

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HURMA SUYU ÜRETİM TEKNOLOJİSİNİN
GELİŞTİRİLMESİ**

Kimya Müh. Yasemin GÜVEN

**F.B.E Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Mehmet PALA

İSTANBUL, 2005

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
ÇİZELGE LİSTESİ.....	v
ÖNSÖZ.....	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. HURMA MEYVESİ.....	3
2.1 Hurma Meyvesi (Phoenix dactylifera) ve Özellikleri.....	3
2.2 Hurmanın Oluşum ve Gelişim Aşamaları.....	4
2.3 Hurmanın Bileşimi ve Kalitesi.....	11
2.3.1 Nem.....	13
2.3.2 Karbonhidratlar.....	14
2.3.3 Proteinler ve Yağlar.....	15
2.3.4 Çözünmeyen Maddeler.....	17
2.3.5 Vitaminler ve Mineraller.....	17
2.3.6 Enzimler.....	18
2.3.7 Diğer Kimyasal Maddeler.....	19
2.3.8 Hurmanın Kalite Profili.....	20
3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	22
4. MEYVE SUYU KONSANTRESİ ÜRETİMİ.....	28
4.1 Meyvelere Uygulanan Ön İşlemler.....	30
4.2 Meyvelerin Parçalanması.....	30
4.2.1 Mayşenin Isıtılması ve Soğutulması.....	31
4.2.2 Mayşeye Askorbik Asit İlavesi.....	32
4.2.3 Mayşe Enzimasyonu.....	32
4.3 Presleme.....	33
4.4 Aroma Ayırma.....	33
4.5 Durultma.....	34
4.5.1 Meyve Suyu Üretiminde Enzim Uygulamaları ve Enzim Preparatları.....	34
4.5.2 Durultma Yardımcı Maddeleri.....	38

4.6	Filtrasyon	41
4.7	Konsantre Etme.....	41
5.	DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	43
5.1	Materyal ve Yöntemler.....	43
5.1.1	Materyal ve Kullanılan Cihazlar.....	43
5.1.2	Yöntemler	43
5.1.2.1	Ekstraksiyon.....	45
5.1.2.2	Presleme	45
5.1.2.3	Pastörizasyon	45
5.1.2.4	Durultma	46
5.1.2.5	Konsantre Etme.....	47
5.1.3	Hurma Konsantresine Yapılan Kimyasal Analizler	48
5.2	Deneylerin Uygulanması.....	48
5.2.1	Ekstraksiyon	48
5.2.2	Pastörizasyon ve PH Ayarlaması.....	53
5.2.3	Durultma	54
5.2.4	Konsantre Etme.....	56
5.3	Hurma Suyu Konsantresine Yapılan Kimyasal Analizler.....	57
6.	SONUÇLAR	59
	KAYNAKLAR	62
	ÖZGEÇMİŞ	64

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Hurma ağacı..... 3
Şekil 2.2	Tamr süreci; hurmanın gelişimi..... 5
Şekil 2.3	Hurmanın gelişim sürecindeki değişiklikler..... 7
Şekil 2.4	Hurmaların tüketildiği başlıca üç olgunluk aşaması: khalal, rutab, tamr 8
Şekil 2.5	Rueziz çeşidi için polenleşmeden sonra geçen süre zarfında meyvenin nem, kalınlık, uzunluk, ağırlık, kuru madde miktarı ve çekirdeğinin ağırlığında meydana gelen değişimler..... 9
Şekil 2.6	Rueziz çeşidi için polenleşmeden sonra geçen süre zarfında meyvenin toplam şeker, indirgen şeker ve sakkaroz miktarlarında meydana gelen değişimler..... 10
Şekil 2.7	Denge nem eğrisi..... 13
Şekil 3.1	Kontrol örneklerinin ekstraksiyonun zamanla brix/toplam kütle değişimi..... 24
Şekil 3.2	Ultrasonik dalgalar kullanılarak ekstrakte edilen örneklerin zamanla brix/toplam kütle değişimi..... 24
Şekil 3.3	Ultrasonik ekstraksiyonla klasik ekstraksiyonun karşılaştırılması..... 25
Şekil 3.4	Kuru meyvelerden meyve suyu konsantresi üretimi için akış şeması..... 26
Şekil 4.1	Meyve suyu konsantresi üretim akış şeması..... 29
Şekil 4.2	Pektolitik enzimlerin etki mekanizmaları..... 37
Şekil 5.1	Hurma suyu konsantresi üretim akış şeması..... 44
Şekil 5.2	Presleme düzeneği..... 45
Şekil 5.3	Konsantrasyon düzeneği..... 47
Şekil 5.4	Oluşan tortunun tabana sürüklenme aşamaları ve süzüldükten sonra tortu ve hurma suyunun görünümü..... 55

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 1.1 2004 yılı Dünya hurma üretimi.....	1
Çizelge 2.1 Hurma meyvesinin olgunlaşması sırasında Khalal aşamasından Tamr'a kadar geçen sürede nem içeriği.....	6
Çizelge 2.2 Hurmanın bileşimi.....	11
Çizelge 2.3 Hurmanın bileşimi.....	11
Çizelge 2.4 Hallawy, Sayer, Khandrawy ve Zadhi'nin bileşen oranları.....	12
Çizelge 2.5 Birhi ve Safri türlerinin kimyasal kompozisyonları.....	12
Çizelge 2.6 Çeşitli meyvelerdeki şeker içeriği.....	14
Çizelge 2.7 Farklı ülkelerde yetişen hurmaların şeker içerikleri.....	14
Çizelge 2.8 Yumuşak, yarı kuru ve kuru hurmaların şeker içeriği.....	15
Çizelge 2.9 Hurma yağının yağ asidi kompozisyonu.....	16
Çizelge 2.10 Hurmada bulunan inorganik maddeler.....	18
Çizelge 2.11 Hurmada bulunan vitaminler.....	18
Çizelge 3.1 Konsantre edilen hurma şuruplarının fizikokimyasal kompozisyonu.....	23
Çizelge 3.2 Konsantre edilen hurma şurubunun mineral kompozisyonu.....	23
Çizelge 5.1 Durultma yardımcı madde miktarlarının belirlenmesi.....	46
Çizelge 5.2 Örneklerin bulanıklık değerleri.....	47
Çizelge 5.3 Hurma:su oranı (1:2) enzimsiz çalışma sonuçları.....	48
Çizelge 5.4 Hurma:su oranı (1:2) enzimli çalışma sonuçları.....	49
Çizelge 5.5 Hurma:su oranı (1:2) enzimli ve enzimsiz çalışmaların karşılaştırılması...	49
Çizelge 5.6 Hurma:su oranı (1:3) enzimli ve enzimsiz çalışma sonuçları.....	49
Çizelge 5.7 Hurma:su oranı (1:3) enzimli ve enzimsiz çalışma sonuçları.....	50
Çizelge 5.8 Hurma:su oranı (1:3) enzimli çalışma sonuçları.....	50
Çizelge 5.9 Hurma:su oranı (1:3) enzim miktarı %30 artırılarak yapılan çalışma sonuçları.....	51
Çizelge 5.10 Enzim miktarı artırılmadan ve artırılarak yapılan çalışma sonuçlarının karşılaştırılması.....	51
Çizelge 5.11 Hurma:su oranı (1:3) ekstraksiyon süresi %30 artırılarak yapılan çalışma sonuçları.....	52
Çizelge 5.12 Elde edilen sonuçların karşılaştırılması.....	52
Çizelge 5.13 İkinci ekstraksiyon sonunda elde edilen sonuçlar.....	52
Çizelge 5.14 Elde edilen hurma sularının başlangıç pH'ları.....	53
Çizelge 5.15 Depektinizasyon aşamasında ilk üç deneme için ilave edilen pektolitik enzim miktarları.....	54
Çizelge 5.16 İlave edilen durultma yardımcı maddelerinin miktarları.....	54
Çizelge 5.17 Berraklaştırmadan önceki ve sonraki hurma suyu miktarları.....	56
Çizelge 5.18 Konsantrasyon işlemi sonunda elde edilen değerler.....	56

Çizelge 5.19	Hurma suyu konsantresinin şeker içeriği.....	57
Çizelge 5.20	Hurma suyu konsantresinin organik asit içeriği.....	57
Çizelge 5.21	Hurma suyu konsantresinin mineral madde içeriği.....	57

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince bilgi ve yardımlarını esirgemeyen, bana her konuda yardımcı olan ve daima yol gösteren değerli hocam Sayın Prof. Dr. Mehmet PALA'ya; çalışmam boyunca ilgi ve desteği ile yanımda olan değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. İbrahim DOYMAZ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Aynı zamanda büyük yardım ve desteklerini gördüğüm Gıda Müh. Baha TALİ, Kimya Yük. Müh. Murat ÜNAL, Gıda Müh. Hakan ŞEN, Gıda Müh. Hafize YAĞLIKAYIŞ ve Ar-Ge Laboratuvarına ve ismini sayamadığım tüm Döhler Gıda San. ve Tic. Ltd. Şti çalışanlarına ve Gözlem Gıda Kontrol ve Araştırma Laboratuvarlarına teşekkürü bir borç bilirim.

Her zaman yanımda olan aileme ve tüm arkadaşlarıma, destek ve yardımlarından ötürü teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Latince *Phoenix dactylifera* olarak geçen hurma, insanoğlunun tarımını yaptığı bilinen en köklü tarım ürünlerinden biridir. Orta Doğu ülkelerinin çöl bölgelerinde yetişen bir meyve olup, yöre insanı için ekonomik ve sosyal açıdan çok büyük önem taşımaktadır. Yaşam ağacı olarak da adlandırılan hurmanın tarımı 800.000 hektarlık bir alanda yapılmakta olup dünya üzerinde 2000'in üzerinde farklı çeşidi olduğu bilinmektedir.

Bu çalışmada hurma meyvesinden ekstraksiyon, presleme, durultma, filtrasyon ve konsantrasyon işlemleri ile laboratuvar ölçekte hurma suyu konsantresi elde edilmiştir. Hurma; şeker miktarı oldukça yüksek, yağ ve protein içeriği ise çok düşük olan bir meyvedir. Yağ asidi kompozisyonu doymuş ve tekli doymamış yağ asitlerinden meydana gelmektedir. Protein oranının düşük olmasına karşın diğer kuru meyvelere kıyasla bu oran daha yüksek ve aminoasit çeşidi fazladır. Ayrıca enerji, vitamin ve mineraller bakımından zengin, yüksek besin değeri olan bir gıda ürünüdür. Besleyici özellikleri göz önüne alınarak hurma meyvesinden üretilecek içeceğin sağlık açısından yararlı ve Türkiye'de meyve suyu endüstrisinde henüz denenmemiş bir içecek olması bu çalışmanın temelini oluşturmaktadır.

Çalışmada hurmanın ekstraksiyon verimi üzerine etkili olabilecek mayşe enzimi ilavesi, mayşe enzim miktarının artırılması, ekstraksiyon süresinin artırılması gibi parametreler belirlenmiş ve etkileri gözlemlenmiştir. Ekstraksiyon sırasında mayşe enzimi ilavesinin ekstraksiyon verimini %23 artırdığı bulunmuştur. 500 g hurmanın (1:3) oranında sulandırılarak 50°C'de 1,5 saat süreyle yapılan ekstraksiyonunda kullanılması gereken enzim miktarının %5'lik olarak hazırlanan *Fruktozym MA* enzim çözeltisinden 6 ml olduğu hesaplanmıştır. Belirlenen mayşe enzimi miktarının %30 artırılmasının ekstraksiyon verimi üzerine önemli bir etkisi olmadığı görülmüştür. Aynı şekilde ekstraksiyon süresini artırmanın da ekstraksiyon verimi üzerine önemli bir etkisi olmadığı bulunan bir diğer sonuçtur. Presleme işleminden sonra elde edilen hurma suyunun durultulması aşamasında kullanılması gereken durultma enzim ve durultma yardımcı madde miktarları hesaplanmıştır. En son aşamada hurma suyu konsantresi elde edilmiş ve konsantreye asitlik, pH, şeker, organik asit ve mineral madde tayinleri yapılmıştır.

Yapılan çalışmanın sonunda hurma suyu konsantresinin iyi bir şeker, potasyum, magnezyum ve kalsiyum kaynağı olduğu bulunmuştur. Konsantreden elde edilecek içeceğin ferahlatıcı etkisinin yanında besin değeri yüksek bir içecek olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Hurma meyvesi, hurma şurubu, *Phoenix dactylifera*, ekstraksiyon.

ABSTRACT

The date (*Phoenix dactylifera L.*) is the oldest agricultural crop which has been known to be cultivated by man kind. It is a widely grown fruit especially in semiarid regions of the Middle East countries and has been an important part in the economic and social lives of the people of these regions. The date, also named as "Life tree", has been farmed in the area of approximately 800.000 hectares and more than 2000 different cultivars of date palm are known to exist all over the world.

In this research, concentrate of the date syrup has been made on a laboratory scale by the process consisting of extraction, pressing, clarification, filtration and concentration. The sugar content of the date is quite high but on the other hand fat and protein content is very low. The fatty acid composition includes of saturated and mono-unsaturated fatty acids. Although the protein content of date is quite low, in comparison with the other dried fruits this rate and the number of the amino acid types are high. Additionally date fruit is a highly nutritious food product, rich in energy and many vitamins and minerals. Taking into consideration of these nutritional properties, it can be foreseen that the syrup, which will be produced from a date, will be a healthy product and meanwhile it is an innovative product in the fruit juice industry in Turkey. Based on these purposes this research has been made.

In this research, effective parameters such as mash enzyme treatment, increasing the yield of the mash enzyme, increasing the time of the extraction period on the date extraction were defined and observed. It is found that addition of the mash enzyme solution increases the yield of extraction (23%). The date, 500 g without pits, was mixed with date water ratios (1:3) and extracted at 50°C, 1,5 hours. The necessary enzyme quantity, which should be added to this solution is calculated as 6 ml *Fruktozym MA* (5%). It is found that increasing of this quantity with the rate of 30% does not have any effect on the yield of the extraction. Likewise increasing of the time of extraction has the same nutr effect. The necessary quantities of clarification enzyme and clarification agent were calculated during the clarification just after the pressing period. At the final stage the date concentrate was obtained and analyzed for the acidity, pH, sugar, organic acid and mineral contents.

In conclusion, the date syrup was found to be a good source of sugar, potassium, magnesium and calcium. The juice which will be produced from the date concentrate has a fresh taste and highly nutritious as well.

Key words: Date fruits, date palm, date syrup, *phoenix dactylifera*, extraction.

1. GİRİŞ

Hurma, *Arecaceae (Palmae)* familyasından, palmiye ağacında yetişen ve besin olarak tüketilen bir meyvedir. Asya'nın güneybatısından Pakistan ve Hindistan'a kadar uzanan kesimlerde, Afrika'nın kuzeyinde ve Kanarya Adalarında yetişen bu ağaç çok eski zamanlardan beri bilinen ve tarımı yapılan bir bitkidir. Meyveleri çölde yaşayanlar için önemli bir besin kaynağı oluşturan hurma ağacı, 18-19. yüzyıllar arasında İspanyol misyonerleri tarafından Yenedünya'ya götürülmüştür. Dünyadaki toplam üretim miktarı ele alındığında Mısır'dan sonra en yüksek üretim Suudi Arabistan, İran, Birleşik Arap Emirlikleri, Pakistan, Cezayir, Irak, Sudan, Ürdün ve Libya'da yapılmaktadır (Çizelge 1.1). Ülkemizde ise Ege ve özellikle Akdeniz Bölgesinin kıyı şeridinde yetiştirilmektedir.

Çizelge 1.1 2004 yılı Dünya hurma üretimi [1].

Ülkeler	Üretim (t)	%	Ülkeler	Üretim (t)	%
Mısır	1,100,000	17,2	Yemen	33,300	0,6
Suudi Arabistan	900,540	14,1	Moritanya	24,000	0,4
İran	880,000	13,8	Çad	18,000	0,3
Birleşik Arap Emirlik.	760,000	11,9	USA	18,000	0,3
Pakistan	650,000	10,2	Bahreyn	14,000	0,3
Cezayir	450,000	7	Katar	16,500	0,3
Irak	400,000	6,2	Kuveyt	10,500	0,2
Sudan	330,000	5,1	Türkiye	9,400	0,1
Ürdün	238,000	3,8	Nijer	7,800	0,1
Libya	150,000	2,4	Filistin	3,700	0,1
Çin	125,000	2,1	İspanya	3,732	0,1
Tunus	122,000	1,9	Meksika	3,600	0,1
Fas	69,400	1	Diğer	23,130	0,4
			Toplam	6,360,602	100

Orta Doğu ülkelerinin kırsal kesimlerinde hurmalar günlük beslenmenin ana bileşenlerinden biri olup, popülasyonun büyük bir bölümü için önemli bir gelir kaynağı olma özelliğini taşırlar. Aynı zamanda ülkenin ekolojisi, en iyi uyum sağlayan ürün niteliği, yüksek sıcaklık, kuraklık ve tuzluluk gibi aşırı ve şiddetli çeşitli çevresel koşullara karşı toleranslı olmaları nedeniyle de büyük önem taşırlar.

Hurma yüksek oranda şeker içeren kuru meyvelerin başında gelmektedir. Hurmada yer alan başlıca şekerler glukoz ve fruktozdur. Protein miktarı düşük olmasına rağmen diğer meyve ve

sebzeler göz önünde bulundurulduğunda daha fazla protein içerdiği görülmektedir. Yağ içeriği çok düşük olmasına rağmen çekirdeği yağ bakımından oldukça zengindir. Hurmanın yağ asidi kompozisyonunun büyük oranda doymuş ve tekli doymamış yağ asitlerinden oluşuyor olması sağlık açısından olumsuz olarak nitelendirilebilse de, hurmanın yağ içeriğinin oldukça düşük olması bu olumsuzluğu bir ölçüde ortadan kaldırmaktadır.

Hurma enerji, vitamin ve mineraller bakımından zengin, yüksek besleyici değeri olan bir gıda ürünüdür. A, B₁, B₂ vitaminleri ve niasin içerdiği, iyi bir potasyum, kalsiyum ve magnezyum kaynağı olduğu ve bir miktar bakır, kükürt ve fosfor içerdiği belirtilmektedir. Potasyum bakımından oldukça zengin oluşu ve sodyum bakımından son derece düşük olmasıyla; düşük sodyum içeren yiyecekleri tüketmesi tavsiye edilen anormal yüksek kan basıncına sahip kişiler için tercih edilen bir gıdadır. Bu nedenle hurma üretimindeki artış insanların beslenme düzeylerinin gelişmesinde önemli bir rol oynayacaktır.

“Dibs” olarak da adlandırılan hurma suyu en sık rastlanılan hurma ürünüdür. Hurma suyu, evde veya köy yerlerinde hurma suyunun kaynatılması ve ekstraksiyonu; kısmi veya tamamen endüstriyel ölçekte ise ekstraksiyon, durultma ve elde edilen hurma suyunun konsantre edilmesini kapsayan işlemlerle üretilir. Hurma suyu, gıda teknolojisinde reçel, marmelat, konsantre içecek, çikolata, dondurma, şekerleme, bal vb. gıda maddelerinde kullanılan başlıca hurma yan ürünüdür. Sonuç olarak gıda ürünlerinde şeker yerine hurma suyu kullanımı yönünde önemli bir potansiyel mevcuttur.

Bu çalışmada hurma meyvesinin bütün bu özellikleri göz önünde bulundurularak hurma suyu konsantresi üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen hurma suyu konsantresi içerdiği şekerler, organik asitler ve mineral maddeler açısından analiz edilmiştir.

2. HURMA MEYVESİ

2.1 Hurma Meyvesi (*Phoenix dactylifera*) ve Özellikleri

Latince *Phoenix dactylifera* olarak geçen hurma, *Arecaceae (Palmae)* familyasından palmiye ağacında yetişen ve besin olarak tüketilen bir meyvedir. Hurmalar yalnızca tek bir sert çekirdek içeren, genellikle yumurta biçimli meyveler olup büyüklük, renk, biçim ve içerikleri yetişme koşullarına göre değişir. Ağırlığı 8 kg'a ulaşan bir salkımda binden çok meyve bulunabilir.

Yaklaşık olarak 23 m yüksekliğe ulaşabilen hurma ağacının gövdesi, düşen yaşlı yaprakların sap kalıntılarıyla kaplıdır. Gövdenin tepesinden çıkan yaklaşık 5 m uzunluğundaki parlak, tüysü yapraklar gösterişli bir taç oluşturur. Erkek ve dişi çiçekler ayrı bitkilerde bulunup, çiçeklerin oluşturduğu büyük salkımlar yaprakların koltuğundan çıkar.



Şekil 2.1 Hurma ağacı.

Hurma ağacı tohumla yada genç gövdelerin tabana yakın yerlerinden çıkan sürgünlerle çoğaltılır. Sürgünler daha çok ticari amaçlı üretimlerde kullanılır. 3–6 yıllık sürgünler kök oluşumunu tamamladıklarında ana bitkiden ayrılarak toprağa dikilir. Dikimden 4-5 yıl sonra meyve vermeye başlayan, 10-15 yıl içinde ise en verimli dönemlerine ulaşan ağaçların her

birinden 40-80 kg ürün elde edilir. Normal ömürlerinin 150 yıl kadar olduğu bilinen bu ağaçlar, ileri yaşlarda verimlerinin düşmesi nedeniyle ömürlerini tamamlayamadan sökülerek yerlerine yenileri dikilir [2].

“Yaşam ağacı” olarak bilinen hurmanın tarımı 800 000 hektarlık bir alanda yapılmakta olup, dünya üzerinde 105 milyon hurma ağacı olduğu tahmin edilmektedir. Asya'nın güneybatısından Pakistan ve Hindistan'a kadar uzanan kesimlerde, Afrika'nın kuzeyinde ve Kanarya Adalarında yetişen bu ağaç çok eski zamanlardan beri bilinen ve tarımı yapılan bir bitkidir. Dünyadaki toplam üretim miktarı ele alındığında en yüksek oran %17 ile Mısır'da görülmektedir. Mısır'dan sonra sırasıyla en yüksek üretimin yapıldığı ülkeler Suudi Arabistan, İran, Birleşik Arap Emirlikleri, Pakistan, Cezayir, Irak, ve Sudan'dır. Ülkemizde ise Ege ve özellikle Akdeniz bölgesinin kıyı şeridinde yetiştirilmektedir [1].

Meyveleri çölde yaşayanlar için önemli bir besin kaynağı oluşturan hurma ağacı, 18-19. yüzyıllar arasında İspanyol misyonerleri tarafından Yenedünya'ya götürülmüştür.

Hurmanın özellikle bir çok Ortadoğu ülkesinde insanların beslenmesinde önemli bir yere sahip olmasının nedeni; zengin karbonhidrat, tuz, mineral, lif, vitamin ve yağ asidi içeriğidir.

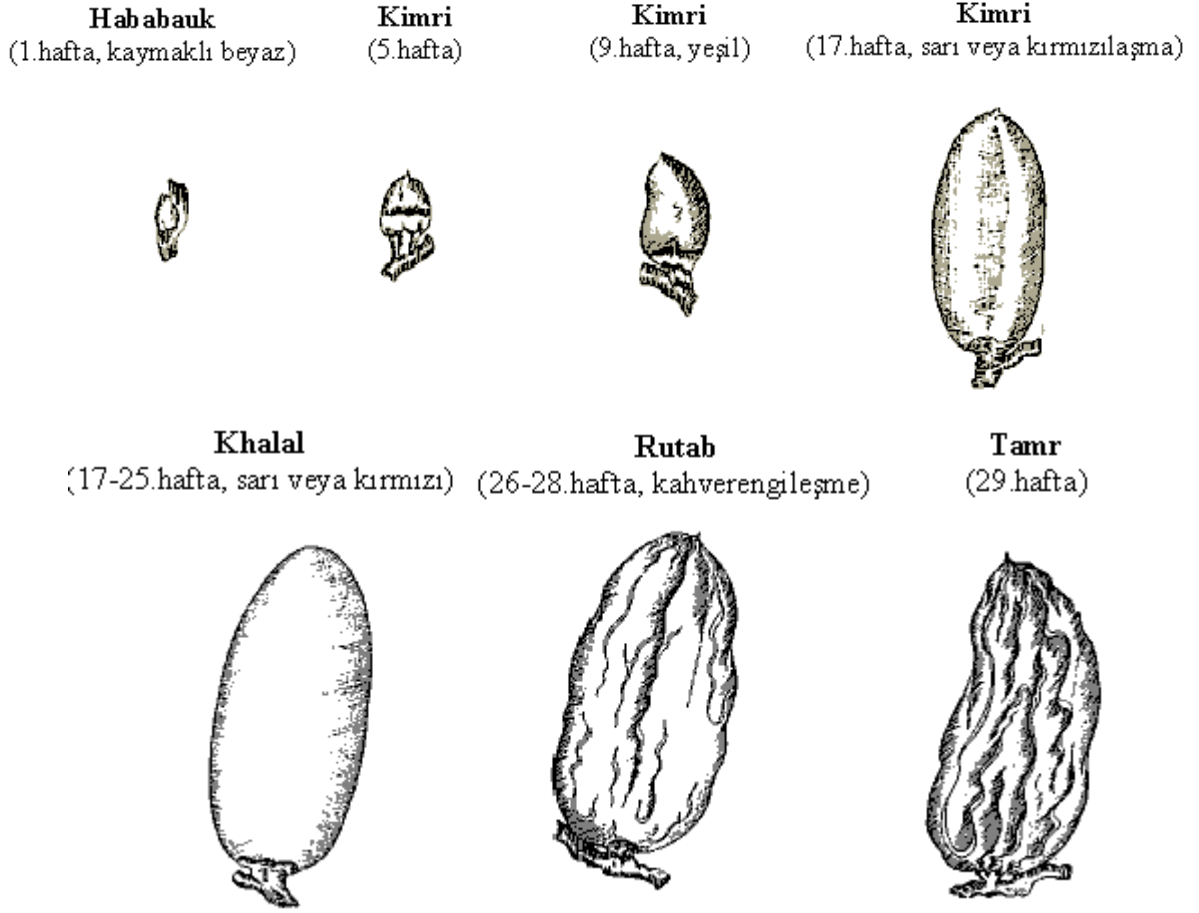
Literatürde çeşitli hurma ağaçları tanımlanmış olup, et ve nem içeriğine göre bunlar yumuşak (>%30 nem), yarı-kuru (%20-30 nem) ve kuru (<%20 nem) olarak sınıflandırılabilirler. Zahidi, Sayer, Halawy ve Khadrawy türleri genellikle Irak'da; Hayani Mısır'da; Saidy Libya çölünde; Medjool Fas'da; Deglet Nour Cezayir, Tunus ve ABD'de; Halawy, Birhi, Chichap, Shanker, Bureim ve Shahaani ise Hindistan'da yetişmektedir (Salunkhe ve Kadam, 1995).

2.2 Hurmanın Oluşum ve Gelişim Aşamaları

Hurma lifli, parşömene benzer endokarp, etli mesokarp ve meyve kabuğuyla çevrilmiş tek çekirdekten oluşan bir meyvedir.

Oluşum ve olgunlaşma sırasında meyve, fizyolojik ve kimyasal bir veya daha fazla karakteristikle ayrılan farklı aşamalardan geçer. Polenleşmeden olgunlaşmaya geçiş “Tamr” süreci olarak adlandırılır; yaklaşık süresi 200 gündür.

Hurma Tamr sürecinde, temel olarak kimri, khalal, rutab ve tamr olarak adlandırılan 4 aşamada gelişimini tamamlamaktadır. Söz konusu gelişim süreci Şekil 2.2'de görülmektedir.



Şekil 2.2 Tamr süreci; hurmanın gelişimi (Barreveld, 1993).

Hababauk, dişi çiçek için kullanılan bir terim olup; meyvenin polenleşmeden hemen sonra halen kaymaklı beyaz olduğu aşamadır.

Bir sonraki aşama meyvenin yeşile döneceği *kimri* aşamasıdır. *Kimri* aşamasında büyüklük, ağırlık ve şeker miktarında hızlı bir artış görülür (Şekil 2.3). Bu aşama, asit aktivitesinin ve nem içeriğinin (%85'den fazla) en yüksek olduğu aşamadır. Bu aşamanın sonunda meyve; çeşidine göre sarı veya kırmızı renge dönüşür. Bu noktada hurma çekirdeği oluşmuştur ve meyve olgundur.

Khalal aşamasında meyvede ağırlık artışı yavaş olup; sakaroz içeriği artar, nem içeriği düşer, taninler çökmeye başlar ve acılıklarını kaybederler. Bazı çeşitlerde bu ikinci proses hızlı gelişir ve henüz *khalal* aşamasında iken meyvelerin lezzetli hale gelmelerini sağlar. Bu aşamada meyvenin ticari olgunluğa ulaştığı söylenebilir. Meyve uç kısımlarının kahverengiye dönüşmeye başlaması ile; nem kaybına bağlı olarak ağırlık azalışı, sakarozun invert şeker kısmı dönüşümü, meyve kabuğundaki esmerleşme ve dokularda yumuşama ile karakterize edilen *rutab* aşaması başlar. Nem içeriğinin %35'e kadar düştüğü bu aşamada hurma taze

meyve olarak satılabilir. Hurmalar ağaçta olgunlaşmaya bırakıldığında uygun iklim koşullarının elverdiğince tamr aşamasına dönerler. Uygun iklim koşulları ise hurmanın kendini koruyabildiği nem içeriği olarak ifade edilebilir ki bu oran maksimum %24-25 dolaylarındadır (Barrevel, 1993).

Rutab aşamasında nem oranı %45'den %24'e düşerken hurmada aşağıdaki karakteristikler gözlenir;

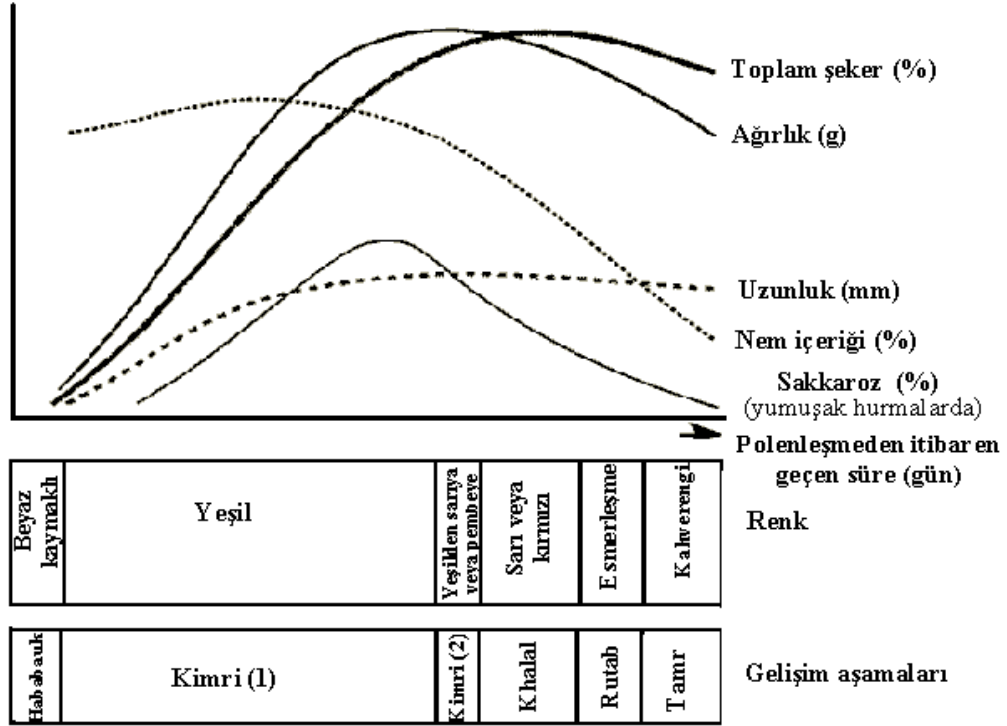
- i. ağırlıkta azalma (yaklaşık %15),
- ii. yumuşak doku şeklinden daha bükülebilir ve sıkı şekle dönüş,
- iii. daha dayanıklı olma özelliği,
- iv. haşere istilasına karşı hassas olma özelliği (tüm seviyelerde),
- v. mikrobiyal saldırılara karşı düşük tehlike,
- vi. esmerleşmede düşük oran [1].

Çizelge 2.1'de hurma meyvesinin olgunlaşması sırasında nem içeriğinde meydana gelen değişimler görülmektedir.

Çizelge 2.1 Hurma meyvesinin olgunlaşması sırasında Khalal aşamasından Tamr'a kadar geçen sürede nem içeriği [1].

Aşama	Nem içeriği (%)
Kimri ve Khalal başlangıcı	85
Khalal sonu	50
Rutab başlangıcı	45
Rutab (%50)	40
Rutab (%100)	30
Tamr	24 ve daha az

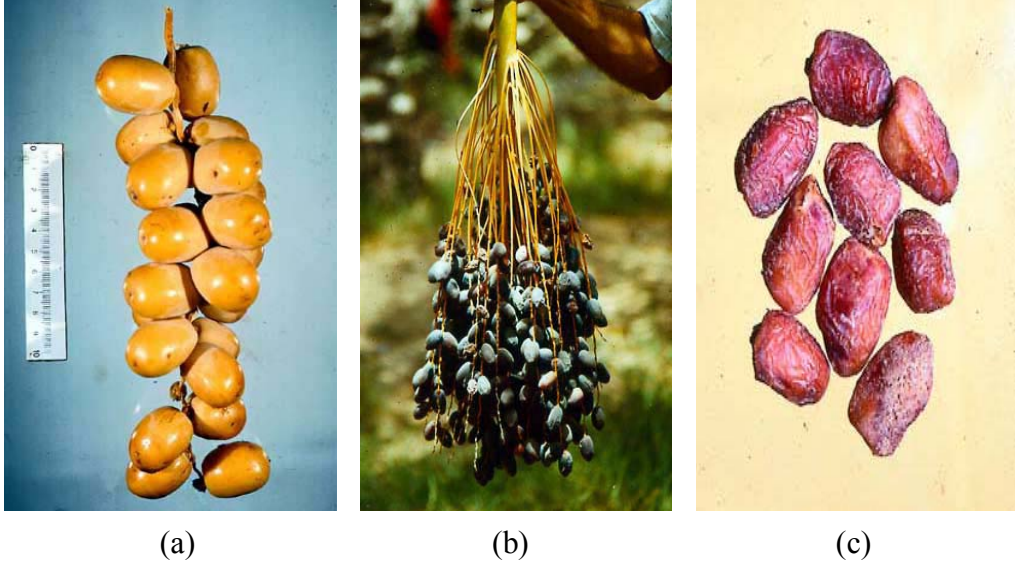
Şekil 2.3'te hurmanın gelişimi süresince değişen karakteristikler verilmektedir.



Şekil 2.3 Hurmanın gelişim sürecindeki değişiklikler (Barreveld, 1993).

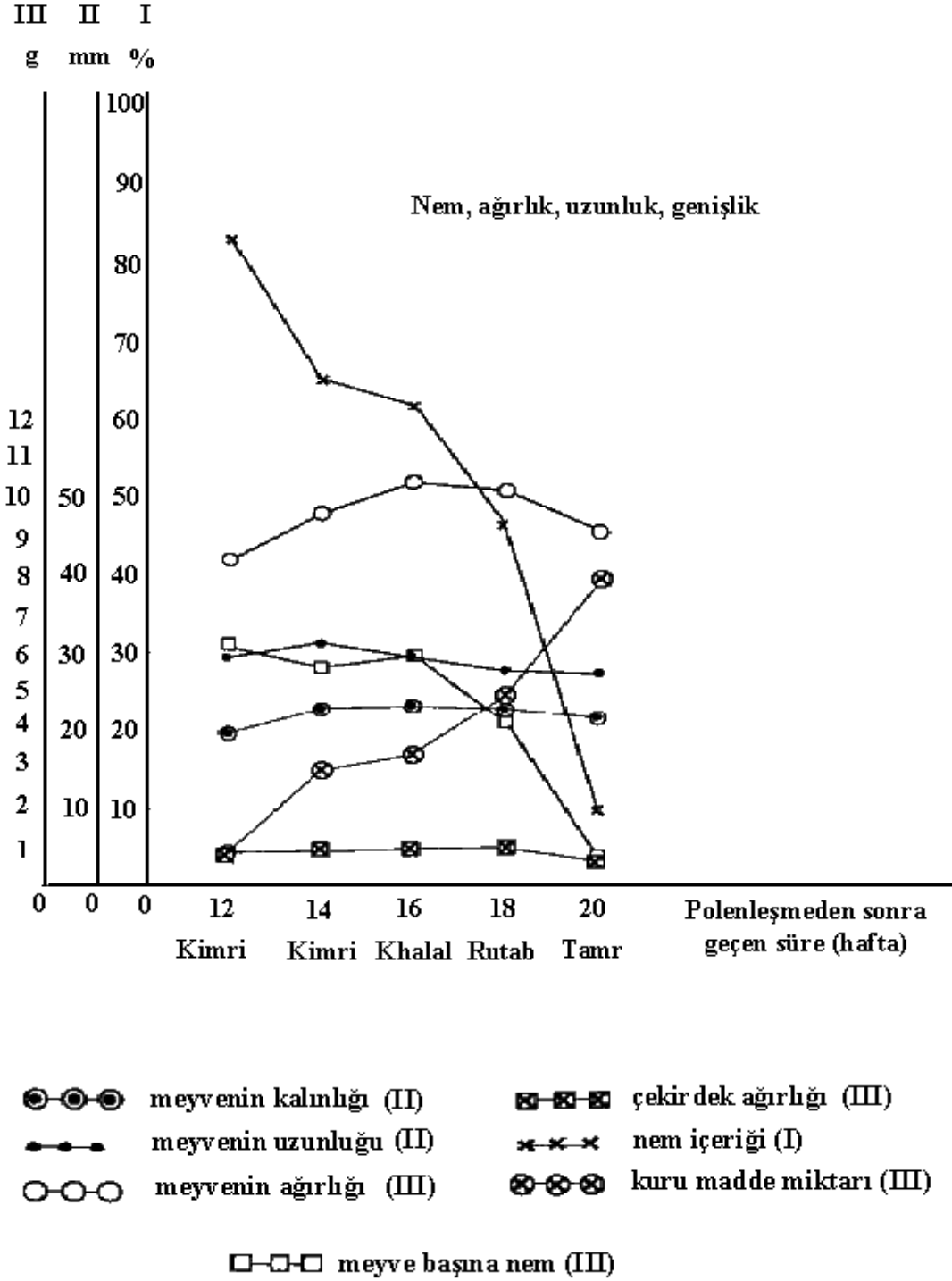
Hurmalar diğer meyvelerden botanik olarak olgunluk ve en az 3 farklı ticari olgunlaşma seviyesine –*tatlı khalal, rutab ve tamr*- sahip olmaları ile ayrılırlar (Şekil 2.4).

Çeşitlilik ve yetiştirilme koşullarına göre hurmaların (tamr) şekil, boyut ve ağırlığı değişir. Genellikle hurmaların boyu eninden uzun olmasına karşın bazı çeşitlerde yuvarlak bir şekle sahip oldukları görülebilir. Uzunluk ve genişlikleri 18 ve 8 mm'den, 60 ve 32 mm'ye kadar değişmekle birlikte ortalama olarak 40 ve 20 mm'dir. Meyve başına ortalama ağırlık ise yaklaşık 7 ile 10 g'dır (Barreveld, 1993).



Şekil 2.4 Hurmaların tüketildiği başlıca üç olgunluk aşaması:
(a) khalal, (b) rutab, (c) tamr

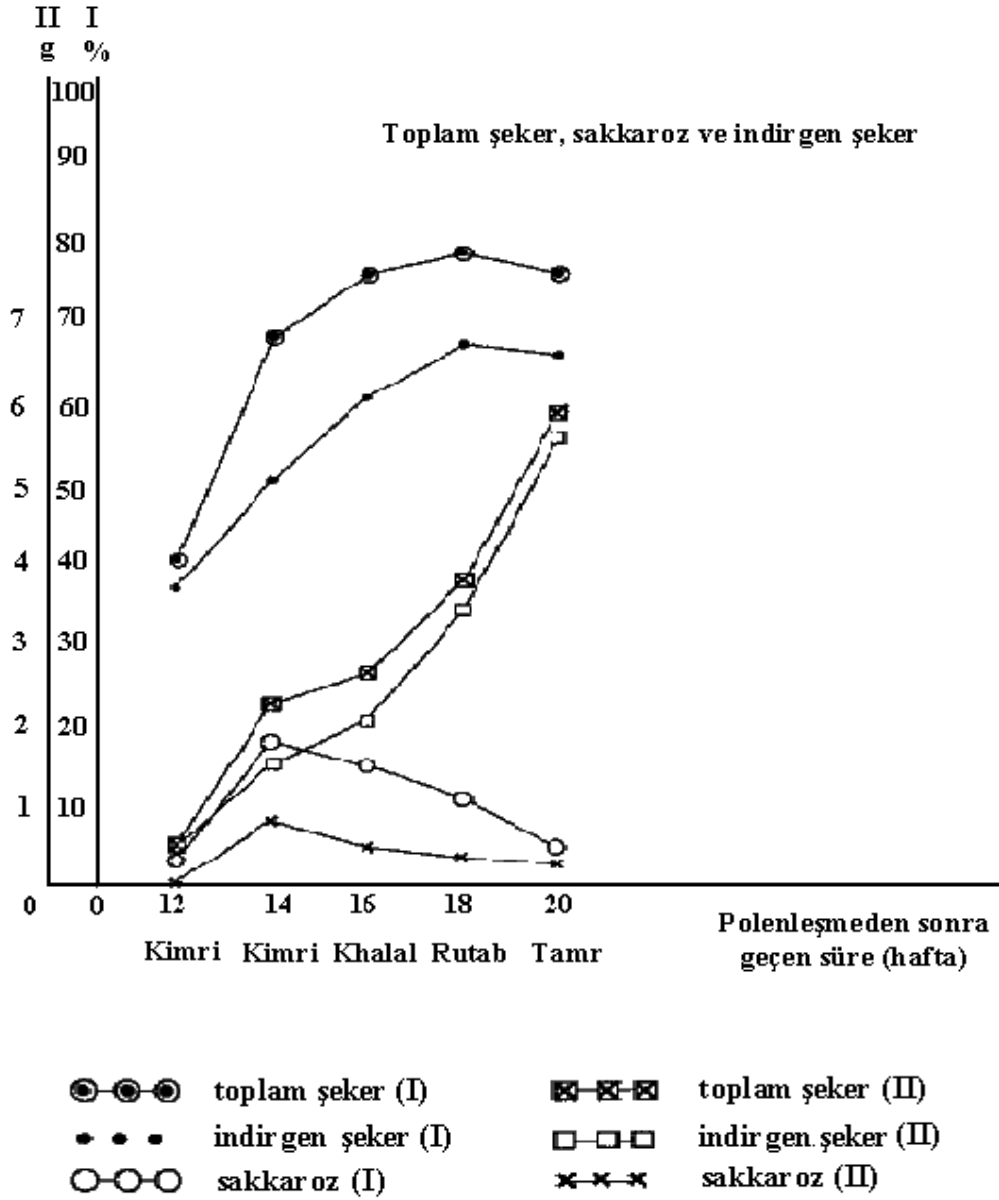
Şekil 2.5 ve 2.6'da Rueziz çeşidi için büyüme ve oluşum sırasında meydana gelen değişikliklere ait değerler verilmektedir (Barreveld, 1993).



Şekil 2.5 Rueziz çeşidi için polenleşmeden sonra geçen süre içerisinde meyvenin nem, kalınlık, uzunluk, ağırlık, kuru madde miktarı ve çekirdeğinin ağırlığında meydana gelen değişimler (Barreveld, 1993).

Meyvenin gelişimi sırasında Kimri aşamasından Tamr'a kadar geçen sürede meyvenin kalınlığı, ağırlığı, uzunluğu, nem içeriği, kuru madde miktarı ve çekirdek ağırlığı ile ilgili değerler Şekil 2.5'te görülmektedir. *Khalal* aşamasında meyvenin ağırlık artışı yavaş olup, nem içeriği düşmekte ve kuru madde miktarı artmaktadır. En son aşama olan *tamr*'da ise nem

içeriği en düşük seviyede ve kuru madde miktarı en yüksek seviyededir.



Şekil 2.6 Rueziz çeşidi için polenleşmeden sonra geçen süre içerisinde meyvenin toplam şeker, indirgen şeker ve sakkaroz miktarında meydana gelen değişimler (Barreveld, 1993).

2.3 Hurmanın Bileşimi ve Kalitesi

Hurmanın kalitatif ve kantitatif kimyasal oluşumuna dair bilgiler özellikle hurmaları ambalajlayan, işleyen yada satan kişiler için büyük önem ifade eder. Söz konusu bilgiler hammaddenin olasılık ve sınırlamalarını etkilemektedir. Tüketicilerin ilgisi ise esas olarak ürünün organoleptik (doku, renk, aroma, lezzet, olgunluk ve tazelik) ve besinsel özellikleri üzerine yoğunlaşacaktır.

Literatürde farklılık gösteren bir çok bilgi mevcuttur ancak genel görünüm bu farklılıklara rağmen hurmanın ne içerdiğini ve hangi ortalama kantitatif değerlerde olduğunu göstermektedir. Çizelge 2.2 ve 2.3'te hurmanın bileşimi görülmektedir (McCance ve Widdowson, 1991).

Çizelge 2.2 Hurmanın bileşimi (g/100g, kcal-kj/100g).

		g	g	g	g	g	kcal	kj
Hurma	Yenilebilen kısım	Su	Protein	Yağ	Kolestrol	Karbonhidrat	Enerji değeri	
<i>Ham</i>	0,86	52,2	1,3	0,1	0	26,9	107	456
<i>Kuru</i>	0,84	12,3	2,8	0,2	0	57,1	227	969

Çizelge 2.3 Hurmanın bileşimi (g/100g).

	g	g			g	g	g	g
		Yağ asitleri					Diet Lif	
Hurma	Toplam nitrojen	Doymuş	Tekli doymamış	Çoklu doymamış	Nişasta	Toplam şeker	Soutgate metodu	Englyst metodu
<i>Ham</i>	0,21	Tr*	Tr*	Tr*	0	26,9	3,1	1,5
<i>Kuru</i>	0,45	0,1	0,1	Tr*	0	57,1	6,5	3,4

Hurma şeker, demir, potasyum, kalsiyum ve nikotinik asit açısından zengin bir meyvedir. Ayrıca ufak miktarlarda protein, bakır, magnezyum, klor, sülfür, A vitamini, tiamin ve riboflavin de içermektedir. Sakkaroz ve indirgen şeker oranı meyvenin çeşidine ve olgunluğuna bağlı olarak değişmektedir.

Çizelge 2.4'te ticari olarak üretilen 4 çeşit hurmanın bileşimi verilmektedir (Salunkhe ve Desai, 1984).

* Tr: İlgili yağ asitleri eser miktarda bulunmaktadır.

Çizelge 2.4 Hallawy, Sayer, Khandrawy ve Zadhi türlerinin bileşen oranları (Salunkhe ve Desai, 1984).

Bileşen	Ürün			
	Hallawy	Sayer	Khandrawy	Zadhi
Nem (%)	7,3	7,5	9,5	8,26
TSS (Brix)	84,2	81,3	80,8	82,14
Protein (%)	2,3	2,78	2,43	2,16
Yağ (%)	0,51	0,32	0,47	0,43
Mineraller (%)	1,92	1,8	2,12	1,86
Çözünmeyen lifler (%)	1,82	1,72	2,28	2,5
Toplam şeker (%)	87,9	86,1	87,44	86,86
İndirgen şeker (%)	82,72	82,6	81,91	73,4
Tiamin (mg/100g)	99	130	94	80
Riboflavin (mg/100g)	173	135	149	167
Folik asit (mg/100g)	57	70	43	63
Askorbik asit (mg/100g)	3,56	17,51	3,2	2,41
Kalsiyum (mg/100g)	184	203	133	207
Fosfor (mg/100g)	16	3	15	14
Magnezyum (mg/100g)	56	583	60	59
Demir (mg/100g)	5,26	3,21	4,5	10,37
Mangan (mg/100g)	5,86	5,25	5,14	5,16
Bakır (mg/100g)	2,77	2,89	2,54	2,75
Çinko (mg/100g)	1,39	1,82	1,29	0,74

Çizelge 2.5'te ise Birhi ve Safri olarak adlandırılan iki farklı türde hurmanın nem, kül, protein, toplam şeker ve toplam pektin içeriği görülmektedir (Al-Hooti vd., 2002).

Çizelge 2.5 Birhi ve Safri türlerinin kimyasal kompozisyonları. (Al-Hooti vd., 2002)

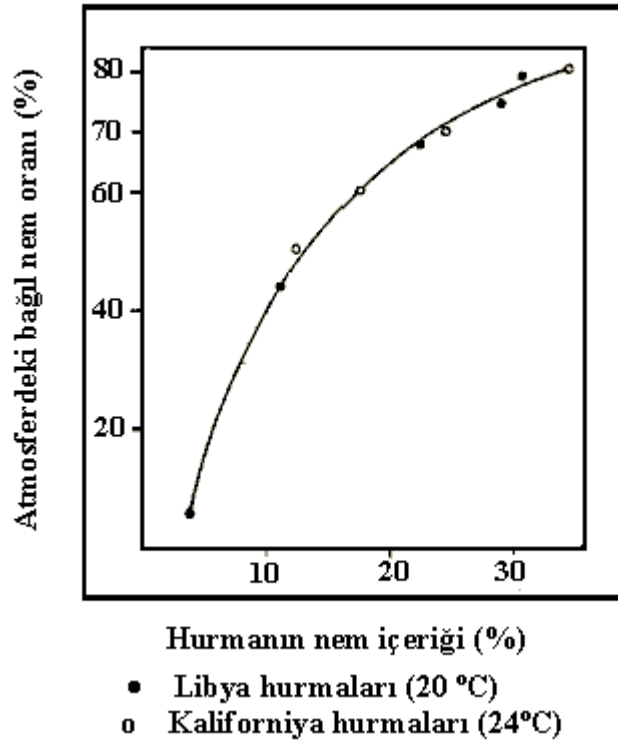
Hurma çeşidi	Nem içeriği (%)	Kül (%)	Protein (N x 6.25;%)	Toplam şeker (%)	Toplam pektin (Ca pektat;%)
Birhi	11,55	2,08	2,60	88,02	0,56
Safri	11,53	2,16	2,03	87,53	0,44

Başlıca bileşenler ve bu bileşenlerin meyvenin hasat sonrası kalitesi ile ilişkilerine (özellikle satıcı, paketleyici, işleyici ve tüketici açısından) dair bilgiler aşağıdaki gibidir.

2.3.1 Nem

Gelişimin ilk aşamalarında, hurmanın nem içeriği %85'ten (kimri aşamasının başlangıcı), %5-10'a (kuru çöl hurmalarında) kadar değişebilmektedir. Bu iki oran arasında farklı nem seviyeleri bulunmaktadır;

- %50-60 - *tatlı khalal*
- %35-40 - *rutab*
- %20 – *pazarlanan hurma*



Şekil 2.7 Denge nem eğrisi.

Atmosferdeki bağıl nem oranı %70'in altında olduğunda küf oluşumu görülmemektedir. Şekil 2.7'deki eğri %24 nem içerikli hurmaların, bağıl nemi %70 olan atmosfer şartlarında dengede olduğunu göstermektedir. %35 oranında *rutab* bu seviyenin üzerindedir ve çürüyebilirliği dikkate alınmalıdır. Hurmaların depolama koşulları ve kurutulmaları açısından da şekildeki eğriden yararlanılabilir. Hurmaların nem içeriği, kurutularak (güneşte veya dehidrasyon ile) veya su katılarak (hidrasyon) ayarlanabilir. Mikrobiyal saldırılardan ayrı olarak nem içeriğinin yükselmesi, hurmalardaki biyokimyasal proseslerin de (kararma ve yumuşama gibi) artmasına

neden olur. Artan nem içeriği bağıl tatlılığı azaltmakta ve keskin bir tadın oluşmasına neden olmaktadır (Barrevel, 1993).

2.3.2 Karbonhidratlar

Daha önceleri meyveden ziyade şeker kaynağı olarak kullanılan hurmanın şeker içeriği, sukroz, glukoz ve fruktoz karışımından oluşmaktadır. Glukoz ve fruktoz oranı birebir olsa da, bu oran olgunlaşma sırasında değişebilmekte ancak genellikle glukoz sabit kalmaktadır (Belitz vd., 2004).

Çizelge 2.6 Çeşitli meyvelerdeki şeker içeriği (% yenilebilen kısım) (Belitz vd., 2004).

Meyve	Glukoz	Fruktoz	Sakkaroz
Elma	1,8	5,7	2,4
Kayısı	1,9	0,9	5,1
Kiraz	6,9	6,1	0,2
Çilek	2,2	2,3	1,3
Üzüm	7,2	7,4	0,4
Muz	3,5	3,4	10,3
Hurma	25	24,9	13,8
İncir	5,5	4	0

Dünyanın çeşitli bölgelerindeki kuru maddede (tamr aşaması) toplam şeker oranı Çizelge 2.7’de görülmektedir (Barrevel, 1993).

Çizelge 2.7 Farklı ülkelerde yetişen hurmaların şeker içerikleri.

Bölgeler	Kuru Maddedeki Toplam Şeker Oranı (%)	
	Ortalama	Aralık
ABD , 21 çeşit	78	67-85
Suudi Arabistan		
Merkez ve Kuzey Bölgeleri, 15 çeşit	77	67-83
Doğu Bölgesi, 15 çeşit	74,2	65-83
Batı Bölgesi, 10 çeşit	78,3	74-87
Güneybatı Bölgesi, 13 çeşit	79,1	71-83
Irak, 4 çeşit	87,1	86-88
Irak, 5 çeşit	73,8	45-86

Hurmanın *yumuşak*, *yarı kuru* veya *kuru* olması, tamr aşamasında hurmanın doku kalitesi ve yumuşaklığına (esneklik) dayanmaktadır ki bu da artan sakaroz içeriği ile bağlantılıdır. Nem ve lif içeriği de bir hurmanın *yumuşak*, *yarı kuru* veya *kuru* olduğunun belirlenmesinde rol oynar.

Yumuşak, *yarı kuru*, *kuru* ayrımı doku veya normal olgunlaşma şartlarında meyvenin kararlılığı temel alınarak yapılır.

- *Yumuşak* hurma: yumuşak et, yüksek nem içeriği ve düşük şeker oranı.
- *Yarı kuru* hurma: sıkı et, düşük nem içeriği, yüksek şeker oranı
- *Kuru* hurma: (ekmek hurması olarak bilinir) yüksek şeker oranı, düşük nem içeriği ve kuru et (Barrevel, 1993).

Çizelge 2.8 Yumuşak, yarı kuru ve kuru hurmaların nem ve şeker içeriği (Barrevel, 1993).

	% Nem (taze ağırlık)	Toplam Şeker % kuru madde	İndirgen Şeker % kuru madde	Sakkaroz % kuru madde
Yumuşak				
Birhi	37,3	84,8	84,8	0
Khadrawy	24,4	82,2	82,2	0
Yarı Kuru				
Deglet Nour	24,1	77,1	38,6	38,5
Dayri	22,2	75,7	70,4	5,3
Kuru				
Thoory	15,5	73,0	40,9	32,1
Kinta	-	80,0	35,0	45,0

2.3.3 Proteinler ve Yağlar

Proteinler ve yağlar hurma etinde düşük miktarlarda bulunurlar.

Proteinler hurmada %1-3 oranında bulunurlar. Diğer sebze ve meyveler göz önünde bulundurulduğunda hurmanın daha fazla protein içerdiği görülmektedir. Örneğin elma, portakal, muz ve üzüm sırasıyla ortalama %0,3, %0,7, %1 ve %1 protein içermektedir (Al-Showiman, 1990).

Hurmalar şeker elde etmek için ekstrakte edildiklerinde, proteinler meyve suyunda bulanıklığa yol açabileceklerinden uzaklaştırılmaları zorunludur. Olgunlaşma sırasında proteinler ayrıca

oksidatif olmayan esmerleşme reaksiyonlarında (Maillard Reaksiyonu) ve tanenlerin çöktürülmesinde rol oynarlar.

Yağlar, çoğunlukla meyvenin kabuğunda yer alırlar (%2,5-7,5). Hurma etine besinsel değer (%0,1-0,4) katmaktan çok meyvenin korunmasında fizyolojik öneme sahiptirler. Palmitik, kaprik ve kaprilik asit, hurma etinde bulunan başlıca serbest yağ asitleridir (Barreveld, 1993).

Hurmadaki yağ miktarı %0,1-0,4 iken, çekirdeğindeki yağ miktarı yaklaşık %7,7-9,7 civarındadır (Al-Shahib ve Marshall, 2003). Hurma yağ içeriği açısından zengin olmadığından yağlık olarak kullanılmaz (Ergönül, 2005). Ancak çekirdeklerinden elde edilen yağ Orta Doğu ülkelerinde kullanılmaktadır. Çizelge 2.9'da Ergönül'ün çalışmasında kullandığı bir çeşit hurmanın ortalama yağ asidi kompozisyonu görülmektedir.

Çizelge 2.9 Hurma yağının ortalama yağ asidi kompozisyonu (Ergönül, 2005).

Yağ Asidi	(%)
Linoleik asit	7,16 ± 1,75
Mistirik asit	2,41 ± 0,09
Palmitik asit	23,76 ± 1,06
Stearik asit	2,67 ± 0,41
Oleik asit	38,95 ± 2,64
Linolenik asit	0,74 ± 0,29

Hurmanın yağ asidi kompozisyonunun büyük oranda doymuş ve tekli doymamış yağ asitlerinden oluşuyor olması sağlık açısından olumsuz olarak nitelendirilmesine rağmen, hurmanın yağ içeriğinin oldukça düşük olması bu olumsuzluğu bir ölçüde ortadan kaldıracaktır (Ergönül, 2005).

Al-Shahib ve Marshall (2003) çalışmasında Mısır (Lobanah Masery), İran (Bamy), Irak (Shorcy ve Tamiriraq) ve Suudi Arabistan (Rotanah Alshara, Barny, Rabeaah, Shalaby, Mabroom, Anabarah, Sukkary, Suqaey, Sofry ve Safawy) ülkelerinden on dört çeşit hurma çekirdeğindeki yağ içeriği ve yağ asit profilini incelemiştir. Yapılan çalışmada yağ içeriği %5-9 arasında bulunmuştur. Oleik asit bütün çeşitlerde %50 olmakla birlikte 11 farklı yağ asidi (kaprilik, kaprik, lavrik, mistirik, palmitik, stearik, lineoleik, arakhidik, eikosenoik, behenik) bulunmuştur ve bunların değerleri %0,2-12 arasında değişmektedir. Bulunan değerlerdeki farklılıklar kullanılan hurmaların çeşidine, hasat sırasındaki iklim koşullarına ve kültürel farklılıklara

atfedilmiştir. Ayrıca bugün sadece hayvan yemi olarak kullanılan hurma çekirdekleri için yenilebilen yağlar ve ilaçlar gibi potansiyel kullanım kaynakları olabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Fayadh ve Al Showiman (1990), çalışmasında parçalanan hurma çekirdeklerin suda dağıldığını, böylece korneada oluşan bulanıklığa iyi geldiğini ve baş ağrılarını azalttığını belirtmişlerdir. Benzer olarak bir çeşit hurma çekirdeğinin alkol ekstraktının antimikrobiyal etki gösterdiğini söylemişlerdir.

Besbes vd. (2004), hurma çekirdeklerinin yağının renk, oksidatif kararlılık, viskozite ve mikro yapısını incelemişlerdir. Sonuçlar hurma çekirdeklerinin yağının kozmetik, ilaç ve gıda ürünlerinde kullanılabileceğini göstermektedir.

2.3.4 Çözünmeyen Maddeler

Bu maddeler hurma etinin erimeyen, besleyici değeri olmayan kısımları olarak nitelendirilirler ve başlıca selüloz, hemiselüloz, lignin, ligno-selüloz ve erimeyen proteinlerden oluşurlar. Olgunlaşma işlemi sırasında bu maddeler meyvenin daha yumuşak hale gelmesi için, enzimler yardımıyla çözünebilen maddelere dönüştürülürler. Ticari olarak olgun hurmalardaki çözünmeyen madde miktarları hurma etinin %2-6'sıdır. Ancak sınai amaçlar için kullanılan düşük kaliteli hurmalarda bu oran %10' a kadar çıkabilmektedir. Yapılan bir araştırma, hurma etinin %1,55 selüloz, %1,28 hemiselüloz ve %2,01 lignin içerdiğini göstermiştir (Barreveld, 1993).

2.3.5 Vitaminler ve Mineraller

Literatürde bulunan bir çok veri bu iki grup maddenin özellikle beslenme açısından önemli olduğunu vurgulamaktadır. Çoğunlukla olgunlaşma aşamasındaki hurmaların,

- i. A, B₁, B₂ vitaminleri ve niasin içerdiği,
- ii. Diğer vitaminlerin özellikle C vitaminin önemli miktarda olmadığı,
- iii. İyi bir potasyum, kalsiyum ve magnezyum kaynağı olduğu,
- iv. Bir miktar klor, bakır, kükürt ve fosfor içerdiği belirtilmektedir (Barreveld, 1993).

Çizelge 2.10 Hurmada bulunan inorganik maddeler (mg/100g) (McCance ve Widdowson, 1991).

	mg/100g									
Hurma	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	Cu	Zn	Cl	Mn
<i>Ham</i>	6	350	21	21	24	0,3	0,1	0,2	180	0,2
<i>Kuru</i>	8	590	38	34	50	1,1	0,22	0,3	310	0,3

Çizelge 2.11 Hurmada bulunan vitaminler (mg/100g, µg/100g) (McCance ve Widdowson, 1991).

	µg/100g			mg/100g					µg/100g	mg/100g
Hurma	Retinol	Karoten	D Vitamini	E Vitamini	Tiamin	Ribo-flavin	Niacin	B₆ Vitamini	B₁₂ Vitamini	C Vitamini
<i>Ham</i>	0	15	0	N*	0,05	0,06	0,6	0,1	0	12
<i>Kuru</i>	0	34	0	N*	0,06	0,08	1,5	0,16	0	Tr*

2.3.6 Enzimler

Enzimler, hurmanın oluşumu ve olgunlaşması sırasında meydana gelen dönüşüm prosesinde önemli bir rol oynarlar. Aşağıda belirtilen enzimler son ürün kalitesi açısından özel bir önem ifade ederler;

- i. İntertaz, sakarozun glukoz ve fruktoza dönüşümünden sorumludur; doku ve yumuşaklık (esneklik) ile ilişkilidir.
- ii. Poligalakturonaz ve pektinmetilesteraz, çözünemeyen pektik maddeleri çözünebilen pektinlere dönüştürürler; meyvenin yumuşaklığına katkıda bulunurlar.
- iii. Selülaz, çözünürlüğü artırarak selülozu kısa zincirlere böler; glukoz oluşumunu sağlar ve böylece lif içeriğini azaltır.
- iv. Polifenol oksidaz tanenlerin dahil olduğu polifenollerin biyokimyasal değişimlerinden sorumludur; hurmanın oksidatif olmayan esmerleşme reaksiyonları açısından önemlidirler.

* N: İlgili vitamin önemli miktarda bulunmakla birlikte kesin değer bilinmemektedir.

* Tr: İlgili vitamin eser miktarda bulunmaktadır.

Bu enzim aktiviteleri, ambalajlayan ve işleyen kişi tarafından pratik bir önem ifade etmektedir. Çünkü istenen sonuca göre ısı ve nemin ayarlanması ile enzim aktivitesi başlatılabilir veya engellenebilir. Enzim aktivitesi normal olarak çözeltide veya nemli atmosferde oluşabilir; en uygun sıcaklık genellikle 30 ve 40°C aralığındadır. Bu sıcaklığın altında veya üzerinde enzim aktivitesi azalır. (örneğin 50°C de dönüşüm %50 aktivite kaybı ve 10 dk sonra 65°C de dönüşüm %90 aktivite kaybı ile olur) Hurmaların soğukta veya dondurularak uzun süre depolanması esas olarak enzim aktivitesinin yavaşlamasına dayanır.

Alternatif olarak hurmalara eklenen enzimler istenen dönüşümlerin başlamasında veya hızlanmasında kullanılırlar. Örnek olarak, invertazın dokunun ve “sugar wall” hurmaların görünümünün iyileştirilmesinde (geliştirilmesinde) kullanımı; pektik enzimlerin ve selülozün karışık yeşil hurmaların kalitesinin artırılmasında kullanımı verilebilir (Barreveld, 1993).

2.3.7 Diğer Kimyasal Maddeler

Hurmanın sonraki kalitesinde ufak miktarlarının dahi kesin bir etkisi olan bazı maddeler daha bulunmaktadır. Bunların bazıları aşağıda belirtilmiştir:

i. Polifenoller: Hurmanın %3'ünü oluşturabilirler. Olgunlaşma sürecindeki önemli etkilerinden biri proteinle birleşmeden kaynaklanan çözünebilir formdan çözünemeyen forma (tatsız) dönüşmeleridir. Daha önce belirtildiği gibi, bu dönüşümün zamanı hurmaların koyu sarı (kırmızı) aşamasında lezzetli olup olmadığını belirler. Tanenlerin ayrıca hurmaların hasat sonrası aşamada kararmasında rol oynadıklarına inanılır. Ancak bu durum substrat olarak tanenlerin kullanıldığı, fenolazlı enzimatik esmerleşme testleri ile teyit edilmemiştir. Enzimatik esmerleşme reaksiyonu flavanlar gibi daha basit polifenollerden kaynaklanırken, tanenler enzimatik olmayan oksidatif esmerleşme reaksiyonlarında etkilidir. Hurmaların ısı ile muamele edilmesinin, hurmaların depolanmasında esmerleşmeyi yavaşlattığı söylenebilir ki bu da enzimatik bir prosesin işleme dahil olduğuna işaret eder (Barreveld, 1993).

ii. Organik asitler: Aromayı etkileyen sitrik-, malik- ve oksalik asit gibi birkaç organik asit, olgunlaşma sırasında içeriklerinin azalmasına rağmen, hurmada bulunan başlıca organik asitlerdir. Hurmaların en genel pH değeri 5,1 ile 6,1 arasında değişmektedir (Al-Shabib ve Marshall, 2003).

iii. Diğer bileşenler:

- Hurmanın belirgin bir aromaya sahip olmasına neden olan uçucu tatlar hakkında fazla bir bilgi bulunmamakla birlikte, Zahdi hurmaları için 38 adet uçucu bileşenin varlığı saptanmıştır. Bu bileşenler doymamış hidrokarbonlar (2 ad.), aldehitler (5 ad.), ketonlar (6 ad.), alkoller (5 ad.), fenoller (3 ad.) ve serbest yağ asitlerinden (11 ad.) oluşmaktadır.
- Karotenoid, antosiyanin, flavan, flavanol, likopen, karoten, flavoksantin ve lutein (bazı taze Mısır hurmalarında bulunur) hurmada bulunan çeşitli pigmentlerdir.
- Hurma etinden ekstrakte edilen steroller; kolesterol, kampasterol, stigmasterol, b-sitosterol, izo-fukosteroldür (Barreveld, 1993).

2.3.8 Hurmanın Kalite Profili

Kalite profilinin oluşturulmasında aşağıdaki noktalar göz önüne alınmalıdır;

- Renk, şekil, büyüklük, tat, doku, çekirdek/hurma oranı, meyvenin renginde ve büyüklüğünde benzerlik
- Nem, şeker ve lif içeriği
- Kusurlar; renkte bozulma, meyve kabuğunda yıpranma, leke, deformasyon vs.
- Böcek, yabancı madde, pestisit kalıntıları ve küflerin varlığı.

ABD, Kanada, İsrail, Cezayir, Tunus ve Amman gibi bazı ülkeler gerek üretilen gerekse ithal edilen hurmalar için uygulanmak üzere ulusal düzeyde bazı standartlar formüle etmişlerdir. Hurmalar için global standartlar oluşturmak üzere “ Ortak Gıda Tarım Örgütü/Dünya Sağlık Örgütü Gıda Standartları Programı Kodeks Alimentarius Komisyonu’nun bazı önerileri bulunmaktadır. Ayrıca Birleşmiş Milletler Ekonomik ve Sosyal Konseyi Avrupa Ekonomik Komisyonu “Avrupa ülkelerine ve Avrupa ülkeleri arasında satılan hurmaların pazarlama ve ticari kalite kontrolü hakkında öneriler” konulu bir teklifte bulunmuş ve bu öneri metni OECD* tarafından hazırlanan uygulanabilir standartların “Compendium” u ile birleştirilmiştir. Ancak yapılan bu çalışmalara rağmen henüz tüm ülkeleri bağlayan bir sistem oluşturulamamıştır. Bunun

* OECD: Organization for Economic Cooperation and Development.

nedeni ilk olarak hurmanın geniş bir çeşitlilik göstermesi ve dolayısıyla uygulamada kalite sınırlarının belirlenmesinin güçleşmesidir. Ayrıca katı kurallar negatif etkiye neden olabileceği gibi bazı üretici ülkelerin de istenen standartları yerine getiremeyeceği açıktır (Barreveld, 1993).

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde literatürden seçilen bazı çalışmalar özet olarak verilmiştir.

Al-Hooti vd. (2002) Suudi Arabistan'dan ithal edilen şeker içeriği yüksek (%88) Birhi ve Safri olarak isimlendirilen iki çeşit hurma örneği kullanarak laboratuvar ölçekte hurma şurubu üretimi için bir teknoloji geliştirilmesi üzerinde çalışmışlardır. Bu amaçla hurma örneklerini çeşitli ekstraksiyon işlemlerine tabi tutmuşlardır. Uygulanan ekstraksiyon işlemleri arasında pektinaz-selülaz enzimlerinin kullanıldığı denemeler, enzim kullanmadan yapılan denemelerle karşılaştırıldığında; enzim kullanıldığında toplam çözünen maddenin en yüksek geri dönüşümü verdiğini bulmuşlardır. Sonuçlar tamır aşamasındaki hurmadan konsantre hurma şurubu üretiminde pektinaz-selülaz enzimlerinin kullanılabilceğini göstermektedir.

Çalışmada çekirdekleri çıkartılan hurma örnekleri (1:2, 1:3, 1:4) oranlarında su ile karıştırılarak el mikseri yardımıyla karışım homojen hale getirildikten sonra 80°C'deki su banyosunda 1, 2 ve 3 saat süreyle bekletilmiştir. Denemeler aynı oranlar için 100°C'deki su banyosunda 10, 15, 20 ve 15 psi buhar basınçlı otoklavda 5, 10, 15 dakika süre ile tekrarlanmıştır. Santrifüj edildikten sonra elde edilen hurma suyu dekante edilmiş ve tartılmıştır. Ayrıca pektinaz-selülaz enzim karışımının ekstraksiyon üzerine etkisini görmek amacıyla pH'ı 6'ya ayarlanan hurma su karışımının üzerine enzim preparatı örneklerdeki hurma miktarı baz alınarak %0,5-1 ve 2 olarak eklenmiş ve karışım 40°C'de bekletilmiştir. Bekleme süresinin sonunda karışım santrifüj edilmiş, üründeki toplam çözünen madde miktarı hesaplanmıştır. Bu enzim preparatının kullanılmasıyla çözünen madde miktarının Bihri ve Safri için sırasıyla %67,5 ve 68,22'ye ulaştığı bulunmuştur. Otoklav ve sıcak su ile yapılan denemelerde bu değer %35'tir. Alınan sonuçlar enzim preparatının ekstraksiyon ürünlerinin miktarını hemen hemen iki katına çıkardığını göstermektedir. Enzimin %0,5 oranında eklenmesinin ekstraksiyon ürünüdeki çözünen madde miktarını %63,10 ve 66,58'e kadar artırdığı belirtilmektedir.

Bütün ekstraksiyon işlemlerinden sonra elde edilen hurma şurupları karıştırılarak 60 °C'de rotasyon buharlaştırıcıda vakum altında 80,4 ve 81,2°Bx'e konsantre edilmiştir. Konsantre edilen hurma şurubu örnekleri pH, asitlik, mineral madde, protein, glukoz, fruktoz, makro ve mikro elementlerin içeriği için analiz edilmiştir. Bulunan sonuçlar Çizelge 3.1 ve 3.2'de görülmektedir.

Çizelge 3.1 Konsantre edilen hurma şuruplarının fizikokimyasal kompozisyonu (Al-Hooti vd., 2002).

Çeşit	Nem içeriği %	pH	Asitlik % (sitrik asit)	Glukoz %	Fruktoz %	Kül %	Protein %
Bihri	16,76	4,09	0,77	38,02	39,12	1,77	1,68
Safri	16,25	4,11	0,67	38,45	39,69	1,51	1,22

Çizelge 3.2 Konsantre edilen hurma şurubunun mineral kompozisyonu (mg/100g, kuru madde temel alınarak) (Al-Hooti vd., 2002).

Çeşit	Makro Elementler (mg/100g)					Mikro Elementler (mg/100g)			
	Ca	P	Na	K	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn
Bihri	35,4	152,3	673,0	531,2	28,4	0,10	0,31	0,13	0,20
Safri	26,0	138,1	595,0	497,9	22,7	0,10	0,28	0,18	0,29

Entezari vd. (2003), çalışmalarında ekstraksiyon verimini ve kalitesini iyileştirmek ve aynı zamanda sağlık problemlerinin üstesinden gelmek amacıyla ultrasonik dalgalar kullanmışlardır. Araştırmalarında meyve:su oranı, ultrasonik şiddet ve sıcaklık parametrelerini incelemişlerdir. Sonuçlar uygun şartlar altında ultrasound ile kısa bir zaman diliminde ürünün fiziksel kalitesinin çok iyi olduğu yüksek ekstraksiyon verimine ulaşılabildiğini göstermektedir. Çalışmada bulunan bir diğer önemli sonuç ise ultrasoundun klasik ekstraksiyon yöntemlerine oranla mikrobiyal yükü önemli ölçüde azaltmasıdır. Bu çalışma aynı zamanda hurma içerisinde antimikrobiyal maddelerin olduğunu doğrulamaktadır ve ultrasonik dalgalar bu maddelerin etkilerini hızlandırmaktadır.

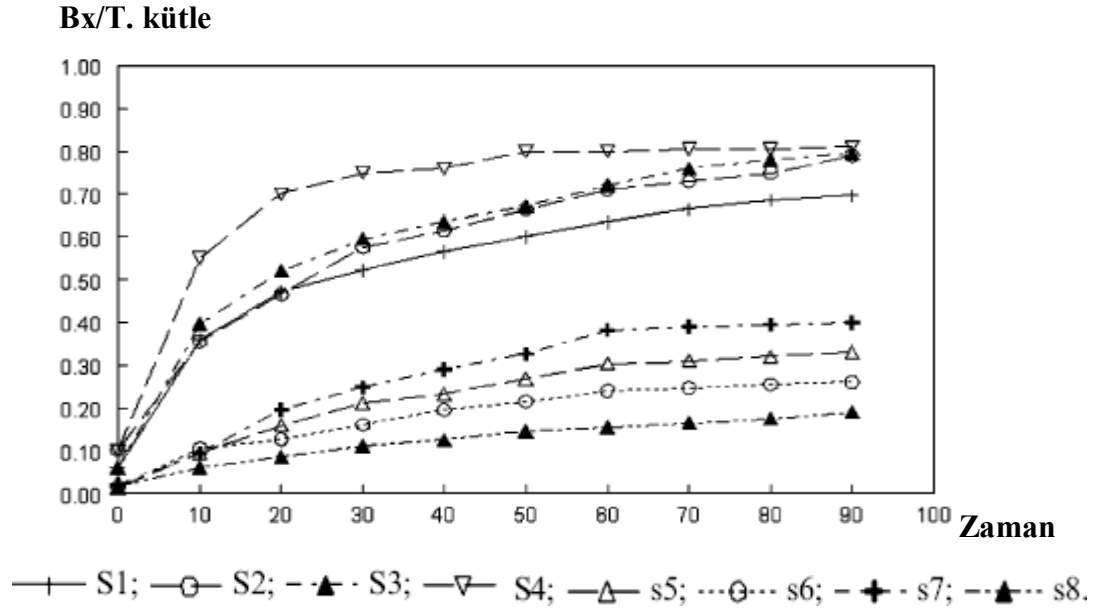
Çalışmada ortalama şeker içeriği %65 olan Kabkab hurması dört farklı ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur. Birinci ve ikinci metotta örnekler karıştırma işlemi uygulanarak ve uygulanmadan klasik olarak, üçüncü ve dördüncü metotta ise 20 kHz frekansta iki farklı şiddette (%25 ve 10) ultrasonik dalgalar kullanılarak ekstrakte edilmiştir. Meyve:su oranları (1:3) ve (1:9) olarak alınmış ve ekstraksiyon iki farklı sıcaklıkta (15°C, 35°C) gerçekleştirilmiştir. Bütün denemeler 90 dakika için 10'ar dakika aralıklarla kaydedilmiştir. Elde edilen şuruplar filtre edildikten sonra 15 dakika santrifüj edilmişlerdir.

Çalışmada hazırlanan örnekler için yapılan kısaltmalar aşağıda verilmiştir.

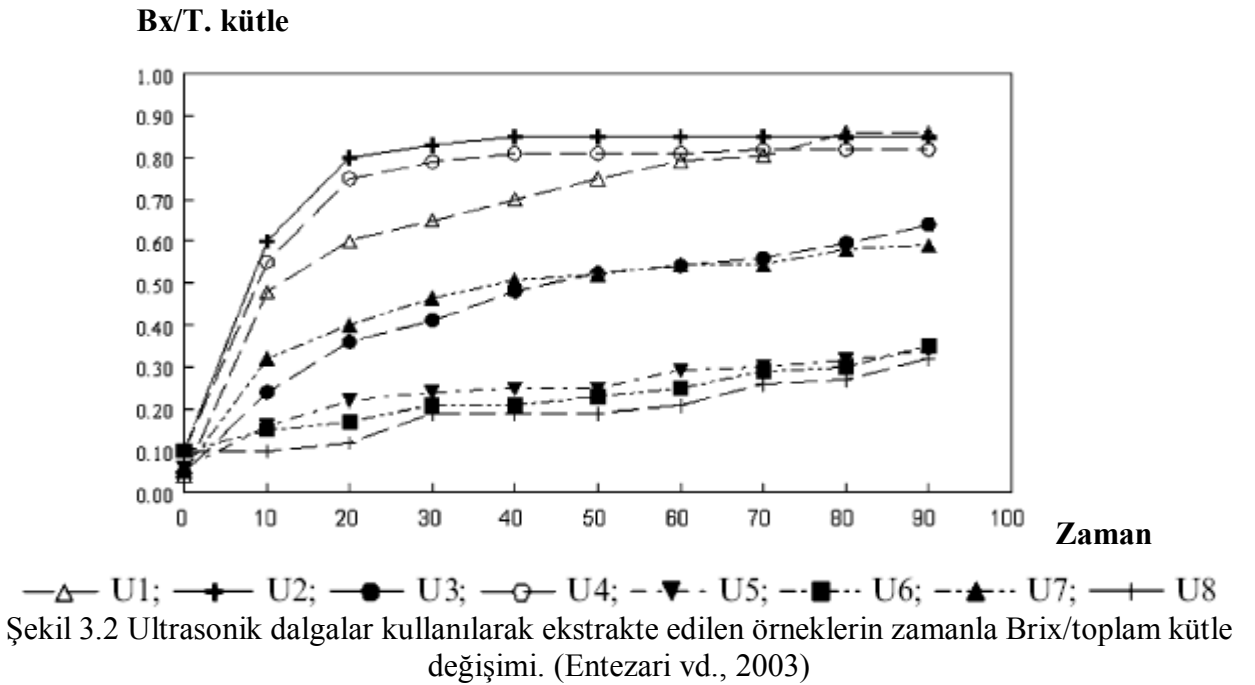
S1–S4 : kontrol örnekleri, karıştırma işlemi uygulanarak, **S5–S8** : kontrol örnekleri, karıştırma işlemi uygulanmadan, **U1–U4** : toplam gücü %25 olan ultrasonik cihaz kullanılarak, **U5–U8** :

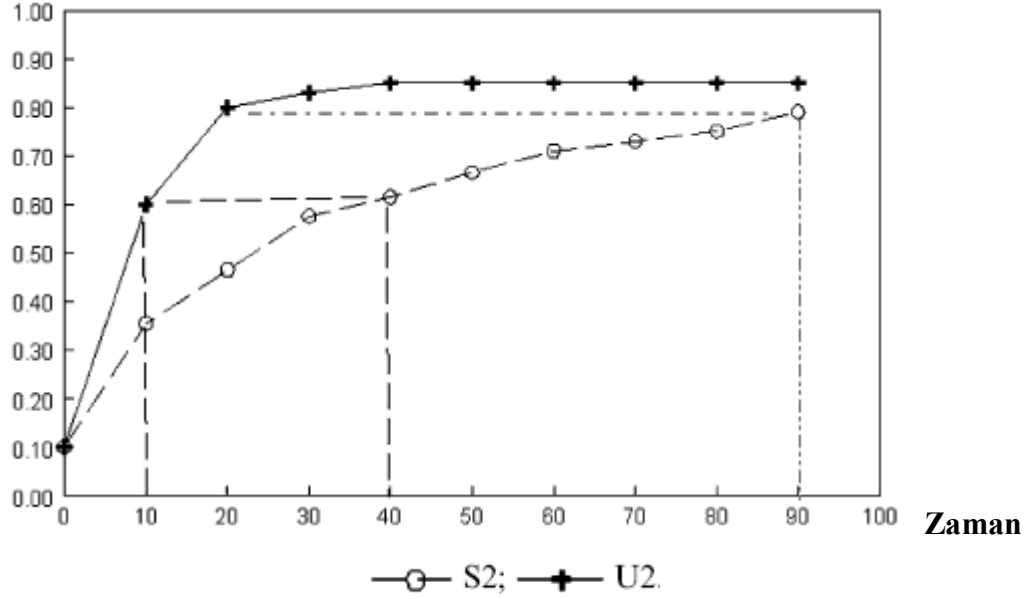
toplam gücü %10 olan ultrasonik cihaz kullanılarak, **S1, U1, S5, U5** : su:meyve oranı (3:1), 15°C sıcaklık, **S2, U2, S6, U6** : su:meyve oranı (9:1), 15°C sıcaklık, **S3, U3, S7, U7** : su:meyve oranı (3:1), 35°C sıcaklık, **S4, U4, S8, U8** : su:meyve oranı (9:1), 35°C sıcaklık.

Ekstraksiyon sonunda elde edilen sonuçlar şekilde görülmektedir.



Şekil 3.1 Kontrol örneklerinin ekstraksiyonunun zamanla Brix/toplam kütle değişimi. (Entezari vd., 2003)



Bx/T. kütle

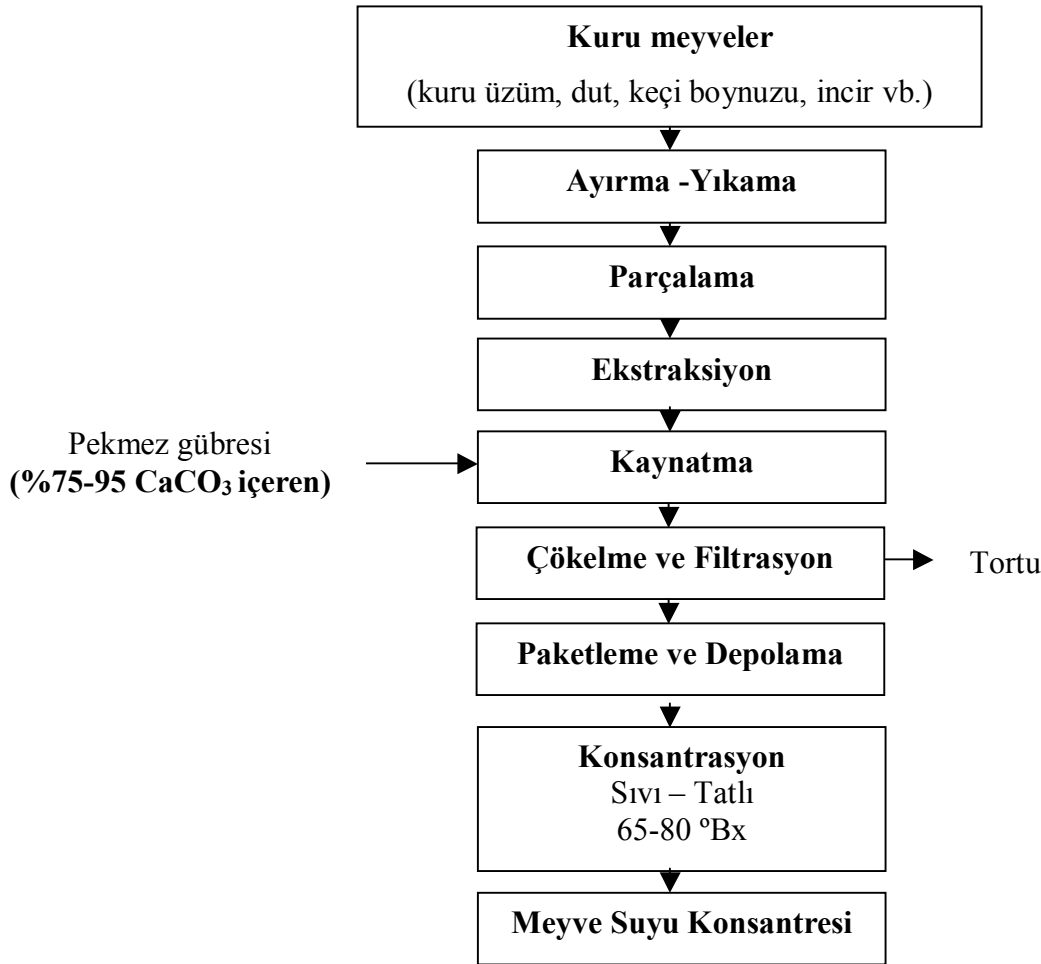
Şekil 3.3 Ultrasonik ekstraksiyon ile klasik ekstraksiyonun karşılaştırılması (Entezari vd., 2003).

Şekil 3.1’de karıştırma işlemi yapılarak ve yapılmadan klasik olarak ekstrakte edilen hurma su karışımının ekstraksiyonu sonunda bulunan zamana karşı Brix/toplam kütle değerleri verilmektedir. Sonuçlar karıştırma işleminin ekstraksiyon verimini artırdığını göstermektedir. Aynı zamanda ekstraksiyon verimi sıcaklık ve su:meyve oranından da etkilenmektedir. Yüksek ekstraksiyon verimi karıştırma işlemi yapılmadan ve su:meyve oranı düşük olan örneklerde, karıştırma işlemi uygulanarak yapılan örneklerde ise su:meyve oranı yüksek olan denemelerde elde edilmiştir. Bu farklılık ise yüksek oranda karışımda karıştırma işlemiyle katı kısmın sıvı kısımla daha fazla temas etmesi ve karıştırma işlemi uygulanmadan düşük oranda karışımda konsantrasyon gradientinin daha fazla olması ile açıklanabilir.

Şekil 3.2’de ultrasonik dalga şiddeti, katı-sıvı faz oranı ve sıcaklık değişkenlerinin ekstraksiyon verimi üzerine etkileri görülmektedir. Sonuçlar; yüksek ultrasonik dalga şiddetinin, düşük şiddete oranla ekstraksiyon verimi üzerinde daha etkili olduğunu göstermektedir. Katı-sıvı faz oranı; uygulanan dalga şiddetine bağlı olarak değişmektedir. Düşük sıcaklıklarda ise ekstraksiyon verimi daha yüksektir. Yüksek ekstraksiyon verimi için bulunan uygun durum koşulları; yüksek şiddet, yüksek su:meyve oranı ve düşük sıcaklıktır. Buna göre U2 ile gösterilen örnek; ürün ve ekstrakte edilen materyalin kalitesi bakımından en iyi olandır. Bu deneme yüksek şiddetli ultrasonik dalgalar direkt olarak 15°C’de meyve:su oranı (1:9) olan karışım üzerine gönderilerek

elde edilmiştir. Şekil 3.3'te ultrasound uygulanarak ve uygulanmadan elde edilen sonuçlar karşılaştırılmaktadır. Görüldüğü gibi U2 ile 10-20 dakika arasında elde edilen değer S2 ile 40-90 arasında elde edilmektedir. Çalışmanın sonunda ultrasonik ekstraksiyonun; elde edilen ürün, ekstraksiyon süresi, sıcaklığı ve verimi parametreleri göz önüne alındığında daha etkili olduğu bulunmuştur.

Şimşek vd. (2003) araştırmalarında doğal kuru üzüm konsantresindeki fruktoz ve glukoz şuruplarının enzimatik şeker analizi ve atomik absorpsiyon spektrofotometrik metotlarını kullanarak regression eşitliği ile tespitini sağlayan bir yöntem geliştirmişlerdir. Çalışmada ayrıca hurma, kuru üzüm, dut, incir gibi kuru meyvelerden konsantre üretiminin aşağıdaki şekilde gerçekleştirildiği ve kuru üzüm konsantresinin önemli miktarda şeker ile potasyum, kalsiyum, demir, fosfor, magnezyum gibi yararlı mineral maddeleri içerdiğine değinilmiştir.



Şekil 3.4 Kuru meyvelerden meyve suyu konsantresi üretimi için akış seması (Şimşek vd., 2003).

Al-Farsi (2002) çalışmasında Qish ve Habash olarak adlandırılan düşük kalitede (tat ve büyüklük bakımından zayıf, tüketim için uygun olamayan, şeker içeriği yüksek ve genellikle ucuz fiyatlarla hayvan yiyeceği olarak satılan) iki çeşit hurma kullanarak, yüksek kalitede hurma şurubu eldesini incelemiştir. Bu amaçla ekstraksiyon sonunda elde edilen hurma suyuna beş farklı durultma işlemi uygulamıştır. Bunlar; 1.filtrasyon, 2.filtrasyon-sıcak kireçleme, 3.filtrasyon-soğuk kireçleme, 4.filtrasyon-toz aktif karbon, 5.filtrasyon-granül aktif karbon işlemleridir. Uygulanan bu durultma işlemlerinin, elde edilen hurma suyu üzerindeki etkisini incelemek amacıyla hurma suyuna şeker içeriği, toplam çözünen madde miktarı, toplam kül, pH, renk ve saflık analizleri yapılmıştır. Bu durultma işlemleri ile arıtılan meyve suyu hurma şurubu üretmek amacıyla konsantre edilmiştir. Sonuç olarak filtrasyon-granül aktif karbon ve filtrasyon işlemleri ile düşük kalitede hurma kullanılarak elde edilen hurma şurubunun, yüksek kalitede hurma kullanılarak üretilenlerden saflık ve şeker içeriği bakımından daha iyi olduğu görülmüştür.

4. MEYVE SUYU KONSANTRESİ ÜRETİMİ

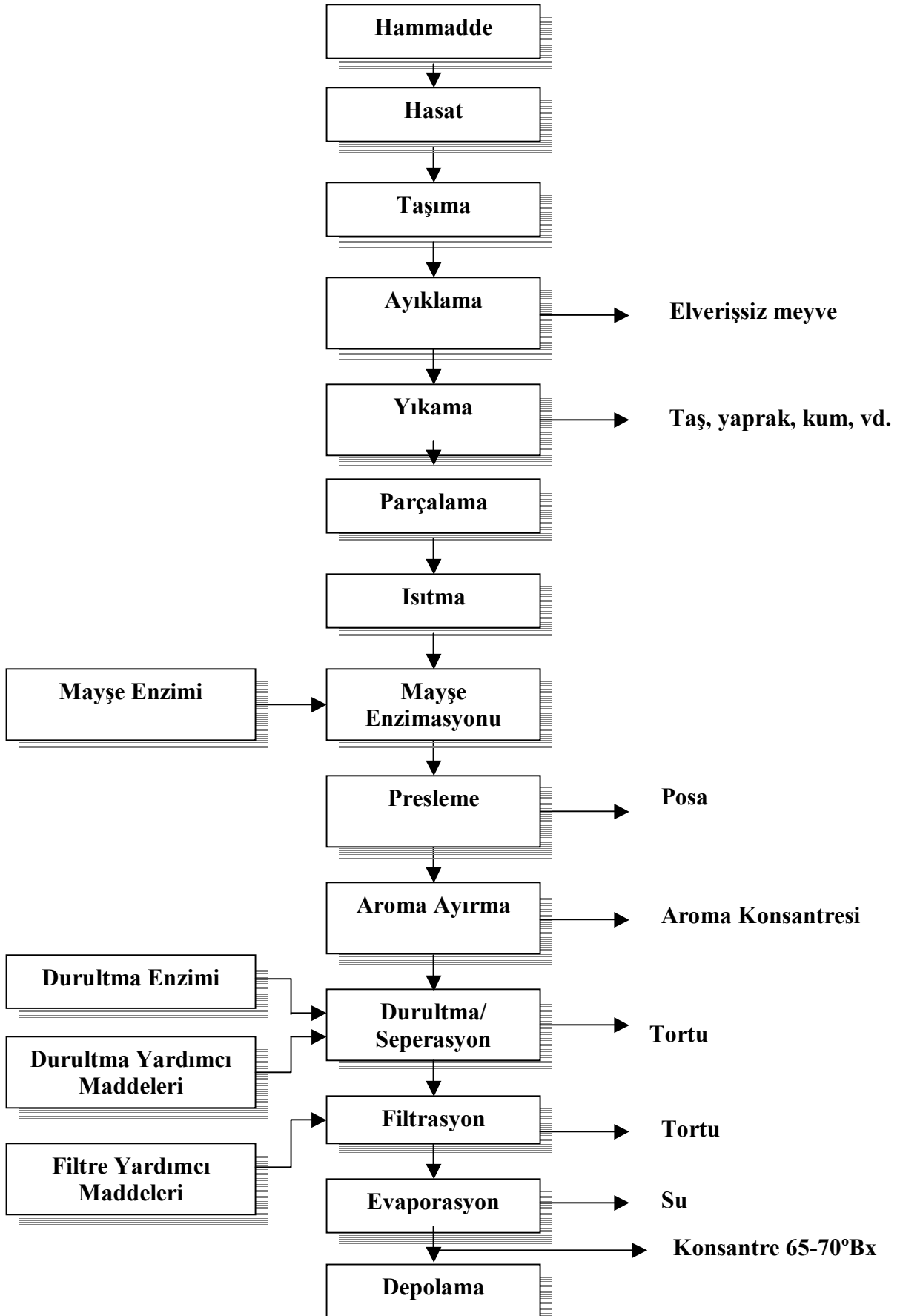
Meyve işleme endüstrisi, tarıma dayalı endüstrinin önemli kollarından biridir. Meyvelerin basitçe sınıflandırılmasından başlayan ve bunların niteliklerini temelden değiştiren daha karmaşık işlemlerin uygulandığı tüm alanlar meyve işleme endüstrisini oluşturur.

Genel anlamda meyve suyu denildiğinde, meyveden mekanik yollarla elde edilen, elde edildiği meyvenin kendine özgü renk, aroma, lezzet niteliklerine sahip olan ve çeşide göre su, şeker, asit gibi katkı maddeleri eklendikten sonra fiziksel yolla dayanıklı duruma getirilen, fermente olmamış ancak fermente olabilir özellikteki alkolsüz içecek anlaşılmaktadır. Meyvelerin özellikle bulunmadıkları zamanlarda tüketilebilecek şekilde hazırlanmış olmaları dolayısıyla, meyve suları son zamanlarda büyük rağbet görmektedir. Şekil 4.1’de ilk aşamadan başlayarak meyve suyu konsantresi üretimi akım şeması görülmektedir.

Meyve suyunun kalitesinde etkili olan duyuşal özellikler renk, görünüş, tat, lezzet, koku, kıvam ve tekstür gibi tüketicinin beş duyuşuna hitap eden faktörlerdir. Kaliteli bir ürün elde etmenin ilk koşulu; amaca uygun nitelikte, sağlıklı ve taze hammadde kullanılmasıdır. Mikroorganizmalar tarafından bozulmuş hammaddeden ne kadar iyi işlenirse işlensin kaliteli bir ürün elde edilemez. İyi bir meyve suyu; asit-şeker dengesi yeterli düzeyde, aromaca zengin ve en uygun dönemde hasat edilen meyvelerden üretilir (Pala, 2004).

Meyveler hasat edilirken hasat olgunluğu ve hasat şekli göz önüne alınması gereken parametrelerdir. Hasat olgunluğunu; meyvenin renk, şekil, sertlik-yumuşaklık, nişasta içerip içermediği, şeker/asit oranı belirler. Hasat edilirken ise meyvenin yaralanmamasına dikkat edilmelidir (Pala, 2004). Hasat edilen hammadde ne kadar süratle işlenirse elde edilen ürün kalitesini o kadar iyi korur. Bu nedenle fabrikaların hammadde kaynağına yakın olmaları gerekir. Hava koşulları da göz önünde bulundurularak uygun zamanda taşıma gerçekleştirilmelidir (Cemeroğlu ve Acar, 1986).

Hasat ve taşıma sırasında meyvenin yaralanması yada zedelenmesi, istenmeyen biyokimyasal, enzimatik, fiziksel ve kimyasal olaylardan kaynaklanan değişimlere neden olabilir.



Şekil 4.1 Meyve suyu konsantresi üretim akış şeması.

4.1 Meyvelere Uygulanan Ön İşlemler

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

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.

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 meyvelerin hasat, alım ve taşıma aşamasında dikkat edilmeli ve süratle işlenmeleri sağlanmalıdır.

Yıkama işleminin amacı; meyve üzerindeki toz, toprak, yaprak, sap parçacıkları ve diğer yabancı unsurların uzaklaştırılması, tarımsal ilaç kalıntılarının giderilmesi ve hammadde yüzeyinde doğal olarak bulunan mikroorganizmaların kısmen uzaklaştırılarak meyvenin mikroorganizma yükünün azaltılmasıdır (Cemeroğlu ve Karadeniz, 2001).

4.2 Meyvelerin Parçalanması

Meyveler preslenmeden veya pulp haline getirilmeden önce parçalama işlemine tabi tutulurlar. Sonuçta elde edilen parçalanmış meyveye mayşe denir.

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 zedelenecek ufalanır ve hücre zarları bir oranda parçalanır. Böylece parçalanmayla birlikte meyve suyu dışarı akmaya başlar (Cemeroğlu ve Karadeniz, 2001).

4.2.1 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 fermantasyon 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 uygulanır (Cemeroğlu ve Karadeniz, 2001).

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 (Arthey vd., 2001).

4.2.2 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 ilavesi ile önlenmektedir. 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 taktirde şişeleme sırasında doğrudan meyve suyuna da ilave edilmektedir. Genel olarak mayşeye 250-300 mg/kg, meyve suyuna ise 200-250 mg/kg konulması yeterlidir (Cemeroğlu ve Karadeniz, 2001).

4.2.3 Mayşe Enzimasyonu

Mayşe enzimasyonunun başlıca amacı, mayşenin preslenme niteliğini iyileştirmek ve verimini artırmaktır.

Mayşeye mayşe enzimi eklenip belirli koşullarda bir süre beklendikten sonra preslenir. Mayşe enzimasyonunda kullanılan mayşe enzimi prepatlarında durultmada kullanılan prepatlarda olduğu gibi pektolitik enzimler hakimdir. Pektolitik enzimler şeftali, erik ve kayısı gibi sert çekirdekli meyvelerden elde edilen meyve suyu verimini artırmada kullanılmaktadırlar (Joshi vd., 1991). Ayrıca bunlarda selülitik enzim aktiviteleri de vardır. Mayşe enzim prepatlarında bulunan PG, PME ve PL aktiviteleriyle orta lamella ve hücre duvarı pektinleri ileri düzeyde parçalanarak hücre sıvısı serbest kalır. Özellikle çözülmüş pektin hızla parçalandığı için meyve suyunun viskozitesi de hızla düşer. Bu prepatlarda bulunan yüksek PME aktivitesi pektinin deesterifiye olmasına neden olur ve mayşenin yapışkanlık niteliği azalır.

Mayşe enzimasyonu ile dokunun çatısı bozulmaya çalışılırken, pres kapasitesi de %30-50 oranında artırılmış olur (Arthey vd., 2001).

4.3 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, katman 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, kizelgur ve perlit bu amaçla kullanılan maddelerdir (Cemeroğlu ve Karadeniz, 2001).

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 kullanılabilirle birlikte verim oranları farklılık göstermektedir. Meyve suyu endüstrisinde kullanılan başlıca presler; paketli presler, vidalı presler, bant presler ve yatay preslerdir (Lea vd., 2003).

4.4 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/100g düzeyindedir (Cemeroğlu ve Acar, 1986).

Aroma maddelerinin çoğunun kaynama sıcaklığı suyun kaynama sıcaklığından daha düşük olduğundan, meyve suyundaki su buharlaştırılır ve elde edilen brüde (aromaca zengin su buharı) bir seperatör yardımı ile meyve suyundan ayrılır. Daha sonra brüde reftifikasyon 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 componentleri içereceğinden bu işlemden sonra yapılması aromada bir kayıba yol açmaktadır. Bu nedenle durultma işleminden önce yapılması ile daha güçlü bir aroma konsantresi elde edilebilmektedir (Cemeroğlu ve Karadeniz, 2001).

4.5 Durultma

Berrak meyve suyu ve konsantre üretim teknolojisinde en önemli proses durultmadır. Meyve sularının durultulması, depektinizasyon ve berraklaştırma denen iki aşamalı bir işlemden oluşmaktadır.

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 hızlandırmaktır. Depektinizasyon aşamasında enzimlerden yararlanılırken, berraklaştırma aşamasında ise durultma yardımcı maddelerinden yararlanılmaktadır (Arthey vd., 2001).

4.5.1 Meyve Suyu Üretiminde Enzim Uygulamaları ve Enzim Preparatları

Pektolitik enzimlerin meyve işlemede kullanılması 1930'lu yıllarda Kertesz ve Mehlitz önderliğinde gerçekleşmiştir. Mehlitz, çalışmalarında enzimatik uygulamanın meyve sularının filtrasyon kolaylığını artırdığını 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 (Whitehurst vd., 2002).

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.

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

- **Poligalakturonaz (PG)**

Bu enzim düşük esterleşme derecesindeki pektini parçalayabilme özelliğine sahiptir. Enzim aktivitesi, pektinmetilesterazların, pektinin metilasyon düzeyini %55-60'ın altına düşürmesinden sonra başlar. Ayrıca, yüksek metil grubu bulunan pektin, PG'ı inhibe etmektedir.

Poligalakturonozlar, ekzo ve endo PG olarak ikiye ayrılırlar. Ekzo-enzimler pektin polimerlerini uç kısımlardan parçalarken; endo-enzimler ise polimerleri zincirin çeşitli yerlerinden parçalar. Endo-PG, maserasyon ve sıvılaştırma PG'leri olarak da ikiye ayrılırlar. Her iki PG de benzer özelliklere sahip ve pektin çözeltisinin viskozitesinde hızlı bir düşüşe neden olmakla birlikte, örneğin substrat tercihi ile ilgili olarak net farklılıklar gösterirler. Maserasyon PG'leri, çözünmeyen protopektin ile reaksiyona girerek çözünebilir pektine dönüştürür. Yeterli miktarlardaki pektinmetilesteraz ile birlikte, pektinin tamamen parçalanmasını sağlarlar. Bu bağlamda PG/PE oranı oldukça önemlidir.

Sıvılaştırma PG'leri protopektin ile düşük reaksiyon etkisi gösterir ancak pektinmetilesterazlar ile birlikte suda-çözünebilir pektini hidroliz edebilir. Bu çeşit pektinin yüksek esterleşme derecesine

sahip olmasına bağlı olarak büyük miktarlarda pektinmetilesterazlar gereklidir (Whitehurst vd., 2002).

- **Pektinmetilesteraz (PME)**

Metanol ayırarak pektinin enzimatik de-esterifikasyonuna neden olur. Bu işlem pektini, pektinik aside veya pektik aside dönüştürür. Depolimerizasyon, poligalakturanozların yer aldığı hidrolitik reaksiyon veya liyazların yer aldığı yüksek spesifik beta-transeliminasyon olmak üzere iki şekilde gerçekleşir (Whitehurst vd., 2002).

- **Pektin Liyaz (PL)**

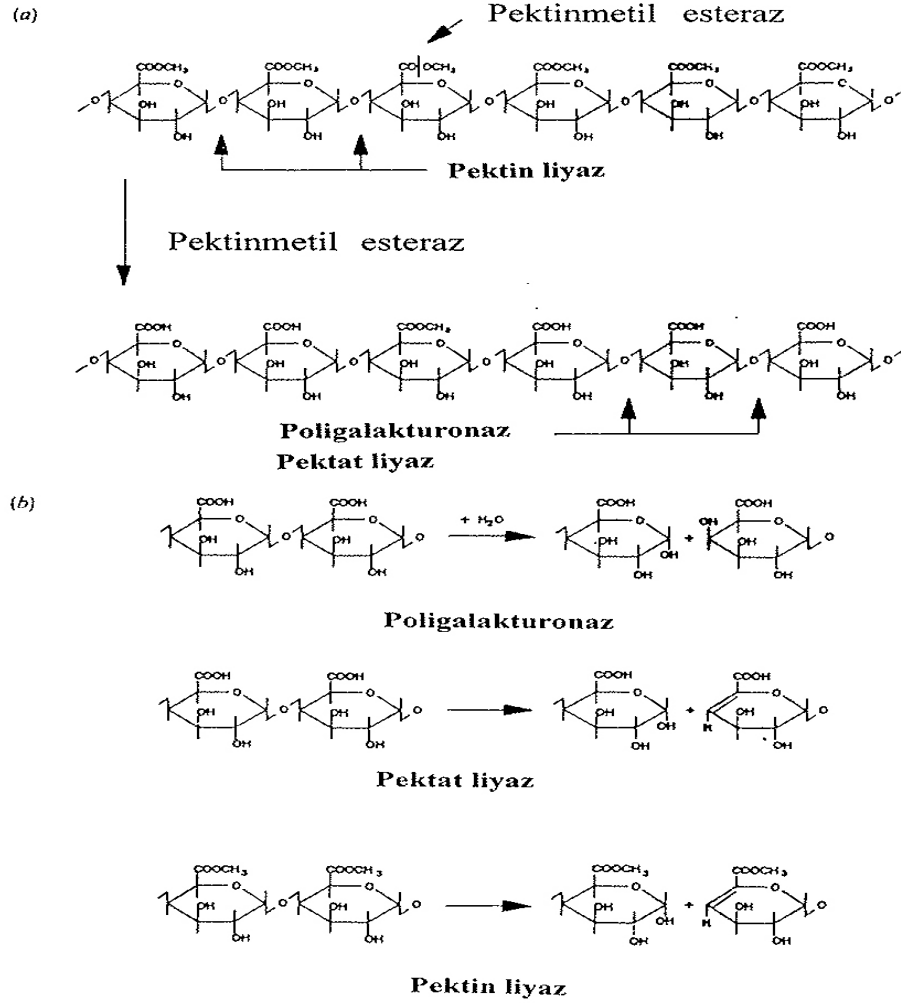
Endopektin liyazlar, teknik enzim preparatlarının önemli bir bileşenidir. Yüksek esterifiye pektini depolimerize etme özelliğine sahip olduklarından, pektini hızla parçalayarak pektin solüsyonlarının vizkositesinde hızlı bir düşüşe neden olurlar. Endopektin liyaz (PL) viskozitenin hızla düşmesi için oldukça uygun bir enzim olup; özellikle bulanık meyve suları ve pre üretiminde kullanılır. Öncelikle yüksek esterifiye, suda çözünen ve çözünmeyen pektini parçalar ve iki esterifiye galakturonik asitin ayrılmasına neden olur. Parçalanma rnleri yeterli bulanıklık kararlılığındaki pektin bileşenleridir. Enzim aktivitesi zincir uzunluğu ile azalır ve reaksiyon sonucunda metanol oluşmaz.

Pektinliyaz, PG/PE kombinasyonunun orta zincir uzunluğundaki pektin bileşenlerini mono-, di- ve tri galakturonik asite çevirerek pektinin parçalanma işlemini hızlandırır. Pektinazın bu çeşidi, renk ve aromanın belirginleşmesini sağlar. Berrak meyve suyu ve konsantresi üretimi için tam depektinizasyonu sağlayan bir mayşe enzimi olarak kullanılır (Whitehurst vd., 2002).

- **Pektat Liyaz (PAL)**

Pektat liyaz bakteri kökenli bir enzimdir ve yüksek pH (yaklaşık 9) değerinden dolayı meyve suyu işlemede fazla kullanılmaz (Whitehurst vd., 2002).

Şekil 4.2 (a)'da pektolitik enzimlerin etki mekanizmaları görülmektedir. Bu enzimler pektin zincirine çeşitli noktalardan saldırırlar. Şekil 4.2 (b)'de ise pektolitik enzimlerin bozunma reaksiyonları verilmektedir. Hidroliz reaksiyonu sonucu glikozit bağları parçalanarak poligalakturonaz, β -eliminasyonu reaksiyonu ile de pektat liyaz ve pektin liyaz oluşmaktadır (Tucker vd., 1995).



Şekil 4.2 Pektolitik enzimlerin etki mekanizmaları (Tucker vd., 1995).

Meyve suyundaki pektinin tam olarak parçalanabilmesi için hazırlanan enzim preparatlarında pektinmetilesterazların (PE), pektinlikodazların (PG) ve pektintranseliminazların (PTE) birlikte ve doğru bir oranda bulunması gerekmektedir. Bu preparatlar ayrıca arabinazlar, galaktanazlar, ksilanazlar, amilazlar, glikozidazlar, proteazlar ve β -1,4 glukanaazlar da içermektedirler.

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 içinde aktivitelerinde %10'a ulaşan bir kayıp ortaya çıkmaktadır. Katı enzim ürünlerinde ise taneli ürünler toz ürünlere tercih edilmektedir (Whitehurst vd., 2002).

4.5.2 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 jelatin gibi maddeler kullanılmaktadır. Ayrıca günümüzde polivinilpolipirrolidon (PVPP) ve aktif kömür gibi diğer bazı yardımcı maddelerden de yararlanılmaktadır [3].

Durultma yardımcı maddelerinin ilave ediliş sırası önemlidir ve genellikle bentonit, kizelsol ve jelatin 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.

- **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 $(Na,Ca) (Al,Mg)_6(Si_4O_{10})_3(OH)_6nH_2O$ '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 [3].

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 (Cemeroğlu ve Kardeniz, 2001).

- **Kizelsol**

Silisyum dioksitin sudaki süspansiyonudur. Meyve suyu endüstrisinde alkali kizelsol ve asit kizelsol olmak üzere iki farklı şekilde hazırlanmaktadır [3]. Alkali kizelsol endüstride daha yaygın olarak kullanılmaktadır.

Kizelsol meyve suyunun asit ortamında negatif yük kazanarak ortamdaki jelatinle 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 jelatin uygulandığı zaman mutlaka kullanılması gereken bir durultma yardımcı maddesidir. Bu şekilde jelatinin 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 çözülmüş jelatin 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 jelatin 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 (Cemeroğlu ve Karadeniz, 2001).

- **Jelatin**

Jelatin kollajenden hidrolizle türetilen, hammaddeye 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 [4].

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

Jelatin 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 çökelerken diğer bulanıklık unsurlarını da sürüklerler. Böylece durulma işlemi gerçekleşir ve meyve suyu daha iyi filtre edilebilir bir özellik kazanır. Ayrıca jelatin bir kısım

fenolik bileşikleri uzaklaştırdığı için bunların daha sonra çeşitli mekanizmalarla neden olabileceği bulanmalar engellenebilmektedir. Böylece jelatin uygulaması meyve suyuna berraklık stabilitesi kazandırmaktadır. Aşırı buruk ve acı tat veren bazı fenolikleri uzaklaştırması sonucu, meyve suyunun lezzeti düzelmekte ve yumuşamaktadır.

Jelatin 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 jelatin çözeltisi eklenerek yürütülebilir. Bekleme süresi sonunda berraklık, tortu niteliği, tortunun oturma hızı gibi hususlar göz önüne alınarak yapılan inceleme sonunda en uygun dozaj belirlenir (Cemeroğlu ve Karadeniz, 2001).

4.6 Filtrasyon

Filtrasyon, bir sıvı içinde süspansiyon halinde bulunan katı parçacıkların veya koloidal çözünmüş maddelerin, bir filtre materyali yardımı ile 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 teknikleri ile 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, jelatin, bentonit, kizelsol, kiselgur gibi durultma ve filtrasyon yardımcı maddelerine gereksinim kalmaması, durultma süresinin kısılması ultrafiltrasyon yönteminin diğer bir olumlu yönüdür (Arthey vd., 2001).

4.7 Konsantre Etme

Meyve suları içerdikleri suyun bir bölümünün uzaklaştırılması ve bu yolla çözünmüş madde düzeyinin en az %68'e kadar yükseltilmesiyle büyük bir mikrobiyolojik stabilite kazanmaktadırlar. Konsantrasyon işlemi su aktivitesinin düşmesine neden olarak bu stabiliteyi sağlamaktadır. Böylece %68 ve üzerinde çözünmüş madde içeren meyve suyu konsantreleri

başka bir yola başvurmada normal koşullarda saklanabilmekte ve olağan dışı bir neden ortaya çıkmadıkça herhangi mikrobiyolojik bir bozulmaya uğramamaktadırlar. Konsantreye işlenmek suretiyle meyve suları sadece mikrobiyolojik stabilite kazanmamakta, ayrıca ambalajlama, depolama ve taşıma giderleri de önemli ölçüde azaltılabilmektedir (Cemeroğlu ve Karadeniz, 2001).

Konsantre üretimi üç yöntemle yapılabilmektedir. Bunlar; evaporasyonla konsantrasyon, ters ve direkt ozmozla konsantrasyon ve dondurarak konsantrasyondur. Meyve sularının konsantrasyonunda günümüzde geçerli olan temel metot evaporasyonla konsantrasyondur, ters ve direkt ozmoz uygulaması ve dondurarak konsantrasyon yöntemleri meyve suyu endüstrisinde halen çok sınırlı olarak uygulanmaktadır.

5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

5.1 Materyal ve Yöntemler

5.1.1 Materyal ve Kullanılan Cihazlar

Çalışmanın materyalini birim fiyatı 4 YTL/kg ile birim fiyatı 12 YTL/kg olan iki farklı türde hurma meyvesi oluşturmaktadır. Çalışılan hurma meyveleri ambalajlı olarak satın alınmış olup çeşit belirtilmemiştir. Suudi Arabistan ve İran'dan ithal edilen hurma meyvelerinin tarımı yapıldıktan yaklaşık bir yıl sonra, Ekim 2004'de piyasaya girdiği bilinmektedir.

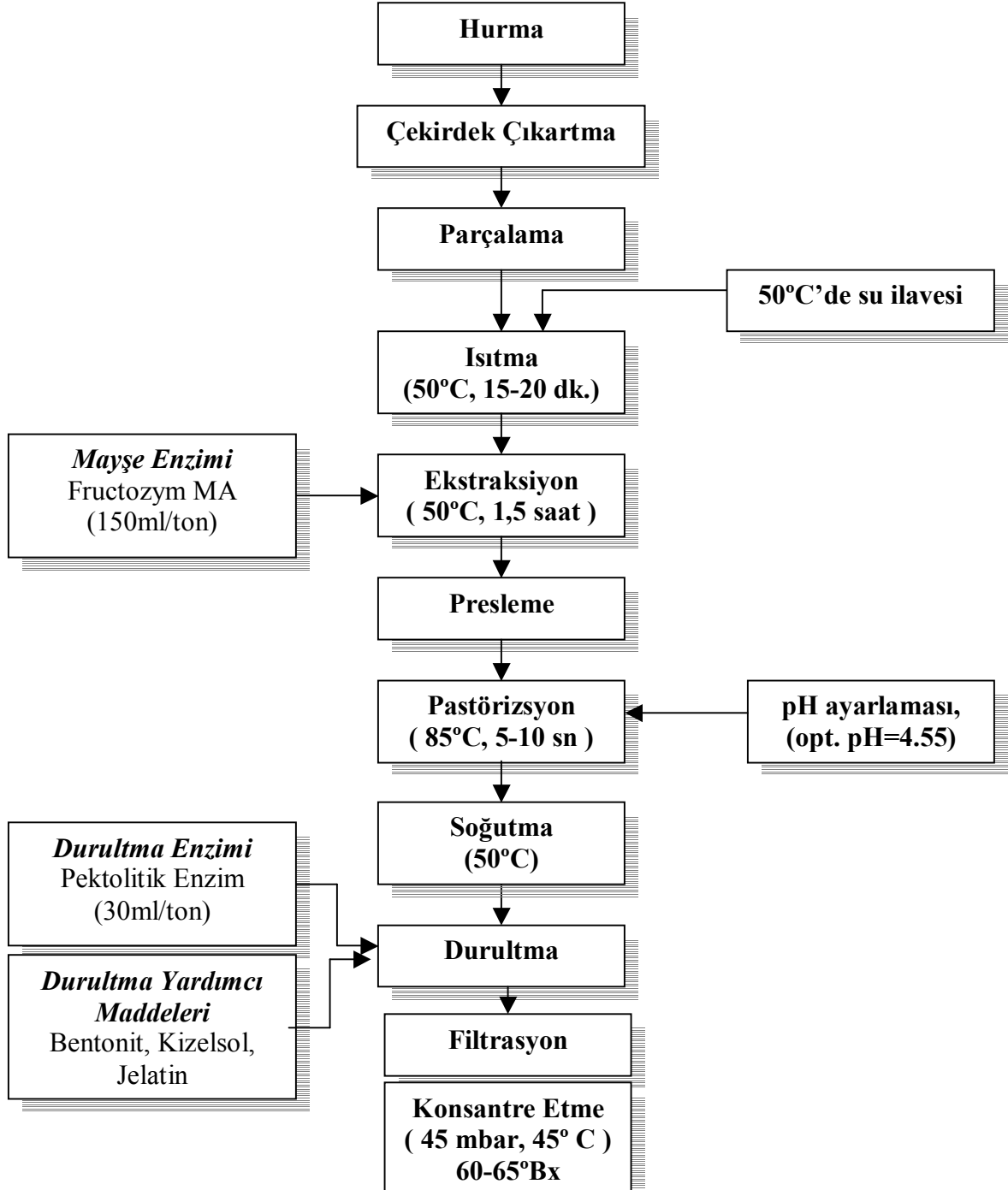
- Refraktometre (Atago RX-5000) ile hurma şurubunun içerdiği çözünür katı madde miktarı tayini yapılmıştır. Refraktometreden okunan rakamlar doğrudan doğruya 100 g'da çözünen maddeyi (Brix) vermektedir.
- Pres (Para Pres DBGGM); ekstraksiyon sonunda hurma su karışımı preslenerek katı kısım sıvı kısımdan ayrılmıştır.
- pHmetre (Metrohm 719S Titrino); hurma suyunun pH düzenlenmesinde ve elde edilen konsantrenin asitlik değerinin tayininde kullanılmıştır.
- Döner buharlaştırıcı (Heidolph Laborota 4003); hurma suyu banyo sıcaklığı 45°C olan döner buharlaştırıcıda 45 mbar vakum altında konsantre edilmiştir.
- Su banyosu (Lauda E100); ekstraksiyon ve depektinizasyon işlemleri 50°C'ye ayarlanan su banyosunda gerçekleştirilmiştir.

Ayrıca ekstraksiyon sırasında kullanılan mayşe enzimi *Fructozym MA* (150 ml/ton, Erbslöh, Germany), durultmada kullanılan durultma enzimi *Pektolitik enzim* (30ml/ton, Erbslöh, Germany) ve durultma yardımcı maddeleri; *Bentonit*, *Kizelsol* ve *Jelatin* (Erbslöh, Germany), pH düzenlenmesi için kullanılan *sitrik asit* Döhler Gıda Sanayi ve Tic. Ltd. Şti. tarafından karşılanmıştır.

5.1.2 Yöntemler

Hurma suyu konsantresi elde etmek amacıyla, bir miktar hurma meyvesi çekirdekleri çıkartılarak parçalama işlemi ile uygun parça büyüklüğüne getirilmiştir. Elde edilen hurma eti üzerine 50°C' de (1:2) ve (1:3) oranlarında su katılmıştır ve hurma suyu 50°C' de 1,5 saat süre ile ekstrakte

edilmiştir. Ekstraksiyon işlemi mayşe enzimi varlığında ve enzimsiz olarak gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon sonrasında elde edilen posa tekrar ekstrakte edilerek verim artırılmaya çalışılmış ve Brix değerinin 13-15 düzeyinde olması sağlanmıştır. pH 4,5-5’de pektolitik enzimin ilavesi sonrasında ise durultma, filtrasyon ve son olarak konsantre işlemlerine tabi tutulmuştur. Çalışmada uygulanan yöntem Şekil 5.1’de verilmektedir.



Şekil 5.1 Hurma suyu konsantresi üretim akış şeması.

5.1.2.1 Ekstraksiyon

Bir miktar hurma meyvesi çekirdekleri çıkartılarak parçalama işlemi ile uygun parça büyüklüğüne getirildikten sonra üzerine 50°C'de (1:2) ve (1:3) oranlarında su katılmıştır. Elde edilen hurma suyu;

- i. 50°C'de 1,5 saat süre ile enzim ilave edilmeden,
- ii. aynı miktar hurma meyvesi 50°C'de 1,5 saat süre ile mayşe enzimi ilave edilerek,
- iii. aynı miktar hurma meyvesi 50°C'de 1,5 saat süre ile enzim miktarı %30 artırılarak,
- iv. aynı miktar hurma meyvesi 50°C'de ekstraksiyon süresi %30 artırılarak (2saat süre ile) ekstrakte edilmiş ve ekstraksiyon verimi üzerine enzim uygulaması, enzim miktarı ve ekstraksiyon süresinin etkileri incelenmiştir.

5.1.2.2 Presleme

Ekstraksiyon sonunda hurma suyu katı ve sıvı fazların birbirinden ayrılması için preslenmiştir. Şekil 5.2'de preslemede kullanılan düzenek görülmektedir.



Şekil 5.2 Presleme düzeneği.

5.1.2.3 Pastörizasyon

Ekstraksiyon işleminden sonra preslenerek elde edilen hurma suları sonraki aşamalarda mikroorganizma faaliyetine dayalı bozulmalardan korunmak amacıyla 85°C'de 5-10 sn bekletilerek pastörize edilmiştir. Pastörizasyon işlemi sonunda hurma suyu daha sonraki aşamalarda kullanılmak üzere soğutularak +4°C'de saklanmıştır.

5.1.2.4 Durultma

Depektinizasyon ve berraklaştırma olarak iki aşamada gerçekleştirilmiştir.

Depektinizasyon aşamasında kullanılan pektolitik enzimin aktive olduğu pH aralığı 4-5 olduğundan, önce ürünlerin pH'ları sitrik asit ilavesi ile 5,84-5,94 arasında değişen değerlerden 4,55'e indirilmiştir. Bu aşamada hurma suyu su banyosunda 50°C'ye ısıtılmış ve *pektolitik enzim* (30ml/ton) ilave edilmiştir. Enzim çözeltisi %1'lik olarak hazırlanmıştır.

Depektinizasyon sırasında belirli aralıklarla pektinin parçalanması alkol testi ile izlenmiştir. Dene tüpüne filtre edilmiş 5 ml meyve suyu üzerine 5 ml %96'lık etil alkol eklendikten sonra tüp hafifçe çalkalanmıştır. Daha sonra tüpte jelimsi bir yapının oluşup oluşmadığı gözlemlenmiştir. Eğer 1 dakika içerisinde sıvının üzerinde jel katmanı toplanırsa bu pektinin parçalanmadığını göstermektedir. Belirli aralıklarla yapılan testler sonunda pektinin parçalanma süresi 45 dakika olarak bulunmuştur. Pektin parçalandıktan sonra durultmanın ikinci aşaması olan berraklaştırma aşamasına geçilmiştir.

Berraklaştırma aşamasında kullanılacak olan durultma yardımcı maddelerinin dozajları belirlenmiştir. Beş adet 100 ml'lik örnekler üzerine değişik miktarlarda sırasıyla bentonit (%5'lik), kizelsol (%5'lik) ve jelatin (%0,5'lik) çözeltileri eklenmiş ve her madde ilavesi sonrasında karıştırılmıştır. Çizelge 5.1'de 100 ml meyve suyunu berraklaştırmak için eklenen miktarlar ml cinsinden görülmektedir.

Çizelge 5.1 Durultma yardımcı madde miktarlarının belirlenmesi.

Deneme No	(ml/100ml)		
	Bentonit	Kizelsol	Jelatin
1	1	1,5	3
2	2	2	4
3	3	2,5	5
4	2	4	4
5	3	5	2,5

15-20 dakikalık bekleme süresi sonunda berraklık ve tortu oturma hızı göz önünde bulundurularak yapılan inceleme sonucunda en uygun dozajın 2 numaralı deneme olduğu görülmüştür (Çizelge 5.1). Her bir örnek filtre edildikten sonra türbidimetre kullanılarak örneklerin bulanıklık değerleri ölçülmüştür. Bu değerlerden de en uygun berraklığın 2 numaralı denemede olduğu anlaşılmaktadır. Ölçülen bulanıklık değerleri Çizelge 5.2’de verilmektedir.

Çizelge 5.2 Örneklerin bulanıklık değerleri.

Deneme No	Bulanıklık Değeri (NTU)
1	0,59
2	0,35
3	0,63
4	0,54
5	0,63

5.1.2.5 Konsantre Etme

Elde edilen hurma şurupları banyo sıcaklığı 45°C olan rotasyon buharlaştırıcıda 45 mbar basınç altında 60-65°Bx’e konsantre edilmiştir. Konsantrasyon işleminde kullanılan düzenek Şekil 5.3’te görülmektedir.



Şekil 5.3 Konsantrasyon düzeneği.

5.1.3 Hurma Suyu Konsantresine Yapılan Kimyasal Analizler

Hurma suyu konsantresine şeker (*HPLC Perkin Elmer Series 200*), organik asit (*HPLC Perkin Elmer Series 200*) ve mineral madde (*Atomik Absorbsiyon A Analyst 700*) analizleri yapılmıştır. Şeker analizinde “HPLC Yöntemi” (*Food Chemistry Volume 29 No:1*) kullanılmıştır. Organik maddelerin analizi AOAC (986:13) yöntemine göre, mineral maddelerin analizleri ise “Perkin Emler AAS” analitik metotları kullanılarak yapılmıştır. Mineral maddelerin analizinde kullanılan metotlar; Ca: Epa 215.1 Metot D.KL.AY.96, Na: Epa 273.1 Metot D.KL.AY.100, K: Epa 258.1 Metot D.KL.AY.101, Mg: Epa 242.1 Metot D.KL.AY.102, Fe: Epa 236.1 Metot D.KL.AY.97, Zn: Epa 289.1 Metot D.KL.AY.94, Cu: Epa 220.1 Metot D.KL.AY.93, ve Mn için Epa 243.1 Metot D.KL.AY99’dur.

5.2 Deneylerin Uygulanması

5.2.1 Ekstraksiyon

Çekirdekleri çıkartılarak uygun parça büyüklüğüne getirilen 20 g hurma* (1:2) oranında sulandırılarak 50°C’de 1,5 saat süre ile ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon işlemi sonrasında elde edilen brix değerleri Çizelge 5.3’deki gibidir.

Çizelge 5.3 Hurma:su oranı (1:2) enzimsiz çalışma sonuçları.

Hurma çeşidi	Presleme sonunda brix (°Bx)
1	27,87
2	29,69

Çekirdekleri çıkartılarak uygun parça büyüklüğüne getirilen 20 g hurma (1:2) oranında su ilave edilerek 50°C’de 1,5 saat süre ile enzimli olarak ekstrakte edilmiştir. Mayşe enzimi olarak *Fruktozym MA (150ml/ton)* kullanılmış ve enzim çözeltisi %0,5’lik olarak hazırlanmıştır. 60 g çözelti için %0,5’lik enzim çözeltisinden 1,8 ml ilave edilmiştir. Ekstraksiyon işlemi sonrasında elde edilen brix değerleri Çizelge 5.4’te belirtilmektedir.

* İran’dan ithal edilen hurma (1) ile, Suudi Arabistandan ithal edilen hurma (2) ile gösterilmiştir.

Çizelge 5.4 Hurma:su oranı (1:2) enzimli çalışma sonuçları.

Hurma çeşidi	Presleme sonunda brix (°Bx)
1	34,00
2	36,51

Çizelge 5.5 Hurma:su oranı (1:2) enzimli ve enzimsiz çalışmaların karşılaştırılması.

	1		2	
	Enzimli	Enzimsiz	Enzimli	Enzimsiz
Presleme sonunda brix (°Bx)	34,00	27,87	36,51	29,69

Mayşe enzimi ilavesiyle orta lamella ve hücre duvarı pektinlerinin parçalanması sağlanarak meyve suyu serbest kalmaktadır. Pektin parçalandığı için meyve suyunun viskozitesi düşmekte ve pres verimliliği artmaktadır. Denemelerde çekirdekleri çıkartılarak uygun parça büyüklüğüne getirilen aynı miktar hurma aynı şartlar altında mayşe enzimi ilavesi ile ve ilave edilmeksizin ekstrakte edilmiştir ve sonuçlar Çizelge 5.5'te verilmektedir. Bulunan sonuçlar karşılaştırıldığında; mayşe enzimi ilavesinin ekstraksiyon verimini 1 ve 2 için sırasıyla %22 ve %23 artırdığı görülmektedir. Al-Hooti vd. (2002) gerçekleştirdikleri çalışmalarında pektinaz-selülaz enzim karışımının ekstraksiyon ürünlerinin miktarını hemen hemen iki katına çıkardığını belirtmişlerdir. Enzimin %0,5 oranında eklenmesinin ekstraksiyon ürünündeki çözünen madde miktarının %35'den %66'a yükseldiğini bulmuşlardır (Al-Hooti vd., 2002). Ayrıca 2 numaralı hurmanın çözünen madde miktarının 1 numaralı hurmaya oranla daha fazla olduğu görülmektedir ve buda hurmaların çeşidine, olgunlaşma sürelerine ve hasat sırasındaki koşullara bağlanabilir.

Çekirdekleri çıkartılarak uygun parça büyüklüğüne getirilen 20 g hurma (1:3) oranında sulandırılarak 50°C'de 1,5 saat süre ile enzimli ve enzimsiz olarak ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur. %0,5'lik enzim çözeltisinden 2,4 ml eklenmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 5.6'da belirtilmektedir.

Çizelge 5.6 Hurma:su oranı (1:3) enzimli ve enzimsiz çalışma sonuçları.

	1		2	
	Enzimli	Enzimsiz	Enzimli	Enzimsiz
Presleme sonunda brix (°Bx)	19,57	17,05	21,85	19,35
Ekstrakt (g)	61,30	57,78	62,96	57,29
Posa miktarı (g)	11,70	14,12	10,80	16,79

Mayşe enzimi ilavesinin ekstrakt miktarını artırdığı, ekstraksiyon verimini 1 ve 2 için sırasıyla %15 ve 13 artırdığı, arta kalan posa miktarını sırasıyla %17 ve 35 azalttığı bulunmuştur.

Çekirdekleri çıkartılarak uygun parça büyüklüğüne getirilen 125 g hurma (1:3) oranında sulandırılarak 50°C'de 1,5 saat süre ile enzimli ve enzimsiz olarak ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur. %0,5'lik enzim çözeltisinden 15 ml eklenmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 5.7'de belirtilmektedir.

Çizelge 5.7 Hurma:su oranı (1:3) enzimli ve enzimsiz çalışma sonuçları.

	1		2	
	Enzimli	Enzimsiz	Enzimli	Enzimsiz
Presleme sonunda brix (°Bx)	18,56	18,28	20,62	20,54
Ekstrakt (g)	442,7	435,45	441,01	416,92
Posa miktarı (g)	35,78	41,93	36,62	47,95

Buraya kadar elde edilen sonuçlar mayşe enzimi ilave edilerek yapılan çalışmalarda daha yüksek ekstraksiyon verimine ulaşıldığını göstermektedir. Mayşe enzimi ilavesiyle meyve dokusunun daha kısa sürede yumuşadığı, kolaylıkla kabuklardan ayrıldığı ve presleme işleminin kolaylaştığı gözlemlenmiştir. Bu aşamadan sonra çalışmalara mayşe enzimi ilave edilerek devam edilmiştir.

(2)* numaralı hurmadan alınan, 500 g çekirdekleri çıkarılmış ve parçalanmış hurma (1:3) oranında 50°C'de su ile sulandırılmıştır. Su banyosunda bekletilen karışımın sıcaklığı 50°C'ye ulaştığında üzerine %5'lik olarak hazırlanan mayşe enzim çözeltisinden 6 ml eklenerek 1,5 saat süreyle ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon sonunda elde edilen sonuçlar Çizelge 5.8'de görülmektedir.

Çizelge 5.8 Hurma:su oranı (1:3) enzimli çalışma sonuçları.

	Deneme 1	Deneme 2	Deneme 3
Brix değeri (°Bx)	20,60	20,54	20,62
Ekstrakt miktarı (g)	1764,72	1775,46	1766,72
Posa miktarı (g)	179,63	164,62	173

* Suudi Arabistan'dan ithal edilen hurma (2) kullanılmıştır.

Her üç denemede de alınan sonuçlar yaklaşık olarak aynıdır. Bu aşamadan sonra enzim miktarının ve ekstraksiyon süresinin artırılmasının ekstraksiyon verimi üzerine etkisi incelenmiştir.

Çekirdekleri çıkartılarak uygun parça büyüklüğüne getirilen 500 g hurma (1:3) oranında sulandırıldıktan sonra 50°C'de 1,5 saat süre ile mayşe enzim miktarı %30 artırılarak ekstrakte edilmiş ve preslenmiştir. Buna göre ilave edilen mayşe enzim miktarı %5'lik enzim çözeltisinden 8 ml'dir. Presleme sonunda elde edilen veriler Çizelge 5.9'da görülmektedir.

Çizelge 5.9 Hurma:su oranı (1:3) enzim miktarı %30 artırılarak yapılan çalışma sonuçları.

	Deneme 4
Brix değeri (°Bx)	20,78
Ekstrakt miktarı (g)	1766,73
Posa miktarı (g)	169

Çizelge 5.10 Enzim miktarı artırılmadan (Deneme 1,2,3) ve artırılarak (Deneme 4) yapılan çalışma sonuçlarının karşılaştırılması.

	Deneme 1	Deneme 2	Deneme 3	Deneme 4
Brix değeri (°Bx)	20,60	20,54	20,62	20,78
Ekstrat miktarı (g)	1764,72	1775,46	1766,72	1766,73
Posa miktarı (g)	179,63	164,62	173	169

Enzim miktarı %30 artırılarak yapılan deneme sonunda bulunan değer optimum enzim miktarı ile yapılan denemelerle karşılaştırıldığında; enzim miktarının artırılmasının meyve suyunun brix değerini maksimum %1,16 artırdığını göstermektedir (Çizelge 5.10). Sonuçlardan da görüldüğü gibi enzim miktarının artırılması ekstraksiyon verimi üzerinde önemli bir etkiye sahip değildir. Bu durumda optimum enzim miktarının üzerinde bir değerde çalışma büyük ölçekte yapılacak bir üretim için ekonomik kayıplara yol açacaktır.

Çekirdekleri çıkartılarak uygun parça büyüklüğüne getirilen 500 g hurma (1:3) oranında sulandırıldıktan sonra 50°C'de, ekstraksiyon süresi %30 artırılarak ekstrakte edilmiş ve preslenmiştir (Çizelge 5.11). Ekstraksiyon süresi 2 saattir.

Çizelge 5.11 Hurma:su oranı (1:3) ekstraksiyon süresi %30 artırılarak yapılan çalışma sonuçları.

	Deneme 5
Brix değeri (°Bx)	21,71
Ekstrakt miktarı (g)	1685,88
Posa miktarı (g)	171,5

Çizelge 5.12 Elde edilen sonuçların karşılaştırılması.

	Deneme 1	Deneme 2	Deneme 3	Deneme 5
Brix değeri (°Bx)	20,60	20,54	20,62	21,71
Ekstrakt miktarı (g)	1764,72	1775,46	1766,72	1685,88
Posa miktarı (g)	179,63	164,62	173	171,5

Ekstraksiyon süresinin %30 artırılması ile meyve suyunun brix değeri maksimum %6'lık bir artış göstermektedir. Sonuçlar ekstraksiyon süresinin artırılmasının ekstraksiyon verimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığını göstermektedir.

Buraya kadar elde edilen değerlerden; mayşe enzimi kullanılarak ekstraksiyon veriminin artırıldığı, daha yüksek brixte hurma suyu elde edildiği, meyve dokusunun yumuşadığı dolayısıyla presleme işleminin iyileştiği sonuçlarına varılabilir. Ayrıca mayşe enzim miktarının ve ekstraksiyon süresinin artırılmasının ekstraksiyon verimi üzerine çok önemli bir etkiye sahip olmadığı da varılan diğer sonuçlardır.

Presleme sonunda elde edilen posalar* (1:6) oranında sulandırılarak tekrar ekstrakte edilmiş ve preslenmiştir. Her denemede alınan ekstrakt önceki ekstrakt ile karıştırılmıştır. Elde edilen değerler Çizelge 5.13'deki gibidir.

Çizelge 5.13 İkinci ekstraksiyon işlemi sonunda elde edilen sonuçlar.

	Deneme 1	Deneme 2	Deneme 3	Deneme 4	Deneme 5
Brix değeri (°Bx)	13,10	14,46	13,50	13,96	14,42
Ekstrakt miktarı (g)	2990,22	2687	2766	2784	2700

* Deneme 1'deki posa (1:7) olarak sulandırılmıştır.

İlk presleme işleminden sonra atılacak olan posanın bu şekilde tekrar sulandırılarak ekstrakte edilmesi; posada kalmış olabilecek meyve suyunun kazanılarak ekstraksiyon veriminin artırılması amacıyla yapılmıştır. Çizelge 5.13'te ikinci ekstraksiyon işlemi sonunda elde edilen hurma sularının miktarları ve brix değerleri görülmektedir. Sonuçlar ikinci kez yapılan ekstraksiyonun her bir denemedeki kuru madde miktarının sırasıyla %7,75, %6,54, %2,53, %5,86 ve %6,37 artırdığını göstermektedir. Bu işlem ile aynı zamanda hurma suyunun brix değerleri düşürülmüş, böylece durultmanın berraklaştırma aşamasında oluşacak flokların tortu halinde çökebilmesi ve tabana hızla oturabilmesi için uygun brix değerlerine ulaşılmıştır. Endüstride iyi bir berraklığın sağlanabilmesi için berraklaştırmaya tabi tutulacak meyve suyunun 13-15°Bx arasında olması istenmektedir. Aksi durumda meyve suyunun yoğunluğunun artması, oluşacak tortunun tabana oturmasını engelleyerek; tortunun oldukça sorunlu ve masraflı bir filtrasyon işlemi ile ayrılmasına neden olmaktadır.

5.2.2 Pastörizasyon ve PH ayarlaması

Ekstraksiyon işleminden sonra elde edilen hurma suları sonraki aşamalarda mikroorganizma faaliyetine dayalı bozulmalardan korunmak amacıyla 85°C'de 5-10 sn bekletilerek pastörize edilmiştir. Pastörizasyon işlemi sonrasında hurma suyu hızla soğutulmuştur. Soğutma işlemi 50°C'ye kadar yapılırsa bir sonraki aşama olan depektinizasyonda hurma suyunu ısıtmaya gerek yoktur.

Pastörize edilen ürünlerin pH'sı 5,84-5,94 aralığında ölçülmüştür. Durultmanın birinci aşaması olan depektinizasyonda kullanılacak pektolitik enzimin aktive olduğu pH aralığı 4-5 olduğundan, ürünlerin pH'ları sitrik asit ilavesi ile 4,55'e indirilmiştir.

Çizelge 5.14 Elde edilen hurma sularının başlangıç pH'ları.

	Deneme 1	Deneme 2	Deneme 3	Deneme 4	Deneme 5
pH	5,94	5,89	5,84	5,86	5,90

Al-Shabib ve Marshall (2003) çalışmalarında farklı çeşitlerden hurma meyvelerinin pH'larının 5,10 ile 6,10 arasında değişiklik gösterdiğini belirtmektedirler. Bulunan değerler çalışma ile uygunluk göstermektedir.

5.2.3 Durultma

Durultma işlemi depektinizasyon ve berraklaştırma olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir.

Depektinizasyon aşamasında hurma suları su banyosunda 50°C'ye ısıtılmış ve *pektolitik enzim* (30ml/ton) ilave edilmiştir. Enzim çözeltisi %1'lik olarak hazırlanmış olup her bir deneme için kullanılan miktarlar Çizelge 5.15'te verilmektedir.

Çizelge 5.15 Depektinizasyon aşamasında ilk üç deneme için ilave edilen pektolitik enzim miktarları.

Deneme	Pektolitik enzim miktarı (ml/Top. ekstrakt miktarı)
Deneme 1	9
Deneme 2	8,1
Deneme 3	8,3

Depektinizasyon sırasında belirli aralıklarla pektinin parçalanması alkol testi ile izlenmiştir. Deney tüpüne filtre edilmiş 5 ml meyve suyu üzerine 5 ml %96'lık etil alkol eklendikten sonra tüp hafifçe çalkalanmıştır. Daha sonra tüpte jelimsi bir yapının oluşup oluşmadığı gözlemlenmiştir. Sonuçta pektinin parçalanma süresi 45 dakika olarak bulunmuştur. Pektin parçalandıktan sonra durultmanın ikinci aşaması olan berraklaştırma aşamasına geçilmiştir.

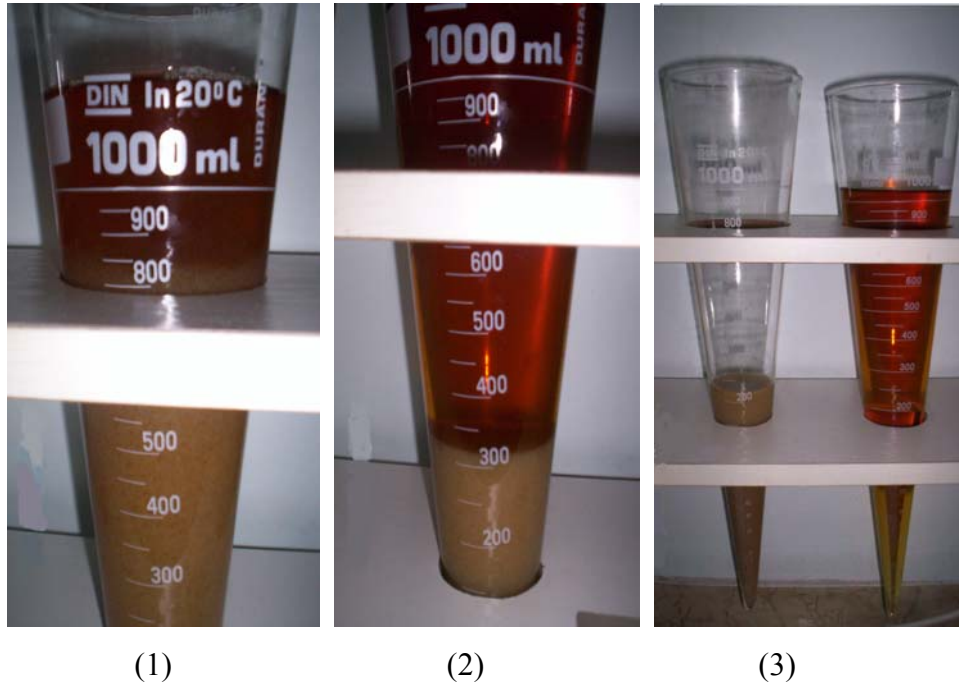
Berraklaştırma aşamasında kullanılan durultma yardımcı maddeleri için optimum dozaj belirlenmiştir. Buna göre eklenen durultma yardımcı maddeleri miktarları aşağıda verilmektedir (Çizelge 5.16). Her bir madde eklendikten sonra karıştırılmıştır. Böylece durultma yardımcı maddelerinin tüm hurma suyuna eş düzeyde dağılması sağlanmıştır. Jelatin çözeltisi %1'lik olarak hazırlanmıştır.

Çizelge 5.16 İlave edilen durultma yardımcı maddelerinin miktarları.

Durultma Yardımcı Maddeleri	(ml/Top. ekstrakt miktarı)		
	Deneme 1	Deneme 2	Deneme 3
Bentonit (%5'lik)	56	52	52
Kizelsol (%5'lik)	56	52	52
Jelatin (%1'lik)	56	52	52

Jelatin, meyve suyundaki fenolik bileşiklerle floklar oluşturur ve bu floklar çökelirken diğer bulanıklık unsurlarını da beraberinde sürüklerler. Kizelsol jelatin kullanıldığı zaman mutlaka kullanılması gereken bir durultma yardımcı maddesidir ve jelatinle birlikte kullanılmasının amacı meyve suyunda jelatin kalıntısına engel olmaktır. Bentonit ise proteinleri uzaklaştırmanın yanında fenolik bileşikleri de meyve suyundan uzaklaştırmaktadır. Bu maddelerin uygun bir kombinasyonu ile durulma olayı gerçekleşmektedir. Güçlü bir flok oluşumu ve meyve suyunun berraklığı için bu durultma yardımcı maddelerinin önceden belirlenen dozajlarda ilave edilmesi gerekmektedir. Eksik veya fazla miktarlarda eklenmesi meyve suyunun berraklaşmasını engeller ve sonradan bulanmaya yol açabilir. Örneğin; belirlenenden fazla miktarda jelatin ilavesi, meyve suyunda çözülmüş jelatin kalmasına neden olur. Bu kalıntı jelatin daha sonra karşılaşılan “sonradan bulanma” olayının nedenlerinden birisidir ve berraklık stabilitesi iyi bir meyve suyu elde edilemez. Çizelge 5.16’da ilave edilen miktarlar; durulma hızı, oluşan çökeltinin hacmi ve üstte oluşan berrak kısmın berraklık düzeyi göz önünde bulundurularak hesaplanmış değerlerdir ve fazlası ekonomik kayıplara ve sonradan bulanma yaşanabilmesine, eksigi ise elde edilen meyve suyunun berraklık stabilitesinin sağlanmasında problemlere yol açacaktır.

Şekil 5.4’te hurma suyunun berraklaşması sırasında oluşan tortunun tabana sürüklenme aşamaları ve tortu süzülükten sonra elde edilen hurma suyu görülmektedir.



Şekil 5.4 Oluşan tortunun tabana sürüklenme aşamaları (1,2) ve süzülükten sonra tortu ve hurma suyunun (3) görünümü.

Berraklaşma sağlandıktan sonra oluşan tortu süzülerek elde edilen hurma suyu filtre edilmiştir ve tartılmıştır. Çizelge 5.17’de berraklaştırma aşamasından önceki ve sonraki hurma suyu miktarları verilmektedir.

Çizelge 5.17 Berraklaştırmadan önceki ve sonraki hurma suyu miktarları.

Hurma suyu miktarı	(g)		
	Deneme 1	Deneme 2	Deneme 3
Berraklaştırmadan önce	2990,22	2687	2766
Berraklaştırmadan sonra	2200	2080	2140

5.2.4 Konsantre Etme

Durultma işlemi sonunda elde edilen hurma suları banyo sıcaklığı 45°C olan rotasyon buharlaştırıcıda 45 mbar basınç altında 60-65°Bx’e konsantre edilmiştir. Çizelge 5.18’de elde edilen konsantrelerin brix ve asitlik değerleri verilmektedir.

Çizelge 5.18 Konsantrasyon işlemi sonunda elde edilen değerler.

	Deneme 1	Deneme 2	Deneme3
Hurma suyu miktarı (g)	2200	2080	2140
Hurma suyu konsantresi miktarı (g)	418	443	460
Hurma suyu brix (°Bx)	13,10	14,46	13,50
Hurma suyu konsantresi brix (°Bx)	63,86	61,42	61,77
Konsantre asitliği (% sitrik asit)	0,40	0,40	0,39

Çekirdekleri çıkartılarak uygun parça büyüklüğüne getirildikten sonra tartılan 500 g hurmadan elde edilen hurma suyu konsantrelerinin miktarları, brix ve asitlik değerleri Çizelge 5.18’de görülmektedir. Çalışma verimini hesaplamak için en düşük brix değeri olan 61,42°Bx baz alınır;

- Deneme 1’deki konsantre miktarı: 434,6g, çalışma verimi: %86,9
- Deneme 2’deki konsantre miktarı: 443g, çalışma verimi: %88,6
- Deneme 3’teki konsantre miktarı: 462,6g, çalışma verimi %92,5 olarak bulunur.

Buna göre ortalama çalışma verimi %89,3’tür. Bu da satın alınan meyveden ortalama %10,7’lik bir kayıp ile konsantre elde edilebileceğini göstermektedir. Bu rakamlar meyve suyu endüstrisi için oldukça önemlidir. Ancak sanayide hurmaların çekirdekleri ile satın alındığı

unutulmamalıdır. Bu amaçla 100 g hurmanın ortalama et içeriği hesaplanmıştır ve 90 g et içerdiği bulunmuştur. Bu durumda 556 g çekirdekli hurma için çalışma verimi ortalama %80'dir. 1 ton hurmadan 800 kg hurma suyu konsantresi elde edilmektedir. Bu bakımdan hurma diğer meyvelerle karşılaştırıldığında; işlenmesi kolay ve konsantre verimi oldukça yüksek bir meyvedir. Tek dezavantajı pahalı bir meyve olmasıdır.

5.3 Hurma Suyu Konsantresine Yapılan Kimyasal Analizler

Hurma suyu konsantresine (63,86°Bx) asitlik, pH, şeker, organik asit ve mineral madde analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 5.19, 5.20 ve 5.21'de görülmektedir.

Hurma suyunun asitliği %0,40 (sitirik asit cinsinden), pH'sı 4,31 olarak ölçülmüştür. Al-Hooti vd. (2002) çalışmalarında kullandıkları Birhi ve Safri olarak adlandırılan iki çeşit hurmanın asitlik ve pH değerlerini sırasıyla 0,77-0,67 ve 4,09-4,11 olarak bulmuşlardır. Çalışmada elde edilen değerler bu çalışma ile uygunluk göstermektedir.

Çizelge 5.19 Hurma suyu konsantresinin (63,86°Bx) şeker içeriği.

Hurma suyu konsantresi (63,86°Bx)	
Şekerler	Miktar (g/100g)
Glukoz	32,40
Fruktoz	32,04

Çizelge 5.20 Hurma suyu konsantresinin (63,86°Bx) organik asit içeriği.

Hurma suyu konsantresi (63,86°Bx)	
Organik Asitler	Miktar (g/l)
Sitrik asit	7,79
Quinik Asit	3,81
Malik asit	2,04
Askorbik asit	0,16

Çizelge 5.21 Hurma suyu konsantresinin (63,86°Bx) mineral madde içeriği.

	Mineral Maddeler							
	mg/100g							
	Ca	Na	K	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn
Hurma Suyu Konsantresi (63,86°Bx)	47,9	5,2	680,8	32,1	0,2	0,2	0,1	0,0001

Hurma suyu konsantresine yapılan analizler sonunda elde edilen sonuçlar hurma suyu konsantresinin oldukça yüksek miktarda şeker içerdiğini göstermektedir. Hurma iyi bir şeker kaynağıdır. Şeker büyük oranda glukoz ve fruktozdan oluşmaktadır. Al-Hooti vd. (2002) çalışmalarında elde ettikleri iki farklı hurma suyu konsantresine yaptıkları analizlerde konsantrelerin glukoz ve fruktoz miktarlarını sırasıyla ortalama %38,23 ve 39,40 olarak bulmuşlardır. Bu çalışmada bulunan değerler Al-Hooti vd. (2002) tarafından yapılan çalışma ile de uygunluk göstermektedir. Ayrıca Al-Farsi'nin (2002) çalışmasında bulunduğu değerler ile de uyumaktadır.

Hurma suyu konsantresinin organik asit kompozisyonunu sitrik asit, malik asit, quinik asit ve askorbik asit oluşturmaktadır. %56,5'lik oranla sitrik asit konsantrede en fazla bulunan organik asittir. Bunu %27,6'lık oranla quinik asit, %14,8 ile malik asit ve %1,1'lik oranla askorbik asit takip etmektedir. Askorbik asit C vitamini olarak bilinir ve hurmada önemli miktarda bulunmaz. Elde edilen sonuçlarda bunu doğrulamaktadır.

Hurma suyu konsantresi aynı zamanda iyi bir potasyum, kalsiyum ve magnezyum kaynağıdır. Özellikle potasyum hurmada çok yüksek miktarda bulunmaktadır. Demir, çinko, bakır ve mangan hurma suyu konsantresinde bulunan mikro elementlerdir. Analiz sonucu elde edilen değerler Al-Hooti vd. (2002) tarafından yapılan çalışma ile uygunluk göstermektedir.

6. SONUÇLAR

Hurma meyvesinden ekstraksiyon yöntemi ile; mayşe enzimi kullanılması, enzim miktarının artırılması ve ekstraksiyon süresinin artırılması gibi etkili olabilecek parametreler göz önüne alınarak, laboratuvar ölçekte hurma suyu konsantresi üretimi için uygun ekstraksiyon koşullarının bulunması amacıyla yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar ve literatürde bulunan diğer çalışmalarla yapılan karşılaştırmalar aşağıda verilmiştir.

Hurmanın su ile 50°C'de 1,5 saat süreyle ekstrakte edilmesi sırasında *Fruktozm MA* mayşe enzim çözeltisinin ilave edilerek ve edilmeden yapılan ekstraksiyonu sonunda; mayşe enziminin ekstraksiyon verimini %23 artırdığı bulunmuştur. Yapılan diğer denemelerde de elde edilen sonuçlar mayşe enzimi ilave edilerek yapılan çalışmalarda daha yüksek ekstraksiyon verimine ulaşıldığını göstermektedir. Mayşe enzimi ilavesiyle meyve dokusunun daha kısa sürede yumuşadığı, kolaylıkla kabuklardan ayrıldığı ve presleme işleminin kolaylaştığı gözlemlenmiştir. Al-Hooti vd. (2002) gerçekleştirdikleri çalışmalarında pektinaz-selülaz enzim karışımının ekstraksiyon sonunda elde edilen kuru madde miktarını iki katına çıkardığını belirtmişlerdir.

Bu aşamadan sonraki deneylere mayşe enzimi ilavesi ile devam edilmiş ve ekstraksiyon verimi üzerine enzim miktarının ve ekstraksiyon süresinin artırılmasının etkileri incelenmiştir. Mayşe enzim miktarının %30 artırılmasının meyve suyunun kuru madde miktarını maksimum %1,16 artırdığı bulunmuştur. Enzim miktarının artırılmasının ekstraksiyon verimi üzerine önemli bir etkisi olmadığı kanısına varılmıştır. Aynı şekilde ekstraksiyon süresi %30 artırılarak yapılan deneyde kuru madde miktarının %6'lık bir artış gösterdiği görülmüştür ve ekstraksiyon süresinin artırılmasının önemli bir etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır.

Ekstraksiyon 50°C'de gerçekleştirilmiştir. Entezari vd. (2003) çalışmalarında düşük sıcaklığın ekstraksiyon verimini artırmada etkili olduğu sonucuna varmışlardır. Hurmanın ekstraksiyonu üzerine enzim miktarı ve ekstraksiyon süresinin etkisini belirlemek amacıyla yürütülen deneyler sonunda belirlenen ve en uygun olduğu düşünülen koşullar:

- Ekstraksiyon süresi : 1,5 saat
- Mayşe enzim miktarı : %5'lik *Frucozym MA* enzim çözeltisinden 3ml/kg hurma su karışımı

olarak tespit edilmiştir. Bulunan bu değerlerin üzerinde bir çalışmanın büyük ölçekte yapılacak bir üretim için zaman ve ekonomik kayıplara yol açacağı düşünülmektedir.

Durultma aşamasında depektinizasyon ve berraklaştırma için kullanılması gereken durultma enzim miktarı ve durultma yardımcı maddelerinin miktarları hesaplanmıştır. Durultmanın birinci fazı olan depektinizasyonda 50°C'de durultma enzimi ilave edilerek pektinin parçalanması sağlanmıştır. Pektinin parçalanma süresi belirli zaman aralıkları ile yapılan alkol testi ile bulunmuştur. Buna göre en uygun olduğu düşünülen koşullar;

- Durultma enzim miktarı : %1'lik *Durultma enzim* çözeltisinden 3ml/kg hurma suyu
- Pektinin parçalanmama süresi : 45 dakika olarak tespit edilmiştir.

Durultmanın ikinci fazı olan berraklaştırma aşamasında ise durultma yardımcı maddelerinin dozajları ön deneyle tespit edilmiştir. Buna göre en uygun olduğu düşünülen dozaj;

- Bentonit (%5'lik) : 2ml/100ml hurma suyu
- Kizelsol (%5'lik) : 2ml/100ml hurma suyu
- Jelatin çözeltisi (%0,5'lik) : 4ml/100ml hurma suyu olarak tespit edilmiştir.

Bu değerler durulma hızı, tortunun tabana oturma süresi, oluşan tortunun sıklığı ve meyve suyunun berraklığı göz önüne alınarak hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerlerin altında yapılan bir çalışmanın depektinizasyon aşamasında pektinin yeteri kadar parçalanamamasına, meyve suyunda kolloid maddelerin kalmasına neden olacağı düşünülmektedir. Berraklaştırma aşamasında ise yeterli flok oluşumunun gerçekleşmemesine, bu değerlerin üzerinde bir çalışmanın ise meyve suyunda durultma yardımcı maddelerinin kalıntısına neden olacağı düşünülmektedir.

Çalışmanın son aşamasında ise elde edilen hurma suyu banyo sıcaklığı 45°C olan rotasyon buharlaştırıcıda 45 mbar vakum altında 60-65°Bx'e konsantre edilmiştir. Bulunan sonuçlar 1 ton hurmadan 800 kg 61,42°Bx'te hurma suyu konsantresi elde edilebileceğini göstermektedir. Bu bakımdan hurma diğer meyvelerle karşılaştırıldığında; işlenmesi kolay ve konsantre verimi oldukça yüksek (%80) bir meyvedir. Tek dezavantajı pahalı bir meyve olmasıdır.

Konsantrede yapılan kimyasal analizler; hurmanın iyi bir şeker kaynağı olduğunu göstermektedir. Sitrik asit, malik asit, askorbik asit ve quinik asit hurmada bulunan organik asitlerdir. Askorbik

asit miktarı düşük olduğundan hurmanın C vitamini bakımından zengin bir meyve olduğu söylenemez. Hurma suyu konsantresi aynı zamanda iyi bir potasyum, kalsiyum ve magnezyum kaynağıdır. Özellikle potasyum hurmada çok yüksek miktarda bulunmaktadır. Elde edilen sonuçlar literatür ile uygunluk göstermektedir.

Yapılan çalışmalar hurmanın besleyici değeri yüksek bir meyve olduğunu göstermektedir. Şeker miktarının çok yüksek olması nedeniyle hurma suyu gıda ürünlerinde şeker yerine kullanımı yönünde iyi bir potansiyeldir. Konsantreden elde edilecek içeceğin meyve suyu endüstrisinde ilgi çekeceği ve beğenileceği umulmaktadır.

KAYNAKLAR

- Al-Farsi, M.A., (2002), "Clarification of Date Juice", International Journal of Food Science and Technology 2003, 38, 241-245.
- Al-Hooti, S.N., Sidhu, J.S., Al-Saqer, J.M., Al-Othman, A., (2002), "Chemical Composition and Quality of Date Syrup as Affected by Pectinase/Cellulase Enzyme Treatment", Food Chemistry, 79, 215-220.
- Al-Shabib, W., Marshall, R.J., (2003), "Review: The Date Palm the Possible Use as The Best Food for The Future". International Journal of Food Sciences and Nutrition, Volume 54, Number 4, 247-259.
- Al-Shabib, W., Marshall, R.J., (2003), "Fatty Acid Content of the Seeds from 14 Varieties of Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.)". International Journal of Food Science and Technology 2003, 38, 709-712.
- Al-Showiman, S.S., (1990), "Chemical Composition of Some Date Palm Seeds (*Phoenix dactylifera* L.) in Saudi Arabia". Arabian Gulf Journal of Scientific Research, 8, 15-24.
- Arthey, D., Ashurst, P.R., (2001), Fruit Processing : Nutrition, Products, and Quality Management, Aspen Publishers, Gaithersburg.
- Barreveld, W.H., (1993), Date Palm Products, FAO Agricultural Services Bulletin No. 101, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.
- Belitz, H.D., Grosch, W., Schieberle, P., (2004), Food Chemistry, Springer, New York.
- Besbes, S., Blecker, C., Deroanne, C., Drira, N.E., Attia, H., (2004), "Date Seeds: Chemical Composition and Characteristic Profiles of the Lipid Fraction". Food Chemistry 84, 577-584.
- Cemeroğlu, B., Karadeniz F., (2001), Meyve Suyu Üretim Teknolojisi, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara.
- Cemeroğlu, B., Acar, J., (1986), Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara.
- Entezari, M.H., Nazary, S.H., Haddad Khodaparast, M.H., (2003), "The Direct Effect of Ultrasound on the Extraction of Date Syrup and Its Micro-organisms", Ultrasonics Sonochemistry, 2003.
- Ergönül, B., (2005), "Hurma Meyvesinin (*Phoenix dactylifera* L.) ve Yağının Kimyasal Yapısının Araştırılması", Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü.
- Fayadh, J.M., Al-Showiman, S.S., (1990), "Chemical Composition of Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.)", J. Chem. Sos. Pak., 12, 84-103.
- Joshi, V.K., Chauhan, S.K., Lal, B.B., (1991), "Extraction of Juices from Peaches, Plums and Apricots by Pectinolytic Treatment". Journal of Food Science and Technology, 28(1), 27-55.

Lea, A.G.H., Piggott, J.R., (2003), Fermented Beverage Production, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.

McCance, R.A., Widdowson, E.M., (1991), The Composition of Foods, Cambridge: The Royal Society of Chemistry and Ministry of Agriculture.

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

Salunkhe, D.K., Kadam, S.S., (1995), Handbook of Fruit Science and Technology: Production, Composition, Storage, and Processing, Marcel Dekker, New York.

Salunke, D.K., Desai, B.B., (1984), Postharvest Biotechnology of Fruits, Vol.2, CRC Press, Boca Raton, FL, p.111.

Şimşek, A., Artık, N., Başpınar, E., (2003), "Detection of Raisin Concentrate (Pekmez) Adulteration by Regression Analysis Method". Journal of Food Composition and Analysis 2004, 17, 155–163.

Tucker, G.A., Woods, L.F.J., (1995), Enzymes in Food Processing, Blackie Academic & Professional, London, New York.

Whitehurst, R.J., Law, B.A., (2002), Enzymes in Food Technology, Sheffield Academic Press ; Boca Raton,

İNTERNET KAYNAKLARI

[1] www.fao.org

[2] http://en.wikipedia.org/wiki/Date_palm

[3] www.uark.edu/depts/ifse/grapeprog/articles/nmc14wg.pdf

[4] <http://www.gelatin-gmia.com/html/rawmaterials.html>

[5] www.sciencedirect.com

[5] <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/Date.html>

[6] http://www.desertusa.com/magnov97/dates/nov_date.html

[7] <http://www.icarda.org/APRP/Datepalm/introduction/intro-body.htm>

[8] <http://www.nizwa.net/agr/dates/datefruit/datefruit.html>

[9] <http://www.uga.edu/fruit/date.htm>

[10] <http://www.agronomy.ucdavis.edu/gepts/pb143/CROP/Date/Date.htm>

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi	27.06.1980	
Doğum Yeri	İstanbul	
Lise	1994-1997	Özdemir Sabancı Lisesi
Lisans	1998-2002	İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2003-2005	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı