

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KEÇİBOYNUZU SUYU ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNİN
GELİŞTİRİLMESİ**

Kimya Müh. Mustafa Yalçın YILMAZ

FBE KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALINDA HAZIRLANAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Savunma Tarihi : 13 Ekim 2009
Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. İbrahim DOYMAZ
Jüri üyeleri : Prof. Dr. Mehmet PALA
Prof. Dr. Hüseyin AFŞAR

İSTANBUL, 2009

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ÖNSÖZ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiii
1 GİRİŞ	1
2 LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	5
2.1 Keçiboynuzu.....	5
2.2 Keçiboynuzu Meyvesinin Morfolojik ve Fizyolojik Özellikleri.....	5
2.3 Türkiye'de ve Dünya'da Keçiboynuzu Üretimi	6
2.4 Keçiboynuzu Meyvesinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	10
2.4.1 Fiziksel Özellikler.....	10
2.4.2 Kimyasal Özellikler	11
2.5 Keçiboynuzu Meyvesinin Kullanım Alanları ve Endüstriyel Önemi.....	23
2.6 Keçiboynuzundan Şeker Üretimi.....	30
3 Meyve Suyu Konsantresi Üretim Teknolojisi.....	32
3.1 Meyvelerin İşlenmeye Hazırlanması	35
3.1.1 Ayıklama	35
3.1.2 Yıkama	36
3.1.3 Sınıflandırma	36
3.1.4 Sap Ayırma.....	37
3.1.5 Kabuk Soyma	37
3.1.6 Çekirdek Çıkarma	37
3.2 Meyvelerin Parçalanması.....	38
3.2.1 Mayşenin Isıtılması ve Soğutulması	38
3.2.2 Mayşeye Askorbik Asit İlavesi	39
3.2.3 Mayşenin Enzimasyonu	39
3.3 Meyve Suyu Üretimi.....	40
3.3.1 Presleme	40
3.3.2 Aroma Ayırma.....	41
3.3.3 Durultma	42

3.3.3.1	Meyve Suyu Üretiminde Enzim Uygulamaları ve Enzim Preparatları	42
3.3.3.2	Durultma Yardımcı Maddeleri	47
3.3.4	Filtrasyon	50
3.3.5	Meyve Sularının Dayanıklı Hale Getirilmesi.....	50
3.3.6	Konsantre Etme	51
4	GIDALARIN REOLOJİK ÖZELLİKLERİ.....	53
4.1	Maddelerin Basınç Altındaki Davranışları.....	54
4.2	Akışkanların Reolojik Davranışları	57
4.2.1	Newtonyen Davranış	57
4.2.2	Newtonyen Olmayan Davranışlar	58
4.2.2.1	Zamana Bağlı Newtonyen Olmayan Davranışlar.....	58
4.2.2.2	Zamandan Bağımsız Newtonyen Olmayan Davranışlar.....	60
4.3	Reolojik Davranışları Etkileyen Faktörler	63
4.4	Gıdaların Reolojik Özelliklerinin İncelenmesi.....	64
4.4.1	Viskozite Ölçümünde Kullanılan Cihazlar	64
4.4.1.1	Kılcal Viskozimetreler	64
4.4.1.2	Döner (Rotasyonel) Viskozimetreler.....	65
4.4.1.3	Plaka-koni Tipi Viskozimetreler	66
4.4.1.4	Plaka-plaka Tipi Viskozimetreler	66
4.4.1.5	Bilyeli Viskozimetreler	67
4.4.2	Kıvam Ölçümünde Kullanılan Cihazlar	68
5	DENEYSEL ÇALIŞMALAR	69
5.1	Materyal	69
5.1.1	Kullanılan Cihazlar	69
5.2	Metotlar	70
5.2.1	Analiz Metotları.....	70
5.2.2	Keçiboynuzu Meyvesinin Ekstraksiyon Metodu	70
5.2.2.1	Keçiboynuzu Meyvesinin Ekstraksiyon Koşullarının Belirlenmesi.....	71
5.2.2.2	Farklı Sıcaklıkların Ekstraksiyon Verimi Üzerine Etkisi	71
5.2.2.3	Su Oranının Ekstraksiyon Verimi Üzerine Etkisi	71
5.2.2.4	Partikül Büyüklüğünün ve Karıştırmanın Verim Üzerine Etkisi	72
5.2.2.5	Mayşe Enzimi Uygulaması	73
5.2.2.6	Pastörizasyon.....	73
5.2.2.7	Keçiboynuzu Suyunun Durultulması ve Filtrasyonu.....	74
5.2.2.8	Keçiboynuzu Suyunun Konsantre Edilmesi.....	77
5.2.2.9	Keçiboynuzu Suyunun Reolojik Özelliklerinin İncelenmesi.....	78
6	BULGULAR VE TARTIŞMA.....	79
6.1	Keçiboynuzu Meyvesinin Kimyasal Özellikleri	79
6.2	Deneylerin Uygulanması.....	80
6.2.1	Keçiboynuzu Suyu Eldesi	80
6.3	Keçiboynuzu Suyu Konsantresinin Reolojik Özelliklerinin İncelenmesi	86

7	SONUÇLAR	93
	KAYNAKLAR.....	108
	ÖZGEÇMİŞ.....	113

SİMGE LİSTESİ

A	Akışkanın molekül ağırlığı ve hacmi ile belirlenen bir sabit
c	Çözünenin konsantresi
K	Kıvam indeksi
n	Akışkan davranış indisi
R	Universal gaz sabiti
T	Sıcaklık (K)
ΔE	Aktivasyon enerjisi değişimi
τ	Kayma gerilimi
γ	Kayma hızı
ν	Kinematik viskozite
μ	Dinamik viskozite
ρ	Yoğunluk
η	Görünür viskozite
τ_0	Kopma gerilimi

KISALTMA LİSTESİ

Bx	Briks
ÇKM	Çözünebilir Kuru Madde
NTU	Nephelometric Turbidity Unit
PAL	Pektat Liyaz
PE	Pektin Esteraz
PEG	Polietilen Glikol
PG	Poli Galakturonaz
PL	Pektin Liyaz
PVPP	Polivinilpolipirrolidon
rpm	reveluation per minute
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TUIK	Türkiye İstatistik Kurumu
5-HMF	5-Hidroksimetilfurfural

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Keçiboynuzu meyvesi	1
Şekil 3.1 Meyve suyu konsantresi üretim şeması.....	34
Şekil 3.2 Poligalakturonazın depolimerizasyon etkisi	44
Şekil 3.3 Pektinesterazın pektik asit üzerindeki etkisi.....	44
Şekil 3.4 Pektin liyazın galakturonik asit üzerindeki etkisi	45
Şekil 3.5 Pektat liyazın etki mekanizması.....	46
Şekil 4.1 Basınç ve kayma geriliminin akışkan içinden seçilen bir kontrol hacmi üzerine etkisi.....	55
Şekil 4.2 Poiseuille akımında hız ve kayma gerilimi gradyanları	55
Şekil 4.3 İki paralel levha arasından akışkanın akması sonucu oluşan hız dağılımı	56
Şekil 4.4 Akışkanların reolojik davranış biçimlerinin sınıflandırılması	57
Şekil 4.5 Zamana bağlı reolojik davranışların görünen kayma gerilimi-zaman eğrileri	59
Şekil 4.6 Tikotropik ve reopektik akışlar için oluşan histerez halka	60
Şekil 4.7 Newtonyen ve zamandan bağımsız davranışlar için kayma gerilimi-kayma hızı grafiği.....	61
Şekil 4.8 Newtonyen ve zamandan bağımsız reolojik davranışlar için görünen viskozite-kayma hızı grafiği.....	61
Şekil 4.9 Ostwald viskozimetresi	65
Şekil 4.10 Döner viskozimetrenin şematik gösterimi.....	65
Şekil 4.11 Plaka-koni tipi viskozimetrenin şematik gösterimi.....	66
Şekil 4.12 Plaka-plaka tipi viskozimetrenin şematik görünümü	67
Şekil 4.13 Bilyeli viskozimetre	67
Şekil 5.1 Hammadde olarak kullanılan parçalanmış keçiboynuzu	69
Şekil 5.2 Keçiboynuzunun sulandırılmış halinin üstten görünümü.....	72
Şekil 5.3 Keçiboynuzunun presinden geriye kalan posa.....	72
Şekil 5.4 Pastörize edilmiş, durultulmamış keçiboynuzu suyu	73
Şekil 5.5 Keçiboynuzu suyu durultma işlemi.....	76
Şekil 5.6 Keçiboynuzu suyunun vakumlu filtrasyon cihazından geçirilmesi	76
Şekil 5.7 Keçiboynuzu suyunun evaporatörde konsantre edilmesi	77
Şekil 5.8 Rotasyon viskozimetre.	78
Şekil 6.1 Keçiboynuzu sularının renkleri.....	83

Şekil 6.2 Keçiboynuzu suyunun ve konsantresinin renkleri	85
Şekil 7.1 15°Bx'lik keçiboynuzu suyu için hız değişimi-viskozite ilişkisi	94
Şekil 7.2 15°Bx'lik keçiboynuzu suyu için kayma gerilimi-hız değişimi ilişkisi	94
Şekil 7.3 15°Bx'lik keçiboynuzu suyu için hız değişimi-kayma gerilimi ilişkisi	95
Şekil 7.4 15°Bx'lik keçiboynuzu suyu için logaritmik hız değişimi-kayma gerilimi ilişkisi ..	95
Şekil 7.5 25°Bx'lik keçiboynuzu suyu için hız değişimi-viskozite ilişkisi	96
Şekil 7.6 25°Bx'lik keçiboynuzu suyu için kayma gerilimi-hız değişimi ilişkisi	97
Şekil 7.7 25°Bx'lik keçiboynuzu suyu için hız değişimi-kayma gerilimi ilişkisi	97
Şekil 7.8 25°Bx'lik keçiboynuzu suyu için logaritmik hız değişimi-kayma gerilimi ilişkisi ..	98
Şekil 7.9 35°Bx'lik keçiboynuzu suyu için hız değişimi-viskozite ilişkisi	99
Şekil 7.10 35°Bx'lik keçiboynuzu suyu için kayma gerilimi-hız değişimi ilişkisi	99
Şekil 7.11 35°Bx'lik keçiboynuzu suyu için hız değişimi-kayma gerilimi ilişkisi	100
Şekil 7.12 35°Bx'lik keçiboynuzu suyu için logaritmik hız değişimi-kayma gerilimi ilişkisi	100
.....	100
Şekil 7.13 45°Bx'lik keçiboynuzu suyu için hız değişimi-viskozite ilişkisi	101
Şekil 7.14 45°Bx'lik keçiboynuzu suyu için kayma gerilimi-hız değişimi ilişkisi	102
Şekil 7.15 45°Bx'lik keçiboynuzu suyu için hız değişimi-kayma gerilimi ilişkisi	102
Şekil 7.16 45°Bx'lik keçiboynuzu suyu için logaritmik hız değişimi-kayma gerilimi ilişkisi	103
.....	103
Şekil 7.17 65°Bx'lik keçiboynuzu suyu için hız değişimi-viskozite ilişkisi	104
Şekil 7.18 65°Bx'lik keçiboynuzu suyu için kayma gerilimi-hız değişimi ilişkisi	104
Şekil 7.19 65°Bx'lik keçiboynuzu suyu için hız değişimi-kayma gerilimi ilişkisi	105
Şekil 7.20 65°Bx'lik keçiboynuzu suyu için logaritmik hız değişimi-kayma gerilimi ilişkisi	105
.....	105
Şekil 7.21 Briks derecelerine bağlı olarak görünür viskozite-sıcaklık ilişkisi	107

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Dünya’da 2003 yılı keçiyoynuzu dikili alan ve üretimi	7
Çizelge 2.2 Dünya’daki keçiyoynuzu üretim miktarı ve alanı	7
Çizelge 2.3 Türkiye’de yıllara göre keçiyoynuzu üretim miktarı ve alanı	9
Çizelge 2.4 Keçiyoynuzu örneklerinin bazı fiziksel ve pomolojik özellikleri	10
Çizelge 2.5 İspanya’da yetiştirilen keçiyoynuzunun morfolojik özellikleri	11
Çizelge 2.6 Ülkemizde yetişen keçiyoynuzu çeşitlerinin meyve eti kısımlarının kimyasal bileşimleri.....	12
Çizelge 2.7 Ülkemizde farklı yörelerde yetişen keçiyoynuzu meyvelerinin kimyasal bileşimi	13
Çizelge 2.8 Ülkemizde farklı yörelerde yetişen keçiyoynuzu meyvelerinin şeker içeriği.....	14
Çizelge 2.9 Keçiyoynuzu meyvesinin kimyasal bileşimi	14
Çizelge 2.10 Farklı keçiyoynuzu türlerinin ortalama şeker profili.....	15
Çizelge 2.11 Keçiyoynuzunun vitamin içeriği	16
Çizelge 2.12 Keçiyoynuzu meyve, un ve şurup örneklerinin kimyasal bileşimi	17
Çizelge 2.13 Keçiyoynuzu meyve, un ve şurup örneklerinin mineral bileşimi.....	18
Çizelge 2.14 Keçiyoynuzu meyvesinin fenolik bileşen dağılımı	19
Çizelge 2.15 Keçiyoynuzu fenolik bileşenlerinin, çeşitli solventlerle ekstraksiyon sonuçları.....	20
Çizelge 2.16 Keçiyoynuzu çekirdeği germinin yağ asidi kompozisyonu	21
Çizelge 2.17 Keçiyoynuzu çekirdek özünün ve protein izolatının aminoasit dağılımı	22
Çizelge 2.18 Keçiyoynuzu pekmezinin fiziksel ve kimyasal özellikleri	24
Çizelge 2.19 Keçiyoynuzu pekmezinin mineral içeriği	25
Çizelge 2.20 Keçiyoynuzu ve kakao tozunun fiziksel ve kimyasal özellikleri	26
Çizelge 2.21 Keçiyoynuzu gamının fonksiyonel özellikleri ve çeşitli endüstrilerde kullanımı	28
Çizelge 4.1 Değişik viskozite çeşitlerinin tanımları ve denklemleri	56
Çizelge 6.1 Keçiyoynuzu meyvesinin kimyasal bileşimi	79
Çizelge 6.2 Keçiyoynuzu meyvesinde şekerlerin dağılımı	79
Çizelge 6.3 Keçiyoynuzuyla yapılan Deneme 1-4 sonuçları (20°C)	81
Çizelge 6.4 Keçiyoynuzuyla yapılan Deneme 5-7 sonuçları	82
Çizelge 6.5 Keçiyoynuzuyla yapılan Deneme 8-9 sonuçları	84
Çizelge 6.6 Keçiyoynuzuyla yapılan Deneme 10 sonuçları.....	85

Çizelge 6.7 15°Bx’lik keçiboynuzu suyu için elde edilen reolojik değerler	87
Çizelge 6.8 25°Bx’lik keçiboynuzu suyu için elde edilen reolojik değerler	88
Çizelge 6.9 35°Bx’lik keçiboynuzu suyu için elde edilen reolojik değerler	89
Çizelge 6.10 45°Bx’lik keçiboynuzu suyu için elde edilen reolojik değerler	90
Çizelge 6.11 65°Bx’lik keçiboynuzu suyu için elde edilen reolojik değerler	91

ÖNSÖZ

“Keçiboynuzu Suyu Üretim Teknolojilerinin Geliştirilmesi” konulu yüksek lisans tezimin hazırlanması sırasında yardımlarını esirgemeyen Sn. Yrd. Doç. Dr. İbrahim DOYMAZ’a, Sn. Prof. Dr. Mehmet PALA’ya, Döhler Gıda San. Tic. A.Ş.’ye ve Sn. Baha TALİ’ye teşekkürlerimi sunuyorum.

ÖZET

Keçiboynuzu, ülkemiz de dahil olmak üzere Akdeniz'e kıyısı olan ülkelerde yetişen, yüksek şeker içeriği ve sahip olduğu işlenebilen çekirdekleri sayesinde özellikle gıda sanayisinde kullanım alanı olan önemli bir meyvedir.

Bu çalışmada, çekirdekleri çıkartılmış keçiboynuzu meyvesinden, ekstraksiyon ve durultma teknikleri ile bulanıklığı giderilmiş ve rengi açılmış şeker şurubu elde edilmeye çalışılmıştır.

Bu amaçla, çekirdekleri çıkartılmış ve dane boyutları en: 0,2-0,4 mm ve boy: 0,4-0,7 mm olacak şekilde öğütülmüş keçiboynuzu meyvesi; 1:2, 1:3 ve 1:4 sulandırma oranlarında ve 20, 40, 50, 60 ve 80°C'de pH'ı 4,3 olacak şekilde ayarlanarak, durultma işlemi gerçekleştirilmiştir. Durultma işleminde %10'luk kizelsoldan 75 g/hl, %10'luk bentonitten 100 g/hl ve %1'lik jelâtinden 15 g/hl kullanılmıştır. Durultma işleminden sonra 6 g/hl aktif karbon renk giderme işleminde kullanılmıştır. Rengi ve bulanıklığı giderilen keçiboynuzu suyu, 50°C'de ve 45 mbar basınçta vakumlu evaporasyon ile 65°Bx'e konsantre edilmiştir.

Keçiboynuzu ile yapılan çalışmalarda, meyvenin reolojik özellikleri, rotasyonel viskozimetre kullanılarak belirlenmiştir.

Reolojik denemeler 15, 25, 35, 45, 65°Bx olmak üzere 5 farklı briks derecesinde ve her bir briks derecesi için 20, 30, 40, 50, 60°C'de gerçekleştirilmiştir. Bu denemeler sonucunda keçiboynuzu suyunun akışkanlık davranışı psödoplastik davranış olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Keçiboynuzu, reoloji, ekstraksiyon, durultma, meyve suyu

ABSTRACT

THE DEVELOPMENT OF PRODUCTION TECHNOLOGIES OF CAROB JUICE

Carob is an important fruit which is widely growing in our country and the other countries of the Mediterranean region. Carob, which is especially utilized in Food Industry, has high level of sugars and has seeds that is workable.

The aim of the study was to try to get clear and colourless sugar syrup from carob fruits without seeds by using of extraction and clarification techniques.

So, carob fruit whose seeds removed from Locust bean pods was ground as grain size width: 0,2 mm and length: 0,4-0,7 mm. The extraction method was performed at 1:2, 1:3 and 1:4 dilution rates for 20, 30, 40, 50°C and pH 4,3. After that, the clarification of carob juice was performed with different techniques. 75 g/hl was used of kieselsol (%10), 100 g/hl was used of bentonite (%10) and 15 g/hl was used of gelatin (%1) in clarification process. After clarification process, 6g/hl activated charcoal was used for color removal. Finally, the dark color and the turbidity of carob juice were satisfied partially and concentrated to 65°Brix at 50°C and 45 mbar by using vacuum evaporation system.

In these studies, the rheological properties of carob juice were determined by using of rotational viscosimeter.

The rheological experiments were performed 15, 25, 35, 45, 65°Brix at 20, 30, 40, 50, 60°C for each samples of carob juice. As a result the fluidity behavior of carob juice were determined as pseudoplastic behavior.

Keywords: Carob, rheology, extraction, clarification, fruit juice

1. GİRİŞ

Keçiboynuzu (*Cerotonia siliqua* L.) cinsi içerisinde yer alan yeryüzünün en eski bitkilerinden biridir. M.Ö. 79 'da patlayan Vezüv yanardağının yok ettiği yerlerdeki yanmış bitki kalıntıları arasında keçiboynuzuna rastlanılmıştır [1]. Türkiye’de Harnup; Harup, Boynuz, Kutsal kitaplarda Yaban Balı isimleri ile adlandırılan bu değerli ürün, bugün Yahya Peygamberin Ekmeği anlamına gelen İngilizce ve Almanca isimleri ile Avrupa’da kullanılmaktadır. Bu öylesine değerli bir meyvedir ki; Yahya Peygamberin ıssız çöllerde bu meyveyi yiyerek yaşamını idame ettirmeyi başardığı rivayet edilmektedir (Tunalıoğlu ve Özkaya, 2003).

Keçiboynuzunun önemi binlerce yıl eskiye dayanmaktadır, daha paranın icat edilmediği ticaretin değiş-tokuş yöntemiyle yapıldığı zamanlarda mübadele aracı olarak keçiboynuzu kullanılırdı. İnsanoğlunun bir zamanlar para işlevi gördürdüğü keçiboynuzunun insanlığa faydası para ile ölçülemeyecek kadar fazladır [2].

Keçiboynuzunun tohumlarının ağırlıklarının sabit olması nedeniyle aynı zamanda ölçü birimi olarak da kullanılmıştır. Dirhem kelimesi keçiboynuzu çekirdekleri temel alınarak oluşturulan ağırlık birimidir [2]. Bir meyvede yaklaşık 10-15 (tohum) çekirdek vardır [1]. Arapça karşılığı kirat olan keçiboynuzu aynı zamanda elmaslarda da ölçü birimi olarak kullanılmıştır [2]. Bugün mücevher ağırlık birimi olan karat adını keçiboynuzundan almıştır.

Keçiboynuzunun insanlık tarihinde ölçü, değer ve ağırlık birimi olarak kullanılmasından ziyade, insanlığın karşı karşıya kaldığı pek çok önemli sağlık sorununda doğal ilaç işlevi görmesi daha da önemli hale gelmesini sağlamaktadır [2]. Şekil 1.1’de keçiboynuzu meyvesi görülmektedir.



(a)



(b)

Şekil 1.1 Keçiboynuzu meyvesi [3]

(a) Olgunlaşma dönemi

(b) Keçiboynuzu meyvesi

Çeşitli kaynaklarda keçiboynuzunun anavatanı olarak; Mısır, İsrail, Orta Doğu, Arap Yarımadası ve Anadolu gibi farklı bölgeler gösterilmiştir. Önceleri Anadolu'nun güney kıyılarında yabani olarak yetişen keçiboynuzunu daha sonraları Yunanlıların Yunanistan ve İtalya'ya götördükleri sanılmaktadır. Ancak ağaç, onu Fas ve İspanya'ya götürerek üretmeye başlayan Araplar tarafından daha çok rağbet görmüştür.

Bugün dünya üzerinde başta İspanya, Portekiz, İtalya olmak üzere Yunanistan, Fas, Tunus, Cezayir, Kıbrıs, Türkiye ve İsrail gibi Akdeniz ülkeleri dışında ABD, Avustralya ve Güney ve Kuzey Afrika'da geniş olarak keçiboynuzu yetiştiriciliği yapılmaktadır. Keçiboynuzu, verimi düşmekle birlikte bütün bu ülkelerdeki iklim koşullarına uyum sağlamıştır (Demirtaş, 2007).

Ülkemizde ise keçiboynuzu Akdeniz Bölgesinde Tarsus ve Mersin'den başlayıp Marmaris'e kadar uzanan yaklaşık 1750 km² lik kıyı şeridinde doğal olarak yetişmektedir. Türkiye'de yetişen çeşitleri etli, sisam ve yabani tipleridir (Demirtaş, 2007).

Ülkemiz, keçiboynuzunun anavatanı içerisinde olması nedeniyle özellikle Akdeniz Bölgesinde keçiboynuzu yetiştiriciliği yapılabilecek geniş alanlara sahiptir ve keçiboynuzu yetiştiriciliği ülkemizde giderek önem kazanmaktadır (Demirtaş, 2007).

Çok eski çağlardan beri, yüksek şeker içeriğinden dolayı çocuklar için şekerleme olarak kullanılan ya da savaş gibi yiyecek sıkıntısının yaşandığı dönemlerde yüksek enerji kaynağı olarak kabul edilen keçiboynuzu, yetiştirildiği bölgelerde insan ve hayvan beslenmesinde kullanım alanı bulmuş ve o bölgeye özel bazı gıdaların üretiminde sınırlı oranlarda da olsa değerlendirilmiştir (Şenay, 2009).

Keçiboynuzu kullanım alanı çok fazla olan bir bitkidir. Keçiboynuzunda meyveler hasat edildikten sonra bir ay kadar kurumaya bırakılır. Kuruyan meyve çerez olarak ve hayvan yemi olarak doğrudan tüketilir. Eğer bu şekilde tüketilmeyecekse kuruduktan sonra çekirdek ve etli kısım birbirinden mekanik yöntemlerle ayrılarak farklı endüstrilerde hammadde olarak kullanılmak üzere ayrılır. Söz konusu endüstri alanları gıda (gıda yanında bu kapsamında yer alan şifalı bitki olarak), tekstil, kâğıt ve petrol endüstrileridir (Tunalıoğlu ve Özkaya, 2003).

Gıda Endüstrisinde: Keçiboynuzu zıkkı, sakızı ve türevleri stabilizör ve kabartıcı etkilerinden dolayı dondurma üretiminde, özellikle domuz eti ürünleri için (salam vb.) katkı maddesi olarak; konserve et ve balık için yoğunluğu arttırıcı katkı maddesi olarak katılır. Soslarda, jölelerde, şuruplarda, meyve konsantrelerinde stabilizör olarak kullanılan, pasta ve çöreklerde yardımcı madde olarak kullanılan keçiboynuzu zıkkı ise ürünün gevşekliğini ve bayatlamasını önlerken, kek ve bisküvilerde ise yumurtadan tasarruf ederek parçalanmadan kesilebilme ve kolayca taşınabilme özelliğı kazandırmaktadır.

Keçiboynuzu meyvesi şeker kamışından daha çok şeker içerir. Çekirdeğı alınmış keçiboynuzu ağırlığının %52'si şekerdir. Keçiboynuzu pekmezinin sağlıklı yaşam prensiplerinde insan sağlığı için önemi ayrı bir çalışma konusu olacak kadar detaylandırılabilir. Ayrıca kakao ve kahvenin kullanıldığı tüm alanlarda ikame edicidir. Keçiboynuzu kahvesi kafein ve teobramin türü maddeler içermediğı için kalp, mide ve sinir rahatsızlıkları olanlara önerilir. Ayrıca keçiboynuzu unu (Har-Un) hem pasta sanayinde hem de kakao yerine kullanılabilen doğal şeker içeriğı, düşük kalorisi, kolesterol bulundurmaması ve ucuz olması nedeniyle tercih edilmektedir (Tunalıoğlu ve Özkaya, 2003).

Gıda kapsamında yer alarak şifalı bitki olarak: Sindirim sistemi bozukluklarında (diare), gastrit, karaciğer ve özellikle de akciğer, diş ve diş etleri rahatsızlıklarında, kolesterol düşürücü olarak, kas gelişiminde ve de yüksek enerji potansiyeli nedeniyle doğal doping olarak kullanılmaktadır.

Akciğer ödemine karşı keçiboynuzunun desteğı bulunmaz bir imkândır. Balgam söktürücü gücü ve astıma karşı olan tedavi edici gücü çok fazladır. Sigara içenlere, akciğer kanserine karşı önleyici gücünden dolayı büyük faydaları vardır. Keçiboynuzu aynı zamanda hareketli sperm sayısını artıran özelliğı de sahiptir. İktidarsızlığa karşı adeta mucize çözüm keçiboynuzudur. İyi huylu prostat büyümesi (benigne prostate hyperplazy) şikâyeti olanların zaman zaman keçiboynuzunu çiğ olarak tüketmeleri çok faydalıdır [4].

Aynı zamanda insan vücudunda meydana gelebilecek dejeneratif hastalıklara karşı koruyucu, antioksidan özellik gösteren polifenoller ve yüksek lif içeriğı nedeniyle sağlık üzerinde pek çok faydası bulunmaktadır.

Tekstil Endüstrisinde: Keçiboynuzu zankı ve türevleri pamuklu dokumalarda eşit geçirgenlik, sabit nem ve düz satıh elde etmek yanında alkaliye dayanıklı ve yoğunluğu arttırıcı olarak her çeşit boyacılıkta, baskıda kalınlaştırıcı etkisi ile eşit renk dağılımı ve boyanın dokuma tarafından kolay emilmesinde kolaylık sağlayıcı olarak kullanılmaktadır.

Kâğıt Endüstrisinde: Keçiboynuzu zankı kâğıdın dökülmesinde zaman ve enerji kaybının önlenmesini sağlamaktadır. Böylece kâğıt hamurunun drenaj oranında artış olmakta ve daha yüksek makine hızı sağlamaktadır.

Petrol Endüstrisinde: Sondaj operasyonlarında keçiboynuzu zankı en etkili koruyucu katkı maddesi olarak, derin tuz tabakalarının sondajında veya tuzlu suda çalışma durumlarında su kaybını ve çamur yoğunluğunun azalmasını kontrol etmektedir.

Keçiboynuzu tüm bu kullanım alanları dışında; matbaacılıkta, kozmetik sanayinde, kibrit yapımında, mobilyacılıkta, dericilikte (dabaklamada), fotoğraf filmlerinin emülsiyonunda, deterjan ve plastik sanayinde, sigara endüstrisinde tütüne lezzet vermek için, patlayıcı madde yapımında, seramik endüstrisinde tutkal olarak, diş macunu yapımında yoğunlaştırıcı olarak kullanılmaktadır (Tunalıoğlu ve Özkaya, 2003).

Türkiye, Dünya’da keçiboynuzu meyvesinin doğal ortamında yetiştiği önemli bölgeler arasında yer almasına rağmen, keçiboynuzu meyvesini işleyip mamul gıdalara dönüştüren işletmeler bulunmamaktadır. Locust Bean Gum (keçiboynuzu gamı) üretiminde kullanılmak üzere çekirdekler ayrıldıktan geriye kalan meyve etinin, bazı bölgelerde pekmez üretimi amacıyla kullanıldığı bilinmektedir. Ülkemizde meyveden elde edilen çekirdekler işlenmeden ihraç edilmekte ve keçiboynuzu gamı ise üretici ülkelerden ithal edildiğinden ciddi bir ekonomik değer yaratılamamaktadır.

Bu çalışmada, ülkemizin doğal ortamlarında, kültür şartlarına alınmadan yetiştirilmiş keçiboynuzu meyvesinin, çekirdekleri çıktıktan sonra atık muamelesi gören veya hayvan yemi olarak kullanılan, %55-60’a varan oranlarda şeker içeren meyve etinden, renksiz ve berrak meyve suyu üretimi amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Keçiboynuzu

Bir Akdeniz iklim meyvesi olan keçiboynuzu TS 2907'ye göre “Keçiboynuzu, *Ceratonia siliqua* L. Türüne giren ağaçların bakla biçimindeki meyvesidir” şeklinde tanımlanmaktadır (Demirtaş, 2007).

2.2 Keçiboynuzu Meyvesinin Morfolojik Ve Fizyolojik Özellikleri

Keçiboynuzu, Akdeniz iklim özelliğini taşıyan bölgelerin tipik bir meyvesidir. Keçiboynuzu ağacı, baklagiller familyasına ait, herdem yeşil, düşük sıcaklıklara oldukça duyarlı bir meyve ağacıdır. Genellikle kültüre alınmadan ve yetiştirme esnasında hiçbir kimyasal maddeye ihtiyaç duymadan yetiştirilen bu ağaç, ilk meyvesini 5-10 yaşında verir, ekonomik ömre ise 10-15 yaşında ulaşır. Daha sonra geçen her yıl meyve miktarını ve kalitesini artırır. Ağaç elli yıl içerisinde 15 metre yüksekliğe erişebilir (Tunalıoğlu ve Özkaya, 2003).

Keçiboynuzu ağacı kışın yapraklarını dökmeyiz. Yaprakları oval şekilde, kenarları düz, açık yeşil renkte, ortada ana damar ve ondan sağlı solu ayrılan yan damarlar mevcuttur. Yaprakları 4-5 cm büyüklüğünde, parlak, alt yüzeyi kırmızımsı esmer renkte ve çok kısa saplıdır. Çiçekleri yeşilimsidir. Meyvesi (Keçiboynuzu); 10-20 cm boyunda, yassı, etli, açılmayan ve koyu renklidir [4].

Çok düşük sıcaklıklara duyarlı olan keçiboynuzu bitkisi, iklim koşullarına ve çeşide göre değişmekle birlikte yıl boyunca ortalama 24°C sıcaklığa, %74 nispi neme ve m² başına 100 mm yağışa gereksinim duymaktadır. Güçlü kök yapısından dolayı çok az suya gereksinim duymakta ve kuraklık sırasında dahi meyve verebilmektedir. Keçiboynuzu bitkisi fazla nemli ve suyu tutan toprağı sevmemektedir. Keçiboynuzu bitkisi, minerallerce fakir, tuzca zengin, taşlı ve kumlu topraklarda iyi gelişme göstermektedir (Demirtaş, 2007).

Keçiboynuzu bitkisi hava koşullarına ve çeşide bağlı olarak Eylül-Aralık aylarında çiçek açmaktadır. Ait olduğu familyanın diğer üyeleri gibi çok renkli ve albenili çiçeklere sahip değildir. Çiçekler, kırmızımsı renkli çok ufak tomurcuklardan oluşan salkım şeklinde olup doğrudan ağacın dallarından veya gövdesinden fışkırmakta olup çok eşeylidirler. Her iki eşeye sahip olan çiçeklerin, dişi veya erkek eşey özelliğini kaybetmiş diğer çiçeklerin eksikliğini tamamlama özelliğine sahip olmalarına rağmen, kültüre alınmış tüm çeşitler iki eşeylidir. Nadiren keçiboynuzu bitkileri, aynı saptta veya tamamen erselik olan çiçeklerde hem erkek hem de dişi eşeyi bir arada bulundurabilmektedirler. Genel olarak keçiboynuzu bitkisi rüzgâr ile döllenmektedir (Demirtaş, 2007).

Meyveleri Mayıs ayı başında büyümeye başlar ve Haziran-Temmuz aylarında olgunlaşır. Meyve rengi olgunlaştıktan sonra yeşilden kahverengiye dönüşür. Olgunlaşan meyveler Eylül ayında hasat edilmeye başlar ve hasat mevsim koşullarına bağlı olarak Kasım-Aralık aylarına kadar devam edebilir (Tunalıoğlu ve Özkaya, 2003). Eylül ve Ekim ayı gibi olgunlaşan yemişler kendiliğinden ağaçtan dökülebilir. Edinilen keçiboynuzları rutubetsiz ortamda muhafaza edilmeli özellikle uzun süre bekletildi ise bir keçiboynuzu tüketmeden evvel üç dört yerinden kırılmak suretiyle kurtlanıp kurtlanmadığı kontrol edilmelidir [2].

Keçiboynuzu ağaçları 100 yaşına kadar canlı kalabilmekte ve meyve verebilmektedir. Ticari olgunluğa erişmiş bir keçiboynuzu ağacının yıllık ortalama 90-115 kg meyve verebildiği belirtilmiştir. Bununla birlikte; çeşit, toprak kalitesi ve ağacın yaşına bağlı olarak bazı ağaçların yılda 300 kg meyve verebildiği de gözlenmiştir (Şenay, 2009).

2.3 Türkiye’de ve Dünya’da Keçiboynuzu Üretimi

Keçiboynuzu, istatistik verilere göre 11 ülkede yetiştirilen bir meyvedir. En önemli üretici ülkeler İspanya, İtalya, Fas, Portekiz, Yunanistan, Türkiye ve Kıbrıs’tır. En büyük üretici ülke İspanya’dır. İspanya dikili alan olarak dünya içerisinde %57.5, üretim olarak %47,6 oranında paya sahiptir. İspanya’yı sırası ile İtalya, Fas ve Portekiz izlemektedir. Türkiye %5,9 üretim payı ile üretimde son sıralarda yer almaktadır. Bu ülkeler içerisinde hektarda en düşük verimin ise Yunanistan’da olduğu görülmektedir. Dünya’da keçiboynuzu üretiminin özellikle İspanya, İtalya (Sicilya), Kıbrıs (Girne, Limasol, Karpas) ve Yunanistan’da (Girit) kültüre alınarak ve bu ülkelerde kapama bahçeler kurularak yapıldığı bildirilmektedir (Tunalıoğlu ve Özkaya, 2003).

Dünya’da 2003 yılı keçiboynuzu dikili alan ve üretimi, Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Dünya’da 2003 yılı keçiboynuzu dikili alan ve üretimi

(Tunalıoğlu ve Özkaya, 2003)

Ülkeler	Dikili Alan		Üretim	
	ha	%	Ton	%
Kıbrıs	2.400	2,0	6.300	2,6
Türkiye	3.000	2,5	14.300	5,9
Yunanistan	12.600	10,6	18.500	7,7
Portekiz	9.100	7,6	21.600	9,0
Fas	11.000	9,3	24.400	10,2
İtalya	8.800	7,4	39.000	16,3
İspanya	68.000	57,5	114.000	47,6
Toplam	118.200	100,0	239.000	100,0

Aşağıdaki çizelge 2000-2005 yılları arasında Dünya’daki keçiboynuzu üretim miktarlarını ve üretim alanlarını göstermektedir.

Çizelge 2.2 Dünya’daki keçiboynuzu üretim miktarı ve alanı [6]

	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Üretim Alanı (hektar)	125.917	114.696	115.656	110.546	112.781	99.544
Üretim Miktarı (ton)	226.829	177.787	188.098	175.405	187.635	182.865

Dünyanın büyük üretici ülkeleri, özellikle çerez ve gıda sanayinde kullanım söz konusu olduğunda, aynı zamanda da büyük tüketici ülkeleridir. Diğer yandan üretici ülkeler aynı zamanda ihracatçı hatta ithalatçı ülkeler olmaktadır. Çünkü keçiboynuzunun özellikle gıda endüstrisi dışındaki kullanımında üretici Avrupa Birliği ülkeleri bir yandan ürünü ihraç etmekte bir yandan da endüstrilerinde kullanmak üzere ithal etmektedirler. Dünya’da üretimde olduğu gibi ihracatta da İspanya ve İtalya ilk sıralarda yer almakta onları özellikle ithalatla İngiltere, Fransa, İsviçre ve Hollanda izlemektedir. Avrupa Ülkeleri keçiboynuzunu farklı endüstriler yanında un, çikolata, doğal ilaç yapımı ve hayvan yemi olarak değerlendirmektedirler. Türkiye ihracatçı ülkeler içerisinde %9,2 oranındaki payı ile üretiminde gösteremediği başarıyı 4. sırada yer alarak göstermektedir [6]. Bu başarısını belki de keçiboynuzunu iç piyasada yeterince tüketemediği ya da bilinen endüstri dallarında Türkiye koşullarında değerlendiremediği şeklinde yorumlamak mümkündür (Tunalıoğlu ve Özkaya, 2003).

Keçiboynuzu, Türkiye’de ciddi anlamda henüz kültüre alınmamış, ancak doğal ortamda yetiştirilebilmektedir. Daha çok orman içi ve orman arazilerinde üçlü beşli gruplar halinde bulunan bu ağaçların doğal floradaki miktarı tam tespit edilmiş değildir. Türkiye’de keçiboynuzu ağaçlarının yaklaşık %90’nını yabani ağaçlar oluşturduğu için bu ağaçlardan kaliteli meyve eldesi mümkün olamamaktadır.

Doğal florada Hatay’dan Çanakkale’ye kadar Akdeniz ve Ege kıyılarında yetişebilen keçiboynuzu, daha çok Akdeniz Bölgesinde Mersin, Antalya ve Muğla’nın merkez ve kıyı şeridi ilçelerinde üretilmektedir. Fakat bu üretimin ekonomik bir üretim olduğunu ifade etmek mümkün değildir (Tunalıoğlu ve Özkaya, 2003).

Ülkemizde her 1000 keçiboynuzu ağacından 304 tanesi meyve vermektedir. Türkiye’de tüketim miktarı oldukça kısıtlı olan ve endüstriyel olarak değerlendirilemeyen meyvenin bir kısmının ihracatı gerçekleştirilmektedir (Şenay, 2009).

Özellikle 1990’lı yıllardan bu yana Türkiye’nin keçiboynuzu ihracatı artmıştır. İhracatta dikkat çeken bir diğer husus da, keçiboynuzu tohumlarının (kabukları soyulmamış ve ezilmemiş), sadece çekirdeği alınmış, toz halinde çekirdeği alınmış ve tüm tane halindeki keçiboynuzunun İtalya, İspanya, Almanya, İngiltere, Yunanistan gibi AB Ülkelerine, Suudi Arabistan, Fas ve Lübnan gibi Orta Doğu ve Afrika Ülkelerine ihracatının yapılmasıdır.

Ülkemizde 2000- 2008 yılları arasındaki keçiboynuzu üretim miktarları ve toplam üretim alanı Çizelge 2.3’de verilmiştir.

Çizelge 2.3 Türkiye’de yıllara göre keçiboynuzu üretim miktarı ve alanı [6, 7]

	Yıllar									
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008 (1) *	2008 (2) **
Üretim Alanı (hektar)	3080	3040	3060	3150	3160	2820	2800	-	-	-
Üretim Miktarı (ton)	14000	13500	13500	14000	12000	12388	12161	12097	14702	15159

Çizelge 2.3’e göre; 2008 yılı 2.tahmin ile 2007 yılı üretim miktarlarını oranlarsak %25,3 oranında bir üretim artışı olduğu görülmektedir.

* 2008 yılı Başbakanlık TUIK Tarımsal Ürünlerin Üretim Miktarları 1. tahmin değeridir.

** 2008 yılı Başbakanlık TUIK Tarımsal Ürünlerin Üretim Miktarları 2. tahmin değeridir.

2.4 Keçiboynuzu Meyvesinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

2.4.1 Fiziksel Özellikler

Keçiboynuzu meyvesi, deri gibi sert ve yarılmayan, az etli bir fasulye şeklindedir. Ham meyveler yeşil, olgunlaşma sırasında kahverengi ve olgun meyveler koyu kahverengindedir. Çekirdekleri içeren meyvenin boyutu, şekli ve kalınlığı, kültür yöntemine ve çeşide bağlı olarak büyük ölçüde değişmektedir.

Çeşitli literatürlerde farklılık göstermekle birlikte her bir meyvede 5-18'e varan sayıda çekirdek bulunabilmekte ve meyveler 10-30 cm uzunluğunda ve 1-6,25 cm kalınlıkta olabilmektedir. Bu meyvelerin ağırlığı ise 10-40 g arasında değişebilmektedir. Ortalama olarak 1 kg meyveden 50-140 g temizlenmiş çekirdek elde edilmektedir (Demirtaş, 2007).

Biner vd. (2005), taze bir keçiboynuzu meyvesinin %90 meyve eti ve %10 çekirdekten ibaret olduğunu söylemiştir. Yaptıkları çalışmada, Akdeniz Bölgesi'nde kültür altına alınmış 22 adet ağaçtan toplanan keçiboynuzu ile yabani tip 31 adet ağaçtan toplanan keçiboynuzunun fizyolojik özellikleri karşılaştırılmıştır (Çizelge 2.4).

Çizelge 2.4 Keçiboynuzu örneklerinin bazı fiziksel ve pomolojik özellikleri (Biner vd., 2005)

Özellikler	n: 22			n:31		
	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.
Ağırlık (g)	19,74	31,92	24,77±0,65	5,84	23,28	13,51±0,87
Uzunluk (cm)	14,98	19,60	17,68±0,27	11,73	22,47	17,66±0,51
En (cm)	2,13	2,52	2,29±0,02	1,41	2,51	1,85±0,05
Kalınlık (mm)	7,07	11,38	9,50±0,22	4,23	8,87	6,54±0,21
Çekirdek sayısı	6,13	13,00	10,83±0,31	9,93	17,93	13,17±0,29
Çekirdek ağırlığı (g)	0,88	2,54	1,93±0,09	1,31	3,16	2,19±0,08
Çekirdek / meyve eti oranı	3,03	10,02	7,77±0,42	10,29	28,43	17,77±0,89

Karkacier vd. (1994), yaptığı araştırmalarda 220 adet kültür altına alınmamış tip ağaçtan toplanan keçiboynuzunun fiziksel ve pomolojik özelliklerini; en min. 1,6 cm, maks. 3,1 cm, boy min. 8 cm, maks. 19 cm, kalınlık min. 0,7 cm, maks. 1,6 cm, çekirdek sayısı min. 6.1, maks. 11.2, çekirdek ağırlığı min. 0,85 g, maks. 2,15 g, meyve ağırlığı min. 13.5 g, maks. 26,46 g, çekirdek / meyve eti oranını min. % 8.2, maks. %18,2 bulmuşlardır.

Coğrafi koşullar ve kültür altına alınıp yetiştirilme nedeniyle farklı morfolojik özellikler gösteren keçiboynuzun İspanya’da yetiştirilen tipleriyle ilgili yapılan çalışmanın sonuçları da Çizelge 2.5’te gösterilmiştir (Albaneil vd., 1991).

Çizelge 2.5 İspanya’da yetiştirilen keçiboynuzunun morfolojik özellikleri (Albaneil vd., 1991)

Parametreler	Ölçüm aralığı	Ortalama + standart sapma
Uzunluk (cm)	7,71-27,28	15,83±0,21
Genişlik (cm)	1,44-2,68	2,11±0,02
Kalınlık (cm)	0,54-1,32	0,85±0,01
İç kalınlık (cm)	0,40-0,98	0,60±0,01
Çekirdek sayısı	2,88-14,76	10,00±0,17
Kırılma sertliği (kg/cm ²) ¹	4,33-24,13	11,18±0,31

¹ : Warner – Bratzler

2.4.2 Kimyasal Özellikler

Şenay (2009), yaptığı araştırmada Türkiye’de Etli, Sisam ve Yabani olmak 3 farklı tip keçiboynuzu yetiştirdiğini belirlemiştir. Bu 3 farklı tip keçiboynuzu meyvesinin et kısımlarının kimyasal bileşimi incelendiğinde, toplam şeker içeriği yabani cinsinde %32,01 iken, Sisam cinsi %43,84 ile en yüksek şeker oranına sahiptir. Bu üç cinsin kül, yağ oranlarında ise ciddi farklar bulunmamaktadır (Çizelge 2.6).

Çizelge 2.6 Ülkemizde yetişen keçiboynuzu çeşitlerinin meyve eti kısımlarının kimyasal bileşimleri (Şenay, 2009)

	Sisam	Etli	Yabani
Su, %	15,3	13,69	13,2
Sakaro, %	33,49	27,37	21,22
İndirgen Şekerler, %	10,35	11,34	10,73
Toplam şeker, %	43,84	38,71	32,01
Protein, %	4,76	3,01	2,48
Yağ, %	0,24	0,32	0,43
Kül, %	2,91	3,11	3,28

Keçiboynuzu meyvesinin bileşimi meyvenin çeşidi kadar yetiştirildiği bölgenin özelliklerinden de etkilenmektedir. Ülkemizde Akdeniz Bölgesinde farklı yörelerde ve Kıbrıs'da yetişen keçiboynuzu meyvelerinin üzerinde yapılan incelemelerde Çizelge 2.7'de görüldüğü üzere Alanya ve Silifke yöresinde yetişen meyvelerde toplam şeker miktarı %65'e ulaşırken, Kaş'da yetişen meyvelerde şeker içeriği %52 ile sınırlıdır (Şenay, 2009).

Çizelge 2.7 Ülkemizde farklı yörelerde yetişen keçiboynuzu meyvelerinin kimyasal bileşimi
(Şenay, 2009)

Bileşim Ögesi		Yetiştirme Yöresi				
		Datça	Kaş	Alanya	Silifke	Girne
Toplam kuru madde	%	91,7	91,3	91,3	91,1	91,8
Toplam şeker	%	57,8	52,8	65,6	62,6	56,3
İndirgen şeker	%	13,2	14,3	15,4	12,5	18,5
Sakaroza	%	44,6	38,5	50,2	50,1	37,8
Protein	%	3,6	5,4	4,5	4,2	4,9
Ham selüloz	%	5,8	4,6	6,1	5,5	6,2
Ham yağ	%	0,3	0,2	0,4	0,3	0,2
Pektik madde	%	0,05	0,03	0,04	0,04	0,03
Toplam kül	%	2,34	2,23	2,31	2,39	2,42
Titrasyon asitliği	%SSA	0,53	0,59	0,56	0,65	0,65

Sert bir tekstüre sahip olan keçiboynuzu meyvesinde nem içeriği ortalama %8 civarındadır. Olgun meyve yaklaşık %91 kuru madde ve %64 çözünür kuru madde içermekte olup, pH değeri pek çok meyvede 4,5 civarındayken, keçiboynuzunda oldukça yüksektir. Zaten keçiboynuzu pek çok bölgede meyve değil bakla olarak tanımlanmaktadır.

Karkacier vd. (1994), keçiboynuzu meyvelerinin bileşimi ve şeker içeriği hakkında bir takım çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmaların sonuçlarını Çizelge 2.8 ve 2.9’da görmekteyiz.

Çizelge 2.8 Ülkemizde farklı yörelerde yetişen keçiboynuzu meyvelerinin şeker içeriği
(Demirtaş, 2007)

Şeker	Değişim Sınırları (%)		
	Minimum	Maksimum	Ortalama
Toplam şeker	52,785	62,360	58,906
Glikoz	7,8370	9,6000	8,6162
Fruktoz	10,167	12,233	11,150
Sakaroz	34,222	42,357	39,145

Çizelge 2.9 Keçiboynuzu meyvesinin kimyasal bileşimi (Demirtaş, 2007)

Bileşim ögesi	Değişim Sınırları			St. Sapma	St. Hata
	Min	Max	Ortalama		
Toplam kuru madde, %	91,300	91,900	91,591	0,172	0,0370
Nem, %	8,100	8,700	8,409	0,171	0,0366
Çözünür KM, %	62,00	67,00	64,68	1,507	0,3040
Titrasyon Asitliği, %SSA	0,5707	0,9359	0,7273	0,0831	0,0177
pH değeri	5,14	5,84	5,53	0,1507	0,0321
Azotlu bileşikler, %	3,2191	5,3487	4,0526	0,5931	0,0926
Formol sayısı	62,06	179,76	93,38	26,36	0,5620
Ham selüloz, %	4,033	8,567	6,246	1,052	0,1590
Toplam Kül, %	2,0905	2,8859	2,4645	0,2245	0,0338
Alkalite, Mval/kg	31,756	38,979	35,526	1,846	0,2850
Alkali sayısı	12,365	17,253	14,600	1,022	0,1580

Biner vd. (2005), tarafından yapılan araştırmalarda, meyve etinin %40-60'ının şeker, bunun da %30'unun sakarozdan oluştuğu bildirilmiştir. Bunun yanında %3-4 protein, %0,4-0,8 yağ içerir. Meyve eti, yüksek oranda diyet lifi ve polifenol içerir. Yabani tip keçiboynuzu meyvesi çok sayıda çekirdek içerir. Bununla birlikte üreticiler, keçiboynuzu şurubu ve tozu üretmek için kültür altına alınmış tipleri seçerler. Bunun nedeni, kültür altına alınmış tiplerin yüksek şeker içermesi ve şurup yapımında büyük ölçüde ham madde olarak kullanılmalarıdır. Meyve etinin kimyasal bileşimi, meyvenin türüne ve iklime bağlı olarak değişebilir.

Yapılan çalışmada, kültür altına alınmış 22 adet ağaçtan toplanan keçiboynuzu ile yabani tip 31 adet ağaçtan toplanan keçiboynuzunun şeker içerikleri karşılaştırılmıştır (Çizelge 2.10).

Çizelge 2.10 Farklı keçiboynuzu türlerinin ortalama şeker profili (Biner vd., 2005)

Temel şekerler (g/kg)	Keçiboynuzu türü					
	Kültür (n=22)			Yabani (n=31)		
	Min.	Max.	Ortalama	Min.	Max.	Ortalama
Fruktoz	67,1	179	115±27,1 ^a	59,9	176,9	102±28,0 ^a
Glukoz	14,5	70,0	33.0±16,2 ^a	7,2	90,7	36.8±16,2 ^a
Sukroz	298	635	384±76,4 ^a	172	464,5	299±75,9 ^a
Toplam	396	823	531±93,2 ^a	282	564,8	437±76,9 ^a
Fruktoz/toplam			0,22			0,23
Glukoz/toplam			0,06			0,08
Sukroz/toplam			0,72			0,68

Çizelge 2.10'da görüleceği gibi kültür ortamına alınarak yetiştirilen meyveler ortalama 531 g/kg şeker ihtiva ederken, yabani meyvede bu oran 437 g/kg olarak bulunmuştur.

Demirtaş (2007), keçiboynuzu meyvesinin yapısında bulunan vitaminleri incelemiş ve Çizelge 2.11'de yer alan değerlere ulaşmıştır.

Çizelge 2.11 Keçiboynuzunun vitamin içeriği (Demirtaş, 2007)

Vitaminler	Miktarı
A (mg/kg)	-
E (mg/kg)	5
B1 (mg/kg)	1,9
B2 (mg/kg)	0,6
B6 (mg/kg)	2,35
Nikotinik asit (mg/kg)	31
C Vitamini (mg/kg)	60
Folik asit (mg/kg)	0,18

Özcan vd. (2007) tarafından bildirildiğine göre, keçiboynuzu meyvesinin ve yan ürünlerinin kimyasal özellikleri ve besin değerleriyle ilgili, gıda sanayisinde kullanımıyla ilgili bazı bilgiler mevcutsa da keçiboynuzu unu ve şurubu ile ilgili yeterli bilgi yoktur.

Antalya bölgesindeki ağaçlardan elde edilen ve çekirdekleri çıkartılıp parçalara ayrılmış keçiboynuzu meyvesiyle yapılan çalışmalarda, bu meyveden un ve şurup örnekleri hazırlanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çizelge 2.12’de keçiboynuzu meyvesinin, ununun ve şurubunun kimyasal bileşimleri görülmektedir.

Buna göre, keçiboynuzu meyvesi ve unu yakın nem değerlerine sahipken; keçiboynuzu şurubu, meyveye ve una oranla yüksek nem oranına sahiptir. Meyve ve unun protein, yağ, ham lif, kül ve enerji değerleri istatistiksel olarak farklılık göstermemektedir. Keçiboynuzu şurubu, meyveye ve una göre daha az protein, ham lif, kül ve enerji içeriğine sahiptir. Keçiboynuzu şurubu, meyveye ve una göre en yüksek şeker içeriğine sahiptir. Yine keçiboynuzu şurubunun su ve alkoldeki çözünürlüğü diğerlerine göre daha yüksektir. Unun sudaki çözünürlüğü meyveye göre daha düşük, fakat meyvenin alkoldeki çözünürlüğü una göre daha düşüktür.

Şuruptaki 5-HMF (5-hidroksimetilfurfural) içeriği ($10 \pm 0,5$ mg/kg), Türk Gıda Kodeksi sınırlarını geçmemektedir.

Çizelge 2.12 Keçiboynuzu meyve, un ve şurup örneklerinin kimyasal bileşimi
(Özcan vd., 2007)

Bileşen	Meyve	Un	Şurup
Nem, %	6,01±0,11	6,27 ± 0,22	-
Protein, %	4,71±0,66	5,34 ± 0,17	1,40 ± 0,42
Yağ, %	0,23 ± 0,02	0,15 ± 0,19	-
Ham Lif, %	9,69± 1,2	11,66 ± 1,35	3,34 ± 0,82
Kül, %	3,33 ± 0,20	2,92 ± 0,41	2,16 ± 0,03
Toplam şeker, %	48,35 ± 0,52	41,55 ± 1,18	63,88 ± 0,75
Enerji (kcal/100 gr)	395,22 ± 15,23	399,82 ± 2,30	248,38 ± 7,6
Suda çözünebilir ekstrakt, %	50,67 ± 0,11	43,70 ± 0,53	95,54 ± 0,62
Alkolde çözünebilir ekstrakt, %	6,92± 0,60	7,97 ± 0,14	32,63 ± 0,40
5-HMF (mg/kg)	-	-	10,03 ± 0,53

Özcan vd. (2007) tarafından bildirildiğine göre, bu ürünler yüksek miktarda kalsiyum, potasyum, magnezyum, sodyum ve fosfor içermektedir. Örnekler arasında, potasyum, fosfor ve kalsiyum en yüksek oranda keçiboynuzu şurubu içinde bulunmaktadır. Kalsiyum (4206,7 mg/kg), potasyum (24665,6 mg/kg), magnezyum (1435,5 mg/kg), sodyum (1261,5 mg/kg) ve fosfor (5427,0 mg/kg) keçiboynuzunda en yoğun bulunan minerallerdir (Çizelge 2.13).

Kıroğlu (2001), keçiboynuzunda bulunan bakırın biyoyararlanımını düşük, çinkonun biyoyararlanımını ise yüksek olarak belirlemiştir.

Çizelge 2.13 Keçiboynuzu meyve, un ve şurup örneklerinin mineral bileşimi
(Özcan vd., 2007)

Mineral	Keçiboynuzu meyvesi (mg/kg)	Keçiboynuzu unu (mg/kg)	Keçiboynuzu şurubu (mg/kg)
Alüminyum	49,56±10,22 ^{Bc}	109,45±6 ^{aE}	21,76±2,43 ^{cD}
Arsenik	-	-	7,42±1,35 ^D
Boron	69,02±10,43 ^{aC}	72,05±10,86 ^{aE}	43,2±3,64 ^{bD}
Baryum	2,26±0,12 ^{bC}	4,41±0,25 ^{aE}	0,97±0,01 ^{cD}
Kalsiyum	4206,74±100,17 ^{bB}	6076,14±206,96 ^{aCD}	860,34±68,32 ^{cC}
Kobalt	0,64±0,23	0,46±0,14	0,37±0,01
Krom	4,45±0,45 ^{aC}	4,76±0,37 ^{aE}	1,82±0,27 ^{bD}
Bakır	2,40±0,28 ^{aC}	2,64±0,23 ^{aE}	-
Demir	42,57±3,43 ^{bC}	58,39±8,54 ^{aE}	11±1,25 ^{cD}
Potasyum	24665,63±286,46 ^{abA}	27200,23±565,21 ^{aA}	16074,67±744,03 ^{bA}
Lityum	1,03±0,01 ^{aC}	1,1±0,1 ^{aE}	0,8±0,01 ^{aD}
Magnezyum	1435,57±191,41 ^{aC}	1219,54±106,14 ^{aD}	523,23±79,34 ^{bD}
Manganez	-	1,06±0,34	-
Gümüş	45,02±10,76 ^{bC}	29,11±9,66 ^{aE}	140,03±15,34 ^{cD}
Sodyum	1261,56±218,52 ^{bC}	2052,56±291,44 ^{aC}	1130,83±255,11 ^{bD}
Nikel	3,17±0,25 ^{aC}	2,26±0,23 ^{bE}	0,84±0,01 ^{cD}
Fosfor	5427,01±439,22 ^{bB}	8500,94±289,05 ^{aB}	2390,77±240,27 ^{cB}
Stronsiyum	70,54±5 ^{aC}	11,87±0,39 ^{bE}	3,98±0,2 ^{bD}
Titanyum	0,86±0,01 ^{cC}	2,26±0,14 ^{bE}	4,34±2,67 ^{aD}
Vanadyum	0,33±0,14 ^{aC}	0,32±0,15 ^{aE}	0,06±0,02 ^{bD}
Çinko	0,26±0,01 ^{bC}	1,88±0,29 ^{aE}	-

Owen vd. (2003) yaptığı çalışmalarda şu bilgilere varmıştır: Keçiboynuzu meyvesi vitamin ve mineral içeriğinin yanı sıra, insan vücudunda oluşan ve serbest radikal adı verilen zararlılarla savaşılan, antioksidan bileşenler olan fenolik bileşenler bakımından da zengindir. Keçiboynuzu meyvesinde 24 adet fenolik bileşen bulunmaktadır ve bu bileşenler içinde Gallic asit en yüksek orandadır (Çizelge 2.14).

Çizelge 2.14 Keçiboynuzu meyvesinin fenolik bileşen dağılımı (Owen vd., 2003)

Fenolik Antioksidan	Miktar (mg/kg)	% TFM
Cinnamic acid	49,3	1,25
p-Coumaric acid	11,3	0,29
Ferulic acid	16,3	0,41
Syringic acid	2,4	0,06
Gallic acid	1647,5	41,76
Methyl gallate	40,6	1,03
Apigenin	12,8	0,32
Chrysoeriol	29,9	0,76
Tricetin3',5' dimethyl eter	3,1	0,08
Luteolin	37,8	0,96
Quercetin	12,1	0,31
Isorhamnetin	20,1	0,51
Myricetin	14,4	0,37
Kaempferol	1,4	0,04
Kaempferol rhamnoside	19,1	0,48
Quercetin rhamnoside	403,4	10,23
Quercetin arabinoside	27,8	0,70
Myricetin rhamnoside	366,1	9,28
Myricetine glucoside	62,2	1,58
Naringerin	18,9	0,48
Genistein	0,5	0,01
1,6-Di-o-galloyl-B-D-glucose	157,4	3,99
1,2,6Tri-o-galloyl-B-D glucose	418,9	10,62
1,2,3,6 tetra-o-galloyl-B-D-glucose	571,4	14,49
Toplam	3944,7	100,00

Tanenler, gıdalarda yaygın olarak bulunan kompleks fenolik bileşiklerdir. Hidrolize edilebilen ve kondense tanen veya proantosiyanın olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Hidrolize tanenler, gallic asit polimerleridir veya ellagic asidin öz bir moleküle glikoz ya da bir polifenole esterifiye olmuş halidir (catechin gibi). Kondense tanenler flavonoid polimerleridir. Keçiboynuzunda, ellagitanen ve gallotanen şeklinde hidrolize olabilenlerin yanında, yüksek miktarda kondense tanen ve proantosiyanın içeriği ortaya konmuştur. Tanenler meyvenin acı tadından ve yarattığı burukluk hissinden sorumludur. Bazı proteinleri etkileyerek ve proteolitik enzimleri inaktive ederek sindirim prosesini olumsuz etkileyebilirler (Avallone vd., 1997).

Keçiboynuzu içindeki tanenlerin giderilebilmesi amacıyla yapılan ekstraksiyon denemelerinde, saf asetonun polifenollerin ekstraksiyonunda yetersiz kaldığı gözlemlenmiştir. Ancak Çizelge 2.15’de görüldüğü gibi tanen ekstraksiyonunun etkinliği su ilavesiyle arttırılmıştır ve %70’lik aseton ile 19,5 mg toplam polifenol/gr (kuru ağırlık), 2,9 mg proantosiyanın/gr, 0,46 mg ellagitannins/gr sonuçları elde edilmiştir ve bu değerler %100 aseton ve %70 metanol ile elde edilen değerlerden yüksektir (Avallone vd., 1997).

Çizelge 2.15 Keçiboynuzu fenolik bileşenlerinin, çeşitli solventlerle ekstraksiyon sonuçları (Avallone vd., 1997)

Çözücü	N° Ekstraksiyon adımları	Toplam Polifenoller mg/g (kuru ağırlık)	Proantosiyanınler mg/g (kuru ağırlık)	Ellagitaninler mg/g kuru ağırlık
Aseton %70	1	17±2,40	2,5±0,460	0,4±0,29
	2	2±0,60	0,3±0,19	0,05±0,010
	3	0,5±0,19	0,1±0,05	0,01±0,010
		19,5	2,9	0,46
Aseton %100	1	0,8±0,23	0,3±0,13	0,07±0,030
	2	0,6±0,23	0,3±0,13	0,03±0,007
	3	0,6±0,24	0,2±0,10	0,2±0,00
		2,0	0,8	0,3
Metanol %70	1	10±2,3	1±0,30	0,2±0,05
	2	2±0,60	0,3±0,20	0,06±0,000
	3	0,5±0,18	0,1±0,03	0,03±0,007
		12,5	1,4	0,29

Değerler 6 ekstraksiyonun ortalama değerleridir ± standart sapma

Keçiboynuzu meyvesinin etli kısmı, meyvenin kıymetli kısmı olarak kabul edilen çekirdekten Locust Bean Gum işleme tesislerinde, bir yan ürün olarak görülmektedir (Şenay, 2009). Ancak Makris ve Kefalas (2004), tarafından yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, maksimum polifenolik bileşenler (%80), asetonla yapılan ekstraksiyonda ortaya çıkmıştır. Buna karşılık polifenollerin ekstraksiyonunda etil asetat işe yaramamaktadır. Dolayısıyla etli kısım, doğal fenolik fitokimyasalların ucuz bir kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Keçiboynuzu çekirdek özü doymamış yağ asitleri bakımından zengindir ve %38,5 oleik asit ve %43,6 oranında linoleik asit içermektedir (Dakia vd., 2007). Keçiboynuzu çekirdeklerinden, su ve asit ile muamele sonunda elde edilen saf çekirdek özünün ve endosperm ile kabukları da içeren tam çekirdek özünün yağ asidi kompozisyonları Çizelge 2.16'da verilmiştir.

Germ A; saf su ile muamele edilen saf çekirdek özünü, Germ AC; asit ile muamele edilen saf çekirdek özünü, Germ W ise kabuk ve embriyoyu da içeren tam çekirdeği ifade etmektedir.

Çizelge 2.16 Keçiboynuzu çekirdeği germinin yağ asidi kompozisyonu (Dakia vd., 2007)

Yağ Asitleri	Germ A	Germ AC	Germ W
Miristik asit	-	-	-
Palmitik asit	15,4±0,4	16,2±0,1	15,7±0,4
Palmitoleik asit	0,3±0,1	0,4±0,1	0,3±0,1
Stearik asit	3,4±0,4	3,4±0,5	3,5±0,5
Oleik asit	35,3±2,0	34,4±0,1	34,7±0,2
Linoleik asit	45,0±0,1	44,5±0,2	44,5±0,3
Linolenic asit	0,7±0,4	0,7±0,2	0,6±0,1
Araşidik asit	0,3±0,1	0,3±0,1	0,4±0,1
Gadoleik asit	0,3±0,03	0,3±0,1	0,3±0,04

Keçiboynuzu çekirdeklerinden elde edilen özün ve protein izolatlarının yapısı incelendiğinde özellikle esansiyel olmayan aminoasitler bakımından zengin olduğu görülmektedir. Protein içeriği soya fasulyesinden bile daha yüksektir. Yüksek glutamin ve arginin amino asitleri içeriği nedeniyle, keçiboynuzu tohumundan (germinden) üretilen ürünler, özellikle sağlıklı beslenme ve yüksek spor performansı açısından ilgi çekicidir (Bengoechea vd., 2007a).

Çizelge 2.17’de keçiboynuzu çekirdek özünün ve protein izolatlarının aminoasit dağılımı yer almaktadır. Çizelgeden de görüleceği gibi Metionin, Sistein, Triptofan ve Fenilalanin keçiboynuzu aminoasit dağılımı içinde sınırlandırıcı bileşenler olarak görülmektedir.

Çizelge 2.17 Keçiboynuzu çekirdek özünün ve protein izolatının aminoasit dağılımı
(Bengoechea vd., 2007b)

	Keçiboynuzu çekirdek		Keçiboynuzu protein izolatı		FAO-WHO standartları
	AAC	CS	AAC	CS	
Aspartik asit	8,75±0,07	-	8,55±0,07	-	-
Glutamik asit	28,1±0,07	-	30,2±0,57	-	-
Arginine	11,5±0,21	-	13,7±0,28	-	-
Serine	5,05±0,07	-	5,0±0,3	-	-
Glycine	5±0	-	4,9±0,1	-	-
Alanine	4,4±0	-	4,1±0	-	-
Proline	8,2±0,3	-	5,1±0,3	-	-
Histidine	2,3±0,0	121	2,4±0,2	126	1,9
Threonine	3,5±0	103	3,3±0,2	97	3,4
Valine	3,05±0,07	87	2,5±0,3	71	3,5
İzolösin	2,3±0,0	82	2,15±0,07	77	2,8
Lösin	5,9±0	89	6,35±0,071	96	6,6
Lizin	5,5±0	95	4,9±0	84	5,8
Triptofan	0,9±0	82	1,05±0,07	95	1,1
Fenilalanin	2,9±0	78 ^a	3±0	78 ^a	6,3 ^a
Tirosin	2±0	-	1,95±0,07	-	-
Metionin	0±0	32 ^b	0,05±0,07	24 ^b	2,5 ^b
Sistein	0,8±0	-	0,55±0,07	-	-

AAC: g aminoasit / 100 gr protein

CS: % FAO

^a fenilalanin + tirosin

^b Methionin + sistein

^c Sonuçlar iki hesaplamanın ortalama + standart sapmasıdır.

2.5 Keçiboynuzu Meyvesinin Kullanım Alanları ve Endüstriyel Önemi

Türkiye’de uzun yıllardan beri keçiboynuzu meyvesinin en yaygın değerlendirme yöntemi pekmez üretimidir. Pekmez meyveye göre daha iyi bir enerji kaynağıdır.

Keçiboynuzu pekmezinin fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2.18’de gösterilmiştir. Pekmez, şekerce zengin iyi bir enerji kaynağıdır. Yüksek şeker içeriği sebebiyle, insan beslenmesi açısından özellikle bebekler, çocuklar, sporcular ve hamileler için çok yararlıdır. Bununlar birlikte, %0,33 oranında protein içerir (Sengül vd., 2007).

TSE’nin Üzüm Pekmezi Standardına göre, pekmezde maksimum 25 mg/kg HMF’ ye izin verilmiştir. HMF (hekzametilfurfural), taze ya da işlenmemiş gıdalarda ortaya çıkmayıp, hızlı ısıtma prosesinde veya uzun süreli depolama işlemlerinde, karbonhidratça zengin işlenmiş meyvelerde hızlıca birikir (Sengül vd., 2007).

Yazıcıoğlu ve Ömeroğlu (1983) yaptığı çalışmada, keçiboynuzundan pekmez üretimi denemelerinde, sürekli ekstraktörde ters akım prosesiyle çalışarak %46 kuru maddeli keçiboynuzundan, %72 kuru maddeli şıra elde etmiştir. 70°C’nin üzerinde şekerler karamelize olduğundan iyi bir pekmez üretimi için vakum altında konsantrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir.

Sengül vd. (2007), yaptıkları çalışmada piyasada bulunan keçiboynuzu pekmezinin çözünür kuru madde oranını %79,4 ve toplam şeker içeriğini %70,1 olarak bulmuşlardır.

Çizelge 2.18 Keçiboynuzu pekmezinin fiziksel ve kimyasal özellikleri (Sengül vd., 2007)

Parametre	Değerler
Toplam kuru madde	% 75,9 (w/w)
Çözünebilir kuru madde	% 72 (w/w)
Nem	% 24,1 (w/w)
Toplam şeker	71,2 g/100g
İnvert şeker	49,1 g/100g
Sakaroz	22,11 g/100g
Toplam fenolik madde	1,62 mg/kg
Kül	% 2,48 (w/w)
Protein	% 0,33 (w/w)
5- HMF	21,32 mg/L
pH	5,09
Titrasyon asitliği	% 0,60 (w/w)
Renk	L: 19,35, a: +4,35, b: -6,01

Renk değerlerine bakıldığında; Hunter L berraklığı, Hunter b sarılığı ve Hunter a kırmızılığı ifade eder. Kaliteli pekmezde Hunter a değerinin yani kırmızılığın çok yüksek değerde olması istenmez, yani düşük kırmızılık değeri, yüksek berraklık değeri istenir (Sengül vd., 2007). Kararma, pekmezde en çok karşılaşılan sorundur. Bu sorunun nedeni de 5-HMF'den daha çok, şekerin karamelizasyonu ve yüksek sıcaklıkta amino asitler ile indirgen şekerler arasında meydana gelen Maillard reaksiyonlarıdır (Turhan vd., 2007).

Çizelge 2.19'da keçiboynuzu pekmezinin mineral içeriği gösterilmiştir.

Çizelge 2.19 Keçiboynuzu pekmezinin mineral içeriği (Turhan vd., 2007)

Mineraller	mg / 100 g
Potasyum (K)	10573,8
Fosfor (P)	777,85
Magnezyum (Mg)	555,45
Kalsiyum (Ca)	3149,87
Sodyum (Na)	171,3
Demir (Fe)	14,19
Bakır (Cu)	5,30
Çinko (Zn)	4,26
Mangan (Mn)	3,29

Keçiboynuzu uygun bir teknolojiyle işlenip değişik gıdalara katılabilir. Özellikle yüksek düzeyde çözünür kuru madde içerdiğinden, içecek endüstrisi için uygun bir hammadde olarak görülmektedir.

Keçiboynuzu, çikolataya benzer görünüşü ve kendine özgü tadıyla doğal bir tatlandırıcıdır. Keçiboynuzu, sıklıkla çikolata ve kakaonun yerine kullanılır. Bu kullanımın avantajı keçiboynuzunun, çikolata ve kakaoda bulunan yüksek miktarlardaki kafein ve theobromini içermemesidir (Yousif ve Alghzawi, 2000).

Çizelge 2.20’de keçiboynuzu ve kakao tozunun fiziksel ve kimyasal özellikleri karşılaştırılmıştır. Hazırlanan keçiboynuzu tozu, kakao tozuna göre, yüksek şeker içeriği, protein içeriği ve düşük yağ içeriğiyle ayrılır. Bu özellikleri sayesinde doğal ve sağlıklı bir gıda olarak keçiboynuzu tozu, kakao tozunun yerine etkin bir şekilde kullanılabilir (Yousif ve Alghzawi, 2000).

Çizelge 2.20 Keçiyoynuzu ve kakao tozunun fiziksel ve kimyasal özellikleri
(Yousif ve Alghzawi, 2000)

	Kavrulmamış Keçiyoynuzu tozu	Kavrulmuş Keçiyoynuzu tozu	Kakao tozu
Nem (%)	11,07	9,03	2,51
Protein	5,54	5,82	22,9
Yağ	0,30	0,74	22,88
Kül	2,79	2,48	6,40
Lif	10,99	7,24	4,93
pH	5,96	4,81	7,10
Tanen	3,15	3,75	4,91
Toplam şeker	45	38,7	2,16
İndirgen şeker	13,6	11,6	-
İndirgenmeyen şeker	31,4	27,1	2,16
Su aktivitesi	0,45	0,33	0,18
Renk	0,21	0,85	0,7
Partikül boyutu (µm)	500	150	70

Yüksek lif içeriğinden dolayı, kan yağlarının dengelenmesine yardımcı olduğu bilinen keçiyoynuzunun kolesterol seviyesi üzerindeki etkinliğinin incelendiği bir çalışmada, günde 15 gr keçiyoynuzu tüketiminin kolesterolü %10,5, kandaki trigliserid miktarını ise %11,3 oranında düşürdüğü gözlemlenmiştir (Zunft vd., 2003).

Keçiyoynuzunun kolesterol düşürücü etkisi taninlerin sindirim sisteminde gösterdiği yağ bağlayıcı etkisinden kaynaklanmaktadır (Silanikove vd., 2006).

Meyve etindeki tanen varlığı sindirimde, insan ve hayvanların büyüyüp gelişmesinde ve süt üretiminde sağlığa zararlı etkilere sahiptir. Daha önceki çalışmalara da bakıldığında meyve etindeki kondense tanenler gıda kullanımı ve hayvanların gelişmesi üzerinde negatif etkiye sahiptir. Tanenlerin hayvanlar üzerindeki etkisi çok çeşitlidir. Genelde etkisini tanenlerin içindeki hidroksil komponentlerinin, protein ve diğer organik bileşenlerle yaptığı komplekslerle gösterir (Silanikove vd., 2006).

Tanenler, gıdanın proteiniyle, sindirim sistemi enzimleriyle, mikroplarla ve ağız ile sindirim sistemi mukozasıyla karşılıklı etkileşirler.

Polietilen glikol (PEG), yüksek oranda oksijen atomu içeren ve tanenlerin hidroksil gruplarıyla hidrojen bağları kurabilen bir polimerdir. PEG, tanenleri geri dönüşümsüz bir şekilde ve geniş bir pH aralığında bağlayarak, protein- tanen kompleksindeki proteinleri indirgenerek, bu komplekslerden kurtarırlar.

PEG, tanenlerin anti-besleyici etkilerini önler, ayrıca keçiboynuzu parçalarıyla beslenen koyunların et kalitesini de artırır (Silanikove vd., 2006).

Bravo (1998) yaptığı çalışmada, keçiboynuzu meyve etinin ekstrakte edilemeyen polifenolce zengin olduğunu tespit etmiştir. Oysa Priolo vd. (2000, 2002), başka bir çalışmada meyve etinin kondense tanen içeriğinin düşük olduğunu kanıtlamıştır ve aynı zamanda yüksek biyolojik aktivite (burukluk) tespit etmiştir.

Yeşil renkli olgunlaşmamış meyve eti, ağızda yarattığı güçlü burukluk hissi nedeniyle lezzetsizdir. Olgunlaşma sürecinde, meyve etindeki kondense tanenlerin, zamanla polimerize olduğu ve yoğunlaştığı görülmüştür. Bu da olgun meyvedeki burukluk hissinin kaybıyla açıklanabilir (Priolo vd., 2000, 2002).

Keçiboynuzunun zengin şeker içeriği ve besleyici değeri, özellikle son yıllarda biyoteknoloji alanında da dikkate alınmasına neden olmuştur. Yapılan çalışmalarda, *Aspergillus niger* kültür mikroorganizmalarından katı-sıvı fermentasyon tekniğiyle, keçiboynuzu meyve eti kullanılarak yapılan sitrik asit üretiminde, 12 gün içinde 176 g/kg üretim sağlanmıştır (Roukas, 1998).

Keçiboynuzu bitkisine endüstriyel açıdan asıl önem kazandıran kısım meyvenin içinde bulunan çekirdekleridir. Keçiboynuzu çekirdeği 3 katmandan meydana gelmektedir. Kabuk, endosperm ve embriyo. Üç katmanın çekirdek içindeki dağılımları, %30-33 kabuk, %40-50 endosperm ve %20-25 öz şeklindedir. Keçiboynuzu çekirdeklerinin kimyasal bileşimi incelendiğinde, %9 nem, %1 protein, %1,1 yağ ve 0,661 mg/g polifenol içerdiği görülmektedir (Avallone vd., 1997).

Keçiboynuzu çekirdekleri meyvenin %10'unu teşkil eder ve çoğunlukla galaktomannandan ibarettir. Keçiboynuzu gamı, meyvenin çekirdeğindeki endosperm tabakasıdır ve dikkate değer bir şekilde su bağlayıcı özelliğe sahiptir. Bu da gıdanın tekstürünü geliştirici bir özelliktir. Gamın sulu çözeltisi düşük konsantrelerde bile yüksek viskoziteye sahiptir, bu yüzden pektin, agar ve diğer zımk görevi gören maddelerin yerine kullanılabilir (Bouzouita vd., 2006).

Keçiboynuzu sakızı (Locust Bean Gum), yapısında galaktomannanlar bulunan yüksek molekül ağırlıklı (yaklaşık 50.000-3.000.000) polisakkaritlerdir. Gamın rengi, beyazdan sarımtırak beyaza doğru değişir ve kokusuz toz şeklindedir. Keçiboynuzu gamı, etanol gibi bazı organik çözücülerde çözünmez. Oda sıcaklığında suda kısmen çözünürken, sıcak suda 85°C'nin üstü sıcaklıkta, 10 dakikada tamamen çözünür (Kawamura, 2008).

Bu özelliklerinden dolayı keçiboynuzu gamı Çizelge 2.21'de belirtildiği gibi endüstride pek çok alanda kullanılmaktadır.

Çizelge 2.21 Keçiboynuzu gamının fonksiyonel özellikleri ve çeşitli endüstrilerde kullanımı (Battle ve Taus, 1997)

Fonksiyonel Özellik	Endüstriyel Örnek	Kullanım Oranı %
Adezyon	Şekerlemeler ve içecekler	0,2-0,5
Bağlayıcı Ajan	Hayvansal gıdalar	0,2-0,5
Vücut ajanı	Diyet içecekler	0,2-1,0
Kristalizasyonu Önleyici	Dondurma ve ekmek	0,1-0,5
Bulanıklık ajanı	Meyve içecekleri	<0,1
Diyet Lif	Tahıllar ve ekmek	0,2-0,5
Köpük Stabilizatörü	Dondurmalar	0,1-0,5
Jelleştirici Ajan	Pudingler ve şekerlemeler	0,2-1,0
Şekillendirici	Şekerlemeler	0,5-2,0
Koruyucu kolloid	Tatlandırıcı emülsiyonları	0,2-0,5
Sterilize edici ajan	Mayonez ve dondurmalarda	0,1-0,5
Suspanse edici ajan	Çikolatalı süt	<0,1
Şişirici Ajan	Et ve et ürünleri	0,2-0,5
Sinerjist Ajan	Light peynir ve dondurulmuş gıda	0,2-0,5

Parrado vd. (2007), keçiboynuzu tohumunu (germ) biyolojik bir prosesle, suda özüneabilen enzimatik keçiboynuzu germinin hidrolize ekstraktına dönüştürdüler. Bu ekstrakt, %68 protein içermekle birlikte, serbest amino asit ve peptit formunda olup, yüksek oranda glutamin ve arginin içermesi ve düşük oranda fitohormon içermesi açısından önemlidir.

Bu ekstraksiyon işlemi, enzimatik bir prosesle olur. Yapılan çalışmalarda, domates bitkisinin yetişmesi, büyümesi, çiçeklenmesi ve meyve vermesi sırasında bu keçiboynuzu germi hidrolize ekstraktı, suni gübre olarak kullanılmış ve iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir (daha iyi bitki yüksekliği, bitki başına iek sayısı ve bitki başına meyve sayısı açısından). Bu durum da ekstraktın fitohormonal aktivitesine bağlanmıştır.

2.6 Keçiboynuzundan Şeker Üretimi

Yapılan literatür taramalarında, keçiboynuzundan şeker üretimiyle ilgili sınırlı sayıda kaynağa rastlanılmıştır.

Ortalama %91 oranında kuru madde içeren ve nem oranı çok düşük olan keçiboynuzu meyvesinin doğal haliyle işlenmesi mümkün olmadığından, su ile ekstraksiyonun en uygun işlenme yöntemi olduğu düşünülmektedir.

Yüksek miktarda çözünebilir kuru madde (ÇKM) içeren keçiboynuzunda (%64-65), ÇKM'nin önemli bir kısmı şekerlerden meydana gelmektedir. Keçiboynuzu meyvesinde şekerlerin %52-60 kadarını sakaroz oluşturmaktadır. Fakat sakaroz yanında önemli miktarlarda indirgen şeker ve polifenolik bileşenler içermesi nedeniyle, şeker endüstrisinde kullanılan geleneksel yöntemlerle sakarozun kristalize edilerek ayrılması mümkün olmamıştır.

İndirgen şeker içeriği nedeniyle, keçiboynuzundan geleneksel yöntemlere şeker üretmek mümkün görünmediğinden, keçiboynuzunda bulunan ÇKM'nin su ile ekstrakte edilerek, sıvı şeker ya da şeker şurubu olarak gıda endüstrisinde kullanılabileceği öngörülmektedir.

Yapılan araştırmalarda keçiboynuzundan sakaroz şurubu üretimi ile ilgili bir patente rastlanmıştır (US Patent 5451262). Bu yöntemde, temizlenmiş ve çekirdekleri çıkartılmış keçiboynuzu parçalama işlemine tabi tutulduktan sonra 1-3 saat zaman aralığında ve 15-30°C su ile ekstrakte edilmiş ve ön filtrasyon ve dekalsifikasyon işleminden sonra kromatografik olarak safsızlıklar ayrılmadan önce ekstrakt 30 briksten 60 brikse kadar konsantre edilmiştir. Bu kademedede elde edilen şurup çözünebilir taninler ve şeker olmayan safsızlıklar nedeniyle koyu renkli ve bulanıktır. Mevcut safsızlıkların giderilmesi amacıyla filtreden geçirilmiş ve dekalsifiye edilmiş keçiboynuzu, polistren üzerine ağ şeklinde yerleştirilmiş katyonik reçinelerden (aktif sülfonik grupları monovalent katyonlar tarafından yüklenmiş K ve Na) geçirilmiştir ve filtre yatağından ekstrakt geçerken sakaroz gibi küçük iyonize olmayan moleküller reçine yataklarında tutulurken, organik ve mineral asit tuzları gibi iyonize şeker olmayan bileşenler, elektrik yüklü aktif grupların hareketiyle atılmıştır. Bu kademedede elde edilen şurup tamamen şeffaf olmadığından bir sonraki aşamada yine anyonik ve katyonik iyon değiştiriciler vasıtasıyla demineralizasyon ve dekolorizasyondan geçirilmiştir. Mevcut patent, bu yöntemin berrak ve yüksek saflıkta bir sakaroz şurubu üretimi için uygun olduğunu öngörmektedir (Şenay, 2009).

Karkacier vd. (1994) tarafından yapılan araştırmada, 20°C, 50°C ve 85°C gibi sınırlı sıcaklık derecelerinde ve farklı su oranlarında ekstraksiyon denemeleri yapılarak, su sıcaklığının ve su oranının verim üzerine etkisi incelenmiştir. Yapılan çalışmada ÇKM'nin ekstraksiyonu bu üç farklı sıcaklıkta 5 aşamalı ve 5 tekrarlı olacak şekilde kademeli olarak gerçekleştirilerek, verim hesaplamaları yapılmıştır. Bu sistemde 20°C'de, %47,05, 50°C'de %54,88 ve 85°C'de %65,38 verim değerlerine ulaşılmıştır. Optimum su oranı olarak 1/9 öngörülmüştür.

Yine aynı çalışmada meyve suyu işleme teknolojisinde kullanılan durultma yardımcı maddelerin etkinliği incelenmiş, 20°C ve 50°C için dozajlar 0,2 g/L jelâtin (%0,5'lik çözelti halinde), 0,4 g/L bentonit (%0,5'lik süspansiyon halinde) ve 0,45 ml/l kizelsol (%15'lik çözelti halinde); 85°C için ise, 2 g/L jelâtin (%0,5'lik çözelti halinde), 0,5 g/L bentonit (%0,5'lik süspansiyon halinde) ve 0,45 ml/l kizelsol (%15'lik çözelti halinde) olarak bulunmuştur. Aktif karbon uygulaması sonucunda elde edilen filtratın transmitter değerleri spektrofotometre ile ölçüldüğünde, 0,05g/L oranının çok yetersiz kaldığı gözlemlenmiştir.

Şenay (2009) tarafından yapılan çalışmada ise, 90°C ve 1:4 oranında suyla, küçük partikül boyutunda 3 saat süreyle gerçekleştirilen ekstraksiyonda, düzenli karıştırma ve presleme işleminin uygulanmasıyla en yüksek verim değerlerinin elde edildiği gözlemlenmiştir. Belirlenen optimum şartlarda gerçekleştirilen ekstraksiyon sonunda elde edilen ürünün durultma yardımcı maddeleri ve aktif kömür ile belirlenen dozajlarda yapılan uygulamalarında ise oldukça açık renkte ve berrak bir şeker şurubu üretimi sağlanmıştır. Ancak, şeker şurubunun üretiminin ardından uygulanan konsantre etme işleminden sonra ürün renginde ciddi bir esmerleşme gözlenmiştir.

Yapılan incelemelerde, ekstraksiyonu etkileyen parametreler olan su sıcaklığı, su oranı, hammadde partikül boyutu, hammadde-çözücü temas süresi, karıştırma ve preslemenin ve mayşe enzimi uygulamasının ekstraksiyon verimi üzerine etkisi ve ayrıca keçiboynuzundan sıvı şeker olarak kullanılacak berrak şurubun eldesinde, meyve suyu durultulmasında kullanılan maddelerin etkinliğiyle ve dozajlarıyla ilgili çok detaylı çalışmalara ulaşılamamıştır.

3. MEYVE SUYU KONSANTRESİ ÜRETİM TEKNOLOJİSİ

Meyve işleme endüstrisi, tarıma dayalı endüstrinin önemli kollarından biridir. Meyvelerin basitçe sınıflandırılmasından başlayan ve bunların niteliklerini temelden değiştiren daha karmaşık işlemlerin uygulandığı tüm alanlar meyve işleme endüstrisini oluşturur (Güven, 2005).

Genel anlamda meyve suyu denildiğinde, meyveden mekanik yolla (presleme, palperden geçirme) elde edilen ve çeşide göre su, şeker ve asit gibi katkı maddeleri katıldıktan sonra fiziksel yolla (genellikle ısı uygulama) dayanıklı duruma getirilen, fermante olmamış ancak olabilir özellikte alkolsüz içecekler anlaşılmaktadır (Eser, 1998). Meyvelerin özellikle bulunmadıkları zamanlarda tüketilebilecek şekilde hazırlanmış olmaları dolayısıyla, meyve suları son zamanlarda büyük rağbet görmektedir.

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 duyu ve analitik özellikleri göstermelidir (Kaya, 2006).

Meyve suları, presle veya difüzyon yoluyla meyvelerin gözeneklerinden ekstraksiyon yoluyla elde edilen, direkt tüketmek için üretilen içeceklerdir.

Meyve suları; pulpsuz haliyle berrak olanlar ve bulanık olanlar, pulplu haliyle, pulplular, püreler ve nektarlar olarak sınıflandırılırlar (Nagy vd., 1993). Berrak tip meyve suyu, presten alınan ham meyve suyundaki bulanıklığın uygun tekniklerle (durultma, filtrasyon) uzaklaştırılmasıyla elde edilen meyve suyundan veya bunun konsantresinden hazırlanan ve teorik olarak suda çözünmeyen katı parçacıkları içermeyen içeceklerdir. Genellikle üzüm, elma ve vişne suları bu yöntemle hazırlanır (Eser, 1998).

Nektar tipi meyve sularıysa meyvelerin palperden geçirilmesi veya turuncgil meyvelerinde olduğu gibi özel ekstraktörlerde sıkılmasıyla elde edilen ve kaba parçacıkları özel işlemlerle uzaklaştırılarak meyve pulpundan veya bunun konsantresinden hazırlanan, meyvenin suda çözünmeyen katı parçacıklarını da içeren, bulanıklığı stabilize edilmiş olan içeceklerdir. Nektar tipi meyve suları, genelde şeftali, kayısı, erik, portakal ve diğer turuncgil meyvelerinden hazırlanır (Eser, 1998).

Başka bir sınıflandırmaya göre, doğal meyve suları sadece bir tane meyveden, karışık meyve suları ise iki ya da daha fazla, farklı türdeki meyve suyunun veya şekerin karıştırılmasıyla elde edilir. Konsantre meyve sularıysa, meyve sularının içerdiği suyun büyük bir kısmının, vakumlu buharlaştırma veya fraksiyonel dondurma işlemiyle giderilmesiyle elde edilir (Nagy vd., 1993).

Türkiye’de üretilen meyve suları ancak 1996’dan sonra TS 11888’e göre tanımlanmış ve bu standarda göre bu tür içecekler meyve suları, meyve nektarı ve meyveli içecekler olarak üç grup altında toplanmıştır (Eser, 1998).

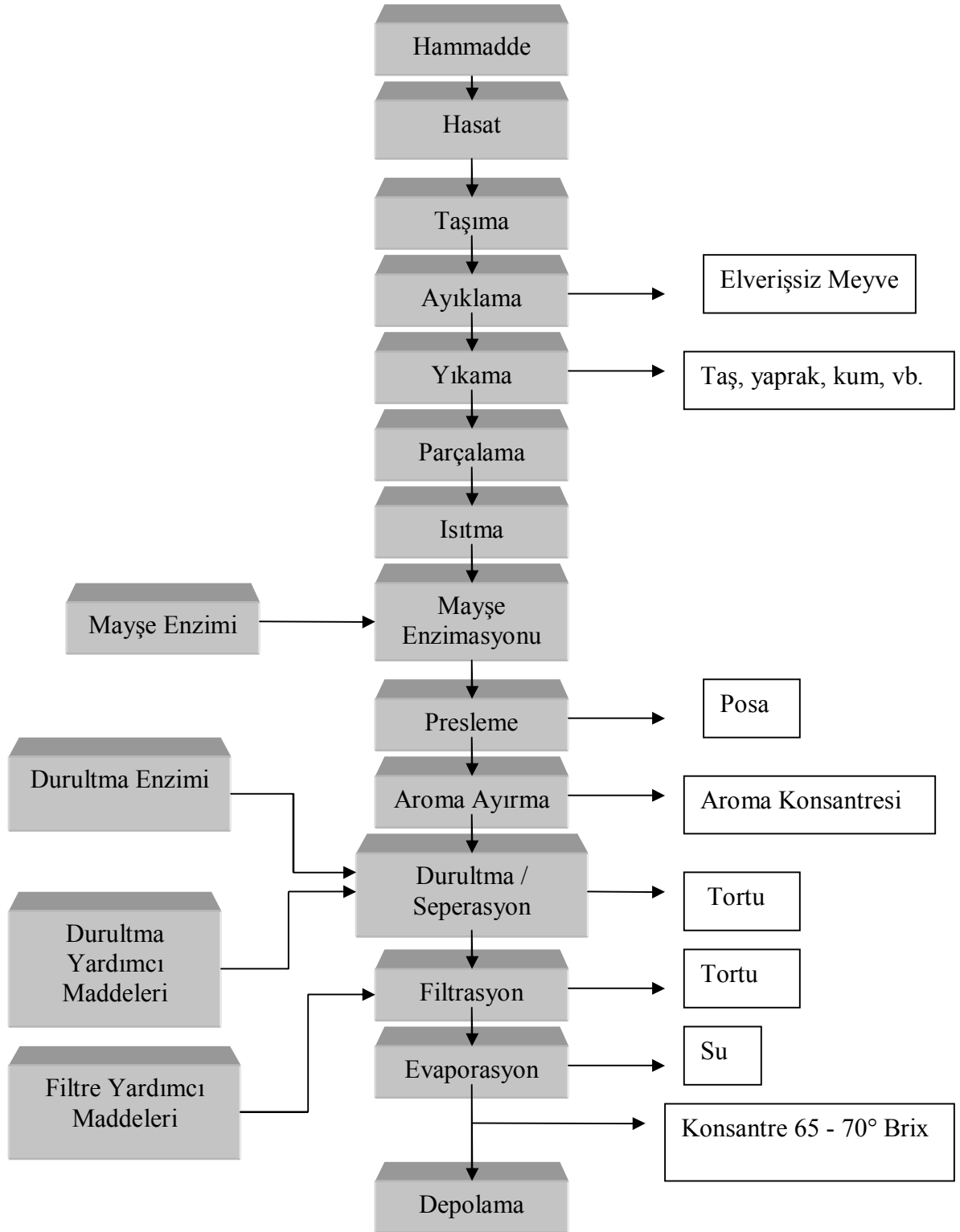
Meyve suları; %100 meyve suyundan, meyve nektarı % 25-50 arasında meyve pulpu, meyveli içecekler ise % 3-30 arasında meyve suyu içeren içecekler olarak tanımlanır.

Tüketime sunulan meyve suyu ve nektarlarının hazırlanmasında, çoğunlukla ana ürün olarak, meyve suyu veya pulpu konsantreleri kullanılır. Belirli oranlarda suyla seyreltilen bu konsantreler, gerekiyorsa şeker ve asit katıldıktan sonra kutulanarak ya da şişelere doldurularak pastörize edilir (Eser, 1998).

Meyve suyunun kalitesinde etkili olan duysal özellikler renk, görünüş, tat, lezzet, koku, kıvam, tekstür gibi tüketicinin beş duysuna hitap eden faktörlerdir. Kaliteli bir ürün elde etmenin ilk koşulu; amaca uygun nitelikte, sağlıklı ve taze ham madde kullanılmasıdır. Mikroorganizmalar tarafından bozulmuş ham maddeden ne kadar iyi işlenirse işlensin kaliteli bir ürün elde edilemez (Güven, 2005).

Meyve %75-90 oranında sudan oluşur, su da genellikle hücre içi boşlukta bulunup, meyvenin dokusuna turgor basıncı uygular. Meyve suyu, olgun meyvenin hücrelerinden ekstrakte edilen sıvıdır. Meyve hücresinin duvarı; selüloz, hemiselüloz, pektik maddeler ve proteinlerden oluşur (Nagy vd., 1993).

Şekil 3.1’de ilk aşamadan başlayarak meyve suyu konsantresi üretimi akış şeması görülmektedir.



Şekil 3.1 Meyve suyu konsantresi üretim şeması

Ekstrakte edilmiş bir meyve suyu; su, çözünebilir katılar (şeker ve organik asitler), aroma ve tat bileşenleri, vitamin ve mineraller, pektik maddeler, pigmentler ve az miktarlarda protein ile yağ içerir. Fruktoz, glikoz ve sakaroz gibi şekerler, bazı organik asitlerle, örneğin sitrik, malik ve tartarik asitle birlikte, meyveye karakteristik tatlılığını veya ekşiliğini (mayhoşluğunu) verir (Nagy vd., 1993).

Meyvenin olgunlaşması esnasında, meyvenin asitliğinde ve nişasta gibi büyük molekülü bileşenlerinde genel bir azalma görülürken, şeker oranı da buna ters bir şekilde genel olarak artar. Ayrıca yine olgunlaşma esnasında, kokunun karakteristikleşmesi, klorofil yapının bozulması ve pektik maddelerin hidroliz olması gözlemlenir. Şunu unutmamak gerekir ki, hasattan sonra da meyvenin hücreleri olgunlaşmaya devam eder (Nagy vd., 1993).

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. Meyve işleme endüstrisinde kaliteli hammadde seçilerek kaliteli ürün üretmek hedeflenmelidir (Kaya, 2006).

Hasat ve taşıma sırasında meyvenin yaralanması ya da zedelenmesi, istenmeyen biyokimyasal, enzimatik, fiziksel ve kimyasal olaylardan kaynaklanan değişimlere neden olabilir (Güven, 2005).

3.1 Meyvelerin İşlenmeye Hazırlanması

Meyveler ayıklama, yıkama, çekirdek çıkartma ve kabuk soyma işlemlerine tabi tutularak işlenmeye hazır hale getirilirler. Bu işlemlerin amacı, elde edilecek ürünün başta renk, lezzet vb. kalite faktörlerini düzeltmeye ve meyvenin bundan sonraki aşamalarda işlenmesini kolaylaştırmaya ve verimini artırmaya yöneliktir (Güven, 2005).

3.1.1 Ayıklama

Ayıklama; yaprak, sap vb. gibi yabancı unsurlarla ezilmiş, çürümüş ve bozulmuş meyvelerin ayrılıp atılmasıdır. Elde edilecek meyve suyunun niteliği üzerine etki eden en önemli işlemlerden biri olup sağlık açısından da önemlidir. Yapılan araştırmalar küflenmiş meyvelerden işlenen meyve sularında, sakıncalı düzeyde mikotoksinlerin bulunduğunu göstermektedir (Güven, 2005).

Bu işlemde bozulmuş meyvelere ek olarak, meyve suyu işleme olgunluğuna erişmemiş meyvelerin de ayrılması önem taşımaktadır. Örneğin; kayısı ve şeftali gibi meyvelerde ham ve yeşil renkli olanların ayrılması elde edilecek pulpun rengi açısından son derece önemlidir. Yeşil renkli meyvelerin ayrılmaması halinde, pulpun rengi esmer kahverengi olmaktadır.

Ayıklama her meyvede uygulanan bir işlem değildir. Üzüm, vişne ve benzer meyvelerde bu olanak bulunmamaktadır. Bu nedenle bu gibi meyvelere hasat, alım ve taşıma aşamasında dikkat edilmeli ve süratle işlenmeleri sağlanmalıdır (Güven, 2005).

Ayıklama, meyvelerin bir bantla taşınması sırasında, bantın iki tarafındaki işçilerce yapılır. İşçilerin kolaylıkla erişebilmesi için bant eni çoğunlukla 100 cm kadardır. Bant uzunluğu 5-10 m arasında değişmektedir. Ayıklama bantları lastik, lastik kaplanmış keten dokuma, sentetik materyal veya paslanmaz çelik tel örgüden yapılmış, değişik hızla hareket eden sonsuz dönüşlü taşıyıcılardan ibarettir (Eser, 1998).

3.1.2 Yıkama

Yıkamanın amacı, meyve üzerinde toz, toprak, yaprak ve sap parçacıkları ile tarımsal savaş ilaç artıklarını uzaklaştırmaktır. Yıkama ile meyvenin taşıdığı mikroorganizmaların önemli bir kısmının uzaklaştırılabildiği ve böylece meyve suyundaki mikroorganizma yükünün azaltılabildiği de bilinen bir gerçektir (Eser, 1998).

Yıkama doğrudan su ile yapılabilir ve yıkamada uygulanan yöntemle bağlı olarak değişen miktarda su kullanılır. Genellikle meyve ağırlığının 2-3 misli su yeterlidir. Yıkama suyu mikrobiyolojik ve fiziksel bulaşıklık göstermemeli, yani temiz su niteliğinde olmalıdır. Yıkama suyunun sıcaklığı arttıkça yıkamada etkinlik artar. Ancak suyun sıcaklığı 35°C'yi aşarsa yıkanan meyvenin beslenme unsurları ile aromasında kayıplar belirir. Yıkamada genellikle fabrikanın su kaynağından gelen çoğunlukla 15-20°C sıcaklıktaki su doğrudan doğruya kullanılır (Eser, 1998).

3.1.3 Sınıflandırma

Ayıklama aslında, meyvelerin kusurlarına göre sınıflandırılması demektir. Meyve suyu üretiminde, ayıklama dışında bir sınıflandırma yapılmaz.

Zira renk, irilik, olgunluk gibi nitelikleri farklı meyveler, nihayet parçalanıp pulp veya meyve suyu haline getirileceğinden bu farklılıklar ortadan kalkacaktır. Meyve suyu üretiminde sadece turunçgillerin irilik bakımından sınıflandırılma zorunluluğu vardır. Turunçgiller farklı boylara uygun ekstraktörlerde preslendiğinden, önceden bir sınıflandırma uygulanması gerekmektedir (Eser, 1998).

3.1.4 Sap Ayırma

Üzüm ve vişne gibi bazı meyveler zorunlu olarak saplarıyla hasat edilirler. Ancak elde edilecek ürünün kalitesine, saplardan geçen bazı maddeler olumsuz etki yapar. Özellikle saptan geçen polifenolik maddelerle klorofil, ürünün renk ve tadını etkiler.

Sapların ayrılması, bunu izleyen işleme hattındaki bazı güçlükleri de ortadan kaldırarak kapasiteyi artırır. Meyvelerin saplarıyla işlenmesi halinde, mayşenin pompalarla bir noktadan diğer noktaya iletiminde büyük güçlükler ortaya çıkmaktadır (Eser, 1998).

3.1.5 Kabuk Soyma

Meyvelerin meyve suyuna işlenmelerinde, bazı meyvelerin kabukları soyulmaz. Meyve suyu üretiminde kabuk soyma hem gereksizdir ve hatta çoğunlukla zararlıdır. Birçok meyvede aroma ve renk maddeleri kabukta yoğun olarak bulunur. Bu nedenle meyveler, kabukları ile birlikte işlenir. Bununla birlikte pulpa işlenen meyvelerin kabuğunun soyulması sonunda daha iyi nitelikte ürün elde edilebileceğine şüphe yoktur. Örneğin kabuğu soyulmuş şeftalilerden daha kaliteli pulp elde edilmektedir. Ancak kabuk soyma işlemi, maliyet ve kapasite açısından yarattığı olumsuzluklar nedeniyle uygulanmaz (Eser, 1998).

3.1.6 Çekirdek Çıkarma

Sadece pulpa işlenen şeftali, kayısı, erik gibi sert çekirdekli meyvelerin çekirdekleri çıkartılır. Böylece meyvenin parçalanması ile elde edilen mayşenin diğer istasyonlara pompalanması ve ısıtılmasındaki sorunlar önlenmektedir. Ayrıca çekirdeklerinden pulpa istenmeyen maddelerin geçişi de engellenmiş olmaktadır.

3.2 Meyvelerin Parçalanması

Meyveler preslenmeden veya pulp haline getirilmeden önce parçalama işlemine tabi tutulurlar. Sonuçta elde edilen parçalanmış meyveye mayşe denir. Çekirdekleri ayrılan meyveler bu işlem sırasında aynı zamanda parçalanmaktadırlar. Bunun gibi, üzüm ve benzeri meyveler sap ayırma sonunda, bir çift merdane arasından geçirilerek parçalanmaktadır. Preslenecek sert meyveler ise bu amaçla yapılmış sert cihazlarda itina ile kıyılırlar (Eser, 1998).

Preslenecek meyvelerin parçalanma işlemi ve parçacık iriliği istenen verimin elde edilmesi açısından özel bir önem taşır. İri parçalar halinde kıyılmış veya çok ince kıyılarak lapa haline getirilmiş bir meyvenin preslenmesi mümkün değildir. Meyvelerin parçalanmasında çekirdeklerin kırılmaması, kabuğun fazla parçalanmaması gerekir. Parçalama işlemi ile doku zedelenerek ufalanır ve hücre zarları bir oranda parçalanır. Böylece parçalanmayla birlikte meyve suyu dışarı akmaya başlar (Kaya, 2006). Üzümsü meyvelerin suyunun yaklaşık %50'si bu aşamada serbestçe ayrılır (Eser, 1998).

3.2.1 Mayşenin Isıtılması ve Soğutulması

Parçalanmış meyve ısıtılarak meyvede doğal olarak bulunan tüm enzimler inaktif hale getirilir ve böylece renk, lezzet ve beslenme değerini bozan ve azaltan biyokimyasal reaksiyonlar önlenir. Mayşenin ısıtılmasıyla verimin yaklaşık %10 oranında arttığı kabul edilmektedir. Isıtmayla mayşenin mikroorganizma yükü azaltılarak, daha sonraki aşamalarda ürünlerde bir fermentasyon tehlikesinin belirmesi azaltılmış olur. Ayrıca koyu renkli meyvelerde, mayşenin ısıtılması ile özellikle kabuk ve dokularda yer alan pigmentler çözünerek meyve suyuna geçerler ve böylece daha yoğun renkli bir ürün elde edilebilir.

Isıtma işlemi, mayşe ısıtıcılarda, mayşenin 85-87°C civarına kadar hızla ısıtılması, bu sıcaklıkta 2-3 dakika kalması ve sonra hızla soğutulması şeklinde olur.

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 yavaşlamakla birlikte toplam verim ısıtılmamış meyveden daha yüksektir.

Isıtmanın tüm olumlu etkilerine karşın bazı olumsuz yönleri de bulunmaktadır. Isıtma sıcaklık ve süresine gerekli dikkat gösterilmediği takdirde, renk, aroma ve lezzette bozulmalar olabilir. Ayrıca, çekirdek, kabuk ve saplardan istenmeyen bazı maddelerin meyve suyuna geçişi de hızlanabilir (Kaya, 2006).

3.2.2 Mayşeye Askorbik Asit İlavesi

Askorbik asit kuvvetli indirgen bir maddedir. Oksidatif esmerleşme reaksiyonlarına engel olur ve kendisi de okside olarak etkisini yitirir. Ancak esmerleşmiş rengi düzeltmez.

Parçalanmış meyvenin ısıtılarak enzimleri inaktif hale getirilene kadar geçen sürede ortaya çıkabilecek renk değişimleri en iyi askorbik asit ilavesiyle önlenebilmektedir. Askorbik asit uygulaması özellikle açık renkli meyvelerde söz konusu olmaktadır. Bunlarda meyve parçalandığı anda hemen askorbik asit ilave edilerek esmerleşmeye meydan vermemek gerekmektedir. Askorbik asidin meyve suyunun depolanması sırasındaki enzimatik olmayan renk değişmesine de etkisi olması nedeniyle, gerektiği takdirde şişeleme sırasında doğrudan meyve suyuna da ilave edilmektedir. Genel olarak mayşeye 250-300 mg/kg, meyve suyuna ise 200-250 mg/kg konulması yeterlidir (Güven, 2005).

3.2.3 Mayşenin Enzimasyonu

Meyve 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 üzümsü 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.

Mayşe enzimi uygulamasının pres verimini artırması, işlem süresini kısaltması ve meyvenin önemli bileşenlerinin ekstraksiyonunu sağlaması hedeflenir. Eklenen mayşe enzimleri, bitki hücresindeki orta lamelde ve hücre duvarında bulunan 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. 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. Pektolitik enzimlerin dokudaki pektini parçalamasıyla verim artar.

Pektolitik enzimler meyvelerin yapısında bulunurlar. Ancak meyve canlı ve zedelenmemişken, enzim ve substrat temas halinde olmayacağından herhangi bir pektolitik parçalanma gözlenmez (Kaya, 2006).

Mayşe Enzimasyonu ile dokunun çatısı bozulmaya çalışılırken, pres kapasitesi de %30-50 oranında arttırılmış olur (Güven, 2005).

3.3 Meyve Suyu Üretimi

Yıkanmış meyveler ya preslenerek suyu çıkarılmak üzere prese veya ezme haline getirilmek üzere palper iletilirler. Meyvelerin preslenmesi veya palperde pulp (ezme) haline getirilmesi seçeneği bir taraftan söz konusu meyve çeşidi, diğer taraftan elde edilmesi amaçlanan ürün çeşidine bağlıdır. Örneğin; üzüm, vişne, elma vb. meyveler preslenerek meyve suyuna işlenirken, şeftali, kayısı vb. meyveler palperde işlenerek pulp haline getirilirler. Buna karşın örneğin armut ve çilek istenirse preslenerek berrak meyve suyuna, istenirse palperde pulpa işlenebilirler. Turunçgil meyvelerinde ise kendilerine özgü işlem uygulanır (Eser, 1998).

3.3.1 Presleme

Berrak ve doğal bulanık meyve suları, mayşenin preslenmesiyle elde edilmektedir. Presleme irilik farkına dayalı bir ayırma tekniğidir. Amaç mayşedeki katı ve sıvı fazları basınç uygulayarak birbirinden ayırmaktır. Ancak tek faktör basınç olmayıp, katmanın kalınlığı ve meyve suyu viskozitesi de presleme üzerinde etkilidir. Diğer faktörler dikkate alınmadığında, yüksek basınç uygulansa bile, istenen miktarda ve nitelikte meyve suyu elde edilemez. Mayşeye ayrıca presleme yardımcı maddeleri denilen bazı inert materyallerin eklenerek presleme niteliğinin geliştirilmesi; böylece verimin artırılması ve presleme süresinin kısaltılması sağlanmaktadır.

Pres yardımcı maddeleri, mayşenin durumuna ve kullanılan pres tipine bağlı olarak kullanılır. Pirinç kapçıkları, selüloz lifleri, kiselgur ve perlit bu amaçla kullanılan maddelerdir.

Meyve endüstrisinde meyve tipine göre değişen çeşitli presler kullanılmakta olup; pres etkinliği meyveden elde edilen toplam meyve suyu ile tanımlanmaktadır. Bütün pres tipleri her meyve için kullanılabilmeyle birlikte verim oranları farklılık göstermektedir. Meyve suyu endüstrisinde kullanılan başlıca presler; paketli presler, vidalı presler, bant presler ve yatay preslerdir (Kaya, 2006).

Mayşenin preslenmesinde başka bir faktör, meyve suyunun mayşe içinde kat ettiği yoldur. Bu yol ne kadar kısalsın, presleme süresi o kadar düşmekte ve randıman artmaktadır. Başka bir deyişle, preslenen maddenin tabaka kalınlığı, meyve suyu akışına önemli derecede etki eder (Eser, 1998).

3.3.2 Aroma Ayırma

Meyvelerin lezzetini oluşturan unsurlardan en önemlisi aromadır. Aromalar doğrudan gıda maddesinin kimliğidir ve burnun koku hücrelerince algılanırlar. Bu açıdan aroma; gıdanın kokusunun bıraktığı duygular olarak doğrudan koku ile ilgili bir özelliktir. Bir meyvenin aroması hidrokarbonlar (özellikle terpenler), alkoller, aldehitler, ketonlar, esterler vb. gibi kolay uçucu bileşiklerden oluşmaktadır. Meyvelerdeki miktarları çok düşüktür ve toplam olarak 1-10 mg / 100 g düzeyindedir (Kaya, 2006).

Aroma maddelerinin çoğunun kaynama sıcaklığı suyun kaynama sıcaklığından daha düşük olduğundan, meyve suyundaki su buharlaştırılır ve elde edilen brüden (aromaca zengin su buharı) bir seperatör yardımı ile meyve suyundan ayrılır. Daha sonra brüden rektifikasyon kolonuna verilerek aroma konsantresi ve su birbirinden ayrılır. Böylece ayrılan aroma daha sonra meyve suyuna eklenmek üzere depolanır.

Aroma ayırma işlemi konsantrasyondan önce yapılan bir işlemdir ve tercihen durultmadan önce yapılır. Durultma işlemi sonunda uzaklaştırılan bulanıklık parçacıkları, aroma komponentleri içereceğinden bu işlemden sonra yapılması aromada bir kayba yol açmaktadır. Bu nedenle durultma işleminden önce yapılması ile daha güçlü bir aroma konsantresi elde edilebilmektedir (Kaya, 2006).

3.3.3 Durultma

Berrak meyve suyu ve konsantre üretim teknolojisinde en önemli proses durultmadır. Bulanık, viskoz ve çamurumsu bir görünüme sahip olan sıvılardan basit bir ekstraksiyonla berrak meyve suları elde edilir. Bulanıklığa, meyve suyundaki katı parçacıkların varlığı ve kolloidal süspansiyonlar neden olmaktadır. Bu tarz bulanık meyve sularının verimi düşük olup, onları pastörize ve konsantre etmek zordur. Çoğu meyve için, berrak bir meyve suyu daha kabul edilebilirdir (Shah, 2007). Meyve sularının durultulması, depektinizasyon ve berraklaştırma denen iki aşamalı bir işlemden oluşmaktadır (Kaya, 2006).

Depektinizasyon, pektinaz enzimlerinin hakim olduğu durultma enzim preparatının presten alınan meyve suyuna eklenmesiyle yapılan bir işlemdir. Başlıca amacı meyve suyunda bulunan ve koruyucu kolloid görevi yapan çözünmüş pektini parçalamak suretiyle, berraklaşma işlemini hızlandırmaktadır. Depektinizasyon aşamasında enzimlerden yararlanılırken, berraklaştırma aşamasında ise durultma yardımcı maddelerinden yararlanılmaktadır (Kaya, 2006).

Şu halde durultmadan amaç; meyve sularına, onların ekonomik bir şekilde, kolayca ve süratle filtrasyonunu sağlayacak bir nitelik kazandırmak, sonradan bulanmayı önleyecek tüm önlemleri almak ve bu arada pektini parçalayarak konsantre edilmeleri halinde jel oluşumunu önlemektir.

Bunun için;

- Isı uygulamasıyla durultma
- Soğukta durultma
- Tanen-jelâtin durultması
- Enzimatik durultma

gibi yöntemler uygulanır (Eser, 1998).

3.3.3.1 Meyve Suyu Üretiminde Enzim Uygulamaları ve Enzim Preparatları

Pektolitik enzimlerin meyve işleminde kullanılması 1930'lu yıllarda Kertesz ve Mehlitz önderliğinde gerçekleşmiştir. Mehlitz, çalışmalarında enzimatik uygulamanın meyve sularının filtrasyon kolaylığını arttırdığını belirtmiştir.

Daha sonraları, Pektinol K içeren ilk pektinazlar geliştirilmiş; 1938 yılında ise Röhm ve Haas tarafından pazara sunulmuş ve çoğunlukla berrak elma suyu üretiminde kullanılmıştır. 1950’li yılların başında, meyve suyu teknolojisinde yüksek kaliteli ve stabil meyve sularının yapılabilmesine olanak veren “enzim – jelatin durultması” kabul görmüştür. Koch ve Krebs, yüksek sıcaklıklardaki mayşenin enzim uygulamasını kolaylaştırmak üzere yüksek kalitede meyve suyu üretimine olanak veren, taneli meyveler için “sıcak enzimasyon yöntemi”ni geliştirmişlerdir. Pektinazlar meyvenin pH aralığında 55°C’nin üzerindeki sıcaklıklarda bile aktif olabilmektedirler. Bu durum, parçalanmış meyvelerin pres verimliliğini artırmak amacıyla kullanılmakta olup, böylece renk ve özüt bakımından da yüksek bir ürün sağlamaktadır. 1960’lı yıllardaki yenilenen üretim metodları, elma suyu konsantresindeki nişastadan kaynaklanan bulanıklığı önleyen fungal alfa-amilazları gündeme getirmiştir.

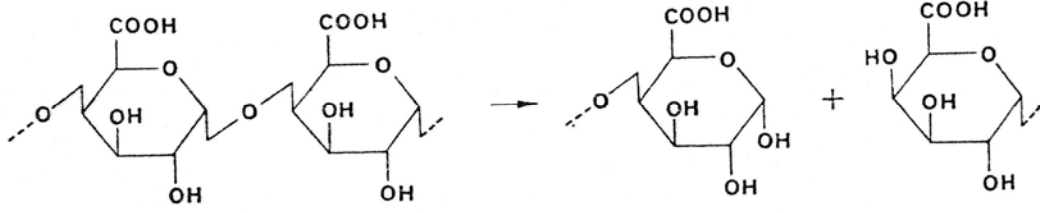
Daha sonraları, pektinaz, selüloz ve hemiselülozların kullanıldığı enzimatik sıvılaştırma işlemi geliştirilmiştir. Enzimatik “total sıvılaştırma” işlemine, Plink ve Voragen’in çalışmalarında değinilmektedir. Bu işlemde, adı geçen enzimleri içeren bir enzim preparatı eklenerek hücre duvarı tam anlamıyla parçalanarak doku sıvılaştırılır. Yüksek verim sağlamasına karşın mevzuat ve teknik sorunlar nedeniyle yaygın olarak kullanılmamaktadır.

Diğer yandan, meyve suyu endüstrisinde geleneksel iyileştirme metodlarına alternatif olarak ultrafiltrasyon uygulaması geliştirilmiştir. Bu uygulama kolloid içeriğinin azaltılmasını sağlamakla birlikte, filtrasyon debisinin düşmesi ve membran temizliğinin zorlaşmasına neden olmaktadır (Güven, 2005).

Meyve suyu üretiminde kullanılan enzim preparatlarında bulunan başlıca enzimler aşağıdaki gibidir;

- **Poligalakturonaz (PG)**

Poligalakturonaz enzimi, poligalakturonik asidin α -1,4 bağlarını hidrolize eder. Şekil 3.2’de poligalakturonazın depolimerizasyon etkisi görülmektedir.



Şekil 3.2 Poligalakturonazın depolimerizasyon etkisi (Kaya, 2006)

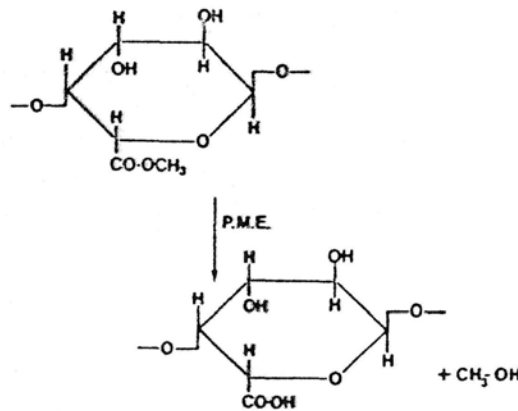
Poligalakturonazın etkisi ile poligalakturonik asit zinciri kırılarak, galakturonik asit açığa çıkar. Reaksiyonun hızı, pektinin esterleşme derecesine bağlıdır.

Poligalakturonazların endo- ve ekzo- olma üzere iki türü mevcuttur. Endo-PG, galakturonik asidin 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. Her iki tip PG de, %50-60'ın altındaki esterifikasyon derecelerinde etkilerini gösterirler.

Endo-PG meyvelerin ve mantarların yapısında bulunurken, maya ve bakterilerde bulunmaz. Ekzo-PG ise mantar, bakteri ve mayalarda bulunur. Ticari anlamda endo-PG, pektin moleküllerinin daha çabuk yıkılmasını sağladığından daha kullanışlıdır (Kaya, 2006).

▪ Pektinesteraz (PE)

Pektinesteraz, methanol 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. Şekil 3.3'de pektinesterazın pektik asit üzerindeki etkisi görülmektedir.



Şekil 3.3 Pektinesterazın pektik asit üzerindeki etkisi (Kaya, 2006).

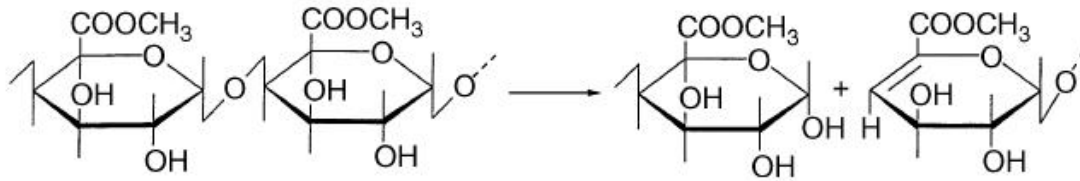
Birçok enzim gibi pektinmetilesteraz da spesifik etki gösterir ve bu nedenle sadece pektinmetilesteri parçalar. Bu enzim, pektin molekülünde serbest karboksil grubuna en yakın metilesterden başlayarak, molekülün esterleşme derecesini yaklaşık yüzde ona kadar düşürür ve nihayet etkinliği sona erer.

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

Pektinesteraz, diğer pektolitik enzimler gibi, bitkilerde, bakteri ve küflerde yaygın olarak bulunur ve kökenine göre optimum etki koşulları farklıdır (Kaya, 2006).

▪ Pektin Liyaz (PL)

Pektin liyazlar, uzun, yüksek metoksillenmiş zincirlere karşı yüksek seçiciliğe sahiptir ve metilenmiş α -1,4 – homogalakturnana β -eliminasyon ile etkisini gösterir.



Şekil 3.4 Pektin liyazın galakturonik asit üzerindeki etkisi (Kaya, 2006).

Şekil 3.4'te pektin liyazın galakturonik asit üzerindeki etkisi görülmektedir. Bu enzim, etkisini metille esterleşmiş karboksil grubunun yanındaki glikozidik bağlara gösterir.

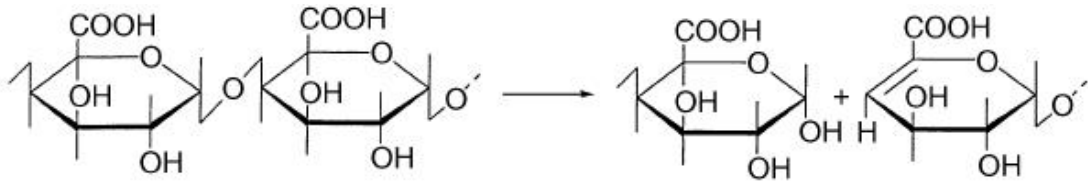
Pektin liyazlar, yüksek esterifiye polimetilgalakturonik asiti, doğrudan etkilerler. Pektinlerin çoğu mantar kökenlidir. Tamamı endoenzim halindedir ve yüksek esterifiye pektini hızla düşen bir viskozite ile yıkar. Eliminasyon mekanizmasında sadece metil ester gruplarına bitişik olan glikozidik bağlar 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 (Kaya, 2006).

▪ Pektat Liyaz (PAL)

Pektat liyazlar, β -eliminasyonu ile çift bağına sahip ürün açığa çıkarır. Endo-pektat liyaz ve ekzopektat liyaz olarak işlev görürler.

Şekil 3.5'te pektat liyazın etki mekanizması görülmektedir. Esterleşme derecesi düşük olan pektini, transeleminatif olarak parçalarlar.

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'tur. Bu enzimler, pektin üzerindeki pektatları tercih eder ve tamamen esterleşmiş pektini substrat olarak kabul etmezler (Kaya, 2006).



Şekil 3.5 Pektat liyazın etki mekanizması (Kaya, 2006).

▪ Selüloz ve Hemiselülozlar

Pektine benzer niteliklere sahip bir polisakkarit grubu olan hemiselülozları parçalayan çeşitli enzimler söz konusudur. Hemiselülozlardan, 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 hemiselüloz aktivitelerine gerek görülebilir.

Diğer taraftan selülozlara daha çok total sıvılaştırma preparatlarında ihtiyaç duyulmaktadır. Selülozlar meyve dokusunun iskeletini oluşturan bir nötral polisakkarit olan selülozu hidrolitik olarak ve yavaş bir hızla parçalamaktadır. Bu yolla tüm meyve sıvılaşabilmektedir (Kaya, 2006).

Kullanılan enzim ürünlerinin kararlılığı da endüstride önemlidir. Sıvı ürünlerin üretiminde koruyucular kullanılmamakla birlikte gliserin, potasyum klorit, sorbitol gibi stabilizerler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sayede ürünler soğukta aktivitelerini 1-2 yıl kaybetmeden saklanabilirler.

Uygun olmayan depolama koşullarında 1 yıl içerisinde aktivitelerinde %10'a ulaşan bir kayıp ortaya çıkmaktadır. Katı enzim ürünlerinde ise taneli ürünler, toz ürünlere tercih edilmektedir (Güven, 2005).

3.3.3.2 Durultma Yardımcı Maddeleri

Durultma yardımcı maddelerinin görevleri, meyve suyunun berraklaşmasını sağlamak, bulanıklığa yol açan, renk ve lezzet değişimine neden olabilecek maddeleri meyve suyundan absorbe ederek veya çöktürerek uzaklaştırmaktır. Bu amaçla bentonit, kizelsol ve jelâtin gibi maddeler kullanılmaktadır. Ayrıca günümüzde polivinilpirrolidon (PVPP), aktif kömür gibi diğer bazı yardımcı maddelerden de yararlanılmaktadır.

Durultma yardımcı maddelerinin ilave ediliş sırası önemlidir ve genellikle bentonit, kizelsol ve jelâtin sırasıyla eklenir. Ancak uzun deneyimler sonucu her fabrikanın kendine özgü bir işlem sırası ve düzeni vardır. Meyve suyuna eklenecek maddelerin miktarları ön deneyle belirlenmektedir. Her bir madde ilavesinden sonra meyve suyu karıştırılmalıdır. Böylece çözeltinin her tarafa eşit düzeyde dağılması sağlanır. Bütün maddeler eklendikten sonra meyve suyu tekrar karıştırılır ve oluşan flokların parçalanmaksızın tortu halinde çökmesi beklenir. Floklaşma süresince tanktaki meyve suyunun herhangi bir şekilde, sallanıp çalkalanması ve sıcaklık derecesinin oynamasına bağlı bir hareket oluşumu tortunun oturmasını engeller ve geciktirir. Bu aşamada kullanılan tankın boyutları da sonuca etkilidir. Durultma tankı ne kadar yüksekse tortunun oturması o kadar uzun sürer. Oluşan tortu tankın tabanına tamamen oturduğu zaman süzülerek meyve suyundan uzaklaştırılır (Güven, 2005).

- **Bentonit**

Bentonit volkanik kökenli bir kildir. Bu kil değişebilen katyonik bileşenlerle hidrate alüminyum silikat kompleksinden oluşmaktadır. En önemli komponent olarak % 60-80 arasında montmorillonit içermektedir. Montmorillonitler üç katmanlı bir yapıda olup, orta katmanda yer alan katyon türüne göre kalsiyum ve sodyum bentonit olmak üzere başlıca iki tip bentonit vardır. Kimyasal formülü $(\text{Na}, \text{Ca}) (\text{Al}, \text{Mg})_6 (\text{Si}_4\text{O}_{10})_3 (\text{OH}) 6\text{NH}_2\text{O}$ 'dur. Sodyum bentonitin adsorpsiyon kapasitesi kalsiyum bentonitin kapasitesinin çok üstündedir.

Bentonit başlıca meyve sularından proteinlerin uzaklaştırılmasında kullanılır. Durultmadaki esas etkisi, adsorpsiyon gücüne dayanmaktadır.

Aynı anda taşıdığı pozitif ve negatif yüklerden negatif yükün ağır basması sonucu, meyve suyunun negatif yüklü kolloid özelliğini zenginleştirmektedir. Bentonitin orta katmanında bulunan katyonlar ile pozitif yük taşıyan proteinler yer değiştirir. Aynı zamanda antosiyaninler, fenolik maddeler ve nitrojen gibi diğer pozitif yüklü bileşikler de çekmektedir. Ayrıca polifenoloksidazın ve meyve suyuna kadar ulaşmış bazı tarımsal ilaç kalıntılarının uzaklaştırılmasında da rol aldığı ifade edilmektedir.

Bentonitin etkinliği üzerinde sıcaklık ve ortamın pH derecesi rol oynamaktadır. Genellikle 20-60°C arasında etkinlik göstermektedir.

Bentonit meyve suyuna durultma sırasında eklenir ve ne kadar eklenmesi gerektiği bir ön deneyle saptanmalıdır. Bu amaçla meyve suyuna artan miktarlarla bentonit eklenerek durultma denemeleri yapılır. Bu deneylerde durulma hızı, oluşan çökeltinin hacmi ve üstte oluşan berrak kısmın berraklık düzeyi gibi kriterler dikkate alınarak en uygun bentonit dozajı bulunabilir (Güven, 2005).

- **Kizelsol**

Silisyum dioksitin sudaki süspansiyonudur. Meyve suyu endüstrisinde alkali kizelsol ve asit kizelsol olmak üzere iki farklı şekilde hazırlanmaktadır. Alkali kizelsol endüstride daha yaygın olarak kullanılmaktadır.

Kizelsol meyve suyunun asit ortamında negatif yük kazanarak ortamdaki jelâtinle ve diğer pozitif yüklü parçalarla floklar oluşturmak üzere hızla reaksiyona girer. Bu şekilde oluşan tortu tabana otururken diğer süspansiyon halindeki parçaları da birlikte sürükler.

Kizelsol, durultmada jelâtin uygulandığı zaman mutlaka kullanılması gereken bir durultma yardımcı maddesidir. Bu şekilde jelâtinin tam anlamıyla floklaşıp ortamdan ayrılması sağlanmakta, berraklaşma hızlanmakta, tortu daha iyi oturmakta, çok az polifenolik madde içeren meyve sularının bile iyi bir şekilde durultulması gerçekleşebilmekte, aşırı durulma (meyve suyunda çözünmüş jelâtin kalması) denen olay engellenmekte, meyve suyunun filtrasyon niteliği iyileşmekte ve berraklık stabilitesi iyi bir meyve suyu elde edilebilmektedir.

Kizelsol meyve suyuna doğrudan eklenerek uygulanır. Eklenecek miktar jelâtin dozajına bağlıdır.

Bu amaçla, daha önce ön deneyle saptanmış optimum miktardaki jelatin eklenmiş bir seri örnek üzerine artan miktarlarda kizelsol eklenir ve beklenir. Oluşan floklara ve sedimentasyonun gelişimine göre optimum kizelsol miktarı hesaplanır (Güven, 2005).

• Jelâtin

Jelâtin, kollajenden hidrolizle türetilen, ham maddeye ve üretim metoduna bağlı olarak izoelektrik noktası 5-9 arasında değişen amfoterik bir proteindir. Bileşimi, %85-87 azotlu madde, %2-4 tuz ve %9-12 nemden oluşmaktadır. Kollajen bünyesinde bulunan olağan dışı yüksek derecede halkalı amino asitler pirolin ve hidroksipirolinle jelatinden ayrılır.

Uygulanan hidroliz işlemine göre A tipi jelâtin ve B tipi jelâtin olmak üzere iki farklı tipte jelâtin vardır. A tipi jelâtin kollajenin asitle hidrolizasyonu ile elde edilir ve izoelektrik noktası 7-9 arasında değişir. B tipi jelâtin ise kollajenden bazik hidroliz uygulamasıyla elde edilmektedir ve izoelektrik noktası 4,8-5,2 arasındadır. Jelâtinin izoelektrik noktasındaki pH derecesi ile meyve suyunun pH derecesi arasındaki fark büyüdükçe, jelâtinin pozitif yükü de arttığından, A tipi jelâtin B tipi jelâtime göre meyve suyunda daha fazla pozitif yüklüdür ve bu nedenle durultmada A tipi tercih edilir.

Jelâtin durultulacak meyve suyuna çözelti olarak eklenir. Meyve suyunda pozitif yük kazanarak karşılaştığı negatif yüklü fenolik bileşiklerin yükünü yok eder ve bunlarla floklar oluşturur. Oluşan floklar çökelirken diğer bulanıklık unsurlarını da sürüklerler. Böylece durultma işlemi gerçekleşir ve meyve suyu daha iyi filtre edilebilir bir özellik kazanır. Ayrıca jelâtin bir kısım fenolik bileşikleri uzaklaştırdığı için bunların daha sonra çeşitli mekanizmalarla neden olabileceği bulanmalar engellenebilmektedir. Böylece jelâtin uygulanması meyve suyuna berraklık stabilitesi kazandırmaktadır. Aşırı buruk ve acı tat veren bazı fenolikleri uzaklaştırması sonucu, meyve suyunun lezzeti düzelmekte ve yumuşamaktadır.

Jelâtin durultulacak meyve suyuna %5-10'luk bir çözelti olarak eklenir ve ne kadar eklenmesi gerektiği bir ön deneyle saptanmalıdır. Ön deney bir seri meyve suyu örneği üzerine artan miktarlarda jelâtin çözeltisi eklenerek yürütülebilir. Bekleme süresi sonunda berraklık, tortu niteliği, tortunun oturma hızı gibi hususlar göz önüne alınarak yapılan inceleme sonunda en uygun dozaj belirlenir (Güven, 2005).

3.3.4 Filtrasyon

Filtrasyon, bir sıvı içinde süspansiyon halinde bulunan katı parçacıkların veya kolloidal çözünmüş maddelerin, bir filtre materyali yardımıyla sıvıdan ayrılmasıdır. Filtrasyon işlemi ayırma etkinliğine göre geleneksel filtrasyon ve membran filtrasyon olarak iki gruba ayrılabilir.

Membran filtrasyonu 1970’li yıllardan beri gıda endüstrisinde gittikçe artan bir kullanım alanı bulmaya başlamıştır. Membran ayırma teknikleriyle geleneksel filtrasyonda kullanılan filtrelerle ulaşılamayan düzeyde bir berraklığa ulaşılabilmektedir. En yaygın uygulama ultrafiltrasyondur. Ultrafiltrasyon, sistemin sağladığı kolaylık ve etkinlik bakımından meyve suyu endüstrisinde standart hale gelmeye başlamıştır. Ultrafiltrasyon ile presten alınan meyve ham suyu %95-97 oranında berrak meyve suyuna dönüştürülürken geleneksel filtrasyon yöntemlerinde bu oran %90-93’tür. Enzim tüketiminin azalması, jelâtin, bentonit, kizelsol, kiselgur gibi durultma ve filtrasyon yardımcı maddelerine gereksinim kalmaması, durultma süresinin kısalması ultrafiltrasyon yönteminin diğer bir olumlu yönüdür (Güven, 2005).

3.3.5 Meyve Sularının Dayanıklı Hale Getirilmesi

Meyve suyu fabrikalarının başlıca iki ana ürünü olan pulp ve berrak meyve suyu nitelikleri açısından süratle bozulma eğilimi taşıdıklarından, hemen dayanıklı hale getirilmeleri gerekir. Bu hususta akla gelebilecek en geçerli yol; pulpa su, şeker ve asit ilave ederek onların içilebilir hale getirilmesinden, berrak meyve sularının ise çoğunlukla olduğu gibi doğrudan doğruya, tüketici ambalajına (şişe, kutu vs.) doldurulmasından sonra ısıtma işlemiyle dayanıklı hale getirilmeleridir.

Böylece, bir meyve suyu fabrikasının, işlediği tüm meyveyi, hemen şişelemesi zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Bu ise, her gün işlenen meyveyi o gün şişelecek büyük kapasitelerde dolum tesislerinin kurulmasını zorunlu kılmaktadır. Ayrıca bir sezon boyunca doldurulmak üzere fabrikanın, milyonlarca şişeye, dolu ve boş şişeleri depolamaya elverişli depolara gereksinimi doğmaktadır.

Bütün bu nedenlerle, işlenen meyvenin hemen tüketici ambalajına doldurularak muhafaza edilmesi ekonomik açıdan olanaksızdır (Eser, 1998).

Bu yüzden, üretilmiş pulpun doğrudan doğruya, berrak meyve suyunun ise, ya olduğu gibi veya konsantre edilerek depolanması gerekmektedir. Ayrıca milletler arası ticarete, tüketici ambalajındaki üründen ziyade, pulp ve konsantrat gibi ara ürünler önem taşımaktadır.

Meyve suyu ve pulpları dayanıklı hale getirmek için aşağıdaki yöntemler kullanılır:

- Hermetikli kapatılmış kaplarda ısı uygulaması,
- Soğukta ve dondurarak saklama,
- Koruyucu madde kullanılarak saklama,
- Karbondioksitle basınç altında saklama,
- Konsantrat hale getirerek saklama (Eser, 1998).

3.3.6 Konsantre Etme

Meyve suları, ekonomik açıdan depolama, taşıma, dağıtma ve ticari operasyonlar ile su aktivitesini düşürerek ürünü korumak için konsantre edilirler (Jesus vd., 2006). Konsantre etme, meyve sularının mikrobiyolojik olarak stabilite kazanması bakımından oldukça önemli bir işlemdir. Çünkü meyve sularının içerdiği suyun bir kısmı uzaklaştırılarak kuru madde düzeyinin en az %68'e kadar yükseltilmesiyle su aktivitesi düşmekte ve meyve suları daha dayanıklı hale gelmektedir (Kaya, 2006).

Konsantre etme işlemi genelde yüksek sıcaklık kullanılarak, meyve suyunun kalitesiyle ilgili besinsel değişimleri, önemli duyuşal değişimleri iyileştirmek adına yapılır. Isıl açıdan duyarlı olan uçucu komponentler ve vitaminler, meyve suyunun karakteristiğini belirler (Jesus vd., 2006).

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 suları bileşimindeki su buharlaştırılarak uzaklaştırılır. Meyve suları ısıya karşı duyarlıdır. Renkleri ve aromaları kaynama sıcaklıklarında bozulmaya uğrar. Bunun için meyve sularının buharlaştırıcılarda vakum altında konsantre edilmeleri gerekir (Kaya, 2006).

Ters osmoz da, meyve suyu konsantre işlemleri için, faz değişimi ve sıcaklık işin içine girmediğinden dolayı sadece membranlardaki basınçla yürütülen alternatif bir işlemdir (Jesus vd., 2006).

Konsantre etme, meyve 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 (Kaya, 2006).

4. GIDALARIN REOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Gıda teknolojisinde besinlerin özelliklerinin büyük önemi vardır. Fiziksel özellikler, besin işlemede olduğu kadar bu işlemler için kullanılan alet ve makinelerin yapımında ve en uygun koşullarda çalıştırılmasında da önem taşırlar.

Fiziksel özelliklerden biri olan reoloji, akışkanlık bilimidir ve işlenmiş gıdaların kalitesinde önemli bir etkidir. Gıda reolojisi ise, gıda endüstrisindeki hammadde, ara ürün ve son ürünlerin akışını ve yapısal değişimini inceleyen bilim dalıdır (Kaya, 2006). Reoloji bilimi hem sıvı hem de katı besinlerin yapısal değişim özelliklerini incelediğinden gıda endüstrisinde önemli bir nitelik verisi olarak kullanılır.

Reolojik özellikler, gıdanın üretimiyle birlikte tüketiminde de göz önünde bulundurulacak önemli unsurlardır. Tüketici her gıda maddesinden uygun tat, koku, renk vb. özellikleri göstermesini bekler. Bu özelliklerin yanı sıra sıvı gıdalar için akışkanlık, katılar için dokusal (tekstürel özellikler) ve yarı akışkan gıdalar için kıvam (konsistens) önemlidir.

Besinlerin reolojik özellikleri; viskozite, kıvam ve dokusal özellikler 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 duyuşsal gelişimi ile gıda maddesinin gözle görülebilen ve aynı zamanda ağızdaki deri ve tat alma kasları ile fark edilen sertlik, yumuşaklık, pürüzlülük gibi özelliklerin tümüdür (Kaya, 2006).

Gıda endüstrisinde, konsantre meyve sularının kimyasal ve fiziksel özelliklerine ilaveten reolojik özellikleri de önemli bir özelliktir. Ayrıca, reolojik özellikler meyvelerin kimyasal bileşimlerine ve ürünün işleme koşullarına da bağlıdır. Bununla birlikte konsantre meyve sularının akış davranışlarını bilmek bize kalite kontrol, gerekli enerji kullanımı hesabı, proses kontrol ve ekipman seçiminde oldukça kolaylık sağlar. Gıda endüstrisinde viskozite, teknolojik proseslerin dizaynında gerekli çok önemli bir parametredir. Diğer yandan viskozite, gıda üretim sisteminin toplam kalitesini ve stabilitesini tespit etmek açısından önemli bir faktördür (Akbulut ve Özcan, 2008).

Gıdaların karmaşık fiziksel ve kimyasal yapıları yüzünden viskozite, saf akışkanlara uygulanan moleküler dinamik ve yarı ampirik modeller gibi teorik metotlarla tespit edilememektedir. Bu yüzden, deneysel ölçümler ve ampirik modellerle belirlenen viskozite, akışkan gıdaların karakterizasyonu için gereklidir.

Viskozite, gıdaların özellikle de akışkan, katı ve yarı katı gıdaların fazlaca tespit edilen reolojik özelliklerinin en geniş parçasıdır. Gıdalar genellikle, katılar, jeller, homojen sıvılar, süspansiyonlar ve emülsiyonlar olarak sınıflandırılmaktadır. Akışkan gıdalar, heterojen özellikli yapıdadırlar. İçerlerinde protein partikülleri, hücreler, sürekli fazda yağ damlacıkları, hava kabarcıkları gibi bileşenler barındırırlar. Örnek olarak sulu şeker çözeltisi ve sebze yağı gösterilebilir (Saravacos ve Maroulis, 2001).

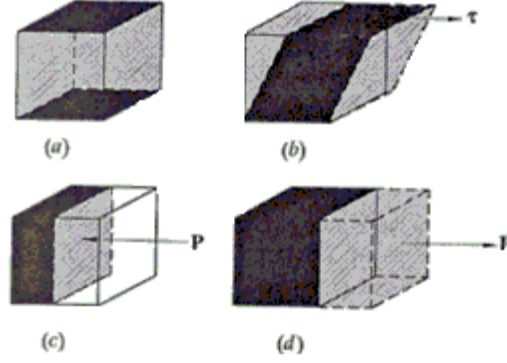
4.1 Maddelerin Basınç Altındaki Davranışları

Herhangi bir madde, ideal halde, elastik, plastik veya viskoz olarak tanımlanan üç özellikten birine uygun davranışta bulunur (Rao, 1977).

- **Elastik katı:** Etkin kuvvet uygulandığında ani bir yapı değişimi oluşur ve bu değişim miktarı zamana bağlı olarak sabit kalır.
- **Newtonyen sıvı (plastik):** Etkin kuvvet uygulanır uygulanmaz madde akmaya başlar ve kuvvet uygulandığı sürece akmaya devam eder. Kuvvet kaldırıldığında ise özgün şekline geri dönmez.
- **Viskoelastik katı:** Etkin kuvvet uygulandığında ilk önce ani bir yapı değişimi oluşur; sonra kuvvetten kaynaklanan basıncın etkisiyle maddedeki yapı değişimi (deformasyon) devam eder. Kuvvet kaldırıldığında ise özgün şekle bir miktar geri dönüş olur (elastik bileşen), ama tam dönüş olmaz (viskoz bileşen).

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 uğrattır. Bu nedenle, birim alana düşen kuvvete kayma gerilimi (τ) denir (Peker ve Helvacı, 2003).

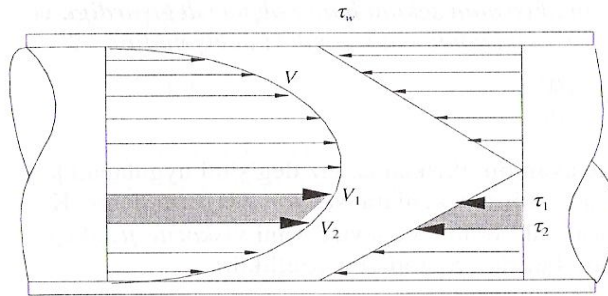
Şekil 4.1’de basınç ve kayma geriliminin akışkan içinden geçen bir kontrol hacmi üzerinde etkisi görülmektedir.



Şekil 4.1 Basınç ve kayma geriliminin akışkan içinden seçilen bir kontrol hacmi üzerine etkisi (Peker ve Helvacı, 2003).

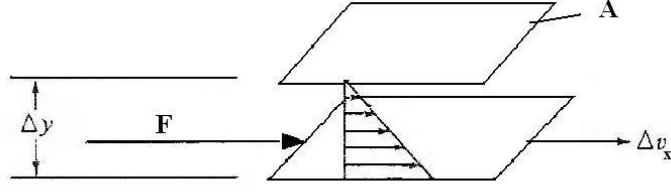
- a) Kontrol hacminin ilk boyutları
- b) Kayma geriliminin etkisi
- c) Basıncın sıkıştırma yönünde etkisi
- d) Basıncın germe yönünde etkisi

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 4.2’de akışkan tabakalarındaki deformasyonun kayma gerilimi tarafından oluşturulduğu görülmektedir (Peker ve Helvacı, 2003).



Şekil 4.2 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 4.3 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 4.3’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 (Kaya, 2006).

$$\gamma = (1/dt).(dx/dy) = (1/dy).(dx/dt) = (dV_x/dy) \quad (4.1)$$

$$\tau = \mu \cdot du/dy = \mu \cdot \gamma \quad (4.2)$$

Denklem 4.2, “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 (Kaya, 2006).

$$\nu = \mu/\rho \quad (4.3)$$

Çizelge 4.1’de değişik vizkozite çeşitlerinin tanımlarını ve denklemlerini görmekteyiz.

Çizelge 4.1 Değişik viskozite çeşitlerinin tanımları ve denklemleri (Johnson vd., 1975)

İsim	Denklem	Yorumlar
Kinematik viskozite	$\nu = \mu/\rho$	cm^2/s – stoke / $\rho \rightarrow$ yoğunluk
Bağıl viskozite	$\mu_r = \mu/\mu_0$	Aynı sıcaklıktaki çözünen maddenin, çözücü içindeki yüzdesi
Spesifik viskozite	$\mu_{sp} = \mu_r - 1$	-
İndirgenmiş viskozite	$\mu_{red} = \mu_{sp} / c$	c: çözünenin konsantresi
İntirinsik (gerçek) viskozite	$[\mu] = (\ln \mu_r / c)_{[c \rightarrow 0]}$	Moleküler ağırlığa bağlıdır

4.2 Akışkanların Reolojik Davranışları

Akışkanların reolojik davranışları, ideal sıvıdan ideal katıya kadar geniş bir yelpaze oluştururlar. Reolojik davranışlar sıcaklık, basınç, konsantrasyon, pH ve başka faktörlerden önemli ölçüde etkilenirler. Ancak sınıflandırma kayma hızının ve zamanın etkisine göre yapılmaktadır. Ancak bir malzeme şartlara bağlı olarak farklı sınıflara giren davranışlar gösterebilir. Şekil 4.4'te reolojik davranış biçimlerinin sınıflandırılması görülmektedir (Ak, 1997).



Şekil 4.4 Akışkanların reolojik davranış biçimlerinin sınıflandırılması (Ak, 1997)

4.2.1 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 akışkanların viskozitesi sadece sıcaklık ve kompozisyonla değişmektedir (Ak, 1997).

Vandresen vd. (2009)'a göre; Newtonyen davranış gösteren bir akışkan için Denklem 4.4 geçerlidir:

$$\tau = \mu \cdot \gamma \quad (4.4)$$

Newtonyen davranış gösteren gıdalar olarak su, kahve, çay, bira, şuruplar, şarap, durultulmuş meyve suları, süt, birçok bal çeşidi, bitkisel yağlar ve bazı çorbalar sıralanabilir (Macrea vd., 1993; Ak, 1997; Bourne, 2002).

4.2.2 Newtonyen Olmayan Davranışlar

Reolojik davranışlar malzemenin yapısal özelliklerinin bir yansıması olduğundan Newtonyen dışı davranış gösteren gıdalar genelde emülsiyon, süspansiyon veya yüksek molekül ağırlıklı madde çözeltisi halindedir. 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 gözlenebilir (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).

$$\eta = f(\dot{\gamma}) = \tau / \dot{\gamma} \quad (4.5)$$

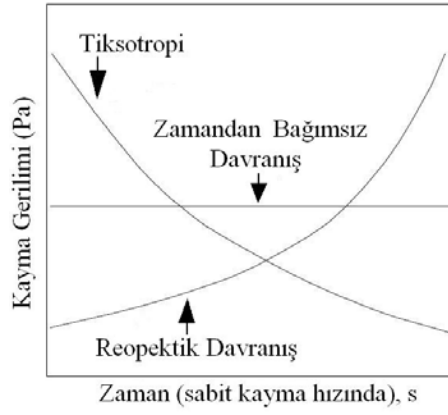
Görünen viskozite, hem kayma hızından hem de zamandan etkilenebilir. Bu nedenle Newtonyen dışı davranışlar, kendi içinde zamandan bağımsız ve zamana bağımlı olmak üzere ikiye ayrılır (Ak, 1997).

4.2.2.1 Zamana bağlı Newtonyen olmayan davranışlar

Kompleks akışkanların görünür viskozitesi kayma hızına bağlı değildir, fakat zamanla kayma uygulanabilir. Bu akışkanlar sabit hızda akarken zamanla artan veya azalan kayma gerilimlerine bağlı olarak iki sınıfa ayrılırlar:

- Tiksotropik
- Reopektik

Zamana bağlı davranış gösteren akışkanlarda sabit kayma hızında kayma gerilimi artar ya da azalır (Steffe, 1992). Şekil 4.5'te zamana bağlı reolojik davranış gösteren akışkanlar için sabit kayma hızında görünür kayma geriliminin (görünür viskozitenin) zamanla değişimi gösterilmektedir.



Şekil 4.5 Zamana bağlı reolojik davranışların görünen kayma gerilimi-zaman eğrileri (Steffe, 1992)

• Tiksotropik davranış

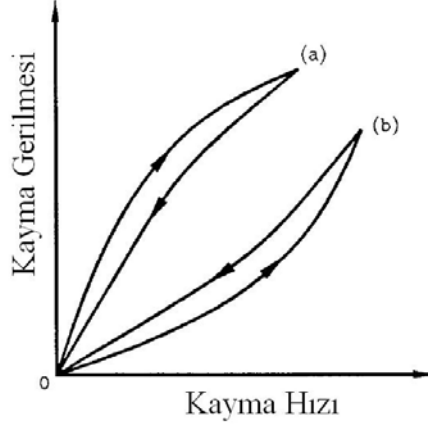
Bu davranış modelinde görünür viskozite zamanla azalmaktadır. Ancak akışkanda meydana gelen değişim tersinirdir. Yani kuvvet uygulaması kesildiğinde akışkan eski haline geri döner (Bourne, 2002). Tiksotropik davranış gösteren akışkanlarda eğer görünür viskozite bir denge değerine ulaşması gereken süreden daha kısa süre kuvvete maruz kalırsa histerez halka oluşur (Rosenthal, 1999). Şekil 4.6'da tiksotropik ve reopektik akışlar için oluşan histerez halka görülmektedir.

Tiksotropik malzemeler yapı değişiminden sonra bir süre dinlenmeye bırakılırsa başlangıçtaki yapılarını ya tamamen ya da kısmen geri kazanabilirler.

Tiksotropik davranan gıdalar arasında domates salçası, yoğurt bebek maması, elma sosu, mayonez, ketçap, çeşitli soslar, erimiş çikolata ve sürülebilir peynir sayılabilir (Steffe, 1992).

• Reopektik davranış

Reopektik davranış tiksotropik davranışın tersi bir davranıştır (anti-tiksotropik) ve daha az rastlanan bir tiptir. Bu davranış tipinde viskozite, sabit kayma hızında zamanla artmaktadır. Reopektik maddeler de dinlenmeye bırakıldığında özgün yapılarına ve reolojik özelliklerine tamamen veya kısmen dönebilirler. Çırpılmış yumurta akının ve kremanın reopektik davranış gösterdiği bildirilmiştir (Ak, 1997). Şekil 4.6'da tiksotropik ve reopektik akışlar için oluşan histerez halka görülmektedir.



Şekil 4.6 Tiksotropik ve reopektik akışlar için oluşan histerez halka (Kaya, 2006).

(a) Tiksotropik akış

(b) Reopektik akış

4.2.2.2 Zamandan bağımsız Newtonyen olmayan 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 4.6’da verilmiştir.

$$\tau = \tau_0 + K \cdot \dot{\gamma}^n \quad (4.6)$$

Bu denklemde τ_0 kopma gerilimi, K kıvam indeksi, n akışkan davranış indisidir (Ak, 1997). Başka bir deyişle kıvam indeksi, akışkanın koyuluğunun göstergesidir. Davranış (viskozite) indisi 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 4.7’de görülmektedir:

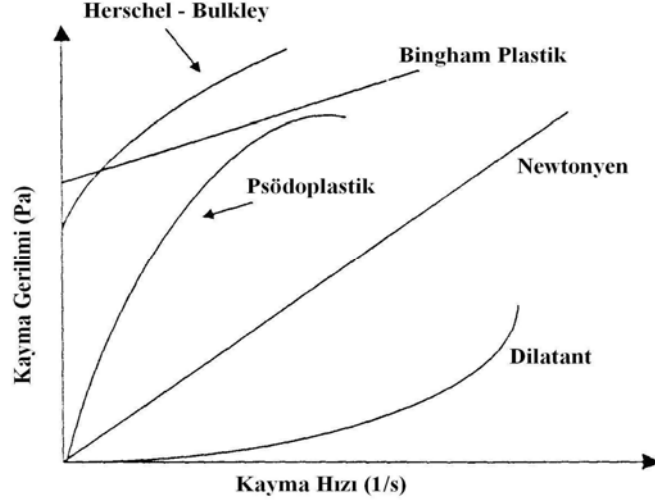
$$\tau = K \cdot \dot{\gamma}^n \quad (4.7)$$

$n=1$ ise akışkan Newtonyen,

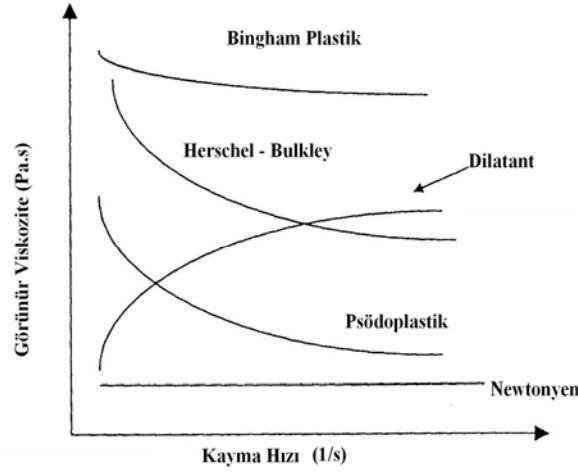
$n<1$ ise akışkan Psödoplastik ,

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

Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de Newtonyen ve zamandan bağımsız davranışlar için kayma gerilimi-kayma hızı ve viskozite-kayma hızı arasındaki ilişkileri gösteren grafikler görülmektedir.



Şekil 4.7 Newtonyen ve zamandan bağımsız davranışlar için kayma gerilimi-kayma hızı grafiği (Steffe, 1992)



Şekil 4.8 Newtonyen ve zamandan bağımsız reolojik davranışlar için görünen viskozite-kayma hızı grafiği (Steffe, 1992).

• Dilatant davranış

Dilatant sözcüğü, kabaca hacim artışı anlamına gelmektedir. 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). Bunun yanında fıstık ezmesi ve sosis/sucuk eti karışımının da dilatant davrandığı bildirilmiştir. Ayrıca ıslak kum da dilatant davranışa bir örnektir (Ak, 1997).

• Psödoplastik davranış

Psödoplastik davranışa gıdalarda sık rastlanmaktadır. Bu tür sıvıların viskoziteleri kayma hızı arttıkça azalır. Bir başka deyişle kayma hızı arttıkça materyalin akmaya karşı direnci düşer (Steffe, 1992; Ak, 1997).

Psödoplastik davranışın mekanizması kabaca şöyle açıklanabilir: Durgun halde iken veya düşük kayma hızında gelişigüzel dağılmış olan yapı elemanları, kayma hızı arttıkça akış yönünde dizilirler ve böylece akışa karşı dirençleri, yani malzemenin viskozitesi azalır. Ayrıca durgun halde iken eğer partiküller kümeler oluşturmuşsa kayma hızı arttıkça bunlar dağılacak ve viskozitesi yine düşecektir (Ak, 1997).

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).

• Bingham plastik davranış

Akışkan içinde durgun halde var olan katı 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).

$$\tau = \tau_0 + K.\dot{\gamma} \quad (4.8)$$

Denklem 4.8'den de görüleceği gibi, akıştan önce minimum değerdeki bir eşik gerilmesi (τ_0) uygulanmalıdır. Bu tip akışkanlar için davranış indisi (n), bire eşittir. Gıdalarda çok rastlanan bir akış tipidir. Bu gıdalar arasında margarin, elma sosu, tereyağı, yoğurt, erimiş çikolata ve çikolatalı soslar, ketçap ve salça sıralanabilir. Öte yandan diş macunu da Bingham plastik davranışa örnek gösterilebilir (Macrea vd., 1993; Ak, 1997).

• Herschel-Bulkley davranış (plastik davranış)

Bu davranış tipinde belirli bir gerilim düzeyine kadar akmayan malzeme, kopma gerilimi aşıldıktan sonra akmaya başlar (Ak, 1997).

$$\tau = \tau_0 + K.\dot{\gamma}^n \quad (4.9)$$

Bu model elastiklik özelliği dışında olabilecek her reolojik davranışı kapsayabilen terimleri içerdiği için son derece esnektir. $\tau_0 = 0$ ile Üstel Kural modeline, $\tau_0 = 0$ ve $n=1$ ile Newton modeline, $n<1$ ile Bingham modeline dönüşür (Peker ve Helvacı, 2003).

Herschel-Bulkley modeli birçok gıda maddesi için kullanılmıştır. Örneğin, elma sosunun, bebek mamasının ve hardalın reolojik davranışları Herschel-Bulkley ve diğer modeller ile tanımlanmıştır. Herschel-Bulkley davranışı gösteren diğer gıda maddeleri arasında yoğurt, dondurma, ketçap, mayonez ve margarin sıralanabilir (Ak, 1997).

Akışkan gıdaların, akış rejimleriyle ilgili çok sayıda reolojik model vardır. Newton'un güç yasası modeli en çok kullanılanıdır. Bu modelde kopma gerilimi (τ_0) kullanılmazken, Herschel-Bulkley modelinde kullanılır. Meyve suyu konsantreleri, yüksek oranda çözünebilir katılara sahip olan püreler, Herschel-Bulkley modeliyle ifade edilirler (Özkanlı ve Tekin, 2008).

Kopma noktası (yield point), kalite kontrol ve ürün formülasyonu aşamalarında kullanılan önemli bir reolojik kriterdir. Kopma noktası çok açık bir şekilde tanımlanamamakta ve ortada bazen karışıklıklar olmaktadır. Bazı bilim adamları yaptıkları denemelerde kopma noktasını içermeyen uygulamalar gerçekleştirirken; bazıları da bu değere, kalite kontrol ve optimal ürün özelliklerine ulaşmak için ihtiyaç duyarlar. Kayma hızı/kayma gerilimi eğrisinde, eğer eğrinin çizgisi sıfıra doğru gidiyorsa bu bize viskozitenin kayma hızıyla değişmediğini ve gerilimin sıfıra düşmesiyle kaymanın aniden durduğunu gösterir. En basitiyle kopma noktası, bize maddenin plastikliğini gösterir ve bu kopma noktası Bingham plastiklerinde bulunmaktadır (Lannes ve Medeiros, 2008).

4.3 Reolojik Davranışları Etkileyen Faktörler

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

Viskozite, moleküller arası hareketi meydana getiren kuvvetlerin bir fonksiyonudur. Bu kuvvetlerin işlerliği moleküller arası boşluklara bağlıdır. Sıcaklığın artmasıyla molekül hareketi artmakta ve moleküller arası boşlukların hacmi de artarak viskozitenin düşmesine neden olur. Sıcaklığın viskoziteye etkisi Denklem 4.10'da görülen Arrhenius denkliği ile ifade edilir.

$$\eta = A \cdot \exp(\Delta E/RT) \quad (4.10)$$

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 sabitini simgelemektedir (Kaya, 2006).

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).

İnsanların gıdalara uyguladıkları günlük testlerde (elde sıkmak, dişlerle çiğnemek, dille hareket ettirmek) kısa bir zaman dilimi söz konusudur. Bu sebeple, aslında tamamen viskoelastik olan gıdalar, duyuusal testlerde elastik veya elastığe yakın davranış göstereceklerdir (Bourne, 2002).

4.4 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 (Kaya, 2006).

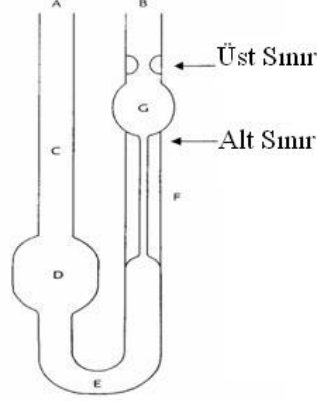
4.4.1 Viskozite Ölçümünde Kullanılan Cihazlar

Viskozite ölçümü değişik tipte viskozimetrelerle yapılmaktadır.

4.4.1.1 Kılcal viskozimetreler

Standart hacimdeki bir sıvının belli uzunluktaki kılcal cam bir tüpten akış süresi ölçülür. Şekil 4.9’da 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.

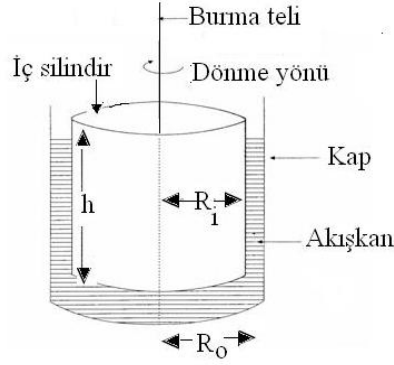
Daha sonra B ucundan basınç uygulanır. Basınç ile sıvı G'den geçirilerek üst sınıra kadar çıkarılır. Sonra basınç kaldırılır ve sıvının yerçekimi etkisiyle alt sınıra ne kadar sürede geldiği ölçülür (Bourne, 2002).



Şekil 4.9 Ostwald viskozimetresi (Bourne, 2002).

4.4.1.2 Döner (Rotasyonel) viskozimetreler

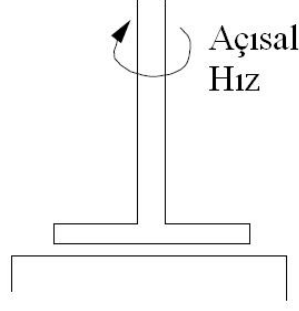
Couette tipi viskozimetre ya da eşmerkezli silindir viskozimetre de denilen bu tür viskozimetre Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4.10 Döner viskozimetrenin şematik gösterimi (Bourne, 2002).

İç kısımda dönebilen bir silindir, dış kısımda ise akışkan numunesini içinde tutan bir silindir bulunur. Eşmerkezli bu iki silindirden, içteki döner ve bu sırada akışkanın bu silindir üzerinde oluşturduğu direnç tork, sensörler yardımı ile ölçülür.

Bu tip viskozimetreler, çalışma koşullarında sürekli ölçüm yapmayı sağladığı gibi zamana bağlılığın da incelenmesine olanak verir. Kayma hızının ya da kayma gerilmesinin değiştirilmesi ile aynı numune üzerinde viskozite ölçümleri yapılabilir. Newtonyen ve Newtonyen olmayan tüm gıdalar için kullanılabilir.

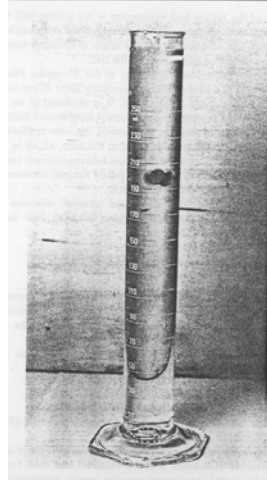


Şekil 4.12 Plaka-plaka tipi viskozimetrenin şematik görünümü (Steffe, 1992).

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 (Steffe, 1992).

4.4.1.5 Bilyeli viskozimetreler

Bu viskozimetrede 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 4.13 Bilyeli viskozimetre

Şekil 4.13'te bilyeli viskozimetre görülmektedir. Newtonyen olmayan akışkanlar için uygun olmayan bu viskozimetreler, bilyenin gözlenemeyeceği saydam olmayan akışkanlar için de kullanılmaz.

4.4.2 Kıvam Ölçümünde Kullanılan Cihazlar

Gıdaların kıvamlarını belirleyebilmek pek çok yöntem ve cihaz geliştirilmiştir. Bu cihazlar:

- **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).

5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

5.1 Materyal

Keçiboynuzu meyvesinin, sıvı şeker üretiminde kullanılmak için ekstraksiyon koşullarının belirlenmesi amacıyla, Denizli ili Çal ilçesinde yer alan KONFRUT Meyve Suyu İşleme Tesisleri tarafından Mersin-Silifke'den temin edilen, çekirdekleri çıkartılmış ve ortalama boyutları; boy: 1,2-2,8 mm, en: 0,9-1,5 mm olan keçiboynuzu meyvesi kullanılmıştır.

Numune hazırlama esnasında, numuneler çekirdeklerden arındırılmış ve parçalanmış halde bulunduğundan, herhangi bir öğütme işlemine tabi tutulmamıştır. Şekil 5.1'de hammadde olarak kullanılan parçalanmış keçiboynuzu görülmektedir.



Şekil 5.1 Hammadde olarak kullanılan parçalanmış keçiboynuzu

5.1.1 Kullanılan Cihazlar

Kullanılan cihazlar ise şunlardır:

- Hassas terazi (Sartorius LP6200 S); deneysel çalışma süresince ağırlık ölçümünde kullanılmıştır.
- Su banyosu (Lauda E100); ekstraktın 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 keçiboynuzu suyu elde edilmiştir.

- Refraktometre (Atago RX-5000); elde edilen ke iboyunu suyunun ve ke iboyunu konsantresinin içerdiği       r katı madde miktarının belirlenmesinde kullanılmıştır. Cihazdan 100 g madde içinde       r katı madde miktarı doğrudan okunmuştur.
- pHmetre (Metrohm 719S Titrino); elde edilen ke iboyunu sularının pH ve asitlik değerlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.
- Evaporatör (Heidolph Laborota 4003); ke iboyunu suyunun konsantre edilmesinde kullanılmıştır. Konsantre etme işlemi, 55-60 C sıcaklıkta ve 45 mbar basınç altında gerçekleştirilmiştir.
- Viskozimetre (Brookfield LVDV-II+Pro); ke iboyunu suyu konsantresinin reolojik özeliklerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.
- Türbidimetre (Dr. Hach Lange); ke iboyunu suyunun ve konsantresinin bulanıklık değerlerini ölçmede kullanılmıştır.

5.2 Metotlar

5.2.1 Analiz metotları

Toplam kuru madde tayini,       r kuru madde tayini, pH, titrasyon asitliği tayinleriyle, glikoz, fruktoz, sakaroz analizleri daha önceden Gözlem Gıda Kontrol ve Araştırma Laboratuvarı' da yapılmıştır.

5.2.2 Ke iboyunu Meyvesinin Ekstraksiyon Metodu

Ekstraksiyonda kullanılacak numuneler önceden parçalanmış halde bulunduğundan herhangi bir işleme tabi tutulmadan partikül boyutları boy: 1,2-2,8 mm, en: 0,9-1,5 mm arasında olan ke iboyunu numuneleri ekstraksiyon için kullanılmıştır. Denemelerde  ekirdeksiz meyveye ait sonuçlar elde edilmiştir. Ancak partikül boyutunun, ekstraksiyon verimi üzerine etkisi olacağı düşünülerek numunelerin çoğu dane boyutları en: 0,2-0,4 mm ve boy: 0,4-0,7mm olacak şekilde parçalama işlemine tabi tutulmuştur.

5.2.2.1 Keçiboynuzu Meyvesinin Ekstraksiyon Koşullarının Belirlenmesi

Keçiboynuzu meyvesinin ekstraksiyonunda maksimum verim ve ÇKM oranına ulaşabilmek amacıyla, ekstraksiyonu etkileyebileceği düşünülen parametreler belirlenerek bu parametrelerin ekstraksiyon verimi üzerine etkisi incelenmiştir.

Ekstraksiyon veriminin hesaplanmasında 5.1 denklemi kullanılmıştır.

$$\text{Briks Değeri (\%)} * \text{Ekstrakt Miktarı} \quad (5.1)$$

$$\text{Verim (\%)} = \frac{\text{Briks Değeri (\%)} * \text{Ekstrakt Miktarı}}{\text{Meyve Miktarı} * \text{Toplam Çözünür Kuru Madde (\%)}}$$

5.2.2.2 Farklı Sıcaklıkların Ekstraksiyon Verimi Üzerine Etkisi

Oldukça sert bir tekstüre sahip keçiboynuzu meyvesi yüksek düzeyde çözünür kuru madde içermektedir. Bu özelliğinden dolayı su ile ekstrakte edilip değişik ürünlere dönüştürülmesi uygun görülmüştür.

İlk aşamada ekstraksiyonda kullanılacak su sıcaklığının verim üzerine etkisini belirlemek üzere yapılan analizlerde sıcaklık parametre olarak ele alınmıştır.

Bu amaçla toplam kuru madde miktarı %91 olan numuneden 500 g alınıp su oranı 1:4 olarak seçilmiştir. 2000 ml farklı sıcaklıklarda su ile ekstrakte edilmiştir.

Ekstraksiyonda uygulanacak sıcaklıklar 20°C, 40°C, 50°C, 60°C ve 80°C olarak belirlenmiştir. Daha önce Şenay (2009) tarafından, keçiboynuzu ekstraksiyonu üzerine yapılan çalışmalarda 20°C, 70°C ve 90°C ekstraksiyon sıcaklığı olarak denendiğinden, sıcaklık aralığını genişletip, sıcaklığın verim üzerindeki etkisinin detaylı bir sonucunu görmek adına, önceki çalışmalarda belirlenen sıcaklıklardan daha farklı bir aralıkta denemeler yapılması uygun görülmüştür.

5.2.2.3 Su Oranının Ekstraksiyon Verimi Üzerine Etkisi

Keçiboynuzundan elde edilen ekstraktın konsantrasyonu esnasında fazla su oranı gereksiz enerji sarfiyatına neden olacağından optimum şartların belirlenmesi amacıyla farklı su oranlarıyla deneme yapılmıştır. Yapılan denemelerde 1:2, 1:3 ve 1:4 su oranları uygulanmıştır. Şekil 5.2'de keçiboynuzunun sulandırılmış hali görülmektedir.



Şekil 5.2 Keçiboynuzunun sulandırılmış halinin üstten görünümü

5.2.2.4 Partikül Büyüklüğünün ve Karıştırmanın Verim Üzerine Etkisi

Partikül büyüklükleri, ekstraksiyon verimine etkisi olacağı düşünülerek, dane boyutları en: 0,2-0,4 mm ve boy: 0,4-0,7 mm olacak şekilde parçalama işlemine tabi tutulmuştur. Çözünür kuru madde ekstraksiyonda, çözücü ile çözünen maddenin temas alanı elde edilen verimi etkilemektedir.

Yine yapılan çalışmalarda karıştırma ve preslemenin, elde edilen ekstrakt miktarında yaratacağı artıştan dolayı, deneysel çalışmalarda karıştırma ve presleme işlemleri de uygulanmıştır. Şekil 5.3’de keçiboynuzunun presinden geriye kalan posa görülmektedir.



Şekil 5.3 Keçiboynuzunun presinden geriye kalan posa

5.2.2.5 Mayşe Enzimi Uygulaması

Keçiboynuzu meyvesi çok sert bir tekstüre sahip olduğunda ekstrakte edilebilme özelliğini iyileştirmek üzere hammaddeye mayşe enzimi uygulaması denenmiştir. Bazı çalışmalarda ise, enzim aktivitesini azaltacak yönde yüksek sıcaklıklarda çalışıldığından dolayı (50°C ve üzeri sıcaklıklar), enzim kullanılmamıştır.

500 g öğütülmüş keçiboynuzu 2000 ml su ile sulandırılmıştır. Çözeltiye 10'ar gram sulu çözeltileri hazırlanan, mayşe enzimi olarak kullanılan Erbslöh firmasından temin edilen Fructozym MA 200 ml/ton ve de hücre duvarını parçalamak amacıyla Vegazym HC 400 ml/ton dozajlarında uygulanmıştır. Çalışma esnasında ortam sıcaklığı sabit tutulmuştur. Bu işlem 1 saat sürdürülüp, keçiboynuzundaki şekerin suya geçmesi beklenmiştir. 1 saat sonra çözeltiden keçiboynuzu posası alınıp brikse bakılmış ve geride kalan posadan işleme devam edilmiştir. Bu sırada posalar süzülürken üstü preslenmiştir. Bu işlem 3 saat sürdürülüp pH'ı 4,3 seviyelerine, Döhler Gıda Sanayi ve Tic. Ltd. Şti. tarafından temin edilen sitrik asitle geri çekilmiştir. En son briks değeri not edilip pastörizasyon işlemine geçilmiştir.

5.2.2.6 Pastörizasyon

Keçiboynuzu 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 5.4'te pastörize edilen rengi koyu, durultulmamış keçiboynuzu suları görülmektedir.



Şekil 5.4 Pastörize edilmiş, durultulmamış keçiboynuzu suyu

5.2.2.7 Keçiboynuzu Suyunun Durultulması ve Filtrasyonu

Berrak meyve suyu üretiminde en önemli aşama durultmadır. Meyve suyunun içinde bulunan kolloidlerin parçalanarak, kolloidal içeriğin düşük düzeyde tutulması daha sonraki durultma işlemlerini kolaylaştırır. Presleme, meyve suyu içindeki en önemli kolloid olan pektinin suya geçiş miktarını arttırmaktadır.

Durultma işlemine başlamadan önce, daha önceden pastörize edilmiş ekstrakt 50°C'da depektinizasyon işlemine maruz bırakılmıştır. Bu aşamada bazı denemelerde, 30 ml/ton dozajında Erbslöh tarafından temin edilen %1'lik 0,05 ml Fructozym Flux, bazı denemelerde ise Erbslöh tarafından temin edilen %10'luk 3 ml Fructozym Color enzimi kullanılmıştır. Bu işlem yaklaşık 1 saat sürdürülmüştür. %96'luk alkol kullanarak, enzim ilave edilmiş şuruba bakılarak içinde pektin parçaları var mı yok mu incelenmiştir. Pektin parçası olmadığı görülüp durultma işlemine geçilmiştir.

Jelâtin, bentonit ve kizelsol gibi durultma yardımcı maddelerinin optimum dozajlarının belirlenmesi amacıyla da bazı denemeler yapılmıştır. Keçiboynuzu meyvesinin yüksek polifenol içeriği ve yüksek ekstraksiyon sıcaklığı sonucu şekerlerde meydana gelen esmerleşme reaksiyonları nedeniyle elde edilen ekstraktların çok koyu renkli ve bulanık olması göz önünde bulundurularak, yüksek dozlarda denemeler yapılmıştır.

Durultma işlemi için Klarsol 30 ticari adıyla kizelsol, Aktivit ticari adıyla bentonit ve de Merck firmasından temin edilen jelâtin kullanılmıştır. Bu ajanların dozajları sırasıyla %10'luk klarsol çözeltisi için 75 g/hl; %10'luk bentonit çözeltisi için 100 g/hl; %1'lik 50°C sıcaklıktaki jelâtin çözeltisi içinse 15 g/hl olarak ayarlanmıştır. Yani tüm dozajlar 1 ml/100 ml olacak şekilde ayarlanmış ve de depektinizasyon işleminden sonra hemen 50°C sıcaklıktaki keçiboynuzu suyuna ilave edilip karıştırılarak flokleşme sağlanmıştır. Tam bir çökme işlemi gerçekleşip de durultma işlemi bittikten sonra çöken kısım, durultulmuş kısımdan ayrılıp süzölmüştür.

Yapılan deneylerde durultma işleminde bir de karbonatlama metodu denenmiştir. Bu metotta; depektinizasyon işleminden sonra karbonatlama işlemiyle durultmaya geçilmiştir. Bu aşamada kireç sütü (söndürülmüş kireç) Ca(OH)_2 , ekstraktın %1'i ölçüsünden uygulanıp karıştırılmış ve sonra içinden CO_2 gazı kontrollü bir şekilde geçirilmiştir. Bu tekniğin kullanılma amacı şeker şerbetindeki katı maddeleri ayırmak ve aynı zamanda rengi açmaktır.

Gaz, kireçle reaksiyona girerek Ca(OH)_2 'nin ince kristaller şeklini almasını sağlar, bu da katı maddeleri absorbe eder ve katı parçacıkların bir araya gelerek çökmesini sağlar. Reaksiyon koşullarının dikkatlice kontrol edilmesi gereklidir. Şeker dışında tüm maddelerin birleşmesiyle oluşan katı çökeltiler filtrelenerek uzaklaştırılır. Kireç taşı bu maddelerden bir tanesidir. Bu işlemlerden sonra renk giderme işlemine geçilebilir.

Depektinizasyondan geçirilmiş ekstrakta, %1'lik (yaklaşık 15 g kireç sütü 45 g suda çözülmüştür) kireç çözeltisi katılarak, içinden kontrollü CO_2 gazı yaklaşık 30 dakikada geçirilmiştir. Bu esnada pH 4,3'den 7,36 civarına çıkmıştır. Bundan sonra ekstrakt, kaba filtre kâğıdı ve de vakumlu filtreden geçirilmiş ve pH'ı tekrar 4,3 seviyesine düşürülmüştür.

Fakat konsantre edilen keçiyoynuzu suyu yüksek bir bulanıklık göstererek karbonatlama işleminin bu şekliyle uygun olmadığı görülmüştür. Bu yüzden karbonatlama işleminden sonra tekrar bir durultma yapılmasına karar verilmiştir. Fakat bu işlemten sonra da keçiyoynuzu suyunun ve konsantresinin bulanıklığı giderilememiştir. Bunun nedeni, kireç sütünün fazlasının CaCO_3 olarak tam bir şekilde çökmemesi ve bulanıklığa neden olmasıdır.

Bu işlemlerin sonuç vermemesi üzerine farklı durultma teknikleri üzerinde durulmuştur. Bu tekniklerden birisi birlikte çöktürme tekniğidir. Bu işlem için; depektinizasyondan geçirilmiş ekstrakta, Merck firmasından temin edilen Al (III) sülfat çözeltisinin %25'lik konsantresi katılmış ve çok hızlı karıştırarak pH 6,5-7 seviyesine gelinceye kadar, Merck firmasından temin edilen ve %25'lik konsantresi hazırlanan NaOH çözeltisi katılmıştır. Daha sonra çok yavaş karıştırmak suretiyle flokleşme sağlanmıştır. Fakat bu denemede de ya ekstraktın içerdiği bulanıklığa neden olan maddelerden kaynaklanan, ya da Al-kompleks tuzlarından kaynaklanan çökeltiler rengi daha çok bulanıklaştırmıştır, sonuçta deneme başarısız olmuştur. Şekil 5.5'de keçiyoynuzu suyunun değişik durultma teknikleriyle durultulmaları görülmektedir.

Renk giderici ajan olarak Acticol FA ticari adlı aktif karbon kullanılmıştır. Bu işlem durultmadan sonra gelmektedir. Daha önce yapılan çalışmalar neticesinde 6 g/l dozaj uygun görülmüş olup, 2 kere her biri 3 g/l olan dozajlar uygulanmıştır ve 10 dakikada bir karıştırma işlemiyle aktif karbonun suyun rengini gidermesi beklenmiştir (Şenay, 2009). Bu işlem yaklaşık 1 saat sürmüş ve devamında filtrasyon işlemine geçilmiştir.

Vakum filtre cihazında ince filtrelerle (Whatman 42 filtre kâğıdıyla), aktif karbondan gelen kara renk giderilmiştir. Renk açık sarıya dönmüştür. Bu esnada filtre için yardımcı olarak Perlit HP-100 ticari adıyla madde kullanılmıştır. Filtre işleminden sonra türbidimetreden bulanıklığa bakılmıştır. Keçiboynuzu suyunun yüksek bulunan bulanıklık değerlerinden dolayı, tekrardan filtre edilmiş ve bulanıklığı düşük değerlere çekilmiştir. Şekil 5.6'da keçiboynuzu suyunun vakumlu filtrasyon cihazından geçirilmesi görülmektedir.



(a)



(b)

Şekil 5.5 Keçiboynuzu suyu durultma işlemi

(a) Jelâtin, bentonit ve kizelsol ile durultma

(b) Kireç sütü + CO₂ ile durultma



Şekil 5.6 Keçiboynuzu suyunun vakumlu filtrasyon cihazından geçirilmesi

5.2.2.8 Keçiboynuzu Suyunun Konsantre Edilmesi

Konsantrasyon işlemi; evaporatörde yaklaşık 50-60°C sıcaklık aralığında, vakumdan kaynaklanan köpürmeleri engellemek ve hızlı bir evaporasyon sağlamak amacıyla düşük vakumlarda çalışarak gerçekleştirilmiştir ve sonuçta yaklaşık 65 Brix konsantre keçiboynuzu suyu elde edilmiştir. şekil 5.7’de keçiboynuzu suyunun evaporatörde konsantre edilmesi görölmektedir.



şekil 5.7 Keçiboynuzu suyunun evaporatörde konsantre edilmesi

5.2.2.9 Keçiboynuzu Suyunun Reolojik Özelliklerinin İncelenmesi

Elde edilen keçiboynuzu suyunun rotasyon viskozimetre (Brookfield LVDV-II+Pro) kullanılarak 20, 30, 40, 50 ve 60°C sıcaklıklarındaki ve 15, 25, 35, 45 ve 65°Bx çözünür katı madde içeriklerindeki reolojik özellikleri incelenmiştir. Şekil 5.8’de kullanılan viskozimetre görülmektedir.



Şekil 5.8 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 keçiboynuzu konsantresinden 50 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 65°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. BULGULAR VE TARTIŞMA

6.1 Keçiboynuzu Meyvesinin Kimyasal Özellikleri

Keçiboynuzu meyvesinin çekirdeklerinden ayrılmış, meyve eti kısmında yapılan analizlerin sonuçları Çizelge 6.1’de yer almaktadır.

Çizelge 6.1 Keçiboynuzu meyvesinin kimyasal bileşimi (Şenay, 2009)

Toplam Kuru Madde (%)	91,15
Çözünür Kuru madde (%)	64,5
pH	5,48
Nem (%)	8,15
Titrasyon asitliği (% SSA)	0,153

Keçiboynuzunda ÇKM’ nin önemli bir kısmı şekerlerden meydana gelmiştir. Keçiboynuzu meyvesindeki şekerlerin dağılımı Çizelge 6.2’de verilmiştir.

Çizelge 6.2 Keçiboynuzu meyvesinde şekerlerin dağılımı (Şenay, 2009)

Fruktoz (g/100ml)	14,1
Glukoz (g/100ml)	6,24
Sakaroz (g/100ml)	43

6.2 Deneylerin Uygulanması

6.2.1 Keçiboynuzu Suyu Eldesi

Denemeler, ilk başta en uygun sulandırma oranı ve en iyi verim yüzdesi üzerine yoğunlaştırılmıştır. Bu amaçla 1:2, 1:3, 1:4 sulandırma oranlarında, enzimli-enzimsiz denemeler gerçekleştirilmiştir.

Yapılan denemeler,

(Deneme 1) 1:4 sulandırma enzimsiz

(Deneme 2) 1:2 sulandırma enzimli

(Deneme 3) 1:3 sulandırma enzimli

(Deneme 4) 1:4 sulandırma enzimli

şeklinde uygulanmıştır, ortam sıcaklığı sabit ve 20°C civarında tutulmuştur.

Deneme 1’de çekirdekleri çıkartılmış, en: 0,2-0,4 mm ve boy: 0,4-0,7 mm olacak şekilde parçalama işlemine tabi tutulmuş keçiboynuzu meyvesiyle çalışılmıştır. Denemede 500 g keçiboynuzu, 2000 ml suyla sulandırılmıştır ve her 1 saatte ekstrakt posadan süzülüp briks değerlerine bakılmıştır. 2000 ml su, bir seferde konulmamış ve 500’er ml şeklinde dört seferde uygulanmıştır. Dolayısıyla ekstraksiyon 4 saat sürmüştür. Bu denemede mayşe enzimi kullanılmamıştır. pH’ı 4,3’e geri çekilen keçiboynuzu ekstraktı, depektinizasyon işleminden geçirildikten sonra, daha önce metotlar kısmında belirtilen dozajlarda jelâtin, kizelsol ve bentonit ile durultma işleminden geçirilmiş, rengi yine metotlar bölümünde belirtilen dozajlarda aktif kömürle giderilmiştir. Daha sonra keçiboynuzu suyu evaporatörde 50-60°C sıcaklık aralığında, 65°Bx’e konsantre edilmiştir. Konsantreden önce ve sonra bulanıklık değerleri ölçülmüştür.

Deneme 2’de yine aynı ebatlarda keçiboynuzuyla çalışılmıştır, fakat 500 g keçiboynuzu, 1000 ml suyla sulandırılmıştır ve her 1 saatte ekstrakt posadan süzülüp briks değerlerine bakılmıştır. 1000 ml su, bir seferde konulmamış ve 500’er ml şeklinde iki seferde uygulanmıştır. Dolayısıyla ekstraksiyon 2 saat sürmüştür. Bu denemede mayşe enzimleri daha önce metotlar kısmında belirtilen dozajlarda uygulanmıştır. Depektinizasyon, durultma, renk giderme ve konsantre çalışmaları Deneme 1’deki gibi aynı dozajlarda uygulanmıştır. Konsantreden önce ve sonra bulanıklık değerleri ölçülmüştür.

Deneme 3, Deneme 2 ile aynı koşullarda gerçekleştirilmiş, sadece sulandırma 500 g keçiyoynuzuna 1500 ml su şeklinde gerçekleştirilmiştir. Dolayısıyla ekstraksiyon 3 saat sürmüştür. Farklı olarak depektinizasyon aşamasında, daha önce metotlar kısmında belirtilen dozajlarda Erbslöh firmasından temin edilen Fructozym Color enzimi kullanılmıştır. Ayrıca renk giderme işleminde Deneme 1 ve 2'den farklı olarak 4 g/l aktif karbon uygulanmış, diğer aşamalar aynen uygulanmıştır.

Deneme 4, Deneme 1 ile aynı koşullarda gerçekleştirilmiştir. Farklı olarak, depektinizasyon aşamasında, daha önce metodlar kısmında belirtilen dozajlarda Erbslöh firmasından temin edilen Fructozym Color enzimi kullanılmıştır. Çizelge 6.3'de yapılan dört denemeye ilgili sonuçlar yer almaktadır.

Çizelge 6.3 Keçiyoynuzuyla yapılan Deneme 1-4 sonuçları (20°C)

Deneme	T / °C	Briks		Bulanıklık / NTU			Ekstrakt Miktarı / g	% Verim
		Eks.	Kons.	I. F	II. F	III. F		
Deneme 1 1:4 sulandırma (Enzimsiz)	21,9	9,79	65,51	3,33	2,00	4,20	1670	35,8
Deneme 2 1:2 sulandırma (Enzimli)	22,8	8,47	66,22	5,36	1,63	2,00	1264	32,8
Deneme 3 1:3 sulandırma (Enzimli)	22,0	10,78	68,75	2,97	1,33	2,00	1626	29,9
Deneme 4 1:4 sulandırma (Enzimli)	22,0	10,51	66,22	5,22	1,97	3,86	1766	37,5

Sonuçlara göre, konsantre işlemi öncesinde ve sonrasında ölçülen bulanıklık değerleri bize keçiyoynuzu sularının stabil bir yapı göstermediğini kanıtlamaktadır. Çizelge 6.3'e göre I. F, konsantrasyondan önce yapılan filtrasyon sonucunda elde edilen filtratın ilk bulanıklık değeri, II. F, ikinci bulanıklık değeri, III. F ise konsantrasyon sonrasında ölçülen bulanıklık değeridir. Verim ortalama olarak %30-40 arasında değişmektedir. Bunda sadece oda sıcaklığında çalışmanın da etkisi bulunmaktadır. Bununla birlikte Deneme 4'de elde edilen sonuçların diğerlerine nazaran daha iyi olduğu görülmüştür. Deneme 4'deki koşullar, bu sefer de 40°C, 60°C ve 80°C için tekrarlanmıştır.

Deneme 4'deki koşulları esas alınarak; çekirdekleri çıkartılmış (boyutları; en: 0,2-0,4 mm ve boy: 0,4-0,7 mm) olacak şekilde parçalama işlemine tabi tutulmuş keçiboynuzu meyvesiyle çalışılmıştır. Denemede 500 g keçiboynuzu, 2000 ml suyla sulandırılmıştır ve her 1 saatte ekstrakt posadan süzülüp briks değerlerine bakılmıştır. 2000 ml su, bir seferde konulmamış ve 500'er ml şeklinde dört seferde uygulanmıştır. Dolayısıyla ekstraksiyon 4 saat sürmüştür. Depektinizasyon aşamasında, daha önce metotlar kısmında belirtilen dozajlarda Erbslöh firmasından temin edilen Fructozym Color enzimi kullanılmıştır. Deneme 5-6-7 için de bu koşullar geçerli olmuştur. Sıcaklıklar ise sırasıyla 40°C, 60°C, 80°C olarak uygulanmıştır. Üç denemede de renk giderme için birinci aşamada 4 g/l, ikinci aşamada 2 g/l aktif karbon kullanılmıştır. Deneme 7, 80°C gerçekleştirilmiş olup, bu sıcaklıkta mayşe enziminin aktivitesi çok düşük olduğundan, mayşe enzimi kullanılmadan gerçekleştirilmiştir. Çizelge 6.4'de yapılan üç denemeye ilgili sonuçlar yer almaktadır.

Çizelge 6.4 Keçiboynuzuyla yapılan Deneme 5-7 sonuçları

Deneme	T / °C	Briks		Bulanıklık / NTU			Ekstrakt Miktarı / g	% Verim
		Eks.	Kons.	I. F	II. F	III. F		
Deneme 5 1:4 sulandırma (Enzimli)	43,9	12,56	64,97	3,14	0,58	1,25	1588,97	43,8
Deneme 6 1:4 sulandırma (Enzimli)	65	14,10	65,08	4,59	1,09	1,22	1470,2	45,5
Deneme 7 1:4 sulandırma (Enzimsiz)	81,1	14,26	66,94	9,09	0,41	0,92	1523,8	47,7

Sonuçlara göre, 80°C'de bulanıklığın ve renk koyuluğunun nedeni, yüksek sıcaklıkta yapıdaki polifenollerin etkilenmesidir. Bu sıcaklıkta briks ve verim yüksek olmasına rağmen bulanıklığın yüksek oluşu ve de rengin koyu olması bize bu çalışmanın hiçbir yararının olmadığını göstermektedir.

Sonuçlardan çıkarılacak bir diğer yorum ise verimin bu 3 farklı sıcaklıkta da çok fazla değişmemesidir. En optimum çalışma 65°C'deki çalışma gibi görünse de orada da bulanıklık ve renk koyuluğu dikkat çekmektedir. Şekil 6.1'de keçiboynuzu sularının durultma ve filtrasyondan sonraki renkleri görülmektedir.



(a)



(b)

Şekil 6.1 Keçiboynuzu sularının renkleri

(a) Durultmadan sonra keçiboynuzu suyu rengi

(b) Aktif karbonla muameleden sonra, filtre edilmiş keçiboynuzu suyu rengi

Bu nedenle 40-60°C arasında yani 50°C’de yapılan çalışma, Mersin-Silifke’den temin edilen çekirdekleri çıkartılmış keçiboynuzundan elde edilen meyve suyu için en optimum sonuçları vermiştir. 50°C’de yapılan çalışmada farklı bir durultma tekniği de kullanılmıştır. Bu denemelerde, ekstraksiyon için en uygun sıcaklık ve verim aralığı tespit edilmiştir.

Deneme 8 ve 9’da; aynı tip keçiboynuzu meyvesiyle, 50°C’de ve 1:4 sulandırma oranında çalışılmıştır. Denemeler, daha önce metotlar kısmında belirtilen dozajlarda mayşe enzimi, depektinizasyon işlemi için, daha önce metotlar kısmında belirtilen dozajlarda Erbslöh firmasından temin edilen Fructozym Color enzimi, durultma için, yine daha önce metotlar kısmında belirtilen karbonatlama tekniği kullanılarak yapılmıştır.

Tekniği tekrar hatırlamak gerekirse; depektinizasyondan geçirilmiş ekstrakta, %1’lik (yaklaşık 15 gr kireç sütü, 45 gr suda çözülerek) kireç çözeltisi katılarak, içinden kontrollü CO₂ gazı yaklaşık 30 dakikada geçirilmiştir. Bu sırada pH 4,3’ den 7,36 civarına çıkmıştır. Bundan sonra ekstrakt, kaba filtre kâğıdı ve de vakumlu filtreden geçirilmiş ve pH’ı tekrar 4,3 seviyesine düşürülmüştür. Bu aşamadan sonra aktif karbonla renk giderme işlemi yapılmamıştır ve direkt konsantrasyona geçilmiştir. Bununla birlikte, Deneme 9’da, kireç sütüyle yapılan durultmaya ek olarak, jelâtin, kizelsol ve bentonitle ikinci bir durultma yapılmıştır ve ondan sonra yine direkt konsantrasyon işlemine geçilmiştir. Çizelge 6.5’de yapılan iki denemeyle ilgili sonuçlar yer almaktadır.

Çizelge 6.5 Keçiboynuzuyla yapılan Deneme 8-9 sonuçları

Deneme	T / °C	Briks		Bulanıklık / NTU			Ekstrakt Miktarı/ g	% Verim
				I. F	II. F	III. F		
Deneme 8 1:4 sulandırma (Ekstraksiyondan sonra sadece karbonatlama + filtre + konsantrasyon)	53	13,26	65,57	1,86	0,81	92,4	1535	44,6
Deneme 9 1:4 sulandırma (Ekstraksiyondan sonra karbonatlama + 2.durultma+ filtre + konsantrasyon)	54	12,71	61,14	0,39	47,8	-	1640	45,7

Sonuçlara bakıldığında 50°C’de yapılan çalışmalar verim açısından en optimum sonuçları vermiştir. Fakat uygulanan karbonatlama işleminde bulanıklık açısından stabil sonuçlar elde edilememiştir. Karbonatlama ile durultma işlemi de beklenen sonucu vermemiştir.

Bu sonuçlardan sonra en son olarak şu deneme yapılmıştır:

Deneme 10’da yapılan çalışmada, renk giderici ajan olarak kullanılan aktif karbon, ekstraksiyon aşamasından itibaren uygulanmaya başlanmıştır. Yani ekstraksiyonu başlatırken keçiboynuzu meyvesi, 1:4 oranında su, metotlar kısmında belirtilen dozajlarda mayşe enzimi ve aktif karbon birlikte kullanılmıştır. Bu denemede, Acticol FA yanında Ercarbon SH ticari adıyla yeni bir aktif karbon da kullanılmıştır. Ekstraksiyon sırasında kullanılan Acticol FA dozajı, her saat başı süzme sırasında 1 g/l’dir. Ercarbon SH ise denemede durultmadan sonra renk giderme aşamasında kullanılmıştır ve dozajı 2 g/l olarak belirlenmiştir. Durultmadan sonra renk giderme işleminde, renk tamamen açılıncaya kadar sürekli Acticol FA 4 g/l dozajında, Ercarbon SH ise 2 g/l dozajında uygulanmıştır. Renk tamamen giderildikten sonra, türbidimetreden bulanıklık değerleri okunmuş ve konsantrasyon işlemine geçilmiştir. Çizelge 6.6’da yapılan denemeye ilgili sonuçlar görülmektedir.

Çizelge 6.6 Keçiboynuzuyla yapılan Deneme 10 sonuçları

Deneme	T / °C	Briks		Bulanıklık / NTU			Ekstrakt Miktarı/ g	% Verim
				I. F	II. F	III. F		
Deneme 10 1:4 sulandırma (Ekstraksiyon sırasında aktif karbonla muamele + durultma + filtre + konsantrasyon)	51.1	13.17	66.03	0.13	0.39	-	1535.8	44.6

Sonuçlara bakıldığında, keçiboynuzu suyunun konsantre olmadan önceki bulanıklık değeri, konsantre olduktan sonraki bulanıklık değerine çok yakındır. Fakat verim, önceki çalışmalara göre biraz azalmıştır. Ayrıca, ekstraksiyon sırasında ve renk giderme aşamasında 47 g/l Acticol FA, 8 g/l Ercarbon SH olmak üzere toplam 55 g/l aktif karbon kullanılmıştır. Bu da maliyeti arttırıcı bir sebeptir. Tüm bunlara rağmen yapılan bu denemede, diğer çalışmalara oranla daha açık renkli ve bulanıklığı giderilmiş keçiboynuzu suyu ve konsantresi elde edilmiştir. Şekil 6.2’de Deneme 10’da elde edilen keçiboynuzu suyunun ve konsantresinin renkleri görülmektedir.



(a)



(b)

Şekil 6.2 Keçiboynuzu suyunun ve konsantresinin renkleri

(a) Konsantreden önceki rengi

(b) Konsantreden sonraki rengi

6.3 Keçiboynuzu Suyu Konsantresinin Reolojik Özelliklerinin İncelenmesi

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

Denemeler 15, 25, 35, 45 ve 65°Bx olmak üzere 5 farklı briks derecesinde ve her bir briks değerinde 20, 30, 40, 50 ve 60°C olmak üzere 5 farklı sıcaklık için yapılmıştır.

Çizelge 6.7, 6.8, 6.9, 6.10 ve 6.11’de, keçiboynuzu suyunun sırası ile 15, 25, 35, 45 ve 65°Bx değerleri için yapılan ölçümlerinin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 6.7 15°Bx'lik keçiyoynuzu suyu için elde edilen reolojik değerler

20°C							
	10 rpm	12 rpm	20 rpm	30 rpm	50 rpm	60 rpm	100 rpm
γ (1/s)	12,2	14,7	24,5	36,7	61,2	73,4	122
τ (mPa)	23	27	44	64	105	123	201
μ (mPa.s)	1,88	1,84	1,79	1,75	1,71	1,68	1,65
30°C							
	10 rpm	12 rpm	20 rpm	30 rpm	50 rpm	60 rpm	100 rpm
γ (1/s)	12,2	14,7	24,5	36,7	61,2	73,4	122
τ (mPa)	22	26	41	59	97	114	184
μ (mPa.s)	1,81	1,77	1,68	1,62	1,58	1,55	1,51
40°C							
	10 rpm	12 rpm	20 rpm	30 rpm	50 rpm	60 rpm	100 rpm
γ (1/s)	12,2	14,7	24,5	36,7	61,2	73,4	122
τ (mPa)	21	25	39	57	91	106	171
μ (mPa.s)	1,72	1,69	1,61	1,56	1,49	1,45	1,40
50°C							
	10 rpm	12 rpm	20 rpm	30 rpm	50 rpm	60 rpm	100 rpm
γ (1/s)	12,2	14,7	24,5	36,7	61,2	73,4	122
τ (mPa)	20	24	38	54	87	99	157
μ (mPa.s)	1,63	1,60	1,55	1,48	1,42	1,36	1,29
60°C							
	10 rpm	12 rpm	20 rpm	30 rpm	50 rpm	60 rpm	100 rpm
γ (1/s)	12,2	14,7	24,5	36,7	61,2	73,4	122
τ (mPa)	19	22	35	50	80	91	146
μ (mPa.s)	1,57	1,50	1,43	1,36	1,30	1,24	1,20

Çizelge 6.8 25°Bx'lik keçiyoynuzu suyu için elde edilen reolojik değerler

20°C							
	10 rpm	12 rpm	20 rpm	30 rpm	50 rpm	60 rpm	100 rpm
γ (1/s)	12,2	14,7	24,5	36,7	61,2	73,4	122
τ (mPa)	32	39	63	94	155	185	305
μ (mPa.s)	2,66	2,63	2,59	2,57	2,54	2,52	2,50
30°C							
	10 rpm	12 rpm	20 rpm	30 rpm	50 rpm	60 rpm	100 rpm
γ (1/s)	12,2	14,7	24,5	36,7	61,2	73,4	122
τ (mPa)	32	38	62	93	153	180	294
μ (mPa.s)	2,61	2,58	2,55	2,53	2,50	2,45	2,41
40°C							
	10 rpm	12 rpm	20 rpm	30 rpm	50 rpm	60 rpm	100 rpm
γ (1/s)	12,2	14,7	24,5	36,7	61,2	73,4	122
τ (mPa)	31	37	61	90	147	172	276
μ (mPa.s)	2,56	2,53	2,49	2,46	2,41	2,34	2,26
50°C							
	10 rpm	12 rpm	20 rpm	30 rpm	50 rpm	60 rpm	100 rpm
γ (1/s)	12,2	14,7	24,5	36,7	61,2	73,4	122
τ (mPa)	30	36	59	86	140	164	267
μ (mPa.s)	2,50	2,46	2,41	2,35	2,29	2,24	2,19
60°C							
	10 rpm	12 rpm	20 rpm	30 rpm	50 rpm	60 rpm	100 rpm
γ (1/s)	12,2	14,7	24,5	36,7	61,2	73,4	122
τ (mPa)	30	35	57	84	135	159	256
μ (mPa.s)	2,44	2,39	2,34	2,28	2,21	2,16	2,10

Çizelge 6.9 35°Bx'lik keçiyoynuzu suyu için elde edilen reolojik değerler

20°C							
	10 rpm	12 rpm	20 rpm	30 rpm	50 rpm	60 rpm	100 rpm
γ (1/s)	12,2	14,7	24,5	36,7	61,2	73,4	122
τ (mPa)	49	58	95	141	233	277	458
μ (mPa.s)	4,02	3,94	3,88	3,84	3,80	3,77	3,75
30°C							
	10 rpm	12 rpm	20 rpm	30 rpm	50 rpm	60 rpm	100 rpm
γ (1/s)	12,2	14,7	24,5	36,7	61,2	73,4	122
τ (mPa)	48	57	93	138	227	268	439
μ (mPa.s)	3,92	3,86	3,81	3,75	3,71	3,65	3,60
40°C							
	10 rpm	12 rpm	20 rpm	30 rpm	50 rpm	60 rpm	100 rpm
γ (1/s)	12,2	14,7	24,5	36,7	61,2	73,4	122
τ (mPa)	47	55	90	132	217	255	416
μ (mPa.s)	3,82	3,75	3,69	3,61	3,54	3,47	3,41
50°C							
	10 rpm	12 rpm	20 rpm	30 rpm	50 rpm	60 rpm	100 rpm
γ (1/s)	12,2	14,7	24,5	36,7	61,2	73,4	122
τ (mPa)	46	54	87	126	206	241	393
μ (mPa.s)	3,73	3,66	3,57	3,44	3,36	3,29	3,22
60°C							
	10 rpm	12 rpm	20 rpm	30 rpm	50 rpm	60 rpm	100 rpm
γ (1/s)	12,2	14,7	24,5	36,7	61,2	73,4	122
τ (mPa)	44	51	83	120	192	224	362
μ (mPa.s)	3,62	3,50	3,38	3,27	3,14	3,05	2,97

Çizelge 6.10 45°Bx'lik keçiyoynuzu suyu için elde edilen reolojik değerler

20°C							
	6 rpm	10 rpm	12 rpm	20 rpm	30 rpm	50 rpm	60 rpm
γ (1/s)	7,32	12,2	14,7	24,5	36,7	61,2	73,4
τ (mPa)	116	189	224	365	539	886	1051
μ (mPa.s)	15,86	15,56	15,23	14,89	14,68	14,48	14,32
30°C							
	6 rpm	10 rpm	12 rpm	20 rpm	30 rpm	50 rpm	60 rpm
γ (1/s)	7,32	12,2	14,7	24,5	36,7	61,2	73,4
τ (mPa)	105	171	201	328	485	794	932
μ (mPa.s)	14,33	14,02	13,68	13,39	13,21	12,98	12,70
40°C							
	6 rpm	10 rpm	12 rpm	20 rpm	30 rpm	50 rpm	60 rpm
γ (1/s)	7,32	12,2	14,7	24,5	36,7	61,2	73,4
τ (mPa)	94	153	179	291	423	695	818
μ (mPa.s)	12,78	12,56	12,18	11,87	11,52	11,36	11,15
50°C							
	6 rpm	10 rpm	12 rpm	20 rpm	30 rpm	50 rpm	60 rpm
γ (1/s)	7,32	12,2	14,7	24,5	36,7	61,2	73,4
τ (mPa)	82	134	157	255	373	605	699
μ (mPa.s)	11,20	10,95	10,68	10,41	10,16	9,88	9,52
60°C							
	6 rpm	10 rpm	12 rpm	20 rpm	30 rpm	50 rpm	60 rpm
γ (1/s)	7,32	12,2	14,7	24,5	36,7	61,2	73,4
τ (mPa)	71	114	133	215	312	510	598
μ (mPa.s)	9,66	9,38	9,07	8,79	8,49	8,34	8,15

Çizelge 6.11 65°Bx'lik keçiyoynuzu suyu için elde edilen reolojik değerler

20°C							
	1 rpm	1.5 rpm	2 rpm	2.5 rpm	4 rpm	5 rpm	6 rpm
γ (1/s)	1,22	1,83	2,45	3,06	4,88	6,1	7,32
τ (mPa)	227	333	435	530	824	998	1161
μ (mPa.s)	186,2	182,1	177,4	173,1	168,9	163,6	158,6
30°C							
	1 rpm	1.5 rpm	2 rpm	2.5 rpm	4 rpm	5 rpm	6 rpm
γ (1/s)	1,22	1,83	2,45	3,06	4,88	6,1	7,32
τ (mPa)	189	275	355	427	663	803	933
μ (mPa.s)	155,3	150,5	144,8	139,4	135,8	131,6	127,4
40°C							
	1 rpm	1.5 rpm	2 rpm	2.5 rpm	4 rpm	5 rpm	6 rpm
γ (1/s)	1,22	1,83	2,45	3,06	4,88	6,1	7,32
τ (mPa)	154	224	288	347	530	623	705
μ (mPa.s)	126,6	122,3	117,5	113,5	108,6	102,1	96,3
50°C							
	1 rpm	1.5 rpm	2 rpm	2.5 rpm	4 rpm	5 rpm	6 rpm
γ (1/s)	1,22	1,83	2,45	3,06	4,88	6,1	7,32
τ (mPa)	121	173	217	253	380	440	488
μ (mPa.s)	99,4	94,3	88,6	82,8	77,9	72,1	66,6
60°C							
	1 rpm	1.5 rpm	2 rpm	2.5 rpm	4 rpm	5 rpm	6 rpm
γ (1/s)	1,22	1,83	2,45	3,06	4,88	6,1	7,32
τ (mPa)	78	107	127	145	209	237	242
μ (mPa.s)	64,2	58,4	51,7	47,4	42,9	38,9	33,1

Çizelge 6.7-6.11 incelendiğinde, sıcaklık artışıyla her bir briks derecesi için keçiyoynuzu suyunun viskozitesinin düştüğü görülmüştür. Kayma hızları arttıkça, kayma gerilimi artmış, viskozite azalmıştır. En yüksek viskozite değerine 65°Bx, 20°C ve 1 rpm hızındaki keçiyoynuzu suyunda ulaşılmıştır. En düşük viskozite değerine ise, 15°Bx, 60°C ve 100 rpm hızındaki keçiyoynuzu suyunda ulaşılmıştır. Briks derecesi arttıkça, kolloidal maddelerden kaynaklanan bulanıklık ve dolayısıyla da viskozite artmıştır.

7. SONUÇLAR

Bu çalışmada, keçiboynuzundan çeşitli gıda uygulamalarında kullanılabilecek sıvı şeker üretimi için, en verimli ekstraksiyon koşullarının belirlenmesi ve meyve suyu endüstrisinde kullanılan durultma yöntemlerinin keçiboynuzu şurubundan renk giderme işlemi üzerindeki etkisi incelenmiştir.

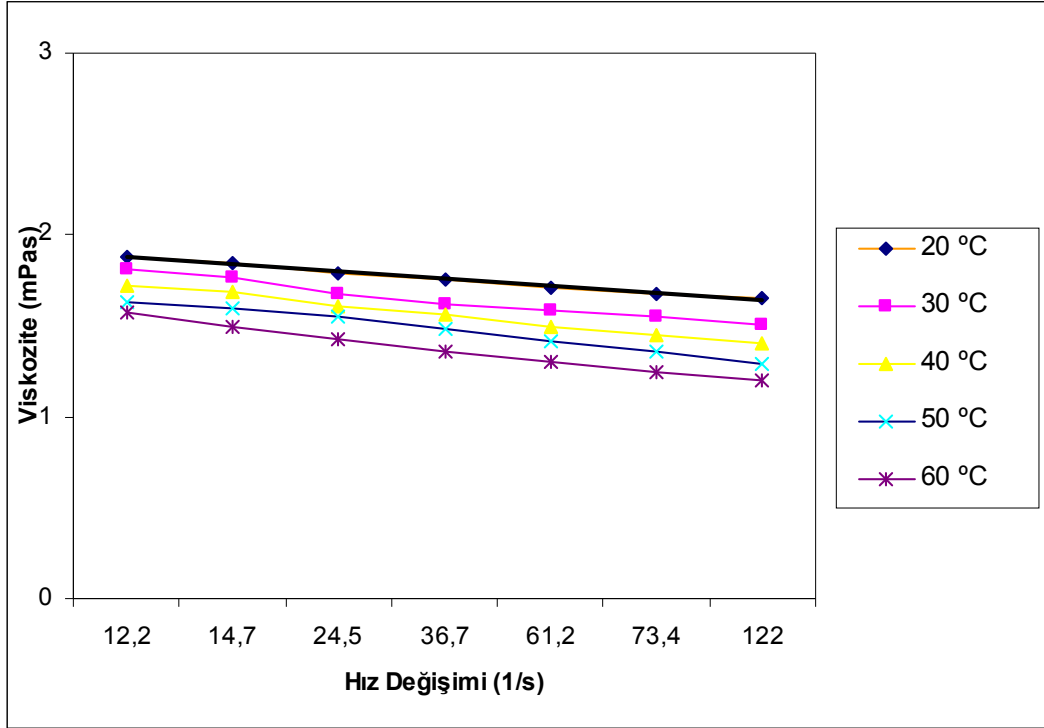
Ekstraksiyon verimini etkileyen parametreler su sıcaklığı, su oranı, hammadde partikül büyüklüğü, mayşe enzimi uygulaması olarak belirlenmiş ve bu parametreler değiştirilerek optimum koşullara ulaşmak istenmiştir.

Sonuç olarak, gerçekleştirilen denemelerde keçiboynuzu meyvesinden 80°C ve 1:4 oranında suyla, küçük partikül boyutunda 4 saat süreyle gerçekleştirilen ekstraksiyonda, en yüksek verim değerlerinin elde edildiği gözlemlenmiştir. Fakat bu sıcaklıkta karamelizasyondan ve polifenolik içeriklerden kaynaklanan renk koyulaşması daha belirgin bir şekilde karşımıza çıkmıştır. 40°C ve 60°C’de yapılan denemeler sırasında da çok büyük verim farkı görülmediğinden dolayı optimum sıcaklık 50°C seçilmiş ve 1:4 su oranında denemeler gerçekleştirilmiştir.

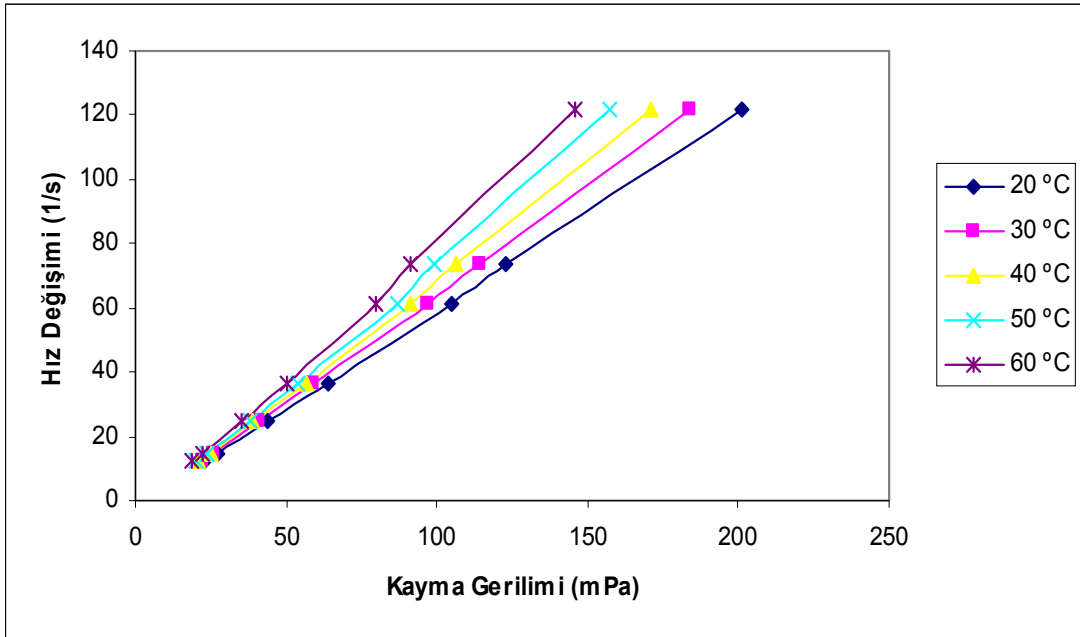
Yüksek verim elde etmek amacıyla uygulanan yüksek sıcaklık değerinin, ekstrakta fenolik maddelerin geçişini arttırıcı bir etki yaptığı ve fenolik bileşenlerin, yüksek antioksidan özellikleri nedeniyle oksidasyona uğrayarak rengin koyulaşmasına neden olduğu düşünülmektedir.

Belirlenen optimum şartlarda gerçekleştirilen ekstraksiyon sonucunda elde edilen ekstraktın durultma yardımcı maddeleri ve aktif kömür ile belirlenen dozajlarda muamelesiyle, oldukça açık renkte ve berrak bir şeker şurubu üretimi sağlanmıştır. Bunun için aktif kömür, ekstraksiyon aşamasından itibaren konulmaya başlanmış ve renk giderme aşamasında da farklı iki tip aktif karbon ajanı uygulanmıştır. Maliyeti yükselten bir uygulama olmakla birlikte istenilen berraklığa ve renge ulaşılmıştır.

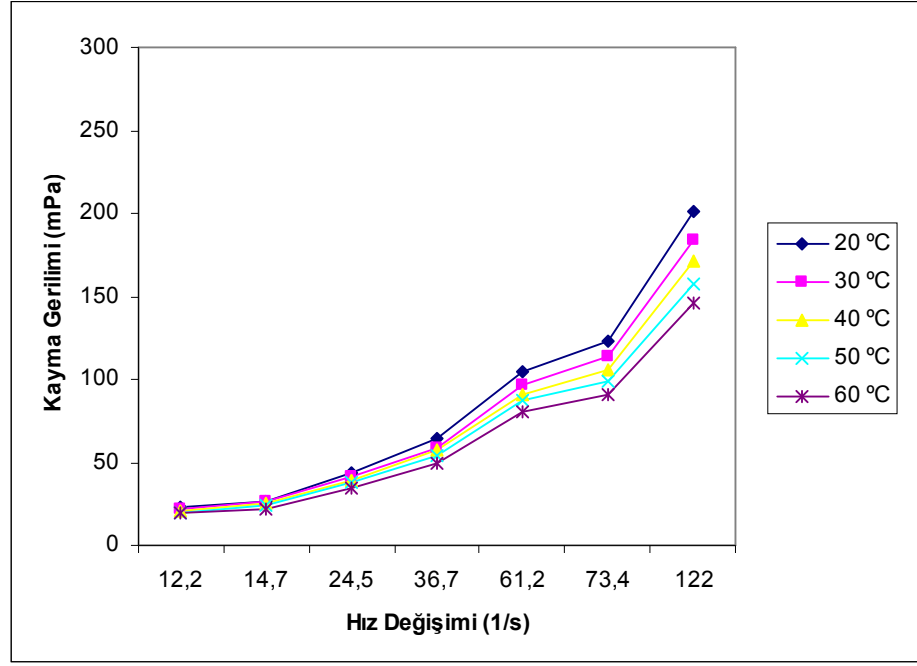
Üretilen keçiboynuzu suyunun reolojik özellikleri incelenmiştir. Denemeler 15, 25, 35, 45 ve 65°Bx olmak üzere 5 farklı briks derecesinde ve her bir briks değerinde 20, 30, 40, 50 ve 60 °C olmak üzere 5 farklı sıcaklık için yapılmıştır. Şekil 7.1’den Şekil 7.20’ye kadar olan tüm grafikler reolojik denemelerden elde edilen veriler göz önüne alınarak çizilmiştir.



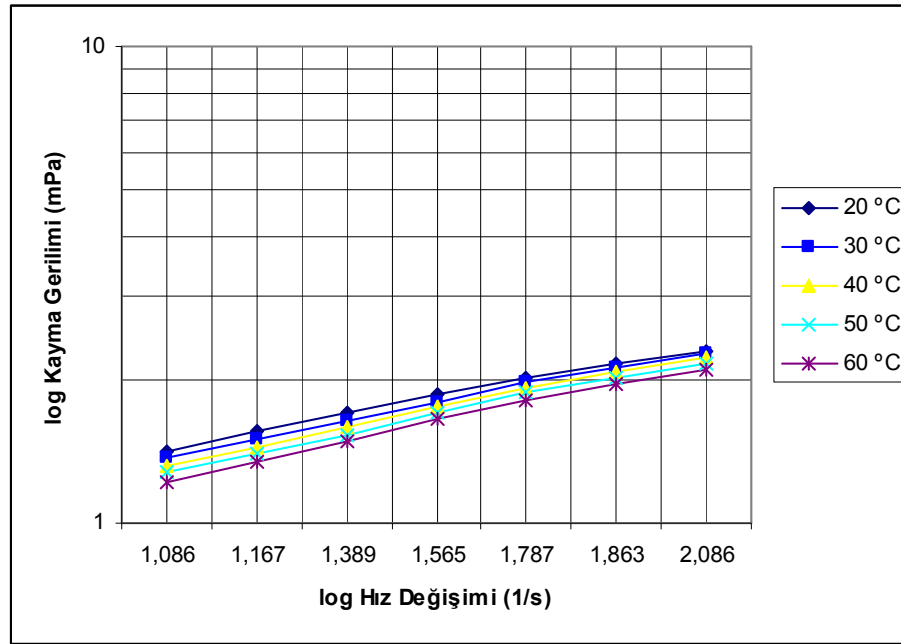
Şekil 7.1 15°Bx'lik keçiyoynuzu suyu için hız değişimi-viskozite ilişkisi



Şekil 7.2 15°Bx'lik keçiyoynuzu suyu için kayma gerilimi-hız değişimi ilişkisi



Şekil 7.3 15°Bx'lik keçiyoynuzu suyu için hız değişimi-kayma gerilimi ilişkisi



Şekil 7.4 15°Bx'lik keçiyoynuzu suyu için logaritmik hız değişimi-kayma gerilimi ilişkisi

Şekil 7.1-7.4'den görüldüğü üzere, 15°Bx için keçiyoynuzu suyunun kayma hızı arttıkça viskozitesi azalmaktadır. Ancak belirgin bir histerez halkası oluşmamaktadır. Bu yüzden keçiyoynuzu suyunun 20-60°C sıcaklık ve 12,2-122 s⁻¹ kayma hızı aralığında psödoplastik davranış gösterdiği hükmüne varılmıştır. Yapılan deneylerde viskozitenin sabitlendiği kayma hızı aralığı göz önüne alınarak sıcaklığın etkisi incelendiğinde, 10°C'lik artışının keçiyoynuzu suyu viskozitesinde ortalama %7,5'luk bir düşüşe sebep olduğu belirlenmiştir.

Psödoplastik davranış gösteren keçiyoynuzu suyunun üstel kurala uygunluğu incelenmiş ve keçiyoynuzu suyu için K ve n indeksleri tespit edilmiştir.

15°Bx'lik keçiyoynuzu suyu için çizilen Şekil 7.4'deki eğrilerin logaritmalarından elde edilen model denklemleri aşağıda verilmiştir.

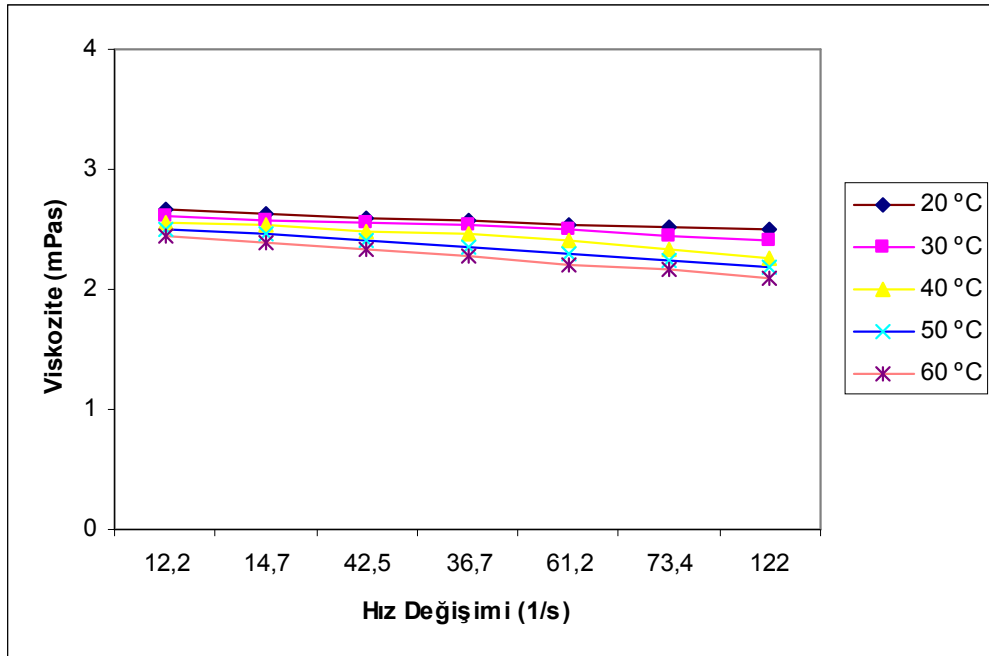
$$\tau_{20} = 18,36 \cdot \gamma^{0,1492}$$

$$\tau_{30} = 15,96 \cdot \gamma^{0,1518}$$

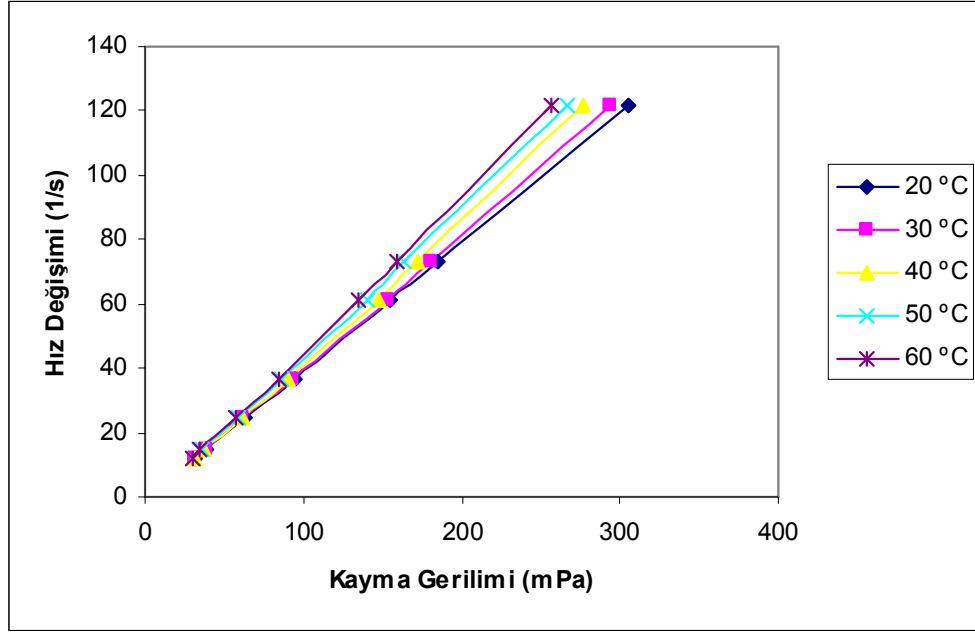
$$\tau_{40} = 14,06 \cdot \gamma^{0,1531}$$

$$\tau_{50} = 12,59 \cdot \gamma^{0,1526}$$

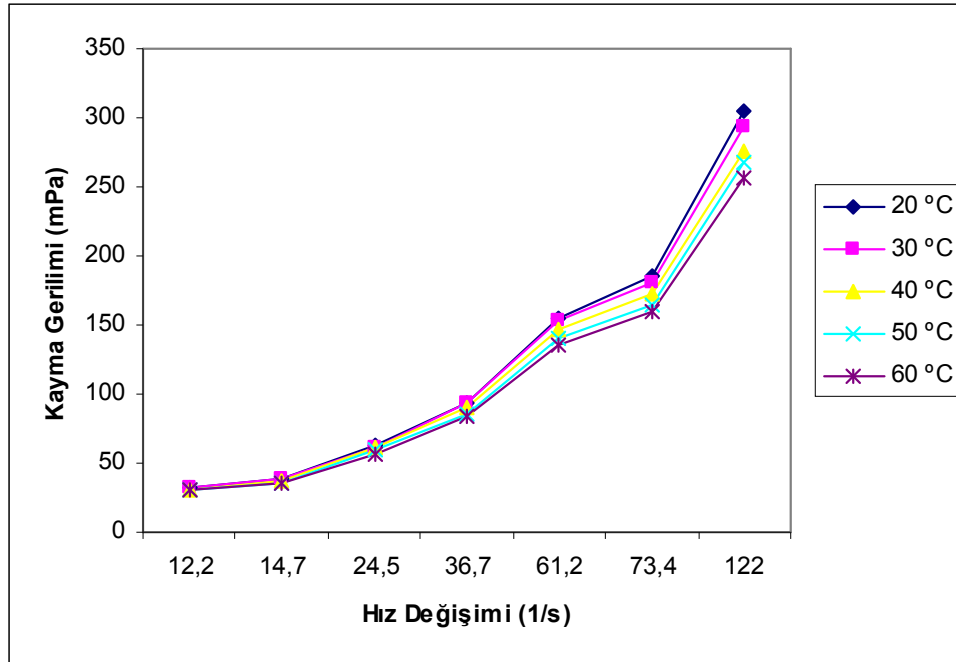
$$\tau_{60} = 11,32 \cdot \gamma^{0,1504}$$



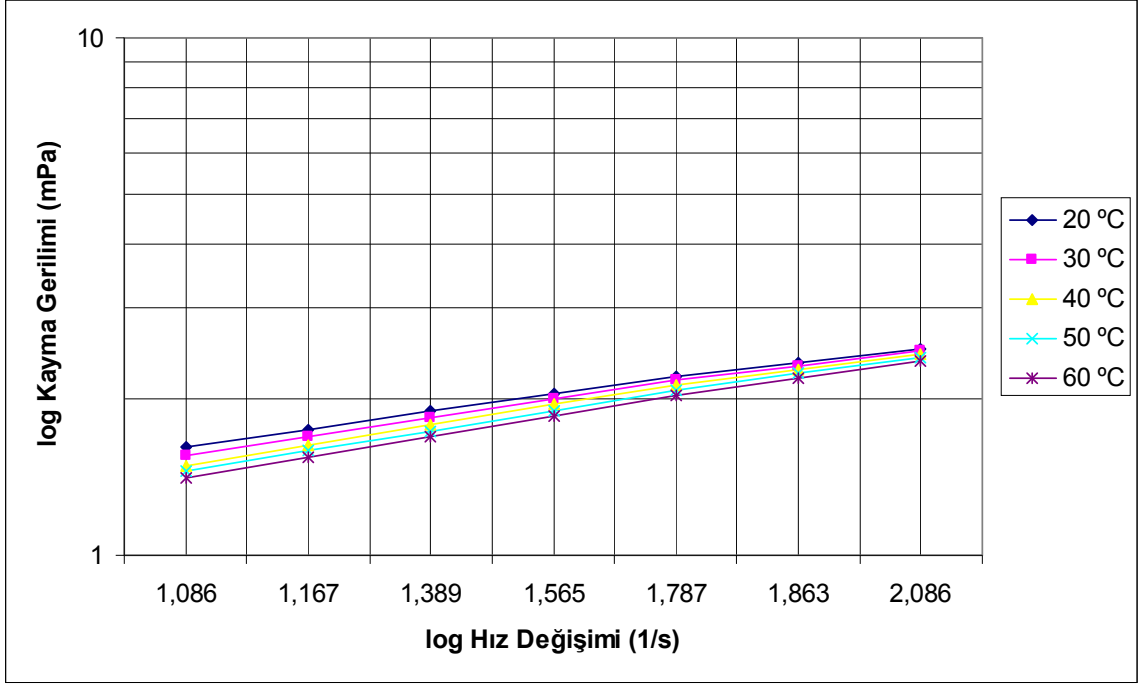
Şekil 7.5 25°Bx'lik keçiyoynuzu suyu için hız değişimi-viskozite ilişkisi



Şekil 7.6 25°Bx'lık keçiyoynuzu suyu için kayma gerilimi-hız değişimi ilişkisi



Şekil 7.7 25°Bx'lık keçiyoynuzu suyu için hız değişimi-kayma gerilimi ilişkisi



Şekil 7.8 25°Bx'lik keçiyoynuzu suyu için logaritmik hız değişimi-kayma gerilimi ilişkisi

Şekil 7.5-7.8'den görüldüğü üzere, 25°Bx için keçiyoynuzu suyunun kayma hızı arttıkça viskozitesi azalmaktadır. Ancak belirgin bir histerez halkası oluşmamaktadır. Bu yüzden keçiyoynuzu suyunun 20-60°C sıcaklık ve 12,2-122 s⁻¹ kayma hızı aralığında psödoplastik davranış gösterdiği saptanmıştır. Yapılan deneylerde viskozitenin sabitlendiği kayma hızı aralığı göz önüne alınarak sıcaklığın etkisi incelendiğinde, 10°C'lik artışının keçiyoynuzu suyu viskozitesinde ortalama %3'lük bir düşüşe sebep olduğu belirlenmiştir.

Psödoplastik davranış gösteren keçiyoynuzu suyunun üstel kurala uygunluğu incelenmiş ve keçiyoynuzu suyu için K ve n indeksleri tespit edilmiştir.

25°Bx'lik keçiyoynuzu suyu için çizilen Şekil 7.8'deki eğrilerin logaritmalarından elde edilen model denklemleri aşağıda verilmiştir.

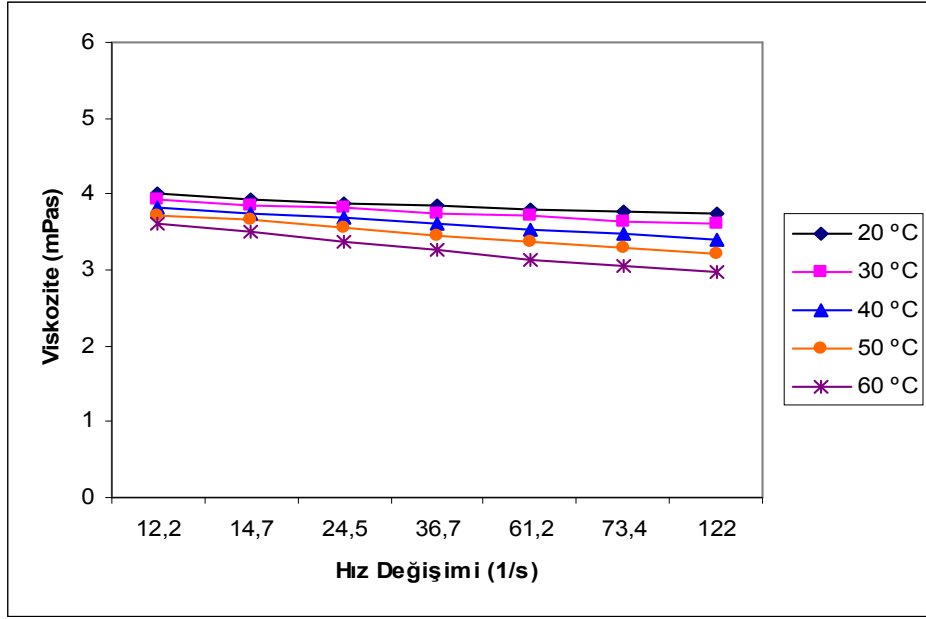
$$\tau_{20} = 28,16.\gamma^{0,1519}$$

$$\tau_{30} = 24,38.\gamma^{0,1563}$$

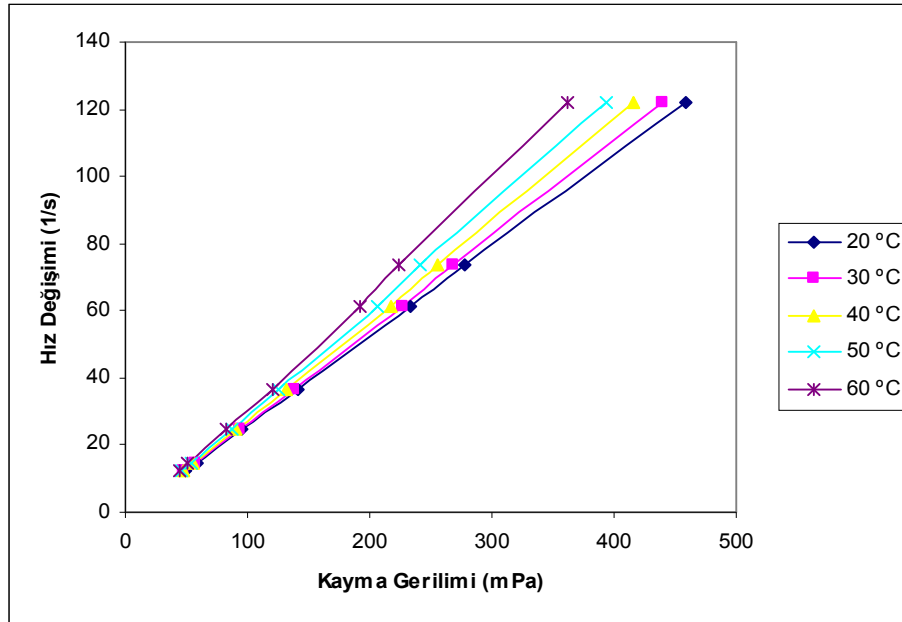
$$\tau_{40} = 20,71.\gamma^{0,1611}$$

$$\tau_{50} = 18,54 .\gamma^{0,1625}$$

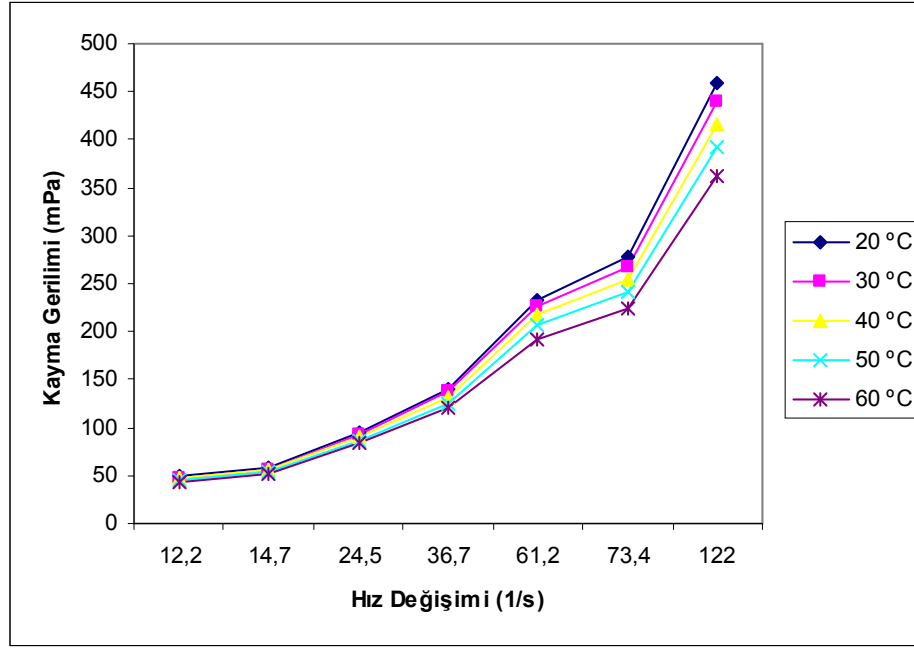
$$\tau_{60} = 16,82 .\gamma^{0,162}$$



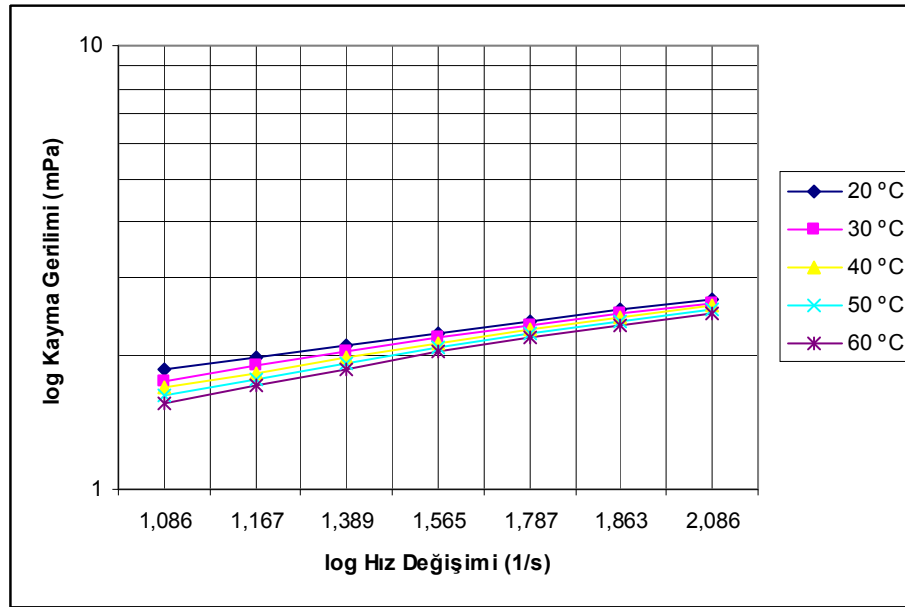
Şekil 7.9 35°Bx'lik keçiyoynuzu suyu için hız değişimi-viskozite ilişkisi



Şekil 7.10 35°Bx'lik keçiyoynuzu suyu için kayma gerilimi-hız değişimi ilişkisi



Şekil 7.11 35°Bx'lik keçiyoynuzu suyu için hız değişimi-kayma gerilimi ilişkisi



Şekil 7.12 35°Bx'lik keçiyoynuzu suyu için logaritmik hız değişimi-kayma gerilimi ilişkisi

Şekil 7.9-7.12'den görüldüğü üzere, 35°Bx için keçiyoynuzu suyunun kayma hızı arttıkça viskozitesi azalmaktadır. Ancak belirgin bir histerez halkası oluşmamaktadır. Bu yüzden keçiyoynuzu suyunun 20-60°C sıcaklık ve 12,2-122 s⁻¹ kayma hızı aralığında psödoplastik davranış gösterdiği belirlenmiştir. Yapılan deneylerde viskozitenin sabitlendiği kayma hızı aralığı göz önüne alınarak sıcaklığın etkisi incelendiğinde, 10°C'lik artışının keçiyoynuzu suyu viskozitesinde ortalama %2,5'luk bir düşüşe sebep olduğu görülmüştür.

Psödoplastik davranış gösteren keçiyoynuzu suyunun üstel kurala uygunluğu incelenmiş ve keçiyoynuzu suyu için K ve n indeksleri tespit edilmiştir.

35°Bx'lik keçiyoynuzu suyu için çizilen Şekil 7.12'deki eğrilerin logaritmalarından elde edilen model denklemleri aşağıda verilmiştir.

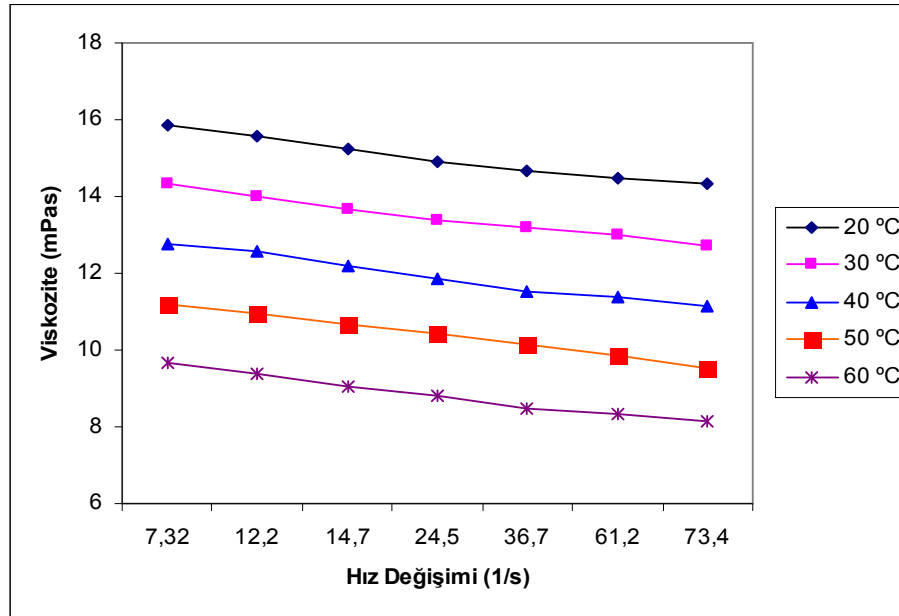
$$\tau_{20} = 51,17 \cdot \gamma^{0,1364}$$

$$\tau_{30} = 40,52 \cdot \gamma^{0,1457}$$

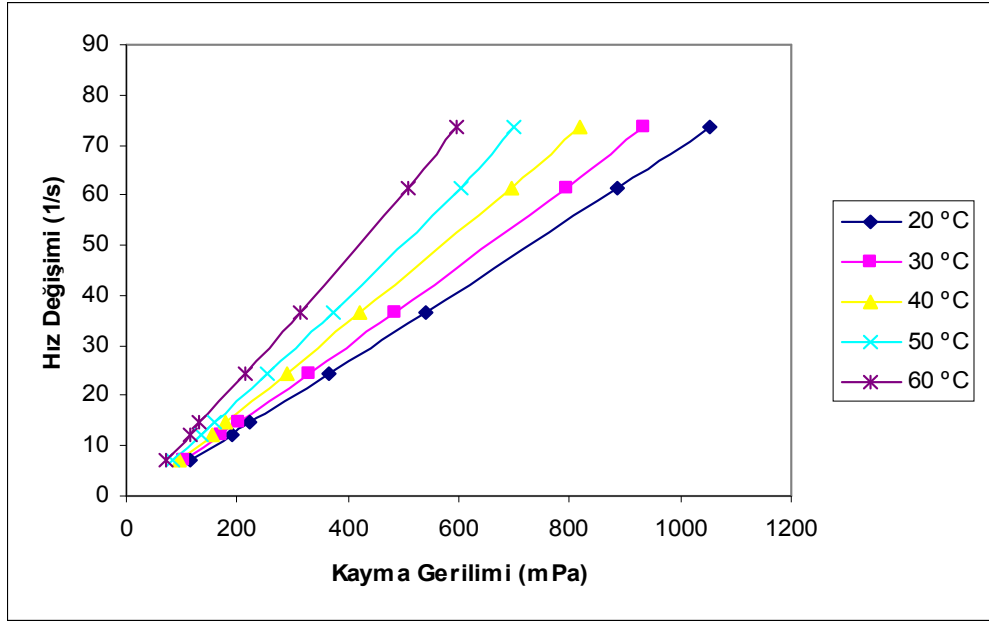
$$\tau_{40} = 34,11 \cdot \gamma^{0,151}$$

$$\tau_{50} = 29,45 \cdot \gamma^{0,1542}$$

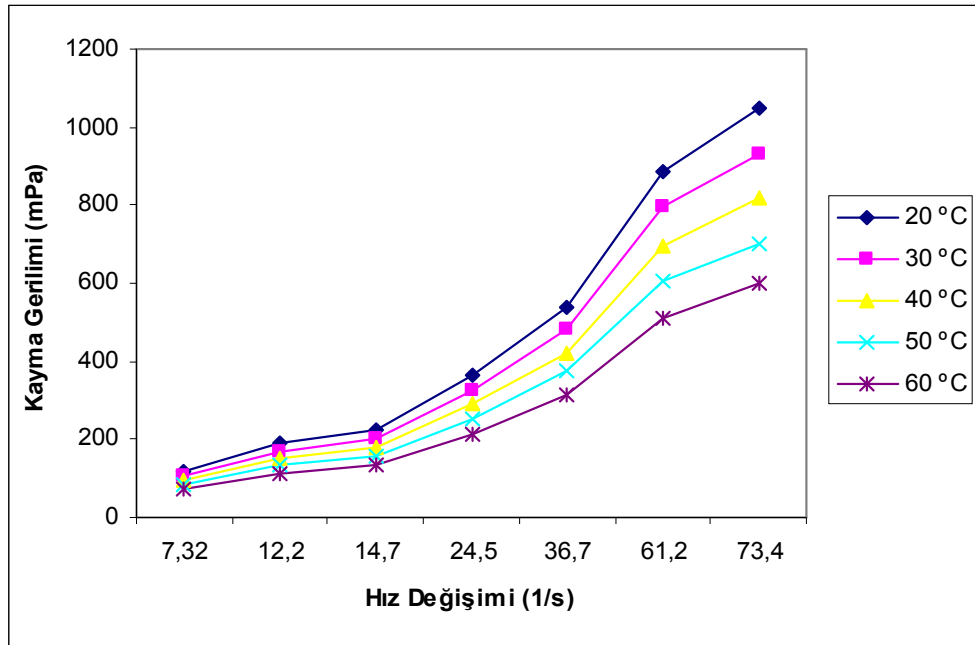
$$\tau_{60} = 25,65 \cdot \gamma^{0,1548}$$



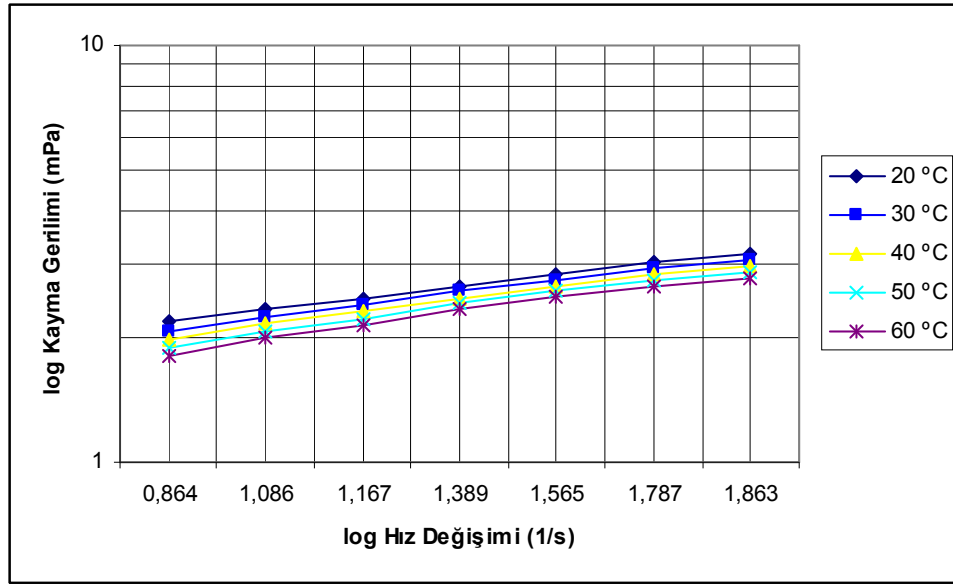
Şekil 7.13 45°Bx'lik keçiyoynuzu suyu için hız değişimi-viskozite ilişkisi



Şekil 7.14 45°Bx° lik keşiboynuzu suyu için kayma gerilimi-hız değişimi ilişkisi



Şekil 7.15 45°Bx° lik keşiboynuzu suyu için hız değişimi-kayma gerilimi ilişkisi



Şekil 7.16 45°Bx'lik keçiyoynuzu suyu için logaritmik hız değişimi-kayma gerilimi ilişkisi

Şekil 7.13-7.16'dan görüldüğü üzere, 45°Bx için keçiyoynuzu suyunun kayma hızı arttıkça viskozitesi azalmaktadır. Ancak belirgin bir histerez halkası oluşmamaktadır. Bu yüzden keçiyoynuzu suyunun 20-60°C sıcaklık ve 7,32-73,4 s⁻¹ kayma hızı aralığında psödoplastik davranış gösterdiği hükmüne varılmıştır. Yapılan deneylerde viskozitenin sabitlendiği kayma hızı aralığı göz önüne alınarak sıcaklığın etkisi incelendiğinde, 10°C'lik artışının keçiyoynuzu suyu viskozitesinde ortalama %11'lik bir düşüşe sebep olduğu belirlenmiştir.

Psödoplastik davranış gösteren keçiyoynuzu suyunun üstel kurala uygunluğu incelenmiş ve keçiyoynuzu suyu için K ve n indeksleri tespit edilmiştir.

45°Bx'lik keçiyoynuzu suyu için çizilen Şekil 7.16'daki eğrilerin logaritmalarından elde edilen model denklemleri aşağıda verilmiştir.

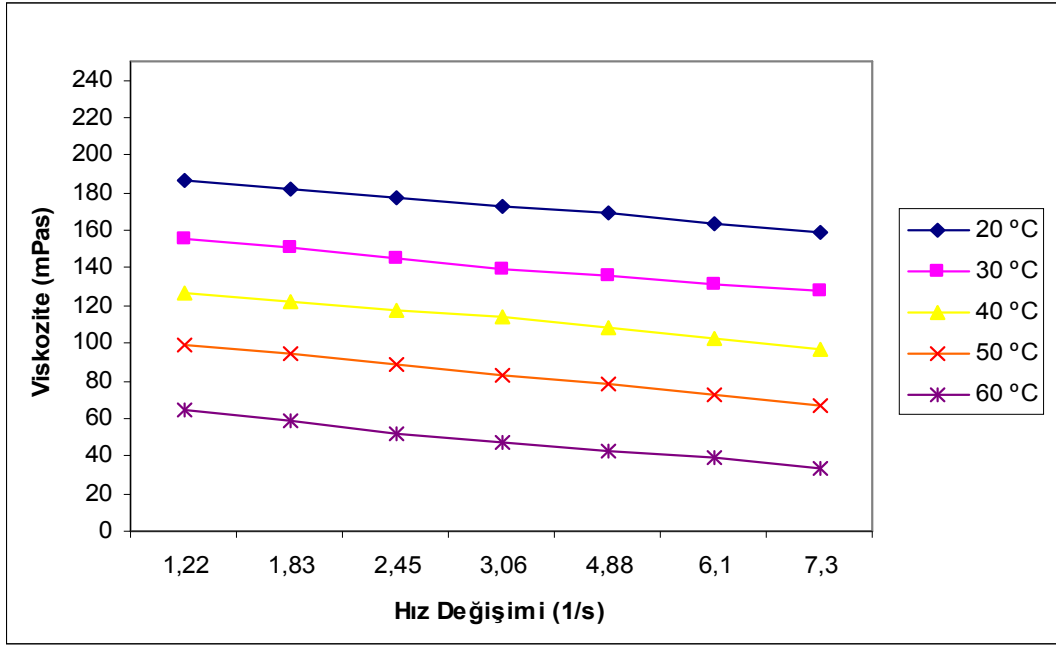
$$\tau_{20} = 98,38 \cdot \gamma^{0,1661}$$

$$\tau_{30} = 79,14 \cdot \gamma^{0,1669}$$

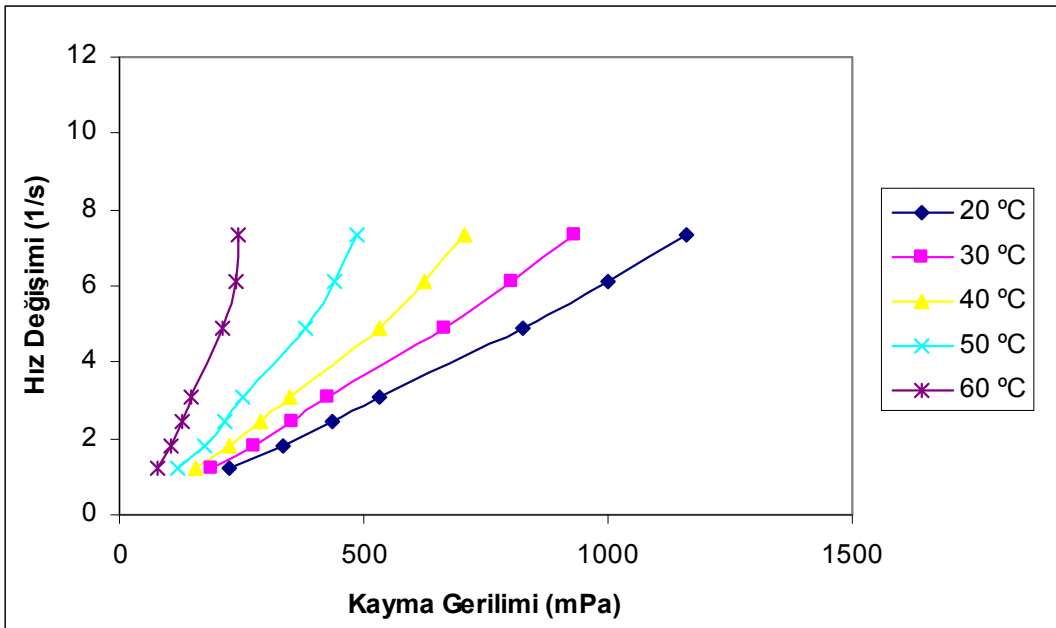
$$\tau_{40} = 65,25 \cdot \gamma^{0,165}$$

$$\tau_{50} = 54,9 \cdot \gamma^{0,1624}$$

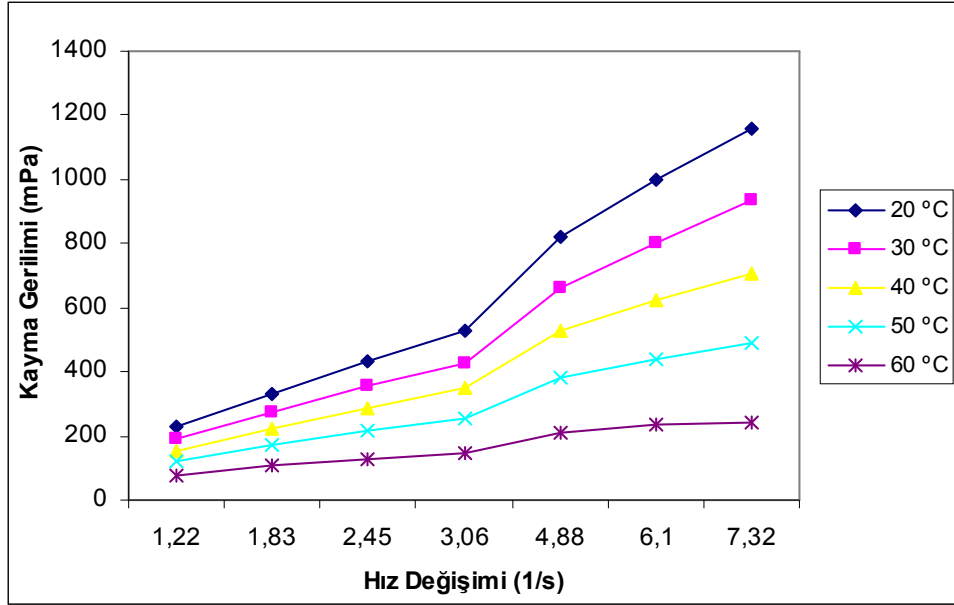
$$\tau_{60} = 44,32 \cdot \gamma^{0,165}$$



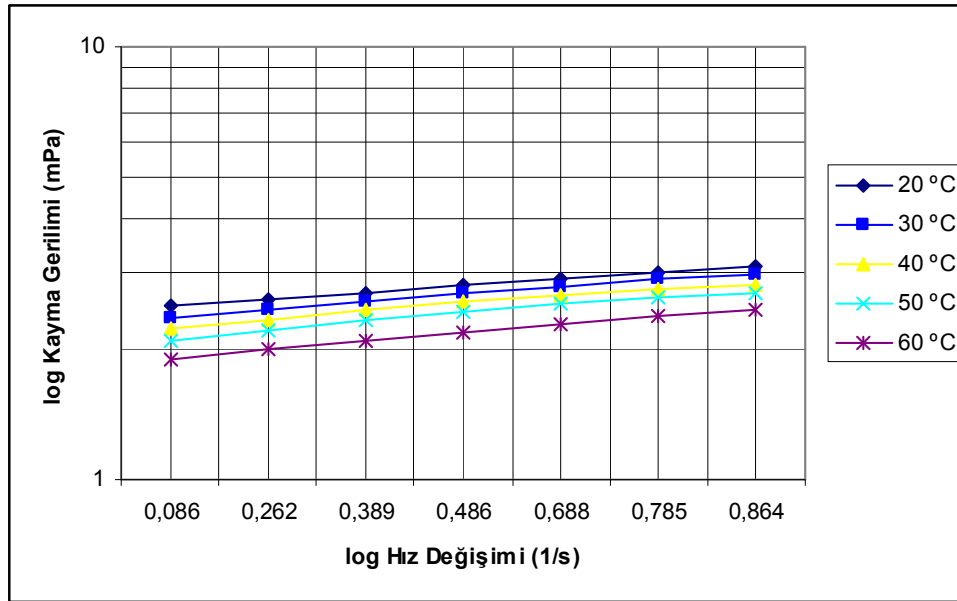
Şekil 7.17 65°Bx'lik keçiyoynuzu suyu için hız değişimi-viskozite ilişkisi



Şekil 7.18 65°Bx'lik keçiyoynuzu suyu için kayma gerilimi-hız değişimi ilişkisi



Şekil 7.19 65°Bx'lik keçiyoynuzu suyu için hız değişimi-kayma gerilimi ilişkisi



Şekil 7.20 65°Bx'lik keçiyoynuzu suyu için logaritmik hız değişimi-kayma gerilimi ilişkisi

Şekil 7.17-7.20'den görüldüğü üzere, 65°Bx için keçiyoynuzu suyunun kayma hızı arttıkça viskozitesi azalmaktadır. Ancak belirgin bir histerez halkası oluşmamaktadır. Bu yüzden keçiyoynuzu suyunun 20-60°C sıcaklık ve 1,22-7,32 s⁻¹ kayma hızı aralığında psödoplastik davranış gösterdiği hükmüne varılmıştır. Yapılan deneylerde viskozitenin sabitlendiği kayma hızı aralığı göz önüne alınarak sıcaklığın etkisi incelendiğinde, 10°C'lik artışının keçiyoynuzu suyu viskozitesinde ortalama %18'lik bir düşüşe sebep olduğu belirlenmiştir.

Psödoplastik davranış gösteren keçiyoynuzu suyunun üstel kurala uygunluğu incelenmiş ve keçiyoynuzu suyu için K ve n indeksleri tespit edilmiştir.

65°Bx'lik keçiyoynuzu suyu için çizilen Şekil 7.20'deki eğrilerin logaritmalarından elde edilen model denklemleri aşağıda verilmiştir.

$$\tau_{20} = 261,28.\gamma^{0,0984}$$

$$\tau_{30} = 180,18.\gamma^{0,1057}$$

$$\tau_{40} = 138,87.\gamma^{0,1025}$$

$$\tau_{50} = 100,95.\gamma^{0,1046}$$

$$\tau_{60} = 63,78.\gamma^{0,0948}$$

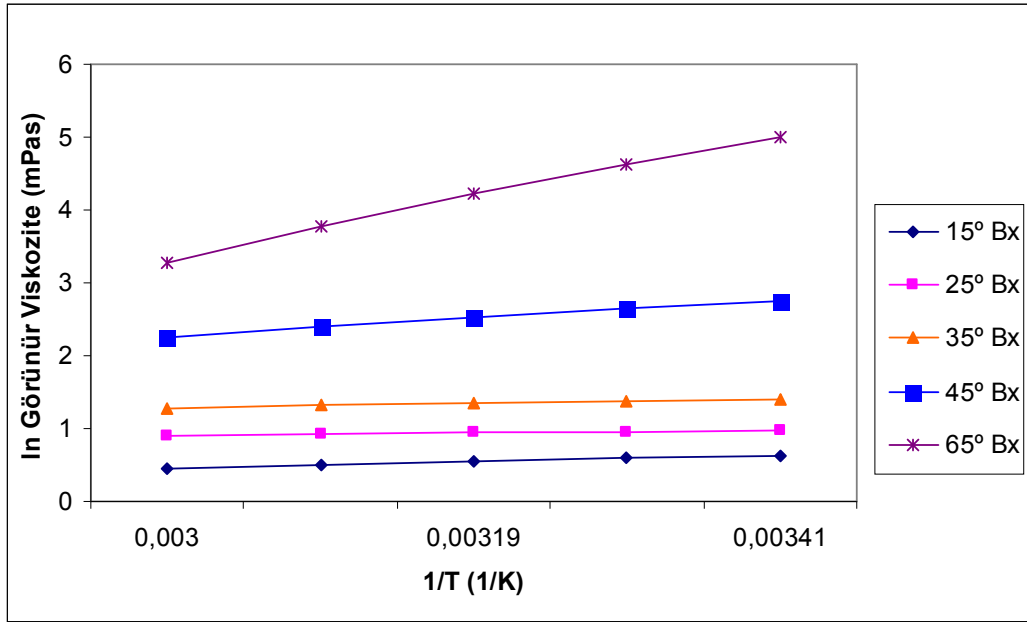
Elde edilen sonuçlara göre, davranış indisinin (n) sıcaklıktan bağımsız ve sabit olduğu söylenebilir. Kıvam indeksi (K) ise, beklenildiği gibi sıcaklıkla azalmaktadır. Bu da elde edilen verilerin, önerilen üstel yasaya uygun olduğunu göstermektedir. Kayma gerilimi-hız değişimi ilişkilerine bakıldığında, akışkanın akış indisinin birden küçük olduğu ($n < 1$) görülmüş ve bu doğrultuda akışkanın psödoplastik akış davranışında bulunduğu sonucuna varılmıştır.

• Aktivasyon Enerjisi

Viskozite, sıcaklığa bağlı olarak değişiklik gösterir ve bu değişim Arrhenius denklemi ile ifade edilir. Viskozitenin yapılan denemelerde sıcaklıkla ters orantılı olduğu bir kez daha görülmüştür.

$$\eta = A.\exp(\Delta E/RT)$$

Buna göre yapılan reolojik çalışma sonucu elde edilen veriler doğrultusunda, briks derecelerine bağlı olarak $12,2 \text{ s}^{-1}$ kayma hızındaki görünür viskozite-sıcaklık ilişkisi ise Şekil 7.21'de görülmektedir.



Şekil 7.21 Briks derecelerine bağlı olarak görünür viskozite-sıcaklık ilişkisi ($\gamma=12,2 \text{ s}^{-1}$)

Şekil 7.21'den elde edilen model denklemlerinden yola çıkarak her bir briks derecesindeki akışkanlık aktivasyon enerjisi hesaplanmıştır.

$$E_{15 \text{ Bx}} = 3857,93 \text{ j/mol}$$

$$E_{25 \text{ Bx}} = 1787,62 \text{ j/mol}$$

$$E_{35 \text{ Bx}} = 2161,77 \text{ j/mol}$$

$$E_{45 \text{ Bx}} = 10467,96 \text{ j/mol}$$

$$E_{65 \text{ Bx}} = 33291,26 \text{ j/mol}$$

Yapılan çalışma ile keçiyoynuzu suyu eldesinde izlenebilecek yöntemler irdelenmiştir. Bundan sonraki çalışmalarda, şeker kamışı ve şeker pancarından çok daha ucuz ve dayanıklı bir alternatif olan şeker içeriği yüksek keçiyoynuzu meyvesinin, sıvı şeker olarak işlenmesi sırasında karşılaşılan renk ve berraklık sorununun aşılması amacıyla, fenolik maddeleri gidermede daha başarılı olabilecek yöntemlerin geliştirilmesi halinde, ülkemizde ticari önemi bulunmayan keçiyoynuzu meyvesinin ekonomik bir değer kazanması sağlanabilir.

Keçiyoynuzu kullanım alanı çeşitliliği yönünden üretilebildiği ülkelerde şansını daima sonuna dek kullanmaktadır. Türkiye ise bu şansa sahip bir ülke olarak, artık keçiyoynuzunu kendi haline bırakarak yetiştirmekten çok, ciddi anlamda üretimine başlamalıdır.

KAYNAKLAR

Ak, M., (1997), “Reoloji Bilim Dalı ve Gıda Endüstrisi”, Gıda ve Teknoloji, 2 (4): 36-46.

Akbulut, M. ve Özcan, M.M., (2008), “Some Physical, Chemical and Rheological Properties of Sweet Sorghum (*Sorghum Bicolor* (L) Moench Pekmez (Molasses)”, International Journal of Food Properties, 11: 79-91.

Albaneil, E., Caja, G., Plaixats, J., (1991), “Characteristics of Spanish Carob Pods and Nutritive Value of Carob Kibbles”, Options Méditerranéennes-Serie Séminaires, 16: 135-136.

Avallone, R., Plessi, M., Baraldi, M., Monzani, A., (1997), “Determination of Chemical Composition of Carob (*Ceratonía Siliqua*): Protein, Fat, Carbonhydrates and Tannins”, Journal of Food Composition and Analysis, 10: 166-172.

Battle, I. ve Taus, J., (1997), “Carob Tree (*Ceratonía siliqua* L.)”, International Plant Genetic Resources Institute, Via Dele Sette Chiese 14200145 Roma, İtalya.

Bengoechea, C., Puppo, M.C., Romero, A., Cordobés, F., Guerrero, A., (2007a), “Linear and Non-Linear Viscoelasticity of Emulsions Containing Carob Protein As Emulsifier”, Journal of Food Engineering, 87: 124-135.

Bengoechea, C., Romero, A., Villanueva, A., Moreno, G., Alaiz, M., Millán, F., Guerrero, A., Puppo, M.C., (2007b), “Composition and Structure of Carob (*Ceratonía Siliqua* L.) Germ Proteins”, Food Chemistry, 107: 675-683.

Biner, B., Gubbuk, H., Karhan, M., Aksu, M., Pekmezci, M., (2005), “Sugar Profiles of the Pods of Cultivated and Wild Types of Carob Bean (*Ceratonía Siliqua* L.) in Turkey”, Food Chemistry, 100: 1453-1455.

Bourne, M. C., (2002), Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement, New York.

Bouzouita, N., Khaldi, A., Zgoulli, S., Chebil, L., Chekki, R., Chaabouni, M.M., Thonart, P., (2006), “The Analysis of Crude and Purified Locust Bean Gum: A Comparison of Samples From Different Carob Tree Populations in Tunisia”, Food Chemistry, 101: 1508-1515.

Bravo, L., (1998), “Polyphenols: Chemistry, Dietary Sources, Metabolism and Nutritional Significance, Nutritional Rev., 56: 317-333.

Dakia, P.A., Wathelet, B., Paquot, M., (2007), “Isolation and Chemical Evoluotion of Carob (*Ceratonía Siliqua* L.) Seed Germ”, Food Chemistry, 102: 1368-1374.

Demirtaş, Ö., (2007), Keçiboynuzu (*Ceratonía Siliqua*) Çekirdeklerinden Gam Üretim Yollarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Eser, N., (1998), Kutu Meyve Suyu Analizleri, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Geankoplis, C. J., (2003), Transport Processes and Seperation Process Principles, Printice Hall, New Jersey, ABD.

Güven, Y., (2005), Hurma Suyu Üretim Teknolojilerinin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Jesus, D.F., Leite, M.F., Silva, L.F.M., Modesta, R.D., Matta, V.M., Cabral, L.M.C., (2006), "Orange (Citrus Sinensis) Juice Concentration By Reverse Osmosis", Journal of Food Engineering, 81: 287-291.

Johnson, J.F., Martin, J.R., Porter, R.S., (1975), Determination of Viscosity of Food Systems, in Theory, Determination and Control of Physical Properties of Food Materials, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Hollanda.

Karkacıer, M., (1994), Keçiboynuzu Meyvesinin Ekstraksiyon Koşulları ve Durultulması Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Kawamura, Y., (2008), "Carob Bean Gum", Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA): Chemical and Technical Assessment, 1-6.

Kaya, D., (2006), Balkabağı Suyu Üretim Teknolojilerinin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kıroğlu, F., (2001), Keçiboynuzu Meyvesinde Bakır ve Çinkonun Kimyasal Formlarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Mersin.

Lannes, S.C.D.S. ve Medeiros, M.L., (2008), "Rheological Properties of Chocolate Drink From Cupuassu", International Journal of Food Engineering, Vol. 4, Iss. 1, Article 11.

Macrea, R., Robinson, R.K., Sadler, M.J., (1993), Encyclopedia of Food Science, Food Technology and Nutrition, Academic Press, New York.

Makris, D.P. ve Kefalas, P., (2004), "Carob Pods (Ceratonía Siliqua L.) As A Source of Polyphenolic Antioxidants", Food Technology Biotechnology, 42: 105-108.

Nagy, S., Chen, C.S., Shaw, P.E., (1993), Fruit Juice Processing Technology, Agscience, Inc. Auburndale, Florida.

Owen, R. W., Haubner, R., Hull, W. E., Erben, G., Spiegelhalter, B., Bartsch, H. ve Haber, B., (2003), "Isolation and Structure Elucidation of the Major Individual Polyphenols in Carob Fibre ", Food and Chemical Toxicology, 41: 1727-1738.

Özcan, M.M., Arslan, D., Gökçalık, H., (2007), "Some Compositional Properties and Mineral Contents of Carob (Ceratonía Siliqua) Fruit, Flour and Syrup", International Journal of Food Sciences and Nutrition, 58: 8, 652-658.

Özkanlı, O. ve Tekin, A.R., (2008), "Rheological Behaviors of Sumac Concentrate", International Journal of Food Properties, 11: 213-222.

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

Parrado, J., Bautista, J., Romero, E.J., García-Martínez, A.M., Friaza, V., Tejada, M., (2007), "Production of A Carob Enzymatic Extract: Potential Use As A Biofertilizer", *Bioresource Technology*, 99: 2312-2318.

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

Priolo, A., Waghorn, G.C., Lanza, M., Biondi, L., Pennisi, P., (2000), "Polyethylene Glycol As A Means to Reducing the Impact of Condensed Tannins in Carob Pulp: Effect on Lamb Growth and Meat Quality, *J. Animal Science*, 78: 810-816.

Priolo, A., Lanza, M., Bella, M., Pennisi, P., Fasore, V., Biondi, L., (2002), "Reducing the Impact of Condensed Tannins in A Diet Based on Carob Pulp Using Two Levels of Polyethylene Glycol: Lamb Growth, Digestion and Meat Quality, *Animal Res.*, 51: 305-313.

Rao, M.A., (1977), "Rheology of Liquid Foods- A Review", *Journal of Texture Studies*, 8: 135-168.

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

Roukas, T., (1998), "Citric Acid Production From Carob Pod By Solid-State Fermentation", *Enzyme and Microbial Technology*, 24: 54-59.

Saravacos, G.D., Maroulis, Z., (2001), *Transport Properties of Foods*, Marcel Dekker Inc., New York, ABD.

Sengül, M., Ertugay, M.F., Sengül, M., Yüksel, Y., (2007), "Rheological Characteristics of Carob Pekmez", *International Journal of Food Properties*, 10: 39-46.

Shah, N., (2007), "Optimization of An Enzyme Assisted Process For Juice Extraction and Clarification From Litchis (*Litchi Chinensis* Sonn.), *International Journal of Food Engineering*, Vol. 3, Iss. 3, Article 8.

Silanikove, N., Landau, S., Or, D., Kababya, D., Bruckental, I., Nitsan, Z., (2006), "Analytical Approach and Effects of Condensed Tannins in Carob Pods (*Ceratonia Siliqua*) on Feed Intake, Digestive and Metabolic Responses of Kids", *Livestock Science*, 99: 29-38.

Steffe, J.F., (1992), *Rheological Methods in Food Process Engineering*, Freeman Press, Michigan, ABD.

Şenay, F., (2009), *Keçiboynuzu'ndan Sıvı Şeker Üretimi*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Tunalıoğlu, R., Özkaya, M.T., (2003), "Keçiboynuzu", *Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü-Bakış Dergisi*, 3: 1-4.

Turhan, İ., Tetik, N., Karhan, M., (2007), "Keçiboynuzu Pekmezinin Bileşimi ve Üretimi Aşamaları", *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2: 39-44.

Vandresen, S., Quadri, M.G.N., Souza, J.A.R., Hotza, D., (2009), "Temperature Effect on the Rheological Behavior of Carrot Juices", *Journal of Food Engineering*, 92: 269-274.

Yazıcıoğlu, T., Ömeroğlu, S., (1983),” Keçiboynuzundan Pekmez ve İçki İspirtosu Yapılması Üzerinde Bir Araştırma”, Tübitak Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü Beslenme ve Gıda Teknolojisi Bölümü, İstanbul.

Yousif, A.K., Alghzawi, H.M., (2000), “Processing and Characterization of Carob Powder”, Food Chemistry, 69: 283-287.

Zunft, H.J.F., Lüder, W., Harde, A., Haber, B., Graubaum, H.J., Koebnick, C., Grünwald, J., (2003), “Carob Pulp Preparation Rich in Soluble Fibre Lowers Total and LDL Cholesterol in Hypercholesterolemic Patients”, European Journal of Nutrition, 42: 235-242.

İnternet Kaynakları

- [1] www.cine-tarim.com.tr/dergi/arsiv57/sektorel05.htm
- [2] www.makaleler.com/oku-ke%3A7iboynuzu+harnup
- [3] www.blogcu.com/etiket/keçiboynuzu
- [4] www.yemex.com/bitki/keci-boynuzu.html
- [5] www.botav.org/keciboynuzu/
- [6] www.fao.org
- [7] www.tuik.gov.tr

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi	18.02.1983	
Doğum Yeri	Babaeski/Kırklareli	
Lise	1997 - 2001	Kahramanmaraş Lisesi (YDA)
Lisans	2001 - 2006	İstanbul Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2007 - 2009	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı