

## DOĞAL BULANIK LİMON SUYU ÜRETİMİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Filiz Uçan<sup>1\*</sup>, Erdal Ağçam<sup>2</sup>, Asiye Akyıldız<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kilis

<sup>2</sup>Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Adana

Geliş tarihi / *Received*: 02.05.2013

Düzeltilerek Geliş tarihi / *Received in revised form*: 18.09.2013

Kabul tarihi / *Accepted*: 26.09.2013

### Özet

Bu çalışmada, İnterdonat çeşidi limon ekstraksiyon işleminden sonra kaba pulp parçacıkları uzaklaştırılıp pastörize edilerek doğal bulanık limon suyu ve konsantresi üretilmiştir. Limon sularının üretimindeki işlem basamaklarının ve depolama süresinin (-25 °C'de 180 gün) bazı kalite özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Doğal bulanık limon sularına 90 °C sıcaklıkta 15 saniye pastörizasyon uygulaması ile %7.39 kalıntı pektinmetilesteraz (PME) aktivitesi tespit edilmiştir. pH, titrasyon asitliği, suda çözünür kuru madde, toplam kuru madde değerlerinde ise üretim aşamaları ve depolama ile birlikte önemli bir değişime rastlanılmadığı belirlenmiştir. Askorbik asit içeriklerinde üretim aşamaları ve depolama ile birlikte azalmaların meydana geldiği tespit edilmiştir. Doğal bulanık limon sularının konsantre edilmesiyle viskozite ve toplam pektin içeriklerinde artış, PME aktivitesi ve bulanıklık değerlerinde ise azalmalar olduğu bulunmuştur. Konsantrelerin depolanması sırasında PME aktivitesi dışında viskozite, toplam pektin ve bulanıklık değerlerinde önemli değişim olmamıştır.

**Anahtar kelimeler:** Limon suyu ve konsantresi, konsantrenin depolanması pektinmetilesteraz, pektin, askorbik asit

## A RESEARCH ON PRODUCTION OF THE NATURAL CLOUDY LEMON JUICE

### Abstract

In this study, natural cloudy lemon juice and their concentrates were produced after extraction of Interdonato variety lemon removed from rough particles of pulp and lemon juice can be pasteurized. Effects of the processing steps on the some quality were investigated during the lemon juice production and the obtained concentrates were stored at -25 °C for 180 days. Natural cloudy lemon juices with application at 90 °C for 15 seconds of 7.39% residual pectinmethylesterase (PME) activity was determined. In the values of pH, titratable acidity, soluble solids and total solids were not significantly determined with the production stages and storage. Values of ascorbic acid were observed reductions with stages of the production and storage. Viscosity and total pectin contents were determined increased with natural cloudy lemon juices were concentrated, values of PME activity and turbidity were determined decreases. Values of total pectin and turbidity was not a significantly observed except for PME activity during storage of concentrates.

**Keywords:** Lemon juice and concentrate, storage of concentrate, pectinmethylesterase, pectin, ascorbic acid

\*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ ucanfiliz@gmail.com.tr,

☎ (+90) 348 814 3096/1812,

☎ (+90) 348 814 3098

## GİRİŞ

*Citrus limonia* (limon), *Rutaceae* familyasındandır (1). Dünya turunçgil meyveleri üretiminde, portakal yaklaşık 67.6 milyon ton ile dünya turunçgiller üretiminin %54.29'unu Bunu sırasıyla; mandarin(%24.56), limon (%11.16), altıntop (%3.61) ve diğer turunçgil çeşitleri (%6.38) izlemektedir (2). Ülkemizdeki başlıca üretim bölgeleri Akdeniz, Ege ve Doğu Karadeniz Bölgeleri olup, toplam üretimin %90.5'i Akdeniz, %9'u Ege ve %0.5'i Doğu Karadeniz Bölgesinden karşılanmaktadır. Adana, Mersin ve Hatay illerini kapsayan Doğu Akdeniz Bölgesi ise toplam üretimin %83.2'sini oluşturmaktadır (3).

Turunçgiller C vitamini, karotenoidler ve fenolik bileşikler gibi birçok sağlıklı ve yüksek besinsel içeriğe sahip bileşenlerden oluşmaktadır. Bunlar antioksidan kapasiteye sahip olup serbest radikallerin neden olduğu oksidatif zarara karşı hücreleri korumaktadır. Antioksidatif etkiye sahip askorbik asit de beslenme için önemli bir bileşik olup, çoğu gıdada katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (4-7).

Limon, Türkiye'nin dış satım ürünleri içinde çok önemli bir yere sahiptir. İç tüketimde limon, salata ve benzeri yiyeceklerde lezzet verici olarak ve limonata şeklinde tüketilmektedir. Bu özelliği nedeniyle limon beslenmede çok önemli yeri olan bir askorbik asit kaynağıdır (8).

Limonun ucuz olduğu hasat dönemlerinde doğal bulanık limon suyu veya konsantresi olarak üretilip depolanması ile yılın her döneminde vitamin kaynağı olan limondan yararlanmanın mümkün olabileceği düşünülmektedir. Limonun yapısında bulundurduğu bileşenlerin insan sağlığı açısından öneminin bilinmesine rağmen tüketimi sınırlı düzeyde kalmaktadır. Bu çalışmada, doğal bulanık limon suyunun üretilmesi, konsantre edilmesi ve depolanmasının ürünün pH, titrasyon asitliği (TA), suda çözünür kuru madde (SÇKM), toplam kuru madde (TKM), askorbik asit içeriği, pektinmetilesteraz (PME) kalıntı aktivite, toplam pektin, viskozite, bulanıklık ve mineral madde içeriğinde meydana gelen değişimlerin incelenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Doğal bulanık limon suyu konsantresi üretiminde materyal olarak Çukurova bölgesinde yetiştirilen İnterdonat çeşidi limon kullanılmıştır.

### Yöntem

Laboratuarda doğal bulanık limon suyu konsantresi üretiminde limonlar yıkandıktan sonra, ekstraktörde (Can Can Turunçgil Ekstraktör Makinesi, Türkiye) sıkılarak limon suyu elde edilmiştir. Ekstraksiyon işlemi tamamlanan limon suları, 1 mm paslanmaz çelik eleklerden geçirilerek çekirdek ve kaba pulp parçaları uzaklaştırılmıştır. Daha sonra meyve suyundaki enzimlerin ve mikroorganizmaların inaktive edilmesi amacı ile 90 °C'de 15 saniye pastörizasyon normu uygulanmıştır. Pastörizasyonu tamamlanan doğal bulanık limon suyu briksi yaklaşık % 45-47 oluncaya kadar rotary evaporatörde (Heidolph Basic Eei-VAP HL, Germany) vakum altında 60 °C'de konsantre edilmiştir. Elde edilen konsantre örnekler, 50 mL'lik amber renkli şişelerde 6 ay süresince -25 °C'de depolanarak 2'şer ay ara ile analiz edilmiştir. Çalışma 3 tekerrürlü uygulanmıştır.

### Uygulanan Analizler

Limonların meyve suyu verimi, taze meyve ağırlığının sıkılarak elde edilen meyve suyu ağırlığına oranlanmasıyla belirlenmiştir. Meyve ağırlıkları hassas terazide tartılarak gram cinsinden, en ve boy ölçümleri kumpas ile cm cinsinden ölçülmüştür.

Limon suyu örneklerinde pH tayini cam elektrotlu WTW marka pH metre kullanılarak yapılmıştır (9). Titrasyon asitliği(TA) pH metre ile 0.1 N NaOH ile pH 8.1'e kadar titre edilmiştir. Sonuçlar, taze ağırlığın her 100 mL için sitrik asit cinsinden gram olarak hesaplanmıştır (10). Suda çözünür kuru madde (SÇKM) masa tipi Abbe refraktometresi ile 20 °C' de °Briks olarak ölçülmüştür (10). Toplam kuru madde (TKM) içeriği örneklerden yaklaşık 5 mL vakumlu etüvde 70 °C' de, 100 mmHg (13.3kPa) basıncı altında kurutulmuş ve sonuçlar g/100mL olarak hesaplanmıştır (11).

Askorbik asit içeriği Cemeroğlu (12)'na göre yapılmıştır. Kromatografi koşulları; kolon: XTERRA C 18, 5 µM, 4.6X250; kolon sıcaklığı: 25 °C; hareketli faz: % 2 KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (pH 2.4), izokratik akış; hareketli faz akışı: 0.5 mL/dk; enjeksiyon hacmi: 10 µL; elüsyon süresi: 15 dk; dalga boyu: 244 nm'dir.

Pektinmetilesteraz (PME) aktivitesi Kimball (13)'e göre yapılmıştır. Elde edilen süre ve ilgili değerler aşağıdaki formüle işlenerek PME aktivitesi hesaplanmıştır. t': pH 7.7'ye ulaşma süresi (dk); A<sub>0</sub> başlangıç aktivite; A<sub>t</sub>: işlem sonrası aktivite

$$\text{PME } A_0 = \frac{[(\text{NaOH Normalitesi}) \times (V_{\text{NaOH}})]}{[t \times \text{Örnek Miktarı; mL}]}$$

$$\text{Kalıntı PME (\%)} = \left[ \frac{A_t}{A_0} \times 100 \right]$$

Toplam pektin tayininde Cemeroğlu tarafından belirtilen meta-fenilfenol yöntemi kullanılmıştır (12). Limon suyu örneklerinde viskozite analizi, Brookfield marka (USA) DV-II+Pro model viskozimetre ile ölçülmüştür. Ölçümler 62 Spindle, 100 rpm'de ve 15 s'de yapılmıştır. Bulanıklık ölçümü için turbidimetre (WTW Turb550, Germany) kullanılarak NTU değerleri belirlenmiştir.

Limon suyu örneklerinin Ca, Cu, Fe, K, Mg, Na ve Zn içerikleri atomik absorpsiyon spektrometresi cihazında (Perkin Elmer A Analyst 400 Atomic Absorption Spectrometer A.B.D.) belirlenmiştir. Bu amaçla 2 mL örnek alınarak teflon tüplere aktarılıp 2 mL %65'lik HNO<sub>3</sub> ve 1 mL %35'lik H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> eklenerek mikrodalga fırında (Berghof speedwave MWS-2 Almanya) Çizelge 1'de verilen koşullarda yakılmıştır. Mikrodalgada yakma işlemi ile elde edilen distilat ultra saf su ile seyreltilerek ve alev stabilizasyonu sağlamak için %5'lik La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (10 mL distilatta 1mL) ve %12.5'lik CsCl (10 mL'de distilatta 0.5 mL) çözeltileri kullanılmış ve cihaza okutulmuştur. Cihazın kalibrasyonunda sertifikalı standart maddeler kullanılmıştır. Analiz sonuçları, SPSS 20.0 paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş ve önemli bulunan farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre belirlenmiştir (14).

Çizelge 1. Limon suyunu mikrodalga ile yakma prosedürü  
Table 1. Microwave burning procedure for lemon juice

Aşama Stage	Sıcaklık (°C) Temperature (°C)	Güç (%) Power (%)	Süre (dk) Time (min)
1	170	90	10
2	200	50	10
3	100	50	10

## ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

### Limon Meyvesinin Genel Özellikleri

İnterdonat limon çeşidinin genel meyve analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. İnterdonat limon meyvesinin sahip olduğu ortalama en ve boy değerleri sırasıyla 7.43±0.66 ve 9.98±1.91 cm olarak, ortalama meyve suyu verimi ise % 39.74±0.34 düzeyinde belirlenmiştir. Bu meyveden elde edilen limon suyunun suda çözünür kuru madde değeri 8.75±0.25, pH değeri 2.66±0.07, titrasyon asitliği değeri 7.07±0.78 g/100mL ve olgunluk indeksi değeri ise 1.24 olarak tespit edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada, İnterdonat limonunun meyve kabuk kalınlığının 3.35-3.96 mm arasında

Çizelge 2. İnterdonat çeşidi limon meyvesinin genel özellikleri  
Table 2. General characteristics of Interdonato variety of lemon fruit

Özellikler Characteristics	İnterdonat limon meyvesi Interdonato lemon fruit
En (cm) <i>Width (cm)</i>	7.43±0.66
Boy (cm) <i>Length (cm)</i>	9.98±1.91
Verim (%) <i>Yield (%)</i>	39.74±0.34
SÇKM (%) <i>SS (%)</i>	8.75±0.25
pH	2.66±0.07
Titrasyon Asitliği (TA, g/100mL*) <i>Titratable acidity (TA, g/100ml*)</i>	7.07±0.78
Olgunluk indeksi (SÇKM/TA) <i>Maturity Index (SS/TA)</i>	1.24

\*Sitrik asit cinsinden; \*As citric acid

olduğunu belirtmişlerdir. Limon suyunun olgunluk indeksinin (SÇKM/TA) ise 1.16 ile 1.39 arasında değiştiği belirlenmiştir (15). Limon suyu üzerine yapılan bir çalışmada pH değerini 2.45±0.06, titrasyon asitliği miktarını 5.40±0.23 g/100 mL, toplam suda çözünür kuru madde miktarını ise 8.22±0.16 °B olarak bulmuşlardır (16).

### Doğal Bulanık Limon Suyu Örneklerinin pH, TA, SÇKM, TKM ve Askorbik Asit Değerleri

Doğal bulanık limon suyunun pH, TA, SÇKM, TKM ve askorbik asit değerleri Çizelge 3'de verilmiştir. Doğal bulanık limon suyu üretiminde, pH, TA, SÇKM ve TKM değerleri için üretim aşamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Ekstraksiyon aşamasından sonra ölçülen titrasyon asitliği değeri 7.07±0.78 g/100mL iken, pastörizasyon sonrasında 6.29±0.76 g/100mL olarak belirlenmiştir. Titrasyon asitliğinde üretim aşamaları ile değişimler olmuştur. Titrasyon asitliğinin azalmasına sebep, organik asitlerden özellikle askorbik asidin oksidasyonu ve ısıl işlemin etkisi ile parçalanması şeklinde olabilir.

Fino ve Verna çeşidi limonlardan elde edilen limon sularında briks değeri sırasıyla 9.00±0.5, ve 6.50±0.6 olduğu bulunmuştur (17). Diğer çalışmalarda, limonda briks değerinin 8.0±0.1 (18) ve toplam kuru maddesinin % 9.65 (19), titrasyon asitliği 5.40±0.23 g /100 mL(16) ve Fino limon çeşidinden elde edilen limon suyunda titrasyon asitliği 6.10±0.08 g/100 mL olduğu tespit edilmiştir (20).

Ekstraksiyon aşamasından sonra ölçülen askorbik asit değeri 419.91±24.3 mg/L iken, pulp ayırma sonrasında ve 361.64±16.3 mg/L pastörizasyon sonrasında 344.91±40.0 mg/L olarak belirlenmiştir. Doğal bulanık limon suyu üretiminde üretim

Çizelge 3. Limon suyu örneklerinin pH, TA, SÇKM, TKM ve askorbik asit içerikleri  
Table 3. pH, TA, SS, TS and ascorbic acid contents of lemon juice samples

Üretim Aşamaları Stages of production	pH	TA (g/100mL) Titratable acidity	SÇKM (°Briks) Soluble solid	TKM (%) Total Solid	Askorbik asit (mg/L) Ascorbic acid (mg/L)
Ekstraksiyon Extraction	2.63±0.02 <sup>a</sup>	7.07±0.78 <sup>a</sup>	8.68±1.13 <sup>a</sup>	10.00±1.32 <sup>a</sup>	419.91±24.3 <sup>a</sup>
Pulp Ayırma Pulp Remove	2.63±0.01 <sup>a</sup>	6.51±0.33 <sup>a</sup>	9.17±0.29 <sup>a</sup>	9.44±0.40 <sup>a</sup>	361.64±16.3 <sup>b</sup>
Pastörizasyon Pasteurization	2.62±0.02 <sup>a</sup>	6.29±0.76 <sup>a</sup>	8.35±1.26 <sup>a</sup>	9.25±0.25 <sup>a</sup>	344.91±40.0 <sup>b</sup>

Üretim aşamalarındaki (sütunlarda) farklı küçük harfler ile gösterilen örnekler arasındaki farklılıklar 0.01 düzeyinde önemlidir.  
The differences between samples indicated by lower-case letters in production stages (columns) are important at the 0.01 level.

aşamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Pastörizasyonunun askorbik asit üzerine yıkıcı bir etkiye sahip olduğu bilinen bir gerçektir.

#### Doğal Bulanık Limon Suyu Konsantrlerinin pH, TA, SÇKM, TKM ve Askorbik Asit Değerleri

Doğal bulanık limon suyu konsantrisinin pH, TA, SÇKM, TKM ve askorbik asit değerleri Çizelge 4'de verilmiştir. Doğal bulanık limon suyu konsantrilerinin depolama sırasındaki pH değerleri 2.07 ile 2.57 arasında değişmiştir. Depolama süresince, doğal bulanık limon suyu konsantrilerinin pH değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.01$ ). Depolama süresince, TA, SÇKM, TKM ve askorbik asit değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Konsantr örneklerin askorbik asit içeriği depolama sonunda yaklaşık %16'lık bir kayba uğramıştır.

Gıdalara uygulanan ısıl işlemler, bazı istenmeyen tepkimelere neden olabilmektedir. L-askorbik asidin de, ısıya karşı duyarlı olduğu ve kolaylıkla parçalandığı ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarında önemli rol oynadığı bilinmektedir

(6). 28, 37 ve 45 °C'de depolamadan sonra depolama sıcaklıklarının her birinde sırasıyla askorbik asit korunumunun yaklaşık % 54.5–83.7, % 23.6–27 ve % 15.1– 20.0 olduğunu bildirmişlerdir (5). Beyaz ve koyu yeşil şişelere doldurulan pastörize edilmemiş limon sularının raf ömrü stabiliteyi belirlemeye çalışılmıştır. Şişeler oda sıcaklığında (27±3 °C) ve buzdolabı koşullarında (3±1 °C) 12 hafta depolanmıştır. Askorbik asit içeriğinin başlangıçta 38.50 mg/100 mL iken depolamanın ilk üç haftası içinde hızla azaldığı (22 mg/100 mL) tespit edilmiştir (21).

#### Doğal Bulanık Limon Suyu Örneklerinin Toplam Pektin, PME, Viskozite ve NTU Değerleri

Limon suyu örneklerinin toplam pektin, PME, viskozite ve NTU değerleri Çizelge 5'te verilmiştir. Pulp ayırma aşamasından sonra ölçülen kalıntı PME aktivite değeri % 78.35±5.08 iken, pastörizasyon(90 °C'de 15 s) sonrasında ise 7.39±1.69 olarak bulunmuştur. PME aktivitesini daha fazla düşürmek mümkün olsa da ürün kalitesinde kaçınılmaz kayıplar söz konusu olacağından ortalama % 92.61'lik inaktivasyon

Çizelge 4. Limon suyu konsantrilerinin depolama süresince pH, TA, SÇKM, TKM ve askorbik asit değerleri  
Table 4. pH, TA, SS, TS and ascorbic acid contents of lemon juice concentrates during storage

	Depolama süresi Storage time			
	0. Ay	2. Ay	4. Ay	6. Ay
pH	2.57±0.02 <sup>a</sup>	2.22±0.01 <sup>b</sup>	2.14±0.02 <sup>b</sup>	2.07±0.04 <sup>b</sup>
TA (g/100mL)	37.34±3.44 <sup>a</sup>	36.78±1.06 <sup>a</sup>	36.67±1.26 <sup>a</sup>	35.78±2.76 <sup>a</sup>
SÇKM (°Briks)	45.42±1.70 <sup>a</sup>	45.50±1.00 <sup>a</sup>	45.00±0.50 <sup>a</sup>	44.33±0.76 <sup>a</sup>
Soluble solid (SS)				
TKM (%)	53.33±3.78 <sup>a</sup>	50.85±2.99 <sup>a</sup>	51.45±2.69 <sup>a</sup>	50.67±2.39 <sup>a</sup>
Total Solid(TS)				
Askorbik asit (mg/L)	1682.00±135.10 <sup>a</sup>	1640.00±191.66 <sup>a</sup>	1491.19±244.32 <sup>a</sup>	1409.53±150.47 <sup>a</sup>
Ascorbic acid(mg/L)				

Her bir depolama dönemindeki (satırlarda) farklı küçük harfler ile gösterilen örnekler arasındaki farklılıklar 0.01 düzeyinde önemlidir.  
The differences between samples denoted by different lower case letters in each storage period (rows) are important at the 0.01 level.

yeterli görülmüştür. Doğal bulanık limon suyu üretiminde üretim aşamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.01$ ).

Turunçgil ham suyundaki pulp miktarının hızla azaltılması, gerek bulanıklık stabilitesi kaybını ve gerekse konsantride jel oluşumunu önemli düzeyde engellerse de, ortamda geri kalan PME aktivitesi, aynı sorunları biraz yavaş da olsa oluşturmaya devam edebilir. Bu nedenle pulp ayırma işlemi sonunda derhal meyve suyuna ısı uygulanarak, öncelikle mevcut PME inaktif edilmelidir. Aksi halde pulpun ayrılmış olmasının fazla bir yararı kalmaz (22). Portakal suyuna 80 °C'de 60 saniye ısı işlem uygulanmış ve PME %95 düzeyinde inaktif hale getirilmiştir. Araştırmacılar aktivite gösteren kalıntı enzimlerin ısıya dirençli izoenzimler olduklarını, daha yüksek sıcaklıklarda bile inaktif edilemediklerini bildirmişlerdir (4). Pastörizasyon sonrası kalıntı enzimlerin uzun süreli depolama sonrası portakal suyunun doğal bulanıklığını bozduğu rapor edilmiştir (23, 24).

Toplam pektin içeriği, ekstraksiyon aşamasında 99.86 GA-AH mg/L, pulp ayırma aşamasında hafif bir azalma ile 95.32 GA-AH mg/L ve pastörizasyon aşamasında ise 96.39 GA-AH mg/L arasında değişmiştir. Limon suyu örneklerinin toplam pektin içeriklerinde, üretim aşamaları ile birlikte meydana gelen değişim istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Portakal suyundaki pektinmetilesterazın inaktivasyonunda ohmik ısıtmanın optimizasyonu çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre toplam pektin içeriğinin, kontrol örneklerinde 410.3±1.1 GA-AH mg/L, 95 °C 60 saniye pastörize edilen örneklerde 411.2±0.5 GA-AH mg/L, 42 V/cm-69 °C ohmik ısıtma uygulanan örneklerde 418.2±1.1 GA-AH mg/L, 44 V/cm-70 °C ohmik ısıtma uygulanan

örneklerde 417.3±1.2 GA-AH mg/L olduğu bulunmuştur (25). Çalışmamızda da pastörizasyon sonucunda çok az bir artış tespit edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada limon kabuğu için toplam pektin miktarının kuru ağırlıkta 65.2±3.25 mg/g, suda çözünür pektin miktarının ise 31.6±1.44 mg/g olduğu bildirilmiştir (26). Benzer bir çalışmada, limonun yenilebilir kısımlarında kuru ağır cinsinden toplam pektin miktarının 60.6±2.67 mg/g, suda çözünür pektin miktarının ise 31.2±1.07 mg/g olduğu tespit edilmiştir (27).

Limon sularının üretim aşamalarındaki viskozite değerleri 17.67 ile 18.70 cP arasında değişmiştir. Örneklerin viskozite değerleri için üretim aşamaları arasındaki farklar önemsiz bulunmuştur. Viskozite turunçgil suları için önemli bir kalite parametresi olarak kabul edilmektedir.

Portakal suyu üzerinde yapılan bir çalışmada taze portakal sularının viskozite değeri 27.78 cP, pastörize edilmiş olanların (90 °C/1 dk) meyve sularının 17.93 cP, pastörize edilmiş (90 °C/1 dk) ve dondurulmuş (-38°C/15 dk) olanların ise 16.07 cP olarak bulmuşlardır (28). Lisbon, Eureka, Mayre ve Bush çeşidi limonlarla yapılmış bir çalışmada, ekstrakte edilen limon sularında viskozite değerinin Lisbon çeşidinde 1.127±0.01 cP, Eureka çeşidinde 1.044±0.02 cP, Mayre çeşidinde 1.047±0.03 cP ve Bush çeşidinde 1.103±0.02 cP olduğu bulunmuştur (29).

Ekstraksiyon aşamasından sonra ölçülen NTU değeri 811.33 iken, pastörizasyon sonrasında artarak 1044.33 olarak belirlenmiştir. Doğal bulanık limon suyu üretiminde üretim aşamaları arasındaki fark NTU için istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ). NTU aslında bulanık meyve sularında kullanılan kalite kriterlerinden biri değildir. Ancak bulanıklığın stabilitesini

Çizelge 5. Limon suyu örneklerinin PME aktivitesi, toplam pektin, viskozite ve NTU değerleri  
Table 5. PME activity, total pectin, viscosity and NTU values of lemon juice samples

Üretim Aşamaları Stages of production	PME (%)	Toplam pektin (GA-AH mg/L) Total Pectin (GA-AH mg/L)	Viskozite (cP) Viscosity (cP)	NTU
Ekstraksiyon Extraction	100 <sup>a</sup>	99.86±1.03 <sup>a</sup>	18.70±1.71 <sup>a</sup>	811.33±47.72 <sup>c</sup>
Pulp Ayırma Pulp Remove	78.35±5.08 <sup>b</sup>	95.32±3.59 <sup>a</sup>	17.67±1.57 <sup>a</sup>	923.33±34.43 <sup>b</sup>
Pastörizasyon Pasteurization	7.39±1.69 <sup>c</sup>	96.39±1.52 <sup>a</sup>	18.13±0.67 <sup>a</sup>	1004.33±7.51 <sup>a</sup>

Üretim aşamalarındaki (sütunlarda) farklı küçük harfler ile gösterilen örnekler arasındaki farklılıklar 0.01 düzeyinde önemlidir.  
The differences between samples indicated by lower-case letters in production stages (columns) are important at the 0.01 level.

görebilmek için ölçülmüştür. Bulanıklık kaybı, pektinin metil gruplarını ayıran, kalsiyum pektat çökeltilerinin oluşmasına ve berrak bir görünüme neden olan endojen bir enzim olan pektinmetilesteraz aktivitesine bağlıdır (30).

#### **Doğal Bulanık Limon Suyu Konsantrelerinin Depolama Süresince PME Aktivitesi, Toplam Pektin, Viskozite ve NTU Değerleri**

Limon suyu konsantrelerinin PME aktivitesi, toplam pektin, viskozite ve NTU değerleri Çizelge 6'da verilmiştir. Doğal bulanık limon suyu konsantresinin depolanması sırasında PME aktivitesi dışındaki toplam pektin, viskozite ve NTU değerleri için depolama boyunca aylar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Doğal bulanık limon suyu konsantrelerinin kalıntı PME aktivitesi depolama sırasında %1.43 ile 3.17 arasında tespit edilmiştir. Depolama sırasında kalıntı enzim miktarındaki değişim istatistiki olarak önemli ( $P<0.01$ ) bulunsa da kalıntı aktivite çok düşük (%10'dan daha düşük) olması nedeni ile bu değişim önemli bulunmamıştır. Depolama süresince PME aktivitesindeki bu artış inaktif olan enzimlerin tekrar aktivite göstermiş olması ile açıklanabilir. Turunçgillerde PME aktivitesi çok yüksek olup bu enzim metoksil gruplarını ayırarak, pektinin esterleşme derecesini düşürmekte ve ortamdaki  $Ca^{+2}$  iyonu ile birleşerek stabilitesini kaybetmektedir. Turunçgil sularında, zamanla serumun ayrılması ile tortu oluşmakta, konsantrelerde ise jelleşme görülmektedir. Turunçgil suyu ve konsantresi üretiminde, PME olabildiğince inaktive edilerek, neden olduğu olumsuzluklar sınırlandırılmaya çalışılmaktadır. Bununla birlikte üretilen üründe daima PME aktivite kalıntısı bulunmaktadır. Kalıntı PME aktivitesi düzeyinin

saptanması, ürünün stabilitesi hakkında önemli veriler ortaya koymaktadır (12).

Doğal bulanık limon suyu örneklerinin kalıntı PME aktivitelerinin konsantrasyon işlemi ile azaldığı belirlenmiştir. Bu durum konsantrasyon işlemi sırasında önemli düzeyde yüklenen ısıdan ve limon gibi asitçe zengin ürünün asitlik düzeyindeki oransal artışa bağlı olarak ortamın izoelektrik noktasındaki değişimler ile açıklanabilir. Çünkü enzimler protein yapısında olduğundan ortamın izoelektrik noktalarındaki değişime hızlıca tepki verebilirler.

Örneklerin pastörizasyon sonrası toplam pektin içerikleri  $96.39\pm 1.52$  GA-AH mg/L iken konsantre edilmeleri ile  $265.34\pm 57.29$  GA-AH mg/L'ye, viskozite değerleri  $18.13\pm 0.67$  cP iken  $91.95\pm 1.05$  cP'ye çıkmıştır. Pastörizasyon sonrası  $1004.33\pm 7.51$  olan NTU değerleri, konsantrasyon ile azalarak  $606.33\pm 76.05$ 'a düştüğü belirlenmiştir.

#### **Doğal Bulanık Limon Suyu Örneklerinin Mineral Madde İçerikleri**

Doğal bulanık limon suyu örneklerinde Ca, Na, Fe, Cu, Zn, K ve Mg analizleri yapılmış ve mineral içeriklerine bakılarak örneklerin mineral profilleri çıkarılmıştır. Cu analizi yapılmasına rağmen hiçbir örnekte tespit edilememiştir (Çizelge 7).

Örneklerin pastörizasyon sonrası Ca içerikleri  $186.66\pm 32.7$  mg/L, Na içerikleri  $8.13\pm 1.96$  mg/L, Fe içerikleri  $3.78\pm 0.25$  mg/L, Zn içerikleri  $0.31\pm 0.01$  mg/L, K içerikleri  $1063.54\pm 57.71$  mg/L ve Mg içerikleri  $101.21\pm 38.49$  mg/L olarak belirlenmiştir. Örneklerin konsantrasyon sonrası mineral madde içerikleri beklenildiği gibi artarak Ca içerikleri  $847.21\pm 36.3$  mg/L'ye, Na içerikleri  $54.16\pm 10.10$  mg/L'ye, Fe içerikleri  $18.55\pm 1.27$  mg/L'ye, Zn içerikleri  $1.97\pm 0.19$  mg/L'ye, K

Çizelge 6. Limon suyu konsantrelerinin depolama süresince PME aktivitesi, toplam pektin, viskozite ve NTU değerleri  
Table 6. PME activity, total pectin, viscosity and NTU values of lemon juice concentrates during storage

	Depolama süresi Storage time			
	0. Ay 0 month	2. Ay 2 <sup>nd</sup> month	4. Ay 4 <sup>th</sup> month	6. Ay 6 <sup>th</sup> month
PME (%)	1.43±0.22b	3.17±0.07a	3.90±0.51a	2.05±0.58b
Toplam pektin (GA-AH mg/L)	265.34±57.29a	268.51±57.27a	264.69±61.88a	266.67±59.06a
Total Pectin (GA-AH mg/L)				
Viskozite (cP)	91.95±1.05a	93.33±1.04a	91.67±3.06a	92.53±1.82a
Viscosity (cP)				
NTU	606.33±76.05a	717.33±6.66a	560.67±60.74a	640.33±95.57a

Her bir depolama dönemindeki (satırlarda) farklı küçük harfler ile gösterilen örnekler arasındaki farklılıklar 0.01 düzeyinde önemlidir.  
The differences between samples denoted by different lower case letters in each storage period (rows) are important at the 0.01 level.

Çizelge 7. Limon suyu örneklerinin mineral madde içerikleri (mg/L)  
Table 7. Mineral contents of lemon juice samples (mg/L)

Üretim Aşamaları Stages of production	Ca	Fe	K	Mg	Na	Zn
Ekstraksiyon Extraction	186.35±41.5a	3.72±0.54a	1307.71±2.19a	85.15±0.99a	4.43±1.36a	0.14±0.01b
Pulp Ayırma Pulp remove	203.40±26.2a	2.80±0.74a	1197.50±14.70b	100.90±3.38a	6.56±3.89a	0.23±0.15ab
Pastörizasyon Pasteurization	186.66±32.7a	3.78±0.25a	1063.54±57.71c	101.21±38.49a	8.13±1.96a	0.31±0.01a
Konsantrasyon Concentration	847.21±36.3	18.55±1.27	3460.42±17.21	410.06±6.08	54.16±10.10	1.97±0.19

Üretim aşamalarındaki (sütunlar) farklı küçük harfler ile gösterilen örnekler arasındaki farklılıklar 0.01 düzeyinde önemlidir (Konsantrasyon örneklerinin mineral madde içerikleri yanıltıcı olabileceği için istatistiki değerlendirmeye tabi tutulmamıştır).

*The differences between samples indicated by lower-case letters in production stages (columns) are important at the 0.01 level (Mineral matter contents of concentrate samples can be misleading has not been evaluated for the statistical).*

içerikleri 3460.42±17.21 mg/L'ye ve Mg içerikleri 410.06±6.08 mg/L'ye artmıştır. Mineral madde içeriklerinin belirlenmesi, meyve suyuna yapılan taklit ve taşıyıcıların belirlenmesinde ve pulp oranlarının hesaplanmasında kullanılan değerler olması bakımından önemlidir. Aynı zamanda üretim sırasında metalik bulaşmaların da tespitinde başvuru kaynağı olmaktadır.

Ağır metal kontaminasyon olarak kabul edilen minerallerden olan Zn, Fe, Cu miktarları "Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerinde Belirli Bulaşmaların Maksimum Seviyelerinin Belirlenmesi Hakkında Tebliğe" göre; Cu ve Zn için kabul edilebilir en yüksek değer 5 mg/L iken, Fe için meyve suyundaki üst limit 15 mg/L olarak belirtilmiştir.

Ca, Fe, Mg ve Na mineral madde sonuçlarına göre, doğal bulanık olarak üretilen pastörize limon suyu örnekleri için üretim aşamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz iken K ve Zn mineralleri için önemli bulunmuştur (P<0.01). Pellerano ve ark. (31) limon suyunda inorganik element seviyelerinin, hangi ülkeye ait olduğunu, kalite özelliklerini ve özgünlüğünü belirlemede kullanıldığını bildirmiştir.

## SONUÇ

Elde edilen bulgulara göre; İnterdonat çeşidi limonların ortalama meyve suyu verimi %39.74 olarak belirlenmiştir. Doğal bulanık limon sularına 90 °C'lik ısıtma işleminin 15 saniye uygulanması ile %7.39 kalıntı PME aktivitesi tespit edilmiştir. Askorbik asit değerlerinde üretim aşamaları ve depolama ile birlikte azalmaların meydana geldiği gözlemlenmiştir. Doğal bulanık limon suyu konsantrasyonlarının kalıntı PME aktivitesi depolama

sırasında %1.43 ile 3.17 arasında tespit edilmiştir. Limonun K bakımından zengin bir ürün olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, yaklaşık 45 °B'lik doğal bulanık limon suyu konsantrasyonlarının -25 °C'de 6 ay stabil kaldığı belirlenmiştir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK (TOVAG 110 O 786 nolu proje) tarafından desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Karahocagil P, Tunalıoğlu R, Taşkaya B, Anaç H. 2003. Turunçgiller durum ve tahmin: 2003/2004. Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü, Yayın No:111, Ankara, 74s.
- FAO, 2011. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (<http://www.fao.org>).
- TÜİK, 2006. Türkiye İstatistikler Kurumu/Bitkisel üretim İstatistikleri
- Polydera AC, Stoforos NG, Taoukis PS. 2005. The effect of storage on the antioxidant activity of reconstituted orange juice which had been pasteurized by high pressure or heat. *Int J Food Sci Technol*, 39, 783-791.
- Burdurlu HS, Koca N, Karadeniz F. 2006. Degradation of vitamin C in citrus juice concentrates during storage. *J Food Eng*, 74, 211-216.
- Dhuique-Mayer C, Caris-Veyrat C, Tbatou M, Amiot MJ, Carail M, Dornier, M. 2007. Thermal degradation of antioxidant micronutrients in citrus juice: kinetics and newly formed compounds. *J Agric Food Chem*, 55, 4209-4216.
- Xu G, Ye X, Chen J, Liu D. 2007. Effect of heat

- treatment on the phenolic compounds and antioxidant capacity of citrus peel extract. *J Agric Food Chem*, 55: 330-335.
8. Altan A, Fenercioğlu H. 1989. Limon suyunun ev koşullarında pastörize edilerek dayandırılması olanağı üzerinde bir araştırma. *Gıda Dergisi*, 14 (5), 321-328.
9. Cemeröglü B. 1992. *Meyve ve Sebze İşleme Endüstrisinde Temel Analiz Metotları*. Biltav Yayıncılık, Ankara.
10. Sánchez-Moreno C, Plaza L, De Ancos B, Cano MP. 2003. Quantitative bioactive compounds assessment and their relative contribution to the antioxidant capacity of commercial orange juices. *J Agric Food Chem*, 83, 430-439.
11. AOAC, 1990. Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry 15 th. Edition. USA.
12. Cemeröglü B. 2007. *Gıda Analizleri*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:34, Ankara. s.168-171.
13. Kimball, DA. 1991. *Citrus processing*. Quality control and technology, pp. 117-125. New York, USA: Van Nostrand Reinhold.
14. Bek Y, Efe E. 1988. *Araştırma ve Deneme Metotları-I*. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitabı. No: 71, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Ofset ve Teksir Atölyesi, Adana, 395s.
15. Güneri M, Mısırlı A, Yokaş İ. 2010. İnterdonat limon çeşidinde kükürt, jips ve amonyum sülfat uygulamalarının toprak reaksiyonu, vejetatif gelişme ve meyve özellikleri üzerine etkileri. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*, 47(1), 1-9.
16. Gonzalez-Molina E, A Moreno D, Garcia-Viguera C. 2009. A new drink rich in healthy bioactives combining lemon and pomagranate juices. *Food Chem*, 115, 1364-1372.
17. Marin FR, Martinez M, Uribealga T, Castillo S, Frutos MJ. 2002. Changes in nutraceutical composition of lemon juices according to different industrial extraction systems. *Food Chem*, 78, 319-324.
18. Carvalho LMJ, Borchetta R, Silva EMM, Carvalho CWP, Miranda RM, Silva CAB. 2006. Effect of enzymatic hydrolysis on particle size reduction in lemon juice (*Citrus limon*, L.), cv. Tahiti. *Braz J Food Technol*, 9(4), 277-282.
19. Arslanoğlu H, Altundoğan HS, Tümen F. 2008. Preparation of cation exchanger from lemon and sorption of divalent heavy metals. *Bioresource Technol*, 99, 2699-2705. Short Communication.
20. González-Molina E, Gironés-Vilaplana Me-  
na, P Moreno Da, Garcia-Viguera C. 2012. New beverages of lemon juice with elderberry and grape concentrates as a source of bioactive compounds. *J Food Sci*, 77, 6727-733.
21. Abbasi A, Niakousari M. 2008. Kinetics of ascorbic acid degradation in un-pasteurized iranian lemon juice during regular storage conditions. *Pakistan Journal Biological Sciences*, 11(10), 1365-1369.
22. Cemeröglü B (ed). 2009. *Meyve ve Sebze İşleme-Teknolojisi*.1.Cilt. 3. Baskı. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:38, Bizim Grup Basımevi, Ankara, Türkiye, 707 p.
23. Cameron RG, Baker RA, Grohmann K. 1997. Citrus tissue extracts affect juice cloud stability. *J Food Sci* 62(2), 242-245.
24. Versteeg C, Rombouts FM, Spaansen CH, Plink W. 1980. Thermostability and orange juice cloud destabilising properties of multiple pectinesterases from orange. *J Food Sci* 45, 969-971.
25. Demirdöven A, Baysal T. 2012. Optimization of ohmic heating applications for pectin methylesterase inactivation in orange juice. *J Food Sci Tech*, 1-10.
26. Wang YC, Chuang YC, Ku YH. 2007. Quantitation of bioactive compounds in citrus fruits cultivated in Taiwan. *Food Chem*, 102,1163-1171.
27. Wang YC, Chuang,YC, Hsu HW. 2008. The flavonoid, carotenoid and pectin content in peels of citrus cultivated in Taiwan. *Food Chem*, 106, 277-284.
28. Sánchez-Moreno C, Plaza L, De Ancos B, Martián-Belloso O, Cano MP. 2005. Impact of high pressure and pulsed electric fields on bioactive compounds and antioxidant activity of orange juice in comparison with traditional thermal processing. *J Agric Food Chem*, 53, 4403-4409.
29. Khosa MK, Chatha SAS, Hussain AI, ZIA KM, Riaz I, Aslam I. 2011. Spectrophotometric quantification of antioxidant phytochemicals in juices from four different varieties of *Citrus limon*, Indigenous to Pakistan. *J Chem Soc Pak.*, 33(2),188-192.
30. Parish ME. 1998. Orange juice quality after treatment by thermal pasteurization or isostatic high pressure. *Lebensm. Wiss. Technol*. 31, 439-442.
31. Pellerano RG, Mazza SS, Marigliano RA, Marchevsky EJ. 2008. Multielement analysis of argentinean lemon juices by instrumental neutronic activation analysis and their classification according to geographical origin. *J Agric Food Chem*, 56(13), 5222-5225.