

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BALKABAĞI SUYU ÜRETİM TEKNOLOJİSİNİN
GELİŞTİRİLMESİ**

Kim. Müh. Dilek KAYA

FBE Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet PALA

İSTANBUL, 2006

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	iv
KISALTMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
ÖNSÖZ.....	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. BALKABAĞI VE ÖZELLİKLERİ.....	3
3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	7
4. SEBZE SUYU KONSANTRESİ ÜRETİM TEKNOLOJİSİ.....	10
4.1 Sebzelere Uygulanan Ön işlemler.....	12
4.2 Presleme Ön İşlemleri.....	13
4.2.1 Sebzelerin Parçalanması.....	13
4.3 Mayşeye Uygulanan İşlemler.....	13
4.3.1 Mayşenin Isıtılması ve Soğutulması.....	14
4.3.2 Mayşeye Askorbik Asit İlavesi.....	14
4.3.3 Mayşenin Enzimasyonu.....	15
4.3.3.1 Sebze Suyu Üretiminde Enzim Kullanımı.....	16
4.4 Presleme	20
4.5 Konsantre Etme.....	21
5. GIDALARIN REOLOJİK ÖZELLİKLERİ.....	22
5.1 Maddelerin Basınç Altındaki Davranışları	22
5.2 Akışkanların Reolojik Davranışları.....	24
5.2.1 Newtonyen Davranış.....	25
5.2.2 Newtonyen-Dışı Davranışlar.....	25

5.2.2.1	Zamana bağı Newtonyen-dışı davranışlar.....	26
5.2.2.2	Zamandan bağımsız Newtonyen-dışı davranışlar.....	27
5.3	Reolojik Davranışları Etkileyen Faktörler.....	30
5.4	Gıdaların Reolojik Özelliklerinin Ölçülmesi.....	30
5.4.1	Viskozite Ölçümünde Kullanılan Cihazlar.....	31
5.4.2	Kıvam Ölçümünde Kullanılan Cihazlar.....	34
6.	DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	35
6.1	Materyal ve Yöntemler.....	35
6.1.1	Materyal ve Kullanılan Cihazlar.....	35
6.1.2	Yöntemler	35
6.1.2.1	Parçalama.....	37
6.1.2.2	Isıtma.....	38
6.1.2.3	Mayşe Enzimasyonu.....	38
6.1.2.4	Presleme.....	39
6.1.2.5	Pastörizasyon	40
6.1.2.6	Konsantre Etme.....	41
6.1.3	Balkabağı Suyu Konsantresinin Reolojik Özelliklerinin İncelenmesi.....	42
6.1.4	Balkabağı Suyunun Kimyasal Analizleri.....	43
6.2	Deneylerin Uygulanması.....	43
6.2.1	Balkabağı Suyu Eldesi.....	43
6.2.2	Pastörizasyon	47
6.2.3	Konsantre Etme.....	47
6.3	Balkabağı Suyunun Kimyasal Analizleri	49
6.4	Balkabağı Suyunun Reolojik Özelliklerinin İncelenmesi.....	54
7.	SONUÇLAR	56
	KAYNAKLAR	72
	ÖZGEÇMİŞ	76

SİMGE LİSTESİ

A	Akışkan sıvının molekül ağırlığı ve hacmi ile belirlenen sabit
E	Akışkanlık aktivite enerjisi
n	Davranış indeksi
K	Kıvam indeksi
R	Gaz sabiti
T	Sıcaklık
γ	Hız değişimi
η	Viskozite
μ	Dinamik viskozite
ρ	Yoğunluk
τ_o	Eşik gerilmesi
τ	Kayma gerilmesi
ν	Kinematik viskozite

KISALTMA LİSTESİ

UI	Uluslararası birim
RAE	Retinol aktivitesi eşdeğeri
ATE	Alfa-tokoferol eşdeğeri

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Balkabağı bitkisi (Cucurbita moschata) 3
Şekil 2.2	Erkek ve dişi çiçekler 3
Şekil 2.3	Meyve oluşumu 4
Şekil 3.1	Balkabağının kuruma eğrisi..... 8
Şekil 3.2	Hava nemi ve denge nemi arasındaki ilişki..... 8
Şekil 4.1	Sebze suyu konsantresi üretim akış şeması..... 11
Şekil 4.2	Pektin molekülünde galakturonik asit zinciri..... 16
Şekil 4.3	Poligalakturonazın depolimerizasyon etkisi..... 17
Şekil 4.4	Pektinesterazın pektik asit üzerindeki etkisi..... 18
Şekil 4.5	Pektin liyazın galakturonik asit üzerindeki etkisi 19
Şekil 4.6	Pektat liyazın etki mekanizması 19
Şekil 5.1	Basınç ve kayma geriliminin akışkan içinden seçilen bir kontrol hacmi üzerine etkisi..... 23
Şekil 5.2	Poiseuille akımında hız ve kayma gerilimi gradyanları..... 23
Şekil 5.3	İki paralel levha arasından akışkanın akması sonucu oluşan hız dağılımı..... 24
Şekil 5.4	Akışkanların reolojik davranış biçimlerinin sınıflandırılması..... 25
Şekil 5.5	Zamana bağlı reolojik davranışların görünen kayma gerilimi-zaman eğrileri..... 26
Şekil 5.6	Tiksotropik ve reopektik akışlar için oluşan histerez halka..... 27
Şekil 5.7	Newtonyen ve zamandan bağımsız davranışlar için kayma gerilimi-kayma hızı grafiği..... 28
Şekil 5.8	Newtonyen ve zamandan bağımsız reolojik davranışlar için görünen viskozite-kayma hızı grafiği..... 28
Şekil 5.9	Ostwald viskozimetresi..... 31
Şekil 5.10	Döner tip viskozimetrenin şematik gösterimi..... 31
Şekil 5.11	Plaka-koni viskozimetresinin şematik gösterimi..... 32
Şekil 5.12	Plaka-plaka tipi viskozimetrenin şematik görünümü..... 33
Şekil 5.13	Bilyeli viskozimetre..... 33
Şekil 6.1	Balkabağı suyu konsantresi üretim akım şeması..... 36
Şekil 6.2	Hammadde olarak kullanılan balkabağı..... 37
Şekil 6.3	Parçalanmış balkabağı..... 37
Şekil 6.4	Mayşenin ısıtılması..... 38
Şekil 6.5	Mayşenin soğutulması..... 38
Şekil 6.6	Paketli pres..... 39
Şekil 6.7	Presleme işleminin aşamaları..... 40
Şekil 6.8	Pastörizasyon..... 41
Şekil 6.9	Döner buharlaştırıcı..... 41
Şekil 6.10	Rotasyonel viskozimetre..... 42
Şekil 7.1	Deneme 1 ve Deneme 2 için presleme süresi ve meyve suyu verimi arasındaki ilişki..... 58
Şekil 7.2	Deneme 3 ve Deneme 4 için presleme süresi ve meyve suyu verimi arasındaki ilişki..... 58

Şekil 7.3	Tüm denemeler için presleme süresi ve meyve suyu verimi arasındaki ilişki...	59
Şekil 7.4	10 °Bx'lik balkabağı suyu için hız değişimi-viskozite ilişkisi.....	60
Şekil 7.5	10 °Bx'lik balkabağı suyu için kayma gerilimi-hız değişimi ilişkisi.....	60
Şekil 7.6	10 °Bx'lik balkabağı suyu için kayma gerilimi-hız değişimi ilişkisi ve model denklemleri.....	61
Şekil 7.7	20 °Bx'lik balkabağı suyu için hız değişimi-viskozite ilişkisi.....	62
Şekil 7.8	20 °Bx'lik balkabağı suyu için kayma gerilimi-hız değişimi ilişkisi.....	62
Şekil 7.9	20 °Bx'lik balkabağı suyu için kayma gerilimi-hız değişimi ilişkisi ve model denklemleri.....	63
Şekil 7.10	30 °Bx'lik balkabağı suyu için hız değişimi-viskozite ilişkisi.....	64
Şekil 7.11	30 °Bx'lik balkabağı suyu için kayma gerilimi-hız değişimi ilişkisi.....	64
Şekil 7.12	30 °Bx'lik balkabağı suyu için kayma gerilimi-hız değişimi ilişkisi ve model denklemleri.....	65
Şekil 7.13	40 °Bx'lik balkabağı suyu için hız değişimi-viskozite ilişkisi.....	66
Şekil 7.14	40 °Bx'lik balkabağı suyu için kayma gerilimi-hız değişimi ilişkisi.....	66
Şekil 7.15	40 °Bx'lik balkabağı suyu için kayma gerilimi-hız değişimi ilişkisi ve model denklemleri.....	67
Şekil 7.16	45 °Bx'lik balkabağı suyu için hız değişimi-viskozite ilişkisi.....	68
Şekil 7.17	45 °Bx'lik balkabağı suyu için kayma gerilimi-hız değişimi ilişkisi.....	68
Şekil 7.18	45 °Bx'lik balkabağı suyu için kayma gerilimi-hız değişimi ilişkisi ve model denklemleri.....	69
Şekil 7.19	Briks derecelerine bağlı olarak görünür viskozite-sıcaklık ilişkisi ($\gamma=14,7 \text{ s}^{-1}$)...	70

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 1.1	2005 yılı Dünya kabak üretimi..... 1
Çizelge 2.1	Balkabağının kimyasal bileşimi..... 5
Çizelge 6.1	Deneme 1'in sonuçları..... 43
Çizelge 6.2	Deneme 1'de presleme süresince elde edilen balkabağı suyu miktarları..... 44
Çizelge 6.3	Deneme 2'nin sonuçları..... 44
Çizelge 6.4	Deneme 2'de presleme süresince elde edilen balkabağı suyu miktarları 45
Çizelge 6.5	Deneme 3'ün sonuçları..... 45
Çizelge 6.6	Deneme 3'te presleme süresince elde edilen balkabağı suyu miktarları 46
Çizelge 6.7	Deneme 4'ün sonuçları..... 46
Çizelge 6.8	Deneme 4'te presleme süresince elde edilen balkabağı suyu miktarları..... 47
Çizelge 6.9	Konsantrasyon işlemi sonunda elde edilen değerler..... 48
Çizelge 6.10	Balkabağı suyunun şeker bileşimi..... 49
Çizelge 6.11	Balkabağı suyunun organik asit bileşimi..... 49
Çizelge 6.12	Balkabağı suyunun A vitamini bileşimi..... 49
Çizelge 6.13	Balkabağı suyunun mineral madde içeriği..... 49
Çizelge 6.14	10 °Bx'lik balkabağı suyu için elde edilen reolojik değerler..... 51
Çizelge 6.15	20 °Bx'lik balkabağı suyu için elde edilen reolojik değerler..... 52
Çizelge 6.16	30 °Bx'lik balkabağı suyu için elde edilen reolojik değerler..... 53
Çizelge 6.17	40 °Bx'lik balkabağı suyu için elde edilen reolojik değerler..... 54
Çizelge 6.18	45 °Bx'lik balkabağı suyu için elde edilen reolojik değerler..... 55
Çizelge 7.1	Balkabağı suyu üretimi için uygulanan işlemler sonucu elde edilen değerler..... 56

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim süresince bana daima yardımcı olan, bilgi ve deneyimlerini benden esirgemeyen ve bana deneysel çalışmalarımı Döhler Gıda San.Tic.Ltd.Şti. Ar-Ge Laboratuvarı'nda yürütebilme imkanı veren değerli hocam Sayın Prof. Dr. Mehmet PALA'ya; yüksek lisans sürecinin her aşamasında bilgisi, önerileri ve yardımları ile desteğini gördüğüm değerli hocam Sayın Yrd.Doç. Dr. İbrahim DOYMAZ' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalışmalarım süresince çok destek ve yardımlarını gördüğüm başta Gıda Müh. Baha TALİ olmak üzere, Gıda Müh. Hafize YAĞLIKAYIŞ, Gıda Müh. Oral ZİYYLAN, Gıda Müh. Hakan ŞEN, Gıda Tek. Aslı PALTUN, Gıda Tek. Serpil TURAN, Gıda Tek. Zülbiye EKİZKUYU ve Gözlem Gıda Kontrol ve Araş. Laboratuvarı'na çok teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince gösterdikleri destekten dolayı Şekerci Cafer Erol Şekerleme San. Tic.Ltd.Şti.Yönetim Kurulu Başkanı Sayın M. Nurtekin EROL'a , Kalite Yönetimi ve Halkla İlişkiler Müdürü Sayın R.Yonca EROL'a teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her aşamasında yanımda olan, sevgi, ilgi ve desteğini her zaman hissettiğim babam Mehmet KAYA, annem Şefika KAYA ve kardeşim Musa KAYA'ya, her konuda sonsuz destek ve güvenini gördüğüm Turgay ALDI'ya ve tüm dostlarıma çok teşekkür ederim.

ÖZET

Latince adı *Cucurbita moschata* olan balkabağı, yaklaşık 10.000 yıldır üretilen bir tarım ürünüdür. Ilıman iklimlerde yetişen bir meyve olup ilk olarak Amerika’da yetiştirilmiş daha sonraları Asya ve Avrupa’da da üretilmeye başlanmıştır. Günümüzde Dünya üretimine bakıldığında en çok üretimin Çin’de yapıldığı görülmektedir.

Bu çalışma ile balkabağından parçalama, ısıtma, mayşe enzimi ilavesi, presleme, pastörizasyon ve konsantrasyon işlemleri ile laboratuvar ölçeğinde balkabağı suyu konsantresi elde edilmiştir.

Çalışmada balkabağından sebze suyu eldesi üzerine etkili olabilecek ısıtma, mayşe enzimi ilavesi, mayşe enzimi miktarının artırılması gibi parametreler belirlenmiş ve bunların etkileri gözlenmiştir. Mayşeye ısıtma ve mayşe enzimasyonu uygulamalarının yapılması sebze suyu verimini arttırmakta olduğu saptanmış ve mayşe enzimasyonunda kullanılan pektinaz kompleksi ve selüloz enzimlerinin dozajı sırasıyla 200 mL/ton ve 600mL/ton olması gerektiği bulgulanmıştır.

Çalışma sonunda elde edilen balkabağı suyunun şeker ve organik asit bileşimi, asitlik, A vitamini ve mineral madde analizleri yapılmıştır.

Çalışmada ayrıca elde edilen balkabağı suyunun 10, 20, 30, 40, 45 °Bx değerlerinde ve 10, 20, 30, 40, 50 ve 60 °C sıcaklıklardaki reolojik özellikleri rotaviskozimetre ile incelenmiştir. Balkabağı suyunun kayma gerilimi-kayma hızı ve kayma hızı-viskozite grafikleri çizilmiş ve akışkanın davranışının psödoplastik davranış olduğu saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Balkabağı, *Cucurbita moschata*, konsantre üretimi, mayşe enzimasyonu, reolojik özellikler.

ABSTRACT

The pumpkin which is called *Cucurbita moschata* has been grown for almost 10.000 years. It is a warm-season crop which was first started to be grown in America, then it was started to be grown in Asia and European regions. Nowadays, the most production of pumpkin is in China in the World.

In this research, concentrate of pumpkin juice was produced on laboratory scale by process including crushing, heating, mash enzyme treatment, pressing, pasteurization and concentration.

The parameters such as heating, mash enzyme treatment, increasing the yield of the mash enzyme were determined and their effects were observed. It has been reached the result that heating and mash treatment increase the juice yield and the optimum dosage of pectinase complex and cellulose were determined as 200 mL/tone and 600 mL/tone, respectively.

Pumpkin juice was obtained and analyzed for the sugar and organic acid composition, acidity, vitamin A and mineral contents.

In the research, rheological properties of pumpkin juice was investigated at 10, 20, 30, 40, 45 °Bx and 10, 20, 30, 40, 50 and 60 °C by rotational viscosimeter. Shear rate-shear stress and shear rate-viscosity graphics of pumpkin juice were drawn. Behavior of fluid flow was determined as pseudoplastic flow.

Key Words: Pumpkin, *Cucurbita moschata*, concentrate production, mash enzyme treatment, rheological properties.

1. GİRİŞ

Balkabağı, *Cucurbitacea* familyasına dahil olan *Cucurbita* sınıfındandır. Latince adı *Cucurbita moschata* olan balkabağı, ilk olarak Amerika’da yetiştirilmiş ve daha sonra Asya’da özellikle de Çin’de yaygın olarak üretimi yapılmaya başlanmıştır.

Dünyadaki üretimine bakıldığında Çin’in ilk sırada yer aldığı, Hindistan, Ukrayna, Amerika Birleşik Devletleri, Mısır, İran ve Meksika’nın Çin’i izlediği görülmektedir (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1 2005 yılı Dünya kabak üretimi [1]

Ülkeler	Üretim (ton)	(%)	Ülkeler	Üretim (ton)	(%)
Çin	5.767.700	29,11	Pakistan	244.713	1,23
Hindistan	3.500.000	17,66	Japonya	230.000	1,16
Ukrayna	1.072.000	5,41	Tayland	226.000	1,14
ABD	861.870	4,35	Endonezya	195.729	0,99
Mısır	690.000	3,48	Fransa	173.041	0,87
Karayip Adaları	612.203	3,09	Cezayir	120.000	0,61
Meksika	560.000	2,83	Suriye	110.000	0,56
Küba	520.000	2,62	Suudi Arabistan	103.390	0,52
İran	505.000	2,55	Avustralya	94.644	0,48
İtalya	488.083	2,46	Yunanistan	80.500	0,41
Güney Afrika	378.776	1,91	Kanada	67.570	0,34
Türkiye	376.000	1,90	İsrail	34.000	0,17
Kore	310.000	1,56	Irak	32.000	0,16
Romanya	300.000	1,51	Bulgaristan	3.712	0,02
Arjantin	296.000	1,49	Diğer	1.863.800	9,41
			Toplam	19.816.731	100,00

Balkabağı, kolay yetiştirilebilen, diğer kabak çeşitlerine ve diğer sebzelere oranla oldukça kalın ve sert kabuklara sahip olması nedeniyle de oldukça dayanıklı bir sebzedir.

Balkabağı üretiminin yüksek olduğu ve balkabağını ticari bir hammadde haline getiren Çin, Hindistan gibi ülkelerde oldukça fazla balkabağı ürünü görülebilmektedir.

Balkabağı, karbonhidrat ve protein bileşimi ile besleyici bir meyve olup yüksek miktarda da vitamin ve mineral içeriğine sahiptir. Yüksek miktarda potasyum, kalsiyum, fosfor ve magnezyum içermesinin yanında yapısında çinko, demir, bakır ve mangan da bulundurduğu, önemli miktarda A vitamini ve karotenoid maddeler ile C ve B₂ vitaminlerini de içerdiği belirtilmektedir.

Balkabağının yağ içeriği düşük olmakla birlikte yağ bileşiminin büyük bir kısmı doymuş ve tekli doymuş yağlardan oluşmaktadır. Öte yandan balkabaklarının çekirdeklerindeki yağ miktarı yüksektir ve çekirdekleri de tüketilebilmektedir.

Balkabağı suyu, ülkemizde henüz üretilmemektedir. Buna karşın Çin gibi balkabağını çok miktarda üreten ülkelerde balkabağı suyu üretilmektedir ve balkabağından yapılan pek çok ürün de ticari alanda yerini almıştır. Balkabağı suyu ve konsantresinin pastacılık ve meyve suyu sektöründe kullanılması mümkündür. Gıda sanayinde alternatif ürünlere olan ihtiyaç her geçen gün daha artmaktadır. Türkiye’de balkabağı önemli miktarlarda üretilmektedir. Bu nedenle balkabağını yeni kullanım alanlarına hammadde olarak sunmak amacıyla değişik işleme tekniklerinin araştırılması önem taşımaktadır.

Bu çalışmada balkabağı meyvesinin tüm bu özellikleri göz önünde bulundurularak balkabağı suyu konsantresi üretiminin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

2. BALKABAĞI VE ÖZELLİKLERİ

Kabakgiller (*Cucurbitacea*) familyasına dahil olan balkabağının Latince adı *Cucurbita moschata*'dır. Özellikle Asya ve Amerika'da çokça yetiştirilmekte olan balkabağı, uzun silindirik, basık yuvarlak ve armut şekillerinde olabilir. Kabuk rengi sarı, turuncu sarı ve turuncu olup et rengi ise açık turuncudan koyu turuncuya kadar değişebilir. Kabuğu düz olanlar yanında oluklu ve dilimli olanlara da rastlanır. Ortalama ağırlıkları 5-60 kg arasında değişmektedir (Vural vd.,2000). Şekil 2.1'de balkabağı görülmektedir.



Şekil 2.1 Balkabağı bitkisi ve sebzesi(*Cucurbita moschata*)

Kabak, tek yıllık bir kültür sebzesidir. Köklerin %60-70'i toprağın 30 cm'lik derinliğinde bulunur. Balkabaklarının kökleri 1-1,5 m derinliğe kadar inebilir. Gövde toprak üzerinde sürünücü olarak yayılır (Vural vd., 2000).

Balkabakları, tek evcikli bitkilerdir. Çiçekleri tek evcikli, yani erkek ve dişi çiçekler aynı bitki üzerinde fakat ayrı ayrı yerlerdedir (Vural vd., 2000). Normalde birkaç erkek çiçek, dişi çiçeklerden önce gelişir. Erkek çiçekler meyve vermezler [2]. Şekil 2.2'de dişi ve erkek çiçekler, Şekil 2.3'te ise dişi çiçekte meyve oluşumu görülmektedir.



(a)



(b)

Şekil 2.2 Erkek ve dişi çiçekler [3]

(a) Dişi çiçek

(b) Erkek çiçek



Şekil 2.3 Meyve oluşumu
 (a) Dişi çiçekte meyve oluşumu
 (b) Oluşan meyvenin olgunlaşması

Yapraklar uzun bir sapla gövdeye bağlıdır. Yaprak saplarının üzeri boyuna çizgili, oluklu, dikenli ve tüylüdür. Yapraklar oldukça büyük olup oval, beşgen ve kalp şeklindedir. Yapraklar parçalı ve dikenli olabilir. Yaprak kenarları dişlidir. Dişlerin ucu sivri veya küt olup, küçükten büyüğe doğru bir değişim gösterir. Yaprak damarları alt kısımda belirgin olup üzerlerinde dikenler bulunur. Yaprakların alt ve üst yüzeyi tüylüdür. Yaprak rengi açık yeşilden koyu yeşile kadar değişir. Bazen yapraklar gri yeşil veya gümüşü yeşil alacalı renkte olabilirler (Vural vd., 2000).

Balkabakları 6,5-7,5 pH aralığındaki toprakta en iyi ve en verimli şekilde meyve verir. İklim şartlarının ise ılıman olması gerekir ve 18-27 °C arasındaki sıcaklıklara ihtiyaç duyarlar. Olgunlaşmaları için yaklaşık 3-4 ay gibi bir süre gereklidir (Salunkhe ve Kadam, 1998).

Dünyada en çok Çin’de üretilen balkabağı Hindistan, Ukrayna, Amerika Birleşik Devletleri, Mısır, İran, Meksika ve Küba gibi ülkelerde de çok miktarda üretilmektedir.

Çizelge 2.1’de balkabağının kimyasal bileşimi görülmektedir.

Çizelge 2.1 Balkabağının kimyasal bileşimi [4]

Besin Öğeleri	Birim	Miktar / 100g
Su	g	91,60
Enerji	kcal	26
Protein	g	1,00
Toplam Yağ	g	0,10
Kül	g	0,80
Karbonhidrat	g	6,50
Lif	g	0,5
Mineraller		
Kalsiyum	mg	21
Demir	mg	0,80
Magnezyum	mg	12
Fosfor	mg	44
Potasyum	mg	340
Sodyum	mg	1
Çinko	mg	0,32
Bakır	mg	0,127
Mangan	mg	0,125
Selenyum	µg	0,3
Vitaminler		
C Vitamini	mg	9,0
Tiyamin	mg	0,050
Riboflavin	mg	0,110
Niasin	mg	0,600
Pantotenik asit	mg	0,298
B ₆ Vitamini	mg	0,061
Toplam Folat	µg	16
Folik asit	µg	0
B ₁₂ Vitamini	µg	0,00

A Vitamini	IU	1600
Retinol	µg	0
Vitamin A, RAE	µg_(RAE)	80
Vitamin E	mg (ATE)	1,060
Aminositler		
Triptofan	g	0,012
Treonin	g	0,029
Izoleusin	g	0,031
Leusin	g	0,046
Lisin	g	0,054
Metionin	g	0,011
Sistein	g	0,003
Fenilalanin	g	0,032
Tirosin	g	0,042
Valin	g	0,035
Arjinin	g	0,054
Histidin	g	0,016
Alanin	g	0,028
Aspartik asit	g	0,102
Glutamik asit	g	0,184
Glisin	g	0,027
Prolin	g	0,026
Serin	g	0,044

Balkabaklarının muhafazası için 7-10 °C sıcaklık ve %70'in altında relatif nem yeterlidir. Tam olarak olgunlaşmış ve en küçük zedelenmesi olmayan balkabakları depolama için uygundur (Salukhe ve Kadam, 1998).

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Balkabağının suyu üretim teknolojisine ilişkin açık literatürde önemli bir kaynağa rastlanamamıştır. Bununla birlikte yapılan bilimsel çalışmalar daha ziyade balkabağının bileşimine ve karotenoid içeriğine yöneliktir. Buna karşın balkabağının incelendiği bazı bilimsel çalışmalardan özet olarak bahsedilmiştir.

Ptitchkina vd.(1994) yaptıkları çalışma ile yüksek metoksili pektinin jelleşme özelliklerini incelemeyi amaçlamış ve bunun için balkabağı pektininden yararlanmışlardır. Balkabağından elde ettikleri pektinin özelliklerini turunçgil pektini ile karşılaştırmışlar ve her iki pektinin esterleşme derecelerinin birbirine yakın olmakla birlikte, balkabağı pektininin daha iyi jelleşme özelliğine sahip olduğunu saptamışlardır.

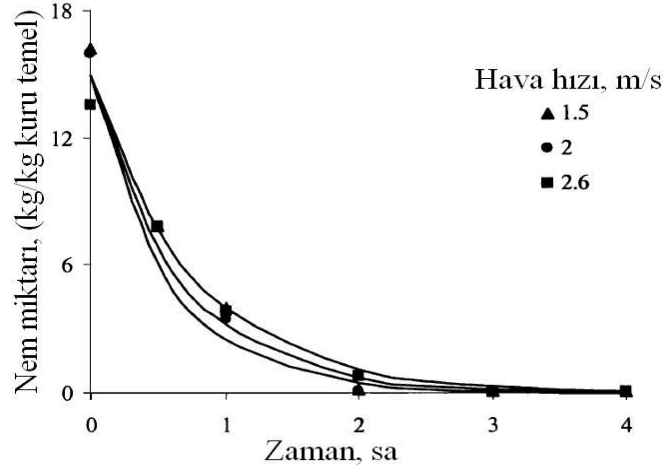
Kostic vd.(1997), Cucurbita cinsi meyvelerin bebek maması üretiminde kullanımı üzerine çalışma yapmışlardır. Çalışmaları Cucurbita moschata ve Cucurbita maxima cinsi kabaklar ile yürütmüş, besin değerinin arttırılması için süt tozu, pirinç unu ve şeker ilave etmişlerdir.

Oh ve Park (1998), yaptıkları çalışmada kaynamış balkabağı suyunun zencefil, portakal gibi maddeler ile birlikte depolama süresince geçirdiği fizikokimyasal değişimleri incelemişlerdir. Bunun için balkabağını yüksek basınç altında pişirip suyunu sıkarak balkabağı suyu elde etmişler ve buna zencefil, soğan gibi maddeler ilave ederek 60 gün boyunca 28°C'de muhafaza etmişlerdir. Depolama süresince besin öğelerinin bileşimi, mineral profili, pH ve titre edilebilir asitlik, çözünür madde içeriği, indirgen şeker, renk, toplam karotenoid ve β -karoten miktarlarında görülen fizikokimyasal değişiklikler incelenmiştir. İlave edilen soğan ve zencefil gibi maddelerin toplam karotenoid miktarını arttırdığını, mineral bileşimini değiştirdiğini ve karbonhidrat değerlerini de etkilendiğini saptamışlardır.

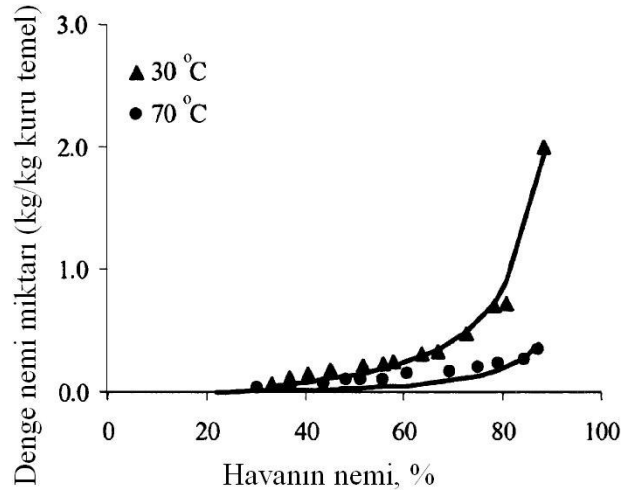
Shkodina vd.(1998), her biri farklı bir mikroorganizmadan elde edilmiş olan hemiselüloz, selüloz ve gliksidaz kompleksi ve 0.1 M HCl çözeltisini kullanarak balkabağından pektini ekstrakte etmişler ve elde ettikleri pektin preparatlarının verimini, monosakkarit bileşimini, asetilasyon derecesini, molekül ağırlıklarını ve viskozitelerini belirlemişlerdir. Balkabağından elde edilen pektinin, ticari turunçgil pektinlerine göre daha glikoz ve galaktoz, daha düşük miktarda da üronid içerdiğini göstermişlerdir.

Krokida vd.(2003), yaptıkları çalışma ile balkabağının da içinde bulunduğu pek çok meyve ve sebzenin kuruma kinetiğini incelemiştir. Sebzeleri sıcak hava ile kurutmuş, kurutma işlemi

süresince numune boyutunun ve kullanılan sıcak hava şartlarının kurutma modelini değiştirdiğini belirlemişlerdir. Çalışmaları sonunda, kurutma havası sıcaklığındaki artış ile kuruma sabitinin ve gıdadaki denge nem miktarının azaldığını göstermişlerdir. Şekil 3.1’de balkabağının kuruma eğrisi ve Şekil 3.2’de hava nemi ile denge nemi arasındaki ilişki görülmektedir.



Şekil 3.1 Balkabağının kuruma eğrisi



Şekil 3.2 Hava nemi ve denge nemi arasındaki ilişki

Murkovic vd.(2002), Avusturya’da ticari olarak kullanılan ve balkabağını da içeren çok çeşitli kabak türlerini incelemiş ve bunların içerdikleri β -karoten, α -karoten ve lutein miktarını belirlemişlerdir. *Cucurbita pepo*, *Cucurbita maxima* ve *Cucurbita moschata* türlerini ve bunlara ek olarak C.maxima ve C.moschata’nın çapraz üretiminden elde edilen ürünü incelemişlerdir. Çalışmaları sonucunda kullandıkları kabak çeşitlerinde karotenoid miktarının değişkenlik gösterdiğini, sarıdan turuncuya değişen renklerin karotenoid içeriğinden kaynaklandığını ve yüksek karotenoid içeriğinin turuncu renge, yüksek lutein ve düşük

karotenoid içeriğinin açık sarı renk oluşuma neden olduğunu ortaya koymuşlardır. Analiz sonuçları ile β -karoten miktarının 0.06–7.4 mg/100g, α -karoten miktarının 0–7.5 mg/100g, lutein miktarının 0-17 mg/100g aralığına olduğunu göstermişlerdir.

Evageliou vd.(2005)'nin yaptıkları çalışmada, enzim kompleksi ve 0.1 M NaCl kullanılarak balkabağı pulpundan elde edilen biyopektin çözeltileri hazırlanmış ve bunların rotaviskozimetre ile viskoziteleri belirlenmiştir. Bu yöntemle elde edilen biyopektinin, aynı kaynaktan asitle ekstraksiyon yapılarak elde edilen biyopektinin aksine jelleşmediği buna karşın verimin iki katına çıktığı görülmüştür.

Emadi vd.(2005), yaptıkları çalışmada üç farklı balkabağının sertlik, kırılma dayanımı, basınç dayanımı ve kesme direnci gibi mekanik özellikleri incelenmiştir. Her inceleme et, kabuk ve soyulmamış ürün için gerçekleştirilmiş, etli kısım için sertlik ve kırılma dayanımı ihmal edilmiştir. Her türün kırılma dayanımı, sertlik ve soyulmamış kısımların maksimum basınç dayanımları birbirine yakın değerlerde bulunmuştur.

Seo vd. (2005), yaptıkları çalışmada Kore'de çok tüketilen balkabağının yapısındaki karotenoidler, sıvı-sıvı ekstraksiyon ve süperkritik akışkan ekstraksiyonu olmak üzere iki yöntemle ekstrakte edilmiştir. Balkabağında bulunan başlıca karotenoidin β -karoten (>%80), olduğu, bunun yanında daha az miktarlarda da lutein, likopen, α -karoten ve cis- β -karoten varlığı saptanmıştır. Bu çalışma, balkabağının β -karotene çok zengin bir kaynak olduğunu ve A vitamini eksikliklerinin önlenmesinde oldukça yararlı olabileceğini ortaya koymuştur.

Dutta vd.(2006), yaptıkları çalışmada balkabağı püresinin reolojik özelliklerini ve püre içindeki β -karotenin termal bozunma kinetiğini incelemişlerdir. 60-100 °C arasında uygulanan ısıtma işlemlerinde β -karotenin bozunmasını ve meydana gelen renk değişimini ve yine aynı sıcaklık aralığında viskoziteyi gözlemlemişlerdir. Buna göre 60°C'de balkabağı püresinde β -karoten içeriğinde artış görülmüş ve reolojik davranışın Herschel-Bulkley modeline uyduğu saptanmıştır.

4. SEBZE SUYU KONSANTRESİ ÜRETİM TEKNOLOJİSİ

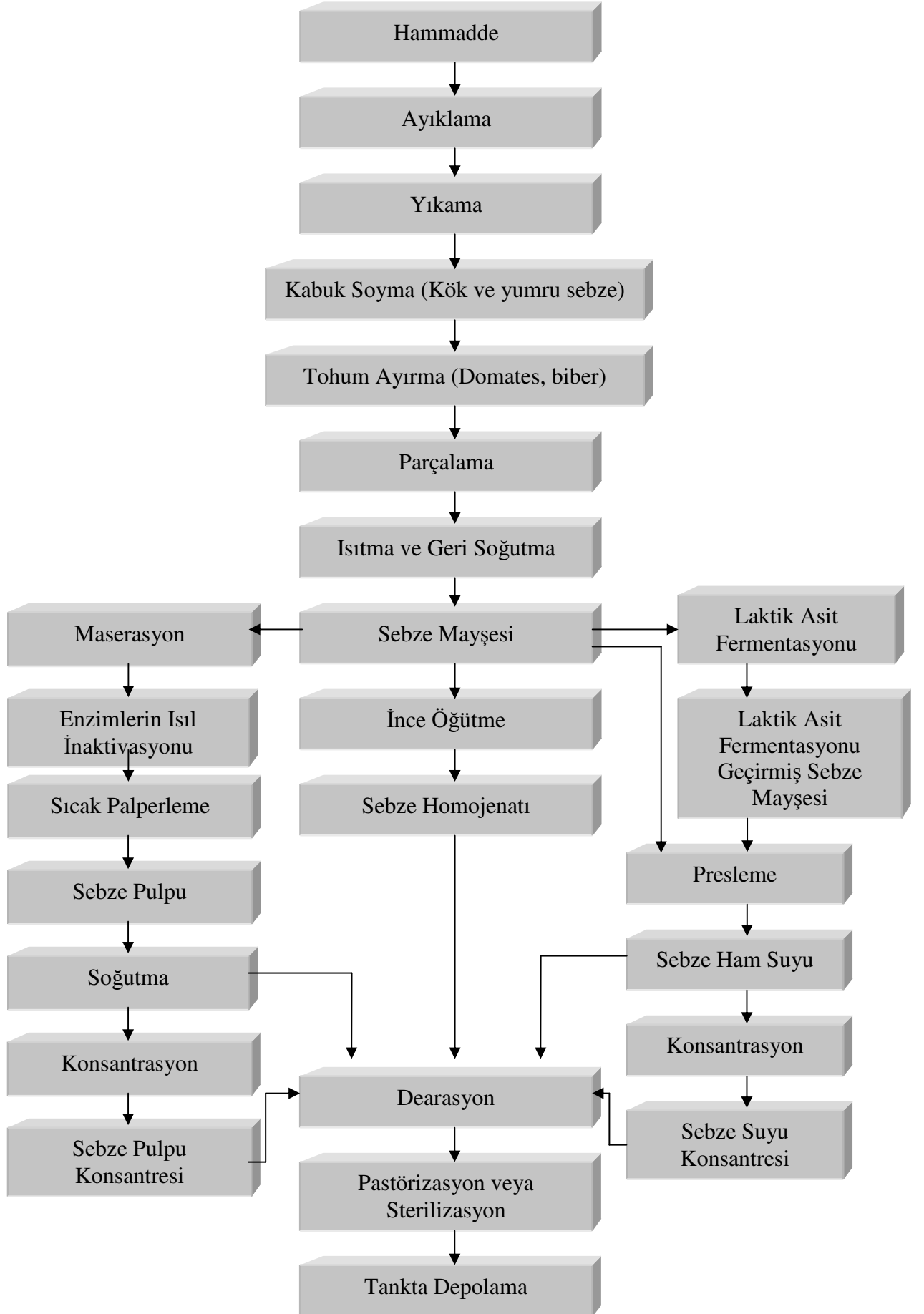
Meyve ve sebze işleme endüstrisi, meyve ve sebzelerin hasadı ile başlayıp tüketime kadar geçen süreyi kapsayan ve bu süre içinde üretim teknolojisinin gerektirdiği çok sayıda prosesi içeren bir endüstri koludur.

Meyve suyu, meyveden mekanik yolla elde edilen ve elde edildiği meyvenin karakteristik renk, koku ve tadına sahip, fermente olmamış fakat fermente olabilen üründür. Meyve suyu doğrudan meyveden elde edilebileceği gibi, meyve suyu konsantresinden konsantrasyon sırasında ayrılan su ve aroma maddelerinin tekrar ilavesiyle de elde edilebilir. Konsantreye ilave edilecek su, içilebilir nitelikte olmalı, elde edilecek meyve suyu, aynı meyveden elde edilen meyve suyu ile benzer duyusal ve analitik özellikleri göstermelidir [5]. Sebze suyu da yine aynı şekilde sebzelerden mekanik yolla elde edilen ve elde edildiği sebzenin karakteristik renk, koku ve tadına sahip, fermente olmamış fakat fermente olabilen üründür.

Meyve suları ile karşılaştırıldığında, sebze sularına başlangıçta talebin az olmasına rağmen son yıllarda tüketicilerin bilinçlenmesi ile birlikte bu içeceklere olan ilgi giderek artmıştır. Bunun en büyük nedeni sebze sularının iştah açıcı ve sindirimi düzenleyici etki göstermeleri, vitamin ve minerallerce zengin olmalarıdır. Özellikle laktik asit fermentasyonu uygulanmış sebze suları, beslenme fizyolojisinin yanında kalp ve dolaşım bozukluklarında, diyabette, arterisikleroz vb. hastalıkların tedavisinde etkili olup bu bakımdan hastalara tavsiye edilmektedir (Çopur ve Tamer, 2000).

Meyve suyu ve sebze suyu üretimi için seçilen hammadde, istenen ürün özelliklerini sağlayacak nitelikte olmalıdır. Kaliteli hammaddeler seçilerek kaliteli ürün eldesi hedeflenmelidir. Aksi takdirde duyusal ve mikrobiyolojik olarak uygun hammadde kullanılmazsa kaliteli ürüne ulaşmak söz konusu olamaz (Pala, 2004). Hasat edilen hammadde ne kadar süratle işlenirse elde edilen ürün kalitesini o kadar iyi korur. Bu nedenle fabrikaların hammadde kaynağına yakın olmaları gerekir. Hava koşulları da göz önünde bulundurularak uygun zamanda taşıma gerçekleştirilmelidir (Cemeroğlu ve Acar, 1986). Meyve sebze işleme endüstrisinde kaliteli hammadde seçilerek kaliteli ürün üretmek hedeflenmelidir.

Sebzelerin yapılarının birbirlerinden çok farklı olmasına karşın sebze suyuna işleme yöntemleri az veya çok birbirine benzemektedir. Elde edilen ürünün tat ve aroması, sebze parçacıklarının sebze suyunda süspansiyon halinde dağılmış olmasına bağlıdır. Şekil 4.1’de sebze suyu konsantresi üretimi akış şeması görülmektedir.



Şekil 4.1 Sebze Suyu Konsantresi Üretim Akış Şeması.

4.1 Sebzelere Uygulanan Önişlemler

Sebzeler, sebze suyuna işlenmeden önce bir dizi önişlemden geçirilirler. Bu işlemlerin uygulanmasındaki amaç; ürün kalitesini düşürecek hammaddelerin uzaklaştırılarak işleme girmesini engellemek, hammaddenin mikrobiyolojik yükünü hafifletmek ve ileri aşamalar için ürünün işlenmesini kolaylaştırmaktır.

Ayıklama işlemi, meyve ve sebze suyu üretiminde dikkatli olunması gereken ilk aşamadır. Meyveler ve sebzeler ayıklanarak ve yıkanarak temizlenip, meyve suyuna işlenmeye hazırlanırlar. Ayıklama, yaprak, sap vb. gibi yabancı unsurlarla ezilmiş, çürümüş ve bozulmuş meyvelerin ayrılıp atılmasıdır (Cemeroğlu, 1982). Bu nedenle ayıklama, hem insan sağlığına zarar verebilecek mikroorganizmaları barındıran hammaddelerin ortamdan uzaklaştırılması hem de elde edilecek meyve suyunun kalitesinin yükseltilmesi bakımından önemli bir işlemdir.

Yalnızca olgun, sağlam ve bozulmamış hammadde yüksek kaliteli sebze suları verir. Buna karşılık hastalıklı, bozulmuş hammadde dikkatli bir şekilde ayıklanmalıdır. Solmuş, buruşmuş sebzelerin işlenmesi, istenilmeyen enzimatik değişmelere ve dolayısıyla sebze suyunun denatürasyonuna sebep olur. Kök, yumru ve yaprak sebzeler sonbaharda değerli komponentleri en fazla miktarda içerdiklerinden bu sebzeler sonbaharda hasat edilerek işlenmelidir (Schobinger, 1988).

Sebzeler ayıklandıktan sonra yıkama işlemine tabi tutulurlar. Yıkama işleminde amaç, toz, toprak, yaprak ve sap parçacıkları ile tarımsal ilaç artıklarını uzaklaştırmak ve meyvenin taşıdığı mikroorganizmaların önemli bir kısmını gidererek meyve suyundaki mikroorganizma yükünü azaltmaktır (Cemeroğlu, 1982).

Yıkanan sebzeler için bir sonraki basamak kabuk soyma işlemidir. Kabuk soyma, özellikle kök ve yumru sebzelerde ve diğer bazı sebzelerde önemli ve gerekli bir işlem basamağıdır. Mekanik kabuk soymada kayıplar fazladır ve bugün çok seyrek olarak kullanılır. Buna karşılık kimyasal ve termik kabuk soyma tercih edilir. Kimyasal kabuk soymaya, alkali kabuk soyma adı da verilir. Kabuğu soyulacak sebzeler uygun bir düzenle alkali banyosundan geçirilir ve bu arada kabuk gevşetilir. Termik kabuk soymada ise kabuğu soyulacak sebzeler hızla zayıf bir alkali banyosundan geçirilerek bir eğik elevatörle yüksek basınçlı buharla soyma düzenine iletilir. Kabuk soyma işlemi kapalı bir hücrede ve 8-9 bar'lık bir yüksek

basınçta gerçekleştirilir. Burada uygun bir düzenle yüksek basınç aniden verilir. Böylece sebzelerin dış yüzeyleri gevşer (Schobinger, 1988).

4.2 Presleme Ön İşlemleri

Sebzeler preslenmeden önce saplarının ayrılması ve parçalanmaları gerekir. Bu işlemlerdeki amaç; presleme verimini düşürecek ve elde edilecek ürün kalitesini olumsuz etkileyebilecek unsurları ortamdaki uzaklaştırmak ve parçalanmış meyvenin kolaylıkla preslenmesini sağlamaktır.

Sebzeler preslenmeden ve parçalanmadan önce sapları ayrılır. Sebzelerin saplarının ayrılması ile presleme ve sonrası işlemlerde üretim sırasında çıkabilecek problemler ortadan kaldırılmış olur. Aynı zamanda sapların ayrılması ile saplardan sebze suyuna istenmeyen maddelerin geçişi de önlenir.

4.2.1 Sebzelerin Parçalanması

Sebzeler preslenmeden ya da pulp haline getirilmeden önce parçalanarak uygun parça büyüklüğüne getirilmelidirler. Sebze ve meyve parçalayan bütün cihazlara ‘değirmen’, parçalanmış sebze ya da meyveye ise ‘mayşe’ denir.

Parçalama sırasında, doku zedelenerek ufalanır ve hücre zarları bir oranda parçalanır. Böylece parçalanmayla birlikte sebze suyu dışarı çıkmaya başlar.

Sebzelerin parçalanmasıyla elde edilen sebze parçalarının tane büyüklüğü önemlidir. Çok iri parçalara ayrılmış ya da gereğinden fazla lapa haline getirilmiş sebzeler presleme için uygun değildir. Çünkü iri parçalar yeterli düzeyde preslenemeyecek, çok küçük parçalar ise preslendiğinde sebze suyunun süspansiyon halinde parçacıklar içermesine sebep olacaktır.

Özetle parçalama, verime ve sebze suyu niteliğine etki eden önemli bir işlemdir.

4.3 Mayşeye Uygulanan İşlemler

Mayşe preslenmeden önce ısıtma ve soğutma, askorbik asit ilavesi, mayşe enzimasyonu uygulamalarına tabi tutulur. Bu işlemlerin amacı sebze suyu eldesinde en iyi ürün kalitesi ile en yüksek verime ulaşmaktır.

4.3.1 Mayşenin Isıtılması ve Soğutulması

Mayşenin ısıtılmasında amaç; parçalanmış sebzenin içinde doğal olarak bulunan enzimlerin inaktif edilmesiyle biyokimyasal reaksiyonların önlenmesidir. Böylelikle özellikle, renk, lezzet ve besleme değerini bozan ve azaltan enzimatik reaksiyonlar önlenmiş olur. Ayrıca ısıtma ile mayşe içinde bulunan mikroorganizmalar da inaktif hale getirilerek mikrobiyal yük azalır ve ileri aşamalarda muhtemel fermentasyon olayının önüne geçilir.

Mayşenin ısıtılmasıyla proteinler koagüle olur, hücre zarı geçirgenlik kazanır ve doku gevşer. Bu şekilde preslenecek mayşenin fiziksel yapısı bozulduğundan preslemenin başlangıcında, dokudan meyve suyu çıkışı biraz yavaşlarsa da toplam verim ısıtılmamış meyveden daha yüksektir (Cemeroğlu, 2004).

Mayşenin ısıtılması ile su verimi arttırılmış, renk ve aroma bileşenlerinin ekstraksiyonu da sağlanmış olur (McLellan ve Zakour, 2005). Öte yandan ısıtma işlemi sayesinde sebzelerin kabuk ve dokularında bulunan pigmentler suyuna geçer ve daha yoğun bir renk elde edilir.

Isıtma sıcaklığı ve süresi renk, aroma, lezzet gibi önemli duyuşal özellikler üzerinde oldukça etkilidir ve bunlara dikkat edilmediği takdirde bu duyuşal özelliklerde kayıplar ve ürün kalitesinde düşüş gözlenir. Ayrıca çekirdek, kabuk ve saplardan istenmeyen bazı maddelerin meyve suyuna geçişi hızlanabilir. Mayşenin ısıtıldıktan sonra uzun süre yüksek sıcaklıkta tutulması sakıncalı olacağından hemen soğutulmalıdır (Cemeroğlu, 1982).

Sebze mayşesinin ısıtılması özellikle enzimlerin inaktivasyonu ve mikroorganizma sporlarının inaktivasyonu açısından önemlidir. Böylece sebze mayşesinin daha sonraki işleme aşamalarında esmerleşmesi ve bozulması önlenir. Ayrıca sebze mayşesi yumuşar ve daha iyi pulp haline getirilir veya sebze suyu çıkarılır (Schobinger, 1988).

4.3.2 Mayşeye Askorbik Asit İlavesi

Güçlü bir indirgen olan askorbik asit, ısı ve havayla temasta aktivitesini kaybettiğinden kurutulan veya uzun süre pişirilen besinlerde ve soyulduktan veya sıkıldıktan sonra bekletilen meyvelerde büyük kısmı kaybolur (Wetherilt, 2004). Bu nedenle, parçalanmış meyvenin ve sebzenin ısıtılarak enzimleri inaktif hale getirilene kadar geçen sürede ortaya çıkabilecek renk değişimleri en iyi askorbik asit ilavesiyle önlenmektedir. Çünkü mayşeye askorbik asit ilave edildiğinde oksidasyonun neden olduğu esmerleşme reaksiyonlarını önler.

Askorbik asit etkisini özellikle açık renkli meyve ve sebzelerde göstermekte ve renklerindeki esmerleşmeyi engellemektedir. Buna karşın esmerleşen rengi düzeltmesi söz konusu değildir. Bu nedenle sebze parçalandığı anda hemen askorbik asit ilave edilerek esmerleşmeye meydan vermemek gerekir.

4.3.3 Mayşenin Enzimasyonu

Meyve ve sebze suyu üretiminde temel amaç, en yüksek verime en yüksek üretim hızıyla, ürün dayanımı ve kalitesini geliştirerek ulaşmaktır. Bu amaca ulaşabilmek için ise kullanılan cihazlar, işleme tekniği ve enzim gibi işlem yardımcıları açısından sürekli olarak yeniliklere gerek duyulmaktadır. Günümüzde özellikle enzimatik uygulamalar meyve suyu üretiminde kritik bir faktör haline gelmiştir. Meyve suyu üretiminde ilk enzim kullanımının 60 yıl önce başladığı aktarılmaktadır. Önceleri, meyve suyu durultulmasında ve üzüm suyu meyvelere ait mayşelerin enzimasyonunda kullanılmış olan enzimler daha sonraları değişik işlemlerde de kullanılmaya başlanmıştır. Bunların başlıcaları; mayşe maserasyonu, mayşe fermentasyonu, mayşe sıvılaştırma ve mayşe şekerleştirme olarak tanımlanmaktadır (Karadeniz ve Ekşi, 1999).

Mayşe enzimi uygulamasının pres verimini artırması, işlem süresini kısaltması ve meyve ve sebzelerin önemli bileşenlerinin ekstraksiyonunu sağlaması hedeflenir. Eklenen mayşe enzimleri bitki hücresindeki orta lamelle ve hücre duvarındaki pektinleri parçalayarak hücre sıvısının serbest kalmasını sağlar. Dolayısıyla meyve suyunda, hücrelerin fiziksel olarak yıkılması ve meyvenin hücre duvarında doğal olarak bulunan pektolitik enzimlerin aktivitesi sonucu açığa çıkan çözünebilir pektin bulunur (McLellan ve Zakour, 2005). Bu pektin eklenen enzimlerin etkisi ile hızla parçalanır ve suyun viskozitesi hızla düşer.

Mayşenin enzimatik fermentasyonu, yaklaşık 50°C ye kadar soğutulan mayşeye pektolitik enzim ilavesiyle ve bu sıcaklıkta 1 – 2 saat beklenmesiyle yapılır (Cemeroğlu, 1982). Pektolitik enzimlerin dokudaki pektini parçalamasıyla verim artar.

Pektolitik enzimler meyve ve sebzelerin yapısında bulunurlar. Ancak meyve ve sebze canlı ve zedelenmemiş iken, enzim ve substrat temas halinde olmayacağından herhangi bir pektolitik parçalanma gözlenmez.

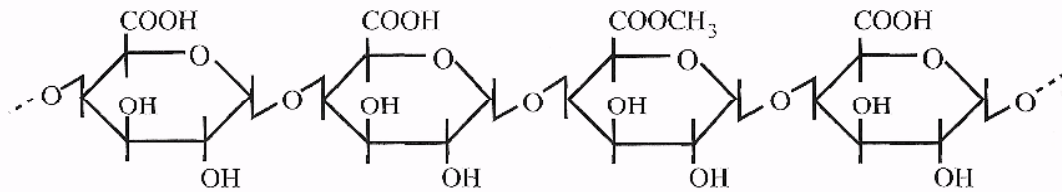
4.3.3.1 Sebze Suyu Endüstrisinde Enzimlerin Kullanımı

Pektinazların ticari uygulamaları ilk olarak 1930'lu yıllarda şarap ve meyve suyu hazırlanmasında kullanılmıştır. 1960'larda ise bitki hücresinin kimyasal yapısının öğrenilmesiyle enzimler daha etkin olarak kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde ise pektinazlar ticari bir sektör haline gelmiştir (Kashyap vd., 2001).

Meyve ve sebze suyu endüstrisinde enzim kullanımının amaçları; hammaddeden su ekstraksiyonu verimini arttırmak, presleme ve durultma verimini arttırmak, son ürüne canlı bir berraklık vermektir (Höhn vd., 2005).

Meyve ve sebze hücreleri, iç basınç ve dış etkilere karşı direnç gösteren bir hücre duvarı ile çevrilidir. Gelişmekte olan bir bitkinin hücre duvarı yapısının %90-100'ünü polisakkaritler oluşturur. Hücre duvarının bileşimi meyvenin türüne bağlıdır ve tarımsal ve iklimsel şartlara, olgunluk, depolama şekli ve süresine göre gelişim gösterir. Bitkinin hücre duvarı ve lamellasındaki başlıca polisakkarit pektindir (Aehle, 2004). Ancak olgunlaşmamış hammaddenin suyunda çözünmeyen pektin bulunur. Meyve ve sebze olgunlaştıkça protopektin, pektine dönüşür (Fernandez, 2001).

Pektik maddeler, büyük oranda anhidrogalakturonik asit birimlerinden oluşan karmaşık, kolloidal karbonhidrat türevlerinden meydana gelen, yüksek su tutma kapasitesine sahip maddelerdir. Bu durumda pektik maddeleri oluşturan birim, poligalakturonik asit olup düz bir zincir yapmak üzere birbirleriyle α -1,4 bağı yapmışlardır. 30000–300000 g/mol moleküler ağırlıklı heteropolisakkaritlerdir. Pektik maddeler pektinik asit, pektin, pektik asit ve bunların tuzlarını içeren bir grup maddeye verilen genel addır (Maraş vd., 2004). Şekil 4.2'de pektin molekülünde galakturonik asit zinciri görülmektedir.



Şekil 4.2 Pektin molekülünde galakturonik asit zinciri (Cemeroğlu, 2004).

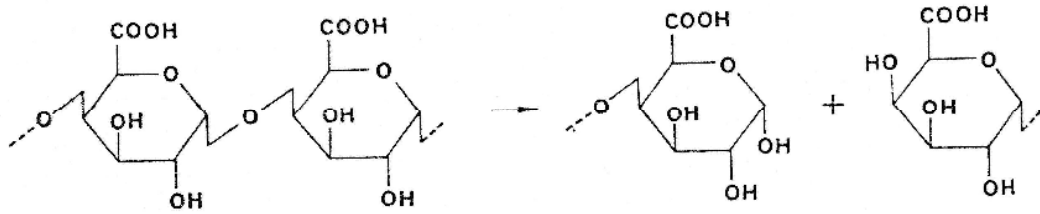
Polisakkaritler, özellikle de pektin, bitkisel ürünlerin viskozitesinde önemli rol oynar. Enzim ilave edilmesiyle pektin ve diğer yüksek moleküller yıkılır (Sarıoğlu vd., 2001).

Pektik maddelere etki eden ve kısaca ‘pektik enzimler’ denilen grupta çok sayıda enzim yer almaktadır. Pektik enzimler, genelde polisakkaritleri parçalayan zincir kırıcı enzimler olarak bilinmektedirler. Bitki hücrelerinin orta lamelinin ve primer hücre duvarının yapısını oluşturan pektik asit ve pektini parçalayan bu enzimler bakteri, mantar, böcek, nematod ve protozoada bulunmaktadır. Ayrıca meyve sularının berraklaştırılması ve pektinin uzaklaştırılması gibi pek çok endüstriyel amaçlar içinde kullanılmaktadırlar (Maraş vd., 2004).

▪ Poligalakturonaz (PG)

Poligalakturonaz enzimi, poligalakturonik asidin α -1,4 bağlarını hidrolize eder (Wong, 1995).

Şekil 4.3’te poligalakturonazın depolimerizasyon etkisi görülmektedir.



Şekil 4.3 Poligalakturonazın depolimerizasyon etkisi (Wong, 1995).

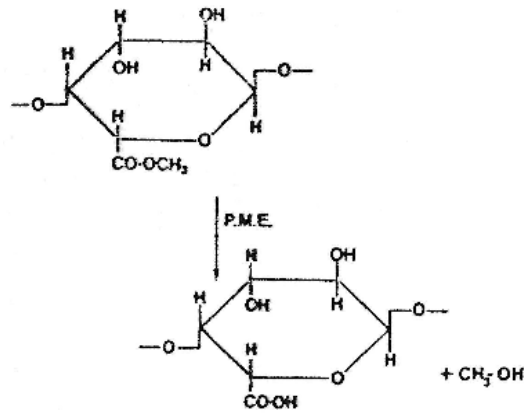
Poligalakturonazın etkisi ile poligalakturonik asit zinciri kırılarak, galakturonik asit açığa çıkar (Wong, 1995). Reaksiyonun hızı, pektinin esterleşme derecesine bağlıdır (Lamikanra, 2002).

Poligalakturonazların endo- ve ekzo- olma üzere iki türü mevcuttur. Endo-PG, galakturonik asitin yapısındaki herhangi bir α -1,4-glikozit bağının hidrolizini katalizler. Ekzo-PG ise, pektin polimerinin dış kısımlarındaki α -1,4 glikozit bağlarını hidrolize eder, galakturonik asit kalıntılarını açığa çıkartır (Maraş vd., 2004). Her iki tip PG de, %50-60’ın altındaki esterifikasyon derecelerinde etkilerini gösterirler (Aehle, 2004).

Endo-PG meyvelerin ve mantarların yapısında bulunurken, maya ve bakterilerde bulunmaz. Ekzo-PG ise mantar, bakteri ve mayalarda bulunur (Lamikanra, 2002). Ticari anlamda endo-PG, pektin moleküllerinin daha çabuk yıkılmasını sağladığından daha kullanışlıdır (Fellows, 2000).

▪ Pektinesteraz (PE)

Pektinesteraz, metanol açığa çıkararak pektinin deesterifikasyonunu sağlar. Bu işlem, pektini pektinik asit ve pektik asite dönüştürür. Depolimerizasyon, poligalakturonazların yer aldığı hidrolitik reaksiyon ya da liyazların yer aldığı yüksek seçicilikte β -eliminasyonu şeklinde olmak üzere iki şekilde gerçekleşir (Whitehurst ve Law, 2002). Şekil 4.4'te pektinesterazın pektik asit üzerindeki etkisi görülmektedir.



Şekil 4.4 Pektinesterazın pektik asit üzerindeki etkisi (Park vd., 1996)

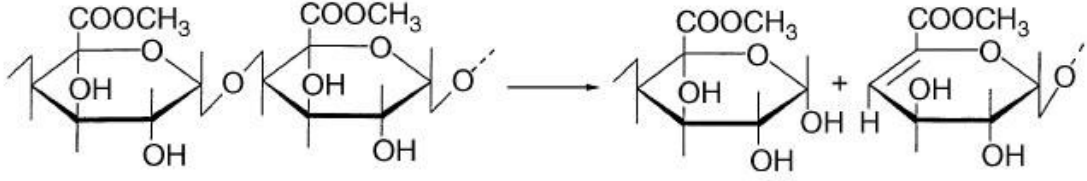
Birçok enzim gibi pektinmetilesteraz da spesifik etki gösterir ve bu nedenle sadece pektinmetilesteri parçalar. Bu enzim, pektin molekülünde serbest karboksil grubuna en yakın metilesterden başlayarak, molekülün esterleşme derecesini yaklaşık yüzde ona kadar düşürür ve nihayet etkinliği sona erer (Cemeroğlu, 1982).

Pektinesterazın pektin üzerine etkisinin başlıca ürünü metanoldür. Üretilen metanol miktarı, sebze ve meyvenin türüne, pektin içeriğine ve pektinesterazın substrat üzerindeki etkinliğine bağlıdır (Walter, 1991).

Pektinesteraz, diğer pektolitik enzimler gibi, bitkilerde, bakteri ve küflerde yaygın olarak bulunur ve kökenine göre optimum etki koşulları farklıdır (Cemeroğlu, 1982).

▪ Pektin Liyaz (PL)

Pektin liyazlar, uzun, yüksek metoksillenmiş zincirlere karşı yüksek seçiciliğe sahiptir ve metillenmiş α -1,4 – homogalakturonana β -eliminasyon ile etkisini gösterir (Aehle, 2004).



Şekil 4.5 Pektin liyazın galakturonik asit üzerindeki etkisi (Lamikanra, 2002).

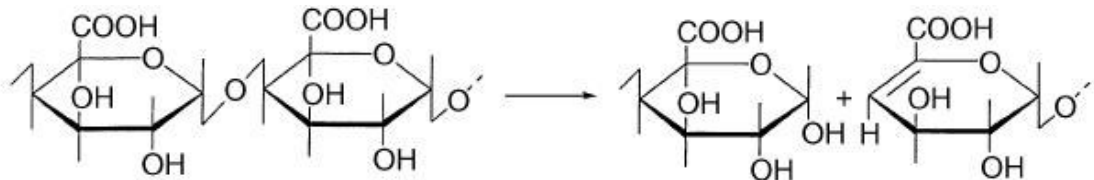
Şekil 4.5'te pektin liyazın galakturonik asit üzerindeki etkisi görülmektedir. Bu enzim, etkisini metille esterleşmiş karboksil grubunun yanındaki glikozidik bağlara gösterir.

Pektin liyazlar, yüksek esterifiye polimetilgalakturonik asiti, doğrudan etkilerler. Pektinlerin çoğu mantar kökenlidir. Tamamı endoenzim halindedir ve yüksek esterifiye pektini hızla düşen bir viskozite ile yıkar. Eliminasyon mekanizmasında sadece metil ester gruplarına bitişik olan glikozidik bağlar ayrılır. Bu da C4 ve C5 arasında çift bağı olan ürünlerin oluşumuna neden olur. Pektin liyazların yüksek esterifiye pektin seçiciliği nedeniyle, yüksek esterifiye pektin içeren meyvelerin işlenmesinde kullanılabilir (Desai ve Kilara, 2002).

▪ Pektat Liyaz (PAL)

Pektat liyazlar, β -eliminasyonu ile çift bağa sahip ürün açığa çıkarır (Park vd.,1996). Endo – pektat liyaz ve ekzopektat liyaz olarak işlev görürler. Şekil 4.6'da pektat liyazın etki mekanizması görülmektedir. Esterleşme derecesi düşük olan pektini, transeliminatif olarak parçalarlar (Cemeroğlu, 2004).

Endopektatliyazlar, bakteriler ve mantarlardan elde edilir ve optimum pH aralığı 8-10'dur. Aktivite için kalsiyuma ihtiyaç duyarlar. %21-44 esterleşme derecesine sahip substratları tercih ederler. Ekzopektatliyazlar ise,pektik asitin uç kısımlarından doymamış dimerler oluşturur. Optimum pH aralığı 8-9,5'tir. Bu enzimler, pektin üzerindeki pektatları tercih eder ve tamamen esterleşmiş pektini substrat olarak kabul etmezler (Desai ve Kilara 2002).



Şekil 4.6 Pektat liyazın etki mekanizması (Lamikanra, 2002).

▪ Selülaz ve Hemiselülazlar

Pektine benzer niteliklere sahip bir polisakkarit grubu olan hemiselülozları parçalayan çeşitli enzimler söz konusudur. Hemiselülazlardan, endo- ve ekzo-arabanaz ile arabinogalaktanaz enzimleri, mayşenin preslenme niteliğini geliştiren enzimlerdir. Arabanaz (arabinozidaz), pektine yan zincir olarak bağlı bulunan ve daha çok presleme işleminde çözünerek meyve suyuna geçen araban zincirlerini parçalar. Bu açıdan özellikle durultma enzimlerinde belli düzeyde bir arabanaz aktivitesi bulunması gerekmektedir. Randımanı yükseltmek amacıyla meyve suyuna uygulanan çeşitli işlemler, meyve suyuna fazla miktarda hemiselüloz geçişine neden olduğundan; durultulması çok zor olan bu meyve sularında kullanılan durultma enzimlerinde önemli düzeyde hemiselülaz aktivitelerine gerek görülebilir.

Diğer taraftan selülazlara daha çok total sıvılaştırma preparatlarında ihtiyaç duyulmaktadır. Selülazlar meyve dokusunun iskeletini oluşturan bir nötral polisakkarit olan selülozu hidrolitik olarak ve yavaş bir hızla parçalamaktadır. Bu yolla tüm meyve sıvılaşabilmektedir (Cemerğlu, 2004).

4.4 Presleme

Presleme, mayşenin tabi tutulduğu ısıtma ve mayşe enzimasyonu işlemleri sonrasında sahip olduğu katı ve sıvı fazın basınç etkisi ile birbirinden ayrılmasıdır. Amaç, sebze suyu ile sebze posasını birbirinden ayırmaktır.

Preslemede işlemin gerçekleştiği basınç değeri önemli olmakla birlikte, katman kalınlığı, sebze ve meyvenin yapısı, elde edilen suyun viskozitesi gibi birçok faktör etkilidir. Presleme gerçekleştirildiğinde, istenen özellikte meyve veya sebze suyu elde etmek için bu faktörlerin hepsi göz önünde bulundurulmalıdır.

Meyvelerin ve sebzelerin preslenmesi amacıyla çok çeşitli tipte presler geliştirilmiştir. Presler çalışma ilkelerine veya yapılarına göre farklı şekillerde sınıflandırılırlar. Paketli presler, yatay presler, vidalı presler ve bant presler kullanılan pres tipleri olup bunlar tüm meyve ve sebzelerin preslenmesi için uygundur.

Mayşeye istenen özellikteki yapının parçalanma ile sağlanamadığı zamanlarda presleme sırasında filtre kağıdı parçaları, temizlenmiş odun talaşı, temizlenmiş pirinç kapçı, selüloz lifleri, kizelgur ve perlit gibi pres yardımcı maddeleri kullanılabilir. Fakat bu maddelerin suyun lezzet, aroma, renk ve diğer niteliklerine kesinlikle etkide bulunmamaları, meyve

suyuna yabancı madde vermemeleri ve meyve suyunu emmemeleri gerekir (Cemeroğlu, 1982, 2004).

4.5 Konsantre Etme

Konsantre etme, meyve ve sebze sularının mikrobiyolojik olarak stabilite kazanması bakımından oldukça önemli bir işlemdir. Çünkü meyve ve sebze sularının içerdiği suyun bir kısmı uzaklaştırılarak kuru madde düzeyinin en az % 68'e kadar yükseltilmesiyle su aktivitesi düşmekte ve meyve ve sebze suları daha dayanıklı hale gelmektedir.

Konsantre etme buharlaştırma, dondurma ve ters osmoz ya da direkt osmoz olmak üzere üç yöntemle gerçekleştirilmektedir. Konsantrelerin üretiminde sanayide en yaygın olarak kullanılan en önemli yöntem buharlaştırma yöntemidir. Ancak buharlaştırmada süre-sıcaklık ilişkisi kalitenin korunmasında göz önüne alınmalıdır (Pala, 2004). Bu yöntem için çeşitli türlerde buharlaştırıcılar kullanılır. Buharlaştırıcılarda meyve ve sebze suları bileşimindeki su buharlaştırılarak uzaklaştırılır. Meyve ve sebze suları ısıya karşı duyarlıdır. Renkleri ve aromaları kaynama sıcaklıklarında bozulmaya uğrar. Bunun için meyve sularının buharlaştırıcılarda vakum altında konsantre edilmeleri gerekir (Woodroof ve Luh, 1986).

Konsantre etme, meyve ve sebze sularına mikrobiyolojik stabilite kazandırırken diğer taraftan meyve suyunda meydana gelen hacimsel azalma sonucunda ambalajlama, depolama ve taşıma esnasında kolaylıklar sağlar ve ekonomik giderleri azaltmış olur.

Konsantreler normal depo sıcaklığında depolanabilirse de, kalitenin en çok 5°C'lik depolarda korunduğu saptanmıştır (Cemeroğlu, 1982).

5. GIDALARIN REOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Gıda endüstrisinde içeriği, bileşimi ve özellikleri farklı olan pek çok gıda işlenmektedir. Bu gıdaların en verimli ve uygun şekilde işlenebilmesi, elde edilen ürünün istenen özellikleri taşıması, tüketicinin beğenisini kazanması ve beklentisini karşılaması bakımından işlenen gıdaların özelliklerinin bilinmesi gerekir.

Reoloji, maddenin akışını ve yapısal değişimini inceleyen bilim dalıdır. Gıda reolojisi, ise gıda endüstrisindeki hammadde, ara ürün ve son ürünlerin akışını ve yapısal değişimini inceleyen bilim dalıdır (Bourne, 2002). Reoloji bilimi hem sıvı hem de katı besinlerin yapı değişimi özelliklerini incelediğinden gıda endüstrisinde önemli bir nitelik verisi olarak kullanılır (Pala, 1989).

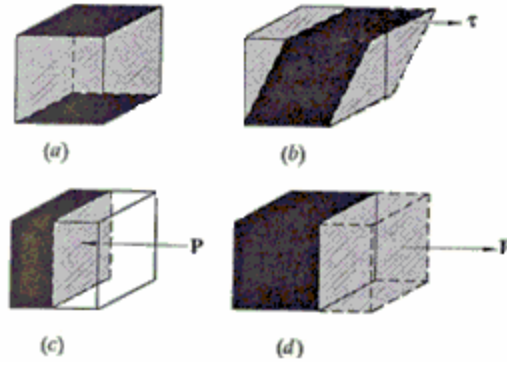
Besinlerin reolojik özellikleri; viskozite, kıvam ve dokusal özellikleri tarafından oluşturulurlar. Viskozite, akışkanların akışa karşı gösterdikleri dirençtir ve akışkan gıdaların reolojik özelliklerini viskoziteleri belirler. Kıvam, sıvı ya da sıvı özelliği taşıyan maddelerde koyuluk derecesidir. Dokusal özellikler, gıdaların duysal gelişimi ile gıda maddesinin gözle görülebilen ve aynı zamanda ağızdaki deri ve tat alma kasları ile fark edilen sertlik, yumuşaklık, pürüzlülük gibi özelliklerin tümüdür (Bourne, 2002; Pala 1989; Kramer ve Twigg, 1959).

Reolojik özellikler, besinlerin ve uygulanan işlemlerin nitelik denetimlerinde kullanılmaları, makine ve alet yapımında göz önüne alınması gerekliliği ve besin tüketicileri açısından da bir nitelik etmeni oluşturmaları bakımından besin teknolojisinde önemli yere sahiptirler (Pala, 1989).

5.1 Maddelerin Basınç Altındaki Davranışları

Hareketsiz duran bir akışkanı akmaya zorlayabilmek için bir kuvvetin sürekli olarak uygulanması gerekir. Uygulanan kuvvet, uygulandığı alana paralelse, etkiyen kuvvet akışkan tabakalarını birbiri üzerinden kaydırır, deformasyona uğratar. Bu nedenle, birim alana düşen kuvvete ‘kayma gerilimi (τ)’ denir (Peker ve Helvacı, 2003).

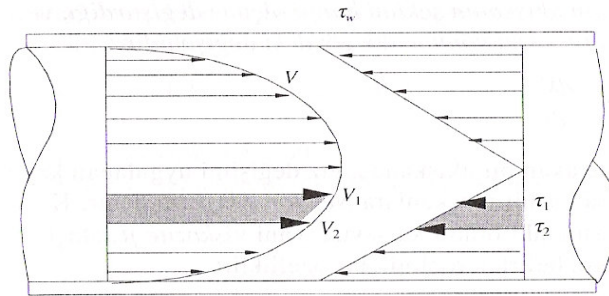
Şekil 5.1’de basınç ve kayma geriliminin akışkan içinden geçen bir kontrol hacmi üzerinde etkisi görülmektedir.



Şekil 5.1 Basınç ve kayma geriliminin akışkan içinden seçilen bir kontrol hacmi üzerine etkisi (Peker ve Helvacı, 2003).

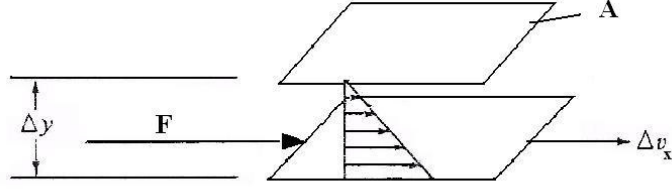
- a) Kontrol hacminin ilk boyutları
- b) Kayma geriliminin etkisi
- c) Basıncın sıkıştırma yönünde etkisi
- d) Basıncın germe yönünde etkisi

Akışkanı çevreleyen bir katı duvar yoksa akışkan bütünüyle aynı hızda akar. Bu durumda akışkan molekülleri arasındaki bağlar da zorlanmaz. Akım, boru gibi katı bir duvarla çevrelenmiş bir kanalda oluyorsa akışkan molekülleri katı duvara yapışarak hareketsiz kalır. Fakat basınç etkisiyle akışkan akıma zorlandığından, merkezde maksimum, duvarlarda sıfır olan bir hız dağılımı meydana gelir (Poiseuille Akımı). Şekil 5.2’de akışkan tabakalarındaki deformasyonun kayma gerilimi tarafından oluşturulduğu görülmektedir (Peker ve Helvacı, 2003).



Şekil 5.2 Poiseuille akımında hız ve kayma gerilimi gradyanları (Peker ve Helvacı, 2003).

Akımı sağlayan kuvvetin etki mekanizması ne olursa olsun akışkan, kayma gerilimi gradyanları altında hareket edecek ve bu gerilimin etkisinde ince bir tabaka haline gelinceye kadar sürekli deformasyona uğrayacaktır.



Şekil 5.3 İki paralel levha arasından akışkanın akması sonucu oluşan hız dağılımı

x akıma paralel, y akıma dik yön olarak ele alınırsa, akışkan içindeki deformasyon, bu yönlerdeki boyut değişimlerinin oranı olarak yani ' dx/dy ' olarak tanımlanır. Şekil 5.3'te akışkanın iki paralel levha arasında akmasıyla meydana gelen hız dağılımı görülmektedir.

Akımın olabilmesi için bu deformasyonun sürekli olarak meydana gelmesi gerekir. Bu durumda deformasyon hızı (γ), etkiyen kayma gerilimi yönüne dik yönde akışkanın hızının değişimine (gradyenine) eşittir.

$$\gamma = (1/dt).(dx/dy) = (1/dy).(dx/dt) = (dV_x/dy) \quad (5.1)$$

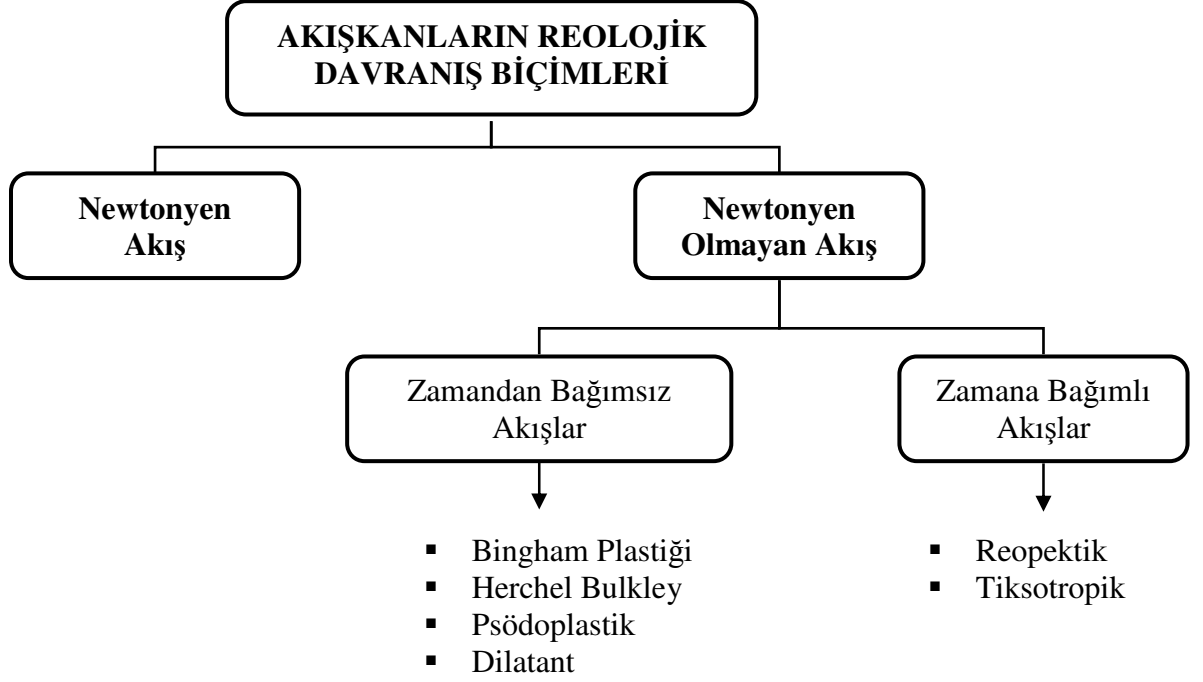
$$\tau = \mu \cdot du/dy = \mu \cdot \gamma \quad (5.2)$$

Denklem 5.2, 'Newton Viskozite Yasası'nı ifade eder. μ , dinamik viskozitedir ve dinamik viskozitenin aynı sıcaklık ve basınçta elde edilen yoğunluğa bölünmesiyle de "kinematik viskozite (ν)" elde edilir.

$$\nu = \mu/\rho \quad (5.3)$$

5.2 Akışkanların Reolojik Davranışları

Akışkanların reolojik davranışları, ideal sıvıdan ideal katıya kadar geniş, bir yelpaze oluştururlar. Şekil 5.4'te reolojik davranış biçimlerinin sınıflandırılması görülmektedir.



Şekil 5.4 Akışkanların reolojik davranış biçimlerinin sınıflandırılması (Ak, 1997)

5.2.1 Newtonyen Davranış

Kayma gerilimi ile hız değişimi arasında doğrusal ilişki bulunan akışkanlar Newtonyen akışkanlardır. Buna göre viskozite sabittir ve kayma hızından (hız değişiminden) bağımsızdır (Geankoplis, 2003). Newtonyen davranış gösteren bir akışkan için Denklem 5.4 geçerlidir :

$$\tau = \mu \cdot \dot{\gamma} \quad (5.4)$$

Tipik olarak Newtonyen davranış gösteren akışkanlara çay, kahve, su, şuruplar, süt ve pek çok bal çeşidi örnek gösterilebilir (Bourne, 2002).

5.2.2 Newtonyen-Dışı Davranışlar

Hız değişimi ile kayma basıncı arasında doğrusal bir bağıntı olmayan sıvılar Newtonyen olmayan akışkanlar olarak tanımlanırlar (Pala, 1989). Yapıda kayma hızıyla ve/veya zamanla meydana gelen değişimler viskoziteyi etkiler. Bir başka deyişle, bu grubun ortak özelliği viskozitenin sabit olmamasıdır. Ancak, düşük ve yüksek kayma hızı bölgelerinde bazen sabit viskozite gözlemlenebilir (Ak, 1997).

Newtonyen olmayan akışkanların viskozitesi sabit olmadığından "viskozite" yerine "görünen viskozite" terimi kullanılır. Görünen viskozite, kayma gerilmesinin kayma hızına bölünmesiyle elde edilir (Steffe, 1992).

$$\eta = f(\gamma) = \tau / \dot{\gamma} \quad (5.5)$$

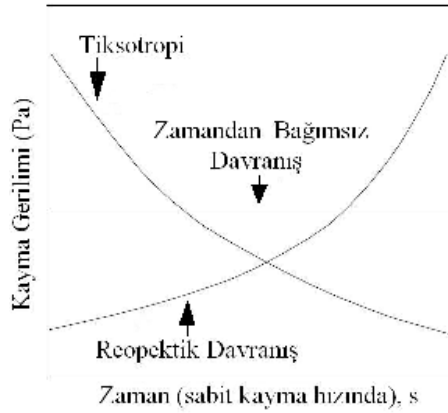
Newtonyen olmayan akışkanlar kayma gerilmesi, kayma hızı uygulama süresinden bağımsız ise ‘zamandan bağımsız’, kayma hızı uygulama süresine bağlı ise ‘zamana bağımlı’ olmak üzere iki genel gruba ayrılırlar (Geankoplis, 2003).

5.2.2.1 Zamana bağlı Newtonyen-olmayan davranışlar

Bu akışkanlar sabit hızda akarken zamanla artan veya azalan kayma gerilmelerine bağlı olarak iki sınıfa ayrılırlar:

- Tiksotropik
- Reopektik

Zamana bağlı davranış gösteren akışkanlarda sabit kayma hızında kayma gerilimi artar ya da azalır (Steffe, 1992). Şekil 5.5’te zamana bağlı reolojik davranış gösteren akışkanlar için sabit kayma hızında görünür kayma geriliminin (görünür viskozitenin) zamanla değişimi gösterilmektedir.



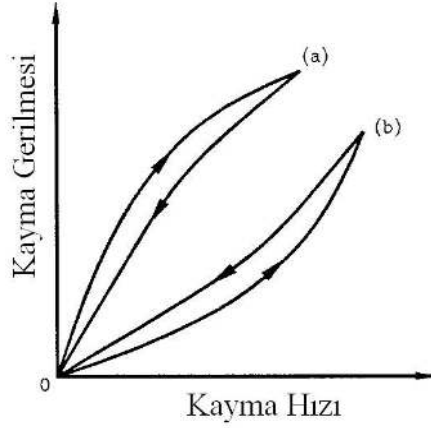
Şekil 5.5 Zamana bağlı reolojik davranışların görünen kayma gerilimi-zaman eğrileri

▪ Tiksotropik davranış

Bu davranış modelinde görünür viskozite zamanla azalmaktadır. Ancak akışkanda meydana gelen değişim tersinirdir. Yani kuvvet uygulaması kesildiğinde akışkan eski haline geri döner (Bourne, 2002). Tiksotropik davranış gösteren akışkanlarda eğer görünür viskozite bir denge değerine ulaşması gereken süreden daha kısa süre kuvvete maruz kalırsa histerez halka oluşur (Rosenthal, 1999). Şekil 5.6’da tiksotropik ve reopektik akışlar için oluşan histerez halka görülmektedir.

▪ Reopektik davranış

Bu davranış tipinde görünür viskozite, sabit kayma hızında zamanla artmaktadır. Reopektik maddeler de tiksotropik akışkanlar gibi dinlenmeye bırakıldığında özgün yapılarına ve reolojik özelliklerine tamamen veya kısmen dönebilirler. Reopektik davranış gıdalarda nadiren daha az rastlanan bir türdür (Bourne, 2002). Şekil 5.6'da tiksotropik ve reopektik akışlar için oluşan histerez halka görülmektedir.



Şekil 5.6 Tiksotropik ve reopektik akışlar için oluşan histerez halka (Kreith vd.,1999).

(a) Tiksotropik akış
(b) Reopektik akış

5.2.2.2 Zamandan bağımsız Newtonyen-dışı davranışlar

Dilatant, psödoplastik, Bingham plastiği ve Herschel-Bulkley modeli olarak adlandırılan davranış biçimleri bu grupta yer alırlar. Newtonyen olmayan ve zamandan bağımsız davranışlar için genel model Denklem 5.6'da verilmiştir.

$$\tau = \tau_0 + K \cdot \dot{\gamma}^n \quad (5.6)$$

Bu denklemde τ_0 yıkılma gerilmesi, K kıvam indeksi, n davranış indeksidir (Ak, 1997). Başka bir deyişle kıvam indeksi, akışkanın koyuluğunun göstergesidir. Davranış (viskozite) indeksi ise akışkanın kayma gerilimi altında ne kadar kolaylıkla deformasyona uğrayacağını göstergesidir (Peker ve Helvacı, 2003).

Diğer taraftan Üstel Kural adı verilen bir yasa ve bu yasaya uyan davranış gösteren akışkanlar da vardır. Üstel kuralın genel ifadesi Denklem 5.7'de görülmektedir:

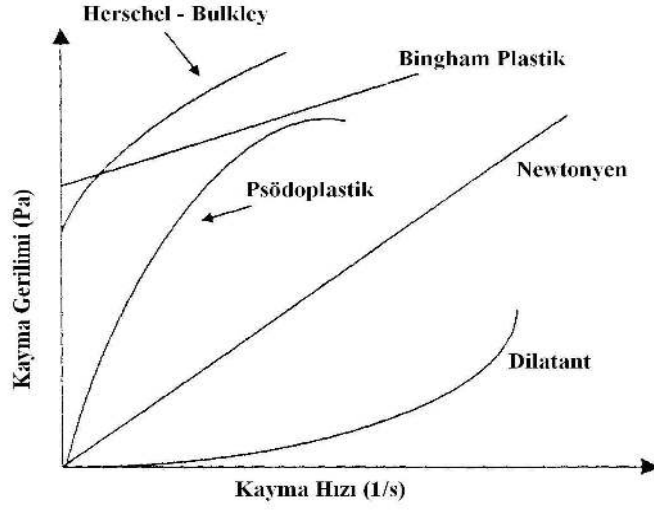
$$\tau = K.\gamma^n \quad (5.7)$$

$n=1$ ise akışkan Newtonyen,

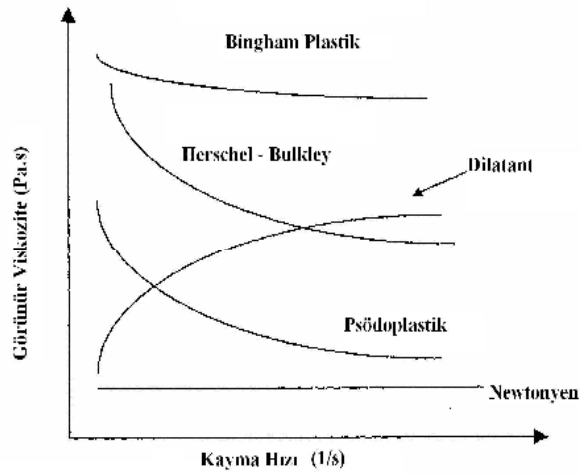
$n<1$ ise akışkan Psödoplastik ,

$n>1$ ise akışkan Dilatanttır (Geankoplis, 2003).

Şekil 5.7 ve Şekil 5.8’de Newtonyen ve zamandan bağımsız davranışlar için kayma gerilimi-kayma hızı ve viskozite-kayma hızı arasındaki ilişkileri gösteren grafikler görülmektedir.



Şekil 5.7 Newtonyen ve zamandan bağımsız davranışlar için kayma gerilimi-kayma hızı grafiği (Steffe, 1992)



Şekil 5.8 Newtonyen ve zamandan bağımsız reolojik davranışlar için görünen viskozite-kayma hızı grafiği (Steffe, 1992).

▪ Dilatant davranış

Bu davranışı gösteren akışkanların viskozitesi, artan kayma hızı ile artış göstermektedir (Geankoplis, 2003). Bu tip akış yüksek oranda çözünmeyen ve süspansiyon haldeki katı partikül içeren sistemlerde görülür. Gıda sanayinde ise az rastlanan bir davranış tipidir (Bourne, 2002). Bazı bal çeşitleri, nişasta konsantresi ve bazı çikolata şurupları bu özelliği gösterir (Bourne, 2002; Pala, 1989).

▪ Psödoplastik davranış

Bu tür davranış gösteren akışkanların viskoziteleri kayma hızı arttıkça azalır (Geankoplis, 2003).

Newtonyen olmayan akışkanların büyük bir bölümünün akış davranışı bu gruba dahildir. Domates suyu, portakal serumu ve bulanık elma suyu gibi pek çok gıda bu akış özelliğini gösterir (Geankoplis, 2003; Pala, 1989).

▪ Bingham plastik davranış

Akışkan içinde durgun halde var olan üst yapı, bir eşik kayma gerilimi uygulanınca çok çabuk dağılıyor ve yeniden yapılanma dağılma süresine göre çok uzun zaman alıyorsa, akışkan, belirli bir eşik kayma gerilimine sahip Newtonyen akışkanı gibi davranır (Peker ve Helvacı, 2003).

$$\tau = \tau_0 + K.\dot{\gamma} \quad (5.8)$$

Denklem 5.8'den de görüleceği gibi, akıştan önce minimum değerdeki bir eşik gerilmesi (τ_0) uygulanmalıdır. Bu tip akışkanlar için davranış indeksi (n) bire eşittir. Gıdalarda çok rastlanan bir akış tipidir. Ketçap, mayonez, yumurta beyazı, margarin örnek verilebilir (Bourne, 2002).

▪ Herschel-Bulkley davranış (plastik davranış)

Tiksotropik akışkanlarda deformasyon yaratılabilmesi için bir eşik kayma gerilimi gerekiyorsa, akışkanın davranışı bu model ile ifade edilir (Peker ve Helvacı, 2003).

$$\tau = \tau_0 + K.\dot{\gamma}^n \quad (5.9)$$

Bu model elastiklik özelliği dışında olabilecek her reolojik davranışı kapsayabilen terimleri

içerdiği için son derece esnektir. $\tau_o = 0$ ile Üstel Kural modeline, $\tau_o = 0$ ve $n=1$ ile Newton modeline, $n=1$ ile Bingham modeline dönüşür (Peker ve Helvacı, 2003).

5.3 Reolojik Davranışları Etkileyen Faktörler

Akışkanların reolojik özellikleri sıcaklık, konsantrasyon, askıda katı madde miktarı ve maddelerin molekül ağırlıkları gibi faktörlerden etkilenir.

Viskozite, moleküllerarası hareketi meydana getiren kuvvetlerin bir fonksiyonudur. Bu kuvvetlerin işlerliği moleküllerarası boşluklara bağlıdır. Sıcaklığın artmasıyla molekül hareketi artmakta ve moleküllerarası boşlukların hacmi de artarak viskozitenin düşmesine neden olur. Sıcaklığın viskoziteye etkisi Denklem 5.10'da görülen Arrhenius denkliği ile ifade edilir.

$$\eta = A \cdot \exp(\Delta E/RT) \quad (5.10)$$

Burada η , viskoziteyi, E akışkanlık aktivite enerjisini, R gaz sabitini, T sıcaklığı ve A da söz konusu akışkanın sıvının molekül ağırlığı ve hacmi ile belirlenen bir sabiti simgelemektedir (Pala, 1989).

Sabit sıcaklıkta konsantrasyonla viskozite arasında doğrusal olmayan bir ilişki vardır. Akışkan bir gıda maddesinin konsantrasyonu arttıkça viskozitesi artış gösterir. Konsantrasyon aynı zamanda akış davranışının tipini de belirler. Bazı gıda maddeleri seyreltik halden daha yoğun hale geçtikçe akış davranış biçimi de değişebilir (Bourne, 2002).

Çözünen maddelerin molekül ağırlığı ile çözeltinin viskozitesi arasında genellikle doğrusal olmayan bir ilişki vardır (Bourne, 2002).

Düşük konsantrasyonlarda askıda madde miktarı arttıkça viskozitede yavaş bir artış gözlenir. Ancak yüksek konsantrasyonlarda askıda madde varlığı partiküller arası etkileşimler nedeniyle viskozitede çok büyük artışlara neden olur (Bourne, 2002).

5.4 Gıdaların Reolojik Özelliklerinin Ölçülmesi

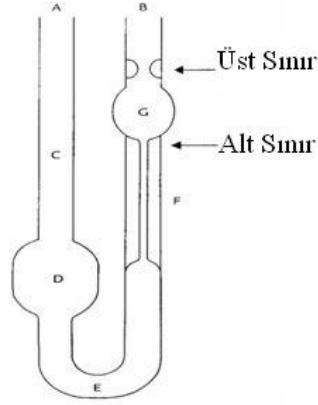
Gıdaların reolojik özellikleri viskozite, kıvam ve dokusal özellikler olmak üzere üç grupta incelenir ve bu reolojik özelliklerin belirlenmesinde farklı ölçüm yöntemlerinden yararlanılmaktadır.

5.4.1 Viskozite Ölçümünde Kullanılan Cihazlar

Viskozite ölçümü değişik tipte viskozimetrelerle yapılmaktadır.

▪ Kılcal viskozimetreler

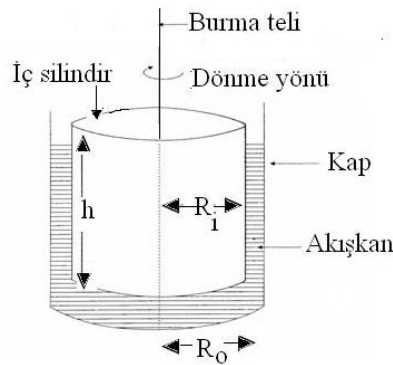
Standart hacimdeki bir sıvının belli uzunluktaki kılcal cam bir tüpten akış süresi ölçülür. Şekil 5.9'da cam kılcal viskozimetrelerden Ostwald viskozimetresi görülmektedir. Standart hacimdeki bir sıvı A kolundan viskozimetreye verilir. Sıvı C tüpünden ve D balonundan geçerek E U-tüpüne gelir. Bir süre sıvı ile viskozimetrenin ısıl dengeye gelmesi beklenir. Daha sonra B ucundan basınç uygulanır. Basınç ile sıvı G'den geçirilerek üst sınıra kadar çıkarılır. Sonra basınç kaldırılır ve sıvının yerçekimi etkisiyle alt sınıra ne kadar sürede geldiği ölçülür (Bourne, 2002).



Şekil 5.9 Ostwald viskozimetresi (Bourne, 2002).

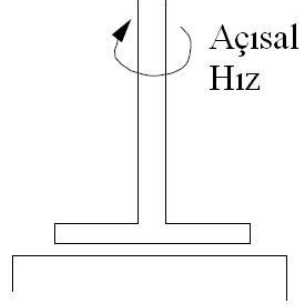
▪ Döner (Rotasyonel) tip viskozimetreler

Couette tipi viskozimetre ya da eşmerkezli silindir viskozimetre de denilen bu tür viskozimetre Şekil 5.10'da gösterilmiştir.



Şekil 5.10 Döner tip viskozimetrenin şematik gösterimi (Bourne, 2002).

konik tipli viskozimetrenin dar noktalarına ulaşamayan maddeler için kullanılır (Bourne, 2002). Şekil 5.12’de plaka-plaka tipi viskozimetrenin şematik görünümü verilmiştir.

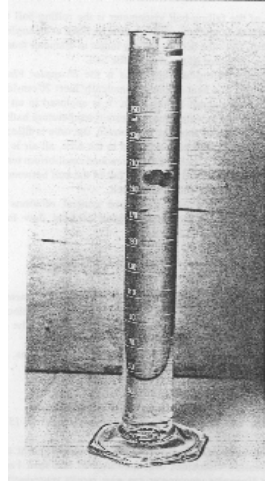


Şekil 5.12 Plaka-plaka tipi viskozimetrenin şematik görünümü (Steffe, 1992).

Plaka-konik tip viskozimetrelerde olduğu gibi, iki yüzey arasına akışkan numunesi konur ve yüzeylerden biri sabit tutulurken diğeri döner ya da salınım yapar. Akışkanın hareketli yüzeye uyguladığı dirençten viskozitesi belirlenir.

▪ Bilyeli viskozimetreler

Bu viskozitede prensip, akışkan içine bırakılan bilyenin yerçekimi etkisi ile aşağı iniş süresinin ölçülmesi sonucu viskozitenin belirlenmesidir. Yerçekimi kuvvetinin bilyeye kazandırdığı ivmeye karşılık, akışkanın bilye yüzeyinde oluşturduğu sürtünme sonucu bilye belli bir limit hız değerine ulaşır.



Şekil 5.13 Bilyeli viskozimetre

Şekil 5.13’te bilyeli viskozimetre görülmektedir. Newtonyen olmayan akışkanlar için uygun olmayan bu viskozimetreler, bilyenin gözlenemeyeceği saydam olmayan akışkanlar için de kullanılmaz.

5.4.2 Kıvam Ölçümünde Kullanılan Cihazlar

Gıdaların kıvamlarını belirleyebilmek pek çok yöntem ve cihaz geliştirilmiştir.

- Adams konsistometresi, gıdanın yayılım derecesi ya da tüm yönlerdeki akışını saptayarak ölçüm yapar.
- Bostwick konsistometresi, dikdörtgen şeklinde ve tabanı milimetrik olarak işaretlenmiş bir tekneden oluşmaktadır. Kıvamı ölçülecek numune bu tekne içine konur ve bir engel vasıtasıyla burada tutulur. Bu engel aniden kaldırılarak 30 saniye içerisinde numunenin kat ettiği mesafe not edilir. Bu mesafe gıda maddesinin kıvamını belirler.
- Penetrometre denilen cihaz, kısa bir çubuğa iletilmiş bir koni, iğne ve küreden ibarettir. Penetrometrenin sabit bir hızla veya yerçekimi kuvveti dolayısıyla aşağı doğru kaymasıyla, gıda numunesi ile temas eder ve bir kuvvet uygulanır. Uygulanan bu kuvvet yaylı terazi ile ölçülür. Penetrometre, puding, marmelat ve jeller gibi yarı katı gıda maddelerinin dayanıklılığı ve gevşeme noktalarının belirlenmesinde kullanılmaktadır (Bourne, 2002).

6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

6.1 Materyal ve Yöntemler

6.1.1 Materyal ve Kullanılan Cihazlar

Deneysel çalışmalarda İstanbul'da bir süpermarketten temin edilen balkabakları kullanılmıştır.

- Hassas terazi (Sartorius LP6200 S); deneysel çalışma süresince ağırlık ölçümünde kullanılmıştır.
- Su banyosu (Lauda E100); mayşenin ısıtılması ve pastörizasyon işlemlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla kullanılmıştır.
- Pres (Döhler Gıda San. Tic.Ltd.Şti.'nin laboratuvar tipi paketli presi); mayşeye uygulanan işlemler sonrasında mayşe preslenmiş ve su ile posası ayrılmış, böylelikle balkabağı suyu elde edilmiştir.
- Refraktometre (Atago RX-5000); elde edilen balkabağı suyunun ve bakkabağı suyu konsantresinin içerdiği çözünür katı madde miktarının belirlenmesinde kullanılmıştır. Cihazdan 100g madde içinde çözünür katı madde miktarı doğrudan okunmuştur.
- pHmetre (Metrohm 719S Titrino); elde edilen balkabağı sularının pH ve asitlik değerlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.
- Döner buharlaştırıcı (Heidolph Laborota 4003); balkabağı suyunun konsantre edilmesinde kullanılmıştır. Konsantre etme işlemi, 45°C sıcaklıkta ve 45mbar basınç altında gerçekleştirilmiştir.
- Viskozimetre (Brookfield LVDV-II+Pro); kabak suyu konsantresinin reolojik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

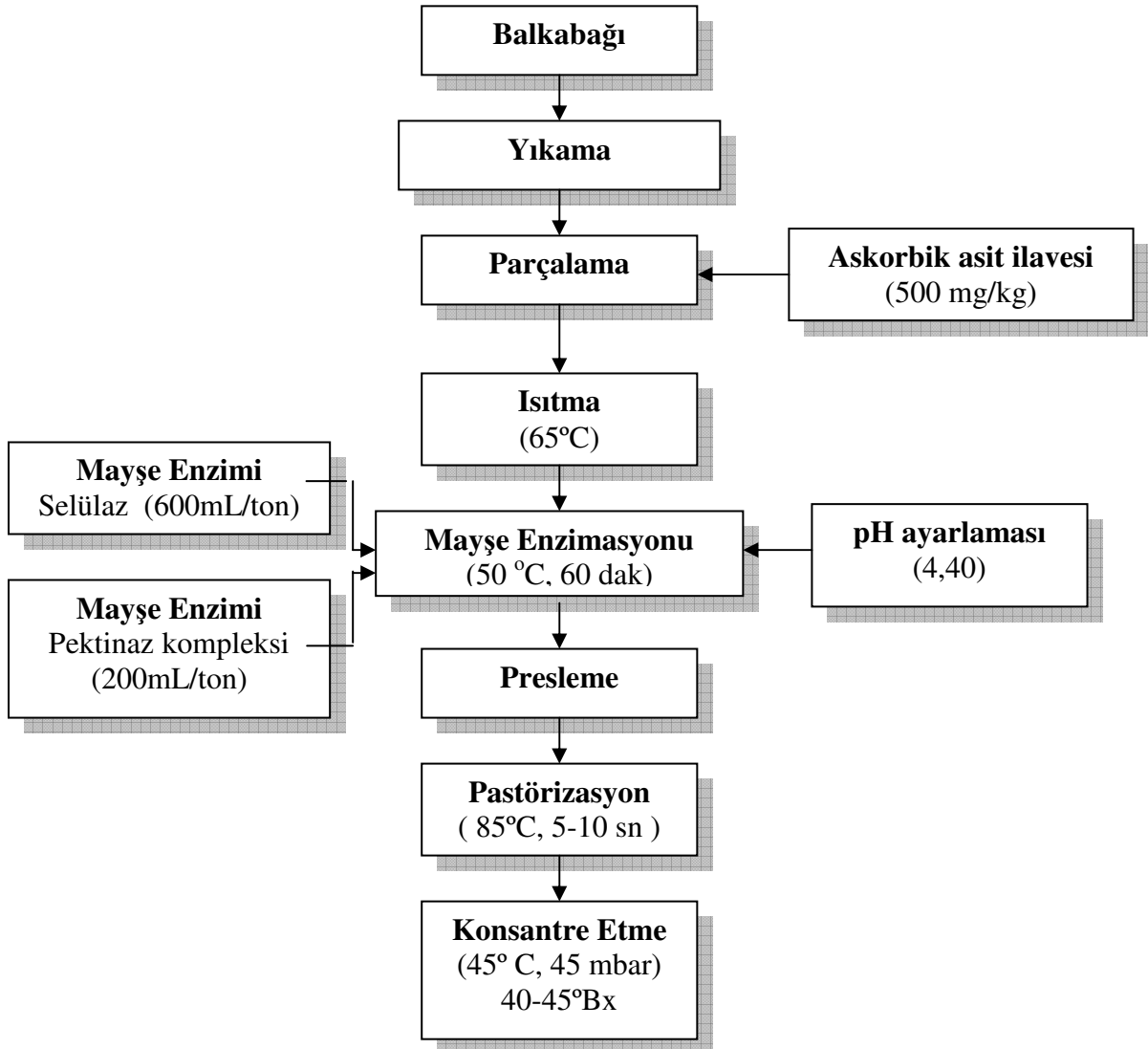
Tüm bu cihazların yanısıra mayşe enzimasyonunda kullanılan *selüla*z (VP1012, Erbslöh, Germany) ve *pektinaz kompleksi* (VP0032, Erbslöh, Germany) enzimleri ile *askorbik asit* ve asitlik düzenlemede kullanılan *sitrik asit* Döhler Gıda Sanayi ve Tic.Ltd.Şti. tarafından karşılanmıştır.

6.1.2 Yöntemler

Balkabağı suyu ve konsantresi elde etmek amacıyla belli miktardaki balkabağı parçalama işlemi ile uygun parça (0,5–1cm) büyüklüğüne getirilmiştir. Elde edilen mayşeye ısıtma, mayşe enzimasyonu, presleme, pastörizasyon ve konsantre etme işlemleri uygulanmıştır. Tüm

bu işlemler farklı kombinasyonlarda denenmiş ve farklı işlemlerin meyve suyu verimi üzerine etkisi gözlenmiştir.

Balkabağı parçalandıktan sonra 90 °C'deki su banyosuna konularak sıcaklığı 65 °C olana kadar burada tutulmuş ve istenen sıcaklığa ulaşıldığında banyodan alınarak preslenmiştir. Mayşe enziminin kullanıldığı uygulamalarda su banyosundan alınan mayşe 50°C'deki su banyosuna konularak sıcaklığının 50°C'ye düşmesi beklenmiştir. Bu sıcaklıktaki mayşeye enzimlerden gerekli miktarda ilave edilmiştir. Mayşe enzimi uygulaması 50°C'de ve 60 dakika süre ile gerçekleştirilmiştir. Süre sonunda presleme yapılmıştır. Çalışmada uygulanan yöntem Şekil 6.1'de verilmektedir.



Şekil 6.1 Balkabağı suyu konsantresi üretim akım şeması.

Balkabağı suyu üretimi için farklı işlem kombinasyonlarının t=0 anında elde edilen balkabağı suyu miktarı (mayşenin kendiliğinden bıraktığı su miktarı) ve presleme işlem sonunda elde edilen toplam balkabağı suyu miktarına etkisi incelenmiştir. Denemeler,

- i. Doğrudan presleme,
- ii. Isıtma ve presleme,
- iii. Isıtma, enzim ilavesi ve presleme,
- iv. Isıtma, enzim ilavesi (Selülaz miktarı arttırılarak) ve presleme,

yapılarak gerçekleştirilmiştir.

6.1.2.1 Parçalama

Hammadde olarak kullanılan balkabağı öncelikle kabukları ile birlikte bıçak yardımı ile dilimlenmiş, numune miktarı tartılarak kaydedilmiş ve sonrasında çekirdekleri ayrılmıştır. Hazırlanan balkabağı numunesi, parçalayıcı yardımı ile 0,5-1 cm büyüklüğüne getirilmiştir. Şekil 6.2 ve Şekil 6.3'te sırası ile hammadde olarak kullanılan balkabağı ve parçalanmış balkabağı görülmektedir.



Şekil 6.2 Hammadde olarak kullanılan balkabağı.



Şekil 6.3 Parçalanmış balkabağı.

Elde edilen balkabağı mayşesine dozajı 500 mg/kg olmak üzere askorbik asit ilave edilmiştir.

6.1.2.2 Isıtma

Balkabağı mayşe haline getirildikten sonra çelik bir kabın içine konulan balkabağı mayşesi 90°C'deki su banyosuna konularak 65°C sıcaklığa ulaşınca kadar ısıtılmıştır. Mayşe 15 dakika aralıklarla 30 s süre ile karıştırılmıştır. Isıtma süresince banyonun kapağı kapalı tutulmuştur. Şekil 6.4'te ısınan mayşe görülmektedir.



Şekil 6.4 Mayşenin ısıtılması.

6.1.2.3 Mayşe Enzimasyonu

Mayşeye enzim ilave edilmesinden önce sıcak su banyosundan alınan 65°C'deki mayşe 50°C'deki su banyosuna konularak bekletilmiştir. Bekleme süresince mayşe karıştırılmıştır. Mayşeye enzim ilave etmeden önce sitrik asit ilavesi yapılarak pH 5,40-5,90 aralığından, kullanılacak enzimler için uygun olan 4,40 değerine düşürülmüştür. Şekil 6.5'te soğutulan mayşe görülmektedir.



Şekil 6.5 Mayşenin soğutulması.

Sıcaklığın 50°C'ye düşmesi ile enzim ilave edilmiştir. Denemelerde *selüloz* (VP1012, *Erbslöh, Germany*) ve *pektinaz kompleksi* (VP0032, *Erbslöh, Germany*) enzimleri kullanılmıştır.

6.1.2.4 Presleme

Mayşe enzimasyonu sonrasında mayşe preslenerek katı ve sıvı fazları ayrılmıştır. Şekil 6.6'da presleme işleminde kullanılan paketli pres görülmektedir.



Şekil 6.6 Paketli pres.

Parçalanan balkabakları prosesin gerektirdiği ısıtma ve mayşe enzimasyonu işlemlerinden geçirildikten sonra presleme aşamasına geçilmiştir. Kullanılan paketli pres, mayşenin suyunu emmeyecek nitelikte ve sebze parçacığı geçişine izin vermeyecek gözenek yapısında olan bezlerin içine konulup paketlerin pres içine yerleştirilmesi ve bu paketlerin üzerine basınç uygulanması ile çalıştırılmaktadır.

Balkabağı mayşesi, bezlerin içine konulmuş ve bezlerin kenarları mayşe kaybı olmayacak şekilde kapatılarak paket haline getirilmiştir. Hazırlanan paketler, plakaların arasına konularak presin içine yerleştirilmiştir. Pres basıncı 50 bar değerine kadar ulaşmaktadır. Presleme işlemi gerçekleştirilirken basınç değeri kademeli olarak arttırılmış, her bir basınç değerinde 3 dakika beklenmiştir. Şekil 6.7'de presleme işleminin aşamaları görülmektedir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 6.7 Presleme işleminin aşamaları.

(a) Mayşenin presin içine yerleştirilmesi

(b) Basınç uygulaması

(c) Presleme sonrası mayşenin durumu

6.1.2.5 Pastörizasyon

Balkabağı preslendikçe elde edilen su, zaman geçirilmeden şişelenerek mikroorganizmaların ve enzimlerin inaktif hale getirilmesi amacı ile 90 °C'deki su banyosuna konularak ısıtılmış ve sıcaklığının 85°C'ye ulaşması sağlanarak pastörize edilmiştir. Şekil 6.8'de pastörize edilen balkabağı suları görülmektedir.



Şekil 6.8 Pastörizasyon.

Pastörizasyon işlemi sonunda balkabağı suyu, soğutularak +4°C’de saklanmıştır.

6.1.2.6 Konsantre Etme

Balkabağı suları döner buharlaştırıcıda 45°C sıcaklıkta ve 45 mbar basınç altında 40-45°Bx’e konsantre edilmiştir. Konsantrasyon işleminde kullanılan buharlaştırıcı Şekil 6.9’da görülmektedir.



Şekil 6.9 Döner buharlaştırıcı.

Cihazın numune kabına balkabağı suyu numunesinden 500 g konulmuştur. Numune kabı, cihazın su banyosu içinde bulunmaktadır ve işlem süresince 30rpm hızla dönmüştür. Su banyosu sıcaklığı 45 °C’ye, sistem basıncı 45 mbar’a ayarlanmış ve cihaz çalıştırılmıştır. Balkabağı suyu numunesinden buharlaşan su, yoğunlaştırıcı bölgesinde soğutma suyunun etkisi ile yoğunlaşmış ve toplama kabında toplanmıştır. Soğutma suyu sıcaklığı 22 °C olup su banyosundan sağlanmıştır. İşlem süresi sonunda cihaz durdurulmuş ve elde edilen balkabağı

suyu konsantresinin briksi, refraktometre yardımı ile ölçülmüştür. Hedeflenen briks değerine ulaşıldığında işlem tamamlanmıştır.

6.1.3 Balkabağı Suyunun Reolojik Özelliklerinin İncelenmesi

Elde edilen balkabağı suyu rotasyon viskozimetre (Brookfield LVDV-II+Pro) kullanılarak 10, 20, 30, 40, 60 ve 60 °C sıcaklıklarında ve 10, 20, 30, 40 ve 45°Bx çözünür katı madde içeriklerindeki reolojik özellikleri incelenmiştir. Şekil 6.10'da kullanılan viskozimetre görülmektedir.



Şekil 6.10 Rotasyon viskozimetre.

Rotasyon viskozimetrenin dıştaki silindirin içine reolojik özellikleri incelenecek olan numune konulmuş ve içteki silindirin dönme hızına bağlı olarak akışkanın viskozitesi ve oluşan kayma gerilimi cihazdan okunmuştur.

Viskozimetrenin numune kabına (dış silindir), briks derecesi ve sıcaklığı belli olan balkabağı konsantresinden 30 mL konulmuştur. Viskozimetrenin hareketli olan iç silindiri viskozimetre gövdesine takılmış ve belirli hızlarda çalıştırılarak her bir hızda okunan kayma gerilimi ve viskozite değerleri kaydedilmiştir. Numunenin sıcaklığı sürekli olarak termometre yardımı ile kontrol altında tutulmuştur. Denemelere 45 °Bx derecesine sahip numune ile başlanmış ve sonrasındaki numuneler için gerekli seyreltmeler içme suyu kalitesinde su ile yapılmıştır. Numunelerin briks derecesi refraktometre ile belirlenmiştir.

6.1.4 Balkabağı Suyunun Kimyasal Analizleri

Deneysel çalışmalar sonunda elde edilen balkabağı suyuna şeker (*HPLC Perkin Elmer Series 200*), organik asit (*HPLC Perkin Elmer Series 200*), A vitamini (*HPLC Perkin Elmer Series 200*) ve mineral madde (*Perkin Elmer AAnalyst 700*) analizleri Gözlem Gıda Kontrol ve Araş. Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

6.2 Deneylerin Uygulanması

6.2.1 Balkabağı Suyu Eldesi

Yapılan denemeler,

(Deneme 1) Doğrudan presleme,

(Deneme 2) Isıtma ve presleme,

(Deneme 3) Isıtma, enzim ilavesi ve presleme,

(Deneme 4) Isıtma, enzim ilavesi (selüloz miktarı artırılarak) ve presleme

şeklinde uygulanmıştır.

Deneme 1'de, parçalanarak 0,5-1 cm büyüklüğüne getirilen balkabakları herhangi bir işleme tabi tutulmadan doğrudan preslenmiştir. Çizelge 6.1'de Deneme 1'in işlem sonuçları görülmektedir.

Çizelge 6.1 Deneme 1'in sonuçları.

Balkabağı numunesi miktarı (g)	Elde edilen balkabağı suyu miktarı (g)	Serbest sebze suyu miktarı (g)	Briks (°Bx)	Elde Edilen Konsantre Miktarı	Kons. Briks (°Bx)
3212	418,3	0	6,36	58,8	44,8

Bu denemenin işlem verimi 54,62 kg balkabağı / kg konsantre olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan verim değeri, 1 kg 44,8 °Bx'lik balkabağı suyu konsantresi üretimi için kullanılması gereken balkabağı miktarını ifade etmektedir. Herhangi bir işlem uygulanmadan preslenen balkabağının presleme veriminin çok düşük olduğu dikkat çekici bir durumdur.

Çizelge 6.2'de Deneme 1'in sonunda yapılan presleme işlemi süresince elde edilen balkabağı suyu miktarları verilmiştir.

Çizelge 6.2 Deneme 1’de presleme süresince elde edilen balkabağı suyu miktarları.

Basınç (bar)	Süre (dak)	Balkabağı suyu miktarı (g)
0	0	0
5	3	22,1
10	6	54,4
15	9	128
20	12	220,6
25	15	289,22
30	18	338,51
35	21	369,48
40	24	395,14
45	27	416,8
50	30	418,3

Deneme 2’de, parçalanmış balkabakları 90°C’deki su banyosuna konularak 65°C sıcaklığa ulaşmaya kadar ısıtılmış ve preslenmiştir. Çizelge 6.3’de Deneme 2’nin işlem sonuçları görülmektedir.

Çizelge 6.3 Deneme 2’nin sonuçları.

Balkabağı numunesi miktarı (g)	Elde edilen balkabağı suyu miktarı (g)	Serbest sebze suyu miktarı (g)	Brix (°Bx)	Elde Edilen Konsantre Miktarı	Kons. Briks (°Bx)
3000,6	2169,8	30,8	7,51	362,6	44,85

Bu denemenin işlem verimi 8,27 kg balkabağı / kg konsantre olarak hesaplanmıştır. Isıtma işlemi hücre zarının geçirgenlik kazanmasını sağlayarak hem elde edilen sebze suyu miktarını hem de sebzenin bıraktığı serbest su miktarını artırır.

Çizelge 6.4’te Deneme 2’in sonunda yapılan presleme işlemi süresince elde edilen balkabağı suyu miktarları verilmiştir.

Çizelge 6.4 Deneme 2’de presleme süresince elde edilen balkabağı suyu miktarları.

Basınç (bar)	Süre (dak)	Balkabağı suyu miktarı (g)
0	0	30,87
5	3	147,91
10	6	229,35
15	9	549,73
20	12	1112,24
25	15	1549,77
30	18	1887,48
35	21	2052,69
40	24	2142,22
45	27	2155,76
50	30	2169,8

Deneme 3’te, parçalanmış balkabakları 90°C’deki su banyosuna konularak 65°C sıcaklığa ulaşmaya kadar ısıtılmıştır. Mayşeye enzim ilave edilmesinden önce sıcak su banyosundan alınan 65°C’deki mayşe 50°C’deki su banyosuna konularak sıcaklığı 50°C’ye düşürüldükten sonra enzim ilave edilmiştir. Enzim ilavesinden önce sitrik asit ilavesi ile pH 4,40 değerlerine düşürülmüştür. Gerekli enzim miktarları *selüloz (VP1012, Erbslöh, Germany)* için 100 mL/ton ve *pektinaz kompleksi (VP0032, Erbslöh, Germany)* için 200 mL/ton üzerinden hesaplanmıştır. Kullanılan 3140,8 g numune için 0,62 mL pektinaz kompleksi, 0,31 mL selüloz kullanılmıştır. Enzim ilavesinden sonra presleme gerçekleştirilerek meyve suyu elde edilmiştir. Çizelge 6.5’te Deneme 3’ün işlem sonuçları görülmektedir.

Çizelge 6.5 Deneme 3’ün sonuçları.

Balkabağı numunesi miktarı (g)	Elde edilen balkabağı suyu miktarı (g)	Serbest sebze suyu miktarı (g)	Brix (°Bx)	Elde Edilen Konsantre Miktarı	Kons. Briks (°Bx)
3140,8	2207,9	203,7	9,11	440,9	45,3

Bu denemenin işlem verimi 7,12 kg balkabağı / kg konsantre olarak hesaplanmıştır. Isıtma işlemi ile hücre zarının geçirgenlik kazanması sağlanırken enzim ilavesi ile hücre duvarı yapısındaki pektinik maddeler ile selüloz kısmen ya da tamamen parçalanır ve sebze özsuynun çıkışı gerçekleşir. Bu denemede hem verimde artış hem de serbest sebze suyu miktarında artış gözlenmiştir.

Çizelge 6.6'da Deneme 3'ün sonunda yapılan presleme işlemi süresince elde edilen balkabağı suyu miktarları verilmiştir.

Çizelge 6.6 Deneme 3'te presleme süresince elde edilen balkabağı suyu miktarları.

Basınç (bar)	Süre (dak)	Balkabağı suyu miktarı (g)
0	0	203,79
5	3	388,24
10	6	624,01
15	9	998,63
20	12	1474,7
25	15	1765,61
30	18	1989,95
35	21	2077,31
40	24	2134,84
45	27	2195,01
50	30	2207,9

Deneme 4'te, parçalanmış balkabakları 90°C'deki su banyosuna konularak 65°C sıcaklığa ulaşınca kadar ısıtılmıştır. Mayşeye enzim ilave edilmesinden önce sıcak su banyosundan alınan 65°C'deki mayşe 50°C'deki su banyosuna konularak sıcaklığı 50°C'ye düşürüldükten sonra enzim ilave edilmiştir. Ancak bu kez kullanılan enzimlerden selüloz miktarı artırılarak etkisi gözlenmiştir. Gerekli enzim miktarları *selüloz (VP1012, Erbslöh, Germany)* için 600 mL/ton ve *pektinaz kompleksi (VP0032, Erbslöh, Germany)* için 200 mL/ton üzerinden hesaplanmıştır. Kullanılan 3177,8 numune için 0,64 mL pektinaz kompleksi, 1,9 mL selüloz kullanılmıştır. Enzim ilavesinden sonra presleme gerçekleştirilerek meyve suyu elde edilmiştir. Çizelge 6.7'de Deneme 4'ün denemenin işlem sonuçları görülmektedir.

Çizelge 6.7 Deneme 4'ün sonuçları.

Balkabağı numunesi miktarı (g)	Elde edilen balkabağı suyu miktarı (g)	Serbest sebze suyu miktarı (g)	Brix (°Bx)	Elde Edilen Konsantre Miktarı	Kons. Briks (°Bx)
3177,8	2976,8	954,3	8,72	568,2	45,58

Bu denemenin işlem verimi 5,59 kg balkabağı / kg konsantre olarak hesaplanmıştır. Selüloz enzimi miktarının artırılması ile verimde ve serbest sebze suyu miktarında artış gözlenmiştir.

Çizelge 6.8’de Deneme 4’ün sonunda yapılan presleme işlemi süresince elde edilen balkabağı suyu miktarları verilmiştir.

Çizelge 6.8 Deneme 4’te presleme süresince elde edilen balkabağı suyu miktarları.

Basınç (bar)	Süre (dak)	Balkabağı suyu miktarı (g)
0	0	954,39
5	3	1108,64
10	6	1486,06
15	9	1751,3
20	12	2011,44
25	15	2284,59
30	18	2475,34
35	21	2614,58
40	24	2831,12
45	27	2919,7
50	30	2976,8

6.2.2 Pastörizasyon

Balkabağı preslendikçe elde edilen su zaman geçirilmeden şişelenerek mikroorganizmaların ve enzimlerin inaktif hale getirilmesi amacı ile 90 °C’deki su banyosuna konularak ısıtılmış ve sıcaklığının 85°C’ye ulaşması sağlanarak pastörize edilmiştir. Pastörizasyon işlemi sonunda balkabağı suyu, soğutularak +4°C’de saklanmıştır.

6.2.3 Konsantre Etme

Presleme işlemi sonunda elde edilen balkabağı suları döner buharlaştırıcıda 45°C sıcaklık ve 45 mbar basınç altında 40-45 °Bx’e konsantre edilmiştir. Çizelge 6.9’da elde edilen konsantrelerin briks ve asitlik değerleri verilmektedir.

Çizelge 6.9 Konsantrasyon işlemi sonunda elde edilen değerler.

	Deneme 1	Deneme 2	Deneme 3	Deneme 4
Kullanılan balkabağı numunesi (g)	3212	3000,6	3140,8	3177,8
Balkabağı suyu miktarı (g)	418,3	2169,8	2207,9	2976,8
Balkabağı suyu briksi (°Bx)	6,36	7,51	9,11	8,72
Balkabağı suyu konsantresi miktarı (g)	58,8	362,6	440,9	568,2
Balkabağı suyu konsantresi briksi (°Bx)	44,8	44,85	45,3	45,58
İşlem verimi (kg balkabağı/kg konsantre)	54,62	8,27	7,12	5,59
Konsantre asitliği (% sitrik asit)	0,40	0,42	0,40	0,50

Tabloda görülen işlem verimi ifadesi, briks derecesi belli olan 1 kg balkabağı suyu konsantresi elde etmek için gerekli olan balkabağı hammaddesi miktarını ifade eder.

Çizelge 6.9'daki değerler göz önüne alındığında balkabağı suyu konsantresi üretim verimleri şu şekilde hesaplanabilir:

- Deneme 1 için : % 1,83
- Deneme 2 için : % 12,08
- Deneme 3 için : % 14,03
- Deneme 4 için : % 17,88 olarak bulunur.

Buna göre ortalama çalışma verimi % 11,45'tir. Ancak deneme 1'in pratikte herhangi bir gerçekliği söz konusu olmadığından ortalamaya alınmayabilir. Çünkü meyve ve sebze suyu işleme endüstrisinde hammadde mutlaka ısıtma ve mayşe enzimi uygulaması işlemlerinden geçmektedir. Bu durumda üretim verimi %14,66'dır. Ayrıca 100 g kabaktaki çekirdek miktarı ortalama 6,23 g, kabuk miktarı ortalama 34,63 ve et miktarı ise 59,14 g olarak bulunmuştur. Buna göre 1 kg balkabağı için konsantre üretim verimi ortalama % 13,75'tir. Bu verim, 1 ton balkabağının kabuklu olarak işlenmesi ile 137,5 kg balkabağı suyu konsantresi elde edilebileceğini göstermektedir. Balkabağı kabuksuz işlenecek olursa 1 kg balkabağı için çalışma verimi % 8,7'ye düşerken 1 ton balkabağından 87 kg balkabağı suyu konsantresi elde edilebilir. Bu sayısal verilere bakıldığında konsantre verimi düşük olmakla birlikte ulaşılabilirliği kolay ve ekonomik bir sebze olması balkabağının sebze suyuna işlenebilir olduğunu göstermektedir.

6.3 Balkabağı Suyunun Kimyasal Analizleri

Balkabağı suyunun asitlik, pH, şeker, organik asit, A vitamini ve mineral madde analizleri Gözlem Gıda Kontrol ve Araş. Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 6.10, 6.11, 6.12 ve 6.13'te görülmektedir.

Çizelge 6.10 Balkabağı suyunun şeker bileşimi.

Şekerler	Miktar (g/100 mL)
Sakkaroz	4,22
Glikoz	2,74
Fruktoz	0,31
Maltoz	0,25
Toplam	7,52

Çizelge 6.11 Balkabağı suyunun organik asit bileşimi.

Organik asitler	Miktar (mg/100 mL)
Malik asit	287,9
Sitrik asit	239

Çizelge 6.12 Balkabağı suyundaki A vitamini miktarı.

	Miktar (µg/100mL)
A Vitamini	290

Çizelge 6.13 Balkabağı suyunun mineral madde içeriği.

Mineraller	Miktar (mg/100 mL)
Fe	0,15
Zn	0,21
Cu	0,06
Mn	0,08

Balkabağı suyuna yapılan kimyasal analizler sonunda elde edilen sonuçlara göre içinde en çok bulunan şekerin sakkaroz olduğu ve glikoz, fruktoz ve maltoz içerdiği tespit edilmiştir.

Balkabağı suyu organik asit olarak sitrik asit ve malik asit içermekte ve bu bileşimin çoğunun malik asit tarafından oluşturulduğu görülmektedir.

6.4 Balkabağı Suyu Konsantresinin Reolojik Özelliklerinin İncelenmesi

Balkabağı suyunun farklı sıcaklıklarda ve farklı briks değerlerinde reolojik özellikleri incelenmiştir. Bunun için rotasyon viskozimetre kullanılmıştır. Rotasyon viskozimetrenin dış silindirinin içine balkabağı suyu konulmuş ve iç silindir farklı dönme hızlarında (γ) çalıştırılarak oluşan kayma basıncı değerleri (τ) ve akışkanın gösterdiği direnç (μ) kaydedilmiştir.

Denemeler 10, 20, 30, 40 ve 45°Bx olmak üzere 5 farklı briks derecesinde ve her bir briks değerinde 10, 20, 30, 40, 50 ve 60 °C olmak üzere 6 farklı sıcaklık için yapılmıştır.

Çizelge 6.14, 6.15, 6.16, 6.17 ve 6.18’de balkabağı suyunun sırası ile 10, 20, 30, 40 ve 45°Bx değerleri için yapılan ölçümler sonucu elde edilen değerler verilmiştir.

Çizelge 6.14 10⁰Bx'lik kabak suyu için elde edilen reolojik değerler

[illegible]

Çizelge 6.15 20 °Bx'lik kabak suyu için elde edilen reolojik değerler

10° C										
	1 rpm	2,5 rpm	5 rpm	6 rpm	10 rpm	12 rpm	20 rpm	30 rpm	50 rpm	60 rpm
γ (1/s)	1,22	3,06	6,12	7,34	12,2	14,7	24,5	36,7	61,2	73,4
μ (mPa.s)	4,8	4,7	4,56	4,5	4,44	4,35	4,2	4,12	3,97	3,95
τ (mPa)	6	14	27	33	54	64	103	151	243	290
20° C										
	1 rpm	2,5 rpm	5 rpm	6 rpm	10 rpm	12 rpm	20 rpm	30 rpm	50 rpm	60 rpm
γ (1/s)	1,22	3,06	6,12	7,34	12,2	14,7	24,5	36,7	61,2	73,4
μ (mPa.s)	4,8	4,56	4,5	4,49	4,43	4,32	4,2	4,1	3,95	3,89
τ (mPa)	6	14	27	33	54	63	103	150	241	286
30° C										
	1 rpm	2,5 rpm	5 rpm	6 rpm	10 rpm	12 rpm	20 rpm	30 rpm	50 rpm	60 rpm
γ (1/s)	1,22	3,06	6,12	7,34	12,2	14,7	24,5	36,7	61,2	73,4
μ (mPa.s)	4,2	4,18	4,12	4,09	4,07	4,05	3,93	3,9	3,85	3,84
τ (mPa)	5	13	25	30	50	59	97	143	235	282
40° C										
	1 rpm	2,5 rpm	5 rpm	6 rpm	10 rpm	12 rpm	20 rpm	30 rpm	50 rpm	60 rpm
γ (1/s)	1,22	3,06	6,12	7,34	12,2	14,7	24,5	36,7	61,2	73,4
μ (mPa.s)	4,17	4,13	3,96	3,87	3,84	3,8	3,63	3,56	3,5	3,48
τ (mPa)	5	12	24	28	47	56	89	131	214	255
50° C										
	1 rpm	2,5 rpm	5 rpm	6 rpm	10 rpm	12 rpm	20 rpm	30 rpm	50 rpm	60 rpm
γ (1/s)	1,22	3,06	6,12	7,34	12,2	14,7	24,5	36,7	61,2	73,4
μ (mPa.s)	4,11	4,08	3,72	3,6	3,48	3,4	3,36	3,24	3,23	3,2
τ (mPa)	5	12	23	26	42	50	82	119	198	234
60° C										
	1 rpm	2,5 rpm	5 rpm	6 rpm	10 rpm	12 rpm	20 rpm	30 rpm	50 rpm	60 rpm
γ (1/s)	1,22	3,06	6,12	7,34	12,2	14,7	24,5	36,7	61,2	73,4
μ (mPa.s)	3,6	3,58	3,38	3,3	3,12	2,8	2,79	2,78	2,74	2,7
τ (mPa)	4	10	21	24	38	41	68	101	167	198

Çizelge 6.16 30 °Bx'lik kabak suyu için elde edilen reolojik değerler

10° C								
	1 rpm	2,5 rpm	5 rpm	6 rpm	10 rpm	12 rpm	20rpm	30 rpm
γ (1/s)	1,22	3,06	6,12	7,34	12,2	14,7	24,5	36,7
μ (mPa.s)	18	15,8	11,4	10,38	10,35	10,3	10,2	10,1
τ (mPa)	22	45	70	76	126	151	250	370
20° C								
	1 rpm	2,5 rpm	5 rpm	6 rpm	10 rpm	12 rpm	20rpm	30 rpm
γ (1/s)	1,22	3,06	6,12	7,34	12,2	14,7	24,5	36,7
μ (mPa.s)	17,4	13,4	11	10,31	10,3	10,1	9,66	9,34
τ (mPa)	21	41	67	76	125	148	236	343
30° C								
	1 rpm	2,5 rpm	5 rpm	6 rpm	10 rpm	12 rpm	20rpm	30 rpm
γ (1/s)	1,22	3,06	6,12	7,34	12,2	14,7	24,5	36,7
μ (mPa.s)	14,3	12,3	10,8	10,29	10,21	10	9,64	9,29
τ (mPa)	17	37	66	75	125	147	236	340
40° C								
	1 rpm	2,5 rpm	5 rpm	6 rpm	10 rpm	12 rpm	20rpm	30 rpm
γ (1/s)	1,22	3,06	6,12	7,34	12,2	14,7	24,5	36,7
μ (mPa.s)	13,5	11,9	10,4	10,1	9,78	9,2	9,12	8,92
τ (mPa)	16	36	64	74	119	135	223	327
50° C								
	1 rpm	2,5 rpm	5 rpm	6 rpm	10 rpm	12 rpm	20rpm	30 rpm
γ (1/s)	1,22	3,06	6,12	7,34	12,2	14,7	24,5	36,7
μ (mPa.s)	12,8	11	9,72	9,7	9,3	9,15	8,64	8,3
τ (mPa)	15	34	59	71	113	134	211	304
60° C								
	1 rpm	2,5 rpm	5 rpm	6 rpm	10 rpm	12 rpm	20rpm	30 rpm
γ (1/s)	1,22	3,06	6,12	7,34	12,2	14,7	24,5	36,7
μ (mPa.s)	12	9,84	9	8,6	7,98	7,55	6,98	6,92
τ (mPa)	14	30	55	63	97	111	171	253

Çizelge 6.17 40 °Bx'lik kabak suyu için elde edilen reolojik değerler.

10° C								
	1 rpm	1,5 rpm	2 rpm	2,5 rpm	5 rpm	6 rpm	10 rpm	12 rpm
γ (1/s)	1,22	1,83	2,45	3,06	6,12	7,34	12,2	14,7
μ (mPa.s)	45	41,2	40,8	39,4	36,5	35,7	33,7	32,9
τ (mPa)	55	76	100	120	223	262	411	483
20° C								
	1 rpm	1,5 rpm	2 rpm	2,5 rpm	5 rpm	6 rpm	10 rpm	12 rpm
γ (1/s)	1,22	1,83	2,45	3,06	6,12	7,34	12,2	14,7
μ (mPa.s)	39,6	38	36	35	32,2	31,2	29,1	28,9
τ (mPa)	48	70	88	107	197	229	355	424
30° C								
	1 rpm	1,5 rpm	2 rpm	2,5 rpm	5 rpm	6 rpm	10 rpm	12 rpm
γ (1/s)	1,22	1,83	2,45	3,06	6,12	7,34	12,2	14,7
μ (mPa.s)	35,4	33,2	32,7	31,7	29	28,4	26,6	26,1
τ (mPa)	43	61	80	97	177	208	324	384
40° C								
	1 rpm	1,5 rpm	2 rpm	2,5 rpm	5 rpm	6 rpm	10 rpm	12 rpm
γ (1/s)	1,22	1,83	2,45	3,06	6,12	7,34	12,2	14,7
μ (mPa.s)	34,2	29,6	27,6	25,9	22,7	22,5	19,4	19,1
τ (mPa)	42	54	67	79	139	165	237	281
50° C								
	1 rpm	1,5 rpm	2 rpm	2,5 rpm	5 rpm	6 rpm	10 rpm	12 rpm
γ (1/s)	1,22	1,83	2,45	3,06	6,12	7,34	12,2	14,7
μ (mPa.s)	31,2	28,7	26,1	25,4	21,4	20,5	19	18,8
τ (mPa)	38	53	64	77	131	150	232	276
60° C								
	1 rpm	1,5 rpm	2 rpm	2,5 rpm	5 rpm	6 rpm	10 rpm	12 rpm
γ (1/s)	1,22	1,83	2,45	3,06	6,12	7,34	12,2	14,7
μ (mPa.s)	27	23,6	23,1	22,6	19,1	17,9	17,2	17
τ (mPa)	33	44	56	69	117	131	210	250

Çizelge 6.18 45 °Bx'lik kabak suyu için elde edilen reolojik değerler.

10° C								
	0,3 rpm	0,5 rpm	0,6 rpm	1 rpm	1,5 rpm	2 rpm	2,5 rpm	3 rpm
γ (1/s)	0,367	0,612	0,734	1,22	1,83	2,45	3,06	3,69
μ (mPa.s)	174	158,4	151	145,8	140,8	140,1	135,3	131
τ (mPa)	65	97	110	179	258	343	414	483
20° C								
	0,3 rpm	0,5 rpm	0,6 rpm	1 rpm	1,5 rpm	2 rpm	2,5 rpm	3 rpm
γ (1/s)	0,367	0,612	0,734	1,22	1,83	2,45	3,06	3,69
μ (mPa.s)	165,8	147,6	143	134,8	126,8	115,8	112,3	111,5
τ (mPa)	61	90	105	169	250	283	343	411
30° C								
	0,3 rpm	0,5 rpm	0,6 rpm	1 rpm	1,5 rpm	2 rpm	2,5 rpm	3 rpm
γ (1/s)	0,367	0,612	0,734	1,22	1,83	2,45	3,06	3,69
μ (mPa.s)	160	140,4	135	120	108,8	102,3	97,9	96
τ (mPa)	58	86	99	147	200	250	299	352
40° C								
	0,3 rpm	0,5 rpm	0,6 rpm	1 rpm	1,5 rpm	2 rpm	2,5 rpm	3 rpm
γ (1/s)	0,367	0,612	0,734	1,22	1,83	2,45	3,06	3,69
μ (mPa.s)	130	123,6	119	108,6	98,4	93,6	90,4	88
τ (mPa)	47	76	87	133	181	228	277	323
50° C								
	0,3 rpm	0,5 rpm	0,6 rpm	1 rpm	1,5 rpm	2 rpm	2,5 rpm	3 rpm
γ (1/s)	0,367	0,612	0,734	1,22	1,83	2,45	3,06	3,69
μ (mPa.s)	124	118,3	116	100,8	85,6	85,5	81,3	72
τ (mPa)	45	72	85	123	157	208	249	266
60° C								
	0,3 rpm	0,5 rpm	0,6 rpm	1 rpm	1,5 rpm	2 rpm	2,5 rpm	3 rpm
γ (1/s)	0,367	0,612	0,734	1,22	1,83	2,45	3,06	3,69
μ (mPa.s)	121,3	115,4	110	94,8	84,9	83,7	80,6	70,3
τ (mPa)	44	70	80	116	145	200	244	255

7. SONUÇLAR

Balkabağı sebzesinden parçalama, ısıtma, mayşe enzimi ilavesi, presleme, pastörizasyon ve konsantrasyon işlemleri ile laboratuvar ölçeğinde balkabağı suyu konsantresi elde edilmiştir. Denemeler süresince sebze suyu eldesi üzerine etkili olabilecek ısıtma, mayşe enzimi ilavesi, mayşe enzimi miktarının artırılması gibi parametreler belirlenmiş ve bunların etkileri gözlenmiştir. Ayrıca elde edilen balkabağı suyunun reolojik özellikleri incelenmiş ve gösterdiği akış davranışı saptanmıştır.

Balkabağı sebzesi dört farklı deneme ile sebze suyuna işlenmiş ve dört farklı deneme ile elde edilen değerler Çizelge 7.1’de verilmiştir.

Çizelge 7.1 Balkabağı suyu üretimi için uygulanan işlemler sonucu elde edilen değerler.

	Deneme 1	Deneme 2	Deneme 3	Deneme 4
Kullanılan balkabağı numunesi (g)	3212	3000,6	3140,8	3177,8
Serbest balkabağı suyu miktarı (g)	0	30,8	203,7	954,3
Balkabağı suyu miktarı (g)	418,3	2169,8	2207,9	2976,8
Balkabağı suyu briksi (°Bx)	6,36	7,51	9,11	8,72
Balkabağı suyu konsantresi miktarı (g)	58,8	362,6	440,9	568,2
İşlem verimi (kg balkabağı/kg konsantre)	54,62	8,27	7,12	5,59

Deneme 1’de balkabakları parçalanmış ve preslenmiş, deneme 2’de parçalanmış, ısıtılmış ve preslenmiş, deneme 3’te parçalanmış, ısıtılmış, enzim ilave edilmiş ve preslenmiş, deneme 4’de ise parçalanmış, ısıtılmış, enzim ilave edilmiş (miktarı artırılarak) ve preslenmiştir.

Çizelge 7.1’deki verilere bakıldığında deneme 1’de mayşeye herhangi bir işlem uygulanmadığında sebzenin serbest suyunu bırakmadığı ve toplamda elde edilen sebze suyu miktarının oldukça az olduğu görülmektedir. Deneme 2’de mayşenin ısıtılması sonucunda balkabağı meyvesinin hücre duvarı geçirgenliği artmış ve meyve herhangi bir basınç etkisi altında kalmadan kendiliğinden suyunu bırakmıştır. Ayrıca, deneme 2’de elde edilen balkabağı suyunun briks derecesinin daha yüksek olması, ısıtmanın sebzedeki sebze suyuna çözünabilir katı madde geçişi üzerine etkili olduğunu göstermektedir. Deneme 3’te mayşeye ısıtmanın yanı sıra mayşe enzimi ilave edilmiştir. Pektinaz kompleksi miktarı 200 mL/ton, selüloz enzimi miktarı ise 100 mL/ton üzerinden hesaplanarak belirlenmiştir. Enzim, hücre orta lamelindeki pektini ve selülozu kısmen parçalayarak sebze suyu eldesini

kolaylaştırmıştır. Bu nedenle sebzenin bıraktığı serbest su miktarında da gözle görülür bir artış gerçekleşmiştir. Bunun yanı sıra elde edilen balkabağı suyunun briks derecesinde artış gözlenmiştir. Deneme 4’de ise, deneme 3’te ısıtmaya ek olarak mayşe enzimi ilave edilmiştir. Ancak bu denemede, deneme 3’te kullanılan selüloz enzimi miktarı %500 arttırılarak kullanılmıştır. Bu şekilde yapılan uygulama ile sebzenin bıraktığı serbest su miktarı 3 kat artmıştır. Deneme 4’te briks derecesinin düşmesine rağmen toplamda elde edilen sebze suyu miktarında yüksek bir artış gözlenmiştir.

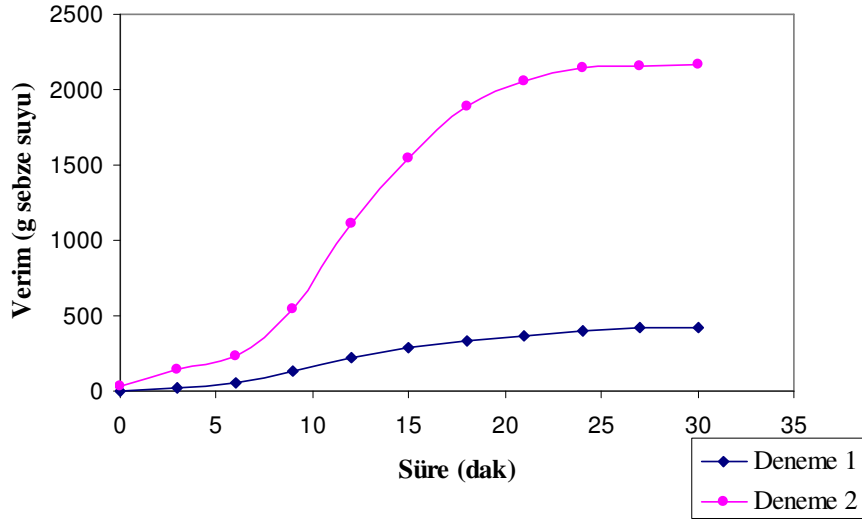
Tüm denemeler sonrasında kalan balkabağı posasına bakıldığında ise deneme 1’deki posa miktarının en fazla ve en ıslak olduğu, ısıtma işlemi, mayşe enzimasyonu ve mayşe enzimi miktarının arttırılması ile kalan balkabağı posasının daha kuru hale geldiği ve preslemenin daha iyi sağlandığı saptanmıştır.

Bu sonuçlardan yola çıkarak hem yüksek briks derecesine ulaşmak hem de toplamda yüksek miktarda balkabağı suyu eldesini sağlayan proses ve koşulları;

- Parçalama
- Isıtma (65 °C)
- Mayşe Enzimasyonu (50 °C ve 60dak; *selüloz* [VP1012, Erbslöh, Germany] : 600 mL/ton ve pektinaz [VP0032, Erbslöh, Germany]: 200 mL/ton)
- Pastörizasyon (85 °C)
- Presleme,

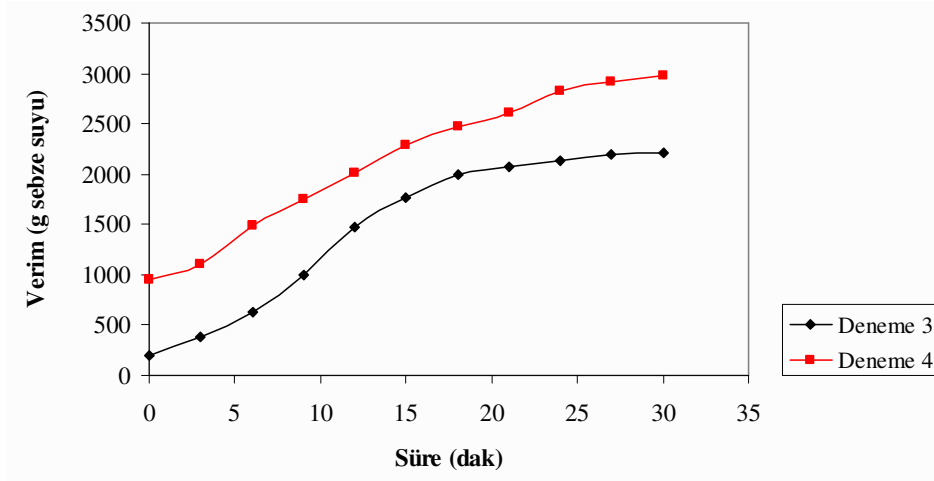
olarak belirlenmiştir.

Balkabağı suyu üretiminin son aşaması olan presleme işleminde dört deneme için de verim-süre grafikleri çizilerek balkabağı suyu verimi ile süre arasındaki ilişki gösterilmiştir. Şekil 7.1’de deneme 1 ve deneme 2 , Şekil 7.2’de deneme 3 ve deneme 4, Şekil 7.3’te ise deneme 1, deneme 2 , deneme 3 ve deneme 4 için elde edilen grafikler görülmektedir.



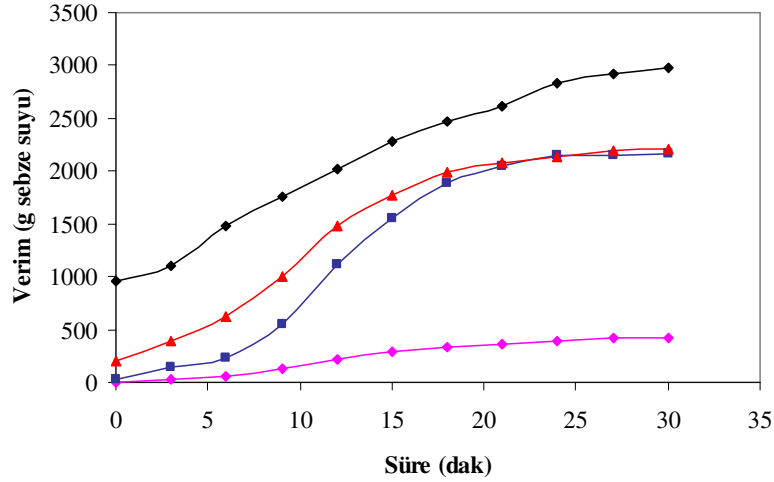
Şekil 7.1 Deneme 1 ve Deneme 2 için presleme süresi ve meyve suyu verimi arasındaki ilişki.

Deneme 1 ve deneme 2'nin presleme verilerinden yola çıkılarak elde edilen grafikten hiçbir işleme tabi tutulmadan doğrudan preslenen balkabağı için $t=0$ anında herhangi bir su çıkışı görülmezken, ısıtmaya tabi tutulup parçalanmış balkabağının preslenmesi ile $t=0$ anında bir miktar suyun çıkış yaptığı ve sebzenin suyunu bıraktığı ve toplamda elde edilen meyve suyu miktarının yüksek miktarda artış gösterdiği görülmektedir.



Şekil 7.2 Deneme 3 ve Deneme 4 için presleme süresi ve meyve suyu verimi arasındaki ilişki.

Deneme 3 ve deneme 4'ün presleme verilerinden yola çıkılarak elde edilen grafik, enzim miktarının artırılması ile hem toplamda elde edilen sebze suyu miktarının arttığını hem de $t=0$ anında açığa çıkan serbest su miktarında artış gerçekleştiğini göstermiştir.



Şekil 7.3 Tüm denemeler için presleme süresi ve meyve suyu verimi arasındaki ilişki.

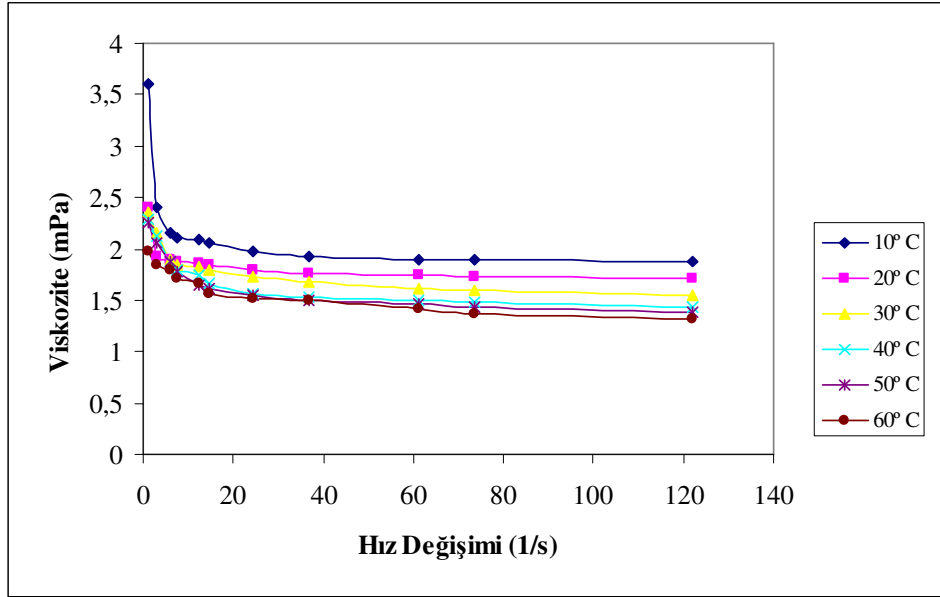
Dört deneme için de çizilen grafiklerden anlaşılacağı gibi, presleme süresince elde edilen sebze suyu miktarı öncelikle bir artış görülmekte, ancak belli bir süre geçtikten sonra açığa çıkan sebze suyu miktarında az bir değişme gerçekleşmektedir. Yani, belli bir presleme süresi sonunda sebzenin çok az su bırakmaya başladığı ve presleme veriminin o andan itibaren hemen hemen artış göstermediği görülmüştür. Ayrıca grafikteki eğrilere bakıldığında $t=0$ anında sebzenin bıraktığı serbest su miktarının deneme 1, deneme 2, deneme 3 ve deneme 4 sırası ile artış gösterdiği görülmekte bu da ısıtma ve enzim uygulamalarının etkisini net olarak göstermektedir.

Elde edilen balkabağı suları, döner buharlaştırıcıda 45°C sıcaklıkta ve 45 mbar basınç altında $40\text{-}45^{\circ}\text{Bx}$ 'e konsantre edilmiştir. Yapılan konsantrasyon işlemleri sonucu elde edilen değerlere bakıldığında, 1 ton balkabağının kabuklu olarak işlenmesi ile 137,5 kg balkabağı suyu konsantresi elde edilebileceği sonucuna varılmıştır. Verim yüksek olmamakla birlikte balkabağının kolaylıkla yetiştirilebilen, çok kolay ulaşılabilen ve ucuz bir meyve olması gibi faktörler balkabağının sebze suyuna işlenebilir bir sebze olabileceğini göstermektedir.

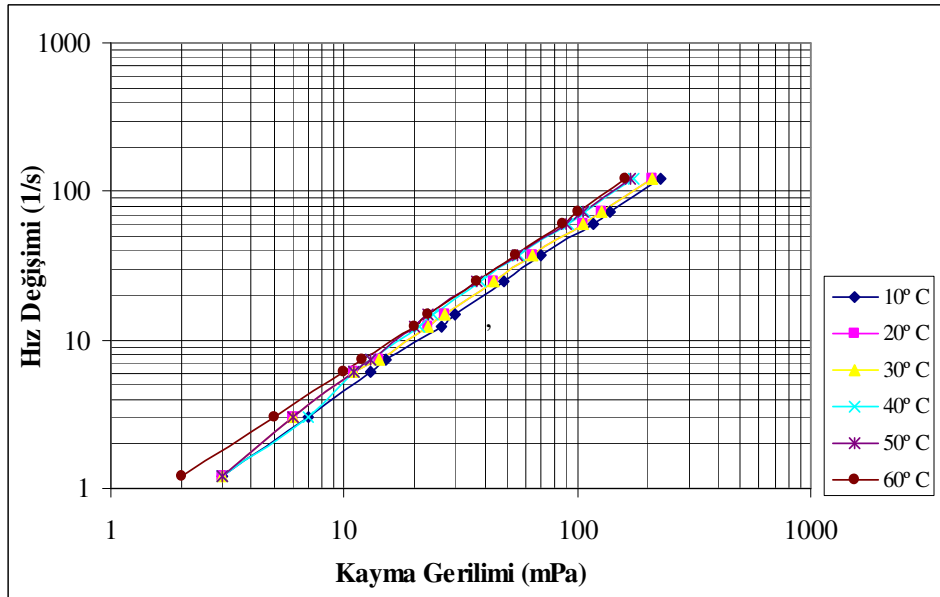
Balkabağı suyuna yapılan kimyasal analizler göstermiştir ki, balkabağı suyu yüksek miktarda A vitamini içeriğine sahiptir. Şeker miktarı düşük olmakla birlikte demir, çinko, mangan ve bakır içerdiği saptanmış ve organik asit olarak en çok malik asit ve sitrik asit içerdiği belirlenmiştir.

Elde edilen balkabağı suyunun reolojik özellikleri incelenmiştir. Gerçekleştirilen denemeler $10, 20, 30, 40$ ve 45°Bx olmak üzere 5 farklı briks derecesinde ve her bir briks değerinde $10, 20, 30, 40, 50$ ve 60 olmak üzere 6 farklı sıcaklık için yapılmıştır. Şekil 7.4'ten Şekil 7.20'ye

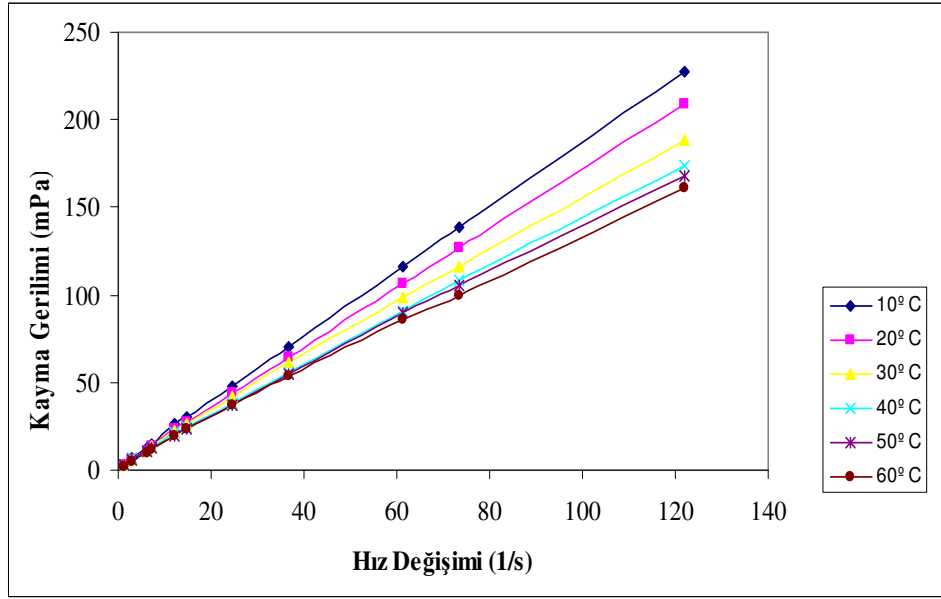
kadar olan tüm grafikler reolojik denemelerden elde edilen veriler göz önüne alınarak çizilmiştir.



Şekil 7.4 10 °Bx'lik balkabağı suyu için hız değişimi-viskozite ilişkisi.



Şekil 7.5 10 °Bx'lik balkabağı suyu için kayma gerilimi-hız değişimi ilişkisi.



Şekil 7.6 10 °Bx’lık balkabağı suyu için kayma gerilimi-hız değişimi ilişkisi ve model denklemleri.

10 °Bx’lık balkabağı suyu için çizilen Şekil 7.6’daki eğrilerin elde edilen model denklemleri aşağıda verilmiştir.

$$\tau_{10} = 2,4099 \cdot \gamma^{0,941}$$

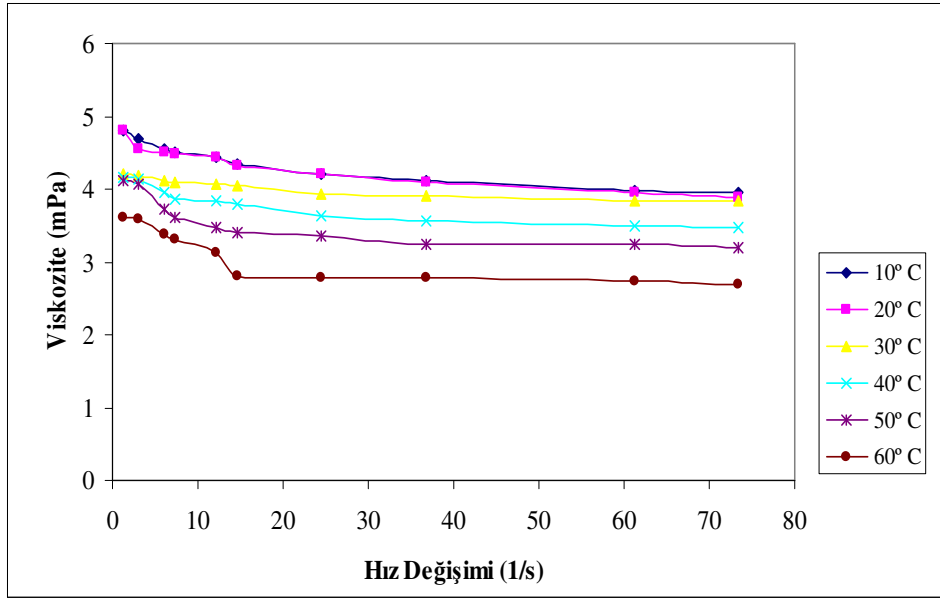
$$\tau_{20} = 2,2037 \cdot \gamma^{0,9384}$$

$$\tau_{30} = 2,2652 \cdot \gamma^{0,9144}$$

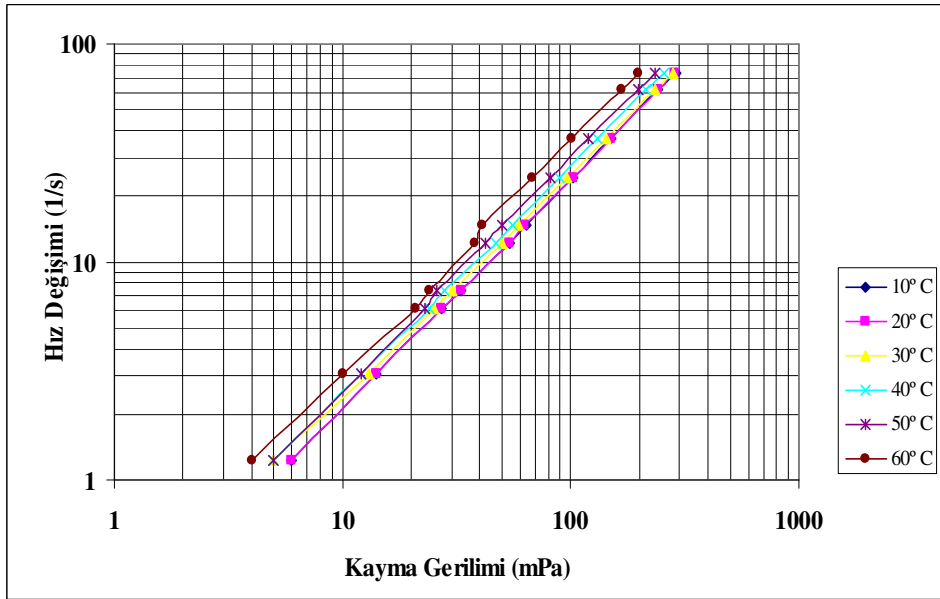
$$\tau_{40} = 2,3841 \cdot \gamma^{0,88}$$

$$\tau_{50} = 2,2716 \cdot \gamma^{0,8855}$$

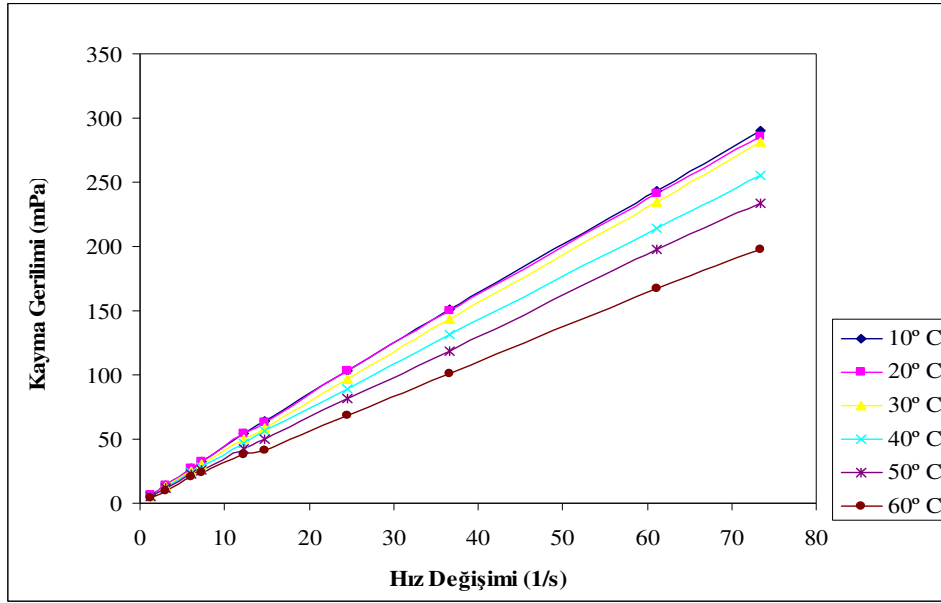
$$\tau_{60} = 1,7608 \cdot \gamma^{0,9476}$$



Şekil 7.7 20 °Bx'lik balkabağı suyu için hız değişimi-viskozite ilişkisi.



Şekil 7.8 20 °Bx'lik balkabağı suyu için kayma gerilimi-hız değişimi ilişkisi.



Şekil 7.9 20 °Bx’lik balkabağı suyu için kayma gerilimi-hız değişimi ilişkisi ve model denklemleri.

20 °Bx’lik balkabağı suyu için çizilen Şekil 7.9’daki eğrilerin elde edilen model denklemleri aşağıda verilmiştir.

$$\tau_{10} = 4,9293 \cdot \gamma^{0,9495}$$

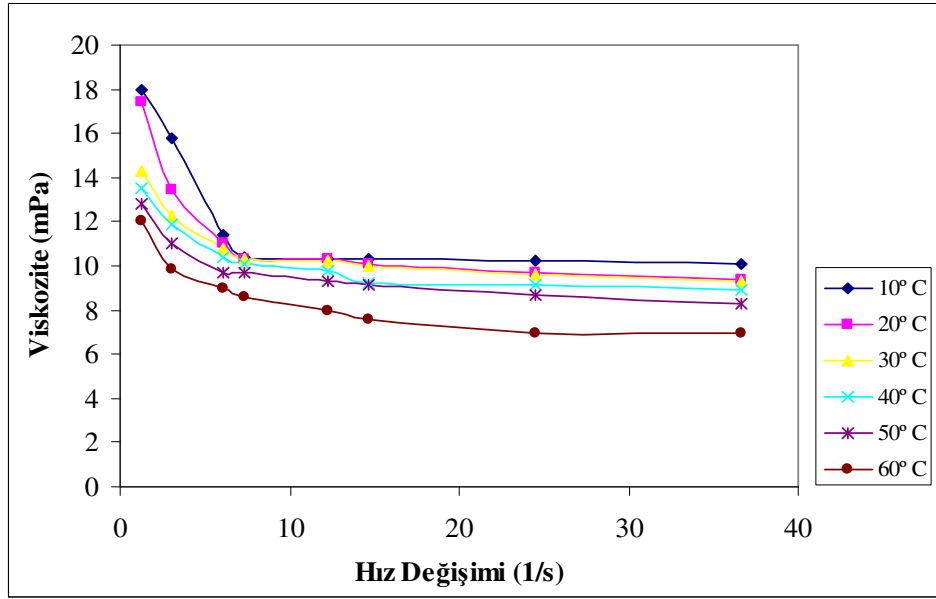
$$\tau_{20} = 4,945 \cdot \gamma^{0,9465}$$

$$\tau_{30} = 4,2466 \cdot \gamma^{0,978}$$

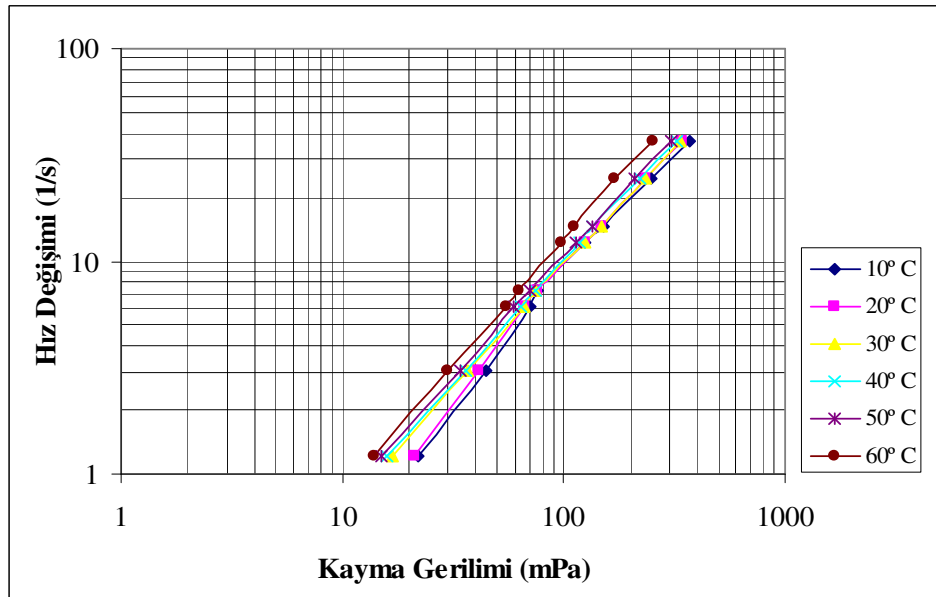
$$\tau_{40} = 4,1649 \cdot \gamma^{0,9593}$$

$$\tau_{50} = 4,1287 \cdot \gamma^{0,9359}$$

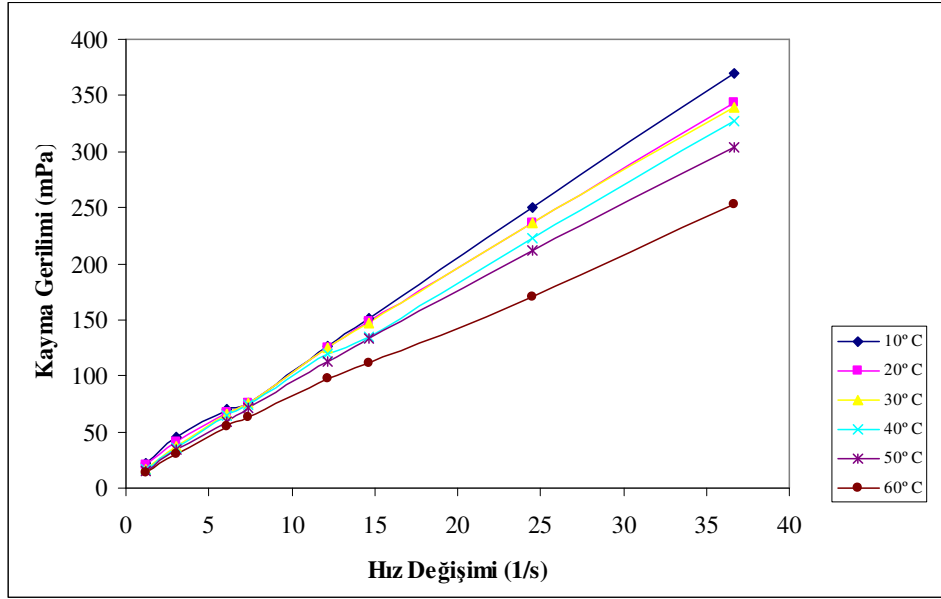
$$\tau_{60} = 3,5157 \cdot \gamma^{0,9376}$$



Şekil 7.10 30 °Bx'lik balkabağı suyu için hız değişimi-viskozite ilişkisi.



Şekil 7.11 30 °Bx'lik balkabağı suyu için kayma gerilimi-hız değişimi ilişkisi.



Şekil 7.12 30 °Bx’lik balkabağı suyu için kayma gerilimi-hız değişimi ilişkisi ve model denklemleri.

30 °Bx’lik balkabağı suyu için çizilen Şekil 7.12’deki eğrilerin elde edilen model denklemleri aşağıda verilmiştir.

$$\tau_{10} = 17,03 \cdot \gamma^{0,8231}$$

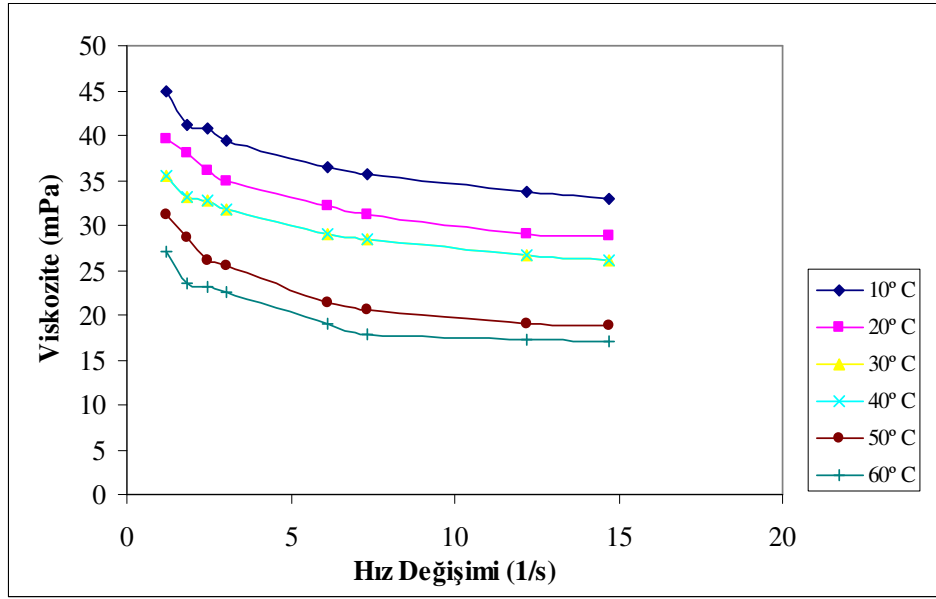
$$\tau_{20} = 16,256 \cdot \gamma^{0,8247}$$

$$\tau_{30} = 13,716 \cdot \gamma^{0,8832}$$

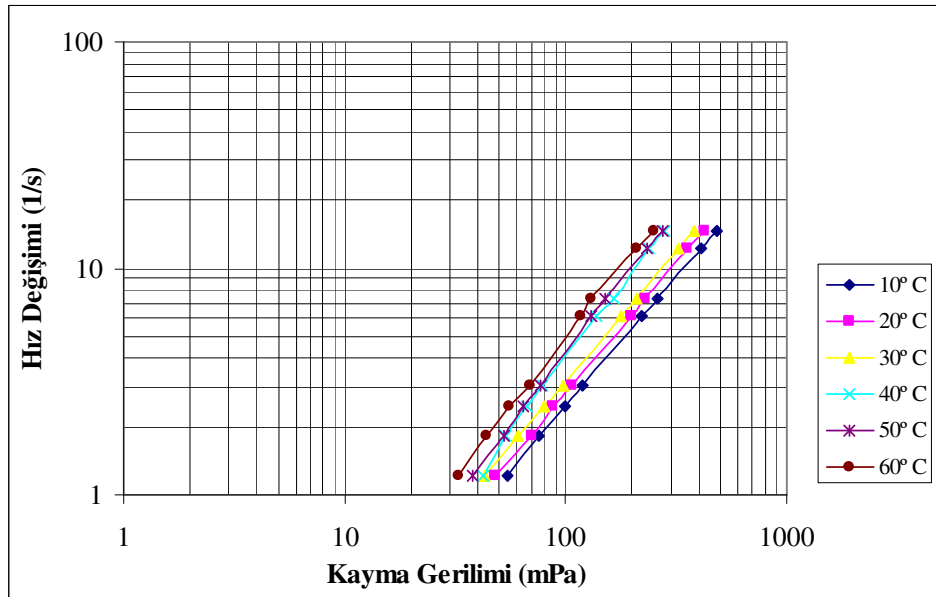
$$\tau_{40} = 13,187 \cdot \gamma^{0,8804}$$

$$\tau_{50} = 12,408 \cdot \gamma^{0,8837}$$

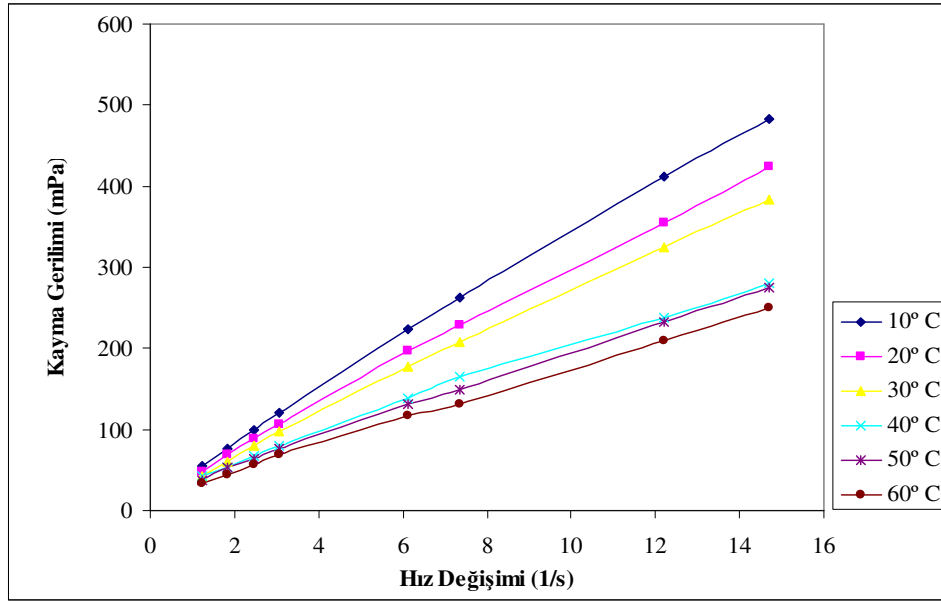
$$\tau_{60} = 11,76 \cdot \gamma^{0,8434}$$



Şekil 7.13 40 °Bx'lik balkabağı suyu için hız değişimi-viskozite ilişkisi.



Şekil 7.14 40 °Bx'lik balkabağı suyu için kayma gerilimi-hız değişimi ilişkisi.



Şekil 7.15 40 °Bx’lik balkabağı suyu için kayma gerilimi-hız değişimi ilişkisi ve model denklemleri.

40 °Bx’lik balkabağı suyu için çizilen Şekil 7.15’teki eğrilerin elde edilen model denklemleri aşağıda verilmiştir.

$$\tau_{10} = 45,368 \cdot \gamma^{0,8793}$$

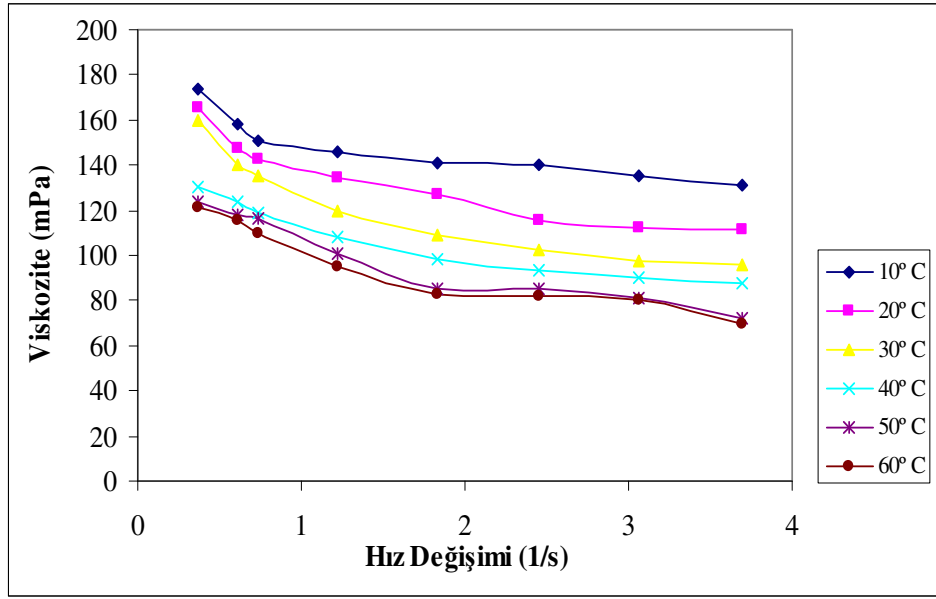
$$\tau_{20} = 40,658 \cdot \gamma^{0,8692}$$

$$\tau_{30} = 36,147 \cdot \gamma^{0,8782}$$

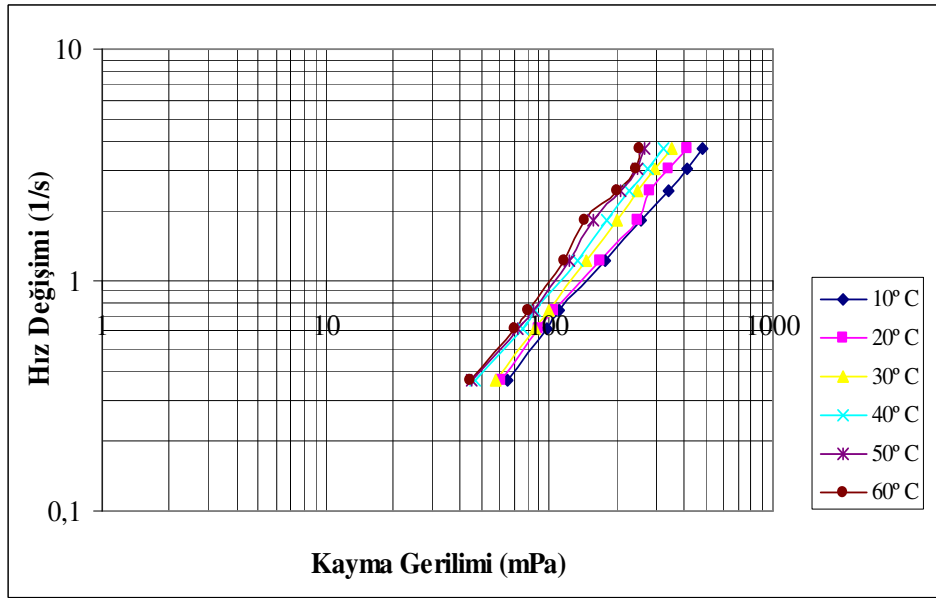
$$\tau_{40} = 34,288 \cdot \gamma^{0,7763}$$

$$\tau_{50} = 32,122 \cdot \gamma^{0,7879}$$

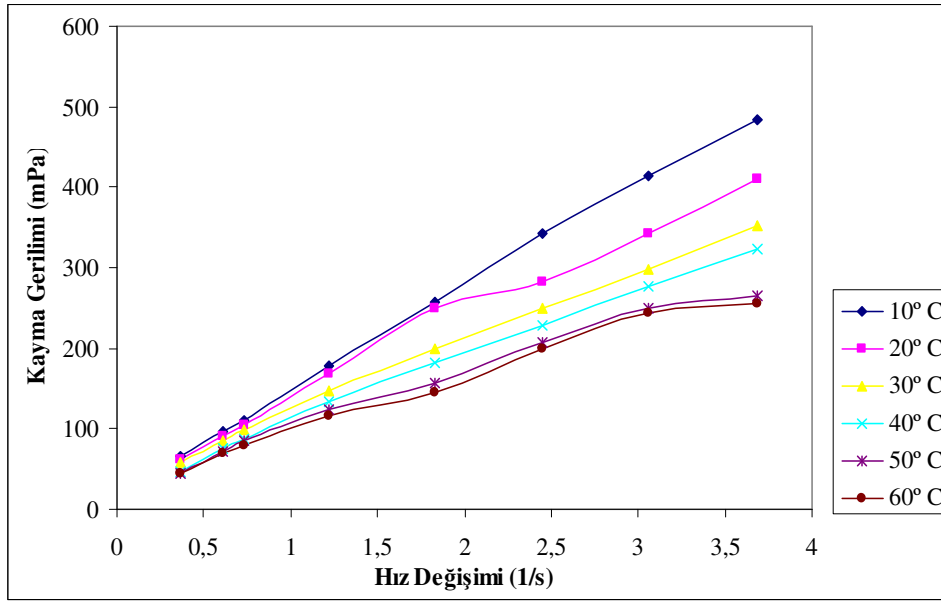
$$\tau_{60} = 27,362 \cdot \gamma^{0,8104}$$



Şekil 7.16 45 °Bx'lik balkabağı suyu için hız değişimi-viskozite ilişkisi.



Şekil 7.17 45 °Bx'lik balkabağı suyu için kayma gerilimi-hız değişimi ilişkisi.



Şekil 7.18 45 °Bx’lik balkabağı suyu için kayma gerilimi-hız değişimi ilişkisi ve model denklemleri.

45 °Bx’lik balkabağı suyu için çizilen Şekil 7.18’deki eğrilerin elde edilen model denklemleri aşağıda verilmiştir.

$$\tau_{10} = 151,65 \cdot \gamma^{0,8882}$$

$$\tau_{20} = 139,2 \cdot \gamma^{0,8318}$$

$$\tau_{30} = 125,88 \cdot \gamma^{0,7764}$$

$$\tau_{40} = 110,78 \cdot \gamma^{0,8213}$$

$$\tau_{50} = 102,7 \cdot \gamma^{0,7662}$$

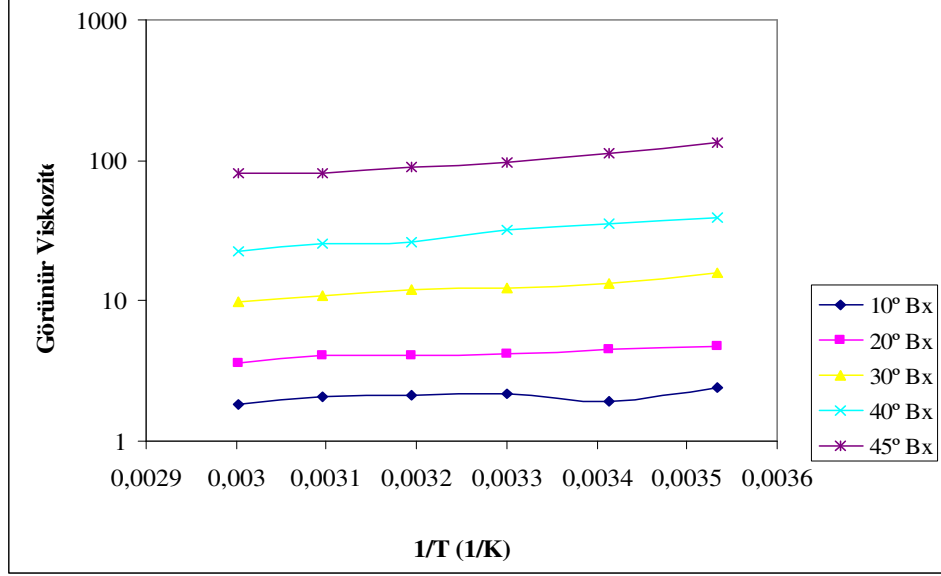
$$\tau_{60} = 98,387 \cdot \gamma^{0,7629}$$

Grafiklerin ve verilerin incelenmesi ile balkabağı suyunun her bir briks derecesi için sıcaklık artışı ile viskozitenin düştüğü ve sabit bir sıcaklık için hız değişimi değerlerinin artması ile kayma geriliminin arttığı gözlenmiştir. Kayma gerilimi-hız değişimi ilişkilerine bakıldığında akışkanın akış indeksinin birden küçük olduğu ($n < 1$) görülmüş ve bu doğrultuda akışkanın psödoplastik akış davranışında bulunduğu sonucuna varılmıştır.

Viskozitenin sıcaklığa bağlı olarak değişiklik gösterir ve bu değişim Arrhenius denklemi ile ifade edilir.

$$\eta = A \cdot \exp(E/RT)$$

Buna göre yapılan reolojik çalışma sonucu elde edilen veriler doğrultusunda briks derecelerine bağlı olarak $14,7 \text{ s}^{-1}$ ($2,5 \text{ rpm}$) kayma hızındaki görünür viskozite sıcaklık ilişkisi ise Şekil 7.19’da görülmektedir.



Şekil 7.19 Briks derecelerine bağlı olarak görünür viskozite-sıcaklık ilişkisi ($\gamma=14,7 \text{ s}^{-1}$).

Şekil 7.19’da görülen grafikten model denklemleri elde edilmiştir.

$$\eta_{10 \text{ Bx}} = 0,7744 \cdot e^{302,78 (1/T)}$$

$$\eta_{20 \text{ Bx}} = 0,946 \cdot e^{459,89 (1/T)}$$

$$\eta_{30 \text{ Bx}} = 0,8783 \cdot e^{808,79 (1/T)}$$

$$\eta_{40 \text{ Bx}} = 0,9193 \cdot e^{1064,3 (1/T)}$$

$$\eta_{45 \text{ Bx}} = 3,888 \cdot e^{990,61 (1/T)}$$

Şekil 7.19’da elde edilen model denklemlerinden yola çıkarak her bir briks derecesindeki akışkanlık aktivasyon enerjisi hesaplanmıştır.

$$E_{10 \text{ Bx}} = 2517,31 \text{ j/mol}$$

$$E_{20 \text{ Bx}} = 3815,21 \text{ j/mol}$$

$$E_{30 \text{ Bx}} = 3724,28 \text{ j/mol}$$

$$E_{40 \text{ Bx}} = 8848,59 \text{ j/mol}$$

$$E_{45 \text{ Bx}} = 8235,93 \text{ j/mol}$$

Yapılan çalışma ile balkabağı suyu eldesinde izlenebilecek yöntemler irdelenmiş ve uygun görülen yöntem belirtilmiştir. Balkabağının özellikle yüksek A vitamini içeriğini sebze suyuna işlenmesi sonucu kaybetmemesi ile fonksiyonel etki yaratabilecek bir ürün elde edilebileceği, düşük şeker içeriği ile özel beslenme programları uygulayan kişilerin tüketimi için uygun olabileceği, yüksek vitamin içeriğine sahip diğer bazı meyve suları ile karıştırılarak vitamin kompleksi içecekler tasarlanabileceği kanısına varılmıştır. Bu ürünün geliştirilmesi ve meyve ve sebze suyu endüstrisi başta olmak üzere gıda sanayinde değerlendirmeye alınması umulmaktadır.

KAYNAKLAR

- Aehle, W., (2004), Enzymes In Industry, Production and Applications, Wiley-VCH, Germany.
- Ak, M., (1997), “Reoloji Bilim Dalı ve Gıda Endüstrisi”, Gıda ve Teknoloji, 2(4):36-46.
- Bourne, M. C., (2002), Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement, New York.
- Cemeroğlu, B., (1982), Meyve Suyu Üretim Teknolojisi, Ankara.
- Cemeroğlu, B., Acar, J., (1986), Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Gıda Teknolojisi Yayınları, Yayın No:6, Ankara.
- Cemeroğlu, B., (2004), Meyve ve Sebze Suyu İşleme Teknolojisi, Cilt 1, Ankara.
- Çopur, Ö.U., Tamer C.E., (2000) Sebze Suyu Üretimi ve Beslenmemizdeki Önemi. Gıda. Dünya Yayınları. (59) : 86-91.
- Desai, M., Kilara, A., (2002), “Enzymes”, Chapter 22, Food Additives, 2nd Ed., Bronen, A.L., Davidson, P.M., Salminen, S. ve Thorngate J.H. (Derl.), Marcel Dekker, 2002, USA.
- Dutta, D., Dutta, A., Raychaudhuri, U. ve Chakraborty, R., (2006), “Rheological characteristics and thermal degradation kinetics of beta-caroten in pumpkin puree”, Journal of Food Engineering, 76: 538-546.
- Emadi, B., Kosse, V. ve Yarlagadda P.K., (2005), “Mechanical Properties of Pumpkin”, International Journal of Food Properties, 8:277-287.
- Evageliou, V., Ptitchkina, N.M. ve Morris, E.R., (2005), “Solution viscosity and structural modification of pumpkin biopectin”, Food Hydrocolloids, 19: 1032-1036.
- Fellows P.J., (2000), Food Processing Technology Principles and Practice, CRC pres, Washington.
- Fernandez, M.L., (2001), “Pectin: Composition, Chemistry, Physicochemical Properties, Food Applications, and Physiological Effects”, Chapter 30, Handbook of Dietary Fiber, Cho, S.S. (Derl.), Dreher, M.L., Marcel Dekker, 2001, USA.
- Geankoplis, C. J., (2003), Transport Processes and Seperation Process Principles, Printice Hall, New Jersey, USA.
- Höhn, A., Sun, D., Nolle, F., (2005), “Enzymes In The Fruit Juice and Wine Industry”, Chapter 5, Processing Fruits :Science and Technology, 2nd Ed., Barret, D., Somogyii L. ve Ramswamy, H., (Derl.), CRC Pres, 2005, Florida, USA.
- Karadeniz, F., Ekşi, A., (1999), “Mayse Enzimasyonunun Visne Suyu Randımanı ve Kimyasal Bilesimi Üzerine Etkisi”, Journal of Agriculture and Forestry , 23: 347–353.
- Kashyap, D.R., Vohra, P.K., Chopra, S. ve Tewari, R., (2001), “Applications of Pectinases In The Commercial Sector : A Review”, Bioresource Technology, 77: 215-227.

Kostic, S., Jankovic, M. ve Gugusevic-Dakovic, M., (1997), "Possibility of use of some kinds of Cucurbita in baby food production", *Hrana-i Ishrana*, 38(1/2): 11-13.

Kramer, A., ve Twigg, B. A., (1959), "Principles and Instrumentation for the Physical Measurement of Food Quality with Special Reference to Fruit and Vegetable Products.", *Advances in Food Research*, 9:153-220.

Kreith, F., Berger, S.A., Churchill, S.W., Tullis, F.M., McDonald, A.T., Kumar, A., Chen J.C., Irvine Jr, T.F., Capobianchi, M., Kennedy, F.E., Booser, E.R., Wilcock, D.F., Boehm, R.F., Reitz R.D., Sherif, R.D. ve Bhushan, B., (1999), "Fluid Mchanics", Chapter 3, *Mechanical Engineering Handbook*, Kreith, F.(Derl), CRC Pres, (1999), Boca Raton.

Krokida, M.K., Karathanos, V.T., Maroulis, Z.B. ve Marinos-Kouris, D., (2003), "Drying kinetics of some vegetables", *Journal of Food Engineering*, 59: 391-403.

Lamikanra, O., (2002), "Enzymatic Affects on Flavor and Vegetables", Chapter 6, *Fresh-cut Fruits and Vegetables : Science, Technology and Market*, Lamikanra O. (Derl.), CRC Pres, (2002), USA.

Maraş, M., Çavuşoğlu, K., Aksöz, E. ve Kırındı, T., (2004), "Pektin, Poligalakturonik Asit Ve Liyofilize Pektinaz Enziminin Yapısal Analizi" *İTÜ Dergisi/C*, 2(1): 3-10.

McLellan, M.R., Padilla-Zakour, O.I., (2005), "Juice Processing", Chapter 4, *Processing Fruits :Science and Technology*, 2nd Ed., Barret, D., Somogyii L. Ve Ramswamy, H., (Derl.), CRC Pres, 2005, Florida, USA.

Murkovic, M., Mülleder, U. ve Neunteufl, H., (2002), "Carotenoid content in different varieties of pumpkins", *Journal of Food Composition and Analıysis*, 15: 633-638.

Oh, B.Y., Park, B.H., (1998), "Changes in physicochemical components of stewed pumpkin juice with ingredients (ginger, orangei jujube, boxthorn) during storage", *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 27(6): 1027-1033.

Pala, M., (1989) "Besinlerin Fiziksel Özellikleri", *Ege Üniversitesi Gıda Fakültesi Dergisi*, 1:225-236.

Pala, M., (2004), *Gıda Teknolojisi Ders Notları*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Park, K.H., Robyt J.F., Choi Y.D., (1996), *Enzymes For Carbonhydrate Engineering*, Elsevier, Tokyo.

Peker, S., Helvacı, Ş.Ş., (2003), *Akışkanlar Mekaniği*, Literatür Yayınevi, İstanbul.

Ptitchkina, N.M., Danilova, I.A., Doxastakis, G., Kasapis, S. ve Morris, E.R.(1994), "Pumpkin pectin : gel formation at usually low concentration", *Carbonhydrate Polymers*, 23: 265-273.

Rosenthal, A.J., (1999), Food Texture Measurement and Perception, Apsen Publication, Maryland.

Salunkhe, D.K., Kadam, S.S.,(1998), Handbook of Vegetable Science and Technology, Marcel Dekker, New York.

Sarıoğlu, K., Demir, N., Acar, J. ve Mutlu, M., (2001), “The use of commercial pectinase in the fruit juice industry, part 2: Determination of the kinetic behaviour of immobilized commercial pectinase”, Journal of Food Engineering, 47: 271-274.

Schobinger, U., (1988), Meyve ve Sebze Suları Üretim Teknolojisi (Çev.Jale Acar), Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara.

Seo, J.S., Burri,B.J., Quan Z. ve Neidlinger T.R., (2005), “Extraction and chromatography of carotenoids from pumpkin”, Journal of Chromatography, 1073: 371-375.

Shkodina, O.G., Zeltser, O.A., Selivanov, N.Y. ve Ignatov, V.V., (1998), “Enzymic extraction of pectin preparations from pumpkin”, Food Hydrocolloids, 12: 313-316.

Steffe, J.F., (1992), Rheological Methods In Food Engineering, Freeman Pres, USA.

Vural, H., Eşiyok, D., Duman, İ.,(2000), Kültür Sebzeleri:Sebze Yetiştirme, Ege Üniversitesi, İzmir.

Walter, R.H., (1991), The Chemistry and Technology of Pectin, Academic Pres Inc., USA.

Wetherilt, H., (2004), Sağlıklı Beslenme, Sağlıklı Yaşam, İstanbul Ticaret Odası Yayınları, 2004-07, İstanbul.

Whitehurst, R.J., Law, B.A., (2002), Enzymes In Food Technology, Sheffield Academic Pres, Canada.

Wong, W.S.D., (1995), Food Enzymes Structure and Mechanism, International Thomson Publishing, New York.

Woodroof, J.G.; Luh, B.S., (1986), Commercial Fruit Processing, 2nd Ed., Avi Publishing Company, Connecticut.

İnternet kaynakları

- [1] www.fao.org
- [2] www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/00-031.htm
- [3] www.uga.edu/vegetable/pumpkin.html
- [4] www.juicingbook.com/vegetables/pumpkin
- [5] www.kkgm.gov.tr
- [6] www.sciencedirect.com
- [7] www.foodnetbase.com
- [8] www.taylorfrancis.com

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi	28.10.1982	
Doğum Yeri	İstanbul	
Lise	1996 - 2000	Küçükçekmece Orhan Cemal Fersoy Lisesi (YDA)
Lisans	2000 - 2005	Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya-Metalurji Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2005 - 2006	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı
Çalıştığı Kurumlar		
	2005-Devam ediyor	Şekerci Cafer Erol Şekerleme San.Tic.Ltd.Şti. Sorumlu Yönetici