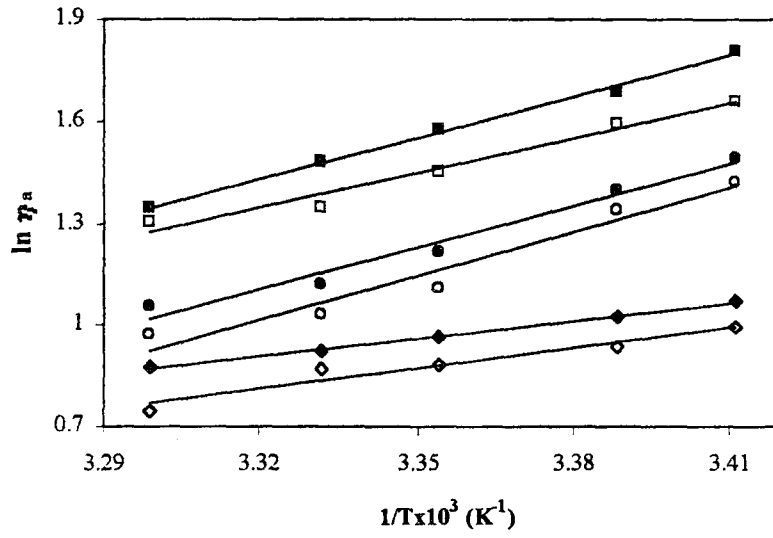
Şekil 4.32. Arrhenius grafiği (rotor devir sayısı=15 dev/dk)
(Karboksimetil selüloz kons. (kg/m³): ◇5, ◆10, ○15, ●20, □25, ■30)



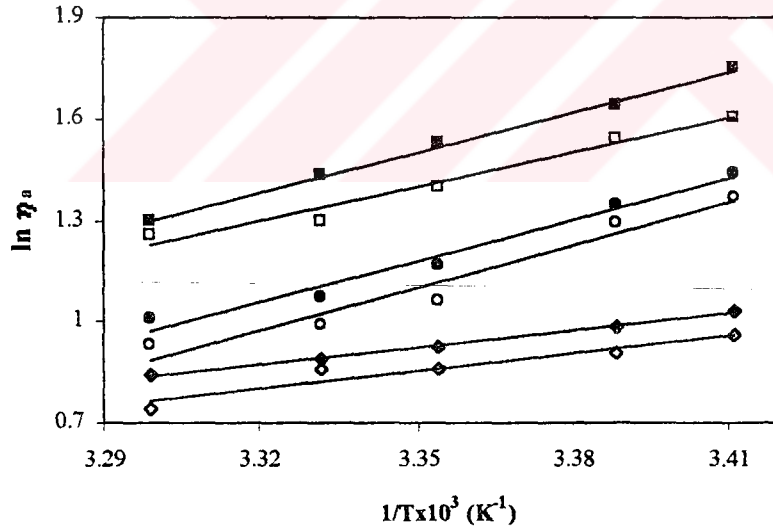
Şekil 4.33. Arrhenius grafiği (rotor devir sayısı=18 dev/dk)
(Karboksimetil selüloz kons. (kg/m³): ◇5, ♦ 10, ○ 15, • 20, □ 25, ■ 30)



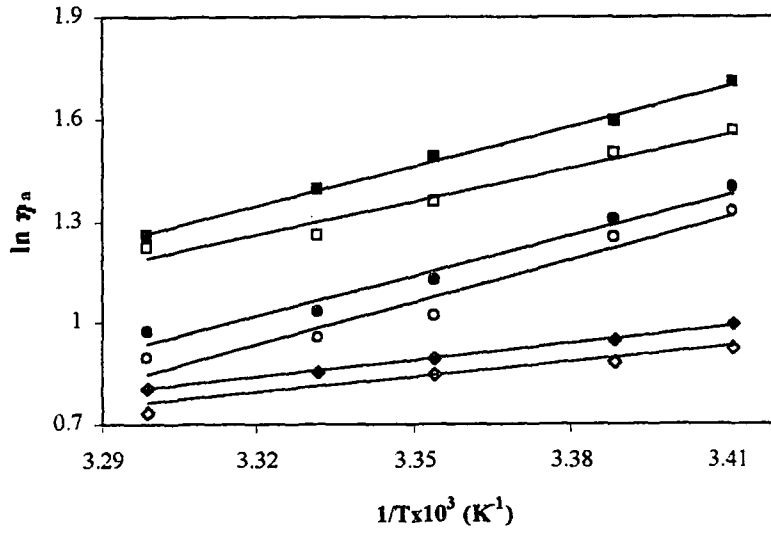
Şekil 4.34. Arrhenius grafiği (rotor devir sayısı=20 dev/dk)
(Karboksimetil selüloz kons. (kg/m³): ◇5, ♦ 10, ○ 15, • 20, □ 25, ■ 30)



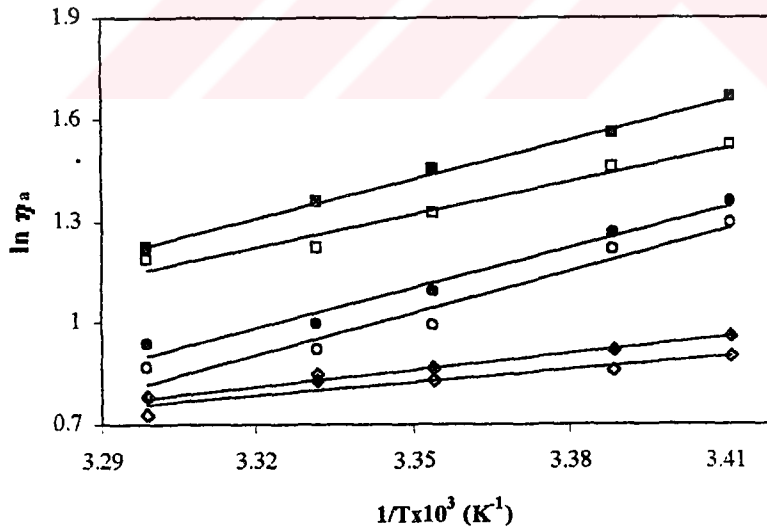
Şekil 4.35. Arrhenius grafiği (rotor devir sayısı=25 dev/dk)
(Karboksimetil selüloz kons. (kg/m^3): $\diamond$ 5, $\blacklozenge$ 10, $\circ$ 15, $\bullet$ 20, $\square$ 25, $\blacksquare$ 30)



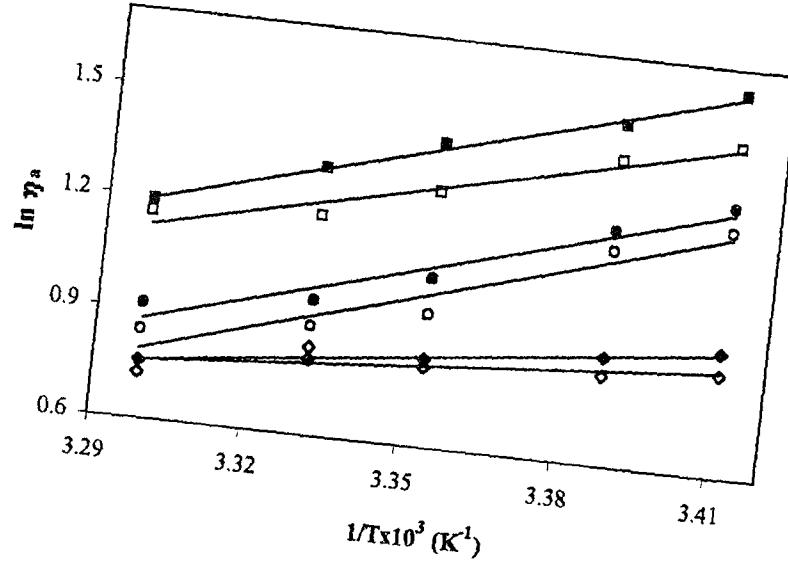
Şekil 4.36. Arrhenius grafiği (rotor devir sayısı=30 dev/dk)
(Karboksimetil selüloz kons. (kg/m^3): $\diamond$ 5, $\blacklozenge$ 10, $\circ$ 15, $\bullet$ 20, $\square$ 25, $\blacksquare$ 30)



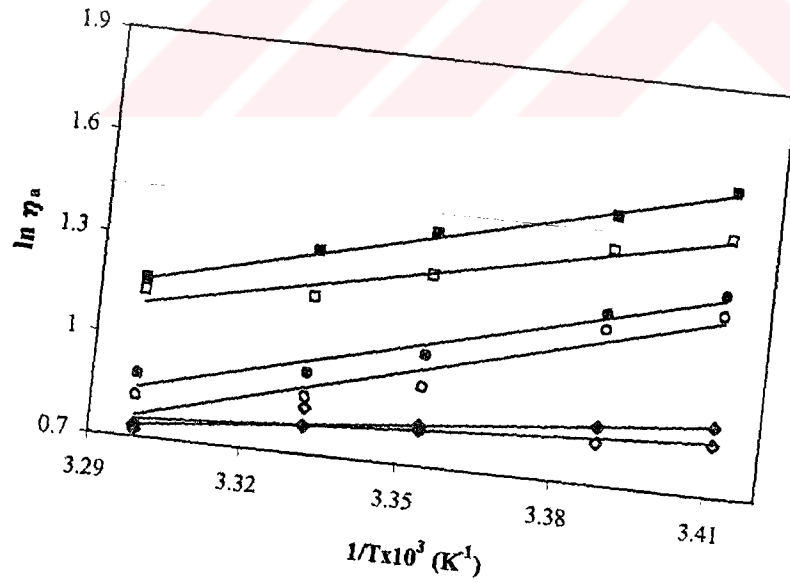
Şekil 4.37. Arrhenius grafiği (rotor devir sayısı=35 dev/dk)
(Karboksimetil selüloz kons. (kg/m³): ◇5, ♦ 10, ○ 15, • 20 , □ 25, ■ 30)



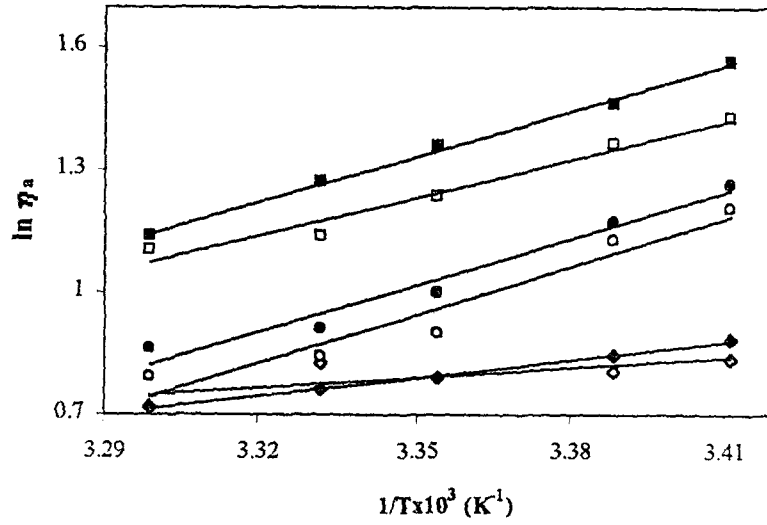
Şekil 4.38. Arrhenius grafiği (rotor devir sayısı=40 dev/dk)
(Karboksimetil selüloz kons. (kg/m³): ◇5, ♦ 10, ○ 15, • 20 , □ 25, ■ 30)



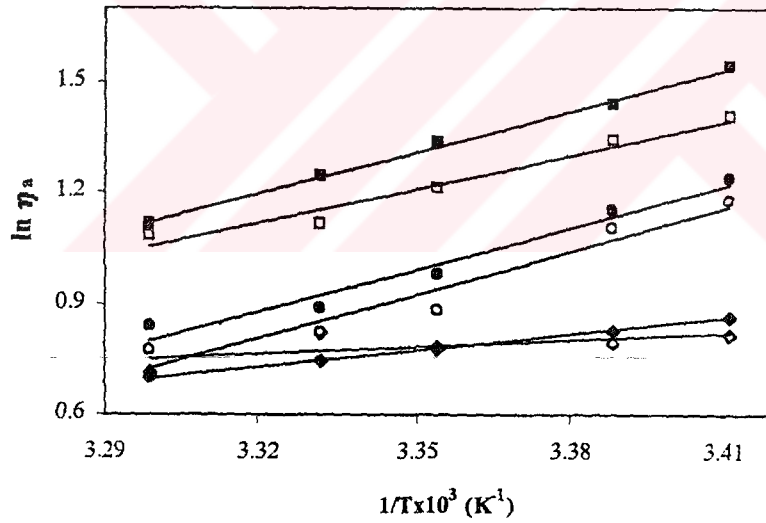
Şekil 4.39. Arrhenius grafiği (rotor devir sayısı=45 dev/dk)
(Karboksimetil selüloz kons. (kg/m^3): $\diamond$ 5, $\blacklozenge$ 10, $\circ$ 15, $\bullet$ 20, $\square$ 25, $\blacksquare$ 30)



Şekil 4.40. Arrhenius grafiği (rotor devir sayısı=50 dev/dk)
(Karboksimetil selüloz kons. (kg/m^3): $\diamond$ 5, $\blacklozenge$ 10, $\circ$ 15, $\bullet$ 20, $\square$ 25, $\blacksquare$ 30)



Şekil 4.41. Arrhenius grafiği (rotor devir sayısı=55 dev/dk)
(Karboksimetil selüloz kons. (kg/m³): ◇5, ◆ 10, ○ 15, ● 20 , □ 25, ■ 30)



Şekil 4.42. Arrhenius grafiği (rotor devir sayısı=60 dev/dk)
(Karboksimetil selüloz kons. (kg/m³): ◇5, ◆ 10, ○ 15, ● 20 , □ 25, ■ 30)

Şekil 4.28-4.42' deki doğruların eğimlerinden hesaplanan akış aktivasyon enerjilerinin rotor devir sayısı ile değişimi Tablo 4.10' da verilmiştir.

Tablo 4.10. Akış Aktivasyon Enerjisinin Kayma Hızı ile Değişimi

Rotor devir sayısı (dev/dk)	E _a (kJ/mol)	E _{a_{ort}} (kJ/mol)	r ²
3	20.38 - 43.36	36.90	0.9748-0.9962
6	18.48 - 40.35	33.67	0.9791-0.9982
9	17.35 - 38.86	31.79	0.9665-0.9967
12	16.58 - 37.97	30.46	0.9658-0.9936
15	15.94 - 37.21	29.37	0.9628-0.9969
18	15.45 - 35.11	28.57	0.9692-0.9950
20	15.15 - 36-23	28.08	0.9687-0.9970
25	14.57 - 35.49	27.05	0.9492-0.9971
30	14.05 - 33.12	26.20	0.9167-0.9972
35	12.29 - 34.36	25.48	0.8727-0.9970
40	10.61 - 33.89	24.86	0.8163-0.9972
45	9.09 - 33.49	24.31	0.7407-0.9971
50	7.79 - 33.13	23.83	0.6557-0.9972
55	6.58 - 32.82	23.39	0.5551-0.9970
60	5.47 -32.49	22.98	0.4431-0.9972

Tablo 4.10' da her bir kayma hızı için, 5-30 kg/m³ konsantrasyon aralığındaki 6 farklı konsantrasyon için belirlenen akış aktivasyon enerjilerinin en düşük ve en yüksek değerleri ve E_{a_{ort}} değerleri görülmektedir. Kayma hızı arttıkça akış aktivasyon enerjisinde bir azalma gözlenmektedir. Bu durum; pseudoplastik akışkanlarda kayma hızı arttıkça, akışkanın rotor yüzeyinde oluşturduğu kayma gerilmesi değerinin lineer olarak artmaması, yani artış oranında bir azalmanın olmasıyla açıklanabilir. Görünür viskozite ve sıcaklık ile η_0 ve konsantrasyon arasındaki ilişki aşağıdaki şekilde yazılabilir (Rao ve ark., 1984).

$$\eta_a = \eta_0 \exp(E_a/RT) \quad (4.20)$$

$$\eta_0 = \delta(C)^\epsilon \quad (4.21)$$

$$\eta_0 = \delta_1 \exp(\epsilon_1 C) \quad (4.22)$$

CMC gibi hidrokolloidlerin reolojik özellikleri sıcaklık ve konsantrasyona bağlı olduğundan, görünür viskoziteye her bir kayma hızı için, konsantrasyon ve sıcaklığın birlikte etkisini belirlemek amacıyla Eşitlik 4.20' deki η_0 yerine eşitlik 4.21 ve 4.22 yazılarak eşitlik 4.23-4.24 türetildi.

$$\eta_a = \delta(C)^{\epsilon} \exp(E_a/RT) \quad (4.23)$$

$$\eta_a = \delta_1 \exp(\epsilon_1 C) \exp(E_a/RT) \quad (4.24)$$

Eşitlik 4.23 ve 4.24 ile tarif edilen teorik modellerin parametrelerinin değerleri $\delta, \epsilon, \delta_1, \epsilon_1$ ve akış aktivasyon enerjisi E_a , farklı sıcaklık ve konsantrasyonlardaki görünür viskozite değerleri çoklu lineer regresyon ile eşitlik 4.23 ve 4.24' e uydurularak ve STATISTICA for Windows programı kullanılarak belirlendi. RMSE, MBE, MPE, χ^2 , EF gibi istatistiksel testler kullanılarak model denklemlerinin güvenilirliği araştırıldı. Sonuçlar Tablo 4.11 ve 4.12' de verilmiştir.

Tablo 4.11 Karboksimetil Selüloz Çözeltilerinin Görünür Viskozitesine Sıcaklık ve Konsantrasyonun Birlikte Etkisi (Eşitlik 4.23)

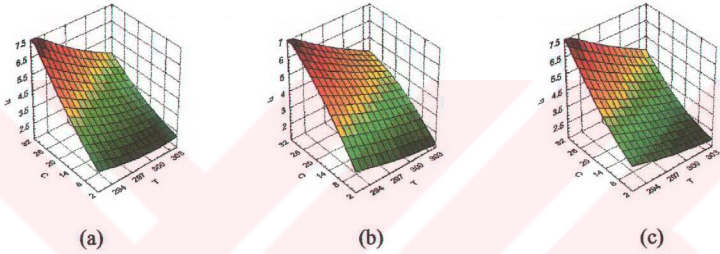
Rotor devir sayısı (dev/dk)	$\eta_a = \delta(C)^{\epsilon} \exp(E_a/RT)$								
	$\delta \times 10^7$ $\text{mPas}(\text{kg/m}^3)^{-\epsilon}$	ϵ [-]	E_a (J/mol)	r	MPE	MBE	RMSE	EF	χ^2
3	1.92994	0.631653	38290	0.9897	-0.66447	-0.01416	0.11083	0.9795	0.1198
6	5.15693	0.579464	35802	0.9853	-0.72600	-0.01392	0.08651	0.9967	0.1028
9	9.39673	0.547425	34296	0.9814	-0.69404	-0.01331	0.07351	0.9962	0.0965
12	14.5535	0.523934	33204	0.9776	-0.6414	-0.0127	0.06463	0.9957	0.0931
15	20.7169	0.505252	32326	0.9741	-0.5833	-0.0122	0.05807	0.9953	0.0909
18	27.6237	0.489702	31613	0.9706	-0.5252	-0.0117	0.05278	0.9949	0.0894
20	32.8556	0.480578	31185	0.9683	-0.4866	-0.0114	0.05005	0.9946	0.0886
25	47.4194	0.460999	30280	0.9628	-0.3951	-0.0107	0.04400	0.9941	0.0871
30	46.5026	0.444661	29523	0.9574	-4.5329	-0.1627	0.10921	0.9936	0.0860
35	84.3683	0.430691	28864	0.9521	-0.2308	-0.0097	0.03552	0.9931	0.0852
40	106.758	0.418385	28288	0.9469	-0.1566	-0.0093	0.03242	0.9927	0.0845
45	131.706	0.407379	27775	0.9418	-2.9118	-0.0950	0.08175	0.9923	0.0840
50	159.159	0.397460	27312	0.9368	-0.0221	-0.0085	0.02748	0.9919	0.0835
55	189.682	0.388262	26886	0.9318	-2.3242	-0.0732	0.07136	0.9916	0.0831
60	223.178	0.379969	26489	0.9269	0.0976	-0.0079	0.02365	0.9912	0.0826

Tablo 4.12 Karboksimetil Selüloz Çözeltilerinin Görünür Viskozitesine Sıcaklık ve Konsantrasyonun Birlikte Etkisi (Eşitlik 4.24)

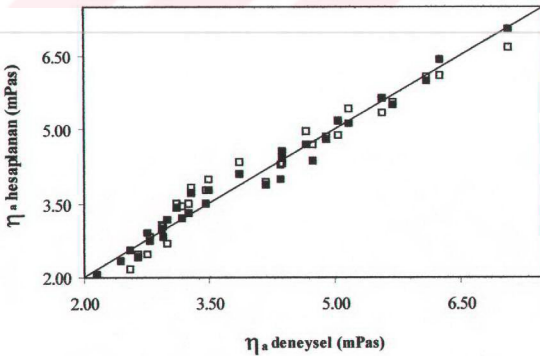
Rotor devir sayısı (dev/dk)	$\eta_a = \delta_1 \exp(\varepsilon_1 C) \exp(E_a/RT)$								
	$\delta_1 \times 10^7$ (mPas)	ε_1 (kg/m ³) ⁻¹	E_a (J/mol)	r	MPE	MBE	RMSE	EF	χ^2
3	5.58735	0.03785	38296	0.9865	1.25553	0.00897	0.08049	0.97321	0.15676
6	13.7844	0.03539	35752	0.9885	0.59587	0.00299	0.06169	0.99742	0.08113
9	23.8967	0.03386	34216	0.9891	0.31460	0.00056	0.05308	0.99776	0.05689
12	35.6641	0.03273	33103	0.9891	0.16129	-0.0007	0.04794	0.99790	0.04585
15	49.2663	0.03183	32211	0.9887	0.06851	-0.0016	0.04448	0.99794	0.03998
18	64.0512	0.03108	31486	0.9881	0.00931	-0.0021	0.04190	0.99792	0.03664
20	75.0449	0.03063	31052	0.9876	-0.0178	-0.0024	0.04030	0.99789	0.03518
25	104.8071	0.02967	30135	0.9859	-0.0586	-0.0029	0.03764	0.99777	0.03318
30	138.6321	0.0289	29321	0.9841	0.83179	0.00693	0.07328	0.99760	0.03246
35	176.9473	0.02818	28707	0.9821	-0.0779	-0.0034	0.03400	0.99741	0.03232
40	219.0529	0.02756	28128	0.9799	-0.0716	-0.0035	0.03264	0.99721	0.03255
45	264.9258	0.02701	27612	0.9776	0.59527	0.00520	0.06065	0.99699	0.03295
50	314.2984	0.02652	27150	0.9752	-0.0438	-0.0037	0.03063	0.99678	0.03346
55	368.2627	0.02606	26722	0.9727	0.48603	0.00445	0.05502	0.99656	0.03404
60	426.4827	0.02564	26327	0.9701	-0.0038	-0.0037	0.02923	0.99634	0.03462

Eşitlik 4.23 ve 4.24' ün sabitleri sadece incelenen sıcaklık ve konsantrasyon aralığında görünür viskoziteyi hesaplamak için kullanılabilir. Sabit kayma hızında görünür viskoziteye sıcaklık ve konsantrasyonun birlikte etkisini incelemek amacıyla eşitlik 4.23-24'den hesaplanan görünür viskozite değerleri ve deneysel görünür viskozite verileri kullanılarak yapılan istatistiksel testler sonucu tüm kayma hızlarında görünür viskoziteyi belirlemek için eşitlik 4.24'ün daha uygun olduğu Tablo 4.11-12' den görülmektedir. Eşitlik 4.24 için hesaplanan RMSE, EF, χ^2 gibi istatistiksel sonuçları eşitlik 4.23 için hesaplanan değerlerden daha uygundur. Fakat belirlenen istatistiksel test sonuçları, viskozitenin önemli olduğu uygulamalarda 5-

30 kg/m³ konsantrasyon ve 20-30 °C sıcaklık aralığında her iki eşitlik kullanılarak belirlenen sonuçların görünür viskozite verilerinden sapmasının güven sınırı içerisinde kalacağını göstermektedir. Bu sebeple görünür viskoziteyi belli bir yaklaşımla belirlemek için her iki eşitliğin de kullanılması önerilebilir. 15 dev/dk rotor devir sayısı için görünür viskozite verilerinin ve eşitlik 4.23-24 kullanılarak belirlenen görünür viskozite değerlerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişimi Şekil 4.43' de, hesaplanan değerler ve görünür viskozite verileri arasındaki ilişki Şekil 4.44' de verilmiştir.



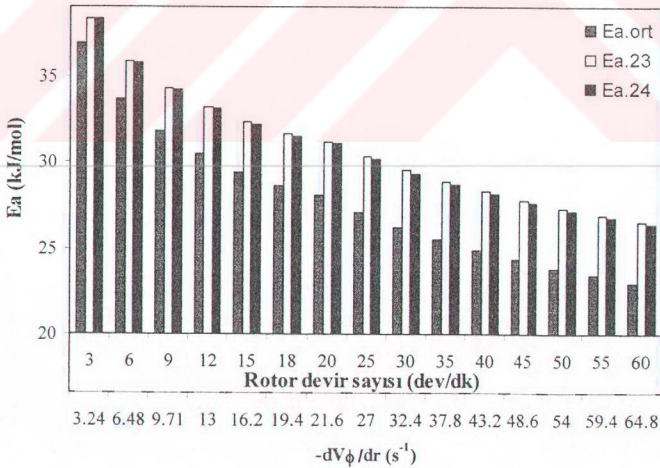
Şekil 4.43. 15 dev/dk rotor devir sayısında görünür viskozitenin sıcaklık ve konsantrasyonla değişimi (a) deneysel görünür viskozite değerleri (b) eşitlik 4-23 kullanılarak hesaplanan görünür viskozite değerleri (c) eşitlik 4-24 kullanılarak hesaplanan görünür viskozite değerleri



Şekil 4.44. Deneysel görünür viskozite değerlerinin hesaplanan görünür viskozite değerleri ile karşılaştırılması (eşitlik no: □ 23, ■ 24)

Tablo 4.11 ve 4.12' den görüldüğü gibi, sıcaklık ve konsantrasyonu birlikte içeren modellerdeki akış aktivasyon enerjisi değerlerinin Tablo 4.10' da verilen akış aktivasyon enerjilerinin en düşük ve en yüksek değerleri arasında kaldığı görülmektedir. Arrhenius eşitliğinin logaritmik şekli olan eşitlik (4.19)' dan grafiksel olarak belirlenen aktivasyon enerjilerinin aritmetik ortalama değerleri ve eşitlik 4.23-24' de model katsayısı olarak belirlenen akış aktivasyon enerjilerinin kayma hızı ile değişimi Şekil 4.45' de verilmiştir.

Şekil 4.45' den eşitlik 4.23 ve 4.24 için STATISTICA istatistik programı Hooke-Jeeves ve Quasi-Newton tahmin metodu kullanılarak belirlenen akış aktivasyon değerlerinin hemen hemen aynı olduğu görülmektedir. Arrhenius eşitliğinin logaritmik formu olan eşitlik (4.19)' dan hareketle grafiksel olarak belirlenen tüm konsantrasyon değerleri için bulunan akış aktivasyon enerjisi değerlerinin ortalaması olan ortalama aktivasyon enerjisi $E_{a,ort}$ değerlerinin ise tüm kayma hızı değerlerinde $E_{a,23}$ ve $E_{a,24}$ değerlerinden daha düşük olduğu



Şekil 4.45. Akış aktivasyon enerjisi-kayma hızı grafiği

görülmektedir. Bu fark; eşitlik 4.19 gereğince sabit konsantrasyonda akış aktivasyon enerjisinin değişimine sadece sıcaklığın etki etmesinden, eşitlik 4.23 ve 4.24'de ise E_a değerine hem sıcaklığın hem de konsantrasyonun birlikte etki etmesinden kaynaklanmaktadır.

Akışkanlık sabiti m' in sıcaklık ve konsantrasyonla değişimi Turian yaklaşımından hareketle aşağıdaki şekilde ifade edilir (Turian, 1964; Marcotte ve ark., 2001).

$$\log m = \log m_o - A_1 T \quad (4.25)$$

$$m = m_1 C^{m_2} \quad (4.26)$$

$$m = m_3 \exp(m_4 C) \quad (4.27)$$

Eşitlik (4.25)' deki $\log m_o$ ve A_1 sabitlerinin konsantrasyon ile değişimi aşağıdaki eşitlikler ile yazılabilir.

$$\log m_o = (\log m_o)_1 C^{(\log m_o)_2} \quad (4.28)$$

$$A_1 = A_{11} C^{A_{12}} \quad (4.29)$$

$$\log m_o = (\log m_o)_3 \exp((\log m_o)_4 C) \quad (4.30)$$

$$A_1 = A_{13} \exp(A_{14} C) \quad (4.31)$$

Eşitlik 4.28, 4.29, 4.30 ve 4.31 eşitlik 4.25' de yazılarak aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

$$\log m = (\log m_o)_1 C^{(\log m_o)_2} - A_{11} C^{A_{12}} T \quad (4.32)$$

$$\log m = (\log m_o)_1 C^{(\log m_o)_2} - A_{13} \exp(A_{14} C) T \quad (4.33)$$

$$\log m = (\log m_0)_3 \exp((\log m_0)_4 C) - A_{11} C^{A_{12}} T \quad (4.34)$$

$$\log m = (\log m_0)_3 \exp((\log m_0)_4 C) - A_{13} \exp(A_{14} C) \quad (4.35)$$

Akışkanlık indeksi n' in sıcaklık ve konsantrasyon ile değişimi Turian yaklaşımından hareketle aşağıdaki şekilde ifade edilir (Turian, 1964).

$$n = n_0 + A_2 T \quad (4.36)$$

$$n = n_1 C^{n_2} \quad (4.37)$$

$$n = n_3 \exp(n_4 C) \quad (4.38)$$

Eşitlik (4.36)'deki n_0 ve A_2 sabitlerinin konsantrasyon ile değişimi aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$n_0 = n_{01} C^{n_{02}} \quad (4.39)$$

$$n_0 = n_{03} \exp(n_{04} C) \quad (4.40)$$

$$A_2 = A_{21} C^{A_{22}} \quad (4.41)$$

$$A_2 = A_{23} \exp(A_{24} C) \quad (4.42)$$

Eşitlik 4.39, 4.40, 4.41 ve 4.42 eşitlik 4.36' da yazılarak aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

$$n = n_{01} C^{n_{02}} + A_{21} C^{A_{22}} T \quad (4.43)$$

$$n = n_{01} C^{n_{02}} + A_{23} \exp(A_{24} C) T \quad (4.44)$$

$$n = n_{03} \exp(n_{04}C) + A_{21}C^{A_{22}}T \quad (4.45)$$

$$n = n_{03} \exp(n_{04}C) + A_{23} \exp(A_{24}C)T \quad (4.46)$$

Hooke-Jeeves ve Quasi-Newton tahmin yöntemi kullanılarak $(\log m_o)_1$, $(\log m_o)_2$, $(\log m_o)_3$, $(\log m_o)_4$, A_{11} , A_{12} , A_{13} , A_{14} , n_{01} , n_{02} , n_{03} , n_{04} , A_{21} , A_{22} , A_{23} , A_{24} katsayıları belirlendi. Sonuçlar Tablo 4.13 ve 4.14’ de, $\log m$ -T ilişkisi Şekil 4.46’ de verilmiştir.

Akışkanlık sabiti m' i ampirik olarak belirlemek amacıyla sıcaklık ve konsantrasyonun fonksiyonu olarak türetilen eşitlik 4.32-4.35 içerisinde eşitlik 4.32’ nin en iyi regresyon katsayısına sahip olduğu Tablo 4.13’ de görülmektedir.

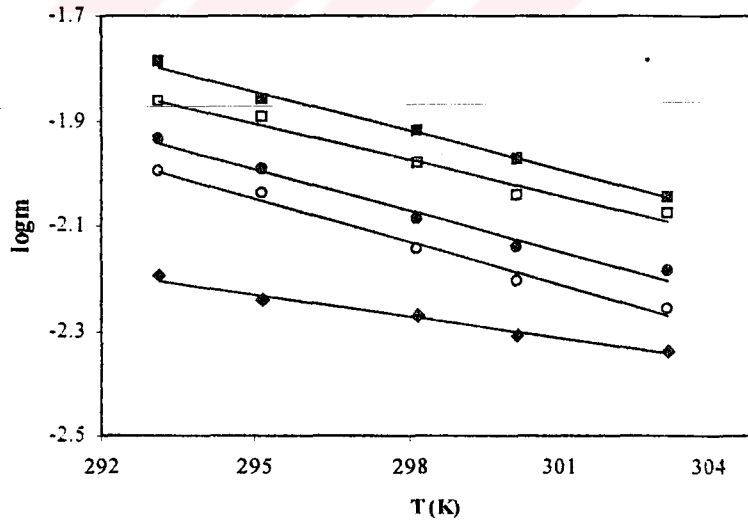
Tablo 4.13. Eşitlik 4.32-35 için model katsayıları

Eşitlik No	Katsayı		Eşitlik No	Katsayı	
4.32	$(\log m_o)_1$	3.125966	4.33	$(\log m_o)_1$	0.128304
	$(\log m_o)_2$	1.149044		$(\log m_o)_2$	0.331356
	A_{11}	0.196618		A_{13}	0.008898
	A_{12}	0.057355		A_{14}	-0.004720
	r	0.9889		r	0.9186
4.34	$(\log m_o)_3$	0.371939	4.35	$(\log m_o)_3$	-2.37611
	$(\log m_o)_4$	-0.080293		$(\log m_o)_4$	-0.007205
	A_{11}	0.012962		A_{13}	18945.00
	A_{12}	-0.199666		A_{14}	-1.83340
	r	0.9132		r	0.8256
$(\log m_o)_1: (\text{kg/m}^3)^{-(\log m_o)_2}$, $(\log m_o)_2: [-]$, $A_{11}: (\text{kg/m}^3)^{-A_{12}}\text{K}^{-1}$, $A_{12}: [-]$, $(\log m_o)_3: [-]$, $(\log m_o)_4: (\text{kg/m}^3)^{-1}$, $A_{13}: [-]$, $A_{14}: (\text{kg/m}^3)^{-1}$					

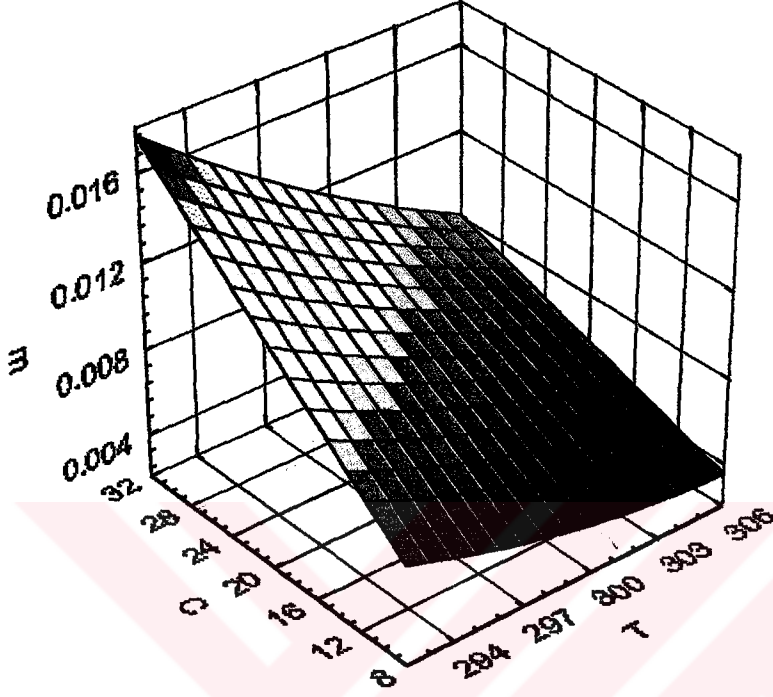
Tablo 4.14. Eşitlik 4.43-46 için model katsayıları

Eşitlik No	Katsayı		Eşitlik No	Katsayı	
4.43	n_{01}	1.716942	4.44	n_{01}	0.000017
	n_{02}	-0.734957		n_{02}	2.548727
	A_{21}	0.001000		A_{23}	0.002906
	A_{22}	0.198574		A_{24}	-0.010925
	r	0.9417		r	0.9561
4.45	n_{03}	0.003422	4.46	n_{03}	0.005924
	n_{04}	0.086726		n_{04}	0.092471
	A_{21}	0.003445		A_{23}	0.002837
	A_{22}	-0.121816		A_{24}	-0.009796
	r	0.9625		r	0.9513
$n_{01}:(\text{kg/m}^3)^{-n_{02}}, n_{02}:[-], A_{21}:(\text{kg/m}^3)^{-A_{22}} \text{K}^{-1}, A_{22}:[-],$ $A_{23}:\text{K}^{-1}, A_{24}:(\text{kg/m}^3)^{-1}, n_{03}:[-], n_{04}:(\text{kg/m}^3)^{-1}$					

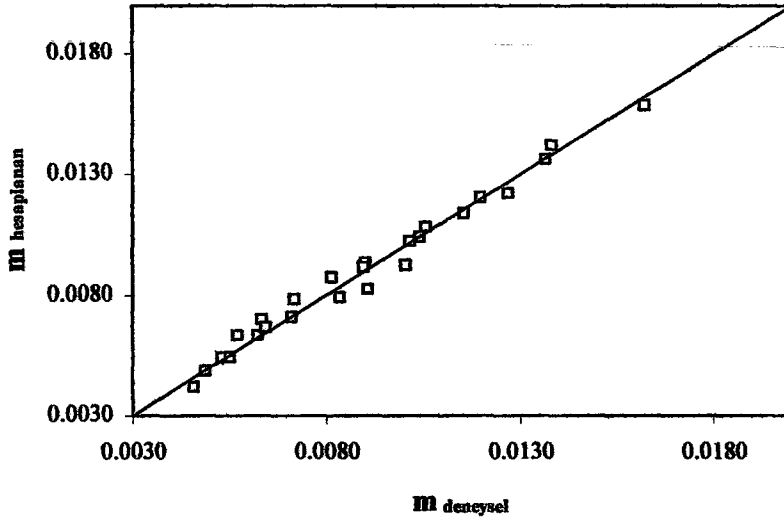
Akışkanlık indeksi n 'i ampirik olarak belirlemek amacıyla sıcaklık ve konsantrasyonun fonksiyonu olarak türetilen eşitlik 4.43-4.46 içerisinde eşitlik 4.45' in en iyi regresyon katsayısına sahip olduğu Tablo 4.14' de görülmektedir.

**Şekil 4.46.** log m-T ilişkisi (C (kg/m³): ♦ 10, ○ 15, ● 20, □ 25, ■ 30)

Eşitlik 4.32 kullanılarak $10\text{-}30\text{ kg/m}^3$ konsantrasyon aralığında ve $293.15\text{-}303.15\text{ K}$ sıcaklık aralığında belirlenen m değerlerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişimi Şekil 4.47’ de, deneysel ve hesaplanan n değerleri arasındaki ilişki Şekil 4.48’ de verilmiştir.



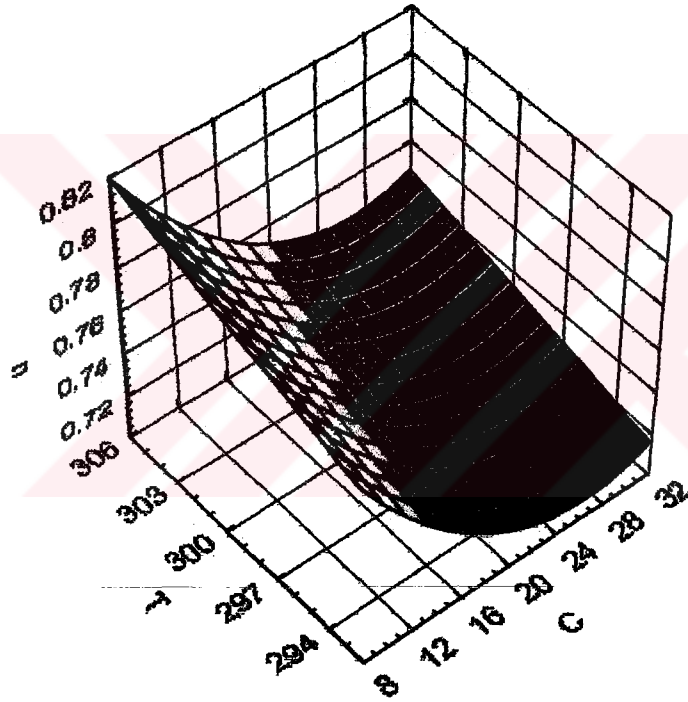
Şekil 4.47. Eşitlik 4.32 kullanılarak hesaplanan m değerlerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişimi



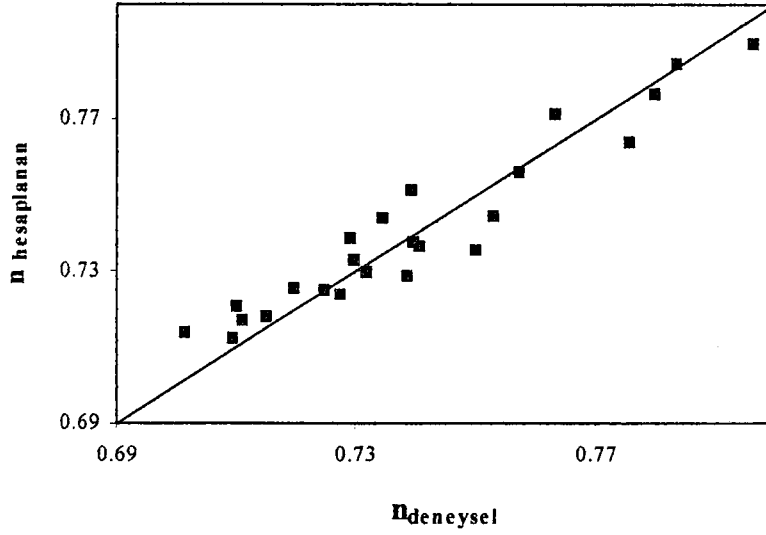
Şekil 4.48. Deneysel m değerlerinin eşitlik 4.32 kullanılarak hesaplanan m değerleri ile karşılaştırılması.

Şekil 4.48 ' den hesaplanan akışkanlık sabiti m değerlerinin deneysel veriler kullanılarak belirlenen m' den çok az saptığı ve iyi bir dağılım olduğu görülmektedir. Eşitlik 4.32, incelenen sıcaklık ve konsantrasyon aralığında m değerlerinin tahmini için kullanılabilir.

Eşitlik 4.45 kullanılarak $10\text{-}30\text{ kg/m}^3$ konsantrasyon aralığında ve $293.15\text{-}303.15\text{ K}$ sıcaklık aralığında belirlenen n değerlerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişimi Şekil 4.49' da, deneysel ve hesaplanan n değerleri arasındaki ilişki Şekil 4.50' de verilmiştir.



Şekil 4.49. Eşitlik 4.45 kullanılarak hesaplanan n değerlerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişimi



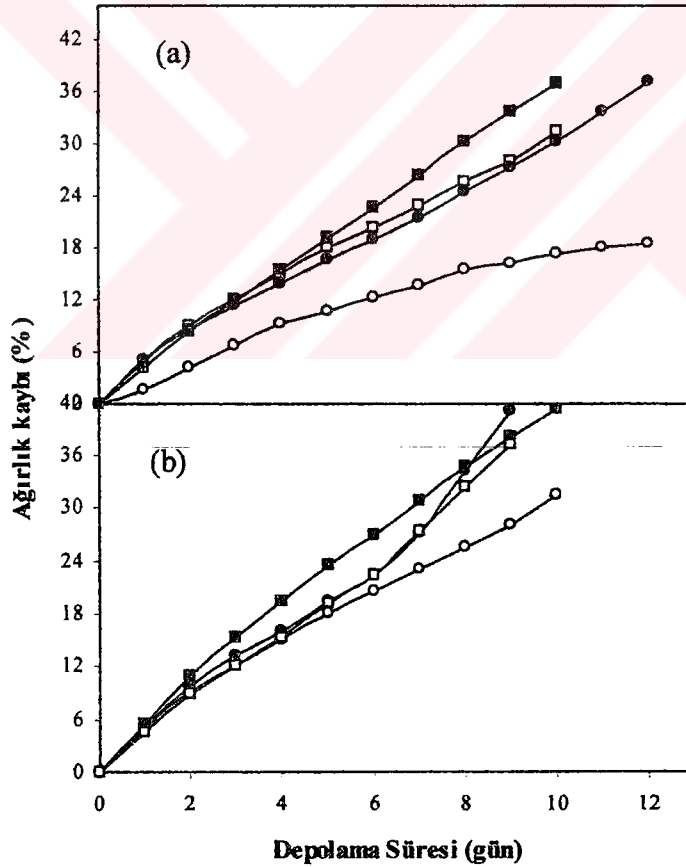
Şekil 4.50. Deneyisel n değerlerinin eşitlik (4.45) kullanılarak hesaplanan n değerleri ile karşılaştırılması.

5 kg/m³' lük karboksimetil selüloz çözeltisi için belirlenen akışkanlık indeksi değerleri hemen hemen tüm sıcaklıklarda 0.8' den daha büyük değerler almaktadır. Bu sebeple; eşitlik 4.45, 10-30 kg/m³ konsantrasyon ve 20-30 °C sıcaklık aralığında, akışkanlık indeksi n değerlerinin ampirik olarak belirlenmesinde kullanılabilir.

4.9. Kaplama Filmleri İle Kaplanan Şeftalilere Ait Bulgular

4.9.1. % Ağırlık Kaybı

Bu çalışmada amaç film emülsiyonlarının meyve üzerine doğrudan etkisini belirlemek olduğu için depolama sıcaklığı ve depo bağıl nemi sabit tutulmuştur. Farklı oranlarda su, hidrofob madde olarak parafin mumu, balmumu ve soya yağı, emülgatör olarak emülgin PE, trietanolamin, oleik asit ve sodyum oleat, hidrofil polimer olarak da şeker pancarı selülozundan elde edilen karboksimetil selüloz içeren, bileşimleri Bölüm 3.2.10' da verilen altı farklı emülsiyonla kaplı ve kaplamasız şeftalide ölçülen ağırlık kayıpları, kaplama filmindeki % karboksimetil selüloz içeriği de dikkate alınarak Şekil 4.51' de verilmiştir.



Şekil 4.51. Film emülsiyonları ile kaplı şeftalilerde depolama süresiyle ağırlık kaybının değişimi (a) Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4 (Film Emülsiyonu: ■ A, □ K, ● E, ○ C) (b) Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1 (Film Emülsiyonu: ■ B, □ F, ● D, ○ K)

Şekil 4.51' den görüldüğü gibi film emülsiyonlarında hidrofil polimer olarak kullanılan karboksimetil selüloz oranındaki artış ile % ağırlık kaybı artmıştır. Hidrofil polimer olarak % 0.4' lük karboksimetil selülozun kullanıldığı emülsiyonlarda, en hızlı ağırlık kaybı A film emülsiyonu ile kaplı şeftalilerde meydana gelirken, C film emülsiyonu ile kaplı şeftalilerin ağırlık kaybı hızları kaplanmamış referans şeftalilerden düşük, E film emülsiyonu ile kaplı şeftalilerin ağırlık kaybı hızları kaplanmamış referans şeftaliler ile hemen hemen aynıdır. Hidrofil polimer olarak % 1.1' lik karboksimetil selülozun kullanıldığı emülsiyonlarda, tüm emülsiyonlar ile kaplı şeftalilerin ağırlık kaybı hızları kaplanmamış şeftalilerden daha yüksektir. Kaplamasız şeftalilerde, 10 günlük depolama süresi sonunda toplam ağırlık kaybı % 31.33 dür. % 0.4 karboksimetil selüloz içeren A, C, E emülsiyonları ile kaplı şeftalilerde 10 günlük depolama süresi sonunda bu değerler, % 36.97, % 17.26, % 30.22' dir. % 1.1 karboksimetil selüloz kullanılan B, D, F emülsiyonları ile kaplı şeftalilerde ise sırasıyla % 41.24, % 40.96, % 37.03' dir. Bileşimleri Bölüm 3.2.10' da verilen ve A, B, C, D, E, F olarak kodlanan emülsiyonlarla kaplı ve kontrol amacıyla aynı koşullarda muhafaza edilen kaplanmamış şeftalilerde sırasıyla 11, 11, 13, 10, 13, 10, 11. günlerde analiz örneklerinde mikrobiyolojik bozulma gözlenmiştir. Sadece ağırlık kaybı bakımından değerlendirildiği zaman, C film emülsiyonu en uygun emülsiyon olarak görülmektedir. Fakat bu çalışmadaki depolama koşullarında meyvede mikrobiyolojik bozulma süresini artırma bakımından fazlaca bir katkı sağlamadığı, kaplamasız şeftalilere göre C emülsiyonu ile kaplı şeftalilerin 2 gün daha geç mikrobiyolojik bozulmaya uğradıkları görülmektedir. Ağırlık kaybı ve mikrobiyolojik bozulma süreleri dikkate alınarak, 25 °C ve % 75 bağıl nem ortamında düşük sıcaklık ve yüksek nem içeriğine sahip depolama koşullarında C film emülsiyonunun hem ağırlık kaybı hem de toplam depolama süresi bakımından şeftalilerin su kaybını önlemede olumlu etki sağladığı sonucu çıkarılabilir.

Dehidratasyon nedeniyle şeftalilerin ağırlığında meydana gelen değişimi ampirik olarak ifade etmek amacıyla, kurutma modellerinin modifiye edilmesi ile elde edilen 4.45-52' deki eşitliklerin katsayıları Hooke-Jeeves ve Quasi-Newton tahmin yöntemi kullanılarak belirlendi.

Model	Araştırmacı	
$\%WL = \exp(k.t)$ ($k:s^{-1}$, $t:s$)	Newton (O'Callaghan ve ark.,1971; Liu ve Bakker-Arkema , 1997)	(4.45)
$\%WL = k.t$ ($k:s^{-1}$, $t:s$)	Lineer	(4.46)
$\%WL = \exp(k.t^n)$ ($k:s^{-n}$, $t:s$, $n[-]$)	Page (Zhang ve Litchfield, 1991; Karathanos 1999)	(4.47)
$\%WL = \exp((k.t)^n)$ ($k:s^{-n}$, $t:s$, $n[-]$)	Modifiye Page (Overhults ve ark.,1973; Yıldız ve ark., 2001)	(4.48)
$\%WL = n.\exp(k.t)$ ($k:s^{-1}$, $t:s$, $n[-]$)	Henderson ve Pabis (Westerman ve ark., 1973; Chhinnann,1984)	(4.49)
$\%WL = n.\exp(k.t) + m$ ($k:s^{-1}$, $t:s$, $n[-]$, $m[-]$)	Logaritmik (Yagcıoğlu ve ark.,1999;Yıldız ve Ertekin, 2001)	(4.50)
$\%WL = n.\exp(k_0.t) + m.\exp(k_1.t)$ ($k_0:s^{-1}$, $t:s$, $n[-]$, $m[-]$, $k_1:s^{-1}$)	İki terimli (Henderson,1974; Rahman ve ark.,1998)	(4.51)
$\%WL = k_0 + k_1.t + k_2.t^2 + k_3.t^3$ ($k_0: [-]$, $k_1:s^{-1}$, $k_2:s^{-2}$, $k_3:s^{-3}$)	Polinom (Toğrul, 2001)	(4.52)

Zamanla % ağırlık kaybının (%WL) değişimini ifade eden eşitlikler ve eşitliklerdeki katsayılar Tablo 4.15' de verilmiştir.

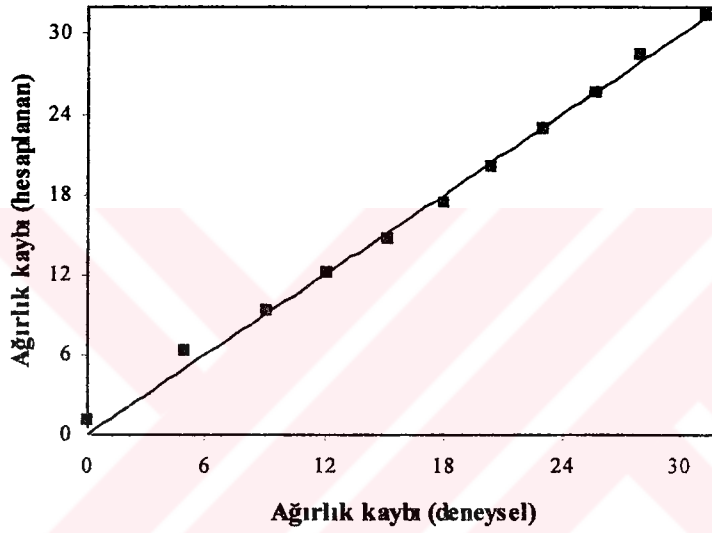
Tablo 4.15' den görüldüğü gibi, dehidratasyon nedeniyle seftalilerin ağırlığında meydana gelen değişim en iyi Page ve modifiye edilmiş Page modellerine uymaktadır.

Tablo 4.15. Şeftali için Modifiye Edilmiş Kurutma Modellerinin Katsayıları

Model	kod	Model Katsayıları				r
%WL=exp(k.t)		k				
	K	0.367578				0.49342
	A	0.384912				0.64947
	B	0.398100				0.46897
	C	0.268032				0.54139
	D	0.430859				0.78222
	E	0.321339				0.58400
%WL= k.t		k				
	K	3.279018				0.98630
	A	3.772125				0.99935
	B	4.360982				0.99360
	C	1.770081				0.97225
	D	4.174395				0.98942
	E	3.110800				0.99361
%WL=exp(k.t ⁿ)		k	n			
	K	1.848823	0.270305			0.99789
	A	1.771244	0.312472			0.99772
	B	2.036823	0.264802			0.99799
	C	1.428665	0.29777			0.98203
	D	1.658066	0.362738			0.99582
	E	1.738236	0.293958			0.99932
%WL=exp ((k.t) ⁿ)		k	n			
	K	9.681309	0.270508			0.99789
	A	6.231337	0.312468			0.99772
	B	14.73188	0.264608			0.99799
	C	3.302453	0.298056			0.98203
	D	4.004764	0.363433			0.99582
	E	6.588844	0.293955			0.99932
%WL=n.exp(k.t)		k	n			
	K	0.157810	6.964236			0.95313
	A	0.177635	6.854074			0.96399
	B	0.164680	8.771113			0.95604
	C	4.778049	0.124901			0.92024
	D	0.217927	5.918446			0.98256
	E	0.141942	7.229556			0.97056
%WL=nexp(k.t)+m		k	n	m		
	K	0.006558	435.9147	-433.503		0.99380
	A	0.108510	321.0819	-320.146		0.99929
	B	0.006041	651.4357	-649.123		0.99674
	C	0.07213	210.3528	-208.708		0.97912
	D	0.090854	29.83417	-27.6564		0.99430
	E	0.014409	184.5602	-182.359		0.99719
%WL=n.exp(k ₀ .t)+ m. exp(k ₁ .t)		k ₀	k ₁	n	m	
	K	0.348579	0.090158	-12.8133	12.7972	0.99988
	A	0.177635	0.177635	1.378122	5.74595	0.96399
	B	0.164695	0.164695	2.468929	6.27105	0.95604
	C	0.124904	0.124894	2.567276	2.210841	0.92024
	D	-2.34938	0.203848	-6.82866	6.61844	0.99712
	E	0.141942	0.141942	3.354654	3.87490	0.97056
%WL=k ₀ +k ₁ .t+ k ₂ .t ² +k ₃ .t ³		k ₀	k ₁	k ₂	k ₃	
	K	5.315818	0.520176	0.548683	-0.0351	0.98011
	A	2.675380	1.261886	0.588450	-0.0380	0.99593
	B	-0.42660	6.328476	-0.39762	0.01855	0.99981
	C	-0.398794	2.541593	-0.006008	-0.001728	0.99906
	D	1.391539	4.772758	-0.50625	0.05165	0.99864
	E	0.080387	4.795595	-0.35586	0.31459	0.99958
	F	0.108779	0.000002	-0.37392	0.03338	0.96957

Kaplamasız şeftali için Page modeli kullanılarak hesaplanan % ağırlık kayıpları ve deneysel olarak belirlenen ağırlık kayıpları arasındaki ilişki Şekil 4.52’de görülmektedir.

Ağırlık kaybının büyük bir kısmını depolama sırasında meyveden transfer olan su, çok az bir kısmını ise solunumla parçalanın karbonhidratlar nedeniyle oluşan su oluşturmaktadır. Zamanla oluşan bu kayıp film kaplaması ile kısmen azaltılırken tamamen önlenememektedir.

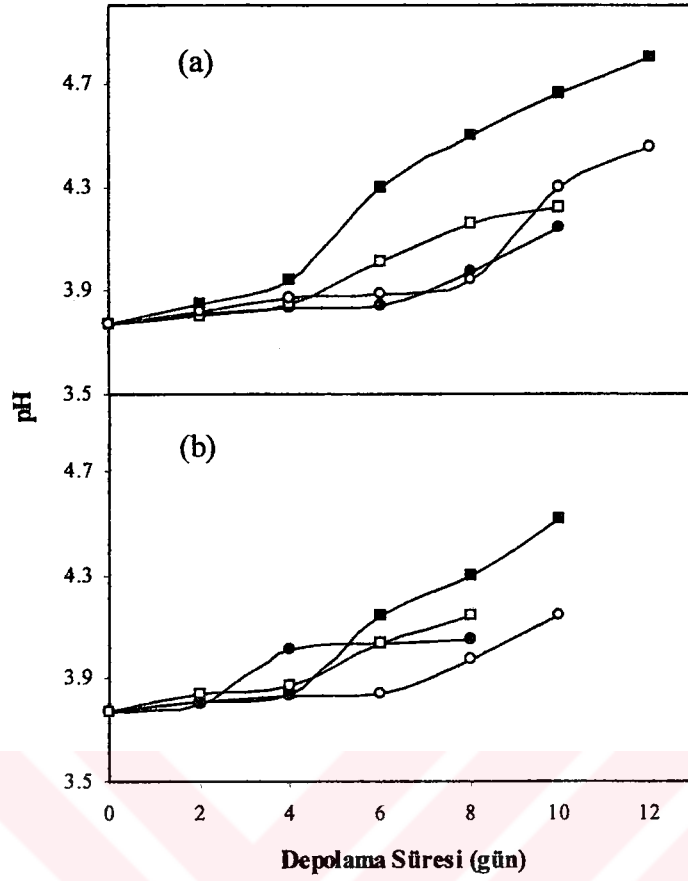


Şekil 4.52. Kaplamasız şeftali için Page modeli kullanılarak hesaplanan ağırlık kayıpları ve deneysel olarak belirlenen ağırlık kayıplarının karşılaştırılması.

4.9.2. pH Değerleri

6 farklı film emülsiyonu ile kaplanan ve kontrol amacıyla aynı ortamda kaplamasız olarak muhafaza edilen şeftalilerde gün aşırı yapılan analizlerde depolama süresi ile meyve sularının pH’ının değişimi Şekil 4.53’de verilmiştir.

Başlangıçta irilik, renk ve olgunluk bakımından bir örnek olacak şekilde seçilen şeftaliler arasında dört farklı meyve seçildi. Seçilen 4 meyve ayrı ayrı sıkılarak sırayla pH değerleri belirlendi. Belirlenen pH değerlerinin aritmetik



Şekil 4.53. Film emülsiyonları ile kaplı şeftalilerde depolama süresiyle pH'nın değişimi
 (a) Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4 (Film Emülsiyonu: ■ C, □ A, ● K, ○ E)
 (b) Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1 (Film Emülsiyonu: ■ B, □ F, ● D, ○ K)

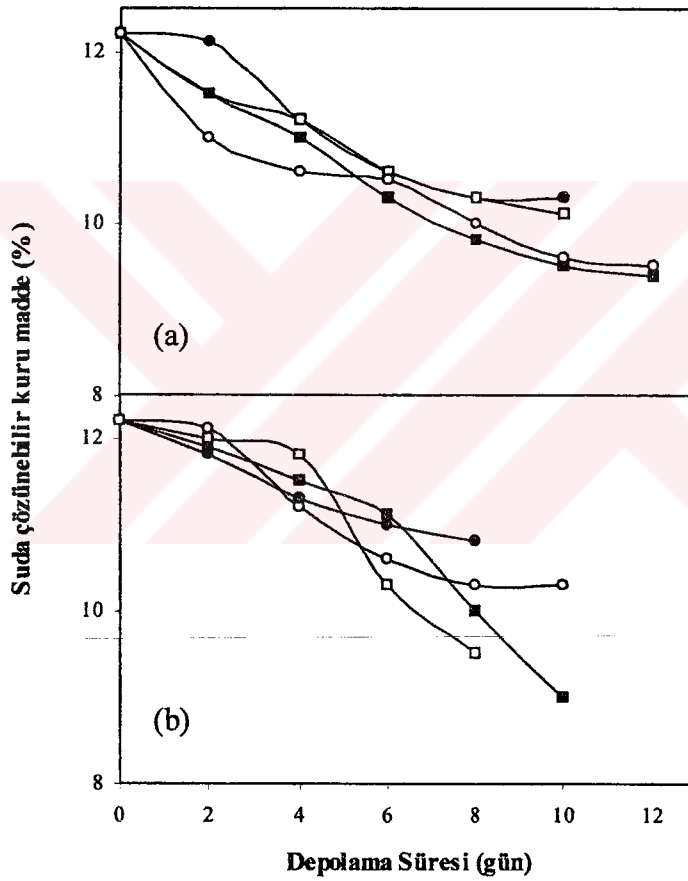
ortalaması olan 3.77 değeri taze şeftali örneklerinin başlangıç pH değeri olarak kabul edildi.

Depolama süresince tüm örneklerin pH değerlerinde kontrol örneklerine kıyasla bir artış gözlenmiştir. 8 günlük depolama süresi sonunda kontrol ve A, B, C, D, E, F film emülsiyonları ile kaplı şeftalilerde pH değerleri sırasıyla 3.97, 4.16, 4.3, 4.5, 4.05, 3.94, 4.14 değerlerine ulaşmıştır. Kaplama filmlerinin kullanılmasındaki amaç ağırlık kayıplarını minimize etmek kadar, meyve bileşiminin başlangıç değerlerinden sapmasını önlemektir. Ağırlık kaybı bakımından C emülsiyonu ile kaplı meyvelerde en iyi sonuç elde edilmesine rağmen, pH değerinde en yüksek artış C emülsiyonu ile kaplı meyvelerde görülmektedir. C emülsiyonunun bileşiminde hidrofob madde olarak balmumu, emülgatör olarak trietanolamin ve oleik asit, hidrofil polimer olarak da şeker pancarı selülozundan elde edilen karboksimetil

selüloz bulunmaktadır. C emülsiyonunun kullanımı ile asitler parçalanarak miktarları azalır ve bu da pH değerinde yükselmeye neden olur.

4.9.3. Suda Çözünabilir Kuru Madde Miktarı

6 farklı film emülsiyonu ile kaplanan ve kontrol amacıyla aynı ortamda kaplamasız olarak muhafaza edilen şeftalilerden elde edilen meyve sularında gün aşırı yapılan analizlerde depolama süresiyle suda çözünabilir kuru madde miktarının değişimi Şekil 4.54' de verilmiştir.



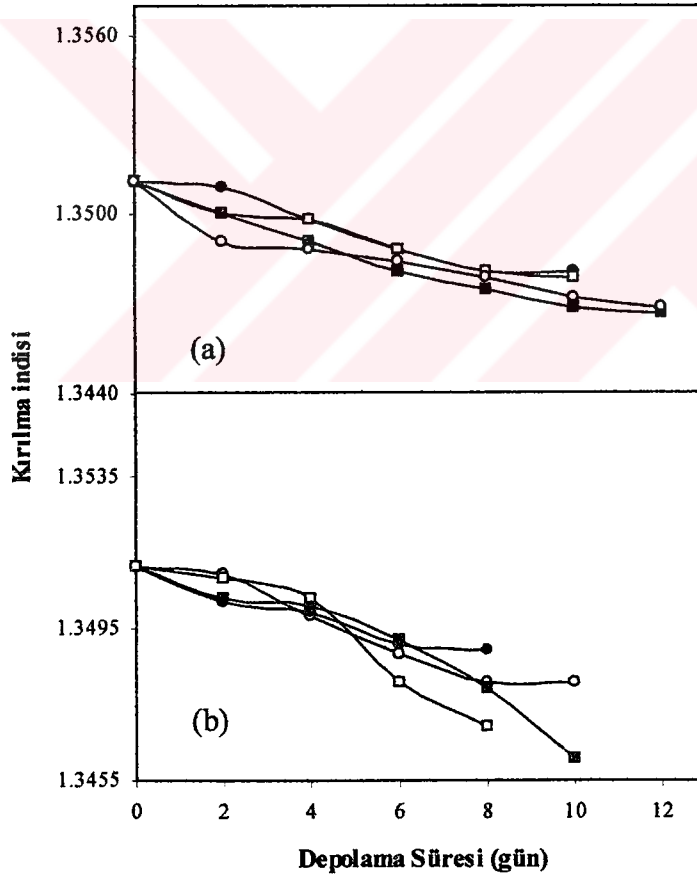
Şekil 4.54. Film emülsiyonları ile kaplı şeftalilerde depolama süresiyle suda çözünabilir kuru madde miktarının değişimi (a) Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4 (Film Emülsiyonu: ■ C, □ A, ● K, ○ E) (b) Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1 (Film Emülsiyonu: ■ B, □ F, ● D, ○ K)

Başlangıçta % 12.2 olan suda çözünabilir kuru madde miktarında depolama süresince bir azalma gözlenmektedir. Bu artışa, solunum sonucu oluşan su, büyük

moleküllü karbonhidratların şekerlere parçalanması, proteinlerin kısmi hidrolizi, glikozitlerin alt birimlerine ayrılması suda çözünabilir kuru madde miktarında azalmaya neden olabilir. 8 günlük depolama süresi sonunda suda çözünabilir kuru madde miktarındaki en az azalma hidrofil polimer olarak % 1.1' lik CMC kullanılan D film emülsiyonu ile kaplı şeftalilerde gözlenmiştir.

4.9.4. Kırılma İndisi

6 farklı film emülsiyonu ile kaplanan ve kontrol amacıyla aynı ortamda kaplamasız olarak muhafaza edilen şeftalilerde elde edilen meyve sularında gün aşırı yapılan analizlerde depolama süresiyle kırılma indisinin değişimi Şekil 4.55' de verilmiştir.

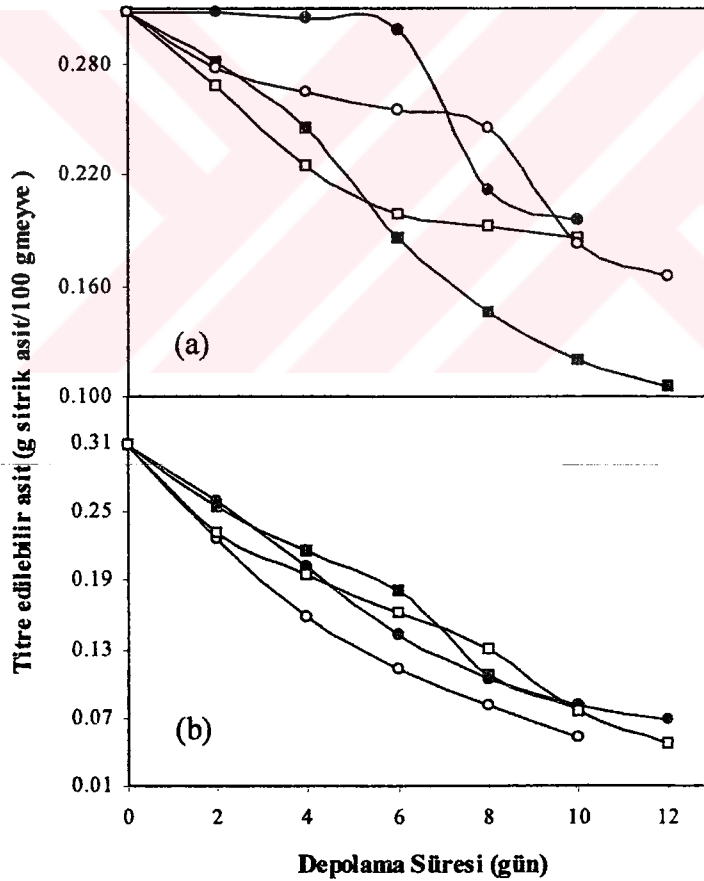


Şekil 4.55. Film emülsiyonları ile kaplı şeftalilerde depolama süresiyle kırılma indisinin Değişimi (a) Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4 (Film Emülsiyonu: ■ C, □ A, ● K, ○ E) (b) Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1 (Film Emülsiyonu: ■ B, □ F, ● D, ○ K)

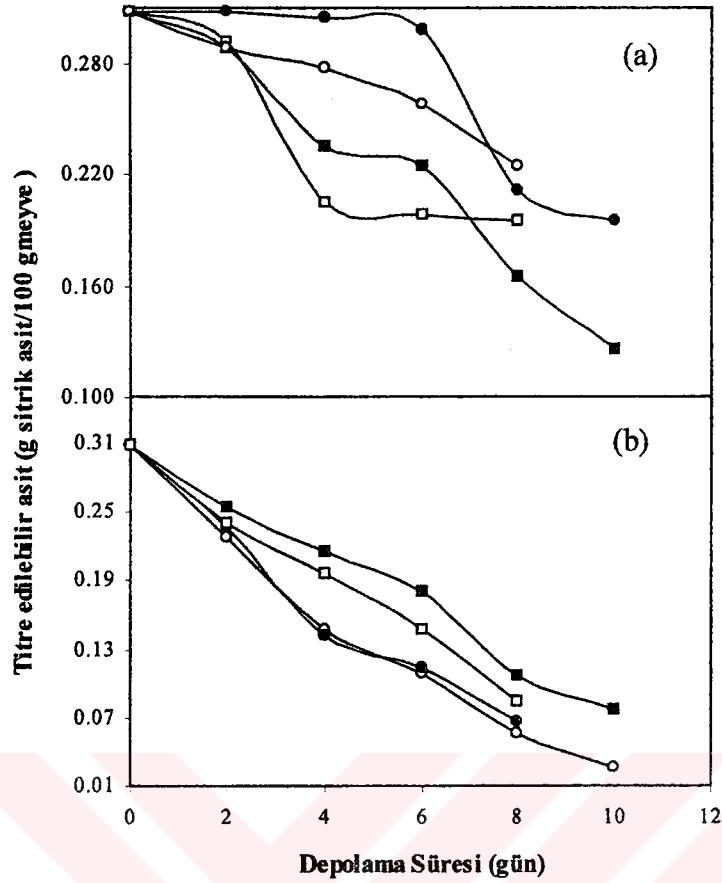
Suda çözünebilir kuru madde miktarının azalmasına bağlı olarak meyve suyunun kırılma indisi de tüm örneklerde depolama süresince düşmektedir.

4.9.5. Titre Edilebilir Asit Miktarı

6 farklı film emülsiyonu ile kaplanan ve kontrol amacıyla aynı ortamda kaplamasız olarak muhafaza edilen şeftalilerden elde edilen meyve sularında gün aşırı yapılan analizlerde titre edilebilir asit miktarı sitrik asit cinsinden g sitrik asit/100 g meyve olarak ağırlık kaybı hesaba katılarak ve katılmayarak belirlendi. Sonuçlar Şekil 4.56 ve 4.57' de verilmiştir.



Şekil 4.56. Film emülsiyonları ile kaplı şeftalilerde depolama süresiyle titre edilebilir asitliğin değişimi (Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4)
 (a) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan (Film Emülsiyonu: ■ C, □ A, ● K, ○ E)
 (b) Ağırlık kaybı hesaba katılarak (Film Emülsiyonu: ■ K, □ E, ● C, ○ A)



Şekil 4.57. Film emülsiyonları ile kaplı şeftalilerde depolama süresiyle titre edilebilir asitliğin değişimi (Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1)
 (a) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan (Film Emülsiyonu: ■ B, □ D, ● K, ○ F)
 (b) Ağırlık kaybı hesaba katılarak (Film Emülsiyonu: ■ K, □ F, ● D, ○ B)

Ağırlık kaybı hesaba katılmadan yapılan hesaplamalarda, titre edilebilir asitlik ile pH değerleri arasında ters orantılı bir ilişki gözlenmiştir. Sadece oksijen transferinin etkisini görmek amacıyla ağırlık kaybı hesaba katılarak yapılan hesaplamalar kullanılarak çizilen grafiklerdeki değerler kıyaslanmıştır.

Ağırlık kaybı hesaba katıldığında, 10 günlük depolama süresi sonunda titre edilebilir asit miktarındaki % azalma, kontrol ve A, B, C, E emülsiyonları ile kaplı şeftalilerde sırasıyla 75, 82.79, 91.88, 74, 75.32 dir. Hidrofil polimer olarak % 1.1' lik CMC kullanılan B, D ve F emülsiyonları ile kaplı şeftalilerde 8 günlük depolama süresi sonunda titre edilebilir asitlik miktarları kontrol örneklerinden daha düşük çıkmıştır. Depolama süresi sonuna doğru, D ve F emülsiyonu ile kaplı şeftalilerdeki titre edilebilir asit kaybı ile kaplanmamış şeftalilerdeki titre edilebilir asit kaybı

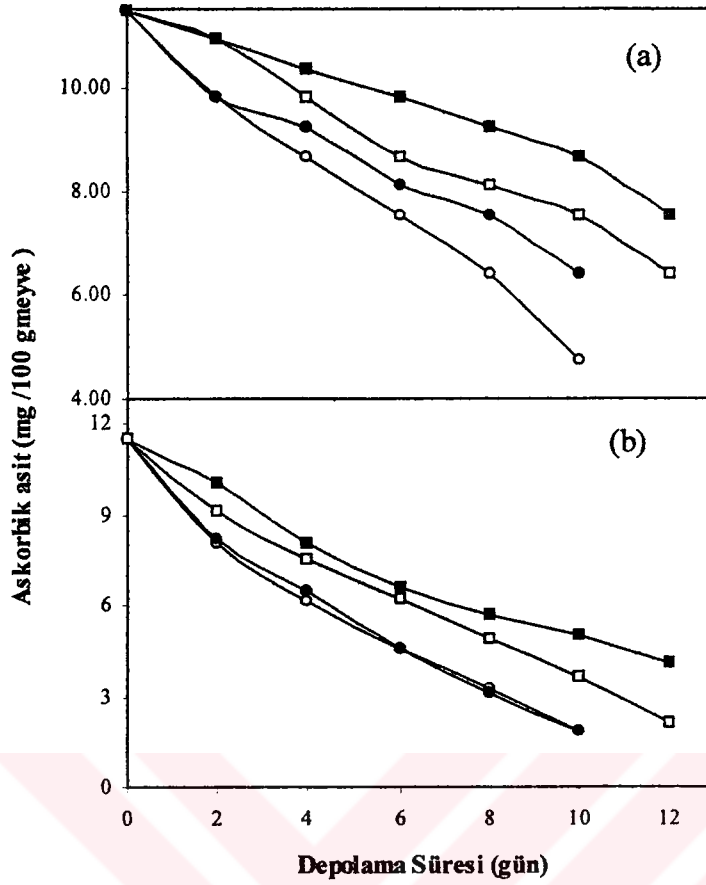
arasında 2 günlük farkın oluştuğu saptanmıştır. şekil 4.56 ve 4.57' den g r ld ğu gibi, ağırlık kaybı hesaba katılarak yapılan hesaplamada, 10 günlük depolama süresi sonunda titre edilebilir asitlik miktarında en az azalma C film emülsiyonu ile kaplı şeftalilerde gözlenmiştir.

Film emülsiyonlarının bileşimleri dikkate alındığu zaman bileşimdeki karboksimetil selüloz miktarı artıkça titre edilebilir asitlik miktarındaki kayıp artmaktadır. Bu durum, meyvelerde mevcut asitlerin solunum ile parçalanması ve şekere dönüşmesi ile miktarlarındaki azalmalardan ileri gelmektedir.

4.9.6. Askorbik Asit Miktarı

6 farklı film emülsiyonu ile kaplanan ve kontrol amacıyla aynı ortamda kaplamasız olarak muhafaza edilen şeftalilerden elde edilen meyve sularında gün aşırı yapılan analizlerde askorbik asit miktarı mg askorbik asit/ 100 g meyve olarak ağırlık kaybı hesaba katılarak ve katılmayarak belirlendi. Sonuçlar şekil 4.58 ve 4.59' da verilmiştir.

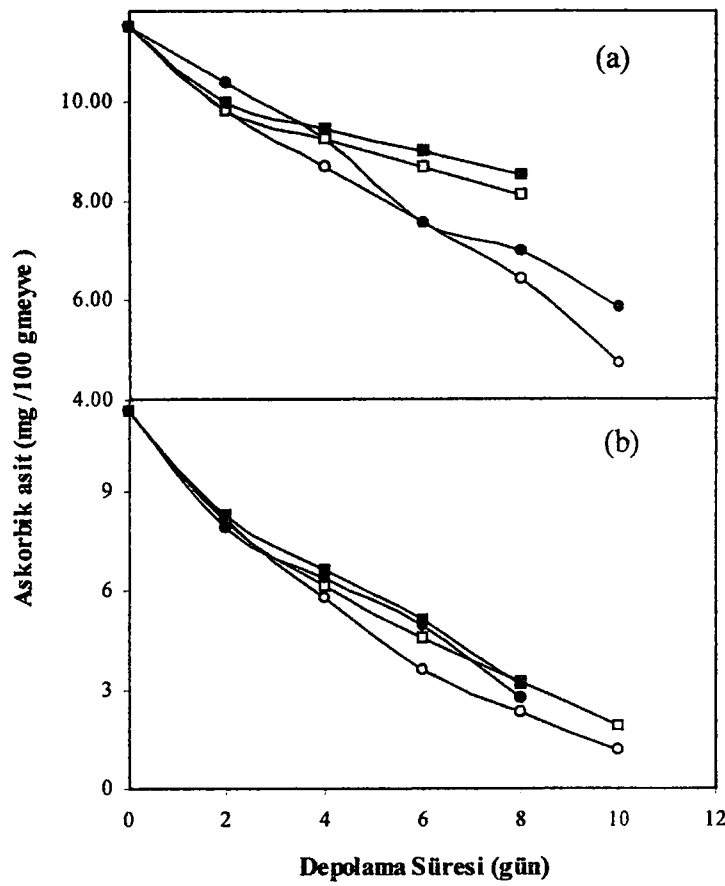
Solunumla meyve bünyesine giren oksijen miktarı artmakta, bu da askorbik asidi y ksetgeyerek miktarının azalmasına neden olmaktadır. Ağırlık kaybı hesaba katılmadan yapılan hesaplamalarda, hidrofob madde olarak soya yağı içeren E film emülsiyonları ile kaplı şeftalilerde meydana gelen askorbik asit azalması balmumu kullanılan C film emülsiyonu ile kaplı şeftalilerde meydana gelen askorbik asit azalmasına kıyasla daha düşüktür. Ancak ağırlık kaybı hesaba katıldığu zaman askorbik asit miktarındaki en düşük azalma C film emülsiyonu ile kaplanan şeftalilerde gözlenmiştir. Ağırlık kaybı hesaba katılarak yapılan hesaplamalara göre, bileşiminde % 0.4 karboksimetil selüloz bulunan C, E emülsiyonları ile kaplı şeftalilerde askorbik asit miktarındaki azalma kaplamasız meyvelere kıyasla daha düşüktür.



Şekil 4.58. Film emülsiyonları ile kaplı şeftalilerde depolama süresiyle askorbik asit miktarının değişimi (Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4)
 (a) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan (Film Emülsiyonu: ■ E, □ C, ● A, ○ K)
 (b) Ağırlık kaybı hesaba katılarak (Film Emülsiyonu: ■ C, □ E, ● A, ○ K)

Ağırlık kaybı hesaba katılmadığı zaman, bileşiminde % 1.1 karboksimetil selüloz bulunan B, D, F emülsiyonları ile kaplı şeftalilerde askorbik asit miktarındaki azalma kaplamasız meyvelere kıyasla daha düşüktür. Ağırlık kaybı hesaba katılmadan yapılan hesaplamalarda hidrofob madde olarak soya yağı içeren F film emülsiyonları ile kaplı şeftalilerde meydana gelen askorbik asit azalması balmumu ve parafin mumu kullanılan film emülsiyonlarına göre daha düşüktür.

Ağırlık kaybı hesaba katıldığı zaman, % 1.1 CMC içeren tüm film emülsiyonları ile kaplı şeftalilerde askorbik asit miktarındaki azalmalar hemen hemen aynı miktarda olmaktadır. Ağırlık kaybı hesaba katılarak yapılan hesaplamalarda, karboksimetil selüloz içeriği % 0.4 olan film emülsiyonlarda hidrofob madde olarak balmumu kullanılan C film emülsiyonu daha iyi sonuç



Şekil 4.59. Film emülsiyonları ile kaplı şeftalilerde depolama süresiyle askorbik asit miktarının değişimi (Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1)

(a) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan (Film Emülsiyonu: ■ F, □ D, ● B, ○ K)

(b) Ağırlık kaybı hesaba katılarak (Film Emülsiyonu: ■ F, □ K, ● D, ○ B)

vermiştir. Hem ağırlık kaybı hesaba katılarak hem de ağırlık kaybı hesaba katılmadan yapılan hesaplamalarda, CMC içeriği % 1.1 olan ve hidroforb madde olarak soya yağı kullanılan F film emülsiyonu ile kaplı şeftalilerde askorbik asit oksidasyon hızının azaldığı Şekil 4.59' da görülmektedir. Ancak ağırlık kaybı hesaba katılarak yapılan hesaplamalarda, 10 günlük depolama süresi sonunda C film emülsiyonu ile kaplı şeftalilerin askorbik asit içeriği, F film emülsiyonu ile kaplı şeftalilerin askorbik asit içeriğinden daha yüksek olduğundan, depolama süresi de göz önünde bulundurularak C film emülsiyonu ile kaplı şeftalilerin askorbik asit oksidasyon hızının düşük olduğu söylenebilir.

Suda çözünebilir kuru madde, pH ve titrasyon asitliğindeki değişim su kaybının yanı sıra solunumla şekerlerin ve asitlerin harcanması, büyük moleküllü

karbonhidratların şekerlere parçalanması, proteinlerin kısmen hidrolizi, glikozidlerin alt birimlere ayrılması ve pektik maddelerin parçalanmasından ileri gelmektedir (Cemeroğlu ve ark., 2001).

A, B, C, D, E, F emülsiyonları ile kaplı şeftalilerde yapılan analiz sonuçlarına göre emülsiyonların kullanılabilirliği Tablo 4.16' da gösterilmiştir.

Sonuç olarak, ağırlık kayıpları hesaba katılarak yapılan hesaplamalarda, pH, suda çözünebilir kuru madde miktarı, titre edilebilir asitlik ve askorbik asit içeriği, % ağırlık kaybı ve toplam depolanabilme süresi bakımından C ve D film emülsiyonları diğer film emülsiyonları ve kaplamasız şeftalilere kıyasla daha olumlu sonuç verdiğinden dolayı şeftalilerin kaplamasında kullanılması önerilebilir.

Erbil ve Müftügil (1987) hidrofor madde olarak parafin mumu, balmumu ve koko yağı, emülgatör olarak Emülgin PE, triethazolamin, oleik asit ve sodyum oleat, hidrofil polimer olarak ticari karboksimetil selüloz kullanılarak şeftali yüzeylerin kaplamışlar ve balmumu ile koko yağı kullanılan kaplamaların muhafaza süresini artırma ve bozunmayı geciktirme yönünden başarılı olduğunu ve muhafaza süresinin 14 gün olduğunu bulmuşlardır.

Erbil ve Teoman (1985) parafin mumu-Emülgin PE-su-ticari CMC, balmumu-trietanolamin-oleikasit-su-ticari CMC, balmumu-sodyum oleat-su-gum

Tablo 4.16.Şeftaliler için Film Emülsiyonlarının Analiz Sonuçlarına Göre Kullanılabilirliği

Analizler	Film Emülsiyonları					
	A	B	C	D	E	F
% ağırlık kaybı			+			
pH				+		
Suda çözülebilir kuru madde				+		
Titre edilebilir asitlik			+			
Askorbik asit			+			
Depolama süresi			+			

arabik-tuz, balmumu-Emülgin PE-su-vinilasetat akrilat kopolimeri, balmumu-etanolamin-oleik asit-su-boraks dekahidrat-polietilen oksit film emülsiyonları ile şeftali yüzeylerini kaplayarak depolama süresi boyunca ağırlık kaybını incelemişler ve kaplama filmi içinde tuz bulunan emülsiyonların hızlı çürümeye neden olduğunu, CMC içeren emülsiyonun ağırlık kaybı açısından avantajlı olmakla birlikte çürümenin de hızlı olduğunu, bileşiminde boraks dekahidrat bulunan emülsiyon ile yapılan kaplamanın çok başarılı olduğunu bulmuşlardır.

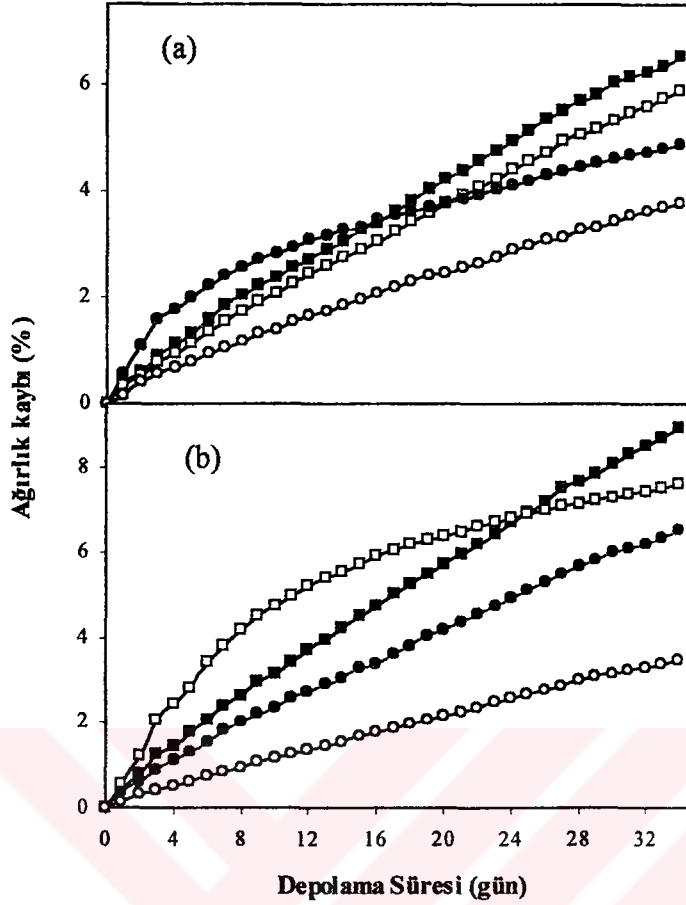
4.10. Kaplama Filmleri ile Kaplanan Elmalara Ait Bulgular

4.10.1. % Ağırlık Kaybı

Altı farklı emülsiyonla kaplı ve kaplamasız elmalarda ölçülen ağırlık kayıpları, kaplama filmindeki % karboksimetil selüloz içeriği dikkate alınarak Şekil 4.60' da verilmiştir.

Bileşiminde % 0.4 karboksimetil selüloz bulunan A ve E film emülsiyonları ile kaplı elmalarda 34 günlük depolama süresi boyunca meydana gelen ağırlık kayıpları kaplamasız elmalardan daha düşüktür. C film emülsiyonu ile kaplı elmalarda meydana gelen ağırlık kaybı ilk 16 günde kaplamasız elmalardan , ilk 19 günde ise A film emülsiyonu ile kaplı elmalardan daha yüksek olmasına rağmen 19. günden sonra ağırlık kaybı oranında büyük bir düşüş gözlenmiştir. E film emülsiyonu ile kaplı meyvelerde 34 günlük depolama süresi sonunda en az ağırlık kaybı gözlenmiştir. C ve E film emülsiyonlarına ait eğriler mukayese edildiği zaman mikrobiyolojik bozulma gerçekleşmediği taktirde uzun süreli depolama işlemlerinde C film emülsiyonu ile kaplı elmalardaki ağırlık kaybının daha az olabileceği beklenebilir.

Hidrofob madde olarak balmumu ve parafin mumu kullanılan emülsiyonlarda karboksimetil selüloz içeriği artıkça ağırlık kayıplarının arttığı görülmektedir. % 0.4 karboksimetil selüloz içeren A ve C film emülsiyonları ile



Şekil 4.60. Film emülsiyonları ile kaplı elmalarda depolama süresiyle ağırlık kaybının değişimi (a) Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4 (Film Emülsiyonu: ■ K, □ A, ● C, ○ E) (b) Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1 (Film Emülsiyonu: ■ B, □ D, ● K, ○ F)

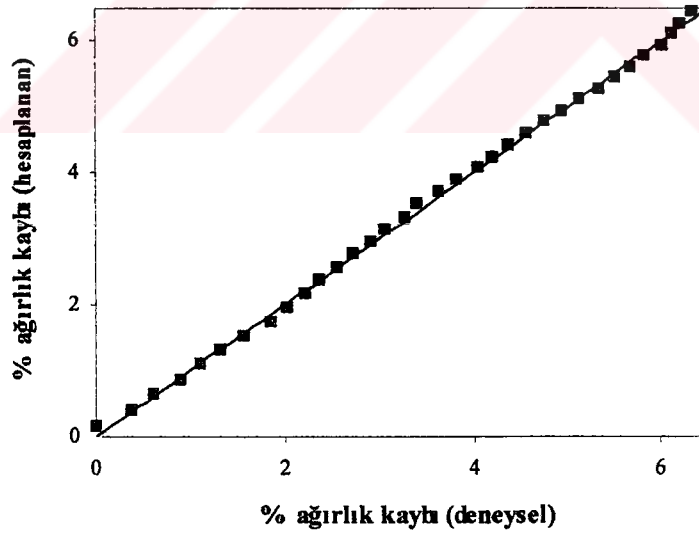
kaplı elmalarda 34 günlük depolama süresi sonunda meydana gelen % ağırlık kaybı sırasıyla % 5.88 ve % 4.85 iken % 1.1 karboksimetil selüloz içeren B ve D film emülsiyonları ile kaplı elmalarda bu değerler sırasıyla % 8.96 ve % 7.61' dir. Hidrofob madde olarak soya yağı kullanılan film emülsiyonlarında karboksimetil selüloz oranındaki artış ağırlık kayıplarını fazlaca etkilememektedir. Şümşü (1994) tarafından yapılan bir çalışmada elmalar Semperfresh (yağ asitlerinin sakkaroz esterleri, karboksimetilkselüloz ve yağ asitlerinin mono ve digliseridleri), Fomesa (karnauba, polietilen mumu ve şellak), Jonfresh (karnauba ve şellak), isimli üç farklı ticari film çözeltileri ile kaplanmışlar ve bu üç kaplamanın hepsinin de elmaların

ağırlık kaybını azaltarak ve yumuşamayı geciktirerek raf ömürlerini uzattıklarını bulmuşlardır.

Dehidratasyon nedeniyle elmaların ağırlığında meydana gelen değişimi ampirik olarak ifade etmek amacıyla, kurutma modellerinin modifiye edilmesi ile elde edilen 4.45-52' deki eşitliklerin katsayıları Hooke-Jeeves ve Quasi-Newton tahmin yöntemi kullanılarak belirlendi. Zamanla % ağırlık kaybının (%WL) değişimini ifade eden eşitlikler ve eşitliklerdeki katsayılar Tablo 4.17' de verilmiştir.

Dehidratasyon nedeniyle elmaların ağırlığında meydana gelen değişimin en iyi iki terimli ve polinom modeli ile temsil edildiği Tablo 4.17' de görülmektedir.

Kaplamasız elma için polinom modeli kullanılarak hesaplanan % ağırlık kayıpları ve deneysel olarak belirlenen ağırlık kayıpları arasındaki ilişki Şekil 4.61'de görülmektedir.



Şekil 4.61. Kaplamasız elma için polinom modeli kullanılarak hesaplanan ağırlık kayıpları ve deneysel olarak belirlenen ağırlık kayıplarının karşılaştırılması.

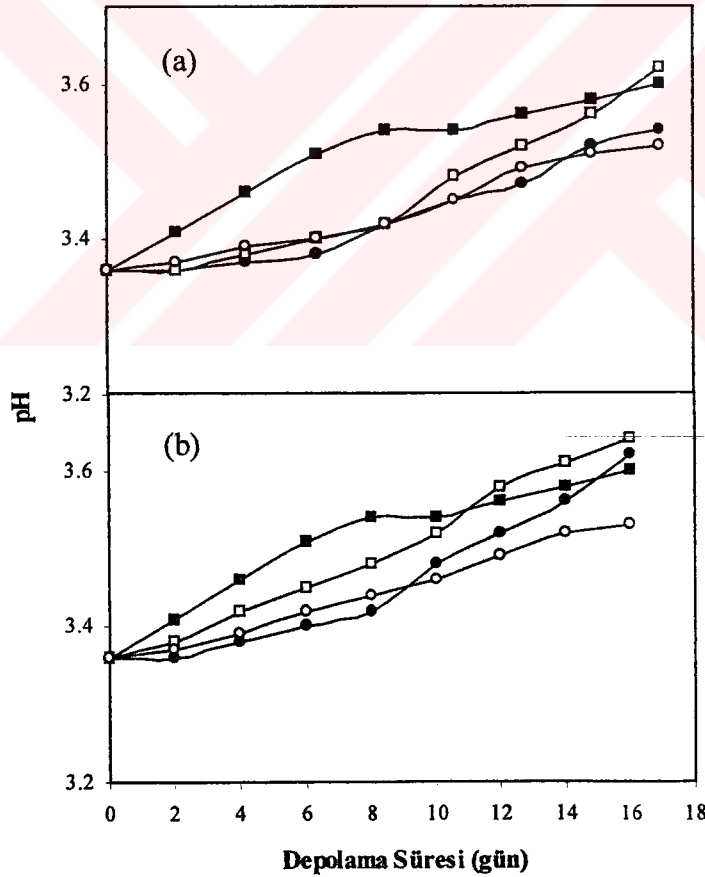
Tablo 4.17. Elma için Modifiye Edilmiş Kurutma Modellerinin Katsayıları

Model	kod	Model Katsayıları				r
%WL=exp(k.t)		k				
	K	0.060466				0.9376
	A	0.5660101				0.9523
	B	0.070874				0.8881
	C	0.053177				0.7189
	D	0.069191				0.1121
	E	0.041371				0.9528
%WL= k.t		k				
	K	0.204451				0.9919
	A	0.182425				0.9935
	B	0.278381				0.9931
	C	0.172784				0.7719
	D	0.282028				0.7777
	E	0.119199				0.9876
%WL=exp(k.t ⁿ)		k	n			
	K	0.212821	0.625869			0.9832
	A	0.156244	0.697883			0.9790
	B	0.356636	0.521280			0.9887
	C	0.399901	0.395687			0.9738
	D	0.778659	0.280807			0.9664
	E	0.0646368	0.965889			0.9529
%WL=exp ((k.t) ⁿ)		k	n			
	K	0.083695	0.632186			0.9833
	A	0.069952	0.697883			0.9791
	B	0.138316	0.521403			0.9887
	C	0.098641	0.395676			0.9738
	D	0.410216	0.280825			0.9664
	E	0.041598	0.966378			0.9529
%WL=n.exp(k.t)		k	n			
	K	0.048033	1.429915			0.9629
	A	0.048591	1.257399			0.9629
	B	0.048407	1.927696			0.9621
	C	0.031711	1.832057			0.9107
	D	0.031442	2.99815			0.8746
	E	0.046662	0.863312			0.9587
%WL=nexp(k.t)+m		k	n	m		
	K	0.00012	1556.163	-1555.75		0.9979
	A	0.000127	1323.507	-1323.18		0.9983
	B	0.000113	2254.481	-2253.97		0.9981
	C	0.000044	2628.170	-2626.83		0.9543
	D	0.000045	4209.75	-4207.66		0.9316
	E	0.000118	902.0519	-901.769		0.9964
%WL=n.exp(k ₀ .t)+ m. exp(k ₁ .t)		k ₀	k ₁	n	m	
	K	-0.042378	0.016525	-4.19159	4.328575	0.99946
	A	-0.041066	0.016270	-3.85795	3.94658	0.99981
	B	0.016425	-0.042860	5.917832	-5.79779	0.99981
	C	-0.223757	0.018665	-2.58055	2.113252	0.99947
	D	-0.128153	0.007582	-6.03592	5.921723	0.99970
	E	-0.060659	0.019359	-2.05789	2.103355	0.99973
%WL=k ₀ +k ₁ .t+ k ₂ .t ² +k ₃ .t ³		k ₀	k ₁	k ₂	k ₃	
	K	0.156162	0.240487	-0.002295	0.00023	0.99944
	A	0.098827	0.217563	-0.002161	0.000023	0.99979
	B	0.136415	0.337343	-0.003567	0.000038	0.99980
	C	0.337789	0.372423	-0.014189	0.000214	0.99932
	D	0.06555	0.673829	-0.02142	0.000322	0.99966
	E	0.58902	0.157878	-0.002402	0.000029	0.99966
		k ₀	k ₁	k ₂	k ₃	
	K	0.156162	0.240487	-0.002295	0.00023	0.99944
	A	0.098827	0.217563	-0.002161	0.000023	0.99979
	B	0.136415	0.337343	-0.003567	0.000038	0.99980
	C	0.337789	0.372423	-0.014189	0.000214	0.99932
	D	0.06555	0.673829	-0.02142	0.000322	0.99966
	E	0.58902	0.157878	-0.002402	0.000029	0.99966

4.10.2. pH Değerleri

Kaplamasız ve 6 farklı film emülsiyonu ile kaplı elmalarda gün aşırı yapılan deneylerde meyve suyu pH değerlerindeki değişim Şekil 4.62' de görülmektedir.

16. analiz gününde bileşiminde % 0.4 karboksimetil selüloz bulunduran film emülsiyonları içerisinde pH değerinde en büyük artış C film emülsiyonu ile kaplı elmalarda, % 1.1 karboksimetil selüloz bulunduran örneklerde ise en büyük artış B film emülsiyonu ile kaplı elmalarda gözlenmiştir. 16 günlük depolama süresi boyunca A, E, F film emülsiyonları ile kaplı elmalardan elde edilen meyve sularının pH değerleri, kaplamasız elmalardan elde edilen meyve sularının pH değerlerinden daha düşük kalmıştır. Hidrofob madde olarak soya yağı içeren E ve F film emülsiyonları ile kaplı elmalarda en düşük pH artışı gerçekleşmiştir

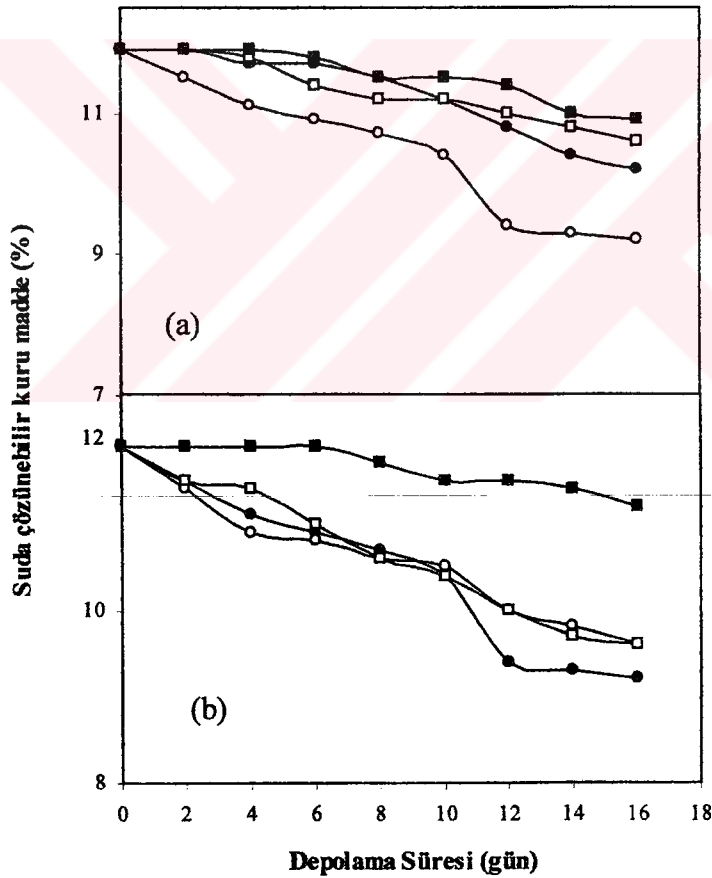


Şekil 4.62. Film emülsiyonları ile kaplı elmalarda depolama süresiyle pH' nın değişimi
 (a) Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4 (Film Emülsiyonu: ■ K, □ C, ● A, ○ E)
 (b) Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1 (Film Emülsiyonu: ■ K, □ B, ● D, ○ F)

4.10.3. Suda Çözünabilir Kuru Madde Miktarı

6 farklı film emülsiyonu ile kaplanan ve kontrol amacıyla aynı ortamda kaplamasız olarak muhafaza edilen elmalardan elde edilen meyve sularında gün aşırı yapılan analizlerde depolama süresiyle suda çözünabilir kuru madde miktarının değişimi Şekil 4.63' de verilmiştir

Şekil 4.63' den görüldüğü gibi, % 0.4' lük CMC içeren emülsiyonlarda suda çözünabilir kuru madde miktarındaki azalma kontrol örneklerine kıyasla daha az, % 1.4' lük CMC içeren emülsiyonlarda ise suda çözünabilir kuru madde miktarındaki azalma sadece F film emülsiyonu ile kaplı elmalarda daha azdır.

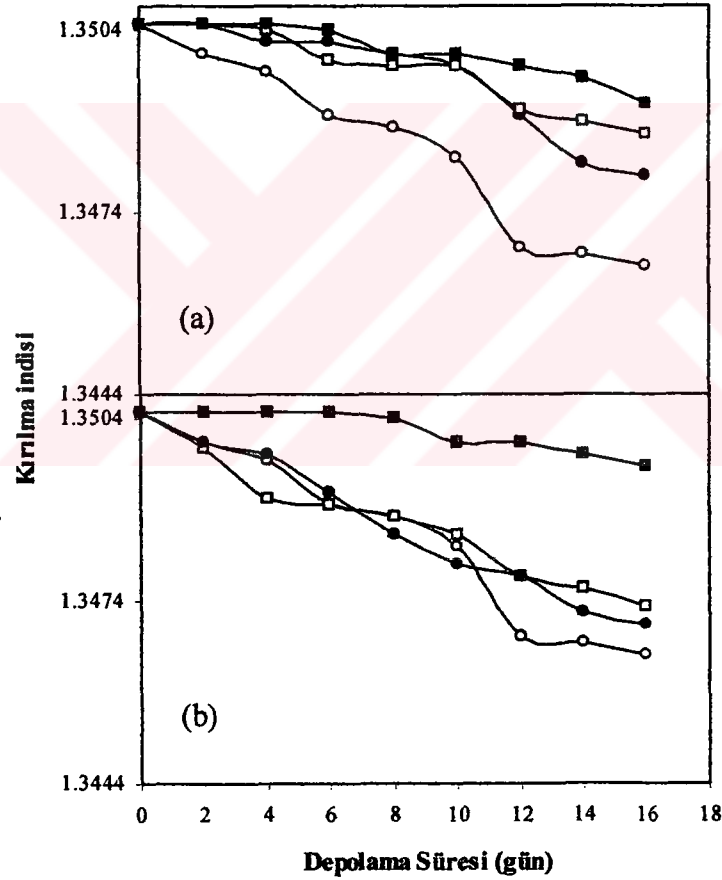


Şekil 4.63. Film emülsiyonları ile kaplı elmalarda depolama süresiyle suda çözünabilir kuru madde miktarının değişimi (a) Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4 (Film Emülsiyonu: ■ E, □ C, ● A, ○ K) (b) Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1 (Film Emülsiyonu: ■ F, □ D, ● B, ○ K)

Başlangıçta kaplanmak üzere seçilen örnekler içerisinde alınan dört farklı elma örneği için belirlenen brix değeri (11.9) baz alınrsa; suda çözünebilir kuru madde miktarında en fazla azalma kaplamasız elmalarda (9.2), en az azalma F film emülsiyonu ile kaplı elmalarda (11.2) gerçekleşmiştir.

4.10.4. Kırılma İndisi

Kaplamalı ve kaplamasız elmalarda depolama süresiyle kırılma indisinde meydana gelen değişim Şekil 4.64' de görülmektedir.

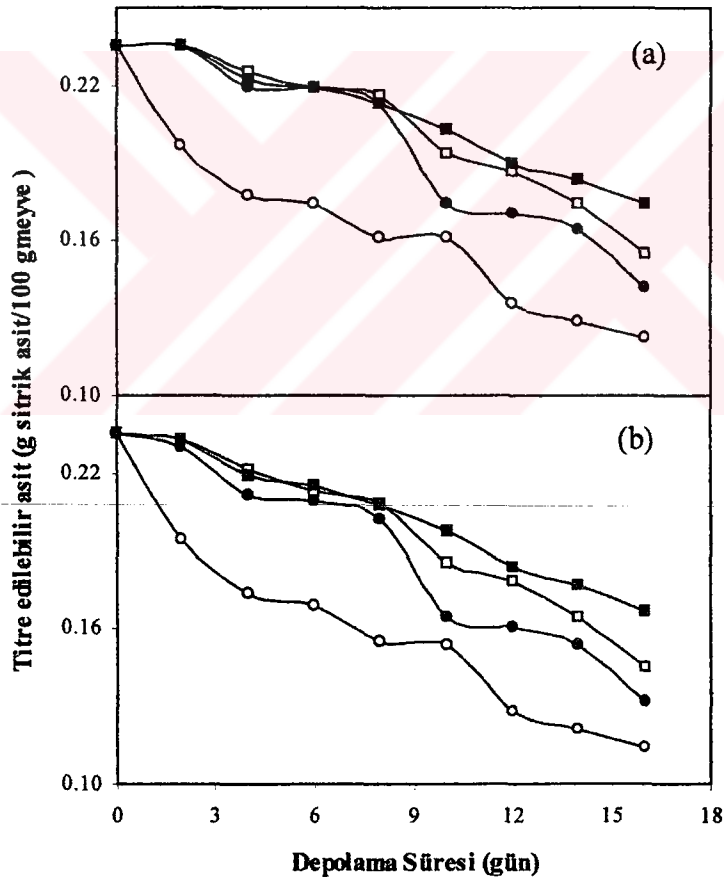


Şekil 4.64. Film emülsiyonları ile kaplı elmalarda depolama süresiyle kırılma indisinin değişimi (a) Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4 (Film Emülsiyonu: ■ E, □ C, ● A, ○ K) (b) Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1 (Film Emülsiyonu: ■ F, □ B, ● D, ○ K)

Tüm film emülsiyonlarında kırılma indisi değerlerinde suda çözünebilir kuru madde miktarındaki değişime benzer bir eğilim gerçekleşmiştir. Depolama süresi sonunda en düşük kırılma indisi değeri E ve F film emülsiyonu ile kaplı elmalarda gözlenmiştir.

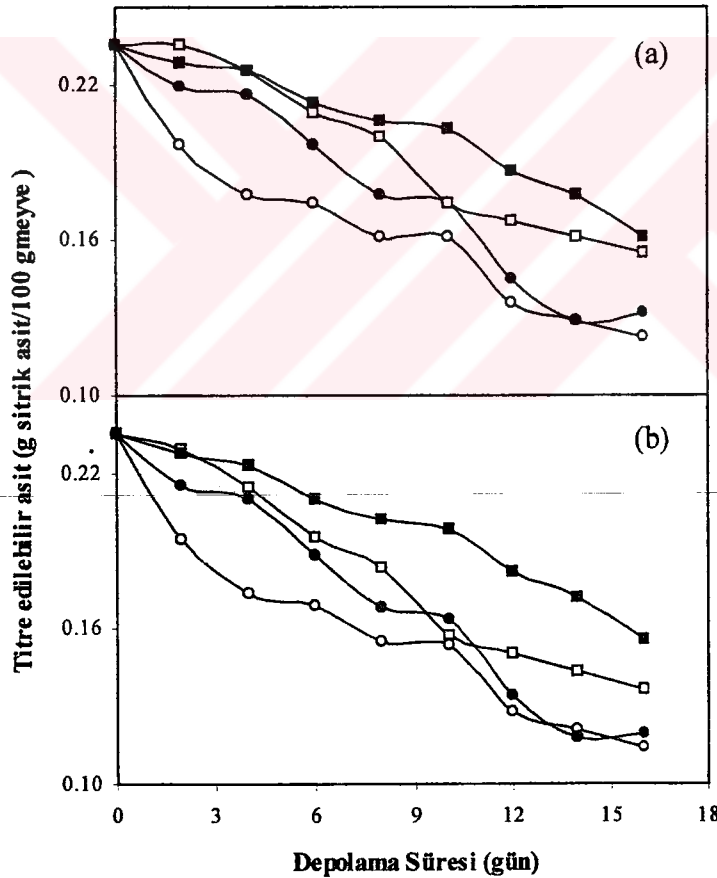
4.10.5. Titre Edilebilir Asit Miktarı

Kaplamasız ve 6 farklı film emülsiyonları ile kaplı elmalarda bir gün arayla yapılan analizlerde depolama süresiyle titre edilebilir asit miktarındaki değişim Şekil 4.65 ve 4.66' da verilmiştir.



Şekil 4.65. Film emülsiyonları ile kaplı elmalarda depolama süresiyle titre edilebilir asitliğin değişimi (Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4) (a) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan (Film Emülsiyonu: ■ E, □ A, ● C, ○ K) (b) Ağırlık kaybı hesaba katılarak (Film Emülsiyonu: ■ E, □ A, ● C, ○ K)

Şekil 4.65 (a)' da ağırlık kaybı hesaba katılmadan belirlenen , (b)' de ise ağırlık kaybı hesaba katılarak belirlenen titrasyon asitliği değerlerinin depolama süresince değişimi görülmektedir. Her iki durumda da başlangıç titrasyon asitliği değerine göre en az değişim E film emülsiyonları ile kaplı elmalarda gerçekleşmiştir. C film emülsiyonu ile kaplı elmalarda ağırlık kaybı bakımından A film emülsiyonu ile kaplı elmalara göre daha iyi sonuç elde edilmesine rağmen, titrasyon asitliği değerindeki değişim bakımından A film emülsiyonu ile kaplı elmalarda daha iyi sonuç elde edilmiştir. Dış ortamdan meyveye gerçekleşen oksijen transfer hızı çok düşükçe glukoz fermentasyona uğramakta ve alkol açığa çıkmaktadır. Alkol oluşumu sonucu meyve suyu pH değerinde artış, titrasyon asitliğinde ise bir azalma görülmektedir. Bu nedenle, C ve B film emülsiyonları



Şekil 4.66. Film emülsiyonları ile kaplı elmalarda depolama süresiyle titre edilebilir asitliğin değişimi (Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1) (a) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan (Film Emülsiyonu: ■ F, □ D, ● B, ○ K) (b) Ağırlık kaybı hesaba katılarak (Film Emülsiyonu: ■ F, □ D, ● B, ○ K)

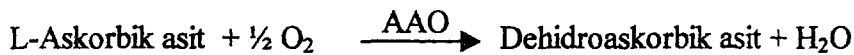
oksijen transfer hızını olumsuz etki gösterecek şekilde çok düşürdüğü söylenebilir. Bileşiminde hidrofob madde olarak soya yağı bulunduran E ve F film emülsiyonları meyve dışındaki ortamdan meyve içine gerçekleşen ve meyve içi bileşenlerinin bozunmalarına neden olan oksijen transfer hızını düşürmede diğer film emülsiyonlarından daha etkindir.

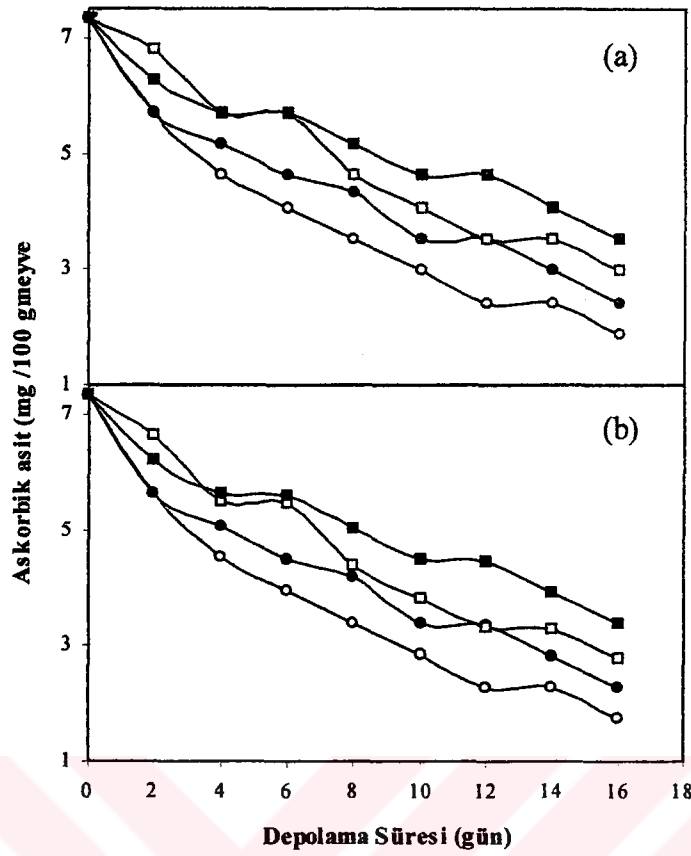
% 0.4 karboksimetil selüloz içeren A, C ve E film emülsiyonu ile kaplı elmalarda 16 günlük depolama süresi sonunda titre edilebilir asit miktarında % azalma sırasıyla % 34, 39 ve 25, % 1.1 karboksimetil selüloz içeren B, D ve F film emülsiyonu ile kaplı elmalarda bu değerler sırasıyla % 43, 34 ve 31 olarak gerçekleşmiştir. Bileşimindeki karboksimetil selüloz miktarındaki artış, hidrofob bileşen olarak balmumu bulunduran film emülsiyonları ile kaplı elmalarda titre edilebilir asitlik miktarındaki azalmada olumlu etkiye sahip olmasına rağmen, parafin mumu ve soya yağı içeren film emülsiyonlarında olumsuz bir etkiye sebep olmaktadır.

4.10.6.Askorbik Asit Miktarı

Depolama süresince gün aşırı belirlenen askorbik asit içerikleri Şekil 4.67 ve 4.68' de verilmiştir.

Depolama süresi boyunca E film emülsiyonunun, kaplamasız ve A, C film emülsiyonlarından askorbik asit kayıplarını düşürmede daha faydalı olduğu Şekil 4.67' de görülmektedir. C vitamininin oksidasyonunu katalize eden askorbik asit oksidaz (AAO) enzimi meyvelerdeki askorbik asit kaybının en önemli nedenlerinden birisidir. Reaksiyon aşağıda verildiği şekilde gelişmektedir.

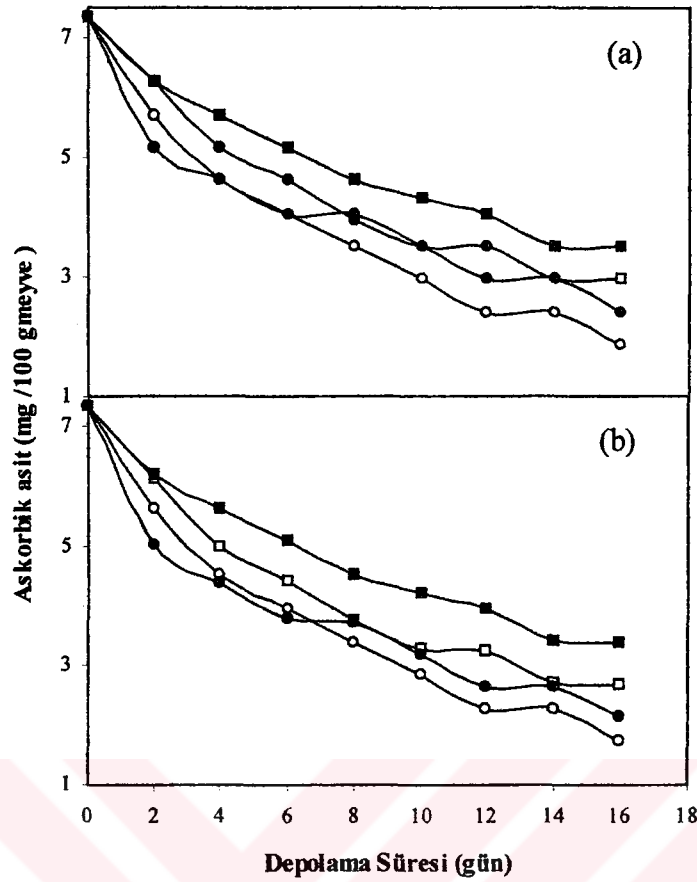




Şekil 4.67. Film emülsiyonları ile kaplı elmalarda depolama süresiyle askorbik asit miktarının değişimi (Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4)
 (a) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan (Film Emülsiyonu: ■ E, □ C, ● A, ○ K)
 (b) Ağırlık kaybı hesaba katılarak (Film Emülsiyonu: ■ E, □ C, ● A, ○ K)

Askorbik asidin, atmosferik oksijen eşliğinde enzimatik olmayan oksidasyonunda hidrojen peroksit oluşur. Bu oksidasyon bakır iyonlarına katalize edilmekte ve oluşan hidrojen peroksit, hem bizzat askorbik asidin daha ileri düzeyde parçalanmasına ve hem de antosiyaninlerin degradasyonu gibi diğer bir çok reaksiyonlara neden olmaktadır (Cemeroğlu ve ark., 2001). Yukarıdaki ifadelerden anlaşılacağı gibi her iki şekilde de askorbik asidin parçalanması oksijen eşliğinde olmaktadır.

Şekil 4.67 (a) ve (b) de tüm film emülsiyonları için benzer bir eğilim gözlenmiştir. 16 günlük depolama süresi sonunda % 0.4' lük CMC içeren tüm film emülsiyonları ile kaplı elmaların askorbik asit içerikleri kontrol örneklerine kıyasla daha yüksektir. Ağırlık kaybı hesaba katılarak belirlenen C vitamini değerlerinin



Şekil 4.68. Film emülsiyonları ile kaplı elmalarda depolama süresiyle askorbik asit miktarının değişimi (Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1)
 (a) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan (Film Emülsiyonu: ■ F, □ B, ● D, ○ K)
 (b) Ağırlık kaybı hesaba katılarak (Film Emülsiyonu: ■ F, □ B, ● D, ○ K)

ağırlık kaybı hesaba katılmadan hesaplanan C vitamini değerlerinden ortalama % 2-3 daha düşük olduğu görülmektedir. Bu değerler miligram mertebesinde ihmal edilebilir olarak görülse de ağırlık kayıplarının daha yüksek olduğu meyvelerde bu sapmanın giderek büyüyeceği dikkate alınmalıdır.

Şekil 4.68' den görüldüğü gibi F film emülsiyonu ile kaplı elmalardaki askorbik asit içeriğindeki azalma en azdır. Bileşimdeki karboksimetil selüloz miktarındaki artış, hidrofob bileşen olarak parafin mumu içeren A ve B film emülsiyonlarında askorbik miktarındaki değişim bakımından iyileşmeye neden olmaktadır. Soya yağı ve balmumu içeren film emülsiyonlarında karboksimetil selüloz içeriğindeki artışın askorbik asit kayıplarını çok az da olsa hızlandığı Şekil 4.68' de görülmektedir.

A, B, C, D, E, F emülsiyonları ile kaplı elmalarda yapılan analiz sonuçlarına göre emülsiyonların kullanılabilirliği Tablo 4.18' de gösterilmiştir.

Sonuç olarak, ağırlık kayıpları hesaba katılarak yapılan hesaplamalarda, pH, suda çözünebilir kuru madde miktarı, titre edilebilir asitlik ve askorbik asit içeriği, % ağırlık kaybı ve toplam depolanabilme süresi bakımından E ve F film emülsiyonları diğer film emülsiyonları ve kaplamasız elmalara kıyasla daha olumlu sonuç verdiğinden dolayı elmaların kaplamasında kullanılması önerilebilir.

Tablo 4.18. Elmalar için Film Emülsiyonlarının Analiz Sonuçlarına Göre Kullanılabilirliği

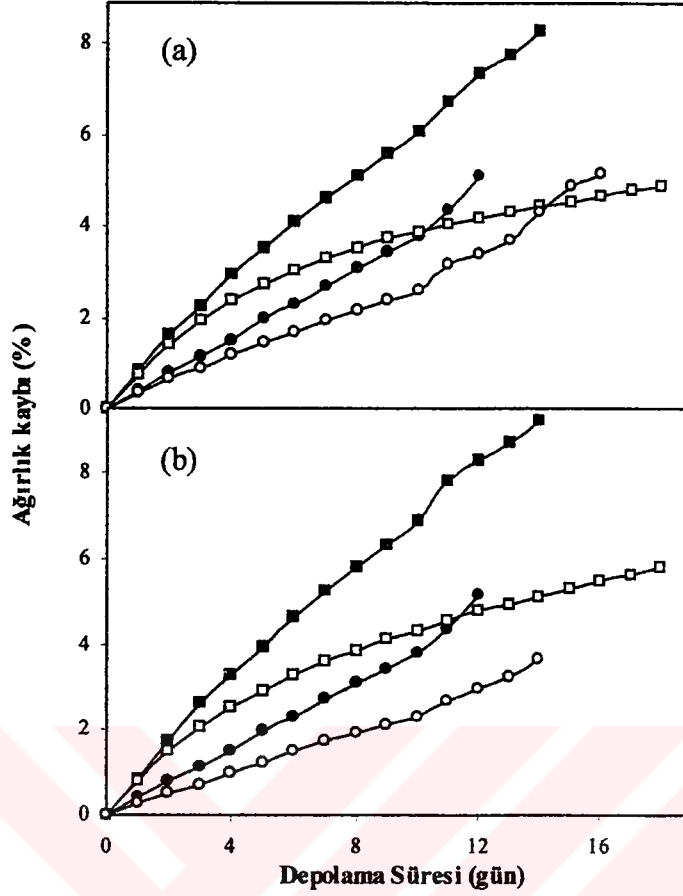
Analizler	Film Emülsiyonları					
	A	B	C	D	E	F
% ağırlık kaybı					+	+
PH					+	+
Suda çözünebilir kuru madde					+	+
Titre edilebilir asitlik					+	+
Askorbik asit					+	+
Depolama süresi					+	+

4.11. Kaplama Filmleri ile Kaplanan Armutlara Ait Bulgular

4.11.1. % Ağırlık Kaybı

Altı farklı emülsiyonla kaplı ve kaplamasız armutlarda ölçülen ağırlık kayıpları, kaplama filmindeki % karboksimetil selüloz içeriği dikkate alınarak Şekil 4.69' da verilmiştir.

Ağırlık kayıplarını iyileştirmede en verimli sonuç hidrofob madde olarak soya yağı içeren E ve F film emülsiyonlarının uygulandığı armutlarda elde edilmiştir. Ancak C ve D film emülsiyonları muhafaza süresini artırmada E ve F film emülsiyonlarına göre daha etkili olmuştur. C ve D film emülsiyonları ile kaplı armutlarda ilk günlerde kaplamasız olanlara göre daha fazla ağırlık kaybı olmasına



Şekil 4.69. Film emülsiyonları ile kaplı armutlarda depolama süresiyle ağırlık kaybının değişimi (a) Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4 (Film Emülsiyonu: ■ A, □ C, ● K, ○ E) (b) Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1 (Film Emülsiyonu: ■ B, □ D, ● K, ○ F)

rağmen, daha sonraki günlerde kayıp oranları giderek azalmaktadır. C ve D film emülsiyonlarındaki bu azalma trendi göz önüne alınarak, düşük sıcaklık ve yüksek bağıl nem depolama koşullarında, mikrobiyolojik bozulmaların önlenmesi koşulu ile belli bir depolama süresinden sonra C ve D film emülsiyonlarının E ve F film emülsiyonlarına göre ağırlık kaybı bakımından da daha iyi sonuç vereceği sonucu çıkarılabilir.

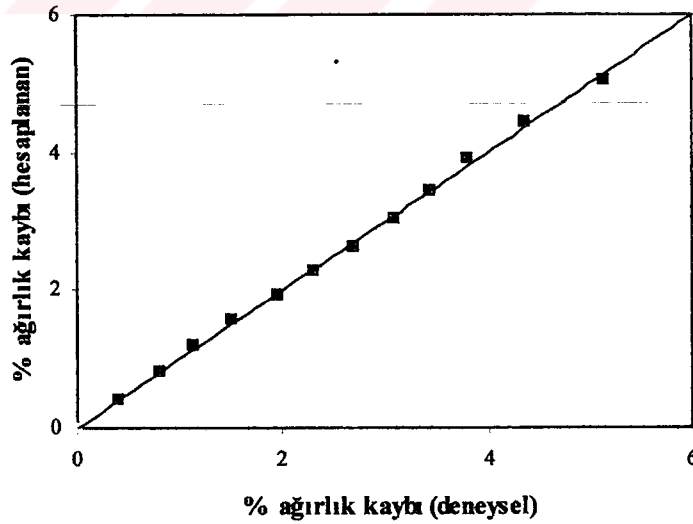
Film emülsiyonları bileşimindeki karboksimetil selüloz içeriğindeki artış farklı film emülsiyonlarında farklı etkiler göstermektedir. CMC içeriğinin değişmesi hidrofob madde olarak soya yağı içeren film emülsiyonlarında ağırlık kayıplarını

azaltmasına rağmen , hidrofor madde olarak balmumu içeren film emülsiyonlarında ağırlık kayıplarını artırmıştır.

Dehidratasyon nedeniyle armutların ağırlığında meydana gelen değişimi ampirik olarak ifade etmek amacıyla, kurutma modellerinin modifiye edilmesi ile elde edilen 4.45-52' deki eşitliklerin katsayıları Hooke-Jeeves ve Quasi-Newton tahmin yöntemi kullanılarak belirlendi. Zamanla % ağırlık kaybının (%WL) değişimini ifade eden eşitlikler ve eşitliklerdeki katsayılar Tablo 4.19' da verilmiştir.

Ağırlık kayıplarına uygulanan modifiye edilmiş kurutma modellerinden polinom ve iki terimli model kaplamasız ve film emülsiyonları ile kaplanmış armutlarda depolama süresince meydana gelecek ağırlık kayıplarını belli bir yaklaşımla belirlemede kullanılabilir.

Kaplamasız armut için polinom modeli kullanılarak hesaplanan % ağırlık kayıpları ve deneysel olarak belirlenen ağırlık kayıpları arasındaki ilişki Şekil 4.70'de görülmektedir.



Şekil 4.70. Kaplamasız armut için polinom modeli kullanılarak hesaplanan ağırlık kayıplarının deneysel olarak belirlenen ağırlık kayıplarına göre dağılımı

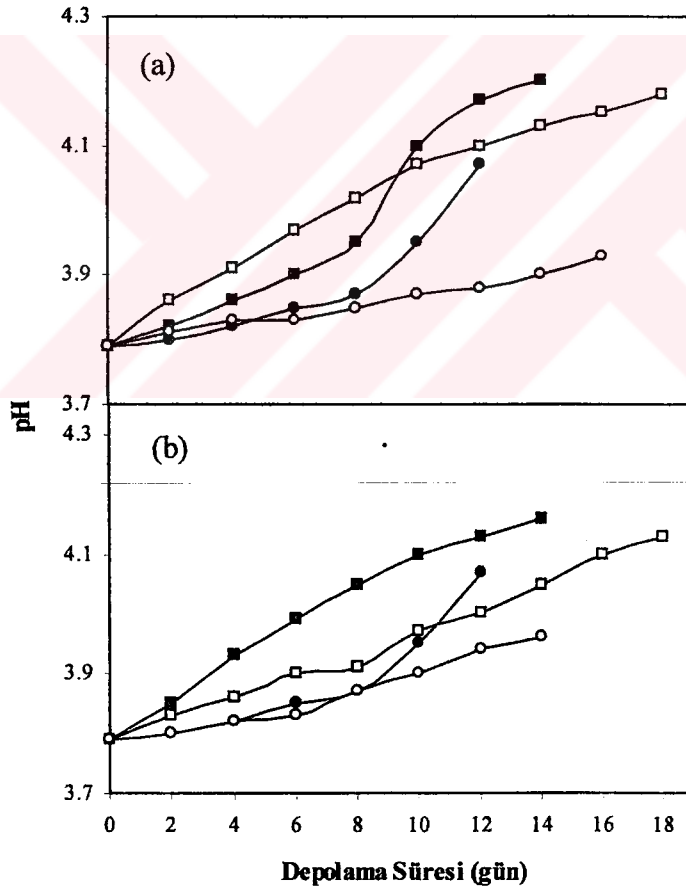
Tablo 4.19 Armut için Modifiye Edilmiş Kurutma Modellerinin Katsayıları

Model	kod	Model Katsayıları				r
%WL=exp(k.t)		k				
	K	0.135172				0.9628
	A	0.163533				0.9083
	B	0.172999				0.8825
	C	0.101085				0.7583
	D	0.110049				0.7834
	E	0.102306				0.9588
%WL= k.t		k				
	K	0.395150				0.9964
	A	0.619104				0.9932
	B	0.698982				0.9931
	C	0.332131				0.8477
	D	0.378870				0.9027
	E	0.291616				0.9911
%WL=exp(k.t ⁿ)		k	n			
	K	0.108832	1.092557			0.9666
	A	0.515559	0.541256			0.98721
	B	0.605220	0.500651			0.98726
	C	0.504898	0.408990			0.9625
	D	0.535501	0.420200			0.97353
	E	0.050814	1.273613			0.96744
%WL=exp ((k.t) ⁿ)		k	n			
	K	0.131329	1.092556			0.9667
	A	0.293991	0.541368			0.9871
	B	0.366817	0.500591			0.98726
	C	0.188086	0.408952			0.96249
	D	0.226204	0.420200			0.97853
	E	0.096283	1.273356			0.96744
%WL=n.exp(k.t)		k	n			
	K	0.162139	0.75903			0.97729
	A	0.117923	1.746636			0.95956
	B	0.117628	1.976347			0.95568
	C	0.063921	1.761378			0.89106
	D	0.069397	1.867156			0.91373
	E	0.134438	0.666980			0.98450
%WL=n.exp(k.t)+m		k	n	m		
	K	0.033737	9.677626	-9.58793		0.99803
	A	0.000134	4266.921	-4266.48		0.99746
	B	0.000103	6296.969	-6296.50		0.9968
	C	0.000029	8291.780	-8290.64		0.94859
	D	0.000123	2360.208	-2359.11		0.96703
	E	0.053003	3.710209	-3.51866		0.99662
%WL=n.exp(k ₀ .t)+m.exp(K ₁ .t)		k ₀	k ₁	n	m	
	K	0.115573	-0.258690	1.265923	-1.29108	0.99900
	A	0.061181	-0.183791	3.6660127	-3.66034	0.99977
	B	0.044003	-0.126280	5.534912	-5.54408	0.99954
	C	0.018418	-0.222975	3.557445	-3.56103	0.99977
	D	0.027386	-0.223556	3.581985	-3.58630	0.99995
	E	0.113025	-0.364033	0.883535	-0.904877	0.99902
%WL=k ₀ +k ₁ .T+k ₂ .T ² +k ₃ .T ³		k ₀	k ₁	k ₂	k ₃	
	K	-0.036421	0.478411	-0.026809	0.001842	0.99912
	A	0.024662	0.874121	-0.036520	0.001321	0.99973
	B	0.007120	0.916280	-0.029901	0.000849	0.99952
	C	0.068607	0.733825	-0.046238	0.001141	0.99969
	D	0.076648	0.765910	-0.045045	0.001128	0.99961
	E	-0.015920	0.381226	-0.025567	0.001452	0.99922
	F	-0.013413	0.294591	-0.013121	0.000756	0.99934

4.11.2. pH Değerleri

Kaplamasız ve film emülsiyonları ile kaplı armutlarda gün aşırı yapılan deneylerde meyve suyu pH değerlerindeki değişim Şekil 4.71' de görülmektedir.

Depolama süresi sonunda bileşiminde % 0.4 karboksimetil selüloz bulunduran film emülsiyonları içerisinde pH değerinde en büyük artış A film emülsiyonu ile kaplı armutlarda, % 1.1 karboksimetil selüloz bulunduran örneklerde ise en büyük artış B film emülsiyonu ile kaplı armutlarda gözlenmiştir. E ve F film emülsiyonları ile kaplı armutlarda pH değerindeki artış, kaplamasız armutlarda meydana gelen artıştan daha düşüktür. Şekil 4.71' de, mikrobiyolojik bozulmalar giderilerek daha uzun muhafaza süresi sağlanmak koşulu ile C ve D film



Şekil 4.71. Film emülsiyonları ile kaplı armutlarda depolama süresiyle pH'nın değişimi

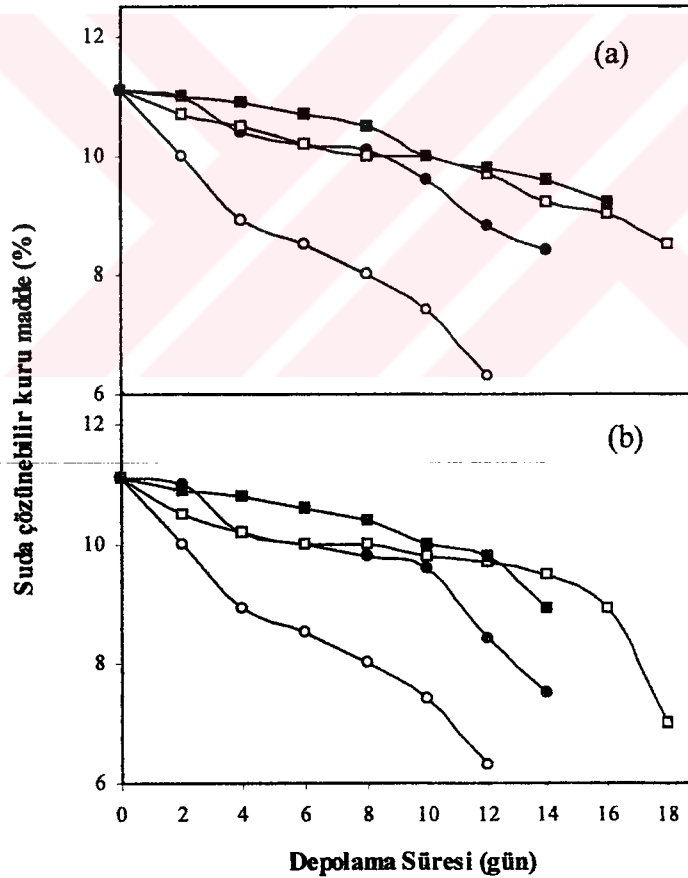
(a) Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4 (Film Emülsiyonu: ■ A, □ C, ● K, ○ E)

(b) Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1 (Film Emülsiyonu: ■ B, □ D, ● K, ○ F)

emülsiyonu ile kaplı armutlardan elde edilen meyve sularının pH değerlerinin, kaplamasız armutlardan elde edilen meyve sularının pH değerlerinden daha düşük kalacağı K, C ve D film emülsiyonlarını temsil eden eğrilerin eğiliminden görülmektedir.

4.11.3. Suda Çözünabilir Kuru Madde Miktarı

6 farklı film emülsiyonu ile kaplanan ve kontrol amacıyla aynı ortamda muhafaza edilen armutlardan elde edilen meyve sularında gün aşırı yapılan analizlerde suda çözünabilir kuru madde miktarının depolama süresince değişimi Şekil 4.72' de verilmiştir



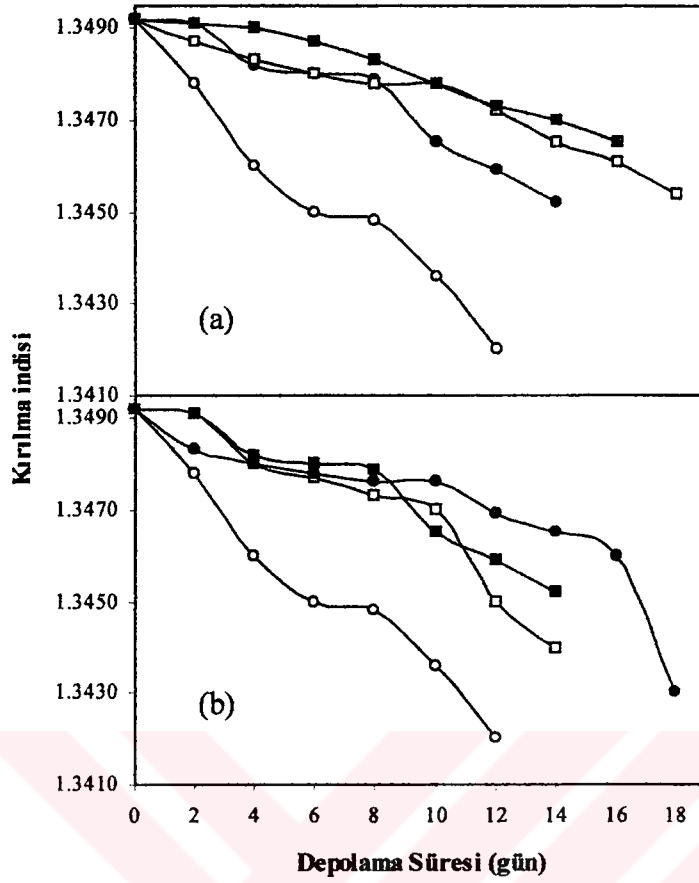
Şekil 4.72. Film emülsiyonları ile kaplı armutlarda depolama süresiyle suda çözünabilir kuru madde miktarındaki değişim (a) Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4 (Film Emülsiyonu: ■ E, □ C, ● A, ○ K) (b) Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1 (Film Emülsiyonu: ■ F, □ D, ● B, ○ K)

12 günlük depolama süresi sonunda, suda çözünebilir kuru madde miktarında an az değişim E ve F film emülsiyonları ile kaplı armutlarda elde edilmiştir. Kaplamasız armutlarda 13., A,B,F film emülsiyonları ile kaplı armutlarda 15., E film emülsiyonu ile kaplı armutlarda 17., C ve D film emülsiyonu ile kaplı armutlarda ise 19. günde mikrobiyolojik bozulma gözlenmiştir. Depolama süresi sonunda suda çözünebilir kuru madde miktarı kaplamasız armutlarda ve A, B, C, D, E, F film emülsiyonu ile kaplı armutlarda sırasıyla % 6.3, 8.4, 7.5, 8.5, 7, 9.2, 8.9 değerine düşmüştür. Bu değerlerden de görüleceği gibi tüm film emülsiyonlarında bileşimdeki karboksimetil selüloz içeriği artıkça meyvelerde tad ve aromanın bir ölçüsü olan suda çözünebilir kuru madde miktarı azalmaktadır.

4.11.4. Kırılma İndisi

6 farklı film emülsiyonu ile kaplanan ve kontrol amacıyla aynı ortamda muhafaza edilen armutlardan elde edilen meyve sularında gün aşırı yapılan analizlerle belirlenen kırılma indisi değerlerinin depolama süresince değişimi Şekil 4.73' de verilmiştir

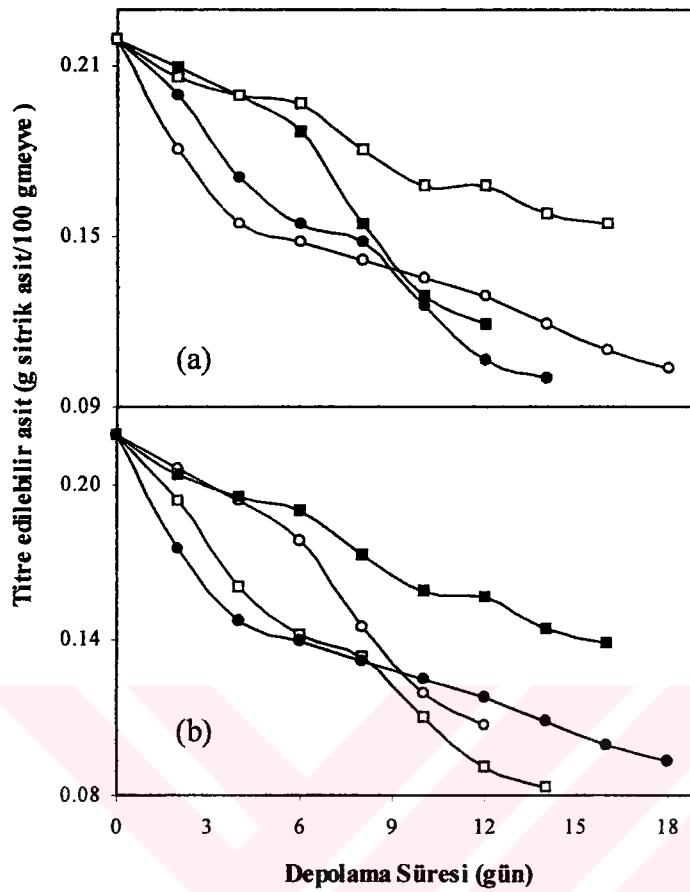
Solunum sırasında meyve bünyesinde harcanan karbonhidratlar, örneklerin suda çözülebilir kuru madde miktarındaki azalmaya neden olmaktadır. Suda çözünebilir kuru madde miktarındaki azalmaya bağlı olarak meyve suyunun kırılma indisi de tüm örneklerde depolama süresince düşmektedir.



Şekil 4.73. Film emülsiyonları ile kaplı armutlarda suda çözünabilir kuru madde miktarının zamana göre değişim grafiği (a) Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4 (Film Emülsiyonu: ■ E, □ C, ● A, ○ K) (b) Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1 (Film Emülsiyonu: ■ F, □ B, ● D, ○ K)

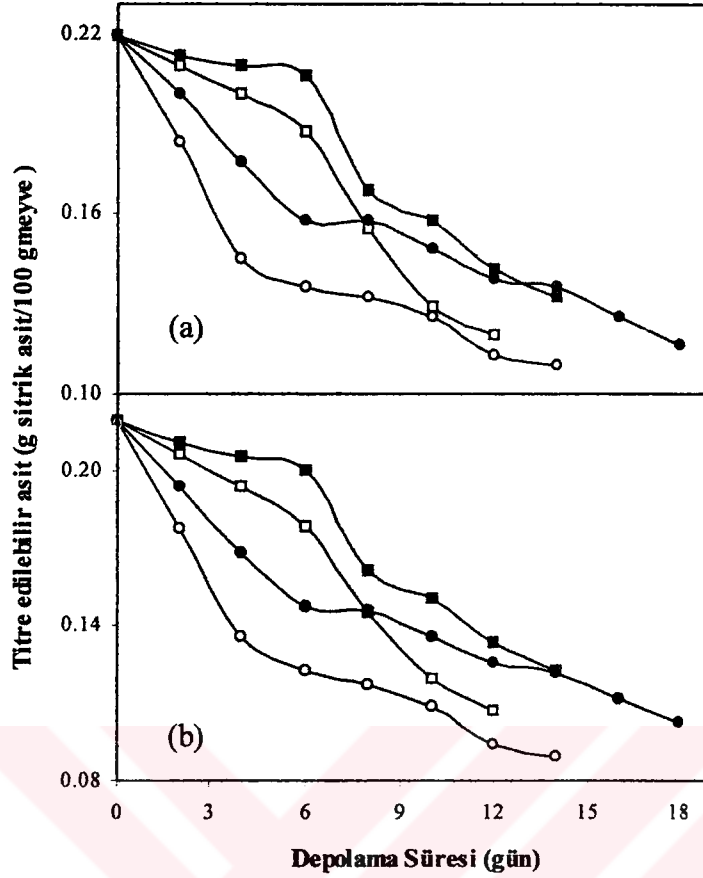
4.11.5. Titre Edilebilir Asit Miktarı

6 farklı film emülsiyonu ile kaplanan ve kontrol amacıyla aynı ortamda kaplamasız olarak muhafaza edilen armutlardan elde edilen meyve sularında gün aşırı yapılan analizlerde titre edilebilir asit miktarı sitrik asit cinsinden g sitrik asit/100 g meyve olarak ağırlık kaybı hesaba katılarak ve katılmayarak belirlendi. Sonuçlar Şekil 4.74 ve 4.75' de verilmiştir.



Şekil 4.74. Film emülsiyonları ile kaplı armutlarda depolama süresiyle titre edilebilir asit miktarının değişimi (Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4) (a) Ağırlık kaybı hesaba Katılmadan (Film Emülsiyonu: ■ K, □ E, ● A, ○ C) (b) Ağırlık kaybı hesaba katılarak (Film Emülsiyonu: ■ E, □ A, ● C, ○ K)

Şekil 4.74 (a)'da ağırlık kaybı hesaba katılmadan belirlenen , (b)' de ise ağırlık kaybı hesaba katılarak belirlenen titrasyon asitliği değerlerinin depolama süresince değişimi görülmektedir. Titrasyon asitliği bakımından en az değişim her iki durumda da pH değerlerinde en az artış gözlenen E film emülsiyonu ile kaplı armutlarda gerçekleşmiştir. % 0.4 karboksimetil selüloz içeren film emülsiyonları arasında, bileşiminde hidrofob madde olarak parafin mumu içeren ve pH değeri en yüksek olan A film emülsiyonu ile kaplı meyvelerde depolama süresi sonunda en fazla titre edilebilir asit kaybı gözlenmiştir.

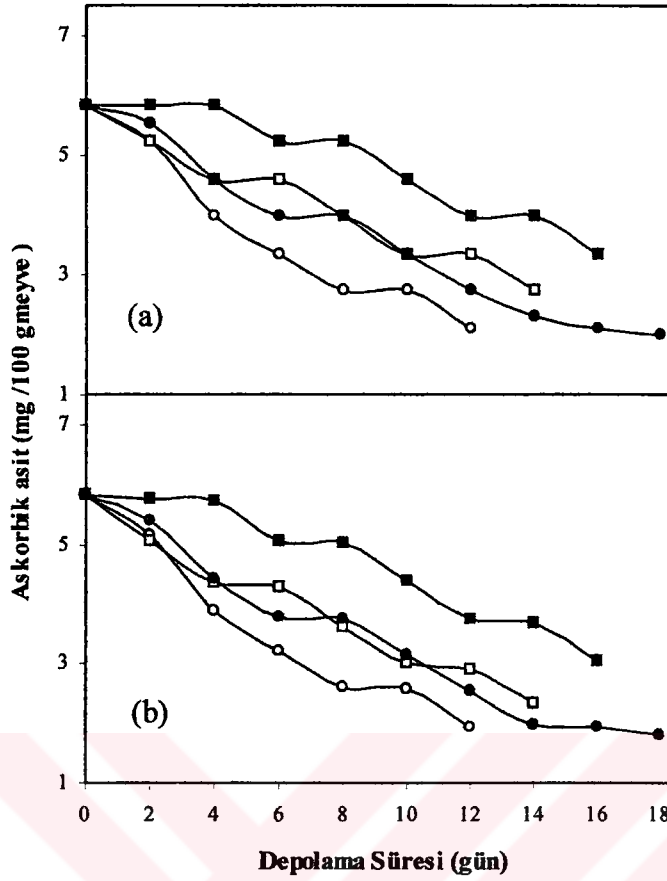


Şekil 4.75. Film emülsiyonları ile kaplı armutlarda depolama süresiyle titre edilebilir asit miktarının değişimi (Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1) (a) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan (Film Emülsiyonu: ■ F, □ K, ● D, ○ B) (b) Ağırlık kaybı hesaba katılarak (Film Emülsiyonu: ■ F, □ K, ● D, ○ B)

% 1.1 karboksimetil selüloz içeren filmler arasında en düşük titre edilebilir asit kayıpları F film emülsiyonu ile kaplı armutlarda, en kötü sonuç ise yine bileşiminde hidrofor madde olarak parafin mumu içeren B film emülsiyonu ile kaplı armutlarda elde edilmiştir.

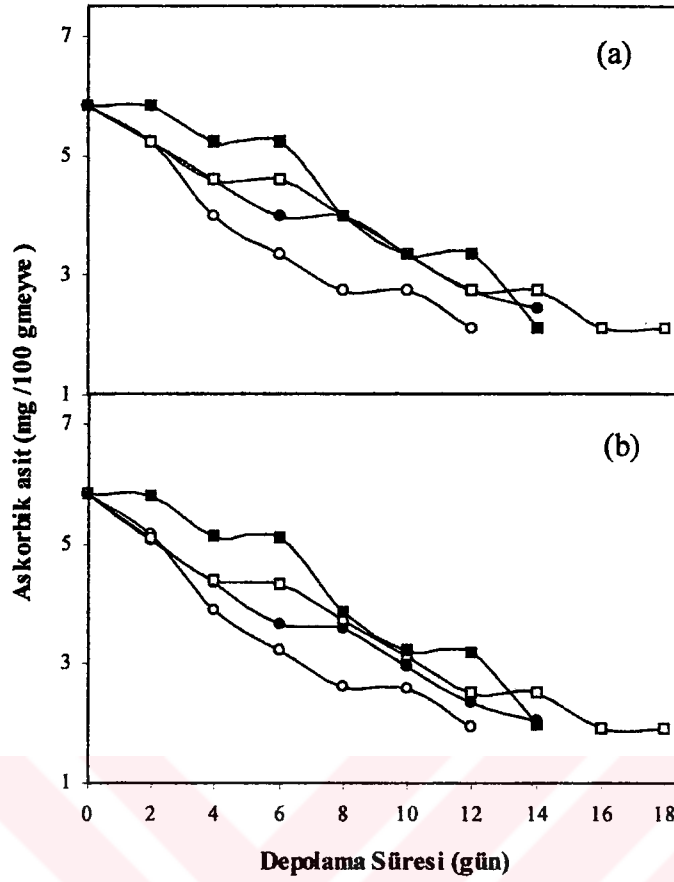
4.11.6. Askorbik Asit Miktarı

Kaplamalı ve kaplamasız armutlarda belirlenen askorbik asit miktarının depolama süresince değişimi Şekil 4.76 ve 4.77' de verilmiştir.



Şekil 4.76. Film emülsiyonları ile kaplı armutlarda depolama süresiyle askorbik asit miktarının değişimi (Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4) (a) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan (Film Emülsiyonu: ■ E, □ A, ● C, ○ K) (b) Ağırlık kaybı hesaba katılarak (Film Emülsiyonu: ■ E, □ A, ● C, ○ K)

Bileşiminde % 0.4 karboksimetil selüloz bulunduran tüm film emülsiyonlarında kaplamasız armutlara kıyasla daha az askorbik asit kaybı gerçekleşmiştir. Hidrofob madde olarak soya yağı içeren E film emülsiyonu ile kaplı armutlarda 16. depolama gününde gerçekleşen C vitamini kaybı, kaplamasız armutlarda 12. depolama gününde gerçekleşen C vitamini kaybından % 20 daha düşüktür. Ağırlık kaybı hesaba katılarak yapılan hesaplamalarda, 12. depolama gününde, kaplamasız ve E film emülsiyonu ile kaplı armutlarda sırasıyla 3.91 ve 2.09 mg / 100 g meyve değerinde C vitamini kaybı gerçekleşmiştir. E film emülsiyonları ile kaplı armutlarda gerçekleşen C vitamini kayıplarının kaplamasız armutlarda gerçekleşen kayıplara oranı 0.534'dür. E film emülsiyonları ile kaplı



Şekil 4.77. Film emülsiyonları ile kaplı armutlarda depolama süresiyle askorbik asit miktarının değişimi (Karboksimetil selüloz içeriği %1.1) (a) Ağrlık kaybı hesaba katılmadan (Film Emülsiyonu: ■ F, □ D, ● B, ○ K) (b) Ağrlık kaybı hesaba katılarak (Film Emülsiyonu: ■ F, □ D, ● B, ○ K)

armutlarda daha uzun muhafaza süresi yanında daha düşük C vitamini kaybı gerçekleşmiştir.

Bileşiminde % 1.1 karboksimetil selüloz bulunduran F film emülsiyonu ile kaplı armutlarda kaplamasız armutlara göre daha iyi sonuç elde edilmiştir. Bileşiminde hidroforb madde olarak soya yağı içeren E ve F film emülsiyonları kendi aralarında mukayese edildiği zaman, bileşiminde % 0.4 karboksimetil selüloz içeren E film emülsiyonu ile kaplı armutlara göre hem toplam muhafaza süresi hem de C vitamini kayıpları bakımından daha kötü sonuç verdiği Şekil 4.77’ de görülmektedir.

Tüm film emülsiyonları ile kaplı armutlarda kaplamasız olanlara göre daha düşük C vitamini kayıplarının gerçekleşmesi, film emülsiyonları ile kaplı armutlarda kaplamasız olanlara göre daha düşük bir oksijen transferinin gerçekleştiğini göstermektedir. Daha önceki meyvelerde C vitamini kaybı bakımından kötü sonuç veren film emülsiyonlarının armutta iyi sonuç vermesi aynı film emülsiyonlarının farklı meyveler için farklı sonuçlar vereceği bulgusunu güçlendirmektedir (Ukai ve ark., 1976).

A, B, C, D, E, F emülsiyonları ile kaplı armutlarda yapılan analiz sonuçlarına göre emülsiyonların kullanılabilirliği Tablo 4.20' de gösterilmiştir.

Sonuç olarak, ağırlık kayıpları hesaba katılarak yapılan hesaplamalarda, pH, suda çözünebilir kuru madde miktarı, titre edilebilir asitlik ve askorbik asit içeriği, % ağırlık kaybı ve toplam depolanabilme süresi bakımından E ve F film emülsiyonları diğer film emülsiyonları ve kaplamasız armutlara kıyasla daha olumlu sonuç verdiğinden dolayı armutların kaplamasında kullanılması önerilebilir.

Erbil ve Teoman (1985) balmumu-sodyum oleat-su-gum arabik-tuz, balmumu-etanolamin-oleikasit-su film emülsiyonları ile armut yüzeylerini kaplayarak depolama süresi boyunca ağırlık kaybını incelemişler ve kaplama filmi içinde tuz bulunan emülsiyonun başarısız olduğunu, oleik asit içeren emülsiyonun ağırlık kaybını önemli ölçüde düşürdüğünü bulmuşlardır.

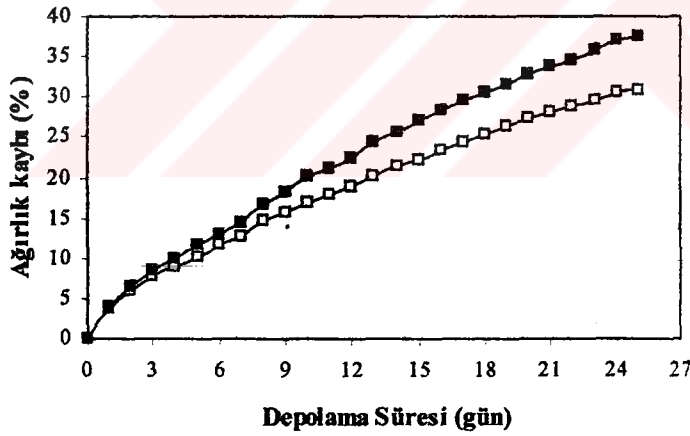
Tablo 4.20. Armutlar için Film Emülsiyonlarının Analiz Sonuçlarına Göre Kullanılabilirliği

Analizler	Film Emülsiyonları					
	A	B	C	D	E	F
% ağırlık kaybı					+	+
PH					+	+
Suda çözülebilir kuru madde					+	+
Titre edilebilir asitlik					+	+
Askorbik asit					+	+
Depolama süresi			+	+		

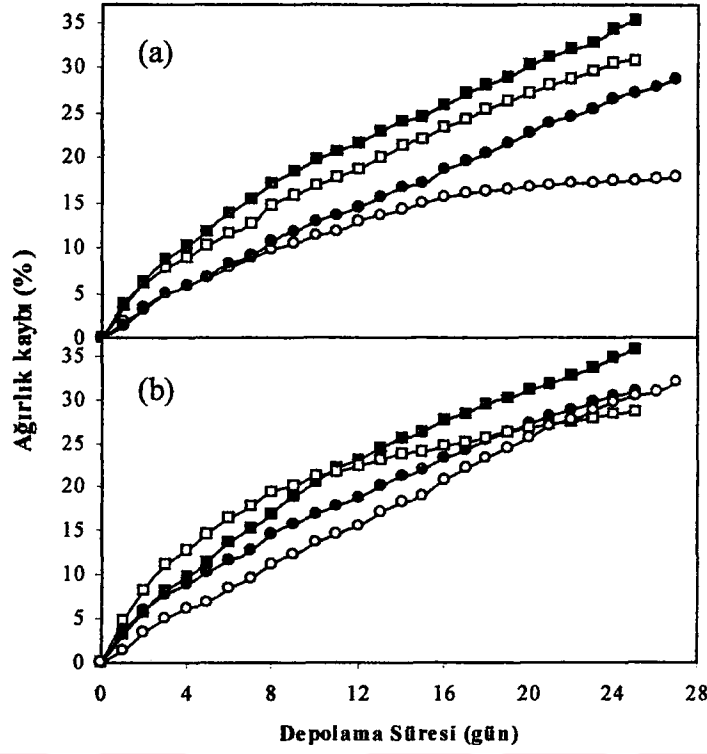
4.12. Kaplama Filmleri ile Kaplanan Mandalinalara Ait Bulgular

4.12.1. % Ağırlık Kaybı

Genel olarak meyvelerde gerçekleşen ağırlık kayıplarının büyük bir bölümü yapıdaki su kayıplarından ve karbonhidratların parçalanmasından kaynaklanmaktadır. Su buharı geçirgenliğine filmin cinsi, kalınlığı, buharın basıncı ve sıcaklık etki eder. Bu çalışmada kaplama filmleri ile kaplı meyveler sabit sıcaklık, bağıl nem ve atmosfer basıncında tutulduklarından sadece filmin cinsi ve kalınlığı önemli olmaktadır. Meyvelere uygulanan film kalınlıklarının ölçülmesi güç olduğundan, kaplama miktarı meyve ağırlığının % 1' i miktarında uygulanmıştır. Meyve depolama kamarası içerisinde ve dışında kaplamasız olarak muhafaza edilen mandalinalara ait ağırlık kayıpları Şekil 4.78' de, altı farklı emülsiyonla kaplı ve kaplamasız mandalinalarda ölçülen ağırlık kayıpları, kaplama filmindeki % karboksimetil selüloz içeriği de dikkate alınarak, Şekil 4.79' da verilmiştir.



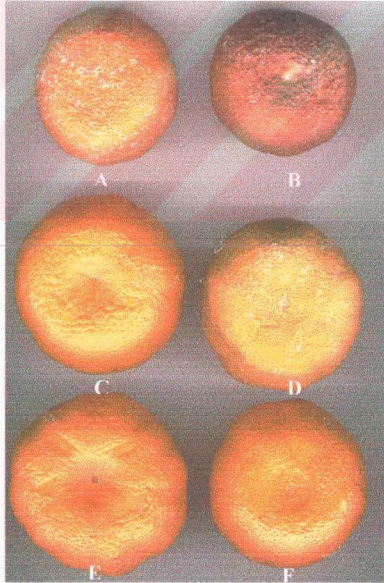
Şekil 4.78. Meyve depolama kamarası içinde ve dışında muhafaza edilen mandalinalarda % ağırlık kaybı (■ Meyve depolama kamarası dışında muhafaza edilen örnek, □ Meyve depolama kamarası içinde muhafaza edilen örnek)



Şekil 4.79. Film emülsiyonları ile kaplı mandalinalarda depolama süresiyle ağırlık kaybının değişimi (a) Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4 (Film Emülsiyonu: ■ A, □ K, ● E, ○ C) (b) Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1 (Film Emülsiyonu: ■ B, □ D, ● K, ○ F)

Meyve depolama kamarası dışında muhafaza edilen mandalinada meydana gelen ağırlık kayıpları depolama kamarasında muhafaza edilen mandalinalarda meydana gelen ağırlık kayıplarından daha yüksektir. Depolamanın ilk gününde itibaren ağırlık kayıpları arasındaki fark giderek artmaktadır. 25 günlük depolama sonunda, kabin içinde muhafaza edilen kaplamasız mandalinada % 30.86'lık kabin dışında muhafaza edilen mandalinada ise % 37.50'lik ağırlık kaybı gerçekleşmiştir. Kaplanmış mandalina örnekleriyle kaplanmamış referans örneklerde depolama süresince meydana gelen ağırlık kayıpları günün aynı saatine denk gelecek şekilde meyveler tartılarak belirlenmiştir. % 0.4 karboksimetil selüloz içeren film emülsiyonları içerisinde ağırlık kayıplarını minimize etmede C ve E film emülsiyonu ile kaplı mandalinalarda referans örneklerle göre daha iyi sonuç alınmasına rağmen, A film emülsiyonu ile kaplı örnekte daha kötü sonuç elde edilmiştir. Kaplama filmlerinde bulunan karboksimetil selüloz % si artıkça tüm film

emülsiyonlarında ağırlık kayıplarında bir artış gerçekleşmektedir. % 0.4 karboksimetil selüloz içeren ve hidrofob madde olarak parafin mumu kullanılan A film emülsiyonu ile kaplı mandalinalardaki ağırlık kaybı ile % 1.1 karboksimetil selüloz içeren ve parafin mumu kullanılan B film emülsiyonu ile kaplı mandalinalardaki ağırlık kaybı arasındaki fark % 0.42, hidrofob bileşen olarak balmumu içeren kaplama filmlerinde % 10.82, hidrofob bileşen olarak soya yağı içeren film emülsiyonlarında ise % 3.26' dır. C ve E film emülsiyonları ile kaplı mandalinalarda daha düşük ağırlık kayıplarının yanı sıra daha uzun muhafaza süresi de sağlanmaktadır. Kaplamasız, A ve B film emülsiyonları ile kaplı mandalinalarda 25 günlük muhafaza sonunda mikrobiyolojik bozulmalar gözlenmesine rağmen, C ve E film emülsiyonları ile kaplı mandalinalarda son analiz gününde herhangi bir mikrobiyolojik bozulma bulgusu gözlenmemiştir. 25 . analiz gününde kaplamalı mandalinaların fotoğrafları Şekil 4.80' de verilmiştir.



Şekil 4.80. Kaplama filmleri ile kaplı mandalinaların fotoğrafları (25. Gün)

Turunçgillerde okside olabilir nitelikte fenolik maddeler ve fenol oksidaz enzimi bulunmadığından bu grup meyvelerde enzimatik esmerleşmeler görülmemektedir. Enzimatik olmayan renk bozulmaları ışık, metaller ve oksijen gibi faktörlerin etkisiyle olabilir. Diğer taraftan enzimatik olmayan esmerleşmeler kuru madde içerikleriyle de ilgilidir. Nitekim su içeriği azaldıkça yapı ve dokudaki esmerleşmeler artar. Meyve ürünlerinin hava almayacak şekilde ambalajlanmaları ve dokularından havanın çıkarılması renk bozulmalarını sınırlamaktadır. Yukarıdaki açıklamadan da anlaşılacağı gibi meyvelerde renk kararmasına ve matlaşmasına yol açan antosiyanin parçalanma hızı ortamda bulunan oksijen miktarına bağlıdır. C, F, E Filmleriyle kaplanmış meyvelerde renkteki koyulaşmanın ve matlaşmanın gecikmesi filmlerin meyveye olan oksijen transferini ve meyvelerden su kaybını düşürmesinden kaynaklanabilir. B, A, D film emülsiyonları ile kaplı meyvelerde diğer film emülsiyonları ile kaplı mandalinalara göre daha fazla renkte koyulaşma ve matlaşma gözlenmektedir. Ağırlık kaybı bakımından da en kötü sonuçlar yine bu film emülsiyonları ile kaplı mandalinalarda gerçekleşmiştir. Buradan; mandalina için bu film emülsiyonları içerisindeki hidrofil/hidrofob oranının uygun olmadığı sonucu çıkarılabilir. Çünkü meyveden meyveye değişik karakteristik özellik gösterebilen film emülsiyonlarında hidrofil/hidrofob madde oranı iyi ayarlanmadığı durumda filmlerin gaz geçirgenlikleri denetlenemez hale gelmektedir. Ayrıca film içerisindeki hidrofob partiküllerin büyüklüğü artıkça veya partiküller birbirleri ile birleşip devamlı bir tabaka oluşturdukça film emülsiyonlarının gaz geçirgenlikleri denetlenemez hale gelmektedir (Cemeroğlu ve Acar, 1986).

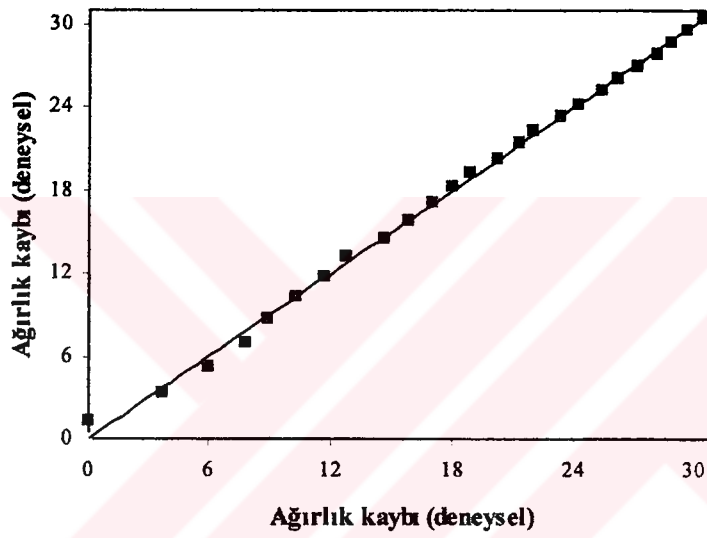
Meyvede gerçekleşen ağırlık kayıplarını depolama süresinin fonksiyonu olarak belirlemek amacıyla kurutma modelleri modifiye edilerek kullanıldı. Bu modellerdeki katsayılar Hooke-Jeeves ve Quasi-Newton tahmin yöntemi kullanılarak belirlendi. Sonuçlar Tablo 4.21’ de verilmiştir.

Tablo 4.21. Mandalına için Modifiye Edilmiş Kurutma Modellerinin Katsayıları

Model	kod	Model Katsayıları				r
%WL= k.t	K	1.259237				0.80133
	A	1.417379				0.78856
	B	1.460224				0.79501
	C	0.830018				0.88358
	D	1.310903				0.37943
	E	1.132240				0.99241
	F	1.261109				0.99576
%WL=exp(k.t ⁿ)		k	n			
	K	1.863251	0.180190			0.91580
	A	1.993261	0.169785			0.91734
	B	2.008288	0.170306			0.91411
	C	1.420443	0.224224			0.97660
	D	2.261822	0.118532			0.92851
	E	1.253612	0.302310			0.99635
%WL=exp ((k.t) ⁿ)		k	n			
	K	30.16864	181520			0.91581
	A	58.13153	169783			0.91734
	B	63.02336	0.169120			0.91410
	C	4.783911	0.224224			0.97660
	D	1141.123	0.116675			0.92846
	E	2.123495	0.301881			0.99635
%WL=n.exp(k.t)		k	n			
	K	0.041606	10.15077			0.81760
	A	0.041063	11.54518			0.81368
	B	0.041089	11.87134			0.80540
	C	0.044636	6.316537			0.89092
	D	0.030864	13.09523			0.76614
	E	0.060407	6.297835			0.95977
%WL=n.exp(k.t)+m		k	n	m		
	K	0.000033	277723.88	-277717.7		0.88575
	A	0.000033	30957.96	-30950.8		0.88221
	B	0.007310	130.1272	-122.366		0.86797
	C	0.000041	15327.57	15323.9		0.95319
	D	0.000063	11746.86	-11736.5		0.83021
	E	0.000109	9548.084	-9546.43		0.99749
%WL=n.exp(k ₀ .t)+m.exp(K ₁ .t)		ko	k1	n	m	
	K	0.143482	0.130555	-12.7490	18.61263	0.96962
	A	0.040974	0.040728	9.292583	2.286999	0.81369
	B	-0.065641	-0.017091	66.61691	-67.5375	0.95031
	C	-0.029495	-0.033829	357.8563	-357.682	0.99735
	D	-0.045348	-0.050627	619.5103	-617.786	0.96782
	E	0.060407	0.060407	5.385656	0.912181	0.95977
%WL=k ₀ +k ₁ .T+k ₂ .T ² +k ₃ .T ³		ko	k1	k2	k3	
	K	1.361262	2.034260	-0.055740	0.000894	0.99884
	A	0.746044	2.744312	-0.105358	0.002047	0.99950
	B	0.331338	2.708171	-0.083008	0.001231	0.99963
	C	0.312398	1.450585	-0.035376	0.000198	0.99936
	D	1.422697	3.423093	-0.176955	0.003383	0.99799
	E	0.278506	1.441253	-0.023888	0.000396	0.99958
	F	0.432726	1.325047	0.001119	-0.000245	0.99947

25 °C sıcaklık ve % 75 bağıl nem ortamında kaplamalı ve kaplamasız mandalinalarda meydana gelen ağırlık kayıplarını ampirik olarak tahmin etmede iki terimli ve polinom eşitliklerin büyük bir yaklaşımla kullanılabileceği Tablo 4.21’ de görülmektedir.

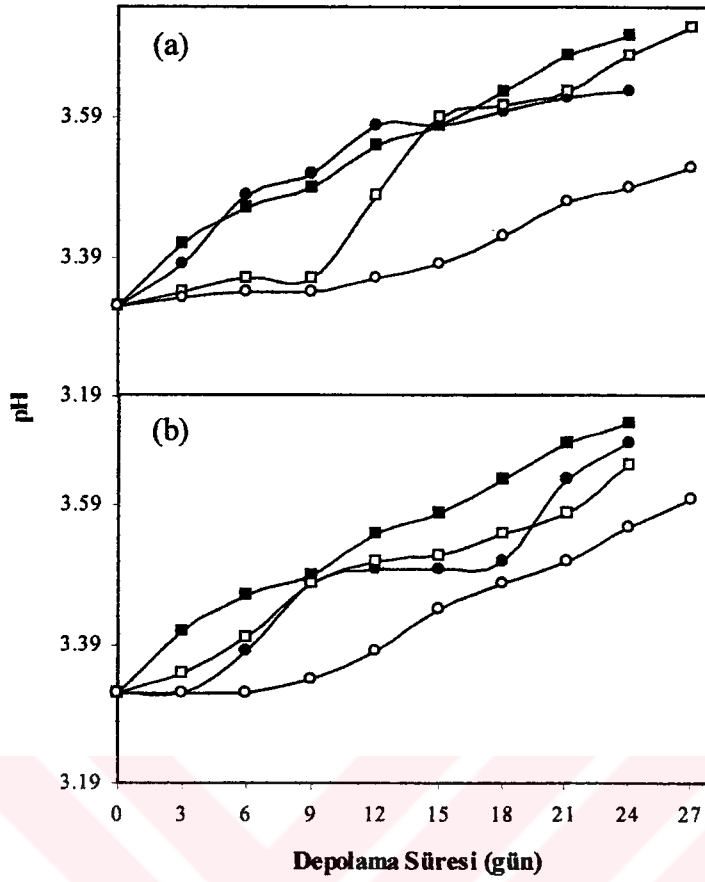
Kaplamasız mandalina için polinom modeli kullanılarak hesaplanan % ağırlık kayıpları ve deneysel olarak belirlenen ağırlık kayıpları arasındaki ilişki Şekil 4.81’de görülmektedir.



Şekil 4.81. Kaplamasız elma için polinom modeli kullanılarak hesaplanan ağırlık kayıplarının deneysel olarak belirlenen ağırlık kayıplarına göre dağılımı

4.12.2. pH Değerleri

Kaplamasız ve film emülsiyonları ile kaplı mandalina örneklerinden elde edilen meyve sularında 3 gün arayla yapılan analizlerde pH değerlerindeki değişim Şekil 4.82’ de görülmektedir.



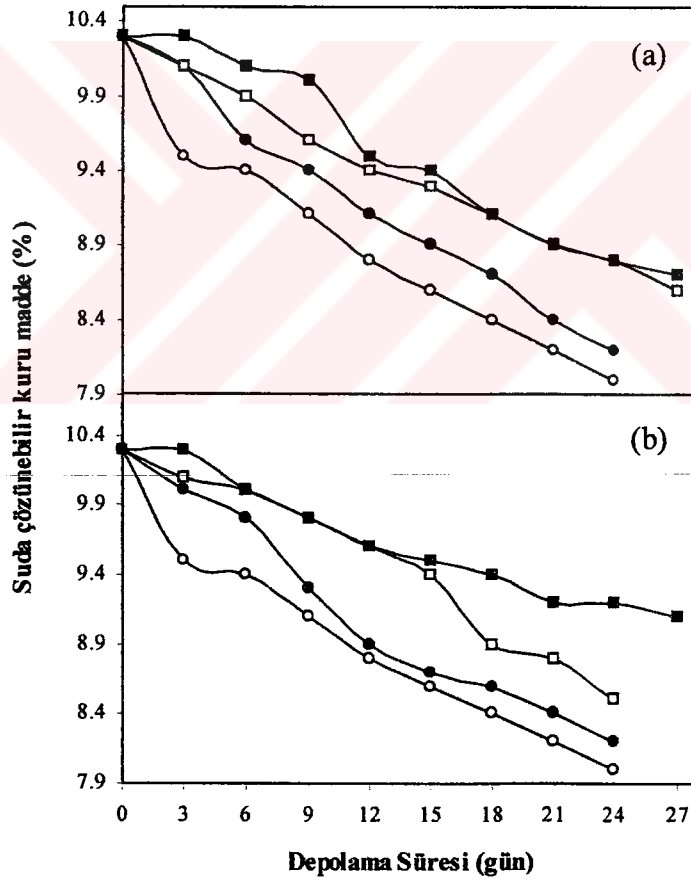
Şekil 4.82. Film emülsiyonları ile kaplı mandalinalarda depolama süresiyle pH'nın değişimi
 (a) Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4 (Film Emülsiyonu: ■ K, □ C, ● A, ○ E)
 (b) Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1 (Film Emülsiyonu: ■ K, □ D, ● B, ○ F)

Sonuçlar, depolama süresince tüm örneklerin pH değerinde bir artış olduğunu göstermektedir. 24 günlük depolama sonunda en yüksek artış referans örneklerde, en düşük artış ise E film emülsiyonları ile kaplı mandalinalarda gerçekleşmiştir. Film emülsiyondaki karboksimetil selüloz oranı arttıkça, hidrofor madde olarak parafin mumu ve soya yağı içeren film emülsiyonu ile kaplı mandalina örneklerinin pH değerlerinde artış, balmumu içeren örneklerin pH değerlerinde bir düşüş gözlenmektedir. Kaplamada kullanılacak mandalinaların aynı boyut, renk ve olgunluğa sahip olmasına dikkat edilmiş olmasına rağmen, aynı film emülsiyonu ile kaplı mandalinaların pH değerindeki artış oranlarındaki değişim meyvelerin heterojenliğinden kaynaklanmış olabilir.

4.12.3. Suda Çözünebilir Kuru Madde Miktarı

6 farklı film emülsiyonu ile kaplanan ve kontrol amacıyla aynı ortamda muhafaza edilen mandalina örneklerinden elde edilen meyve sularında 3 gün arayla yapılan analizlerle belirlenen suda çözünebilir kuru madde miktarının depolama süresince değişimi Şekil 4.83' de verilmiştir.

Mandalina örneklerinde suda çözünebilir kuru madde miktarında depolama süresince tüm örneklerde bir azalma gözlenmektedir. Suda çözünebilir kuru madde miktarlarındaki en az azalma E ve F film emülsiyonları ile kaplı mandalinalarda

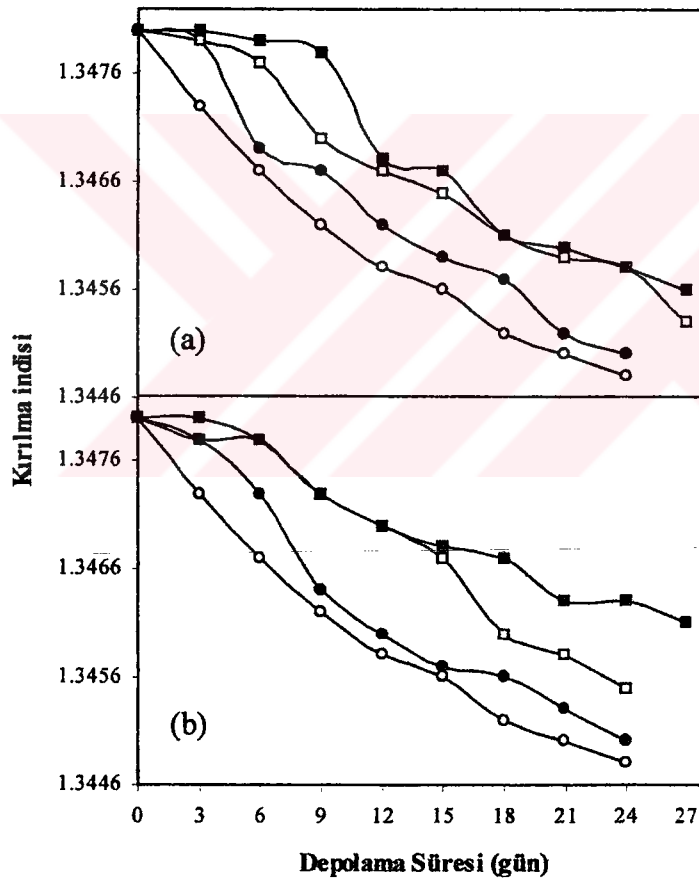


Şekil 4.83. Film emülsiyonları ile kaplı mandalinalarda depolama süresiyle suda çözünebilir kuru madde miktarının değişimi (a) Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4 (Film Emülsiyonu: ■ E, □ C, ● A, ○ K) (b) Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1 (Film Emülsiyonu: ■ F, □ B, ● D, ○ K)

gerçekleşmiştir. Tüm film emülsiyonları çözünabilir kuru madde kayıpları bakımından referans örneklerle göre fayda sağlamaktadır. En yüksek kayıp referans örneklerde % 2.3 olarak gerçekleşirken , en düşük kayıp % 1.2 olarak F film emülsiyonu ile kaplı mandalina örneklerinde gerçekleşmiştir.

4.12.4. Kırılma İndisi

Kaplamasız ve film emülsiyonları ile kaplı mandalina örneklerinde kırılma indisinin depolama süresince değişimi Şekil 4.84' de görülmektedir.



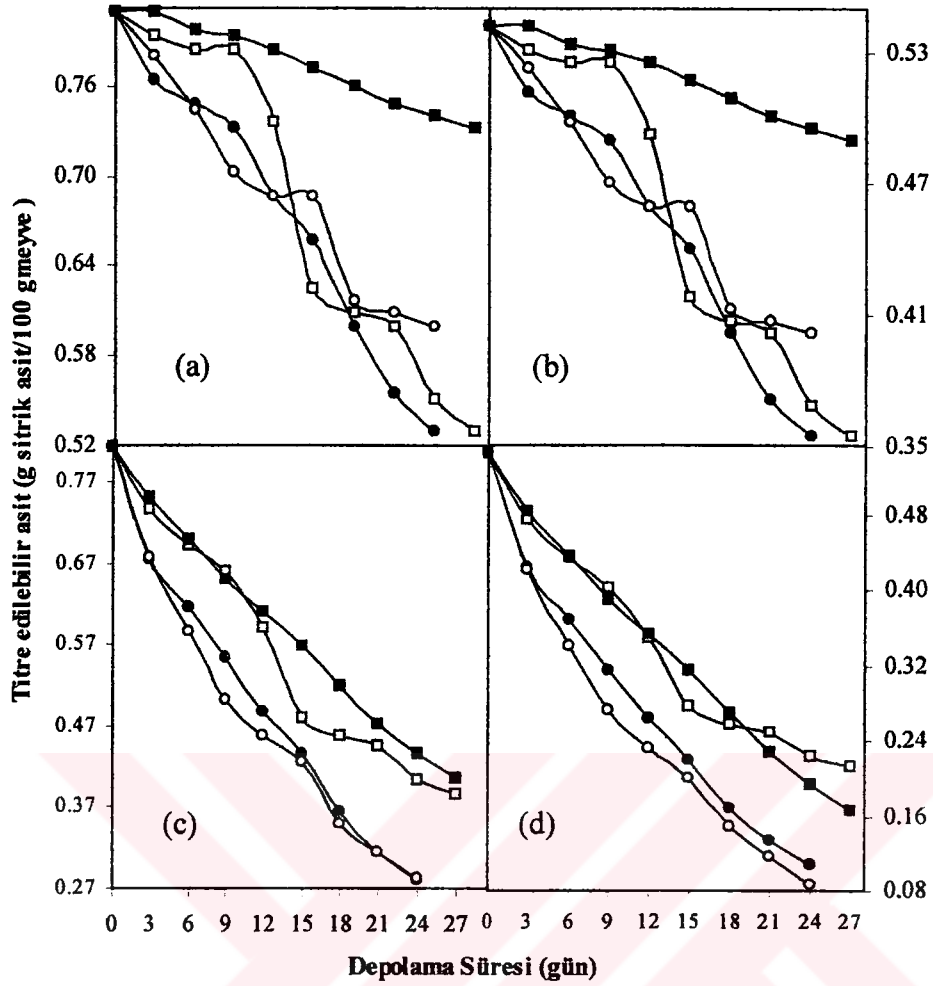
Şekil 4.84. Film emülsiyonları ile kaplı mandalinalarda depolama süresiyle kırılma indisinin değişimi (a) Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4 (Film Emülsiyonu: ■ E, □ C, ● A, ○ K) (b) Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1 (Film Emülsiyonu: ■ F, □ B, ● D, ○ K)

Solunum sırasında meyve bünyesinde harcanan karbonhidratlar, örneklerin suda çözülebilir kuru madde miktarındaki azalmaya neden olmaktadır. Suda çözünebilir kuru madde miktarı azalmasına bağlı olarak meyve suyunun kırılma indisi de tüm örneklerde depolama süresince düşmektedir.

4.12.5. Titre Edilebilir Asit Miktarı

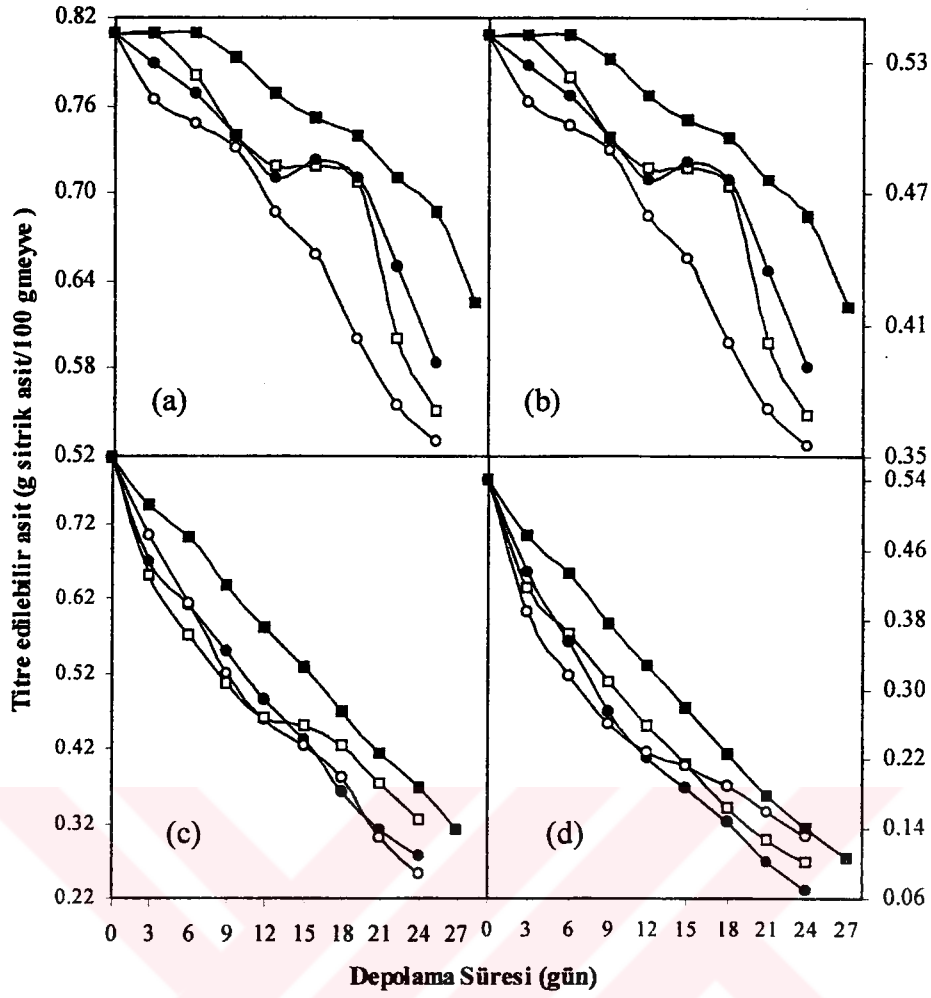
Mandalina gibi kalın kabuklu meyvelerde kabuk ağırlığı toplam ağırlığın yaklaşık % 25-40 oluşturmaktadır. Bu çalışmada kullanılan mandalina örneklerinde bu değer yaklaşık %33 (kaplanmak üzere seçilen mandalinalarda ilk gün seçilen 4 örneğin aritmetik ortalaması) olarak belirlenmiştir. Depolama süresince titre edilebilir asit miktarı kabuklu ve kabuksuz ağırlık üzerinden belirlenen meyve suyu hacim değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. Kaplamasız ve % 0.4 karboksimetil selüloz içeren film emülsiyonları ile kaplı mandalinalar için, kabuksuz meyvede ağırlık kaybı hesaba katılmadan hesaplanan titre edilebilir asitlik miktarı Şekil 4.85 (a)' da, ağırlık kaybı hesaba katılarak belirlenen değerlerin değişimi Şekil 4.85 (c)' de, kabuklu meyvede ağırlık kaybı hesaba katılmadan belirlenen değişim Şekil 4.85 (b)' de, ağırlık kaybı hesaba katılarak belirlenen değişim Şekil 4.85 (d)' de verilmiştir.

Kaplamasız ve % 1.1 karboksimetil selüloz içeren film emülsiyonları ile kaplı mandalinalar için, kabuksuz meyvede ağırlık kaybı hesaba katılmadan hesaplanan titre edilebilir asitlik miktarı Şekil 4.86 (a)' da, ağırlık kaybı hesaba katılarak belirlenen değerlerin değişimi Şekil 4.86 (c)' de, kabuklu meyvede ağırlık kaybı hesaba katılmadan belirlenen değişim Şekil 4.86 (b)' de, ağırlık kaybı hesaba katılarak belirlenen değişim Şekil 4.86 (d)' de verilmiştir.



Şekil 4.85. Film emülsiyonları ile kaplı mandalinalarda depolama süresiyle titre edilebilir asitliğin değişimi (Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4) (a) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan (Meyve : Kabuksuz Film Emülsiyonu: ■ E, □ C, ● K, ○ A) (b) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan (Meyve : Kabuklu Film Emülsiyonu: ■ E, □ C, ● K, ○ A) (c) Ağırlık kaybı hesaba katılarak (Meyve : Kabuksuz Film Emülsiyonu: ■ E, □ C, ● K, ○ A) (d) Ağırlık kaybı hesaba katılarak (Meyve : Kabuklu Film Emülsiyonu: ■ E, □ C, ● K, ○ A)

Literatürde mevcut çalışmalarda titre edilebilir asit değeri hesaplanırken depolama süresince meydana gelen ağırlık kayıpları ve kalın kabuklu meyvelerde kabuk ağırlığı hesaba katılmamıştır (Erbil ve Teoman, 1987; Uslu, 2001). Bu çalışmada meyvelerde tat ve aromanın bir ölçüsü olan titre edilebilir asit miktarının



Şekil 4.86. Film emülsiyonları ile kaplı mandalinalarda depolama süresiyle titre edilebilir asitliğin değişimi (Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1) (a) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan (Meyve : Kabuksuz Film Emülsiyonu: ■ F, □ B, ● D, ○ K) (b) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan (Meyve : Kabuklu Film Emülsiyonu: ■ F, □ B, ● D, ○ K) (c) Ağırlık kaybı hesaba katılarak (Meyve : Kabuksuz Film Emülsiyonu: ■ F, □ D, ● K, ○ B) (d) Ağırlık kaybı hesaba katılarak (Meyve : Kabuklu Film Emülsiyonu: ■ F, □ K, ● B, ○ D)

meyvenin yenilebilir kısmında anlamlı olduğu düşünülerek, ince kabuklu meyvelerde titre edilebilir asit miktarındaki değişime depolama süresince meydana gelen ağırlık kaybı hesaba katılarak ve katılmayarak, kalın kabuklu meyvelerde ağırlık kaybı hesaba katılarak ve katılmayarak kabuklu ve kabuksuz meyve ağırlıkları baz alınarak belirlenmiştir.

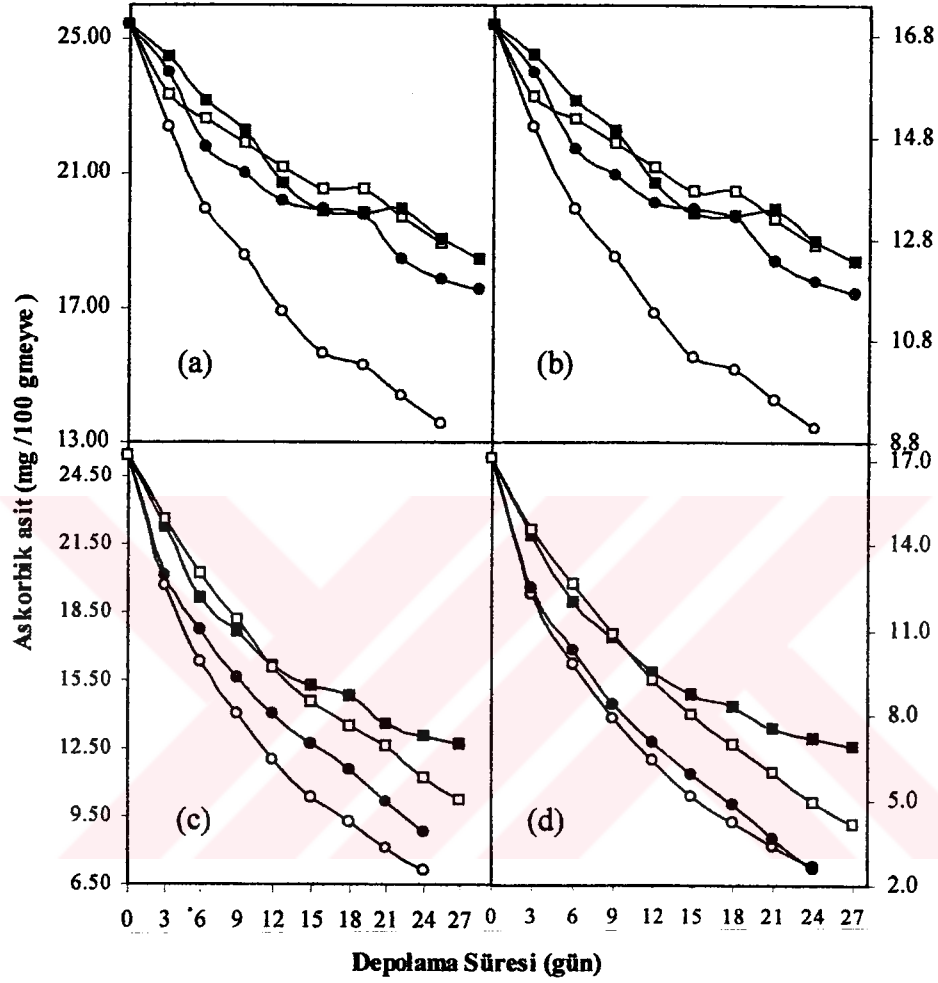
Kabuklu meyve ağırlığı baz alınarak verilen başlangıç titre edilebilir asitlik miktarı (0.542 g sitrik asit/ 100 g meyve) literatürde sitrik asit olarak verilen titrasyon asitliği (0.62-1.102) (Cemeroğlu ve Acar,1986) sınırları dışında kalmasına rağmen, kabuksuz meyve ağırlığı baz alınarak belirlenen başlangıç değeri (0.809 g sitrik asit/ 100 g meyve) bu sınırlar içerisinde kalmaktadır.

Kabuksuz meyve ağırlığı baz alınarak ve ağırlık kaybı hesaba katılarak yapılan hesaplamalara göre, F film emülsiyonu ile kaplı mandalinalardaki titre edilebilir asit miktarındaki azalma daha az olmakta ve bileşimdeki karboksimetil selüloz oranı artıkça, aynı hidrofob madde içeren film emülsiyonları ile kaplı mandalinaların titre edilebilir asit kayıplarında bir artış gözlenmektedir. Buradan, karboksimetil selüloz oranı artıkça dış ortamdan meyveye olan oksijen transfer hızının artışı sonucu çıkarılabilir.

4.12.6. Askorbik Asit Miktarı

Kaplamasız ve % 0.4 karboksimetil selüloz içeren film emülsiyonları ile kaplı mandalinalar için, kabuksuz meyvede ağırlık kaybı hesaba katılmadan hesaplanan askorbik asit miktarı Şekil 4.87 (a)' da, ağırlık kaybı hesaba katılarak belirlenen askorbik asit miktarı Şekil 4.87 (c)' de, kabuklu meyvede ağırlık kaybı

hesaba katılmadan belirlenen askorbik asit miktarı Şekil 4.87 (b)' de, ağırlık kaybı hesaba katılarak belirlenen askorbik asit miktarı Şekil 4.87 (d)' de verilmiştir.



Şekil 4.87. Film emülsiyonları ile kaplı mandalinalarda depolama süresiyle askorbik asit miktarının değişimi (Karboksimetil selüloz içeriği % 0.4) (a) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan (Meyve : Kabuksuz Film Emülsiyonu: ■ E, □ A, ● C, ○ K) (b) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan (Meyve : Kabuklu Film Emülsiyonu: ■ E, □ A, ● C, ○ K) (c) Ağırlık kaybı hesaba katılarak (Meyve : Kabuksuz Film Emülsiyonu: ■ C, □ E, ● A, ○ K) (d) Ağırlık kaybı hesaba katılarak (Meyve : Kabuklu Film Emülsiyonu: ■ C, □ E, ● A, ○ K)

Kontrol örneklerinde başlangıçta kabuklu temel üzerinden belirlenen askorbik asit miktarı (17.004 mg/100 g meyve) mandalina için literatürde verilen değerden (31 mg/100 g meyve) ([http:// www. naturalhub. com/ natural _food _guide/fruit_vitamin_c.htm](http://www.naturalhub.com/natural_food_guide/fruit_vitamin_c.htm)) oldukça düşüktür. Kabuksuz temel üzerinden belirlenen değer (25.379 mg/100g meyve) literatürde verilen değere daha yakındır. Aradaki fark mandalının türünden kaynaklanabileceği gibi hasat sonrası meyve yetiştirilen bölgeden bu çalışmanın gerçekleştiği bölgeye ulaşmaya kadar gerçekleşen kayıplardan da kaynaklanabilir.

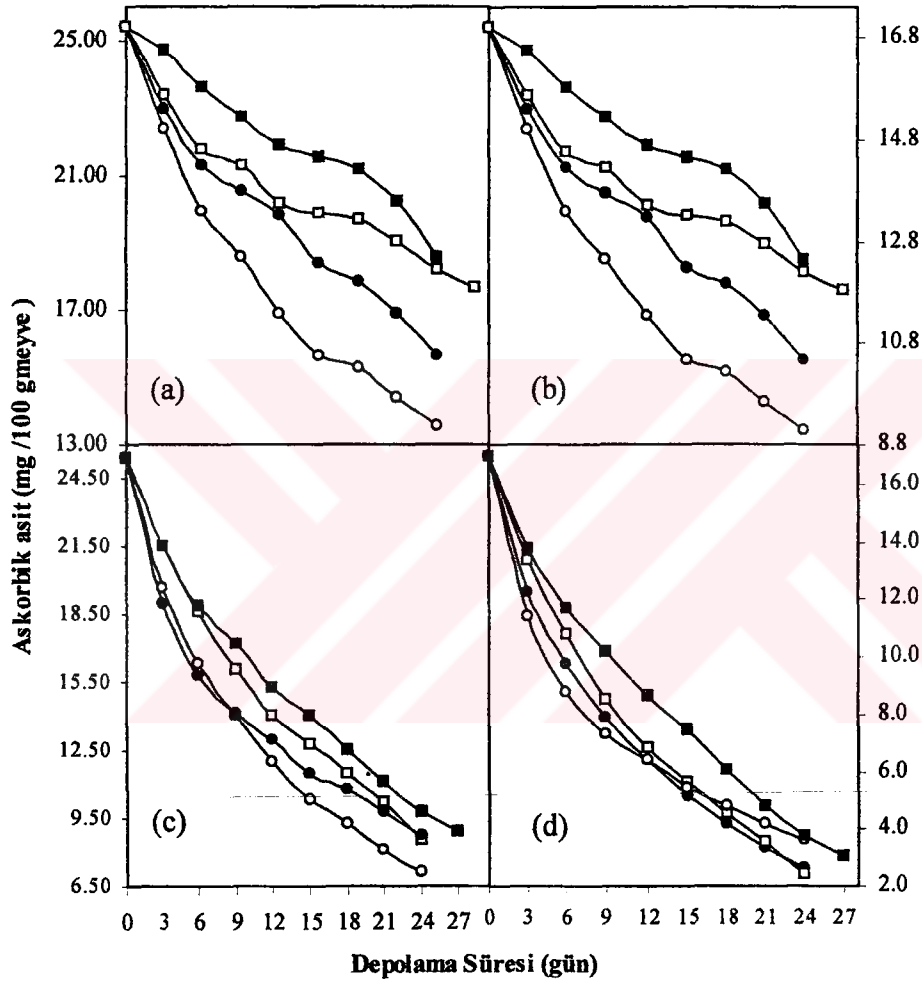
% 0.4 karboksimetil selüloz içeren film emülsiyonları ile kaplı mandalinalarda depolama süresince referans örneklere göre daha düşük bir askorbik asit kaybı gerçekleşmiştir. Kaplamasız, A, C, E film emülsiyonları ile kaplı meyvelerde kabuksuz temel üzerinden ağırlık kaybı hesaba katılarak yapılan hesaplamalarda 24. depolama gününde askorbik asit kayıpları sırasıyla % 72, % 65, % 49 ve % 56 olarak gerçekleşmiştir. Kabasakalis ve ark. (2000), ticari portakal sularının askorbik asit içeriklerindeki değişimi incelemişler, ağzı açık ve kapalı olarak buzdolabında muhafaza edilen portakal sularındaki askorbik asit kayıplarını 24. günde sırasıyla % 51.08 ve % 44.9 olarak bulmuşlardır.

Kabuklu ve kabuksuz temel üzerinden yapılan hesaplamalar askorbik asit miktarındaki değişim trendi üzerinde etkin olmasa da, askorbik asit miktarlarının başlangıç ve son değerlerinin bilinmesi bakımından önem taşımaktadır. Kabuklu meyve ağırlığı baz alındığı zaman 25 günlük depolama sonunda meyvenin askorbik asit bakımından yeterince fakirleştiği düşüncesi ön plana çıksa da, kabuksuz ağırlık hesaba katılarak yapılan hesaplamalarda özellikle C ve E film emülsiyonları ile kaplı mandalinalarda başlangıç askorbik asit miktarının yaklaşık % 50 sinin bozunmadan yapıda kaldığı görülmektedir.

Kaplamasız ve % 1.1 karboksimetil selüloz içeren film emülsiyonları ile kaplı mandalinalar için, kabuksuz meyvede ağırlık kaybı hesaba katılmadan hesaplanan askorbik asit miktarı Şekil 4.88 (a)' da, ağırlık kaybı hesaba katılarak belirlenen askorbik asit miktarı Şekil 4.88 (c)' de, kabuklu meyvede ağırlık kaybı

hesaba katılmadan belirlenen askorbik asit miktarı Şekil 4.88 (b)' de, ağırlık kaybı hesaba katılarak belirlenen askorbik asit miktarı Şekil 4.88 (d)' de verilmiştir.

% 1.1 karboksimetil selüloz içeren film emülsiyonları ile kaplı mandalinalarda da askorbik asit kayıpları referans örneklere göre daha düşüktür. Kabuksuz temel üzerinden ağırlık kayıpları hesaba katılarak belirlenen askorbik asit



Şekil 4.88. Film emülsiyonları ile kaplı mandalinalarda depolama süresiyle askorbik asit miktarının değişimi (Karboksimetil selüloz içeriği % 1.1) (a) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan (Meyve: Kabuksuz Film Emülsiyonu: ■ B, □ F, ● D, ○ K) (b) Ağırlık kaybı hesaba katılmadan (Meyve : Kabuklu Film Emülsiyonu: ■ B, □ F, ● D, ○ K) (c) Ağırlık kaybı hesaba katılarak (Meyve : Kabuksuz Film Emülsiyonu: ■ F, □ B, ● D, ○ K) (d) Ağırlık kaybı hesaba katılarak (Meyve : Kabuklu Film Emülsiyonu: ■ F, □ B, ● K, ○ D)

kayıpları film emülsiyondaki karboksimetil selüloz oranındaki artışla artmaktadır. Karboksimetil selüloz içeriği yüksek olan film emülsiyonlarının mandalinalardaki solunum hızını yavaşlatmada fazlaca etkin olmadığı depolama süresince gerçekleşen askorbik asit kayıplarından anlaşılmaktadır.

Kabuksuz temel üzerinden ağırlık kaybı hesaba katılarak yapılan hesaplamalara göre, en az askorbik asit kaybının C ve F film emülsiyonları ile kaplı mandalinalarda olduğu Şekil 4.87 ve 4.88' de görülmektedir.

A, B, C, D, E, F emülsiyonları ile kaplı mandalinalarda yapılan analiz sonuçlarına göre emülsiyonların kullanılabilirliği Tablo 4.22' de gösterilmiştir.

Ağırlık kayıpları hesaba katılarak yapılan hesaplamalarda, pH, suda çözünebilir kuru madde miktarı, titre edilebilir asitlik ve askorbik asit içeriği, % ağırlık kaybı ve toplam depolanabilme süresi bakımından E ve F film emülsiyonları diğer film emülsiyonları ile kaplı ve kaplamasız mandalinalara kıyasla daha olumlu sonuç verdiğinden dolayı E ve F film emülsiyonlarının mandalinaların kaplanmasında kullanılması önerilebilir.

Erbil ve Teoman (1985) parafin mumu-Emülgin PE-su-ticari CMC, balmumu-trietanolamin-oleikasit-su-ticari CMC, su-vinilasetat akrilat kopolimeri, koko yağı-sodyum oleat-nişasta-su, soya yağı-sodyum oleat-ticari CMC-su, balmumu- koko yağı-sodyum oleat-su film emülsiyonları ile mandalina yüzeylerini kaplayarak depolama süresi boyunca ağırlık kaybını incelemişler ve balmumu- koko yağı-sodyum oleat-su içeren kaplama filmi ile kaplı mandalinaların ağırlık kaybını geciktirdiğini ve muhafaza süresinin 31 gün olduğunu bulmuşlardır.

Tablo 4.22. Mandalinalar için Film Emülsiyonlarının Analiz Sonuçlarına Göre Kullanılabilirliği

Analizler	Film Emülsiyonları					
	A	B	C	D	E	F
% ağırlık kaybı			+	+		
pH					+	+
Suda çözülebilir kuru madde					+	+
Titre edilebilir asitlik					+	+
Askorbik asit			+			+
Depolama süresi					+	+

Sonuç olarak, mandalina hariç tüm meyveler için ağırlık kayıpları hesaba katılarak yapılan ve mandalinada kabuksuz temel üzerinden ağırlık kayıpları hesaba katılarak yapılan hesaplamalar göz önüne alındığında, titre edilebilir asitlik ve askorbik asit miktarı kıyaslandığında hidrofil polimer olarak kullanılan karboksimetil selüloz konsantrasyonunun artması ile titre edilebilir asitlik ve askorbik asit kayıpları artmaktadır. Bu kayıplara karboksimetil selüloz konsantrasyonunun artması ile dış ortamdan meyveye oksijen transferinin fazla olması neden olmaktadır. Bu nedenle, şeftalilerin kaplanması için C film emülsiyonu, diğer meyvelerin kaplanması için E film emülsiyonu önerilebilir.

Meyvelerin bozulmasında olgunluk durumu da önemlidir. Çoğu meyveler olgunlaşmanın başlangıcında hasat edilirler ve olgunlaşma hasattan sonrada devam eder. Olgunlaşmanın başlangıcında solunum hızı yüksektir ve olgunluk döneminin bitişi ile solunum hızı tekrar düşer (klimakterik özellik). Bu nedenle, çalışmamızda kullandığımız meyveler yeme olgunluğunda iken koruyucu filmler ile kaplandığından dolayı, oksijen transferinin yavaşlatılması ve raf ömrünün artırılması için kaplamanın olgunlaşma öncesinde kullanılması önerilebilir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sonuçları ana hatlarıyla aşağıdaki gibi irdeleyebiliriz:

- Şeker pancarı küspesinin bileşiminin literatürde verilen değerlerle uyum içinde olduğu gözlenmiştir.
- Şeker pancarı küspesinden selüloz eldesinde ekstraksiyon süresi ve alkali konsantrasyonunun artmasıyla küspenin selüloz içeriği azalmaktadır. Farklı ekstraksiyon koşullarının selüloz verimine etkisinin incelendiği deneylerde, küspeden selüloz dışı maddelerin en fazla uzaklaştırıldığı ekstraksiyon koşulları 35 °C, 22 saat ve % 15 alkali konsantrasyonu olarak belirlenmiş fakat alkali konsantrasyondaki % 5'lik artış çok düşük bir iyileşmeye neden olduğu için en uygun ekstraksiyon koşulu 35 °C, 22 saat ve % 10 alkali konsantrasyonu olarak düşünülmüştür.
- Farklı ekstraksiyon koşullarında elde edilen selüloz kullanılarak hazırlanan selüloz çözeltilerinin intrinsik viskoziteleri selülozun molekül ağırlığına bağlı olarak değişmektedir.
- Selüloz çözeltilerinin viskoziteleri konsantrasyonun artması ile artmış, sıcaklığın artması ile azalmıştır. Viskoziteye konsantrasyon ve sıcaklığın birlikte etkisi için çeşitli modeller geliştirilmiş ve en uygun teorik modelin sıcaklığın etkisini veren Andrade tipi eşitlikler ile konsantrasyonun etkisini veren üs ve üstel eşitliklerin birleştirilmesi ile elde edilen eşitlik olduğu bulunmuştur. Akış aktivasyon enerjisi konsantrasyonun artması ile artmıştır.
- Selülozdan karboksimetil selüloz eldesinde, en yüksek süstitüsyon derecesine sahip karboksimetil selülozun çözücü olarak izobütil alkol, 360 dk. reaksiyon süresi, % 30 NaOH konsantrasyonu, 70 °C sıcaklık ve 1/1.5 selüloz/sodyum klor asetat oranı koşullarında elde edildiği bulunmuştur. En

yüksek karboksimetil selüloz verimi aynı reaksiyon koşullarında elde edilmiştir.

- 20-30 °C sıcaklık ve 5-30 kg/m³ konsantrasyon aralığında karboksimetil selüloz çözeltilerinin reolojik davranışlarının incelendiği deneylerde, karboksimetil selüloz çözeltilerinin Ostwald-de Waele modeline uyduğu ve reolojik davranışın pseudoplastik olduğu akış davranış indeksinin sıcaklık ile artıp konsantrasyon ile azaldığı, akışkanlık sabitinin ise sıcaklık ile azalıp konsantrasyon ile arttığı gözlenmiştir.
- Kayma hızının artması ile görünür viskozite değerleri azalmakta ve yüksek konsantrasyonlarda karboksimetil selüloz çözeltilerinin viskoziteleri kayma hızındaki değişime daha duyarlı olmaktadır.
- Görünür viskoziteye sıcaklık ve konsantrasyonun birlikte etkisini belirlemek amacıyla tüm kayma hızları için çeşitli modeller geliştirilmiş ve en uygun teorik modelin sıcaklık ve konsantrasyonun etkisini üstel olarak içeren eşitlik olduğu bulunmuştur.
- Akış davranış indeksi ve akışkanlık sabitini sıcaklık ve konsantrasyona bağlayan eşitlikler çalışılan sıcaklık ve konsantrasyon aralığında akış davranış indeksi ve akışkanlık sabitini ampirik olarak bulmak için uygundur.
- Ağırlık kayıpları hesaba katılarak yapılan hesaplamalarda, pH, suda çözünebilir kuru madde miktarı, titre edilebilir asitlik ve askorbik asit içeriği, % ağırlık kaybı ve toplam depolanabilme süresi bakımından hidrofob madde olarak balmumu, emülgatör olarak trietanol amin ve oleik asit kullanılan C film emülsiyonu diğer film emülsiyonları ile kaplı ve kaplamasız şeftalilere kıyasla daha olumlu sonuç verdiğinden dolayı C film emülsiyonunun şeftalilerin kaplanması, hidrofob madde olarak soya yağı, emülgatör olarak sodyum oleat kullanılan E ve F film emülsiyonları ise diğer film emülsiyonları ile kaplı ve kaplamasız elma, armut ve mandalinalara kıyasla daha olumlu sonuç verdiğinden dolayı E ve F film emülsiyonlarının elma, armut ve mandalinaların kaplanmasında kullanılması önerilebilir.

- Mandalina hariç tüm meyveler için ağırlık kayıpları hesaba katılarak yapılan ve mandalinada kabuksuz temel üzerinden ağırlık kayıpları hesaba katılarak yapılan hesaplamalar göz önüne alındığında, titre edilebilir asitlik ve askorbik asit miktarı kıyaslandığında hidrofil polimer olarak kullanılan karboksimetil selüloz miktarının artması ile titre edilebilir asitlik ve askorbik asit kayıpları artmaktadır. Bu nedenle, şeftalilerin kaplanması için C film emülsiyonu, diğer meyvelerin kaplanması için E film emülsiyonu önerilebilir.
- Kaplama filmi içindeki karboksimetil selüloz konsantrasyonunun artması ile yani viskozitenin artmasıyla daha olumsuz sonuçlar gözleendiğinden, hidrofob-hidrofil madde homojenliğinin tam olarak sağlanamadığı ve ortamdan meyve içine oksijen transferinin arttığı sonucu çıkarılabilir.
- Meyvelerin hasattan hemen sonra olgunlaşma öncesinde koruyucu filmler ile kaplanması ile solunum hızının yavaşlatılması ve depolama süresinin artırılması ve ayrıca mikrobiyolojik bozulmaların önlenmesi konusunda çalışılması önerilebilir. Meyve depolama kamarası sıcaklığının daha düşük tutularak bağıl nem içeriğinin artırılması ve farklı oranlarda karboksimetil selüloz kullanılarak ve değişik film emülsiyonları denenerek meyvedeki solunum hızının yavaşlatılıp bozulmanın geciktirilmesi önerilebilir. Türkiye’de üretilen özellikle kolay bozulabilen ve ekonomik potansiyeli olan meyveler için uygun kaplama filmlerinin üretilmesi ve uygulanmasına yönelik araştırma yapılmasında yarar vardır.

6. KAYNAKLAR

- ABDELRAHIM, K. A. ve RAMASWAMY, H. S. (1995). High Temperature/ Pressure Rheology of Carboxymethyl Cellulose (CMC), **Food Research International**, 28 (3), 285-290.
- ABRAMOVIC, H. ve KLOFUTAR, L. (1998). The Temperature Dependence of Dynamic Viscosity for Some Vegetable Oils, **Acta Chim. Slov.**, 45(1), 69- 77.
- AKSU, A.. (1995). Genel Biyokimya, Cilt 1, Akdeniz Üniversitesi Matbaası, Antalya.
- ALLOCK, H.R. ve LAMPE, F.W. (1981). Contemporary Polymer Chemistry, Prentice-Hall Inc, New Jersey.
- ALMEDIA, A. R. ve DIAS, M. L. (1997). Comparative Study of Shear Degradation of Carboxymethylcellulose and Poly (ethylene oxides) in Aqueous Solution, **Polymer Degradation and Stability**, 56, 331-337.
- AMARENTE, C. ve BANKS, N. H. (2000). Postharvest Physiology and Quality of Coated Fruits and Vegetables, **Hort. Rev.** 26, 161- 238.
- AMARANTE, C., BANKS, N. H. ve GANESH, S. (2001). Relationship Between Character of Skin Cover of Coated Pears and Permeance to Water Vapour and Gases, **Postharvest Biology and Technology**, 21, 291-201.
- AOAC.(1975). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 12th Edition.
- AYFER, M., TÜRK, R. (1982). Meyvelerin Soğukta Depolanması, SAGEM- Soğuk Tekniği ve Gıda Sanayiinde Uygulanması Sempozyumu, Bursa.

- AYFER, M., KÖKSAL, İ. ve TÜRK, R. (1982). Yaş Meyve Muhafazasının Temel İlkeleri, Soğuk Tekniği ve Gıda Sanaayinde Uygulanması Sempozyumu, Ekim, Bursa.
- BALDWIN, E. A., NISPEROS, M. O., SHAW, P.E. ve BURNS, J. K. (1995). Effect of Coatings and Prolonged Storage Conditions on Fresh Orange Flavor Volatiles, Degrees Brix, and Ascorbic Acid Levels, **J. Agric. Food Chem.**, 43, 1321-1331.
- BALDWIN, E. A., BURNS, J. K., KAZOKAS, W., BRECHT, J. K., HAGENMAIER, R. D., BENDER, R. J. ve PESIS, E. (1999). Effect of Two Edible Coating With Different Permeability Characteristics on Mango (*Mangifera indica* L.) Ripening During Storage, **Postharvest Biology and Technology**, 17, 215-226.
- BARAI, B. K., SINGHAL, R. S. ve KULKARNI, P. R. (1997). Optimization of a Process for Preparing Carboxymethyl Cellulose from Water Hyacinth (*Eichornia crassipes*), **Carbohydrate Polymers**, 32, 224-229.
- BARTOLINI, M.E. ve JEN, J.J. (1990). Molecular Characteristics of Pectins from Enzyme-Treated Apple Juices, **J. Food Sci.**, 55 (2), 564-65.
- BAYINDIRLI, L. ve ÖZSAN, O. (1992). Modeling of Thermophysical Properties of Sour Cherry Juice, **Gıda**, 17 (6), 405-407.
- BENDER, R. J., BRECHT, J. K. ve SARGENT, S. A. (1995). Inhibition of Ethylene Production in Mango Fruits by Elevated CO₂ and Recovery During Subsequent Air Storage, **Proc. Fla. State Hort. Soc.**, 108, 279, 285.
- BIRD, R.B., STEWART, W.E. ve LIGHTFOOT, E.N . (1960). Transport Phenomena, John Wiley and Sons Inc., New York.
- BRANDENBURG, A. H., WELLER, C.L. ve TESTIN, R.G. (1993). Edible Films and Coating from Soy Protein, **Journal of Food Science**, 58, 1086-1089.

- BRANDRUP, J. ve IMMERGUT, E.M. (1975). *Polymer Handbook*, 2 nd Edition, John Wiley and Sons, New York.
- CASAS, J. A., MOHEDANO, A. F. ve OCHOA, F. G. (2000). Viscosity of Guar Gum and Xanthan/ Guar Gum Mixture Solutions, **J. Sci. Food Agric.**, 80, 1722-1729.
- CASEY, J.P. (1960). *Selüloz, Kağıt Kimyası ve Teknolojisi*. Cilt I, Interscience Publishers, Inc., New York (Tercüme : Türkiye Selüloz ve Kağıt Fab. İşletmesi Genel Müd.)
- CEMEROĞLU, B. ve ACAR, J. (1986). *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi*, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Yayın No: 6, Ankara.
- CEMEROĞLU, B., YEMENİCİOĞLU, A. ve ÖZKAN, M. (2001). *Meyve ve Sebzelerin Bileşimi, Soğukta Depolanmaları*, Gıda Tek. Derneği Yayınları, Yayın No: 24, Ankara, 345.
- CHARPENTIER, D., MOCANU, G., CARPOV, A., CHAPELLE, S., MERLE, L. ve MULLER, G. (1997). New Hydrophobically Modified Carboxymethyl Cellulose Derivatives, **Carbohydrate Polymer**, 33, 177-186.
- CHEN, H. (1994). Functional Properties and Application of Edible Films Made of Milk Proteins, **Journal of Dairy Science**, 78 (2), 2563-2583.
- CHEN, H. (1995). Functional Properties and Applications of Edible Films Made of Milk Proteins, **Journal of Dairy Science**, 78 (11), 2563-2583.
- CHEN, S. ve NUSSINOVITCH, A. (2000). The Role of Xanthan Gum in Traditional Coatings of Easy Peelers, **Food Hydrocolloids**, 14, 319-326.
- CHEN, S. ve NUSSINOVITCH, A. (2001). Permeability and Roughness Determinations of Wax-Hydrocolloid Coatings and their Limitations in Determining Citrus Fruit Overall Quality, **Food Hydrocolloids**, 15, 127-137.

- CHHNINNAN, M. S. (1984). Evaluation of Selected Mathematical Models for Describing Thin Layer Drying of In-Shell Pecans, **Transactions of the ASAE**, 27, 610-615.
- CHRISTENSEN, P.E. (1953). Methods of Grading Pectin in Relation to the Molecular Weight (Intrinsic Viscosity) of Pectin, **Pectin Symposium of the New York Preservers Association**, New York, 163-172.
- CHOU, T. D. ve KOKINI, J. L. (1987). Rheological Properties and Conformation Apple Pectins, **Journal of Food Science**, 52 (6), 1658-1664.
- CONSTELLA, D. T., LOZANO, J. E. ve CRAPISTE, G. H.(1989). Thermophysical Properties of Clarified Apple Juice as a Function of Concentration and Temperature, **Journal of Food Science**, 54 (3), 663-668.
- CRAIG, P.S., SMITH. D.E. ve FULCHER, G. R.(1998). Effect of Fatty Acid Type on Dispersed Phase Particle Size Distribution in Emulsion Edible Films, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 46, 4534- 4538.
- ERBİL, H. Y. ve MÜFTÜGİL, N. (1987). Şeftali Yüzeyinin Hidrofob Emülsiyonla Kaplanması Suretiyle Bozulma Süresinin Geciktirilmesi, **Gıda**, 12(2),121-127.
- ERBİL, H. Y. ve TEOMAN, P. (1995). Meyve ve Sebze Yüzeylerinin Koruyucu Film ile Kaplanarak Bozulmalarının Geciktirilmesi, **Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü, Kimya Araştırma Bölümü** , Yayın No: 159.
- EVRAUZ, Ö. (1985). Ayçiçeği Tablalarından Pektin Eldesinde Pektin Kalitesini Etkileyen Faktörler ve Konu ile İlgili Teknolojik Öneriler, **Tübitak MBEAE Beslenme ve Gıda Tek. Bölümü**, Yayın No: 92.
- FAR, B.S. (1992) Karboksimetilselüloz Üretimi ve Üretimdeki Gelişmeler, **Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Eczacılık Fakültesi, Farmasötik Kimya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi**.

- FELLER, R.L. ve WILT, M. (1990). Evaluation of Cellulose Ethers for Conservation. The Getty Conversation Institute.
- FICHTALI, J., VAN DE VOORT, F. R. ve DOYON, G.J. (1993). A Rheological Model for Sodium Caseinate, **Journal of Food Engineering**, 19, 203-211.
- FISHMAN, M. L., GILLESPIE, D.T. ve SONDEY, S. M. (1991). Intrinsic Viscosity, and Molecular Weight of Pectin Components, **Carbohydrate Research**, 215, 91-104.
- GENNADIOS, A., BRANDENBURG, A. H., WELLER, C. L. ve TESTIN, R. F. (1993). Effect of pH on Properties of Wheat Gluten and Soy Protein Isolate Films, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 41, 1835-1839.
- GENOVESE, D. B. ve LOZANO, J. E. (2001). The effect of Hydrocolloids on the Stability and Viscosity of Cloudy Apple Juices, **Food Hydrocolloids**, 15, 1-7.
- GINER, J., IBARZ, A., GARZA, S. ve XHIAN-QUAN, S. (1996). Rheology of Clarified Cherry Juices, **Journal of Food Engineering**, 30, 147-154.
- GRIGELMO, N. M., IBARZ, A., R. ve MARTIN, O. B. (1999). Rheology of Peach Dietary Fibre Suspensions, **Journal of Food Engineering**, 39, 91-99.
- GUERRERO, S. N. ve ALZAMORA, S. M. (1997). Effect of pH, Temperature and Glucose Addition on Flow Behavior of Fruit Purees I. Banana Puree, **Journal of Food Engineering**, 33, 239-256.
- HAGENMAIER, R. D. (2000). Evaluation of a Polyethylene- Candelilla Coating for Valencia Oranges, **Postharvest Biology and Technology**, 19, 147-154.
- HEINZE, T. ve PFEIFFER, K. (1999). Studies and the Syntesis and Characterization of Carboxymethylcellulose, **Die Angewandth Makromolekulare Chmie**, 266, 37-45.

HEINZE, U. HEINZE, T. ve KLEMM, D. (1999). Synthesis and Structure Characterization of 2,3-O- Carboxymethylcellulose, **Macromol. Chem. Phys.**, 200, 896-902.

HENDERSON S.M. (1974). Progress in Developing The Thin Layer Drying Equation. **Transactions of The ASAE**, 17,1167-1168.

HORNER, S., PULS, J., SAAKE, B., KLOHR, E.,A. ve THIELKING, H. (1999). Enzyme-Aided Characterization of Carboxymethylcellulose, **Carbohydrate Polymers**, 40, 1-7.

<http://www.igeme.org.tr/TUR/foylar/tarim/yms1.htm>

http://www.kcpc.usyd.edu.au/discovery/9.2.2/9.2.2_Cellulose.html

http://www.kcpc.usyd.edu.au/discovery/9.2.2/9.2.2_CellulosetoEthene

<http://www.sbu.ac.uk/water/hycmc.html>

<http://www.aciselsan.com.tr/product.html>

http://www.amtex.com.co/ingles/i_cmc.html

<http://deneme.toptanpazaryeri.com/b2bdeneme/kimyasal/urun.html>

<http://www.geocities.com/webekae/depolama.htm>

http://www.naturalhub.com/natural_food_guide_fruit_vitamin_c.htm

HUSBAND, J.C. (1998). Adsorption and Rheological Studies of Sodium Carboxymethyl Cellulose onto Kaolin: Effect of Degree of Substitution, **Colloids and Surfaces A**, 134, 349-358.

IBARZ, A. ve PAGAN, J. (1987). Rheology of Raspberry Juices, **Journal of Food Engineering**, 6, 269-289.

- IBARZ, A., GONZALEZ, C. ve ESPLUGAS, S. (1994). Rheology of Clarified Fruit Juices III: Orange Juices, **Journal of Food Engineering**, 21, 485-494.
- IBARZ, A., GARVIN, A. ve COSTA, J. (1999). Rheological Behaviour of Sloe (*Prunus spinosa*) Fruit Juices, **Journal of Food Engineering**, 27, 423-430.
- ILYAS, M. (1989). Agar ve Protein Konsantresi Üretiminde Hammadde Olarak *Gracilaria Verrucosa*'nın Kullanım Olanakları, Doktora Tezi, Ege Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Müh. Anabilim Dalı, İzmir.
- ISIHARA, A.(1992). On the Viscosity of Chain Polymers, **Polymer**, 33 (1)111-112.
- JIANG, Y. ve LI, Y. (2001). Effects of Chitosan Coating on Postharvest Life and Quality of Longan Fruit, **Food Chemistry**, 73, 139- 143.
- JOHNSTON, H. K. ve SOURIRAJAN, S. (1973). Viscosity-Temperature Relationships for Cellulose Acetate-Acetone Solutions, **Journal of Applied Polymer Science**, 17, 3717-3726.
- KABASAKALIS, V., SIOPIDOU, D. ve MOSHATOU, E. (2000). Ascorbic acid Content of Commercial Fruits Juices and its Rate of Loss upon Storage, **Food Chemistry**, 70, 325-328.
- KARAKAYA, M., CANER, C. ve SARIÇOBAN, C. (2001). Ambalaj materyali Olarak Yenilebilir Filmler ve Kaplamalar, **Standard**, Mayıs, 71-77.
- KARATHANOS, V.T. (1999). Determination of Water Content of Dried Fruits by Drying Kinetics, **J. Food Engineering**, 39, 337-344.
- KAster, J.J. ve FENNEMA, O. R. (1986). Edible Films and Coatings: A review. **Food Technol.**, 40 (12), 47-58.
- KESKİN, H. (1981). Besin Kimyası Cilt I, İstanbul Üni. Yayınları, No: 2888, İstanbul.

- KHALIL, K. E., RAMAKRISHNA, P., NANJUNDASWAMY, A. M. ve PATWARDHAN, M. V. (1989). Rheological Behaviour of Clarified Banana Juice: Effect of Temperature and Concentration. **Journal of Food Engineering**, 10, 231-240.
- KHALIL, M. I., HASMIN, A., ve HEBEISH, A.. (1990). Carboxymethylation of Maize Starch, **Starch**, 42, 60-63. KIRK, R.E. ve OTHMER, D.F. (1967). Cellulose, Encyclopedia of Chemical Technology, 4, 593-683.
- KIRK, D.E. ve OTHMER, D. F. (1970). Encyclopedia of Chemical Technology, Vol. 21, Second Edition, John Wiley and Sons Inc., New York.
- KROCHTA, J., BALDWIN, E. ve NISPEROS, M. (1994). Edible Coating and Film to Improve Food Quality, Technomic Publishing Co. Inc., Lancaster.
- KULICKE, W.M., KULL, A.H., KULL, W., THIELKING, H., ENGELHARDT, J. ve PANNEK, J. B. (1996). Characterization of Aqueous Carboxymethyl Cellulose Solutions in Terms of Their Molecular Structure and its Influence on Rheological Behaviour, **Polymer**, 37 (13), 2273-2731.
- LIU, Q. ve BAKKER-ARKEMA, F. W. (1997). Stochastic Modelling of Grain Drying, Part 2: Model Development, **Journal of Agricultural Engineering Research**, 66, 275-80.
- LOWYS, M. P. DESBRIERES, J. ve RINAUDO, M. (2001). Rheological Characterization of Cellulosic Microfibril Suspensions Role of Polymeric Additives, **Food Hydrocolloids**, 15, 25-32.
- MAHMOUD, M. I. ve FUGITT, M. (1996). Rheological Properties of a Calorically Dense Nutritional Supplement as a Function of Nitrogen Source and Dietary Fiber, 1996 IFT Annual Meeting, Book of Abstracts, 80A-26, 183.
- MARCOTTE, M., TAHERIAN, A. R. ve RAMASWAMY, H. S. (2001). Evaluation of Rheological Properties of Selected Salt Enriched Foods Hydrocolloids, **Journal of Food Engineering**, 48, 157-167.

- MARK, H. F., GAYLORD, N. G. ve BIKALES, N. M. (1965). Cellulose Ethers: Sodium Carboxymethyl Cellulose, in *Encyclopedia of Polymer Science and Technology*, Interscience, John Wiley and Sons, 3, 520-536, New York.
- MERLE, L. CAHARPENTIER, D., MOCANU, G. ve CHAPELLE, S. (1999). Comparison of the Distribution Pattern of Associative Carboxymethylcellulose Derivatives, *European Polymer Journal*, 35, 1-7.
- MICHAILOVA, V. TITEVA, S., KOTSILKOVA, R., KRUSTEVA, E. ve MINKOV, E. (1999). Influence of Aqueous Medium on Viscoelastic Properties of Carboxymethylcellulose Sodium, Hydroxypropylmethyl Cellulose, and Thermal Pre-gelatinized Starch Gels, *Colloids and Surfaces A*, 149, 515-520.
- MILLER, K. S. ve KROCHTA, J. M. (1996). Oxygen and Aroma Barrier Properties of Edible Films: A Review, *Trends of Food Science and Technol.*, 8 (7), 228-237.
- MIZRAHI, S. (1979). A Review of the Physicochemical Approach to the Analysis of the Structural Viscosity of Fluid Fruit Products, *J. Texture Stud.*, 10, 67-82.
- NATEROVA, A. ve POLEIN, J. (1974). Optimal Conditions for Carboxymethyl Cellulose Preparation. II. Effect of Agent Input, Reaction Time and Temperature, *Chemical Abstract*, 81, 107621.
- NISPEROS-CARRIEDO, M. O., SHAW, P. E. ve BALDWIN, E. A. (1990). Changes in Volatile Flavor Components of Pineapple Orange Juice as Influenced by the Application of Lipid and Composite Film, *J. Agric. Food Chem.*, 38, 1382-1387.
- O'CALLAGHAN J. R., MENZIES D. J. ve BAILEY P. H. (1971). Digital Simulation of Agricultural Dryer Performance, *J. Agr. Eng. Res.* 16, 223-44.

- OLARU, N., OLARU, L., STOLERIU, A. ve TIMPU, D. (1998). Carboxymethylcellulose Synthesis in Organic Media Containing Ethanol and/or Acetone , **Journal of Applied Polymer Science**, 67, 481-486.
- OVERHULTS, D. D., WHITE, G. M., HAMILTON, M. E. ve ROSS, I. J. (1973). Drying Soybeans with Heated Air, **Transactions of The ASAE**, 16, 195-200.
- OTT, E. (1946). Cellulose and Cellulose Derivatives, High Polymers, Interscience Publishers, Inc., New York.
- PANG, S. ve RUDIN, A. (1992). Use of Continuous Viscometer and Light Scattering Detectors in Characterization of Polyolefins: Comparisons of Data from Individual and Combined Detectors, **Journal of Applied Polymer Science**, 46, 763-773.
- PARK, J. W., WELLER, C. L., VERGANO, P. J. ve TESTIN, R. F. (1993). Permeability and Mechanical Properties of Cellulose-Based Edible Films, **Journal of Food Science** 580 (6), 1361-1364.
- PARK, J. W., TESTIN, R. F., PARK, H. J., VERGANO, P. J. ve WELLER, C. L. (1994). Fatty Acid Concentration Effect on Tensile Strength, Elongation and Water Vapor Permeability of Laminated Edible Films, **Journal of Food Science**, 59 (4), 916-919.
- PEARSON, D. (1970). The Chemical Analysis of Foods, 6th Edition, London, T.A Constable Ltd.
- PEKMEZCİ, M., KAŞKA, N. ve GÜRGEN, Ö. (1984). Türkiye’de Bahçe Ürünlerinin Depolanması Pazara Hazırlanması ve Taşınması, Tübitak Yayınları No:587, Ankara.
- PEREZ-GAGO, M.B. ve KROCHTA, J.M. (1999). Water Vapour Permibility of Whey Protein Emulsion Films as Affected by pH, **Journal of Food Science**, 64 (3), 695-698

- PEREZ-GAGO, M.B. ve KROCHTA, J.M. (1999). Water Vapour Permibility of Whey Protein Emulsion Films as Affected by pH, **Journal of Food Science**, 64 (3), 695-698.
- PHATAK, L., CHANG, K.C. ve BROWN, G.(1988). Isolation and Characterization of Pectin in Sugar-Beet Pulp, **Journal of Food Science**, 53 (3), 830-833.
- POSTLMAYR, H. L., LUH, B. S. ve LEONARD, S.J. (1956). Characterization of Pectin Changes in Freestone and Clingstone Peaches During Ripening and Processing, **Food Technology**, 10, 618-625.
- RAHMAN, M.S., PERERA, C.O. ve THEBAND, C. (1998). Desorption Isotherm and Heat Pump Drying Kinetics of Peas, **Food Research International**, 30, 485-491.
- RAO, M., COOLEY, M. J., ve VITALI, A. A. (1984). Flow Properties of Concentrated Juices at Low Temperatures, **Food Technology**, 38 (3), 113-119.
- RAO, D. G. (1993). Studies on Viscosity- Molecular Weight Relationship of Chitosan Solutions, **Journal of Food Science Technology**, 30, 66-67.
- SAVAGE, A. B., YOUNG, A. E. ve MAASBERG, A.T. (1954). IX. Derivatives of Cellulose, E.; Ethers, in *Cellulose and Cellulose Derivatives*, Interscience Publishers, Inc., Vol. II, 882-958, New York.
- SHELLHAMMER, T. H. ve KROCHTA, J. M. (1997). Whey Protein Emulsion Film Performance as Affected by Lipid Type and Amount. **Journal of Food Science**, 62 (2), 390- 394.
- SPAGNULO, M., CREECHIO, C., PIZZIGALLO, M. D. R. ve RUGGIERO, P. (1999). Fractionation of Sugar Beet Pulp into Pectin, Cellulose and Arabinose by Arabinases Combined with Ultra Filtration, **Biotechnology and Bioengineering**, 64 (6), 685-691.

- STEFFE, J.F. (1992). *Rheological Methods in Food Process Engineering*, Freeman Press Second Edition USA.
- STUCHELL, Y. M. ve KROCHTA, J. M. (1994). Enzymatic Treatments and Thermal Effects on Edible Soy Protein Films, **Journal of Food Science**, 59 (6), 1332-1337.
- SUN, R. ve HUGHES, S. (1998). Fractional Extraction and Physicochemical Characterization of Hemicelluloses and Cellulose from Sugar Beet Pulp, **Carbohydrate Polymers**, 36, 293-299.
- SUN, R. C., FANG, J. M. TOMKINSON, J. GENG, Z. C. ve LIU, J. C. (2001). Fractional Isolation, Physico-chemical Characterization and Homogeneous Esterification of Hemicelluloses from Fast-Growing Poplar Wood, **Carbohydrate Polymers**, 44, 29-39.
- ŞÜMNÜ, G. (1994). Effects of Coatings on Shelf-life and Quality Attributes of Fruits, O.D.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- TANGLERTPAIBUL, T. ve RAO, M. A. (1987). Intrinsic Viscosity of Tomato Serum as Affected by Methods of Determination and Methods of Processing Concentrates, **Journal of Food Science**, 52 (6), 1642-1645.
- TEHCHIEN, D .C. ve KOKINI, J. L. (1987). Rheological Properties and Conformation of Tomato Paste Pectins, Citrus and Apple Pectins, **Journal of Food Science**, 52 (6), 1658-1664.
- THIBAUT, J. F. ve ROMBOULTS, F. M. (1986). Effects of Some Oxidising Agents, Especially Ammonium Peroxysulfate on Sugar-Beet Pectins, **Carbohydrate Research**, 154, 205-225.
- TIRTAATMADJA, V., DUNSTAN, D.E . ve BOGER, D. V. (2001). Rheology of Dextran Solutions, **J. Non-Newtonian Fluids Mech.**, 97, 295-301.

- TOĞRUL, İ.T. (2001). Kurutmada Konik Yoğunlaştırıcı Bir Güneş Enerjisi Sisteminin Kullanılması, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- TURIAN, R. M. (1964). Thermal Phenomena and Non-Newtonian Viscometry, Ph.D. Thesis. Madison: University of Wisconsin.
- UKAI, N., ISHIBASHA, S., TSUTSUMI, T. ve MARAKAMA, K. (1976). U.S. Pat. 3.997.674.
- USLU, M. K. (2001). Protein Bazlı Yenilebilir Filmler ile Bazı Meyvelerin Kaplanması , Akdeniz Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Gıda Müh. Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- VITALI, A. A. ROIG, S. M. ve RAO, M. A. (1974). Viscosity Behaviour of Concentrated Passion Fruit Juice, **Confructa**, 19 (5), 201-206.
- VITALI, A.A. ve RAO, M. A. (1982). Flow Behaviour of Guava Puree as a Function of Temperature and Concentration, **Journal of Texture Studies**, 13, 275-289.
- VITALI, A. A. ve RAO, M. A. (1984). Flow Properties of Low-Pulp Concentrated Orange Juice: Effect of Temperature and Concentration, **Journal of Food Science**, 49 (3), 882-888.
- YAĞCIOĞLU, A, DEĞİRMENCİOĞLU, A. ve ÇAĞATAY, F. (1999). Drying Characteristic of Laurel Leaves Under Different Conditions. In: Başçetinçelik A.,editor. Proceedings of the 7th International Congress on Agricultural Mechanization and Energy, 26-27 May, Adana, Turkey. Faculty of Agriculture, Çukurova University, 565-9.
- YALDIZ, O., ERTEKİN, C. ve UZUN, H. İ. (2001). Mathematical Modelling of Thin Layer Solar Drying of Sultana Grapes, **Energy-An International Journal**, 26, 457-465.

- YALDIZ, O. ve ERTEKİN, C. (2001). Thin Layer Solar Drying Some Different Vegetables, **Drying Technology**, 19 (3), 583-596.
- WARING, M. J. ve PARSONS, D. (2001). Physico-chemical Characterization of Carboxymethylated Spun Cellulose Fibres, **Biomaterials**, 22, 903-912.
- WEI, Y. P., WANG, C. S. ve WU, J. S. B. (2001). Flow Properties of Fruit Fillings, **Food Research International**, 34, 377-381.
- WEN, L.F., CHANG, K.C. ve GALLAHER, D.D. (1988). Isolation and Characterization of Hemicellulose and Cellulose from Sugar Beet Pulp, **Journal of Food Science**, 53 (3), 826-829.
- WESTERMAN, P. W., WHITE, G. M. ve ROSS, I. J. (1973). Relative Humidity Effect on The High Temperature Drying of Shelled Corn, **Transactions of the ASAE**, 16, 1136-9.
- WESTRA, J.G. (1989). Rheology of (Carboxymethyl) Cellulose with Xanthan Gum Properties, **Macromolecules**, 22, 367-370.
- ZHANG, Q. ve LITCHFIELD, J. B. (1991). An Optimisation of Intermittent Corn Drying in a Laboratory Scale Thin Layer Dryer, **Drying Technology**, 9, 383-95.
- ZHANG, L. M. (2001). Cellulosic Associative Thickeners, **Carbohydrate Polymers**, 45, 1-10.
- ZITKO, V. ve BISHOP, C. T. (1965). Fractionation of Pectins from Sunflowers, Sugar Beets, Apples and Citrus Fruits, **Canadian Journal Chemistry**, 43, 3206-3214.

7. EKLER

E1. Reolojik Veriler İçin Kalibrasyonun Yapılışı

Kalibrasyon % 60'lık gliserin için bulunan Tablo E.1.1'deki tork değerleri kullanılarak gerçekleştirildi. Bu kalibrasyon işlemi sonunda bulunan katsayı, karboksimetil selülozun reolojik özelliklerine konsantrasyon ve sıcaklığının etkisinin incelendiği deneylerde elde edilen verilerin işlenmesinde kullanılmıştır.

Tablo E.1.1. % 60'lık Gliserin İçin Rotor Devir Sayısı İle Rotora Uygulanan Tork Değerlerinin Değişimi

Rotor Devir		3	6	9	12	15	18	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Sayısı:(devir/dak.)		3	6	9	12	15	18	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Tork (M _d , N.m)	20°C	5.2	9	13.2	18.2	22.3	27.5	30.5	38.5	45.5	52.5	59.5	66.5	75	82.8	90
	22°C	5	9	14.5	18.5	23	26.5	29.5	36.5	43.5	49	55.5	63	68.6	75.9	82.6
	25°C	4.6	8.5	11.3	15	17.4	21.2	23.5	29	35.3	41.5	46.5	53.3	60.4	67	75
	27°C	3.9	7.6	10.4	13.2	16.7	20	22	27.7	33.1	37.5	43.7	49.7	55.6	61.3	67
	30°C	3.8	7.5	10.2	13	15.5	18.7	21	26	31	36	41	45	50	55	60.5

Tablo E.1.1'deki değerler aşağıdaki eşitliklerde yerine konarak Newtonian kayma hızları ve kayma gerilimleri hesaplandı.

$$\tau_{r\phi} = \frac{M_d}{2\pi L (R_o)^2} \quad - \quad -\frac{dV_\phi}{dr} = \frac{4\pi N}{(1-R^2)60}$$

M_d =Tork (N.m)

$\tau_{r\phi}$ = Kayma gerilmesi (mPa)

$(-dV_\phi/dr)$ = Kayma hızı (s^{-1})

R_i = Dış silindirin iç yarıçapı (14.10^{-3} m)

R_o = Rotorun yarıçapı ($12.5.10^{-3}$ m)

$R = R_o/R_i$

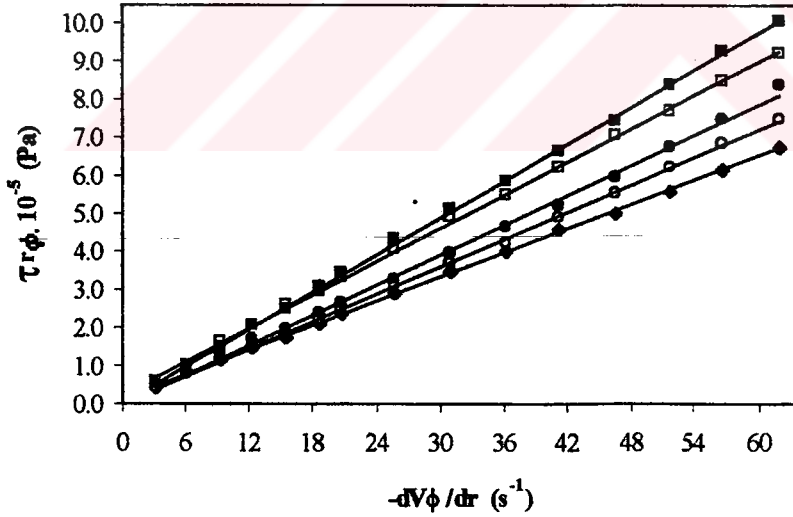
$L = 9.1.10^{-2}$ m

N =Rotor devir sayısı (devir/ dk)

Tablo E.1.2. % 60'lık Gliserin İçin Kayma Hızı-Kayma Gerilimi Değerleri

$dV\phi/dr$ (s^{-1})	$\tau_{r\phi} \cdot 10^{-5}$ (Pa)				
	20 °C	22 °C	25 °C	27 °C	30 °C
3.098	0.5821	0.5597	0.5149	0.4365	0.4253
6.196	1.0074	1.0074	0.9514	0.8507	0.8395
9.294	1.4775	1.6230	1.2648	1.1641	1.1420
12.392	2.0372	2.0708	1.6790	1.4775	1.4550
15.491	2.4961	2.5745	1.9476	1.8693	1.7350
18.589	3.0782	2.9662	2.3730	2.2387	2.0930
20.654	3.4140	3.3020	2.6304	2.4625	2.3510
25.818	4.3094	4.0856	3.2461	3.1005	2.9100
30.981	5.0930	4.9027	3.9512	3.7050	3.4700
36.145	5.8765	5.4847	4.6452	4.1975	4.0300
41.308	6.6600	6.2123	5.2049	4.8915	4.5890
46.472	7.4436	7.0518	5.9660	5.5631	5.0370
51.635	8.3950	7.6786	6.7608	6.2235	5.5970
56.799	9.2681	8.4957	7.4995	6.8615	6.1560
61.962	10.0740	9.2457	8.3950	7.4995	6.7720

Hesaplanan kayma gerilmeleri kayma hızlarına karşı grafiğe geçirildi. Şekil E.1.1 'deki grafiğin eğimi dinamik viskoziteyi verir.



Şekil E.1.1. % 60'lık gliserin için kayma hızına karşı kayma gerilmesinin değişimi
(Sıcaklık (°C): ■ 20, □ 22, ● 25, ○ 27, ◆ 30)

Bu değerin gliserinin yoğunluğuna bölünmesiyle kinematik viskozite, bu değerin % 60' lık gliserin için literatürden elde edilen kinematik viskozite değerlerine oranlanarak kalibrasyon katsayısı bulundu. 25 °C için;

$$\text{Grafğin eğimi} = \eta \text{ (dinamik viskozite)} = 1.31032 \cdot 10^4 \text{ kgm}^{-1}\text{s}^{-1}$$

$$\text{Gliserinin yoğunluğu} = 0.6923 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Literatürden bulunan kinematik viskozite} = 0.1275 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Kinematik viskozite} = 1.310322 \cdot 10^4 / 0.6923 \times 10^3 = 18.92708 \cdot \text{m}^2/\text{s}$$

$$\text{Kalibrasyon katsayısı} = 18.92708 / 0.1275 \times 10^{-4} = 1.484477 \cdot 10^6$$

bulundu. Diğer sıcaklıklar için aynı işlemler yapılarak bulunan faktör değerleri ve literatürden alınan kinematik viskozite değerleri Tablo E1.3' de verilmiştir.

Tablo E1.3. Kalibrasyon Katsayıları

Sıcaklık (°C)	$\nu \times 10^4 \text{ (m}^2/\text{s)}$	Grafğin eğimi $\text{kgm}^{-1}\text{s}^{-1}$	Faktör
20	0.1583	$1.6171 \cdot 10^4$	$1.475572 \cdot 10^6$
22	0.1420	$1.4583 \cdot 10^4$	$1.483025 \cdot 10^6$
25	0.1275	$1.3103 \cdot 10^4$	$1.484477 \cdot 10^6$
27	0.1158	$1.1939 \cdot 10^4$	$1.489260 \cdot 10^6$
30	0.1030	$1.0650 \cdot 10^4$	$1.494148 \cdot 10^6$

E1.2 Askorbik Asit Tayini için Standart Eğri

Meyvelerdeki askorbik asit miktarını belirlemek amacıyla standart askorbik asit çözeltileri kullanılarak okunan absorbans değerleri Tablo E1.4' de verilmiştir.

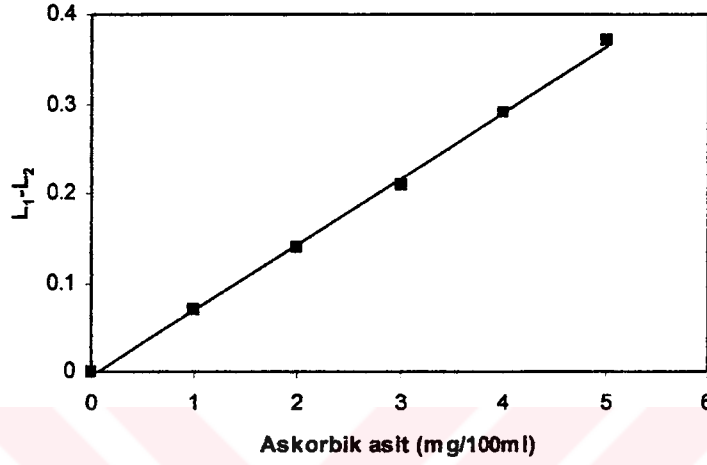
Tablo E1.4. Standart Askorbik Asit Çözeltileri için Okunan Absorbans Değerleri

Askorbik asit (mg/100ml)		Absorbans	L_1-L_2
%0.4 okzalik asit	L_1	0.52	0
1	L_2	0.45	0.07
2		0.38	0.14
3		0.31	0.21
4		0.23	0.29
5		0.15	0.37

Tablo E1.4' de verilen veriler kullanılarak çizilen standart eğri Şekil E1.2' de verilmiştir. Standart eğrinin denklemi

$$L_1 - L_2 = 0.0737 \cdot (\text{mg askorbik asit}/100\text{ml}) - 0.0043$$

şeklindedir. Regresyon katsayısı 0.9989' dur.



Şekil E.1.2. Askorbik asit tayini için standart eğri

E2. Ölçüm Sonuçları

Tablo E 2.1. Farklı Ekstraksiyon Koşullarında Elde Edilen Selüloz Kullanılarak Hazırlanan Selüloz Çözeltileri İçin $(C, \eta_{sp}/C)$ Grafiği (Staudinger ve Huggins) (Süre(Saat): 10)

$C \text{ (kg/m}^3\text{)}$	η	η_r	η_{sp}	η_{sp}/C
0.50	2.0040	1.0162	0.0162	0.0325
0.75	2.0180	1.0233	0.0233	0.0311
1.00	2.0280	1.0284	0.0284	0.0284
1.50	2.0520	1.0406	0.0406	0.0270
2.50	2.0790	1.0543	0.0543	0.0217

Tablo E 2.2. Farklı Ekstraksiyon Koşullarında Elde Edilen Selüloz Kullanılarak Hazırlanan Selüloz Çözeltileri İçin $(C, \eta_{sp}/C)$ Grafiği (Staudinger ve Huggins) (Süre(Saat): 16)

$C \text{ (kg/m}^3\text{)}$	η	η_r	η_{sp}	η_{sp}/C
0.50	2.0200	1.0243	0.0243	0.0487
0.75	2.0390	1.0340	0.0340	0.0453
1.00	2.0560	1.0426	0.0426	0.0426
1.50	2.0790	1.0543	0.0543	0.0362
2.50	2.0990	1.0644	0.0644	0.0258

Tablo E 2.3. Farklı Ekstraksiyon Koşullarında Elde Edilen Selüloz Kullanılarak Hazırlanan Selüloz Çözeltileri İçin $(C, \eta_{sp}/C)$ Grafiği (Staudinger ve Huggins) (Süre(Saat): 22)

$C \text{ (kg/m}^3\text{)}$	η	η_r	η_{sp}	η_{sp}/C
0.50	2.0440	1.0365	0.0365	0.0730
0.75	2.0780	1.0538	0.0538	0.0717
1.00	2.1120	1.0710	0.0710	0.0710
1.50	2.1470	1.0887	0.0887	0.0592
2.50	2.1820	1.1065	0.1065	0.0426

Tablo E 2.4. Farklı Ekstraksiyon Koşullarında Elde Edilen Selüloz Kullanılarak Hazırlanan Selüloz Çözeltileri İçin $(C, \ln \eta_r/C)$ Grafiği (Kraemer Eşitliği) (Süre(Saat): 10)

$C \text{ (kg/m}^3\text{)}$	η	η_r	$\ln \eta_r/C$
0.5	2.004	1.016227	0.032194
0.75	2.018	1.023327	0.030745
1	2.028	1.028398	0.02778
1.5	2.052	1.040568	0.026511
2.5	2.079	1.05426	0.021136

Tablo E 2.5. Farklı Ekstraksiyon Koşullarında Elde Edilen Selüloz Kullanılarak Hazırlanan Selüloz Çözeltileri İçin (C , $\ln(\eta_r/C)$) Grafiği (Kraemer Eşitliği) (Süre(Saat): 16)

C (kg/m^3)	η	η_r	$\ln \eta_r/C$
0.5	2.02	1.024341	0.048099
0.75	2.039	1.033976	0.044548
1	2.056	1.042596	0.041714
1.5	2.079	1.05426	0.035226
2.5	2.099	1.064402	0.024965

Tablo E 2.6. Farklı Ekstraksiyon Koşullarında Elde Edilen Selüloz Kullanılarak Hazırlanan Selüloz Çözeltileri İçin (C , $\ln(\eta_r/C)$) Grafiği (Kraemer Eşitliği) (Süre(Saat): 22)

C (kg/m^3)	η	η_r	$\ln \eta_r/C$
0.5	2.044	1.036511	0.071721
0.75	2.078	1.053753	0.06981
1	2.112	1.070994	0.068587
1.5	2.147	1.088742	0.056682
2.5	2.182	1.106491	0.040477

Tablo E 2.7 Farklı Ekstraksiyon Koşullarında Elde Edilen Selüloz Kullanılarak Hazırlanan Selüloz Çözeltileri İçin (C , $\log(\eta_{sp}/C)$) Grafiği (Martin Eşitliği) (Süre(Saat): 10)

C (kg/m^3)	η	η_r	η_{sp}	η_{sp}/C	$\log (\eta_{sp}/C)$
0.5	2.004	1.016227	0.016227	0.032454	-1.48873
0.75	2.018	1.023327	0.023327	0.031102	-1.50721
1	2.028	1.028398	0.028398	0.028398	-1.54672
1.5	2.052	1.040568	0.040568	0.027045	-1.56791
2.5	2.079	1.05426	0.05426	0.021704	-1.66346

Tablo E 2.8 Farklı Ekstraksiyon Koşullarında Elde Edilen Selüloz Kullanılarak Hazırlanan Selüloz Çözeltileri İçin (C , $\text{Log}(\eta_{sp}/C)$) Grafiği (Martin Eşitliği) (Süre(Saat): 16)

C (kg/m^3)	η	η_r	η_{sp}	η_{sp}/C	$\text{Log}(\eta_{sp}/C)$
0.5	2.020	1.024341	0.024341	0.048682	-1.31264
0.75	2.039	1.033976	0.033976	0.045301	-1.34389
1	2.056	1.042596	0.042596	0.042596	-1.37063
1.5	2.079	1.05426	0.05426	0.036173	-1.44161
2.5	2.099	1.064402	0.064402	0.025761	-1.58904

Tablo E 2.9 Farklı Ekstraksiyon Koşullarında Elde Edilen Selüloz Kullanılarak Hazırlanan Selüloz Çözeltileri İçin (C , $\text{Log}(\eta_{sp}/C)$) Grafiği (Martin Eşitliği) . (Süre(Saat): 22)

C (kg/m^3)	η	η_r	η_{sp}	η_{sp}/C	$\text{Log}(\eta_{sp}/C)$
0.5	2.044	1.036511	0.036511	0.073022	-1.13654
0.75	2.078	1.053753	0.053753	0.07167	-1.14466
1	2.112	1.070994	0.070994	0.070994	-1.14878
1.5	2.147	1.088742	0.088742	0.059162	-1.22796
2.5	2.182	1.106491	0.106491	0.042596	-1.37063

Tablo E2.10. Molekül Ağırlığı- İntrensik Viskozite İlişkisi

$M_{w,ort}$	η_i	$\ln M_{w,ort}$	$\ln \eta_i$
303200	0.0357	12.62215	-3.3326
505600	0.0578	13.1335	-2.85077
893500	0.082	13.7029	-2.50104

TabloE2.11. Selüloz Çözeltilerinin Viskozitesine Sıcaklık ve Konsantrasyonun Etkisi

C (kg/m^3)	η (mPa s)					
	10 °C	20 °C	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C
0.5	2.353	2.044	1.842	1.696	1.475	1.352
0.75	2.384	2.078	1.867	1.737	1.509	1.354
1	2.408	2.112	1.871	1.741	1.519	1.363
2.5	2.542	2.182	1.942	1.835	1.621	1.377
5	2.757	2.301	2.084	1.882	1.657	1.494
7.5	2.936	2.456	2.196	1.927	1.749	1.572
10	3.165	2.839	2.370	2.021	1.891	1.711

Tablo E2.12. Arrhenius Grafiği

$1/T \times 10^3$ (K ⁻¹)	$\ln \eta$ (mPa s)						
	C (kg/m ³)						
	0.5	0.75	1	2.5	5	7.5	10
3.532	0.856	0.869	0.878	0.933	1.014	1.077	1.152
3.411	0.715	0.731	0.748	0.780	0.833	0.899	1.043
3.299	0.611	0.624	0.626	0.674	0.734	0.787	0.863
3.193	0.528	0.552	0.554	0.607	0.632	0.656	0.704
3.095	0.389	0.411	0.418	0.483	0.505	0.559	0.637
3.002	0.302	0.303	0.310	0.320	0.402	0.452	0.537

Tablo E2.13. Model 6 Kullanılarak Hesaplanan Seltülozun Viskozite Değerlerinin Sıcaklık ve Konsantrasyon İle Değişimi

T (K)	C (kg/m ³)	η (mPas)	T (K)	C (kg/m ³)	η (mPas)
283.15	0.50	2.343	313.15	0.50	2.396
283.15	0.75	2.384	313.15	0.75	1.653
283.15	1.00	2.416	313.15	1.00	1.675
283.15	2.50	2.539	313.15	2.50	1.692
283.15	5.00	2.697	313.15	5.00	1.760
283.15	7.50	2.889	313.15	7.50	1.847
283.15	10.0	3.178	313.15	10.0	1.953
293.15	0.50	2.069	323.15	0.50	2.110
293.15	0.75	2.103	323.15	0.75	1.493
293.15	1.00	2.128	323.15	1.00	1.511
293.15	2.50	2.228	323.15	2.50	1.526
293.15	5.00	2.357	323.15	5.00	1.582
293.15	7.50	2.512	323.15	7.50	1.655
293.15	10.0	2.746	323.15	10.0	1.743
303.15	0.50	1.842	333.15	0.50	1.874
303.15	0.75	1.870	333.15	0.75	1.356
303.15	1.00	1.891	333.15	1.00	1.372
303.15	2.50	1.972	333.15	2.50	1.384
303.15	5.00	2.078	333.15	5.00	1.431
303.15	7.50	2.206	333.15	7.50	1.492
303.15	10.0	2.343	333.15	10.0	1.566

TabloE2.14. Deneysel Viskozite Değerlerinin Model 6 Kullanılarak Hesaplanan Viskozite Değerleri İle Karşılaştırılması

η_{deneysel}	η_{model6}	η_{deneysel}	η_{model6}
2.353	2.343	2.37	2.396
2.384	2.384	1.696	1.653
2.408	2.416	1.737	1.675
2.542	2.539	1.741	1.692
2.757	2.697	1.835	1.760
2.936	2.889	1.882	1.847
3.165	3.178	1.927	1.953
2.044	2.069	2.021	2.110
2.078	2.103	1.475	1.493
2.112	2.128	1.509	1.511
2.182	2.228	1.519	1.526
2.301	2.357	1.621	1.582
2.456	2.512	1.657	1.655
2.839	2.746	1.749	1.743
1.842	1.842	1.891	1.874
1.867	1.870	1.352	1.356
1.871	1.891	1.354	1.372
1.942	1.972	1.363	1.384
2.084	2.078	1.377	1.431
2.196	2.206	1.494	1.492
2.353	2.343	1.572	1.566

TabloE2.15. Rotor Devir Sayısı (N) (dev/dk) Tork (N.m) Verileri

5 kg/m ³		1 kg/m ³		1.5 kg/m ³		2 kg/m ³		2.5 kg/m ³	
N	TORK	N	TORK	N	TORK	N	TORK	N	TORK
SICAKLIK=20									
3	1.8	3	2.2	3	3.5	3	4.1	3	4.7
6	3.4	6	3.7	6	5	6	5.6	6	6.5
9	4.1	9	4.6	9	6.2	9	7.6	9	8.8
12	5.2	12	5.6	12	8.4	12	9.1	12	10.2
15	6.1	15	6.5	15	10	15	10.5	15	12.4
18	6.7	18	7.6	18	11.4	18	11.8	18	14.2
20	7.2	20	8.4	20	12.6	20	12.5	20	16.2
25	9.1	25	9.9	25	14.6	25	14.9	25	19
30	10.5	30	11.4	30	16.5	30	16.7	30	21.2
35	12	35	12.8	35	18.6	35	19.6	35	23.5
40	13.6	40	14.6	40	20.7	40	22.2	40	26.8
45	15.6	45	16.5	45	22.6	45	24.8	45	29.7
50	17.4	50	18.2	50	24.6	50	27.5	50	31.6
55	18.9	55	20	55	26.7	55	29.8	55	33.2
60	20.3	60	21.7	60	28.7	60	33	60	34.8
SICAKLIK=22									
3	1.6	3	1.9	3	3.3	3	3.2	3	4.2
6	2.7	6	3.6	6	4.6	6	5.3	6	6
9	3.8	9	4.4	9	5.5	9	6.9	9	8
12	4.8	12	5.3	12	7.4	12	8.2	12	9.8
15	5.7	15	6.2	15	9.5	15	10.3	15	12

18	6.4	18	7.4	18	10.6	18	11.5	18	14.1
20	6.9	20	7.9	20	11.4	20	12	20	15.7
25	8.6	25	9.6	25	13.5	25	13.7	25	18.6
30	10.2	30	10.8	30	15.2	30	15.6	30	20.4
35	11.6	35	12.1	35	17.6	35	17.3	35	22.3
40	13.2	40	14.2	40	19.5	40	19.7	40	25.6
45	14.9	45	16	45	21.6	45	22.6	45	27.9
50	16.3	50	17.6	50	23.2	50	24.8	50	28.6
55	17.9	55	18.9	55	24.7	55	26.4	55	30
60	19.7	60	20.4	60	25.8	60	28.3	60	31

SICAKLIK=25

3	1.2	3	1.8	3	2.9	3	2.4	3	3.9
6	2.5	6	3.2	6	3.6	6	4.2	6	5.4
9	3.6	9	4.3	9	4.8	9	5.8	9	7
12	4.5	12	5	12	5.8	12	7.2	12	8
15	5.3	15	5.9	15	6.6	15	8.7	15	9.2
18	6.1	18	7	18	7.8	18	9.9	18	10.8
20	6.6	20	7.6	20	8.4	20	10.6	20	12.2
25	8.4	25	8.8	25	10.1	25	11.9	25	14.4
30	9.4	30	10.3	30	11.9	30	13.8	30	17.2
35	11	35	11.6	35	13.3	35	15.1	35	20.7
40	12.3	40	13.5	40	15.1	40	16.8	40	22.5
45	14.1	45	15.3	45	17.2	45	17.8	45	24.8
50	15.8	50	16.6	50	19.6	50	19.4	50	26.2
55	17.2	55	17.8	55	21.4	55	21	55	28.5
60	19.2	60	19	60	23.8	60	22.8	60	29.4

SICAKLIK=27

3	0.9	3	1.7	3	2.1	3	2.2	3	3.4
6	2.3	6	3	6	3.6	6	4.1	6	4.6
9	3.6	9	4	9	4.4	9	5.2	9	5.8
12	4.5	12	4.8	12	5.6	12	6.2	12	7.6
15	5.3	15	5.6	15	6.4	15	7.3	15	8.8
18	6.1	18	6.6	18	7.6	18	8.6	18	10.2
20	6.6	20	7.3	20	8.1	20	9.3	20	11.8
25	8.4	25	8.5	25	9.8	25	10.6	25	13.2
30	9.4	30	9.9	30	11.5	30	12.3	30	15
35	11	35	11.3	35	12.8	35	13.6	35	17.2
40	12.3	40	13.1	40	14.6	40	15.3	40	19.6
45	14.1	45	14.8	45	16	45	17	45	21.8
50	15.8	50	15.9	50	17.6	50	18.2	50	24.4
55	17.2	55	17.3	55	18.4	55	19.8	55	25.8
60	18.6	60	18.5	60	19.6	60	21.6	60	27.2

SICAKLIK=30

3	0.9	3	1.5	3	2	3	2	3	3.2
6	1.8	6	2.8	6	3	6	3.9	6	4.4
9	3	9	4	9	4.2	9	4.7	9	5.7
12	3.9	12	4.7	12	5.2	12	5.8	12	6.9
15	4.6	15	5.4	15	6	15	6.7	15	8.8
18	5.3	18	6.5	18	7	18	8.1	18	9.6
20	5.9	20	7	20	7.6	20	9	20	10.8
25	7.2	25	8.3	25	9.3	25	10.1	25	12.5
30	8.7	30	9.6	30	10.5	30	11.2	30	14.6

35	10	35	11.1	35	12.2	35	12.6	35	16.5
40	11.5	40	12.6	40	13.8	40	14	40	19.4
45	12.6	45	13.7	45	15.4	45	16.1	45	21.2
50	14.2	50	14.8	50	16.7	50	17.8	50	23.4
55	15.6	55	16	55	17.9	55	19	55	25.2
60	16.7	60	17.4	60	18.6	60	20.8	60	26.8

TabloE2.16. 5 kg/m³ ' lük Karboksimetil Selüloz Çözeltisi için Reolojik Veriler

Kayma hızı (s ⁻¹)	$\tau \times 10$ (Pa)	$\eta_s \times 10^2$ mPas
SICAKLIK=20		
3.18437	0.13654	0.04149
6.36874	0.25792	0.03607
9.5531	0.31102	0.03324
12.73747	0.39446	0.03136
15.92184	0.46273	0.02998
19.10621	0.50824	0.02889
21.22912	0.54617	0.02829
26.5364	0.6903	0.02704
31.84368	0.7965	0.02606
37.15096	0.91029	0.02526
42.45824	1.03166	0.02459
47.76552	1.18338	0.02401
53.0728	1.31992	0.02351
58.38008	1.43371	0.02306
63.68736	1.53991	0.02266
SICAKLIK=22		
3.16338	0.12076	0.03587
6.32675	0.20379	0.03208
9.49013	0.28681	0.03005
12.65351	0.36229	0.02869
15.81688	0.43021	0.02768
18.98026	0.48305	0.02688
21.08918	0.52079	0.02643
26.36147	0.6491	0.0255
31.63376	0.76986	0.02476
36.90606	0.87552	0.02415
42.17835	0.99629	0.02364
47.45065	1.1246	0.02319
52.72294	1.23026	0.0228
57.99524	1.35102	0.02246
63.26753	1.48688	0.02214
SICAKLIK=25		
3.14014	0.09048	0.03051
6.28028	0.18851	0.02827
9.42042	0.27145	0.02703
12.56056	0.33931	0.02619
15.70071	0.39963	0.02555

18.84085	0.45995	0.02505
20.93427	0.49766	0.02476
26.16784	0.63338	0.02416
31.40141	0.70878	0.02367
36.63498	0.82943	0.02328
41.86855	0.92745	0.02294
47.10212	1.06317	0.02264
52.33569	1.19136	0.02238
57.56926	1.29692	0.02215
62.80282	1.44773	0.02193
SICAKLIK=27		
3.11627	0.06764	0.02656
6.23253	0.17287	0.02564
9.3488	0.27058	0.02512
12.46507	0.33822	0.02475
15.58133	0.39835	0.02448
18.6976	0.45848	0.02425
20.77511	0.49606	0.02412
25.96889	0.63135	0.02385
31.16266	0.70651	0.02363
36.35644	0.82676	0.02344
41.55022	0.92447	0.02328
46.744	1.05976	0.02315
51.93777	1.18753	0.02302
57.13155	1.29276	0.02291
62.32533	1.39798	0.02281
SICAKLIK=30		
3.11257	0.06742	0.02308
6.22515	0.13485	0.02244
9.33772	0.22474	0.02207
12.4503	0.29217	0.02181
15.56287	0.34461	0.02161
18.67545	0.39705	0.02145
20.75049	0.44199	0.02136
25.93812	0.53938	0.02116
31.12574	0.65175	0.02101
36.31336	0.74914	0.02087
41.50099	0.86152	0.02076
46.68861	0.94392	0.02066
51.87623	1.06378	0.02057
57.06386	1.16866	0.02049
62.25148	1.25107	0.02042

TabloE2.17. 10 kg/m³'lük Karboksimetil Seltüloz Çözeltisi için Reolojik Veriler

Kayma hızı (s ⁻¹)	$\tau \times 10$ (Pa)	$\eta_a \times 10^2$ mPas
SICAKLIK=20		
3.20395	0.16689	0.04827
6.40789	0.28067	0.04097
9.61184	0.34894	0.03722
12.81579	0.4248	0.03477
16.01974	0.49307	0.03298
19.22368	0.57652	0.03159
21.35965	0.6372	0.03081
26.69956	0.75099	0.02923
32.03947	0.86478	0.028
37.37938	0.97098	0.02699
42.71929	1.10752	0.02615
48.0592	1.25165	0.02544
53.39911	1.38061	0.02481
58.73903	1.51715	0.02426
64.07894	1.64611	0.02376
SICAKLIK=22		
3.19437	0.1434	0.04433
6.38874	0.27171	0.03806
9.58312	0.3321	0.03481
12.77749	0.40002	0.03268
15.97186	0.46795	0.03111
19.16623	0.55852	0.02989
21.29581	0.59626	0.0292
26.61977	0.72457	0.0278
31.94372	0.81514	0.02671
37.26767	0.91326	0.02582
42.59163	1.07176	0.02507
47.91558	1.20762	0.02443
53.23953	1.32838	0.02387
58.56349	1.4265	0.02337
63.88744	1.53972	0.02293
SICAKLIK=25		
3.19232	0.13572	0.04155
6.38464	0.24129	0.03577
9.57695	0.32423	0.03276
12.76927	0.37701	0.03078
15.96159	0.44487	0.02933
19.15391	0.52782	0.0282
21.28212	0.57306	0.02756
26.60265	0.66354	0.02626
31.92318	0.77664	0.02525
37.24371	0.87467	0.02442
42.56424	1.01793	0.02372
47.88477	1.15366	0.02313
53.2053	1.25168	0.02261
58.52583	1.34216	0.02214
63.84636	1.43265	0.02173

SICAKLIK=27

3.18504	0.12777	0.03874
6.37007	0.22548	0.03365
9.55511	0.30064	0.03099
12.74014	0.36077	0.02923
15.92518	0.4209	0.02794
19.11022	0.49606	0.02692
21.23357	0.54867	0.02635
26.54197	0.63886	0.02518
31.85036	0.74409	0.02427
37.15875	0.84931	0.02352
42.46715	0.9846	0.02289
47.77554	1.11237	0.02235
53.08393	1.19505	0.02187
58.39233	1.30027	0.02146
63.70072	1.39046	0.02108

SICAKLIK=30

3.18217	0.11237	0.03648
6.36434	0.20976	0.03181
9.54651	0.29966	0.02936
12.72868	0.3521	0.02773
15.91085	0.40454	0.02654
19.09302	0.48694	0.0256
21.21447	0.5244	0.02507
26.51808	0.62179	0.02398
31.8217	0.71918	0.02314
37.12531	0.83155	0.02244
42.42893	0.94392	0.02186
47.73255	1.02633	0.02135
53.03616	1.10873	0.02091
58.33978	1.19863	0.02052
63.64339	1.30351	0.02017

TabloE2.18. 15 kg/m³ 'lük Karboksimetil Seltüloz Çözeltisi için Reolojik Veriler

Kayma hızı (s ⁻¹)	$\tau \times 10$ (Pa)	$\eta_a \times 10^2$ mPas
SICAKLIK=20		
3.22511	0.2655	0.07336
6.45021	0.37929	0.06081
9.67532	0.47032	0.05449
12.90043	0.6372	0.05041
16.12553	0.75857	0.04745
19.35064	0.86478	0.04517
21.50071	0.9558	0.0439
26.87589	1.10752	0.04133
32.25107	1.25165	0.03934
37.62624	1.41095	0.03773
43.00143	1.57025	0.03639
48.3766	1.71438	0.03525

53.75178	1.86609	0.03426
59.12696	2.02539	0.03339
64.50214	2.17711	0.03261

SICAKLIK=22

3.22165	0.24907	0.06685
6.44329	0.34719	0.05562
9.66494	0.41512	0.04995
12.88658	0.55852	0.04628
16.10823	0.71702	0.04362
19.32987	0.80005	0.04156
21.47764	0.86043	0.04041
26.84705	1.01893	0.03809
32.21646	1.14724	0.03629
37.58587	1.32838	0.03484
42.95528	1.47179	0.03363
48.32468	1.63029	0.03259
53.69409	1.75105	0.03169
59.06351	1.86426	0.0309
64.43291	1.94729	0.0302

SICAKLIK=25

3.21877	0.21867	0.05274
6.43754	0.27145	0.04402
9.65631	0.36193	0.0396
12.87508	0.43733	0.03674
16.09385	0.49766	0.03467
19.31262	0.58814	0.03306
21.45847	0.63338	0.03216
26.82309	0.76156	0.03034
32.18771	0.89729	0.02893
37.55232	1.00285	0.02779
42.91694	1.13858	0.02684
48.28156	1.29692	0.02603
53.64617	1.47789	0.02532
59.01079	1.61361	0.0247
64.37541	1.79458	0.02415

SICAKLIK=27

3.20749	0.15784	0.04699
6.41499	0.27058	0.03972
9.62248	0.33071	0.036
12.82997	0.4209	0.03358
16.03746	0.48103	0.03181
19.24496	0.57122	0.03043
21.38329	0.6088	0.02966
26.7291	0.73657	0.0281
32.07493	0.86434	0.02689
37.42075	0.96205	0.0259
42.76657	1.09734	0.02507
48.11239	1.20256	0.02437
53.45821	1.32282	0.02375
58.80404	1.38295	0.02321
64.14986	1.47314	0.02273

SICAKLIK=30

3.1968	0.14983	0.04248
6.39361	0.22474	0.03636
9.59041	0.31464	0.0332
12.78721	0.38955	0.03113
15.98402	0.44949	0.02961
19.18082	0.5244	0.02842
21.31203	0.56935	0.02776
26.64003	0.6967	0.0264
31.96804	0.7866	0.02534
37.29604	0.91396	0.02448
42.62405	1.03382	0.02376
47.95205	1.15368	0.02314
53.28006	1.25107	0.0226
58.60807	1.34097	0.02212
63.93607	1.39341	0.0217

TabloE2.19. 20 kg/m³ lük Karboksimetil Selüloz Çözeltisi için Reolojik Veriler

Kayma hızı (s ⁻¹)	$\tau \times 10$ (Pa)	$\eta_s \times 10^2$ mPas
SICAKLIK=20		
3.23787	0.31102	0.08238
6.47573	0.4248	0.06739
9.7136	0.57652	0.05992
12.95146	0.6903	0.05513
16.18933	0.7965	0.05168
19.42719	0.89512	0.04902
21.58577	0.94822	0.04755
26.98221	1.13028	0.04457
32.37865	1.26682	0.04228
37.77509	1.48681	0.04043
43.17154	1.68404	0.0389
48.56798	1.88126	0.03759
53.96442	2.08608	0.03646
59.36086	2.26055	0.03547
64.7573	2.5033	0.03459
SICAKLIK=22		
3.23131	0.24152	0.07313
6.46261	0.40002	0.06023
9.69392	0.52079	0.05376
12.92522	0.61891	0.0496
16.15653	0.77741	0.0466
19.38783	0.86798	0.04428
21.54204	0.90571	0.04299
26.92755	1.03402	0.04039
32.31306	1.17743	0.03838
37.69856	1.30574	0.03676
43.08408	1.48688	0.03541
48.46959	1.70576	0.03426
53.85509	1.87181	0.03326

59.2406	1.99257	0.03239
64.62611	2.13598	0.03161

SICAKLIK=25

3.22465	0.18097	0.05973
6.44929	0.31669	0.04954
9.67394	0.43733	0.04441
12.89858	0.5429	0.04109
16.12323	0.656	0.03869
19.34787	0.74648	0.03683
21.49763	0.79927	0.0358
26.87204	0.89729	0.0337
32.24645	1.04055	0.03208
37.62086	1.13858	0.03078
42.99527	1.26676	0.02969
48.36968	1.34216	0.02876
53.74409	1.46281	0.02795
59.1185	1.58345	0.02724
64.4929	1.71917	0.02661

SICAKLIK=27

3.21854	0.16535	0.05309
6.43708	0.30816	0.04432
9.65562	0.39083	0.03988
12.87416	0.46599	0.037
16.0927	0.54867	0.03492
19.31125	0.64638	0.0333
21.45694	0.69899	0.0324
26.82117	0.7967	0.03057
32.18541	0.92447	0.02915
37.54964	1.02218	0.028
42.91388	1.14995	0.02705
48.27811	1.27772	0.02623
53.64235	1.36792	0.02552
59.00659	1.48817	0.02489
64.37082	1.62346	0.02434

SICAKLIK=30

3.21018	0.14983	0.04849
6.42036	0.29217	0.04086
9.63054	0.3521	0.03697
12.84072	0.4345	0.03443
16.0509	0.50193	0.03259
19.26109	0.60681	0.03115
21.40121	0.67423	0.03035
26.7515	0.75664	0.02873
32.10181	0.83904	0.02746
37.45211	0.94392	0.02644
42.80241	1.0488	0.02558
48.15271	1.20612	0.02484
53.50301	1.33348	0.02421
58.85331	1.42337	0.02364
64.20361	1.55822	0.02314

TabloE2.20. 25 kg/m³ lük Karboksimetil Selüloz Çözeltisi için Reolojik Veriler

Kayma hızı (s ⁻¹)	$\tau \times 10$ (Pa)	$\eta_a \times 10^2$ mPas
SICAKLIK=20		
3.23844	0.35653	0.09738
6.47687	0.49307	0.07962
9.71531	0.66755	0.07077
12.95374	0.77375	0.0651
16.19218	0.94063	0.06101
19.43061	1.07718	0.05787
21.58957	1.22889	0.05612
26.98696	1.44129	0.0526
32.38436	1.60818	0.04989
37.78175	1.78265	0.0477
43.17914	2.03298	0.04589
48.57653	2.25297	0.04434
53.97393	2.3971	0.04301
59.37132	2.51847	0.04183
64.76871	2.63984	0.04079
SICAKLIK=22		
3.23712	0.317	0.09073
6.47424	0.45286	0.07428
9.71136	0.60381	0.06608
12.94847	0.73967	0.06081
16.18559	0.90571	0.05702
19.42271	1.06421	0.0541
21.58079	1.18498	0.05248
26.97598	1.40386	0.0492
32.37118	1.53972	0.04668
37.76638	1.68312	0.04465
43.16158	1.93219	0.04296
48.55677	2.10579	0.04153
53.95197	2.15862	0.04028
59.34717	2.26429	0.03919
64.74236	2.33976	0.03822
SICAKLIK=25		
3.22614	0.29407	0.07586
6.45228	0.40717	0.06281
9.67842	0.52782	0.05625
12.90455	0.60322	0.05201
16.13069	0.6937	0.04895
19.35683	0.81435	0.04658
21.50759	0.91991	0.04526
26.88449	1.08579	0.04259
32.26138	1.29692	0.04053
37.63828	1.56083	0.03887
43.01518	1.69655	0.03748
48.39207	1.86998	0.0363

53.76897	1.97554	0.03527
59.14587	2.14897	0.03437
64.52277	2.21683	0.03356
SICAKLIK=27		
3.21918	0.25554	0.0667
6.43835	0.34574	0.05565
9.65753	0.43593	0.05005
12.87671	0.57122	0.04642
16.09588	0.66141	0.04379
19.31506	0.76663	0.04176
21.46118	0.88689	0.04062
26.82647	0.99212	0.03832
32.19176	1.1274	0.03654
37.55706	1.29276	0.03509
42.92235	1.47314	0.03389
48.28764	1.63849	0.03286
53.65294	1.83391	0.03197
59.01823	1.93913	0.03118
64.38353	2.04436	0.03048
SICAKLIK=30		
3.21214	0.23973	0.06258
6.42427	0.32962	0.05262
9.63641	0.42701	0.04754
12.84854	0.51691	0.04424
16.06068	0.65925	0.04184
19.27281	0.71918	0.03997
21.41424	0.80908	0.03893
26.7678	0.93643	0.03682
32.12136	1.09375	0.03518
37.47491	1.23609	0.03385
42.82848	1.45334	0.03274
48.18203	1.58818	0.03179
53.53559	1.753	0.03096
58.88916	1.88784	0.03023
64.24271	2.0077	0.02958

Tablo E2.21. Arrhenius Grafiği (rotor devir sayısı=3 dev/dk)

1/T	ln η_a					
	5	10	15	20	25	30
3.411223	1.422867	1.574225	1.992794	2.108758	2.276036	2.436504
3.388108	1.277316	1.489077	1.899866	1.989654	2.205303	2.293141
3.354016	1.115469	1.424312	1.662789	1.787249	2.026304	2.160099
3.331667	0.976821	1.354288	1.54735	1.669403	1.89762	2.048596
3.298697	0.836381	1.294179	1.446448	1.578772	1.833861	1.893564

Tablo E2.22. Arrhenius Grafiği (rotor devir sayısı =6 dev/dk)

1/T	$\ln \eta_a$					
	5	10	15	20	25	30
3.411223	1.282876	1.410255	1.805169	1.907912	2.07468	2.229692
3.388108	1.165648	1.336579	1.715958	1.795585	2.005257	2.095684
3.354016	1.039216	1.274524	1.482059	1.600195	1.837529	1.969627
3.331667	0.941569	1.213428	1.37927	1.488851	1.716497	1.862839
3.298697	0.80826	1.157196	1.290884	1.407566	1.660511	1.713798

Tablo E2.23. Arrhenius Grafiği (rotor devir sayısı =9 dev/dk)

1/T	$\ln \eta_a$					
	5	10	15	20	25	30
3.411223	1.282876	1.410255	1.805169	1.907912	2.07468	2.229692
3.388108	1.165648	1.336579	1.715958	1.795585	2.005257	2.095684
3.354016	1.039216	1.274524	1.482059	1.600195	1.837529	1.969627
3.331667	0.941569	1.213428	1.37927	1.488851	1.716497	1.862839
3.298697	0.80826	1.157196	1.290884	1.407566	1.660511	1.713798

Tablo E2.24. Arrhenius Grafiği (rotor devir sayısı =12 dev/dk)

1/T	$\ln \eta_a$					
	5	10	15	20	25	30
3.411223	1.142948	1.24617	1.617604	1.707109	1.873339	2.023003
3.388108	1.053964	1.184178	1.532125	1.601406	1.805169	1.898369
3.354016	0.962793	1.12428	1.301281	1.41318	1.648851	1.779012
3.331667	0.90624	1.07261	1.211346	1.308333	1.535145	1.677097
3.298697	0.779783	1.01993	1.135587	1.236343	1.487044	1.534068

Tablo E2.25. Arrhenius Grafiği (rotor devir sayısı =15 dev/dk)

1/T	$\ln \eta_a$					
	5	10	15	20	25	30
3.411223	1.097945	1.193316	1.557091	1.642486	1.808453	1.956426
3.388108	1.018125	1.134944	1.472931	1.539015	1.740817	1.834819
3.354016	0.938052	1.076026	1.24329	1.352996	1.588214	1.717754
3.331667	0.895271	1.027474	1.157196	1.250475	1.47682	1.617406
3.298697	0.770571	0.976068	1.085527	1.18142	1.431268	1.476135

Tablo E2.26. Arrhenius Grafiği (rotor devir sayısı =18 dev/dk)

1/T	$\ln \eta_a$					
	5	10	15	20	25	30
3.411223	1.06091	1.150256	1.507848	1.589643	1.755614	1.902108
3.388108	0.988797	1.094939	1.424553	1.487948	1.688249	1.782887
3.354016	0.918289	1.036737	1.195739	1.303728	1.538586	1.667518
3.331667	0.885832	0.990284	1.112844	1.202972	1.429354	1.568408
3.298697	0.76314	0.940007	1.044508	1.136229	1.385544	1.428875

Tablo E2.27. Arrhenius Grafiği (rotor devir sayısı =20 dev/dk)

1/T	$\ln \eta_a$					
	5	10	15	20	25	30
3.411223	1.039923	1.125254	1.479329	1.559197	1.724907	1.870571
3.388108	0.971915	1.071584	1.396492	1.458382	1.657847	1.752845
3.354016	0.906644	1.01378	1.168138	1.275363	1.509839	1.638608
3.331667	0.880456	0.968883	1.087214	1.175573	1.401675	1.540302
3.298697	0.758935	0.919087	1.021011	1.110211	1.35918	1.401675

Tablo E2.28. Arrhenius Grafiği (rotor devir sayısı =25 dev/dk)

1/T	$\ln \eta_a$					
	5	10	15	20	25	30
3.411223	0.994732	1.07261	1.419004	1.494476	1.660131	1.804017
3.388108	0.936093	1.022451	1.337367	1.395997	1.593309	1.689358
3.354016	0.882113	0.965462	1.109882	1.214913	1.449034	1.577328
3.331667	0.869199	0.923465	1.033184	1.117434	1.343387	1.480468
3.298697	0.749528	0.874635	0.970779	1.055357	1.303456	1.343648

Tablo E2.29. Arrhenius Grafiği (rotor devir sayısı =30 dev/dk)

1/T	$\ln \eta_a$					
	5	10	15	20	25	30
3.411223	0.957816	1.029619	1.369657	1.441729	1.607235	1.749721
3.388108	0.906644	0.982453	1.288957	1.344951	1.540731	1.637442
3.354016	0.861623	0.926241	1.062294	1.165648	1.399457	1.527143
3.331667	0.859932	0.886656	0.989169	1.06987	1.295822	1.431507
3.298697	0.742413	0.838978	0.929799	1.010145	1.257893	1.29637

Tablo E2.30. Arrhenius Grafiği (rotor devir sayısı =35 dev/dk)

1/T	$\ln \eta_a$					
	5	10	15	20	25	30
3.411223	0.926637	0.992881	1.32787	1.396987	1.562346	1.703657
3.388108	0.881699	0.948564	1.248181	1.301825	1.496269	1.593512
3.354016	0.84501	0.892817	1.022091	1.12428	1.357638	1.484781
3.331667	0.851859	0.855266	0.951658	1.029619	1.255331	1.390286
3.298697	0.735728	0.80826	0.895271	0.972293	1.219354	1.25647

Tablo E2.31. Arrhenius Grafiği (rotor devir sayısı =40 dev/dk)

1/T	$\ln \eta_a$					
	5	10	15	20	25	30
3.411223	0.899755	0.961264	1.291709	1.358409	1.523662	1.663926
3.388108	0.860355	0.919087	1.212833	1.264409	1.457684	1.555404
3.354016	0.830297	0.863733	0.987308	1.088225	1.321222	1.448095
3.331667	0.84501	0.828115	0.919087	0.995102	1.220535	1.354546
3.298697	0.730443	0.782073	0.865418	0.939226	1.186012	1.222009

Tablo E2.32. Arrhenius Grafiği (rotor devir sayısı =45 dev/dk)

1/T	$\ln \eta_a$					
	5	10	15	20	25	30
3.411223	0.875885	0.933738	1.25988	1.324153	1.489302	1.628848
3.388108	0.841136	0.893227	1.18142	1.231393	1.423831	1.521917
3.354016	0.817133	0.838545	0.956665	1.0564	1.289233	1.41561
3.331667	0.83941	0.804241	0.890768	0.964319	1.189671	1.323088
3.298697	0.725614	0.758467	0.838978	0.90987	1.156567	1.191495

Tablo E2.33. Arrhenius Grafiği (rotor devir sayısı =50 dev/dk)

1/T	$\ln \eta_a$					
	5	10	15	20	25	30
3.411223	0.854841	0.908662	1.231393	1.293631	1.458848	1.597365
3.388108	0.824175	0.870037	1.153416	1.20177	1.39327	1.492005
3.354016	0.805583	0.815807	0.92901	1.027832	1.260448	1.386794
3.331667	0.833778	0.782531	0.864997	0.936877	1.162213	1.294727
3.298697	0.721249	0.737642	0.815365	0.884181	1.130111	1.164088

Tablo E2.34. Arrhenius Grafiği (rotor devir sayısı =55 dev/dk)

1/T	$\ln \eta_a$					
	5	10	15	20	25	30
3.411223	0.835514	0.886244	1.205671	1.266102	1.431029	1.568824
3.388108	0.809151	0.848868	1.128171	1.175265	1.365837	1.464643
3.354016	0.795252	0.794801	0.904218	1.002101	1.234599	1.360464
3.331667	0.828988	0.763606	0.841998	0.911881	1.137192	1.269199
3.298697	0.717352	0.718815	0.793897	0.860355	1.10625	1.139434

Tablo E2.35. Arrhenius Grafiği (rotor devir sayısı =60 dev/dk)

1/T	$\ln \eta_a$					
	5	10	15	20	25	30
3.411223	0.818016	0.865418	1.182034	1.24098	1.405852	1.542871
3.388108	0.794801	0.829861	1.105257	1.150888	1.340774	1.440072
3.354016	0.78527	0.776109	0.881699	0.978702	1.21075	1.336579
3.331667	0.824614	0.74574	0.821101	0.889536	1.114486	1.245882
3.298697	0.71393	0.701611	0.774727	0.838978	1.084513	1.11678

Tablo E2.36 Eşitlik 4.23-24' deki Katsayıların Hooke-Jeeves ve Quasi-Newton Tahmin Metodu
Kullanılarak Belirlenmesinde Kullanılan Farklı Rotor Devir Sayılarındaki
Görünür Viskozite (mPas) Verileri

C	T	η_a	η_a	η_a	η_a	η_a	η_a	η_a	η_a	η_a	η_a	η_a	η_a	η_a	η_a	η_a
		N: 3	6	9	12	15	18	20	25	30	35	40	45	50	55	60
5	293.15	4.149	3.607	3.324	3.136	2.998	2.889	2.829	2.704	2.606	2.526	2.459	2.401	2.351	2.306	2.266
5	295.15	3.587	3.208	3.005	2.869	2.768	2.688	2.643	2.55	2.476	2.415	2.364	2.319	2.28	2.246	2.214
5	298.15	3.051	2.827	2.703	2.619	2.555	2.505	2.476	2.416	2.367	2.328	2.294	2.264	2.238	2.215	2.193
5	300.15	2.656	2.564	2.512	2.475	2.448	2.425	2.412	2.385	2.363	2.344	2.328	2.315	2.302	2.291	2.281
5	303.15	2.308	2.244	2.207	2.181	2.161	2.145	2.136	2.116	2.101	2.087	2.076	2.066	2.057	2.049	2.042
10	293.15	4.827	4.097	3.722	3.477	3.298	3.159	3.081	2.923	2.8	2.699	2.615	2.544	2.481	2.426	2.376
10	295.15	4.433	3.806	3.481	3.268	3.111	2.989	2.92	2.78	2.671	2.582	2.507	2.443	2.387	2.337	2.293
10	298.15	4.155	3.577	3.276	3.078	2.933	2.82	2.756	2.626	2.525	2.442	2.372	2.313	2.261	2.214	2.173
10	300.15	3.874	3.365	3.099	2.923	2.794	2.692	2.635	2.518	2.427	2.352	2.289	2.235	2.187	2.146	2.108
10	303.15	3.648	3.181	2.936	2.773	2.654	2.56	2.507	2.398	2.314	2.244	2.186	2.135	2.091	2.052	2.017
15	293.15	7.336	6.081	5.449	5.041	4.745	4.517	4.39	4.133	3.934	3.773	3.639	3.525	3.426	3.339	3.261
15	295.15	6.685	5.562	4.995	4.628	4.362	4.156	4.041	3.809	3.629	3.484	3.363	3.259	3.169	3.09	3.02
15	298.15	5.274	4.402	3.96	3.674	3.467	3.306	3.216	3.034	2.893	2.779	2.684	2.603	2.532	2.47	2.415
15	300.15	4.699	3.972	3.6	3.358	3.181	3.043	2.966	2.81	2.689	2.59	2.507	2.437	2.375	2.321	2.273
15	303.15	4.248	3.636	3.32	3.113	2.961	2.842	2.776	2.64	2.534	2.448	2.376	2.314	2.26	2.212	2.17
20	293.15	8.238	6.739	5.992	5.513	5.168	4.902	4.755	4.457	4.228	4.043	3.89	3.759	3.646	3.547	3.459
20	295.15	7.313	6.023	5.376	4.96	4.66	4.428	4.299	4.039	3.838	3.676	3.541	3.426	3.326	3.239	3.161

20	298.15	5.973	4.954	4.441	4.109	3.869	3.683	3.58	3.37	3.208	3.078	2.969	2.876	2.795	2.724	2.661
20	300.15	5.309	4.432	3.988	3.7	3.492	3.33	3.24	3.057	2.915	2.8	2.705	2.623	2.552	2.489	2.434
20	303.15	4.849	4.086	3.697	3.443	3.259	3.115	3.035	2.873	2.746	2.644	2.558	2.484	2.421	2.364	2.314
25	293.15	9.738	7.962	7.077	6.51	6.101	5.787	5.612	5.26	4.989	4.77	4.589	4.434	4.301	4.183	4.079
25	295.15	9.073	7.428	6.608	6.081	5.702	5.41	5.248	4.92	4.668	4.465	4.296	4.153	4.028	3.919	3.822
25	298.15	7.586	6.281	5.625	5.201	4.895	4.658	4.526	4.259	4.053	3.887	3.748	3.63	3.527	3.437	3.356
25	300.15	6.67	5.565	5.005	4.642	4.379	4.176	4.062	3.832	3.654	3.509	3.389	3.286	3.197	3.118	3.048
25	303.15	6.258	5.262	4.754	4.424	4.184	3.997	3.893	3.682	3.518	3.385	3.274	3.179	3.096	3.023	2.958
30	293.15	11.433	9.297	8.238	7.561	7.074	6.7	6.492	6.074	5.753	5.494	5.28	5.098	4.94	4.801	4.678
30	295.15	9.906	8.131	7.245	6.675	6.264	5.947	5.771	5.416	5.142	4.921	4.737	4.581	4.446	4.326	4.221
30	298.15	8.672	7.168	6.412	5.924	5.572	5.299	5.148	4.842	4.605	4.414	4.255	4.119	4.002	3.898	3.806
30	300.15	7.757	6.442	5.779	5.35	5.04	4.799	4.666	4.395	4.185	4.016	3.875	3.755	3.65	3.558	3.476
30	303.15	6.643	5.55	4.996	4.637	4.376	4.174	4.062	3.833	3.656	3.513	3.394	3.292	3.203	3.125	3.055

N: Rotor devir sayıları

Tablo E2.37. 15 dev/dk Rotor Devir Sayısında Görünür Viskozitenin Sıcaklık ve Konsantrasyonla Değişimi (A) Deneysel Görünür Viskozite Değerleri (mPas) (B) Eşitlik 4.23 Kullanılarak Hesaplanan Görünür Viskozite Değerleri (C) Eşitlik 4.24 Kullanılarak Hesaplanan Görünür Viskozite Değerleri

C	T	(a)	(b)	(c)
5	293.15	2.9980	2.690427	3.172321
5	295.15	2.7680	2.459166	2.90057
5	298.15	2.5550	2.153872	2.541682
5	300.15	2.4480	1.974606	2.330864
5	303.15	2.1610	1.737021	2.051354
10	293.15	3.2980	3.818716	3.719615
10	295.15	3.1110	3.490471	3.400981
10	298.15	2.9330	3.057144	2.980177
10	300.15	2.7940	2.8027	2.732988
10	303.15	2.6540	2.465478	2.405257
15	293.15	4.7450	4.686924	4.361329
15	295.15	4.3620	4.28405	3.987724
15	298.15	3.4670	3.752204	3.494323
15	300.15	3.1810	3.43991	3.204488
15	303.15	2.9610	3.026019	2.820216
20	293.15	5.1680	5.420177	5.113752
20	295.15	4.6600	4.954276	4.675693
20	298.15	3.8690	4.339224	4.097169
20	300.15	3.4920	3.978073	3.757331
20	303.15	3.2590	3.49943	3.306764
25	293.15	6.1010	6.067049	5.995985
25	295.15	5.7020	5.545545	5.482351
25	298.15	4.8950	4.85709	4.804019

25	300.15	4.3790	4.452836	4.405552
25	303.15	4.1840	3.91707	3.877253
30	293.15	7.0740	6.652487	7.030423
30	295.15	6.2640	6.08066	6.428176
30	298.15	5.5720	5.325773	5.632817
30	300.15	5.0400	4.882511	5.165606
30	303.15	4.3760	4.295046	4.546163

Tablo E2.38. Akış Aktivasyon Enerjisi - Kayma Hızı Grafiği

N(devir/dk)	Ea.ort	Ea.23	Ea.24	N(devir/dk)	Ea.ort	Ea.23	Ea.24
3	36.90155	38.29	38.296	30	26.2049	29.523	29.321
6	33.67794	35.802	35.752	35	25.48823	28.864	28.707
9	31.79423	34.296	34.215.9	40	24.86426	28.288	28.128
12	30.46194	33.204	33.103	45	24.3197	27.775	27.612
15	29.37516	32.326	32.211	50	23.83361	27.312	27.15
18	28.57744	31.613	31.486	55	23.39352	26.886	26.722
20	28.08469	31.185	31.052	60	22.98197	26.489	26.327
25	27.0557	30.28	30.135				

Tablo E2.39. Şekil 4.46-4.50 için Veriler

C (kg/m ³)	T (K)	n	m	logm	Eşit (4.32)	Eşitlik (4.45)
10	293.15	0.7634	0.006360	-2.19654	0.006966	0.771024
10	295.15	0.7800	0.005720	-2.2426	0.006284	0.776229
10	298.15	0.7836	0.005340	-2.27246	0.005383	0.784036
10	300.15	0.7968	0.004900	-2.3098	0.004856	0.78924
10	303.15	0.8022	0.004590	-2.33819	0.00416	0.797047
15	293.15	0.7294	0.010070	-1.99697	0.009184	0.738681
15	295.15	0.7347	0.009120	-2.04001	0.008264	0.743635
15	298.15	0.7392	0.007150	-2.14569	0.007055	0.751065
15	300.15	0.7575	0.006230	-2.20551	0.006348	0.756019
15	303.15	0.7757	0.005510	-2.25885	0.005419	0.76345
20	293.15	0.7103	0.011580	-1.93629	0.011385	0.720497
20	295.15	0.7200	0.010160	-1.99311	0.010227	0.72528
20	298.15	0.7301	0.008190	-2.08672	0.008707	0.732455
20	300.15	0.7396	0.007200	-2.14267	0.007821	0.737238
20	303.15	0.7531	0.006470	-2.1891	0.006658	0.744413
25	293.15	0.7095	0.013700	-1.86328	0.013601	0.712221
25	295.15	0.7114	0.012730	-1.89517	0.012201	0.716876
25	298.15	0.7278	0.010430	-1.98172	0.010366	0.723858
25	300.15	0.7386	0.009050	-2.04335	0.009298	0.728513
25	303.15	0.7499	0.008380	-2.07676	0.0079	0.735496
30	293.15	0.7017	0.016240	-1.78941	0.015848	0.713472
30	295.15	0.7152	0.013840	-1.85886	0.0142	0.718025
30	298.15	0.7251	0.011970	-1.92191	0.012044	0.724854
30	300.15	0.7320	0.010610	-1.97428	0.010791	0.729407
30	303.15	0.7407	0.008990	-2.04624	0.009153	0.736236

Tablo E2.40. A Film Emülsiyonu ile Kaplı Şeftaliler için Veriler

Gün	Ağırlık kaybı	Gün	pH	Kırılma İndisi	Bx	Askorbik asit		Titre Edilebilir asitlik	
						C _{Vit1}	C _{Vit2}	TEA ₁	TEA ₂
0	194.498	2	3.8	1.3498	11.5	9.780	8.205	0.268	0.225
1	186.331								
2	178.313	4	3.85	1.3495	11.2	9.219	6.461	0.225	0.158
3	171.529								
4	164.422	6	4.01	1.3489	10.6	8.096	4.534	0.198	0.111
5	157.127								
6	150.260	8	4.16	1.3481	10.3	7.535	3.119	0.192	0.079
7	143.084								
8	135.579	10	4.22	1.3480	10.1	6.413	1.827	0.185	0.053
9	128.862								
10	122.596	12. Günde Analiz Örneklerinde Mikrobiyolojik Bozulma Gözlendi							

C_{Vit1}, TEA₁: ağırlık kaybı dikkate alınmadan hesaplanan değerler

C_{Vit1}, TEA₁: ağırlık kaybı dikkate alınmadan hesaplanan değerler
C_{Vit2}, TEA₂: ağırlık kaybı dikkate alınarak hesaplanan değerler

Tablo E2.41. B Film Emülsiyonu ile Kaplı Şeftaliler için Veriler

Gün	Ağırlık kaybı	Gün	pH	Kırılma İndisi	Bx	Askorbik asit		Titre Edilebilir asitlik	
						C _{Vit1}	C _{Vit2}	TEA ₁	TEA ₂
0	169.060	2	3.81	1.3506	11.9	10.341	8.163	0.288	0.227
1	159.830								
2	150.660	4	3.84	1.3500	11.5	9.219	5.773	0.235	0.147
3	143.376								
4	136.398	6	4.14	1.3498	11.1	7.535	3.602	0.225	0.108
5	129.493								
6	123.445	8	4.30	1.3478	10	6.974	2.310	0.165	0.055
7	117.164								
8	110.613	10	4.51	1.3461	9	5.852	1.183	0.126	0.025
9	104.818								
10	99.338	12. Günde Analiz Örneklerinde Mikrobiyolojik Bozulma Gözlendi							

C_{Vit1} TEA₁: ağırlık kaybı dikkate alınmadan hesaplanmıştır.

C_{Vit1}, TEA₁: ağırlık kaybı dikkate alınmadan hesaplanan değerler
C_{Vit2}, TEA₂: ağırlık kaybı dikkate alınarak hesaplanan değerler

Tablo E2.42. C Film Emülsiyonu ile Kaplı Şeştaliler için Veriler

Gün	Ağırlık kaybı	Gün	pH	Kırılma İndisi	Bx	Askorbik asit		Titre Edilebilir asitlik	
						C _{Vit1}	C _{Vit2}	TEA ₁	TEA ₂
0	200.088	2	3.85	1.3510	11.5	10.902	10.022	0.308	0.308
1	196.975							0.281	0.259
2	191.743	4	3.94	1.3490	11	9.780	8.044	0.245	0.201
3	186.759								
4	181.734	6	4.30	1.3480	10.3	8.658	6.617	0.185	0.142
5	178.651								
6	175.714	8	4.5	1.3471	9.8	8.096	5.680	0.146	0.102
7	172.591								
8	169.225	10	4.66	1.3470	9.5	7.535	5.018	0.119	0.079
9	167.895								
10	165.542	12	4.80	1.3463	9.4	6.413	4.113	0.106	0.068
11	164.112								
12	162.991	14. Günde Analiz Örneklerinde Mikrobiyolojik Bozulma Gözlendi							

C_{Vit1}, TEA₁: ağırlık kaybı dikkate alınmadan hesaplanan değerlerC_{Vit2}, TEA₂: ağırlık kaybı dikkate alınarak hesaplanan değerler

Tablo E2.43. D Film Emülsiyonu ile Kaplı Şeştaliler için Veriler

Gün	Ağırlık kaybı	Gün	pH	Kırılma İndisi	Bx	Askorbik asit		Titre Edilebilir asitlik	
						C _{Vit1}	C _{Vit2}	TEA ₁	TEA ₂
0	176.757	2	3.8	1.3504	11.8	9.780	7.920	0.291	0.236
1	167.479								
2	159.379	4	4.01	1.3499	11.3	9.219	6.358	0.205	0.141
3	153.724								
4	148.404	6	4.03	1.3492	11	8.658	4.924	0.198	0.113
5	142.620								
6	137.351	8	4.05	1.3490	10.8	8.096	2.748	0.195	0.066
7	128.940								
8	116.403	10. Günde Analiz Örneklerinde Mikrobiyolojik Bozulma Gözlendi							
9	104.344								

C_{Vit1}, TEA₁: ağırlık kaybı dikkate alınmadan hesaplanan değerlerC_{Vit2}, TEA₂: ağırlık kaybı dikkate alınarak hesaplanan değerler

Tablo E2.44. E Film Emülsiyonu ile Kaplı Şeftaliler için Veriler

Gün	Ağırlık kaybı	Gün	pH	Kırılma İndisi	Bx	Askorbik asit		Titre Edilebilir asitlik	
						C _{Vit1}	C _{Vit2}	TEA ₁	TEA ₂
0	211.826	2	3.82	1.3492	11	10.902	9.086	0.278	0.232
1	201.060								
2	193.584	4	3.87	1.3485	10.6	10.341	7.551	0.265	0.193
3	187.890								
4	182.290	6	3.89	1.3478	10.5	9.780	6.183	0.255	0.161
5	176.703								
6	171.560	8	3.94	1.3463	10	9.219	4.859	0.245	0.129
7	166.151								
8	160.050	10	4.30	1.3461	9.6	8.658	3.596	0.182	0.076
9	154.115								
10	147.815	12	4.45	1.3461	9.5	7.535	2.102	0.165	0.046
11	140.167								
12	132.88	13. Günde Analiz Örneklerinde Mikrobiyolojik Bozulma Gözlendi							

C_{Vit1}, TEA₁: ağırlık kaybı dikkate alınmadan hesaplanan değerlerC_{Vit2}, TEA₂: ağırlık kaybı dikkate alınarak hesaplanan değerler**Tablo E2.45. F Film Emülsiyonu ile Kaplı Şeftaliler için Veriler**

Gün	Ağırlık kaybı	Gün	pH	Kırılma İndisi	Bx	Askorbik asit		Titre Edilebilir asitlik	
						C _{Vit1}	C _{Vit2}	TEA ₁	TEA ₂
0	230.072	2	3.84	1.3508	12	9.948	8.255	0.288	0.239
1	219.849								
2	209.381	4	3.87	1.3503	11.8	9.443	6.637	0.278	0.195
3	202.437								
4	194.730	6	4.03	1.3481	10.3	8.994	5.117	0.258	0.147
5	185.806								
6	178.811	8	4.14	1.3470	9.5	8.489	3.184	0.225	0.084
7	167.423								
8	155.749								
9	144.876	9. Günde Analiz Örneklerinde Mikrobiyolojik Bozulma Gözlendi							

C_{Vit1}, TEA₁: ağırlık kaybı dikkate alınmadan hesaplanan değerlerC_{Vit2}, TEA₂: ağırlık kaybı dikkate alınarak hesaplanan değerler

Tablo E2.46. Kontrol Amaçlı Şeftaliler için Veriler

Gün	Ağırlık kaybı	Gün	pH	Kırılma İndisi	Bx	Askorbik asit		Titre Edilebilir asitlik	
						C _{Vit1}	C _{Vit2}	TEA ₁	TEA ₂
0	216.176	0	3.77	1.3541	12.2	11.463	11.463	0.308	0.308
1	205.577	2	3.81	1.3511	12.1	9.780	8.066	0.308	0.254
2	196.592	4	3.83	1.3498	11.2	8.658	6.125	0.304	0.215
3	189.944								
4	183.429	6	3.84	1.3481	10.6	7.535	4.557	0.298	0.180
5	177.082								
6	172.006	8	3.97	1.3480	10.3	6.413	3.237	0.212	0.107
7	166.514								
8	160.868	10	4.14	1.3480	10.3	4.730	1.863	0.195	0.077
9	155.868								
10	148.442	11. Günde Analiz Örneklerinde Mikrobiyolojik Bozulma Gözlendi							

C_{Vit1}, TEA₁: ağırlık kaybı dikkate alınmadan hesaplanan değerlerC_{Vit2}, TEA₂: ağırlık kaybı dikkate alınarak hesaplanan değerler**Tablo E2.47 Elma için Ağırlık Kaybı Verileri**

Gün	Kontrol	A	B	C	D	E	F
0	177.587	258.374	218.339	202.298	162.359	169.694	166.613
1	176.903	257.528	217.428	201.152	161.441	169.415	166.365
2	176.49	257.031	216.552	200.095	160.339	169.018	166.102
3	175.962	256.323	215.603	199.126	159.015	168.708	165.885
4	175.584	255.924	215.107	198.708	158.376	168.52	165.763
5	175.214	255.413	214.472	198.225	157.785	168.323	165.566
6	174.79	254.856	213.778	197.765	156.806	168.104	165.37
7	174.297	254.346	213.146	197.394	156.15	167.888	165.187
8	174	253.866	212.548	197.078	155.596	167.689	165.008
9	173.656	253.362	211.911	196.772	155.056	167.474	164.832
10	173.38	252.982	211.433	196.553	154.679	167.296	164.674
11	173.034	252.555	210.875	196.33	154.294	167.099	164.506
12	172.764	252.041	210.186	196.065	153.862	166.87	164.308
13	172.429	251.679	209.704	195.904	153.594	166.729	164.178
14	172.136	251.264	209.146	195.702	153.318	166.552	164.013
15	171.778	250.891	208.505	195.599	153.028	166.34	163.831
16	171.555	250.46	207.95	195.291	152.772	166.15	163.646
17	171.146	249.978	207.398	195.106	152.54	165.963	163.49
18	170.804	249.511	206.813	194.997	152.31	165.769	163.3
19	170.405	249.081	206.308	194.84	152.119	165.616	163.154
20	170.12	248.655	205.841	194.691	151.943	165.549	163.006
21	169.812	248.258	205.333	194.54	151.784	165.362	162.84
22	169.494	247.836	204.8	194.372	151.62	165.187	162.67
23	169.166	247.42	204.258	194.102	151.46	165.001	162.487
24	168.801	246.94	203.63	193.999	151.281	164.798	162.29
25	168.47	246.573	203.121	193.808	151.167	164.62	162.11

26	168.115	246.155	202.59	193.607	150.998	164.442	161.97
27	167.795	245.616	201.879	193.453	150.867	164.385	161.8
28	167.501	245.37	201.589	193.297	150.725	164.111	161.632
29	167.249	245.038	201.143	193.128	150.61	164.043	161.462
30	166.897	244.68	200.689	193.032	150.496	163.854	161.369
31	166.701	244.282	200.188	192.876	150.396	163.692	161.193
32	166.55	243.957	199.764	192.773	150.261	163.586	161.097
33	166.35	243.576	199.311	192.637	150.14	163.445	160.953
34	166.006	243.171	198.781	192.489	150.013	163.285	160.802

Tablo E2.48. A Film Emülsiyonu ile Kaplı Elmalar için Veriler

Gün	pH	Kırılma İndisi	Bx	Askorbik asit		Titre Edilebilir asitlik	
				C _{Vit1}	C _{Vit2}	TEA ₁	TEA ₂
0	3.36	1.3505	11.9	7.337	7.337	0.235	0.235
2	3.36	1.3505	11.9	5.698	5.639	0.235	0.233
4	3.37	1.3502	11.7	5.152	5.055	0.225	0.221
6	3.38	1.3502	11.7	4.606	4.481	0.219	0.213
8	3.42	1.3500	11.5	4.332	4.182	0.216	0.208
10	3.45	1.3498	11.2	3.513	3.367	0.193	0.185
12	3.47	1.3490	10.8	3.513	3.342	0.187	0.178
14	3.52	1.3482	10.4	2.967	2.804	0.174	0.164
16	3.54	1.3480	10.2	2.420	2.273	0.155	0.145

Tablo E2.49. B Film Emülsiyonu ile Kaplı Elmalar için Veriler

Gün	pH	Kırılma İndisi	Bx	Askorbik asit		Titre Edilebilir asitlik	
				C _{Vit1}	C _{Vit2}	TEA ₁	TEA ₂
0	3.36	1.3505	11.9	7.337	7.337	0.235	0.235
2	3.38	1.3499	11.4	6.244	6.143	0.219	0.215
4	3.42	1.3491	10.9	5.152	5.000	0.216	0.209
6	3.45	1.3490	10.8	4.606	4.414	0.197	0.188
8	3.48	1.3488	10.6	3.950	3.742	0.177	0.168
10	3.52	1.3485	10.5	3.513	3.292	0.174	0.163
12	3.58	1.3478	10	3.513	3.252	0.145	0.134
14	3.61	1.3476	9.8	2.967	2.718	0.129	0.118
16	3.64	1.3473	9.6	2.967	2.686	0.132	0.120

Tablo E2.50. C Film Emülsiyonu ile Kaplı Elmalar için Veriler

Gün	pH	Kırılma İndisi	Bx	Askorbik asit		Titre Edilebilir asitlik	
				C _{Vit1}	C _{Vit2}	TEA ₁	TEA ₂
0	3.36	1.3505	11.9	7.337	7.337	0.235	0.235
2	3.36	1.3505	11.9	6.791	6.644	0.235	0.230
4	3.38	1.3504	11.8	5.698	5.497	0.219	0.211
6	3.4	1.3499	11.4	5.698	5.444	0.219	0.209
8	3.42	1.3498	11.2	4.606	4.369	0.213	0.202
10	3.48	1.3498	11.2	4.059	3.830	0.174	0.164
12	3.52	1.3491	11	3.513	3.298	0.171	0.160
14	3.56	1.3489	10.8	3.513	3.285	0.164	0.154
16	3.62	1.3487	10.6	2.967	2.762	0.142	0.132

Tablo E2.51. D Film Emülsiyonu ile Kaplı Elmalar için Veriler

Gün	pH	Kırılma İndisi	Bx	Askorbik asit		Titre Edilebilir asitlik	
				C _{Vit1}	C _{Vit2}	TEA ₁	TEA ₂
0	3.36	1.3505	11.9	7.337	7.337	0.235	0.235
2	3.36	1.3500	11.5	5.152	5.024	0.235	0.229
4	3.38	1.3498	11.4	4.606	4.381	0.225	0.215
6	3.4	1.3492	11	4.059	3.783	0.209	0.195
8	3.42	1.3485	10.6	4.059	3.723	0.200	0.183
10	3.48	1.3480	10.4	3.513	3.183	0.174	0.158
12	3.52	1.3478	10	2.967	2.658	0.168	0.150
14	3.56	1.3472	9.7	2.967	2.638	0.161	0.143
16	3.62	1.3470	9.6	2.420	2.136	0.155	0.136

Tablo E2.52. E Film Emülsiyonu ile Kaplı Elmalar için Veriler

Gün	pH	Kırılma İndisi	Bx	Askorbik asit		Titre Edilebilir asitlik	
				C _{VII1}	C _{VII2}	TEA ₁	TEA ₂
0	3.36	1.3505	11.9	7.337	7.337	0.235	0.235
2	3.37	1.3505	11.9	6.244	6.195	0.235	0.233
4	3.39	1.3505	11.9	5.698	5.620	0.222	0.219
6	3.4	1.3504	11.8	5.698	5.592	0.219	0.215
8	3.42	1.3500	11.5	5.152	5.031	0.213	0.208
10	3.45	1.3500	11.5	4.606	4.476	0.203	0.197
12	3.49	1.3498	11.4	4.606	4.453	0.190	0.184
14	3.51	1.3496	11.0	4.059	3.910	0.184	0.177
16	3.52	1.3492	10.9	3.513	3.367	0.174	0.167

Tablo E2.53. F Film Emülsiyonu ile Kaplı Elmalar için Veriler

Gün	pH	Kırılma İndisi	Bx	Askorbik asit		Titre Edilebilir asitlik	
				C _{VII1}	C _{VII2}	TEA ₁	TEA ₂
0	3.36	1.3505	11.9	7.337	7.337	0.235	0.235
2	3.37	1.3505	11.9	6.244	6.206	0.229	0.227
4	3.39	1.3505	11.9	5.698	5.640	0.225	0.223
6	3.42	1.3505	11.9	5.152	5.075	0.213	0.209
8	3.44	1.3504	11.7	4.606	4.517	0.206	0.202
10	3.46	1.3500	11.5	4.332	4.232	0.203	0.198
12	3.49	1.3500	11.5	4.059	3.948	0.187	0.182
14	3.52	1.3498	11.4	3.513	3.404	0.177	0.172
16	3.53	1.3496	11.2	3.513	3.389	0.161	0.155

Tablo E2.54. Kontrol Amaçlı Elmalar için Veriler

Gün	pH	Kırılma İndisi	Bx	Askorbik asit		Titre Edilebilir asitlik	
				C _{Vit1}	C _{Vit2}	TEA ₁	TEA ₂
0	3.36	1.3505	11.9	7.337	7.337	0.235	0.235
2	3.41	1.3500	11.5	5.698	5.628	0.197	0.194
4	3.46	1.3497	11.1	4.606	4.502	0.177	0.173
6	3.51	1.3490	10.9	4.059	3.932	0.174	0.169
8	3.54	1.3488	10.7	3.513	3.372	0.161	0.155
10	3.54	1.3483	10.4	2.967	2.827	0.161	0.153
12	3.56	1.3468	9.4	2.420	2.290	0.135	0.128
14	3.58	1.3467	9.3	2.420	2.273	0.129	0.121
16	3.60	1.3465	9.2	1.874	1.747	0.122	0.114

Tablo E2.55. Armut için Ağırlık Kaybı Verileri

Gün	Kontrol	A Karışımı	B Karışımı	C Karışımı	D Karışımı	E Karışımı	F Karışımı
0	251.742	200.131	214.571	209.538	180.133	218.805	182.024
1	250.705	198.468	212.728	207.936	178.708	218.056	181.512
2	249.698	196.882	210.901	206.553	177.419	217.38	181.058
3	248.877	195.603	208.971	205.488	176.414	216.843	180.745
4	247.926	194.215	207.565	204.581	175.549	216.214	180.225
5	246.805	193.113	206.13	203.858	174.874	215.668	179.788
6	245.924	191.947	204.619	203.163	174.22	215.104	179.308
7	244.951	190.904	203.309	202.593	173.674	214.579	178.9
8	243.994	189.924	202.122	202.129	173.194	214.092	178.542
9	243.108	188.89	200.984	201.714	172.718	213.57	178.181
10	242.201	188.003	199.784	201.414	172.401	213.16	177.864
11	240.789	186.642	197.79	201.052	171.995	211.905	177.151
12	238.834	185.391	196.82	200.755	171.549	211.352	176.64
13		184.59	195.901	200.464	171.264	210.699	176.159
14		183.558	194.75	200.251	170.966	209.403	175.402
15				199.991	170.593	208.12	
16				199.738	170.283	207.564	
17				199.514	170.009		
18				199.268	169.719		

Tablo E2.56 A Film Emülsiyonu ile Kaplı Armutlar için Veriler

Gün	pH	Kırılma İndisi	Bx	Askorbik asit		Titre Edilebilir asitlik	
				C _{Vit1}	C _{Vit2}	TEA ₁	TEA ₂
0	3.79	1.3492	11.1	5.835	5.835	0.219	0.219
2	3.82	1.3491	11.0	5.216	5.067	0.200	0.193
4	3.86	1.3482	10.4	4.597	4.359	0.171	0.161
6	3.9	1.348	10.2	4.597	4.267	0.155	0.142
8	3.95	1.3479	10.1	3.978	3.622	0.148	0.133
10	4.1	1.3465	9.6	3.360	3.002	0.126	0.111
12	4.17	1.3459	8.8	3.360	2.926	0.106	0.091
14	4.20	1.3452	8.4	2.741	2.343	0.100	0.083

Tablo E2.57. B Film Emülsiyonu ile Kaplı Armutlar için Veriler

Gün	pH	Kırılma İndisi	Bx	Askorbik asit		Titre Edilebilir asitlik	
				C _{Vit1}	C _{Vit2}	TEA ₁	TEA ₂
0	3.79	1.3492	11.1	5.835	5.835	0.219	0.219
2	3.85	1.3491	11	5.216	5.059	0.184	0.177
4	3.93	1.348	10.2	4.597	4.334	0.145	0.136
6	3.99	1.3477	10	3.978	3.655	0.135	0.123
8	4.05	1.3473	9.8	3.978	3.573	0.132	0.117
10	4.1	1.347	9.6	3.360	2.953	0.126	0.108
12	4.13	1.345	8.4	2.741	2.343	0.113	0.094
14	4.16	1.344	7.5	2.432	2.038	0.110	0.089

Tablo E2.58. C Film Emülsiyonu ile Kaplı Armutlar için Veriler

Gün	pH	Kırılma İndisi	Bx	Askorbik asit		Titre Edilebilir asitlik	
				C _{Vit1}	C _{Vit2}	TEA ₁	TEA ₂
0	3.79	1.3492	11.1	5.835	5.835	0.219	0.219
2	3.86	1.3487	10.7	5.525	5.387	0.180	0.175
4	3.91	1.3483	10.5	4.597	4.406	0.155	0.147
6	3.97	1.348	10.2	3.978	3.766	0.148	0.139
8	4.02	1.3478	10	3.978	3.732	0.142	0.132
10	4.07	1.3478	10	3.360	3.131	0.135	0.125
12	4.1	1.3472	9.7	2.741	2.539	0.129	0.118
14	4.13	1.3465	9.2	2.122	1.957	0.119	0.109
16	4.15	1.3461	9	2.122	1.948	0.110	0.099
18	4.18	1.3454	8.5	2.003	1.82	0.103	0.093

Tablo E2.59. D Film Emülsiyonu ile Kaplı Armutlar için Veriler

Gün	pH	Kırılma İndisi	Bx	Askorbik asit		Titre Edilebilir asitlik	
				C _{Vit1}	C _{Vit2}	TEA ₁	TEA ₂
0	3.79	1.3492	11.1	5.835	5.835	0.219	0.219
2	3.83	1.3483	10.5	5.216	5.078	0.200	0.194
4	3.86	1.348	10.2	4.597	4.392	0.177	0.168
6	3.9	1.3478	10	4.597	4.332	0.158	0.148
8	3.91	1.3476	10	3.978	3.710	0.158	0.146
10	3.97	1.3476	9.8	3.360	3.107	0.148	0.136
12	4	1.3469	9.7	2.741	2.512	0.139	0.125
14	4.05	1.3465	9.5	2.741	2.496	0.135	0.122
16	4.1	1.346	8.9	2.122	1.919	0.126	0.112
18	4.13	1.343	7	2.03	1.906	0.116	0.103

Tablo E2.60. E Film Emülsiyonu ile Kaplı Armutlar için Veriler

Gün	PH	Kırılma İndisi	Bx	Askorbik asit		Titre Edilebilir asitlik	
				C _{Vit1}	C _{Vit2}	TEA ₁	TEA ₂
0	3.79	1.3492	11.1	5.835	5.835	0.219	0.219
2	3.81	1.3491	11	5.835	5.768	0.206	0.203
4	3.83	1.349	10.9	5.835	5.713	0.200	0.195
6	3.83	1.3487	10.7	5.216	5.061	0.197	0.190
8	3.85	1.3483	10.5	5.216	5.019	0.180	0.173
10	3.87	1.3478	10	4.597	4.389	0.168	0.159
12	3.88	1.3473	9.8	3.978	3.741	0.168	0.156
14	3.9	1.347	9.6	3.978	3.678	0.158	0.144
16	3.93	1.3465	9.2	3.360	3.072	0.155	0.139

Tablo E2.61. F Film Emülsiyonu ile Kaplı Armutlar için Veriler

Gün	pH	Kırılma İndisi	Bx	Askorbik asit		Titre Edilebilir asitlik	
				C _{Vit1}	C _{Vit2}	TEA ₁	TEA ₂
0	3.79	1.3492	11.1	5.835	5.835	0.219	0.219
2	3.8	1.3491	10.9	5.835	5.780	0.213	0.210
4	3.82	1.3482	10.8	5.216	5.125	0.209	0.205
6	3.83	1.348	10.6	5.216	5.079	0.206	0.200
8	3.87	1.3479	10.4	3.978	3.845	0.168	0.161
10	3.9	1.3465	10	3.360	3.225	0.158	0.151
12	3.94	1.3459	9.8	3.360	3.185	0.142	0.133
14	3.96	1.3452	8.9	2.122	1.987	0.132	0.123

Tablo E2.62. Kontrol Amaçlı Armutlar için Veriler

Gün	pH	Kırılma İndisi	Bx	Askorbik asit		Titre Edilebilir asitlik	
				C _{Vit1}	C _{Vit2}	TEA ₁	TEA ₂
0	3.79	1.3492	11.1	5.835	5.835	0.219	0.219
2	3.8	1.3478	10	5.142	5.216	0.209	0.206
4	3.82	1.3460	8.9	3.873	3.978	0.200	0.194
6	3.85	1.3450	8.5	3.223	3.360	0.187	0.178
8	3.87	1.3448	8	2.593	2.741	0.155	0.145
10	3.95	1.3436	7.4	2.559	2.741	0.129	0.119
12	4.07	1.3420	6.3	1.931	2.122	0.119	0.107

Tablo E2.63 A Film Emülsiyonu ile Kaplı Mandalinalar için Veriler

Gün	pH	Kırılma İndisi	Bx	Askorbik asit		Askorbik asit		Titre Edilebilir asitlik		Titre Edilebilir asitlik	
				Kabuklu		Kabuksuz		Kabuklu		Kabuksuz	
				C _{Vit1}	C _{Vit2}	C _{Vit1}	C _{Vit2}	TEA ₁	TEA ₂	TEA ₁	TEA ₂
0	3.32	1.3480	10.3	17.00	17.00	25.37	25.38	0.542	0.542	0.809	0.809
3	3.38	1.3479	10.1	15.60	12.44	23.28	20.12	0.523	0.417	0.780	0.674
6	3.48	1.3469	9.6	15.14	10.24	22.59	17.69	0.498	0.337	0.743	0.582
9	3.51	1.3467	9.4	14.67	8.37	21.89	15.60	0.471	0.268	0.702	0.500
12	3.58	1.3462	9.1	14.20	7.05	21.19	14.04	0.460	0.228	0.686	0.454
15	3.58	1.3459	8.9	13.74	5.87	20.50	12.64	0.460	0.196	0.686	0.423
18	3.6	1.3457	8.7	13.74	4.79	20.50	11.55	0.413	0.144	0.616	0.347
21	3.62	1.3452	8.4	13.18	3.61	19.66	10.10	0.407	0.112	0.608	0.312
24	3.63	1.3450	8.2	12.66	2.57	18.90	8.81	0.402	0.082	0.600	0.279

21	3.63	1.3458	8.8	13.55	3.51	20.22	10.19	0.402	0.104	0.600	0.302
24	3.68	1.3455	8.5	12.43	2.40	18.55	8.53	0.369	0.071	0.550	0.253

Tablo E2.65. C Film Emülsiyonu ile Kaplı Mandalinalar için Veriler

Gün	pH	Kırılma İndisi	Bx	Askorbik asit		Askorbik asit		Titre Edilebilir asitlik		Titre Edilebilir asitlik	
				Kabuklu		Kabuksuz		Kabuklu		Kabuksuz	
				C _{V11}	C _{V12}	C _{V11}	C _{V11}	TEA ₁	TEA ₂	TEA ₁	TEA ₂
0	3.32	1.348	10.3	17.00	17.00	25.38	25.38	0.542	0.542	0.809	0.809
3	3.34	1.3479	10.1	16.07	14.27	23.99	22.19	0.531	0.472	0.793	0.733
6	3.36	1.3477	9.9	14.58	11.94	21.76	19.12	0.526	0.430	0.785	0.689
9	3.36	1.347	9.6	14.06	10.66	20.99	17.59	0.526	0.398	0.785	0.657
12	3.48	1.3467	9.4	13.50	9.48	20.15	16.13	0.493	0.346	0.735	0.588
15	3.59	1.3465	9.3	13.36	8.69	19.95	15.27	0.418	0.272	0.624	0.478
18	3.61	1.3461	9.1	13.22	8.25	19.74	14.76	0.407	0.254	0.608	0.455
21	3.63	1.3459	8.9	12.34	7.48	18.41	13.56	0.402	0.244	0.600	0.442
24	3.68	1.3458	8.8	11.96	7.13	17.86	13.02	0.369	0.220	0.550	0.401
27	3.72	1.3453	8.6	11.73	6.89	17.51	12.66	0.355	0.208	0.530	0.383

Tablo E2.66. D Film Emülsiyonu ile Kaplı Mandalinalar için Veriler

Gün	pH	Kırılma İndisi	Bx	Askorbik asit		Askorbik asit		Titre Edilebilir asitlik		Titre Edilebilir asitlik	
				Kabuklu		Kabuksuz		Kabuklu		Kabuksuz	
				C _{VH1}	C _{VH2}	C _{VH1}	C _{VH1}	TEA ₁	TEA ₂	TEA ₁	TEA ₂
0	3.32	1.3480	10.3	17.00	17.00	25.38	25.38	0.542	0.542	0.809	0.809
3	3.33	1.3478	10	15.37	11.38	22.94	18.95	0.528	0.391	0.789	0.651
6	3.4	1.3473	9.8	14.25	8.78	21.27	15.80	0.515	0.317	0.768	0.570
9	3.48	1.3464	9.3	13.74	7.28	20.50	14.05	0.495	0.263	0.739	0.507
12	3.52	1.3460	8.9	13.27	6.37	19.81	12.91	0.476	0.229	0.711	0.463
15	3.53	1.3457	8.7	12.29	5.42	18.34	11.47	0.484	0.214	0.723	0.452
18	3.56	1.3456	8.6	11.96	4.81	17.86	10.71	0.476	0.192	0.711	0.426
21	3.6	1.3453	8.4	11.31	4.19	16.88	9.76	0.435	0.161	0.649	0.375
24	3.65	1.3450	8.2	10.47	3.59	15.63	8.74	0.391	0.134	0.583	0.326

Tablo E2.67. E Film Emülsiyonu ile Kaplı Mandalinalar için Veriler

Gün	pH	Kırılma İndisi	Bx	Askorbik asit		Askorbik asit		Titre Edilebilir asitlik		Titre Edilebilir asitlik	
				Kabuklu		Kabuksuz		Kabuklu		Kabuksuz	
				C _{VH1}	C _{VH2}	C _{VH1}	C _{VH1}	TEA ₁	TEA ₂	TEA ₁	TEA ₂
0	3.32	1.3480	10.3	17.00	17.00	25.38	25.38	0.542	0.542	0.809	0.809
3	3.33	1.3480	10.3	16.40	14.51	24.47	22.59	0.542	0.480	0.809	0.747
6	3.34	1.3479	10.1	15.51	12.56	23.15	20.19	0.534	0.432	0.797	0.695
9	3.34	1.3478	10	14.90	10.83	22.24	18.17	0.531	0.386	0.793	0.647
12	3.36	1.3468	9.5	13.88	9.21	20.71	16.04	0.526	0.349	0.785	0.608
15	3.38	1.3467	9.4	13.32	7.98	19.88	14.54	0.517	0.310	0.772	0.565
18	3.42	1.3461	9.1	13.27	6.91	19.81	13.44	0.509	0.265	0.760	0.516
21	3.47	1.3460	8.9	13.36	5.98	19.95	12.57	0.501	0.224	0.748	0.471
24	3.49	1.3458	8.8	12.76	4.89	19.04	11.18	0.495	0.190	0.739	0.434
27	3.52	1.3456	8.7	12.34	4.09	18.41	10.16	0.490	0.162	0.731	0.404

Tablo E2.68. F Film Emülsiyonu ile Kaplı Mandalinalar için Veriler

Gün	pH	Kırılma İndisi	Bx	Askorbik asit		Askorbik asit		Titre Edilebilir asitlik		Titre Edilebilir asitlik	
				Kabuklu		Kabuksuz		Kabuklu		Kabuksuz	
				C _{Vit1}	C _{Vit2}	C _{Vit1}	C _{Vit2}	TEA ₁	TEA ₂	TEA ₁	TEA ₂
0	3.32	1.3480	10.3	17.00	17.00	25.38	25.38	0.542	0.542	0.809	0.809
3	3.32	1.3480	10.3	15.65	13.78	23.36	21.49	0.542	0.477	0.809	0.744
6	3.32	1.3478	10	14.58	11.68	21.76	18.86	0.542	0.434	0.809	0.701
9	3.34	1.3473	9.8	14.25	10.14	21.27	17.15	0.531	0.378	0.793	0.639
12	3.38	1.3470	9.6	13.50	8.60	20.15	15.25	0.515	0.328	0.768	0.581
15	3.44	1.3468	9.5	13.32	7.43	19.88	13.99	0.504	0.281	0.752	0.529
18	3.48	1.3467	9.4	13.18	6.02	19.67	12.51	0.495	0.226	0.739	0.470
21	3.51	1.3463	9.2	12.76	4.79	19.04	11.08	0.476	0.179	0.711	0.413
24	3.56	1.3463	9.2	12.20	3.75	18.20	9.76	0.460	0.141	0.686	0.368
27	3.6	1.3461	9.1	11.82	3.02	17.65	8.85	0.418	0.107	0.624	0.313

Tablo E2.69. Kontrol Amaçlı Mandalinalar için Veriler

Gün	pH	Kırılma İndisi	Bx	Askorbik asit		Askorbik asit		Titre Edilebilir asitlik		Titre Edilebilir asitlik	
				Kabuklu		Kabuksuz		Kabuklu		Kabuksuz	
				C _{Vit1}	C _{Vit2}	C _{Vit1}	C _{Vit2}	TEA ₁	TEA ₂	TEA ₁	TEA ₂
0	3.32	1.3480	10.3	17.00	17.00	25.38	25.38	0.542	0.542	0.809	0.809
3	3.41	1.3473	9.5	15.00	12.27	22.38	19.65	0.512	0.419	0.764	0.671
6	3.46	1.3467	9.4	13.36	9.74	19.95	16.32	0.501	0.365	0.748	0.612
9	3.49	1.3462	9.1	12.43	7.87	18.55	13.99	0.490	0.310	0.731	0.551
12	3.55	1.3458	8.8	11.31	6.37	16.88	11.94	0.460	0.259	0.686	0.485
15	3.58	1.3456	8.6	10.47	5.11	15.63	10.27	0.440	0.215	0.657	0.432
18	3.63	1.3452	8.4	10.24	4.19	15.28	9.23	0.402	0.165	0.600	0.362
21	3.68	1.3450	8.2	9.63	3.33	14.37	8.08	0.372	0.129	0.555	0.312
24	3.71	1.3448	8.0	9.07	2.65	13.54	7.11	0.355	0.104	0.530	0.278

Tablo E2.70. Mandalinalar için Ağırlık Kaybı Verileri

Gün	Kabin içi	Kabin dışı	A karışımı	B karışımı	C karışımı	D karışımı	E karışımı	F karışımı
0	144.279	110.027	140.812	185.271	204.063	143.99	155.447	158.246
1	138.864	105.63	135.912	179.417	200.501	136.982	153.394	156.22
2	135.708	103.038	131.978	174.527	197.689	132	150.255	152.927
3	132.988	100.721	128.521	169.902	194.232	127.905	147.764	150.116
4	131.375	99.081	126.285	166.997	192.309	125.465	146.302	148.582
5	129.462	97.045	124.196	164.261	190.442	123.052	144.98	147.274
6	127.435	95.71	121.205	159.974	188.18	120.213	142.713	144.707
7	125.866	94.095	119.229	157.051	186.045	118.382	141.229	143.13
8	123.152	91.784	116.543	153.997	184.276	116.198	138.788	140.629
9	121.526	90.044	114.808	150.132	182.824	114.888	137.168	138.601
10	119.758	87.933	112.948	146.991	181.087	113.523	135.405	136.506
11	118.448	86.702	111.587	144.249	179.849	112.63	134.168	135.008
12	117.172	85.335	110.296	142.526	177.899	111.813	132.951	133.531
13	115.183	83.339	108.503	140.032	176.382	110.722	131.06	131.201
14	113.495	81.987	107.068	137.924	174.755	109.905	129.56	129.308
15	112.513	80.154	106.134	136.666	173.389	109.386	128.672	128.177
16	110.554	78.99	104.251	134.065	172.233	108.568	126.501	125.299
17	109.308	77.498	102.388	132.794	171.495	107.671	124.972	123.258
18	107.649	76.469	101.37	130.781	171.052	106.993	123.401	121.312
19	106.422	75.248	99.888	129.361	170.226	106.333	121.915	119.527
20	105.021	73.951	98.211	127.831	169.87	105.649	120.218	117.593
21	103.711	72.778	96.841	126.255	169.542	105.009	118.537	115.768
22	102.733	71.915	95.561	124.68	169.267	104.473	117.241	114.385
23	101.598	70.748	94.663	123.258	168.961	103.918	115.853	112.84
24	100.346	69.409	92.557	121.007	168.6	103.289	114.247	111.123
25	99.759	68.767	91.299	119.341	168.397	102.85	113.338	110.172
26					168.027		111.976	109.282
27					167.836		110.756	107.592

E3. Reolojik Model Parametrelerinin Belirlenmesinde Kullanılan Bilgisayar Programı

```
#include<stdio.h>
#include<conio.h>
#include<math.h>
#include<stdlib.h>
/*Bu program lineer regrasyon metodu kullanarak Newtonian Bingham
ve oswald de waele modelleri icin akis ozelliklerini hesaplar. */
void main()
{ FILE *file,
  *hasan;
float c[100],r[100],rh[100],trfi[100],hb[100],b[100],To[10],akinx[10],aksab[10];
float a[100],topx,topy,topx2,topy2,egim[10],kors[10],topy2,vis[10],kayma[10];
float d=25*pow(10,-3),dl=28*pow(10,-3),reu=9.1*pow(10,-2),f[10],gvis[100],sab[10],k;
int n,y,j,T[10],y1,n1,h;

clrscr();

printf ("CALISTIGINIZ HIZ SAYISINI GIRINIZ \n");
scanf("%i",&n);
printf ("CALISTIGINIZ SICAKLIK SAYISINI GIRINIZ \n");
scanf("%i",&j);

if ((file = fopen("C:\\TC\\OUT\\veri.txt", "rt"))==NULL)
{
printf("Dosyayı açamadım...\n");
exit(1);
}
if ((hasan= fopen("C:\\TC\\OUT\\sonuc.xls", "wt"))==NULL)
{
printf("Dosyayı açamadım...\n");
exit(1);
};
n1=n;
```

```

y=0;
do{
    fscanf(file,"%f    %f \n",&r[y],&c[y]);
    y++;
}while(y<j*n);
fprintf(hasan,"          HIZ          TORK          \n");
fprintf(hasan,"-----\n");
y=y1=0;
do{
    y1++;
    printf("SICAKLIK DEGERINI GIRINIZ \n");
    scanf("%i",&T[y1]);
    fprintf(hasan,"          SICAKLIK=%i          \n",T[y1]);
    printf("FAKTOR DEGERINI GIRINIZ \n");
    scanf("%f",&f[y1]);
    do{
        fprintf(hasan,"          %4.1f          %4.1f \n",r[y],c[y]);
        y++;
    }while(y<n);
    n=n+nl;
}while(y1<j);
}

h=0;
do{h++;y=0;y1=0,n=nl;

do{
    trfi[y]=10*c[y]/(f[y1]*2*M_PI*reu*pow(d/2,2));

switch (h) {
    case 1:rh[y]=r[y]/60;
        a[y]=4*M_PI*rh[y]/(1-pow(d/d1,2));
        b[y]=trfi[y];
        break;
    case 2:rh[y]=r[y]/60;
        a[y]=rh[y];
        b[y]=trfi[y];
        break;
}
}
}

```



```

case 3:rh[y]=r[y]/60;
a[y]=log(rh[y]);
b[y]=log(trfi[y]);
break;
}
y++;
}while(y<n);

n=n+nl;
}while(y1<j);
n=n1;
y=0;
y1=0;
do{
y1++;
topx=0;
topy=0;
topy2=0;
topx2=0;
topxy=0;
do{
topx=topx+a[y];
topy=topy+b[y];
topxy=topxy+a[y]*b[y];
topx2=topx2+pow(a[y],2);
topy2=topy2+pow(b[y],2);
y++;
}while(y<n);
egim[y1]=(n1*topxy-topx*topy)/(n1*topx2-pow(topx,2));
kors[y1]=(n1*topxy-topx*topy)/pow(((n1*topx2-pow(topx,2))*(n1*topy2-pow(topy,2))),0.5);
kayma[y1]=(topy-egim[y1]*topx)/n1;
n=n+nl;
}while(y1<j);

n=n1;

```

```

if(h==1){
    fprintf(hasan,"-----NEWTONIAN MODEL-----\n");
    fprintf(hasan,"          SICAKLIK      Mo      x      FAKTOR      \n");
    fprintf(hasan,"-----\n");

    y1=0;

    do{ y1++;
        vis[y1]=egim[y1];
        fprintf(hasan,"%2i      %8.6f      %8.6f      %9.1f \n",T[y1],vis[y1],kors[y1],f[y1]);
        }while(y1<j);

    y=y1=0;
    n=n1;
    fprintf(hasan,"-----\n");
    fprintf(hasan,"          KAYMA HIZI      KAYMA GERILIMI      \n");
    fprintf(hasan,"-----\n");

    do{
        y1++;
        fprintf(hasan,"          SICAKLIK=%i      \n",T[y1]);

        do{
            hb[y]=4*M_PI*rh[y]/(1-pow((d/d1),2));
            fprintf(hasan,"%7.4f      %7.4f \n",hb[y],trfi[y]);
            y++;
        }while(y<n);
        n=n+1;
    }while(y1<j);
    if(h==2){
        fprintf(hasan,"-----BINGHAM MODEL-----\n");
        fprintf(hasan,"          SICAKLIK      Mo      To      x      FAKTOR      \n");
        fprintf(hasan,"-----\n");

        y1=0;
        do{
            y1++;
            vis[y1]=(1-pow((d/d1),2))/(4*M_PI)*egim[y1];
            To[y1]=-(1-pow((d/d1),2))/(2*log(d/d1))*kayma[y1];
            fprintf(hasan,"%2i      %8.6f      %8.6f      %9.1f \n",T[y1],vis[y1],To[y1],kors[y1],f[y1]);
        }while(y1<j);
    }
}

```

```

}while(y1<j);
y=0;
n=n1;
y1=0;
fprintf(hasan,"----- \n");
fprintf(hasan,"          KAYMA HIZI          KAYMA GERILIMI          \n");
fprintf(hasan,"----- \n");
do{
y1++;
fprintf(hasan,"          SICAKLIK=%i          \n",T[y1]);
do{
hb[y]=(To[y1]/vis[y1]*(1+2*log(d/d1)/(1-pow((d/d1),2)))+(4*M_PI*rh[y]/(1-pow((d/d1),2))));
fprintf(hasan,"          %7.4f          \n",hb[y],trfi[y]);
y++;
}while(y<n);
n=n+n1;
}while(y1<j);}
if(h==3){
fprintf(hasan,"-----OSWALD DE WAELIE MODEL----- \n");
fprintf(hasan,"          SICAKLIK          AKSAB          r          FAKTOR\n");
fprintf(hasan,"----- \n");
y1=0;
do{
y1++;
akinx[y1]=egim[y1];
sab[y1]=pow(4*M_PI/(egim[y1]*(1-pow((d/d1),(2/egim[y1])))),egim[y1]);
aksab[y1]=(exp(kayma[y1])/sab[y1]);
fprintf(hasan,"          %2i          %8.6f          %8.6f          %9.1f          \n",T[y1],akinx[y1],aksab[y1],kors[y1],f[y1]);
}while(y1<j);
y=0;
n=n1;
y1=0;
fprintf(hasan,"----- \n");
fprintf(hasan,"          KAYMA HIZI          KAYMA GERILIMI          GORUNUR VIS.          \n");
fprintf(hasan,"----- \n");
do{

```

```

y1++;
fprintf(hasan, "
SICAKLIK=%i \n", T[y1]);
do{
    hb[y]=(4*M_PI*rh[y]/(akinx[y1]*(1-pow((d/dl),2/akinx[y1]))));
    k=akinx[y1]-1;
    gvis[y]=aksab[y1]*pow(hb[y],k);
    fprintf(hasan, " %6.5f %6.5f \n", hb[y], trfi[y], gvis[y]);
    y++;
}while(y<n);
n=n+nl;
}while(y1<j);}
}while(h<3);
fclose(file);
getch();
}

```

Bilgisayar programında Newtonian viskozite (g/cms), Bingham viskozite (g/cms), eşik kayma gerilimi (g/cms²), Ostwald-de Waele akışkanlık sabiti ((g/cms²)(sⁿ)), her üç model için kayma hızları (1/s), kayma gerilimi (g/cms²) olarak hesaplandı ve sonra tüm birimler SI birim sistemine çevrildi.

TabloE3.1. 30 kg/ m³ lük Karboksimetil Selüloz Çözeltisi için Bilgisayar Çıktısı

	HIZ	TORK (Nm)			
	SICAKLIK=20				
	3	4.8			
	6	8.2			
	9	10.9			
	12	13			
	15	14.8			
	18	16.7			
	20	17.9			
	25	21.4			
	30	24.7			
	35	28.5			
	40	30.2			
	45	33			
	50	35.5			
	55	37.5			
	60	39.5			
	SICAKLIK=22				
	3	3.8			
	6	7.4			
	9	9.6			
	12	12.1			
	15	13.6			
	18	15.4			
	20	16.8			
	25	19.9			
	30	22.3			
	35	24.2			
	40	26.1			
	45	28.7			
	50	31.6			
	55	33.1			
	60	36			
	SICAKLIK=25				
	3	3.6			
	6	6.4			
	9	8.2			
	12	10.1			
	15	11.9			
	18	13.3			
	20	14.8			
	25	17.2			

	30	20			
	35	22.7			
	40	24.8			
	45	27			
	50	28.2			
	55	30.3			
	60	31.2			
	SICAKLIK=27				
	3	3.4			
	6	5.9			
	9	7			
	12	8.8			
	15	10.6			
	18	12.3			
	20	13.6			
	25	15.2			
	30	17.8			
	35	20.4			
	40	21.8			
	45	24.2			
	50	27.2			
	55	28.4			
	60	29.9			
	SICAKLIK=30				
	3	2.9			
	6	5.1			
	9	6.5			
	12	7.9			
	15	9.1			
	18	10.4			
	20	11			
	25	13.2			
	30	15			
	35	17.2			
	40	19.6			
	45	21.7			
	50	23.4			
	55	25.7			
	60	27.6			
-----NEWTONIAN MODEL-----					
	SICAKLIK	Mo	r	FAKTOR	
	20	0.044164	0.994406	1475572	
	22	0.038709	0.99325	1483025	
	25	0.035552	0.992313	1484477	
	27	0.033733	0.99669	1489260	
	30	0.030569	0.999234	1494148	
	KAYMA	HIZI	KAYMA	GERILIMI	
	SICAKLIK=20				
	3.0981	0.3641			

	6.1962	0.622			
	9.2944	0.8268			
	12.3925	0.9861			
	15.4906	1.1227			
	18.5887	1.2668			
	20.6542	1.3578			
	25.8177	1.6233			
	30.9812	1.8737			
	36.1448	2.1619			
	41.3083	2.2909			
	46.4719	2.5033			
	51.6354	2.6929			
	56.7989	2.8447			
	61.9625	2.9964			
	SICAKLIK=22				
	3.0981	0.2868			
	6.1962	0.5585			
	9.2944	0.7246			
	12.3925	0.9133			
	15.4906	1.0265			
	18.5887	1.1623			
	20.6542	1.268			
	25.8177	1.502			
	30.9812	1.6831			
	36.1448	1.8265			
	41.3083	1.9699			
	46.4719	2.1662			
	51.6354	2.385			
	56.7989	2.4983			
	61.9625	2.7171			
	SICAKLIK=25				
	3.0981	0.2714			
	6.1962	0.4826			
	9.2944	0.6183			
	12.3925	0.7616			
	15.4906	0.8973			
	18.5887	1.0029			
	20.6542	1.116			
	25.8177	1.2969			
	30.9812	1.508			
	36.1448	1.7116			
	41.3083	1.87			
	46.4719	2.0359			
	51.6354	2.1263			
	56.7989	2.2847			
	61.9625	2.3526			
	SICAKLIK=27				
	3.0981	0.2555			
	6.1962	0.4434			
	9.2944	0.5261			
	12.3925	0.6614			
	15.4906	0.7967			

	18.5887	0.9245			
	20.6542	1.0222			
	25.8177	1.1424			
	30.9812	1.3379			
	36.1448	1.5333			
	41.3083	1.6385			
	46.4719	1.8189			
	51.6354	2.0444			
	56.7989	2.1346			
	61.9625	2.2473			
	SICAKLIK=30				
	3.0981	0.2173			
	6.1962	0.3821			
	9.2944	0.4869			
	12.3925	0.5918			
	15.4906	0.6817			
	18.5887	0.7791			
	20.6542	0.8241			
	25.8177	0.9889			
	30.9812	1.1237			
	36.1448	1.2885			
	41.3083	1.4683			
	46.4719	1.6256			
	51.6354	1.753			
	56.7989	1.9253			
	61.9625	2.0676			
----- BINGHAM MODELİ -----					
	SICAKLIK	Mo	To	r	FAKTOR
	20	0.044164	0.372297	0.994406	1475572
	22	0.038709	0.344706	0.99325	1483025
	25	0.035552	0.286653	0.992313	1484477
	27	0.033733	0.226161	0.99669	1489260
	30	0.030569	0.170039	0.999235	1494148

KAYMA	HIZI	KAYMA	GERİLİMİ		

	SICAKLIK=20				
	2.1067	0.3641			
	5.2048	0.622			
	8.303	0.8268			
	11.4011	0.9861			
	14.4992	1.1227			
	17.5973	1.2668			
	19.6628	1.3578			
	24.8263	1.6233			
	29.9898	1.8737			
	35.1534	2.1619			
	40.3169	2.2909			
	45.4804	2.5033			
	50.644	2.6929			
	55.8075	2.8447			

	60.9711	2.9964			
	SICAKLIK=22				
	2.0508	0.2868			
	5.149	0.5585			
	8.2471	0.7246			
	11.3452	0.9133			
	14.4433	1.0265			
	17.5415	1.1623			
	19.6069	1.268			
	24.7704	1.502			
	29.9339	1.6831			
	35.0975	1.8265			
	40.261	1.9699			
	45.4246	2.1662			
	50.5881	2.385			
	55.7516	2.4983			
	60.9152	2.7171			
	SICAKLIK=25				
	2.1499	0.2714			
	5.248	0.4826			
	8.3461	0.6183			
	11.4443	0.7616			
	14.5424	0.8973			
	17.6405	1.0029			
	19.7059	1.116			
	24.8695	1.2969			
	30.033	1.508			
	35.1965	1.7116			
	40.3601	1.87			
	45.5236	2.0359			
	50.6872	2.1263			
	55.8507	2.2847			
	61.0142	2.3526			
	SICAKLIK=27				
	2.3096	0.2555			
	5.4078	0.4434			
	8.5059	0.5261			
	11.604	0.6614			
	14.7021	0.7967			
	17.8003	0.9245			
	19.8657	1.0222			
	25.0292	1.1424			
	30.1927	1.3379			
	35.3563	1.5333			
	40.5198	1.6385			
	45.6834	1.8189			
	50.8469	2.0444			
	56.0104	2.1346			
	61.174	2.2473			
	SICAKLIK=30				
	2.4439	0.2173			
	5.5421	0.3821			

	8.6402	0.4869			
	11.7383	0.5918			
	14.8364	0.6817			
	17.9346	0.7791			
	20	0.8241			
	25.1635	0.9889			
	30.327	1.1237			
	35.4906	1.2885			
	40.6541	1.4683			
	45.8177	1.6256			
	50.9812	1.753			
	56.1447	1.9253			
	61.3083	2.0676			
-----OSTWALD DE WAELE MODEL-----					
	SICAKLIK	AKSIND	AKSSAB	r	FAKTOR
	20	0.701735	0.162397	0.999367	1475572
	22	0.715207	0.138384	0.997778	1483025
	25	0.725099	0.119684	0.999342	1484477
	27	0.732045	0.106146	0.998735	1489260
	30	0.740686	0.089948	0.998316	1494148

KAYMA	HIZI	KAYMA	GERILIMI	GORUNUR	VIS.

	SICAKLIK=20				
	3.24385	0.36412	0.11433		
	6.48771	0.62203	0.09297		
	9.73156	0.82685	0.08238		
	12.97542	0.98615	0.07561		
	16.21927	1.12269	0.07074		
	19.46313	1.26682	0.067		
	21.6257	1.35785	0.06492		
	27.03212	1.62335	0.06074		
	32.43855	1.87368	0.05753		
	37.84497	2.16194	0.05494		
	43.2514	2.2909	0.0528		
	48.65782	2.5033	0.05098		
	54.06424	2.69294	0.0494		
	59.47067	2.84465	0.04801		
	64.8771	2.99637	0.04678		
	SICAKLIK=22				
	3.23453	0.28681	0.09906		
	6.46905	0.55852	0.08131		
	9.70358	0.72457	0.07245		
	12.9381	0.91326	0.06675		
	16.17263	1.02648	0.06264		
	19.40715	1.16233	0.05947		
	21.5635	1.268	0.05771		
	26.95438	1.50198	0.05416		
	32.34525	1.68312	0.05142		
	37.73613	1.82652	0.04921		
	43.127	1.96993	0.04737		

	48.51788	2.16617	0.04581		
	53.90875	2.38505	0.04446		
	59.29963	2.49826	0.04326		
	64.69051	2.71714	0.04221		
	SICAKLIK=25				
	3.22791	0.27145	0.08672		
	6.45581	0.48258	0.07168		
	9.68372	0.6183	0.06412		
	12.91163	0.76156	0.05924		
	16.13953	0.89729	0.05572		
	19.36744	1.00285	0.05299		
	21.51938	1.11596	0.05148		
	26.89922	1.29692	0.04842		
	32.27906	1.50805	0.04605		
	37.65891	1.71163	0.04414		
	43.03876	1.86998	0.04255		
	48.4186	2.03587	0.04119		
	53.79844	2.12635	0.04002		
	59.17829	2.28469	0.03898		
	64.55813	2.35256	0.03806		
	SICAKLIK=27				
	3.22337	0.25554	0.07757		
	6.44674	0.44345	0.06442		
	9.67011	0.52612	0.05779		
	12.89348	0.66141	0.0535		
	16.11685	0.7967	0.0504		
	19.34022	0.92447	0.04799		
	21.48914	1.02218	0.04666		
	26.86142	1.14244	0.04395		
	32.2337	1.33785	0.04185		
	37.60598	1.53327	0.04016		
	42.97827	1.63849	0.03875		
	48.35055	1.81888	0.03755		
	53.72284	2.04436	0.0365		
	59.09512	2.13455	0.03558		
	64.4674	2.24729	0.03476		
	SICAKLIK=30				
	3.21785	0.21725	0.06643		
	6.4357	0.38206	0.0555		
	9.65355	0.48694	0.04996		
	12.87141	0.59182	0.04637		
	16.08926	0.68172	0.04376		
	19.30711	0.77911	0.04174		
	21.45234	0.82406	0.04062		
	26.81543	0.98887	0.03833		
	32.17851	1.12372	0.03656		
	37.5416	1.28853	0.03513		
	42.90469	1.46832	0.03394		
	48.26777	1.62564	0.03292		
	53.63086	1.753	0.03203		
	58.99394	1.9253	0.03125		
	64.35703	2.06764	0.03055		