T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OZMOTİK DİSTİLASYON YÖNTEMİ İLE ISIL OLMAYAN KOŞULLARDA NAR EKŞİSİ ÜRETİMİ

SEDA KAYNARCALIDAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Pelin ONSEKİZOĞLU BAĞCI

EDİRNE-2022

SEDA KAYNARCALIDAN'ın hazırladığı "OZMOTİK DİSTİLASYON YÖNTEMİ İLE ISIL OLMAYAN KOŞULLARDA NAR EKŞİSİ ÜRETİMİ" başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında bir Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Ünvan, Ad, Soyad): İmza

Prof. Dr. Pelin ONSEKİZOĞLU BAĞCI ……

Prof. Dr. Hacı Ali GÜLEÇ ……

Doç. Dr. Kevser KAHRAMAN ……

Tez Savunma Tarihi: 02/06/2022

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

İmza

Prof. Dr. Pelin ONSEKİZOĞLU BAĞCI

Tez Danışmanı ……

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

……

Prof. Dr. Hüseyin Rıza Ferhat KARABULUT

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

T.Ü.FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

DOĞRULUK BEYANI

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

02/06/2022

SEDA KAYNARCALIDAN

Yüksek Lisans Tezi

Ozmotik Distilasyon Yöntemi ile Isıl Olmayan Koşullarda Nar Ekşisi Üretimi

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZET

Bu tez çalışmasında, bütün meyveden ve tanelerinden preslenerek elde edilen nar ham suyundan; geleneksel açık kapta termal evaporasyon (TE), vakum evaporasyon (VE) ve ozmotik distilasyon (OD) ile nar ekşisi üretimi amaçlanmıştır. Elde edilen nar ham sularından OD ile nar ekşisi üretimi süresince transmembran akı değerleri ve çözünür kuru madde miktarındaki değişimler karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. OD ile üretilen nar ekşisinin fizikokimyasal ve duyusal özellikleri geleneksel açık kapta TE ve VE yöntemleri ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Ozmotik distilasyonla koyulaştırılma sırasında bütün meyveden elde edilen nar ham sularında (NS-B), nar tanelerinden elde edilen nar sularına (NS-T) kıyasla daha düşük değerlerde başlangıç akısı gözlenmiş ve daha uzun sürelere gereksinim duyulmuştur.

Farklı koyulaştırma tekniklerinin (TE, VE ve OD) pH ve titrasyon asitliği üzerine etkisi önemli bulunmamıştır. ΔE değerleri bazında bir kıyaslama yapıldığında, en büyük renk farklılığı TE ile üretilen örneklerde gözlemlenmiştir. Genel olarak renk analizinde elde edilen bulgular, TE ile üretilen nar ekşilerinde kırmızı renk yoğunluğunda azalmaya ve matlaşmaya işaret etmiş, esmer renkli pigmentlerin oluşması nedeniyle rengin sarı-kahverengine doğru değiştiğini göstermiştir. VE veya OD ile geleneksel TE'ye kıyasla çok düşük sıcaklıkların kullanılması ile renk kayıplarının önüne geçilebildiği sonucuna varılmıştır.

Bütün meyveden preslenerek elde edilen nar ham suyunun TE ile koyulaştırılması ile elde edilen nar ekşisi (NS-B TE) örneğinde NS-B kontrol örneğine göre toplam fenolik madde miktarında %26±0,16 oranında kayıp ortaya çıkmıştır.

Tanelerinden preslenerek elde edilen nar ham suyunun termal evaporasyonla konsantrasyonu sonucu üretilen nar ekşisinde (NS-T TE) bulunan hidrolize olabilen tanenler yüksek sıcaklıkların etkisiyle depolimerize olarak toplam fenolik madde miktarındaki azalışı önemli ölçüde sınırlandırmış ve toplam fenolik madde miktarında önemli bir değişiklik tespit edilememiştir ($P > 0,05$). NS-B TE örneğinin antioksidan aktivitesinde de NS-T TE örneğine göre daha fazla miktarda azalma gözlemlenmiştir. VE ve OD ile koyulaştırma sırasında NS-B ve NS-T örneklerinin toplam fenolik madde içeriğinde belirgin bir azalma olmamıştır.

Hem NS-B TE hem de NS-T TE örneklerinde yüksek sıcaklıkların etkisiyle toplam monomerik antosiyanin değerlerinde %94±0,87 ve 95±0,01 kayıp meydana gelmiştir. VE ile koyulaştırma sırasında monomerik antosiyaninlerdeki azalma oranı %7±0,01 ve %8±0,41 düzeylerinde kalmıştır. Ozmotik distilasyonla koyulaştırma sırasında ise bu oran oksidatif enzim aktivitesi nedeniyle %15±0,8 ve %16±0,2 seviyelerinde tespit edilmiştir. Ancak hem VE ve hem de OD'de antosiyanin analizinde tespit edilen sınırlı düzeydeki bu azalmalar, renk ve duyusal analizde belirgin bir değişime neden olmamıştır. Duyusal analizde en çok beğenilen ürün ortalama 8,2 puan ile NS-B OD, en az beğenilen ürün ortalama 6,1 puan ile NS-T TE olmuştur.

Yıl : 2022

Sayfa Sayısı : 82

Anahtar Kelimeler : nar ekşisi, ozmotik distilasyon, termal evaporasyon, vakum evaporasyon, membran ayırma yöntemleri

Master Thesis
Nonthermal Production of Pomegranate Sour by Osmotic Distillation Method
Trakya University Institute of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

ABSTRACT

In this thesis, it is aimed to produce pomegranate juice from the raw pomegranate juice obtained by pressing the whole fruit and its arils, using conventional open vessel thermal evaporation (TE), vacuum evaporation (VE) and osmotic distillation process (OD). The changes in OD and transmembrane flux values and the amount of soluble dry matter during pomegranate sour production from pomegranate raw juices obtained were investigated comparatively. The physicochemical and sensory properties of pomegranate sour produced by OD was evaluated comparatively with conventional boiling under atmospheric pressure and VE methods.

During thickening by OD, lower initial flux was observed in pomegranate juice obtained from whole fruit (PJ-W), compared to pomegranate juice obtained from pomegranate arils (PJ-A), and longer durations were required.

The effects of different thickening techniques (TE. VE and OD) on pH and total acidity were not found significant. When a comparison is made on the basis of ΔE values expressing the total color difference, the largest color difference was observed in the samples produced with TE. Findings obtained in color analysis in general, in the pomegranate sour produced with TE, the red color indicated a decrease in intensity and dulling, and the color changed towards yellow-brown due to the formation of brown pigments. It was concluded that color losses can be avoided by using VE or OD at very low temperatures compared to conventional TE.

In the pomegranate sour (PJ-W TE) sample obtained by thickening the pomegranate raw juice obtained by pressing the whole fruit with TE, there was a loss of 26±0.16% in the total amount of phenolic substance compared to the PJ-W control sample. The hydrolyzable tannins in the pomegranate sour (PJ-A TE) produced as a result of the concentration of the pomegranate raw juice obtained by pressing the arils

by TE, depolymerized with the effect of high temperatures, significantly limiting the decrease in the total phenolic substance content, and no significant change was detected in the total phenolic substance amount ($P > 0.05$). A greater decrease was observed in the antioxidant activity of the PJ-W TE sample compared to the PJA TE sample. There was no significant decrease in total phenolic content of PJ-W and PJ-A samples during VE and thickening with OD.

There was a 94±0.87-95±0.01% loss in total monomeric anthocyanin values with the effect of high temperatures in pomegranate sour produced with TE from both the whole fruit and the arils. The reduction rate of monomeric anthocyanins during thickening by VE remained at the level of 7±0.01-8±0.41%. During thickening with OD, this rate was determined as 15±0.8-16±0.2% due to oxidative enzyme activity. However, these limited reductions detected in anthocyanin analysis in both VE and OD did not cause a significant change in color and sensory analysis. The most liked product in sensory analysis is PJ-W OD with an average score of 8.2. The least liked product was PJ-A TE with an average score of 6.1 point.

Year : 2022
Number of Pages : 82
Keywords : pomegranate sour, osmotic distillation, thermal evaporation, vacuum evaporation, membrane separation methods

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın tüm aşamalarında bilgi, öneri ve tecrübelerini benimle paylaşan, yardım ve desteğini esirgemeyen tez danışmanım ve değerli hocam Prof. Dr. Pelin ONSEKİZOĞLU BAĞCI'ya, yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım hocam Dr. Öğr. Üyesi Ufuk BAĞCI'ya, ayrıca beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET....iv
ABSTRACT....vi
TEŞEKKÜR....viii
İÇİNDEKİLER....ix
SİMGELER DİZİNİ....xi
KISALTMALAR....xi
ÇİZELGELER DİZİNİ....xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ....xiv
BÖLÜM 1....1
GİRİŞ....1
BÖLÜM 2....3
LİTERATÜR ÖZETİ....3
BÖLÜM 3....18
MATERYAL VE METOT....18
3.1. Materyal....18
3.1.1. Ham madde....18
3.1.2. Kimyasallar....18
3.2. Metot....18
3.2.1. Farklı Yöntemlerle Nar Ekşisi Üretimi....18
3.3. Kalite Analizleri....22
3.3.1. pH ve Titrasyon Asitliği Analizleri....22
3.3.2. Suda Çözünür Kuru Madde (°Briks) Analizi....22
3.3.3. Renk Analizi....22
3.3.4. Toplam Fenolik Madde Analizi....23
3.3.5. Toplam Antioksidan Aktivite Analizi....24
3.3.6. Toplam Monomerik Antosiyanin Analizi....24

3.4. Duyusal Analiz 25
3.5. İstatistiksel Analiz 27
BÖLÜM 4 28
SONUÇLAR VE TARTIŞMA 28
4.1. Geleneksel Termal Evaporasyon ile Nar Ekşisi Üretimi 28
4.2. Vakum Evaporatör ile Nar Ekşisi Üretimi 28
4.3. Ozmotik Distilasyon ile Nar Ekşisi Üretimi 28
4.4. Farklı Konsantrasyon Uygulamalarının Nar Ekşisinin Bazı Kalite Karakteristiklerine Etkileri 33
4.4.1. pH ve Titrasyon Asitliği Değerleri 34
4.4.2. Renk Değerleri 35
4.4.3. Toplam Fenolik Madde Miktarı 40
4.4.4. Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarı 43
4.4.5. Toplam Antioksidan Aktivite Değerleri 47
4.5. Duyusal Analiz 50
BÖLÜM 5 53
SONUÇLAR VE ÖNERİLER 53
KAYNAKLAR 57
ÖZGEÇMİŞ 67

SİMGELER DİZİNİ

KISALTMALAR

ABTS : 2,2-azinobis-(3-etilbenzotiozdin-6-sulfonik asit)

ºBriks : Suda Çözünür Kuru Madde

Dk : Dakika

DPPH : 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

GAE : Gallik asit eşdeğeri

HMF : Hidroksimetil Furfural

MD : Membran distilasyon

NS-B : Bütün meyveden preslenerek elde edilen nar suyu

NS-B OD : Ozmotik distilasyon ile elde edilen nar ekşisi

NS-B TE : Termal evaporasyon ile elde edilen nar ekşisi

NS-B VE : Vakum evaporasyon ile elde edilen nar ekşisi

NS-T : Tanelerinden preslenerek elde edilen nar suyu

NS-T OD : Ozmotik distilasyon ile elde edilen nar ekşisi

NS-T TE : Termal evaporasyon ile elde edilen nar ekşisi

NS-T VE : Vakum evaporasyon ile elde edilen nar ekşisi

OD : Ozmotik Distilasyon

TE : Termal Evaporasyon

TEAC :Troloks eşdeğeri antioksidan kapasitesi (mmol Troloks/L ekstrakt

Troloks : 6- Hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2 karboik asit

TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu

VE : Vakum Evaporasyon

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. TS 12720:2016 Standardına göre nar ekşisinin duyusal özellikleri.....6

Çizelge 3.2. Nar ekşisi duyusal analiz formu.....26

Çizelge 4.1. Farklı yöntemlerle üretilen nar ekşilerinin pH ve titrasyon asitliği değerleri.....34

Çizelge 4.2. Farklı yöntemlerle üretilen nar ekşilerinin renk değerleri.....37

Çizelge 4.3. Nar ekşisi örneklerinin duyusal analiz sonuçları.....50

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Ozmoz ve Ters Ozmoz.....9

Şekil 2.2. Membran distilasyon prosesi.....11

Şekil 2.3. Ozmotik distilasyon sistemi.....12

Şekil 2.4. Ozmotik distilasyon prosesi.....14

Şekil 3.1. Farklı yöntemlerle nar ekşisi üretimi.....19

Şekil 3.2. Ozmotik distilasyon sistemi ile nar ekşisi üretimi.....21

Şekil 4.1. Nar tanelerinin preslenmesi ile elde edilen nar ham suyu örneğinden ozmotik distilasyon ile koyulaştırma sırasında akı profili.....30

Şekil 4.2. Nar tanelerinin preslenmesi ile elde edilen nar ham suyu örneğinden ozmotik distilasyon ile koyulaştırma sırasında çözünür kuru madde değişimi.....31

Şekil 4.3. Bütün meyveden elde edilen nar ham suyu örneğinden ozmotik distilasyon ile koyulaştırma sırasında akı profili.....31

Şekil 4.4. Bütün meyveden elde edilen nar ham suyu örneğinden ozmotik distilasyon ile koyulaştırma sırasında çözünür kuru madde değişimi.....32

Şekil 4.5. Nar tanelerinden elde edilen nar suyu (NS-T) ve vakum evaporasyon (NS-T VE), ozmotik distilasyon (NS-T OD) ve termal evaporasyon (NS-T TE) yöntemleri ile üretilen nar ekşilerinin 17,1±0,1°Briks'teki görünümleri.....40

Şekil 4.6. Nar tanelerinden elde edilen nar ham suyuna (NS-T kontrol) uygulanan farklı koyulaştırma tekniklerinin toplam fenolik madde içeriğine etkisi. OD: ozmotik distilasyon; VE: vakum evaporasyon; TE: termal evaporasyon.....42

Şekil 4.7. Bütün meyveden elde edilen nar ham suyuna (NS-B kontrol) uygulanan farklı koyulaştırma tekniklerinin toplam fenolik madde içeriğine etkisi. OD: ozmotik distilasyon; VE: vakum evaporasyon; TE: termal evaporasyon.....43

Şekil 4.8. Nar tanelerinden elde edilen nar ham suyuna (NS-T kontrol) uygulanan farklı koyulaştırma tekniklerinin toplam monomerik antosiyanin miktarına etkisi. OD: ozmotik distilasyon; VE: vakum evaporasyon; TE: termal evaporasyon.....46

Şekil 4.9. Bütün meyveden elde edilen nar ham suyuna (NS-B kontrol) uygulanan farklı koyulaştırma tekniklerinin toplam monomerik antosiyanin miktarına etkisi. OD: ozmotik distilasyon; VE: vakum evaporasyon; TE: termal evaporasyon.....46

Şekil 4.10. Nar tanelerinden elde edilen nar ham suyuna (NS-T kontrol) uygulanan farklı koyulaştırma tekniklerinin toplam antioksidan aktiviteye etkisi. OD: ozmotik distilasyon; VE: vakum evaporasyon; TE: termal evaporasyon.....48

Şekil 4.11. Bütün meyveden elde edilen nar ham suyuna (NS-B kontrol) uygulanan farklı koyulaştırma tekniklerinin toplam antioksidan aktiviteye etkisi. OD: ozmotik distilasyon; VE: vakum evaporasyon; TE: termal evaporasyon.....48

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Son yıllarda, tüketicilerin yaşamlarını sağlıklı bir şekilde sürdürmek istemeleri, hastalıkları önleme yollarını sorgulamaya başlamaları, yaşam standartlarının yükselmesi ve çeşitli hastalıklardan dolayı ölüm oranlarının artması nedeniyle gıdaya olan bakış açıları değişmiştir. Tüketiciler, gıdayı sadece beslenme aracı olarak görmek yerine hastalıklardan korunmalarını sağlayan ve iyileştirici bir etmen olarak görmeye başlamışlardır. Bu nedenle gıda bileşenlerinin sağlık üzerine etkilerinin belirlenmesi üzerine yapılan çalışmalar yoğunlaşmıştır. Bu çalışmalar sonucunda, meyve sebzelerin yapısında doğal olarak yüksek miktarlarda bulunan biyoaktif bileşenlerin insan sağlığı üzerinde olumlu etkileri olduğu belirlenmiştir. Özellikle 2000'li yıllardan itibaren ilgi odağı olan *Punicaceae* cinsi meyve tüketimi ile kanser ve kardiyovasküler hastalıklara karşı korunma arasında bir ilişki olduğu ileri sürülmüştür. *Punicaceae* grubu meyvelerden olan narın insan sağlığına etkileri, sekonder metabolit olan fenolik bileşenler ile ilişkilendirilmektedir. Nar ve narın farklı kısımlarının (nar kabuğu, nar çekirdeği, iç zar) fonksiyonel özellikleri üzerine yapılan yeni araştırmalar bu meyveyi daha da popüler hale getirmektedir. Bu doğrultuda besin değeri yüksek endüstriyel nar ürünleri üretimi de gittikçe yaygınlaşmaktadır.

Nar ekşisi, nar suyunun kaynatılarak koyulaştırılmasıyla elde edilen tatlı-ekşi lezzette geleneksel bir üründür. Türk mutfağında salata ve yemeklere çeşni vermek amacıyla yaygın olarak kullanılan nar ekşisi, geleneksel olarak nar suyunun açık bir

kapta kaynatılarak buharlaştırılması ile elde edilir. Ticari nar ekşisi üretiminde ise konsantrasyon işlemi genellikle çok aşamalı vakum evaporasyon düzenekleri kullanılarak 60-70 ºC civarında gerçekleştirilmektedir. Ancak her iki işlem de sıcaklığın etkisine bağlı olarak önemli ölçüde kalite kayıplarına neden olmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda elde edilen bulgular, piyasada bulunan ve termal konsantrasyonla üretilen nar ekşilerinin hidroksimetil furfural (HMF) seviyelerinin Türk Standartları Enstitüsü tarafından belirlenen limitlere uygunluk göstermediğine işaret etmektedir. Dolayısıyla geleneksel uygulamaların yerini almak üzere hem iyi kalitede hem de güvenilir ürün üretimine olanak tanıyan ısıl olmayan alternatif konsantrasyon tekniklerinin geliştirilmesi gün geçtikçe önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada, meyve sularının düşük sıcaklıklarda ve atmosferik basınç altında 60-70 ˚Briks ve hatta daha yüksek seviyelere konsantrasyonuna olanak sağlayan ozmotik distilasyon yönteminin geleneksel nar ekşisi üretimine alternatif olarak kullanım potansiyeli incelenmiştir. Çalışma kapsamında ozmotik distilasyonla üretilen nar ekşisinin fizikokimyasal ve duyusal özellikleri geleneksel açık kapta konsantrasyon ve vakum altında konsantrasyon yöntemleri ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ÖZETİ

Nar (*Punica granatum* L.) Hindistan, İran, Çin, Türkiye, Azerbaycan, Suriye, Amerika Birleşik Devletleri, İspanya, Güney Afrika, Peru, Şili ve Arjantin'de yetiştirilen en eski terapötik özellikteki mitolojik meyvelerden biridir (Akyıldız, Karaca, Ağçam, Dündar, & Çınkır, 2020). Türkiye, sahip olduğu coğrafi konum ve iklim koşulları nedeniyle nar üretiminde dünyanın önde gelen ülkelerinden biri konumundadır. Ülkemiz, 2018 yılı verilerine göre 446.000 tonluk üretimi ile dünya ülkeleri arasında 4. sırada yer almaktadır. Türkiye'nin 2018 yılı toplam nar üretimi ise 537.847 tondur (TÜİK., 2019). Nar çeşitleri açısından oldukça zengin olan ülkemizde 30'dan fazla sayıda yerel çeşit yetiştirilmektedir (Türkyılmaz, 2013). Son yıllarda nar meyvesinin sağlık üzerindeki etkilerinin bilimsel çalışmalarla doğrulanması ile üretimi, değerlendirilmesi ve ticari önemi her geçen gün artmaktadır (Kim, 2002).

Ülkemizde genellikle taze olarak tüketilen narın ayıklanmasının zahmetli ve çekirdeklerinin sert olması bu meyvenin tüketilmesinde bir olumsuzluk olarak görülmektedir. Bu olumsuzluktan kurtulmak ve ekşi nar çeşitlerini de değerlendirebilmek için nar; nar suyu ve nar suyu konsantresi dışında, nar ekşisi, nar şarabı, nar likörü, tane konservesi, nar tanesi kurusu, reçel, şurup ve nar pekmezine işlenmektedir (Kaya & Sözer, 2005).

Nar, zengin biyoaktif bileşimiyle insan beslenmesinde ve sağlığında önemli faydaları olan bir meyvedir. Nar meyvesi (*Punica granatum* L.) yüksek antioksidan

özellik gösteren biyoaktif bileşiklerce zengin bir gıda olması nedeniyle 'süper gıda' olarak da adlandırılmaktadır (Vatansever, 2018).

Serbest radikallerden kaynaklanan kanser, kalp-damar rahatsızlıkları, nörolojik hastalıklar, gibi birçok hastalığa yakalanma riskini azaltmada antioksidan açıdan zengin beslenmenin faydalı olduğu ifade edilmektedir (Karakaya & Nehir, 2006; Yıldırım, 2019). Örneğin, Foss vd. (2014)'nin yaptığı çalışmada deri mantarı üzerindeki başlıca etken maddenin punikalagin olduğu vurgulanmış, narın deri enfeksiyonlarında antifungal olarak alternatif bir terapötik olabileceği belirtilmiştir. Aviram vd. (2004) yüksek tansiyon hastaları üzerinde bulundukları bir çalışmada bir yıl nar suyu tüketiminden sonra büyük tansiyon değerinde (sistolik kan basıncı) azalmanın meydana geldiğini vurgulamışlar ve bu durumu nar polifenollerinin güçlü antioksidan özellikleriyle ilişkilendirmişlerdir. Lansky & Newman (2007) da kronik hastalıkların önlenmesinde narın doğal antioksidanlarının, oksidatif strese karşı koruyucu rol üstlendiğini bildirmişlerdir.

Nar suyunun sahip olduğu demir indirgeme kapasitesi ve serbest radikalleri temizleme etkinliğinin, kırmızı şarap veya yeşil çaydan 3 kat, üzüm ve greyfurttan 2 kat, portakal sularından ise 6-8 kat daha yüksek seviyelere sahip olduğu rapor edilmiştir (Aviram vd., 2000; Gil, Tomás-Barberán, Hess-Pierce, Holcroft & Kader, 2000). Gil vd. (2000), nar suyunun antioksidan kapasitesinde rol oynayan temel bileşenlerin fenolik bileşikler olduğunu bildirmişlerdir. Fenolik bileşikler meyve ve sebzelerin renk, tat ve aromasından sorumlu olan sekonder metabolitlerdir (Balasundram, Sundram & Samman, 2006; Cemeroğlu, 2011). Fenolik asitler ve flavonoidler, fenolik bileşenlerin alt sınıfını oluşturur. Fenolik asitler; hidroksisinamik asitler ve hidroksibenzoik asitler olmak üzere iki grupta incelenir (Acar & Gökmen, 2005). Flavonoidler ise kimyasal yapılarına göre flavonoller, flavonlar, flavanonlar, flavanoller, izoflavonlar ve antosiyanidin gibi farklı gruplara ayrılır (Martins vd., 2011). Fenolik bileşikler meyve sebzelerin kendine özgü tat ve kokularının ve renklerinin oluşumu ve değişimdeki etkileri, yüksek antiksidan ve antimikrobiyel etkileri, enzimleri inhibe edici özellikleri gibi birçok açıdan önem taşımaktadır (Acar & Gökmen, 2005).

Antosiyanidinler, başlıca flavonoid gruplarından birisi olup bitkilerde genellikle glikozit formunda bulunurlar ve bu durumda "antosiyanin" adını alırlar (Karadeniz &

Ekşi, 2002). Meyve ve sebzelerin kırmızıdan mora kadar değişen tipik renkleri bu glikozitlerden kaynaklanmaktadır (Acar & Gökmen, 2005). Molekülde bulunan şeker, bulunuş sırasına göre genellikle glukoz, ramnoz, galaktoz ve arabinozdur. Glikolizasyon derecesinin bileşiğin antioksidan özelliğini önemli ölçüde etkilediği, örneğin kuersetin ve mirisetinin aglikonlarının glikozit formlarından daha aktif olduğu belirtilmektedir (Koca & Karadeniz, 2005).

Nar meyvesi C vitamini içeriği bakımından da zengin bir meyve türüdür. C vitamini vücudun hücre dışı sıvılarında bulunan, suda çözünebilen ve oksijen tutma özelliğine sahip olan çok önemli bir antioksidandır. İnsan vücudunda sentezlenemediğinden, bu vitaminin besinlerle dışarıdan alınması gerekmektedir. (Cemeroğlu, Yemenicioğlu & Özkan, 2004). Narın C vitamini içeriği 0,09-0,40 mg/100 g olarak rapor edilmiştir (Fadavi, Barzegar, Azizi & Bayat, 2005). Narın C vitamini içeriği olgun olmayan dönemde 0,26 mg/100 g; yarı olgun dönemde 0,25 mg/100 g ve tam olgun dönemde 0,18 mg/100 g olarak rapor edilmiştir (Al-Maiman ve Ahmad, 2002).

Narın insan sağlığı üzerine olan olumlu ve tedavi edici özelliklerine yönelik bilimsel veriler, nar ve nar ürünlerine olan talebin hızla artmasına neden olmaktadır (Hoca, 2019). Bunlar içerisinde nar ekşisi; salatalar, mezeler, iç harç ve çeşitli yemeklere tatlı-ekşi tat vermesi bakımından Türk mutfağında ayrı bir öneme sahiptir (Kaya, 2005).

TS 12720:2016 Standardında belirtilen tarifi ile nar ekşisi "*nar meyvesinin iki veya dört parçaya bölünüp preslenmesi, elde edilen nar suyunun durultulması ve tekniğine uygun olarak açıkta veya vakum altında koyulaştırılması ile elde edilen ve gıdalara çeşni vermek amacıyla üretilen ekşi bir gıda maddesidir*" (Anonim, 2001). Yöresel farklılıklar göstermekle beraber nar ekşisi temelde, bütün meyvenin bölünerek kabuğuyla birlikte preslenmesi veya kabuğundan ayrılan tanelerinin preslenmesiyle elde edilen nar ham suyunun buharlaştırılarak uzaklaştırılması sonucu elde edilir. Tüketiciler fenolik maddeler ve asitlikten kaynaklanan acı, ekşi ve buruk tadı tercih ettiğinden nar ekşisi üretiminde nar ham suyuna berraklaştırma işlemi genelde uygulanmamaktadır (Akpınar-Bayizit, Ozcan & Yilmaz, 2012). TS 12720'de nar ekşisi duyusal özellikler hakkındaki tanımlama Çizelge 2.1'de belirtildiği gibidir.

Çizelge 2.1. TS 12720:2016 Standardına göre nar ekşisinin duyusal özellikleri (Vatansever, 2018)

ÖZELLİKLER	**SINIRLAR**
Renk	Nar ekşisi kendisine özgü açık kahverengiden koyu kahverengine kadar değişebilen renkte olmalıdır.
Görünüş	Nar ekşisi tortusuz olmalı, meyve parçacıkları içermemeli ve tekniğine uygun olarak durultulmuş olmalıdır.
Tat	Nar ekşisinin tadı, kendine özgü olmalı, yanık ve yabancı tat bulunmamalıdır.
Koku	Nar ekşisine özgü kokuda olmalı, yabancı koku bulunmamalıdır.

TS 12720:2016 Standardına göre nar ekşisinde suda çözünen kuru madde oranı 68 °Briks üzerinde olmalıdır. Taze nar suyunun sahip olduğu 16-18 °Briks seviyelerine bakıldığında bu durum, nar ekşisi üretiminde yaklaşık 4 kat hacim azalması sağlandığı anlamına gelmektedir. Sonuç olarak, nar ham suyunun yapısındaki biyoaktif bileşenler de konsantrasyon derecesi ile ilişkili olarak artış göstermektedir. Dolayısıyla, nar ekşisinin nar ham suyuna göre besleyici değeri çok daha yüksek bir ürün olması beklenir.

Nar ekşisi üretiminde, temelde, nar suyu şeker ve diğer katkı maddeleri kullanılmaksızın kaynatılarak konsantre edilir (Kaya & Sözer, 2005). Nar ham suyunun buharlaştırılması amacıyla geleneksel yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemde ekşi narlardan elde edilen pulplu nar suyu açık kazanlarda kaynatılarak kıvamlaştırılmakta ve pulplu nar ekşisi elde edilmektedir (Vardin & Abbasoğlu, 2004). Orak (2009) nar suyunun toplam antosiyanin içeriğini 492,9 mg/L bulmuş, fakat nar ekşisinde antosiyanin tespit edememiştir. Geleneksel yöntemle ve vakum evaporasyonla üretilen nar ekşilerinin toplam fenolik madde içeriği sırasıyla 3246 ve 9870 µg/ml olarak bulunmuştur. Araştırıcı nar ekşisinin antioksidan aktivitesini (linoleik asit sisteminde

peroksidasyonun inhibisyon yüzdesi (%86)), nar suyuna (%79) göre daha yüksek olarak tespit etmiştir. Geleneksel nar ekşisi üretiminde yüksek sıcaklıkta ve uzun süreli ısıl işlem uygulamasının antosiyaninlerinin yok olmasına neden olduğu ileri sürülmüştür.

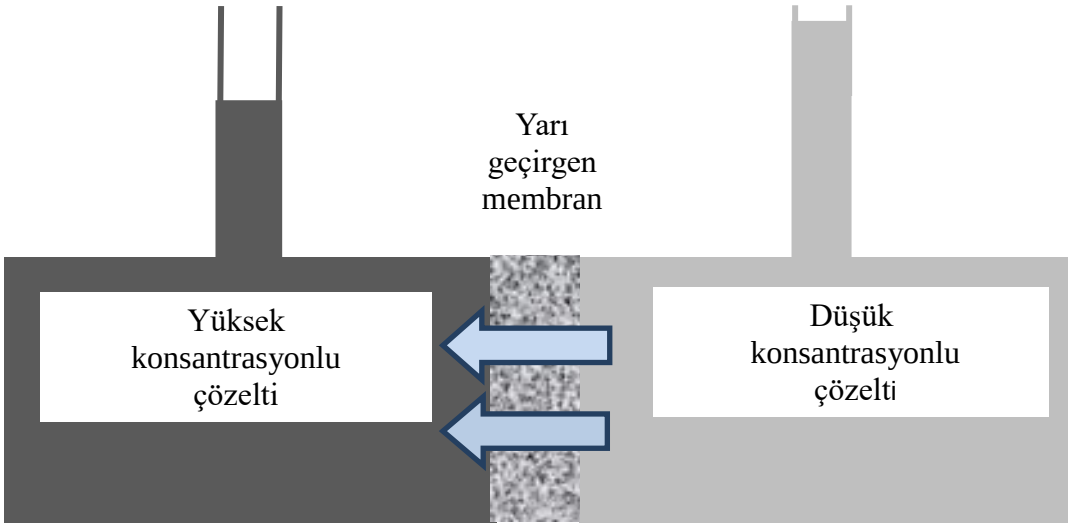
Ticari üretimlerde ise açık kaplarda kaynatma yerine vakum evaporatörlerde 60-70 ℃'de konsantrasyon işlemi uygulanmaktadır. Ancak vakum evaporasyon (VE) işleminde uygulanan bu sıcaklık seviyelerinde de renkte bozulmalar görülmektedir. Bu uygulama ayrıca uçucu aroma maddelerinin buharla birlikte kaybolmasına neden olmakta ve kalite kayıplarını beraberinde getirmektedir (Cassano vd., 2004). Maskan (2006), nar suyu konsantresi üretiminde uygulanan çeşitli buharlaştırma yöntemlerinin Hunter renk parametreleri üzerine etkilerini kinetik yaklaşımla incelemiştir. Çalışmada, tüm Hunter renk parametrelerinin zamanla azaldığı ve toplam renk farklılığı değerindeki azalmanın 1. dereceden reaksiyon kinetiğine uyum sağladığı gözlenmiştir. VE uygulamasının mikrodalga ve atmosferik basınç altında buharlaştırmaya kıyasla daha şiddetli renk kaybına neden olduğu rapor edilmiştir.

Termal yöntemlerin aynı zamanda, HMF veya furan gibi bir takım olası kanserojen bileşiklerin oluşumuna da neden olabileceği bildirilmektedir (Ciesarova & Vranova, 2009; FDA, 2009; Fogliano vd., 2011; Onsekizoğlu vd., 2010a). Son yıllarda yapılan çalışmalarla HMF ve onun türevleri olan 5-klorometilfurfural ile 5-sülfoksimetilfurfuralin karsinojenik etkilerinin yanısıra, sitotoksik, genotoksik, mutajenik etkileri de olduğu belirtilmektedir (Küplülü, 2011).

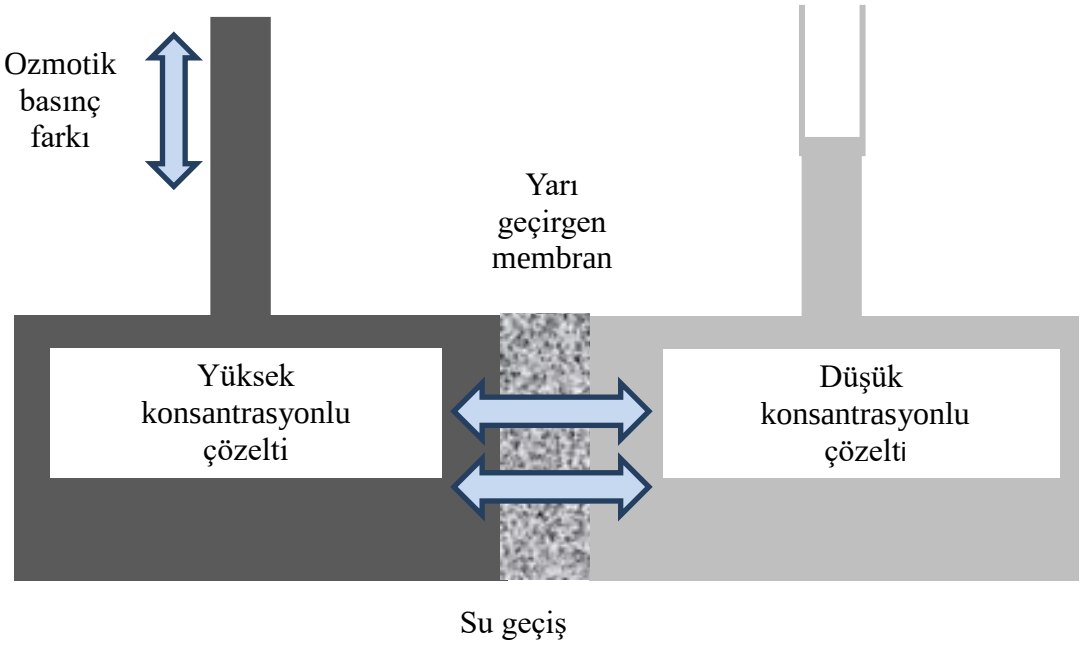
Nar ekşisi üretimine ısıl olmayan alternatif gelişmiş buharlaştırma tekniklerinin adaptasyonu ile raf ömrü uzatılmış ve tüketici beğenisi arttırılmış nar ekşisinin gıda sanayine kazandırılması mümkün olacaktır. Bu bağlamda, geleneksel buharlaştırmanın aksine, suyun faz değişimine uğramadan ayırımına olanak sağlayan membran ayırma teknikleri, ürün kalitesini iyileştirme ve enerji verimliliği bakımından önemli bir potansiyele sahiptir (Conidi vd., 2011).

Ters ozmoz, ön konsantrasyon amacıyla meyve suyu endüstrisinde yaklaşık 30 yıldır kullanılan bir membran prosesidir. Ters ozmoz prosesi daha düşük sıcaklıklarda uygulandığından, ürünün aroma bileşenleri de daha iyi korunmakta ve enerji kayıplarının önüne geçilebilmektedir (Cassano & Driolli, 2007). Ters ozmoz işlemi kendiliğinden gerçekleşen ozmoz olayının yüksek basınç uygulanarak tersine

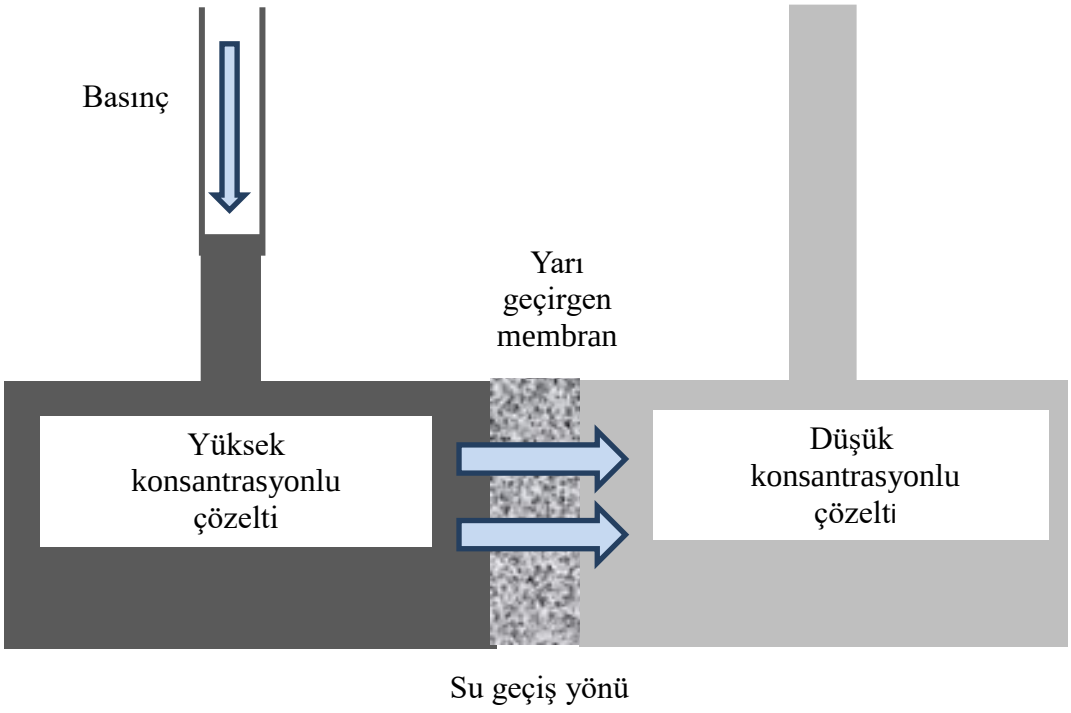
çevrilmesidir. Yarı geçirgen bir membran ile birbirinden ayrılan farklı konsantrasyondaki iki sulu çözelti ortamında, iki ortam arasında dinamik denge kuruluncaya kadar düşük konsantrasyonlu çözeltinin bulunduğu ortamdan yüksek konsantrasyonlu çözeltinin olduğu ortama doğru su transferi olmaktadır. Dengeye erişildiğinde konsantrasyonunun fazla olduğu ortamda iki ortam arasındaki ozmotik basınç farkına eşdeğer boyutta bir seviye artışı gözlenmektedir (Şekil 2.1) (Akbaş, 2018). İşte ters ozmozda düşük ozmotik basınçtaki ortama, bu ozmotik basınç farkından daha büyük basınç uygulanarak, suyun çözünen madde konsantrasyonunun fazla olduğu ortamdan, az olduğu ortama doğru aktarımı sağlanmaktadır. (Aksangür, 2014; Güler, 2011; Koçak 2007).



a) ozmoz



b) Ozmotik denge



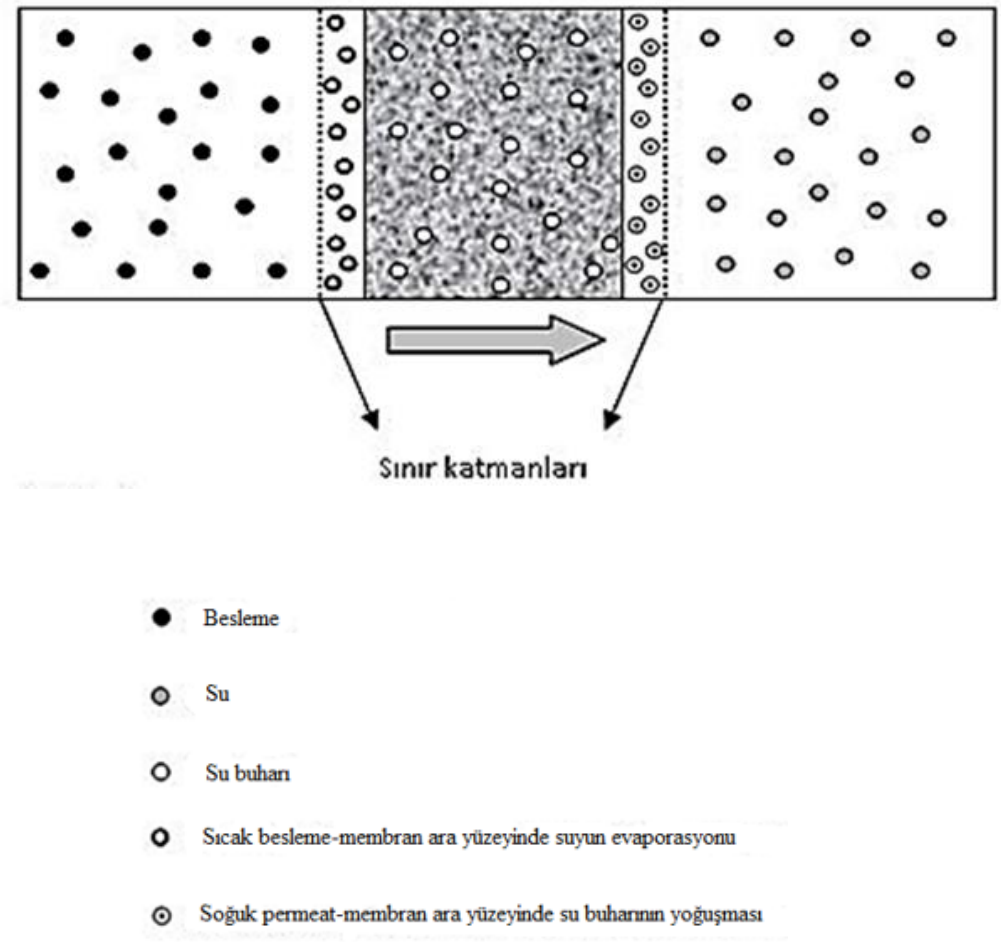
c) Ters ozmoz

Şekil 2.1. Ozmoz ve Ters Ozmoz (Akbaş, 2018'den modifiye edilmiştir.)

Ters ozmoz ile meyve sularındaki suyun uzaklaştırılmasında karşılaşılan yüksek ozmotik basınç sınırlamaları, önemli derecede kısıtlama oluşturmaktadır. Meyve suyundan uzaklaştırılan su ile birlikte ozmotik basınç farkı sürekli olarak artmaktadır. Proses sırasında sabit transmembran basıncı uygulanması ve ozmotik basınç farkının da giderek artması, sürücü kuvvetinin süreç boyunca azalmasına neden olmaktadır (Kahvecioğlu, 2019; Onsekizoğlu, 2010b). Buna bağlı olarak da permeat akısı hızla ve devamlı azalmaktadır. Bu nedenle meyve suları bu yöntemle ancak 25-35°Briks (Gurak vd., 2010; Souza, 2013) seviyelerine kadar konsantre edilebilmektedir.

Membran ayırma tekniklerinden ozmotik distilasyon (OD) ve membran distilasyon (MD) prosesleri ise suyun düşük sıcaklıklarda ve atmosferik basınç altında uzaklaştırılmasını sağlamaları bakımından meyve sularının 60-70 ˚Briks ve hatta daha yüksek seviyelere konsantrasyonuna olanak sağlaması bakımından ön plana çıkmaktadır (Onsekizoğlu, 2012).

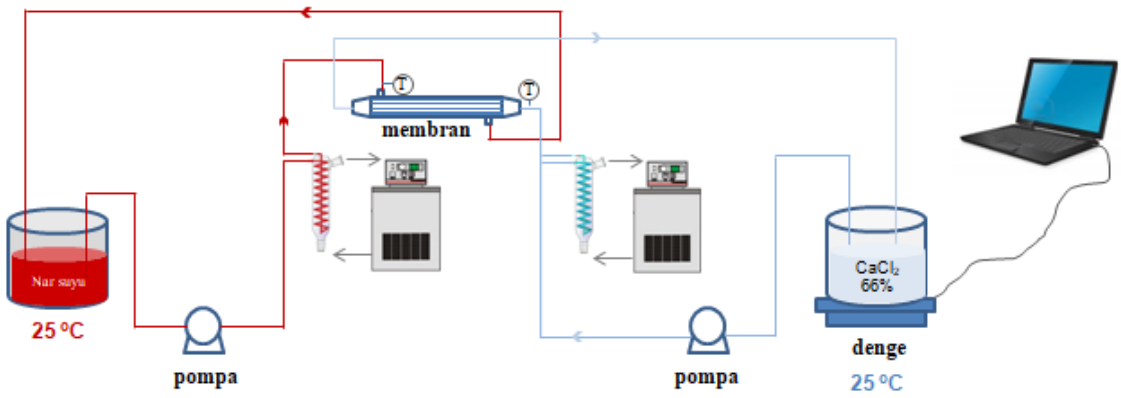
MD prosesinde mikro gözenekli bir membranın iki tarafında farklı sıcaklıklardaki iki sulu çözelti bulunmaktadır. Hidrofobik özellikte olan membran sayesinde sıvı fazda kütle transferinin önüne geçilebilmektedir. Atmosferik basınçta membran porlarının giriş kısmında sıvı-buhar fazı oluşmaktadır (Şekil 2.2). Sıcak çözelti (meyve suyu) tarafında buharlaşan su membran porları boyunca soğuk permeata doğru (saf su) taşınmakta ve ara yüzeyde yoğuşarak permeat akımına karışmaktadır. İki çözelti arasında sıcaklık gradyeni dolayısıyla oluşan buhar basıncı farkı su buharı transferi sürücü kuvvettir.



Şekil 2.2. Membran distilasyon prosesi (Onsekizoğlu, 2010a)

MD prosesi ile meyve sularının konsantrasyon işleminde sistem performansını olumsuz yönde etkileyen faktörler sıcaklık polarizasyonu ve konsantrasyon polarizasyonu olarak belirtilmektedir. Alves ve Coelhoso (2007), model ortamda OD ve MD sistemlerinde erişilen akı seviyelerini karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada, $4.4x10^{-7}$ m^3/m^2s dolayında bir akıya sahip OD ile benzer oranda sürücü güç yaratılan MD prosesinde erişilen akının, sıcaklık polarizasyonu etkileri nedeniyle, $2.1x10^{-7}$ m^3/m^2s civarlarında kaldığı rapor edilmiştir. Oda sıcaklığında uygulanmasına rağmen MD'ye göre daha yüksek akı seviyelerine erişebilmesi OD'nin önemli avantajlarındandır (Onsekizoğlu, 2010a).

OD sürecinde, meyve sularının konsantrasyon işlemi oda sıcaklığında gerçekleştirildiğinden geleneksel termal evaporasyon (TE) işlemlerinde ve MD'de sıcaklık etkisiyle meydana gelen renk bozulmalarının, flavor ve aroma bileşenlerindeki kayıpların önüne geçilebilmektedir (Yılmaz, 2019). OD; ozmotik evaporasyon, membran ile ozmotik deriştirme, membran evaporasyonu, izotermal membran distilasyonu veya gaz membran ekstraksiyonu gibi isimlerle de bilinmektedir (Onsekizoğlu, 2010a). OD prosesi, bir hipertonik tuz çözeltisi ile mikro gözenekli bir hidrofobik membran aracılığıyla temas ettirilen seyreltik sulu çözeltiden su buharının ekstraksiyonuna dayanmaktadır (Courel vd., 2000).

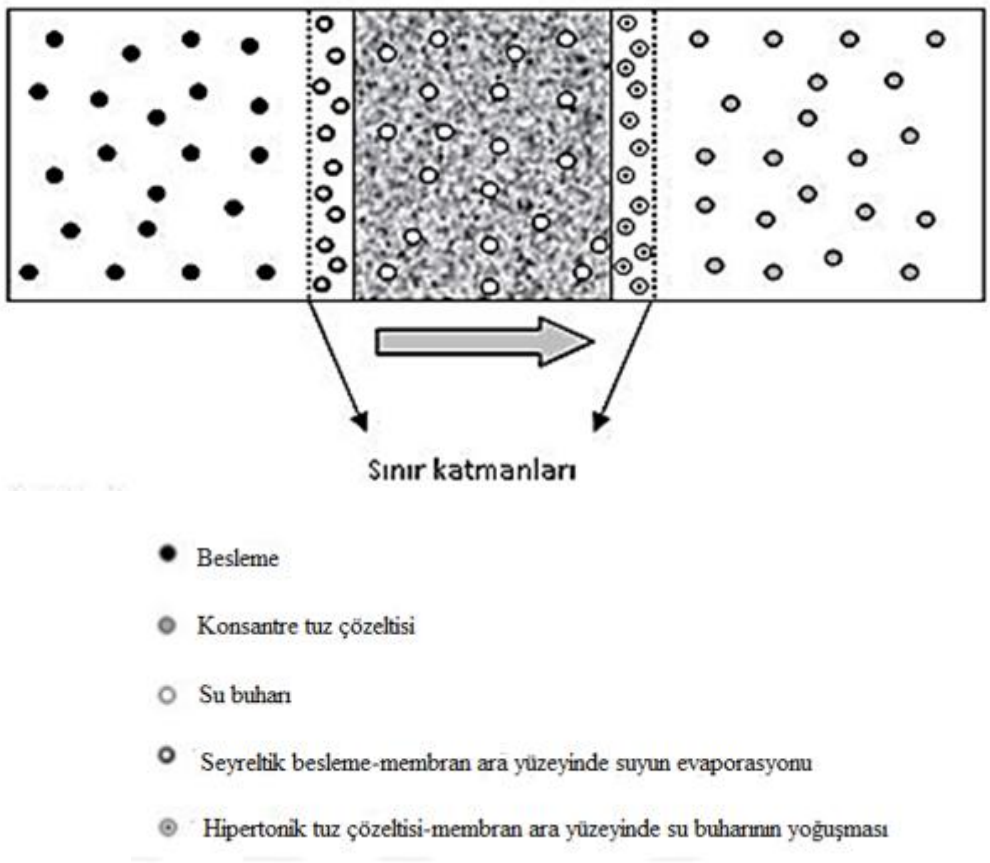


Şekil 2.3. Ozmotik distilasyon sistemi 1. Nar ham suyu; 2. Pompa; 3. Isıtıcı; 4. Geri soğutucu; 5. Kapiler membran; 6. Hipertonik tuz çözeltisi; 7. Bilgisayar (Onsekizoğlu, 2013. Sözlü sunum)

Literatürde bulunan çalışmalar incelendiğinde, OD prosesinin diğer membran proseslerinden daha avantajlı olduğu görülmektedir (Aguiar, 2012; Cassano vd., 2013). Basit ve sürekli bir sistem olması, oda koşullarında rahatlıkla çalışılabilmesi, yardımcı madde ve teçhizat maliyetinin düşük olması, verimin artması yani yüksek konsantrede ürün elde edilebilmesi, ısıya karşı duyarlı bileşiklerde kaybın olmaması veya minimal düzeylerde olması, duyusal özelliklerin önemli derecede korunabilmesi ve kullanılan membran özelliklerinden dolayı pastörizasyona gerek kalmaması önemli avantajları olarak belirtilmektedir (Taşkın, 2014).

OD prosesinde kullanılacak membran, dayanıklı ve mikro gözenekli hidrofobik karaktere, iyi termal ve kimyasal dayanıma, sıcaklık polarizasyonunu aza indirmek için

iyi ısıl iletkenliğe ve mekanik özelliklere sahip olmalıdır (Onsekizoglu, 2012). Hidrofobik membran kullanılma amacı membran gözeneklerinin ıslanmasını engellemek ve sadece buharın geçişine izin vermektir. Membran malzemesinin hidrofobik olması hem meyve suyunun hem de hipertonik tuz çözeltisinin membran gözeneklerine girmesine engel olmaktadır. İki çözeltinin çözünen madde konsantrasyonları arasındaki buhar basıncı farkı sonucunda su aktiviteleri arasındaki farklılık membran boyunca sürücü kuvveti oluşturmaktadır. Bu sürücü kuvvet yani buhar basıncı farkı ile birlikte su buharı, seyreltik (besleme) çözeltiden tuz çözeltisine doğru difüze olmaktadır (Gostoli, 1999). Sonuç olarak da besleme çözeltisi konsantre olurken, hipertonik tuz çözeltisi seyrelmektedir. MD prosesinde olduğu gibi suyun aktarımı üç aşamada gerçekleşir: (1) Besleme-membran sınır tabakasında suyun evaporasyonu, (2) Buharın hidrofobik membranın gözeneklerinden difüzyonla taşınımı, (3) Membran-hipertonik tuz çözeltisi sınır tabakasında suyun tekrar yoğuşması (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Ozmotik distilasyon prosesi (Onsekizoğlu, 2010a)

OD'de suyun transfer hızını etkileyen temel faktörler; ozmotik çözeltinin çeşidi, beslemenin ve ozmotik çözeltinin derişimleri, sıcaklıkları ve akış hızlarıdır. OD prosesinde transmembran akısı, permeat tarafındaki buhar basıncı ile ters orantılı olarak değişmektedir (Onsekizoglu, 2012). Dolayısıyla, NaCI, $CaCI_2$, $MgCI_2$, $MgSO_4$ gibi tuzların yüksek çözünürlükleri ve düşük eş değer ağırlıkları, OD prosesinde yüksek oranda sürücü kuvvet (su buharı farkı) meydana getirir. $CaCI_2$ve K_2HPO_4 çözeltilerinin NaCI çözeltisinden daha iyi ozmotik aktivite sergilediği görülmüştür (Kujawaski, vd., 2007; Onsekizoğlu, 2010b). 2006 yılında Nagaraj vd. OD'de hipertonik tuz çözeltisi olarak NaCl ve $CaCI_2$ tuzlarının değişik derişimlerde sulu çözetilerini kullanmışlardır. Her iki hipertonik tuz çözeltisi için de en yüksek derişimlerde en yüksek akı değerine ulaşmışlardır. Hipertonik tuz çözeltisinin seçiminde tuzun çözünürlüğü, termal kararlılığı, viskozitesi, yüzey aktifliği, toksititesi ve korozifliği de diğer önemli etkenlerdir (Taşkın, 2014). OD prosesinde yaygın olarak tercih edilen inorganik tuzlar

NaCI, $Mg\,CI_2$, $Ca\,CI_2$, $Mg\,SO_4$ ve $K_2\,HP\,O_4$; organik çözücüler ise gliserol ve poligliseroldür.

OD'de transmembran akısıyla doğrudan ilişkili diğer faktörler ozmotik çözelti ve beslemenin derişimleridir. Besleme derişiminin sabit tutulduğu durumda, ozmotik çözeltinin derişimindeki artışla doğru orantılı olarak transmembran akısının da önemli ölçüde arttığı gözlenmektedir (Onsekizoğlu, 2012). Örneğin; Babu vd. (2006), OD ile ananas suyunun konsantrasyonu sürecinde, ozmotik çözelti derişiminin 2 mol/kg'dan 10 mol/kg'a çıkarılmasının, transmembran akısında 6 misli bir artışa neden olduğunu belirlemiştir. Diğer taraftan, OD sürecinde beslemeden uzaklaştırılan su ile beraber, besleme çözeltisinin derişimi artmakta ve hipertonik tuz çözeltisinin derişimi de azalmaktadır. Bu durum OD prosesinde sürücü kuvvet olan buhar basıncı farkının da gitgide azalmasına neden olmaktadır. Besleme ve hipertonik tuz çözeltilerinin derişimlerinde süreç boyunca meydana gelen bu değişimler, suyun transfer hızında etkili olan diğer faktörleri de etkilemektedir. Örneğin Bui vd. (2004) hollow fiber membran modülü ile glukozu, hipertonik tuz çözeltisi olarak %45 (m/m) $CaCI_2.2H_2O$ 'nın kullanıldığı OD ile konsantre etmiştir. Çalışmada, besleme ve hipertonik tuz çözeltisi sirkülasyon hızlarının, besleme çözeltisi derişiminin ve sıcaklığın akı üzerine etkilerini incelemişlerdir. Akı üzerindeki en fazla etkinin sıcaklık değişiminde gözlemlendiği belirtilirken, en düşük etkinin besleme çözeltisi hız değişiminden elde edildiği rapor edilmiştir. Düşük besleme çözeltisi derişimlerinde hipertonik tuz çözeltisinin hızı etkili olurken, yüksek derişimlerde tam tersi olduğu ifade edilmiştir. Yüksek akış hızında oluşan kayma kuvvetleri partiküllerin membran yüzeyinde birikimini engellemektedir. Böylece yüksek akış hızı, membran yüzeyinde film tabakası oluşumunu azaltmaktadır. Düşük akış hızında oluşan kayma kuvvetleri ise yığın ile membran yüzeyi arasındaki ısı alışverişini azaltarak, sıcaklık polarizasyonunun etkilerini arttırmaktadır (Onsekizoğlu, 2012). Özellikle meyve suyunun viskozitesinin yükseldiği ileri aşamalarda akış hızının etkinliği de daha belirgin şekilde hissedilmektedir. Örneğin; 55 °Briksteki limon suyunun OD ile konsantrasyonunda, ozmotik çözelti akış hızının 25 mL/dk'dan 100 mL/dk'a çıkarılmasının akıda %42 oranında bir artışa neden olduğu belirlenmiştir (Babu vd., 2006).

Literatürde çeşitli meyve sularının geleneksel TE süreçlerine alternatif olarak oda sıcaklığında ve ılımlı sıcaklıklarda gerçekleştirilen OD prosesi ile konsantrasyona

yönelik çalışmalar yer almaktadır. Örneğin, Vaillant vd. (2001) berrak passion sularının OD prosesi ile konsantrasyonunu endüstriyel ölçekte incelemişlerdir. Başlangıçta 14 ºBriks çözünür kuru maddedeki passion sularının 30 ºC'de 60 ºBrikse kadar konsantrasyonu sırasında tat, aroma ve renginin korunduğunu belirtmişlerdir. Cassano vd. (2003) ultrafiltrasyon, ters ozmoz ve OD sistemlerini içeren entegre bir membran sistemi tasarlamışlardır. Nihai ürünün kalitesinin geleneksel TE ile elde edilenden çok daha iyi olduğunu kanıtlamışlardır. Elde ettikleri 60-63 °Briks konsantrenin aroma ve renginin taze meyve suyuna benzer olduğunu ve aynı zamanda toplam antioksidan aktivitesinin de korunduğunu belirtmişlerdir. OD prosesinin kullanıldığı bir diğer çalışmada, berraklaştırılmış kivi suyu konsantresi üretilmiştir. Çalışmada, OD ile geleneksel TE'de ulaşılan konsantrasyon seviyelerine ulaşılabileceği ifade edilmiştir. Başlangıçta 9,4 °Briks olan berraklaştırılmış kivi suyu laboratuvar koşullarında OD yöntemi ile 25 °C'de 61 °Briks nihai değerine konsantre edilmiştir. OD işleminin, elde edilen konsantrasyon derecesinden bağımsız olarak, askorbik asit içeriği üzerinde hiçbir etkisinin olmadığı kanıtlanmıştır. TE ile elde edilen 66,6 °Briks'teki konsantrede ise askorbik asitin berraklaştırılmış kivi suyuna göre %87 oranında azaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca berraklaştırılmış kivi suyunun toplam antioksidan aktivitesi, OD işlemi sırasında sabit kalırken, ısıl işlemden geçirilerek elde edilen numunelerde %50 oranında bir azalma rapor edilmiştir (Cassano & Drioli, 2007). Cissé vd. (2011) ise çalışmada, OD prosesi ile roselle ekstraktını, elma suyunu ve üzüm suyunu sırasıyla 61 ºBriks, 57 ºBriks ve 66 ºBriks'e kadar konsantre etmişlerdir ve bu prosesin ürün kalitesine olan etkisini araştırmışlardır. OD sırasındaasit, şeker, antosiyanin ve diğer fenolik maddeler ile aroma büyük oranda korunmuştur. OD ile üretilen konsantrelerin aromatik bileşenleri ile biyokimyasal ve fizikokimyasal özelliklerinin termal yöntemle üretilen konsantrelerden çok daha iyi olduğunu vurgulamışlar ve OD yöntemi ile elde edilen ürünün başlangıç ürünün özelliklerine daha yakın olduğunu rapor etmişlerdir. 2012 yılında Aguiar vd. elma suyunun konsantrasyonunda OD'nin ters ozmoza göre daha iyi bir membran prosesi olduğunu ileri sürmüşlerdir. Benzer şekilde, bergamot suyu konsantresi üretiminde OD prosesi kullanıldığında antioksidan aktivitenin taze meyve suyuna çok yakın olduğu belirlenmiştir (Cassano, Conidi ve Drioli, 2013).

Görüldüğü gibi, literatür verileri çeşitli meyve sularının yüksek çözünür kuru madde seviyelerine konsantrasyonunda OD prosesinin önemli bir ısıl olmayan alternatif

olduğunu göstermektedir. Birçok çalışmada taze ürün karakteristiklerine yakın fizikokimyasal ve duyusal kalitede konsantre elde edilebildiği rapor edilmiştir. OD ile nar ekşisi üretimine dair bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak, Onsekizoğlu, (2013b) tarafından yapılan bir çalışmada ultrafiltrasyon ile berraklaştırılmış nar suları TE, MD+OD veya OD yöntemleri ile kosantre edilmiştir. Başlangıçta 17 °Briks olan nar suları ultrafiltrasyon ile berraklaştırıldıktan sonra TE, MD+OD veya OD ile 55-57 °Briks'e kadar konsantre edilmiştir. Üretilen konsantrelerde pH ve titrasyon asitliği değerlerinde önemli bir fark gözlenmediği vurgulanmıştır. Membran bazlı konsantrasyon teknikleriyle üretilen meyve sularının toplam renk farkı (ΔE), Hue ve Chroma değerleri neredeyse tamamen korunmuştur. Bununla birlikte, termal olarak buharlaştırılmış nar suyunda önemli bir renk kaybı ($P < 0,05$) gerçekleştiği belirtilmiştir.

Nar sularının OD ile 55-57 °Briks'e kadar konsantrasyonun gerçekleştirildiği bu çalışmada elde edilen, OD prosesinin yüksek kalitede nar ekşisi üretiminde de kullanılabilme potansiyelini doğurmuştur. Bu kapsamda gerçekleştirdiğimiz bu tez çalışmasında, meyve sularının düşük sıcaklıklarda ve atmosferik basınç altında yüksek seviyelere konsantrasyonuna olanak sağlayan OD yönteminin geleneksel nar ekşisi üretimine alternatif olarak kullanım potansiyeli incelenmiştir.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Ham madde

Nar ekşisi üretiminde Hicaz çeşidi nar kullanılmış ve Edirne ilindeki yerel bir pazardan temin edilmiştir.

3.1.2. Kimyasallar

2,2'azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfonik asit (ABTS), Folin-Ciocalteu fenol ajanı, potasyum persülfat, sodyum hidroksit, gallik asit, sodyum karbonat, troloks (6-Hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboik asit), etil alkol Sigma (St. Louis, MO, ABD) firmasından sağlanmıştır.

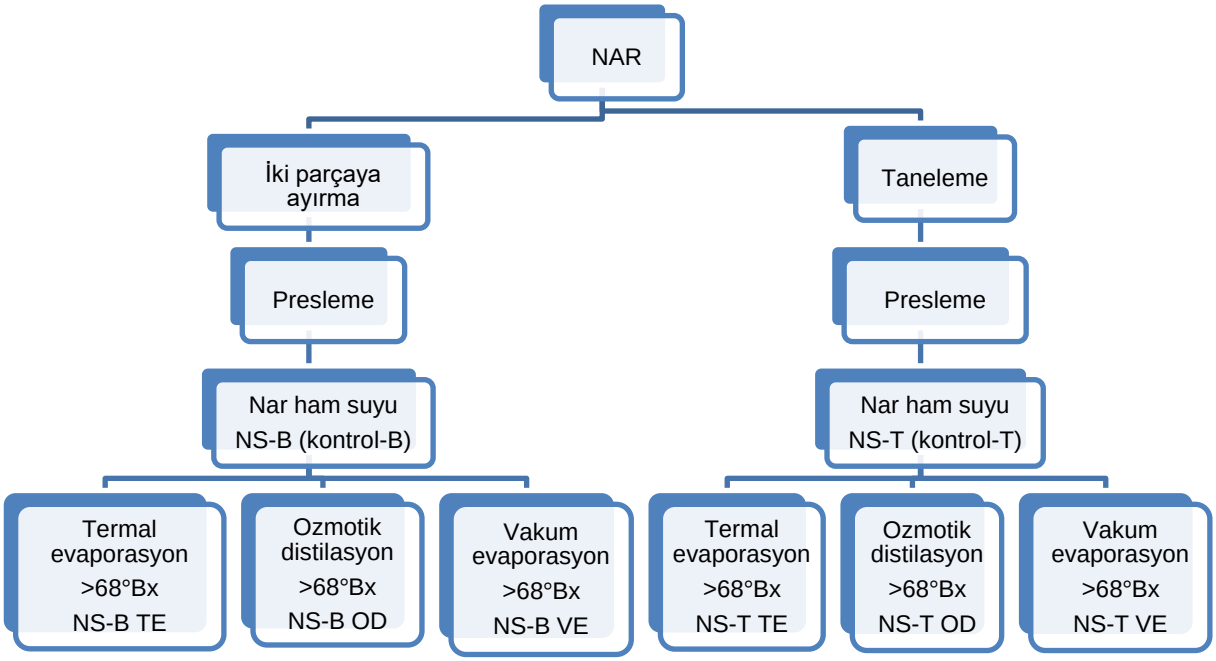
3.2. Metot

3.2.1. Farklı Yöntemlerle Nar Ekşisi Üretimi

Nar meyvelerinden laboratuvar koşullarında nar ekşisi üretiminde bütün meyveden veya dış kabukları ayıklanarak elde edilen tanelerinden preslenerek (profesyonel tip manuel meyve presi, Cancan, Türkiye) üretilen iki farklı nar ham suyu kullanılmıştır. Bütün meyveden preslenerek üretilen nar suyunun (NS-B) verimi %40,

taneleri̇nden preslenerek üretilen nar suyunun (NS-T) tane bazında verimi %75 iken, toplam meyve ağırlığı bazında verimi %40 bulunmuştur.

Bütün meyveden ve nar tanelerinden elde edilen her iki çeşit nar ham sularından geleneksel açık kapta termal evaporasyon, vakum evaporasyon ve ozmotik distilasyon olmak üzere 3 farklı yöntemle nar ekşisi üretimi yapılmıştır (Şekil 3.1). Koyulaştırma süresince belirli zaman aralıklarında °Briks kontrolleri yapılarak TS 12720:2016 nar ekşisi standardında belirtilen çözünür kuru madde oranı olan 68 °Briks üzerine ulaşıldığında süreç sonlandırılmıştır.



Şekil 3.1. Farklı yöntemlerle nar ekşisi üretimi

3.2.1.1. Geleneksel Termal Evaporasyon ile Nar Ekşisi Üretimi

Bütün meyveden ve nar tanelerinden elde edilen nar ham suyu örneklerine kaynatma işlemi ısıtıcılı tablalı manyetik karıştırıcıda (ISOLAB), karıştırma hızı 200 rpm olarak ayarlanarak uygulanmıştır. Açık kaplarda sıcaklık kontrollü olarak 98°C'de uygulanan kaynatma işlemi 3 saatte tamamlanmıştır. Nar ekşisinin kuru madde oranları Atago PAL-3 dijital refraktometre ile takip edilmiştir.

3.2.1.2. Vakum Evaporatör ile Nar Ekşisi Üretimi

Bütün meyveden ve nar tanelerinden elde edilen nar ham suyu örneklerinin döner vakum evaporatörle (Heidolph, Germany) buharlaştırılması, 180-200 mbar basınç altında, 65 °C'de ve 65 rpm koşullarında gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.3. Ozmotik Distilasyon ile Nar Ekşisi Üretimi

Ozmotik distilasyon sistemi ile nar ekşisi üretimi 0.2 CP 2N kapiler mikrofiber membran modülü (Microdyn, Germany) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Ozmotik distilasyonda besleme ve hipertonik tuz çözeltisi sıcaklıkları 25°C'de tutulmuştur. Sisteme yerleştirilen termometreler ile çözeltilerin membrana giriş sıcaklıkları ölçülmüştür. Hipertonik tuz çözeltisi olarak kullanılan %66±0,1 (m/m) $CaCI_2$ çözeltisi membrana ters akışlı olarak 30 L/h akış hızında beslenmiştir.

Ozmotik distilasyon ile evaporasyon işlemleri boyunca, beslemeden uzaklaştırılan su, bir terazi ile ölçülmüştür. Eşitlik (3.1)'e göre transmememembran akı hesaplanmıştır:

$$J = \frac{1}{A}\frac{\Delta m_{su}}{\Delta t} \tag{3.1}$$

$\frac{\Delta m_{su}}{\Delta t}$: birim zamanda permeat tarafına aktarılan su miktarı, kg/saat;

A: membranın etkin alanı, m^2



Şekil 3.2. Ozmotik distilasyon sistemi ile nar ekşisi üretimi

3.3. Kalite Analizleri

Farklı yöntemlerle üretilen nar ekşilerinde pH, titrasyon asitliği, suda çözünen kuru madde miktarı, renk, toplam fenolik madde, toplam antioksidan aktivite ve toplam monomerik antosiyanin analizleri gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar kontrol örnekleri (NS-B ve NS-T) ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Ayrıca farklı üretim yöntemleri ile üretilen nar ekşisi örnekleri duyusal açıdan da değerlendirilmiştir. Nar ekşileri ve nar ham suları arasında doğrudan karşılaştırma yapabilmek amacıyla, kalite analizleri öncesinde nar ekşileri nar ham suyunun orijinal °Briks değerlerine seyreltilmiştir.

3.3.1. pH ve Titrasyon Asitliği Analizleri

Örneklerin pH ölçümlerinde Mettler-Toledo SG-2 SevenGo pH metre (Switzerland) kullanılmıştır. Potansiyometrik olarak (pH 8.1) belirlenen titrasyon asitliği, sitrik asit cinsinden göre ifade edilmiştir.

3.3.2. Suda Çözünür Kuru Madde (°Briks) Analizi

Nar ekşilerinde suda çözünür kuru madde miktarı (°Briks**)** dijital refraktometre (Atago PAL-3) ile belirlenmiştir. Nar sularına herhangi bir durultma işlemi uygulanmadığı için bu ürünlerde ve bunlardan elde edilen nar ekşilerinde olası tortu ve sediment oluşumlarının ölçüm sonuçlarını etkilememesi için ölçümden önce örnekler kaba filtre kâğıdından filtre edilmiştir (Cemeroglu, 2007).

3.3.3. Renk Analizi

Renk analizlerinde kullanılan kolorimetre cihazı (Minolta CM5, Konica Minolto, Japan) beyaz seramik plakaya karşı kalibre edilmiştir. Nar sularına herhangi bir durultma işlemi uygulanmadığı için bu ürünlerde ve bunlardan elde edilen nar ekşilerinde olası tortu ve sediment oluşumlarının ölçüm sonuçlarını etkilememesi için renk analizlerinden önce örnekler kaba filtre kâğıdından filtre edilmiştir.

Commision Internationale del'Eclairage (CIE) renk değerleri dikkate alınarak bir değerlendirme yapılmıştır. Buna göre L^* değeri 0 (siyah) ile 100 (beyaz) aralığında değerler alır ve parlaklığın göstergesidir. Bunun dışında, kırmızı-yeşil koordinatları gösteren a^* değeri ve sarı-mavi koordinatları gösteren b^*değeri de mevcuttur. Analiz

edilen örnek ile referans olarak belirlenen örneğin L^*, a^* ve b^* değerleri arasındaki farklar sırasıyla ΔL^*, Δa^* ve Δb^* değerleri ile gösterilmektedir.

Chroma (C^*) ve Hue ($h°$) açısı değerleri a^* ve b^* değerleri kullanılarak aşağıdaki formüllerden hesaplanmıştır:

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

$$h° = \arctan (b^*/a^*)$$

Renk yoğunluğu veya doygunluğu olarak ifade edilen C^* değeri, bir rengin canlılığını veya donukluğunu tanımlar. Renk tonu ile ilişkilendirilen h^o ise bir renk tekerleğinin etrafına yerleştirilen renkler arasındaki ayrımı gösterir.

Delta değerlerinden (ΔL^*, Δa^* ve Δb^*) $[(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta L^*)^2]^{1/2}$ formülü ile hesaplanan ΔE^* değeri rnekler arasındaki toplam renk farkını ifade etmektedir. ΔE^*'nin büyüklüğü renk farklılığıyla doğru orantılıdır (Anonymous, 2001).

3.3.4. Toplam Fenolik Madde Analizi

Toplam fenolik madde analizi (Singleton, Orthofer & Lamuela-Raventós, 1999), bazik ortamda fenolik bileşiklerin ortamdaki Folin-Ciocalteu ayıracını indirgerken, kendilerinin oksitlenmiş forma dönüştüğü redoks reaksiyonuna dayanmaktadır. İndirgenen Folin-Ciocalteu ayracının oluşturduğu mavi renk spektrofotometrik olarak ölçülerek toplam fenolik bileşik miktarları hesaplanmaktadır.

Toplam fenolik madde içeriğine göre örnekler 760 nm dalga boyunda 0,5 veya daha az absorbans gösterecek şekilde seyreltilerek ve 0,45 μm membrandan filtreden geçirilerek analize hazırlanmıştır. 1 mL filtrat üzerine 0,2 N Folin-Ciocalteau reaktifi ve doygun Na_2CO_3 (75 g/L) eklenerek karıştırılmıştır. Karışım 50±0,5°C'de 5 dakika bekletilerek süre sonunda hemen soğutulmuştur. Spektrofotometrede 760 nm dalga boyunda köre karşı absorbans değerleri ölçülmüştür. Örneklerdeki gallik asit (GA) cinsinden toplam fenolik bileşik miktarı, gallik asit kalibrasyon eğrisinden yararlanılarak hesaplanmıştır

3.3.5. Toplam Antioksidan Aktivite Analizi

Örneklerin antioksidan aktivite analizleri TEAC dekolorizasyon (renksizleşme) yöntemine göre yapılmıştır. Yöntemde, örneğin antioksidatif kapasitesi Troloksun antioksidatif kapasitesi ile karşılaştırılmaktadır. Potasyum persülfat ($K_2S_2O_8$), ABTS çözeltisine ilave edilerek maksimum absorbansı 734 nm dalga boyunda gösteren uzun ömürlü $ABTS^{*+}$ radikal katyonu oluşmaktadır. Antioksidan etkisi ile parçalanan bu katyonun koyu mavi renkteki çözeltisinin rengi açılmaktadır. İşte örnek çözeltisinnin antioksidatif kapasitesi bu renk açılması ile ölçülür ve troloks eşdeğeri (TEAC) olarak ifade edilir (Miller vd., 1995).

Analiz edilen örnek ve şahit arasındaki absorbans farkı hesaplanarak kalibrasyon eğrisi oluşturulmuş ve toplam antioksidan aktivite mmol Troloks/L (mM) cinsinden ifade edilmiştir.

3.3.6. Toplam Monomerik Antosiyanin Analizi

Örneklerin toplam monomerik antosiyanin analizleri pH diferansiyel yöntemine (Fuleki ve Francis, 1968) göre yapılmıştır. Bu yöntemin temel ilkesi, pH 1,0'de ve pH 4,5'te spektrofotometrede absorbans değerleri arasındaki farkın, örneğin antosiyanin miktarıyla doğru orantılı olarak değişmesine dayanmaktadır. Buna göre, pH 1,0 ve pH 4,5'taki örneklerin 516 ve 700 nm'de okunan absorbanslarının farklarından ($A_{516} - A_{700}$) yola çıkarılarak gerçek absorbans değeri şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$\text{Absorbans} = (A_{516} - A_{700})pH_{1,0} - (A_{516} - A_{700})pH_{4,5}$$

Örneklerdeki toplam antosiyanin konsantrasyonu ise aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmaktadır:

$$\text{Toplam antosiyanin, mg/L} = \frac{(\text{A})\ (10^3)\ (\text{MW})\ (\text{DF})}{(\text{E})\ (\text{L})}$$

Bu bağıntıda; A: absorbans, MW: pigmentlerin molekül ağırlığı (449,2 g/mol), DF: seyreltme faktörü, E: molar absorbans (29600 L/cm.mol), L: küvetin optik yolu (1 cm) karşılığıdır.

3.4. Duyusal Analiz

Farklı üretim yöntemleri ile üretilen nar ekşisi örnekleri renk, görünüş, koku, kıvam, tat ve aroma özellikleri bakımından 'kategori skalası' kullanılarak duyusal analize tabi tutulmuştur. Vatansever (2018) tarafından belirtilen yönteme göre 10 kişilik panelist grubu tarafından ve Şekil 3.5'de verilen duyusal değerlendirme formuna uygun olarak değerlendirme yapılmıştır (Vatansever, 2018).

Çizelge 3.2. Nar ekşisi duyusal analiz formu

NAR EKŞİSİ DUYUSAL DEĞERLENDİRME FORMU

Adı-Soyadı: **Tarih:**

Açıklama: Size sunulan nar suyu örneklerini soldakinden başlayarak tadınız. Tabloda belirtilen parametreleri aşağıdaki direktifler doğrultusunda değerlendiriniz. Teşekkür ederiz.

Renk: Nar ekşisine özgü koyu kırmızı tonlarda olmalıdır.
Görünüş: Homojen bir görünüşe sahip olmalı ve tortu içermemelidir.
Koku: Nara özgü kokuya sahip olmalıdır. Pişmiş ve yabancı koku içermemelidir.
Kıvam: Akışkan yapıda olup, sulu bir yapıya sahip olmamalıdır.
Tat: Nara özgü ekşi ve buruk tada sahip olmalıdır. Yanık ve yabancı tat bulunmamalıdır.
Aroma: Nara özgü aromaya sahip olmalıdır.

Mükemmel	9	Ortanın Altı Kötünün Üstü	4
Çok iyi	8	Kötü	3
İyi	7	Çok kötü	2
İyinin Altı Ortanın Üstü	6	Aşırı kötü	1
Orta	5		

Örnek kodu	Renk	Görünüş	Tat	Koku	Kıvam	Aroma	Tüm İzlenim
165							
374							
846							
462							
135							
927							

3.5. İstatistiksel Analiz

Araştırma sonuçları tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirilmiştir. Değerlendirmede SPSS 17.0 (SPSS, Inc., Chicago, IL) kullanılmıştır. Analiz sonuçları ortalama±standart hata şeklinde verilmiştir (n=3).

BÖLÜM 4

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4.1. Geleneksel Termal Evaporasyon ile Nar Ekşisi Üretimi

Nar tanelerinden elde edilen başlangıçta 17,1±0,1 °Briks değerine sahip nar ham suyu örneğine atmosferik basınç altında uygulanan 3 saatlik kaynatma işlemi sonunda kuru madde oranı 76 °Briks olarak belirlenmiştir. Bütün meyveden elde edilen nar ham suyu örneğine aynı koşullarda uygulanan 3 saatlik kaynatma işlemi sonunda nar ekşisinin kuru madde oranı 72,1 °Briks'e ulaşmıştır.

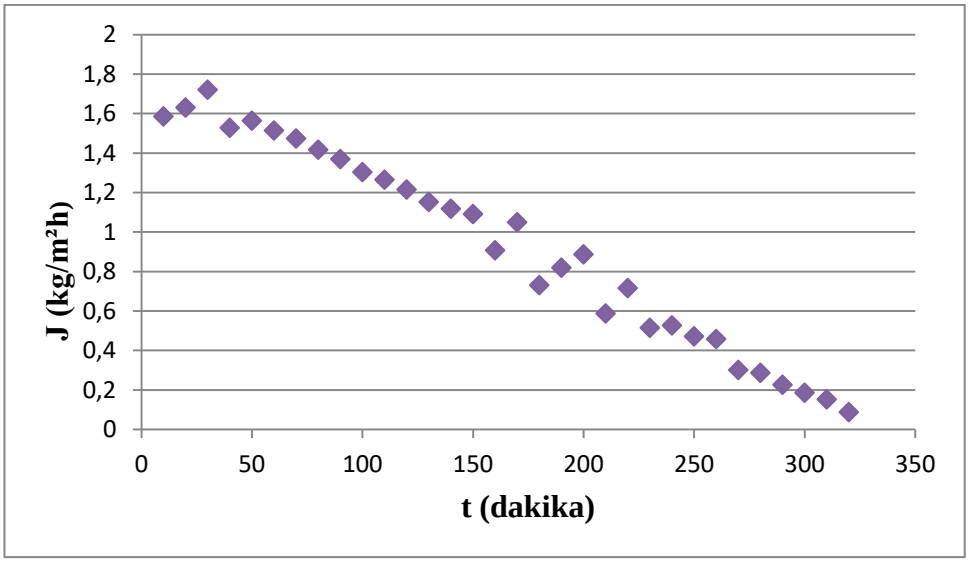
4.2. Vakum Evaporatör ile Nar Ekşisi Üretimi

Nar tanelerinden elde edilen başlangıçta 17,1±0,1 °Briks değerindeki nar ham suyu örneğinden vakum altında 65 °C'de gerçekleştirilen 1 saat 18 dakikalık buharlaştırma işlemi sonucunda 77 °Briks değerine sahip nar ekşisi üretilmiştir. Bütün meyveden elde edilen nar ham suyu örneğinden aynı koşullar altında gerçekleştirilen 1 saat 10 dakikalık süreç sonunda 69,6 °Briks değerine sahip nar ekşisi elde edilmiştir.

4.3. Ozmotik Distilasyon ile Nar Ekşisi Üretimi

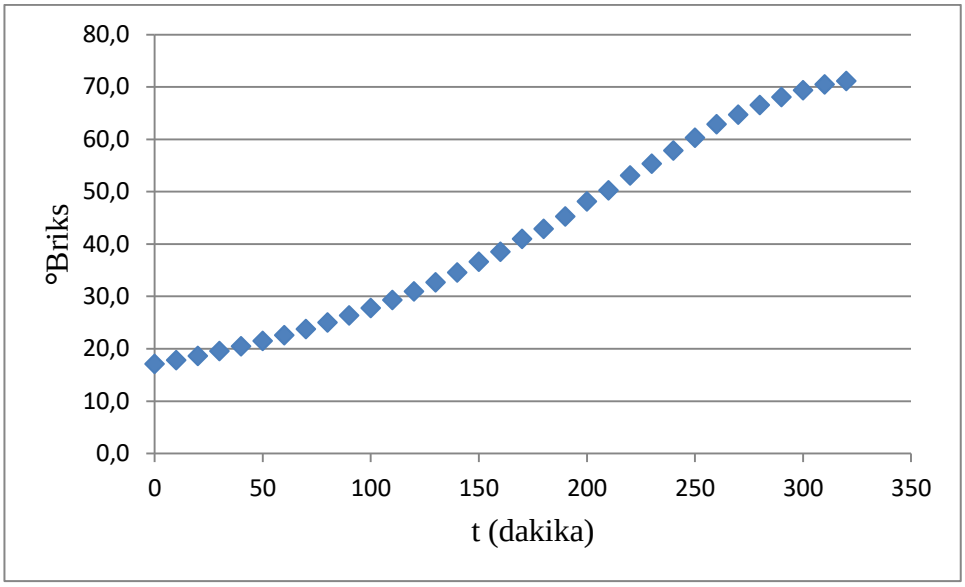
Bütün meyveden ve nar tanelerinin preslenmesi ile elde edilen nar ham suyu örnekleri herhangi bir ön işleme maruz bırakılmadan doğrudan ozmotik distilasyon (OD) prosesi ile nar ekşisi üretimi gerçekleştirilmiştir.

Nar tanelerinin preslenmesi ile elde edilen nar ham suyunun OD sırasında transmembran akıdaki değişim Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Prosesin başlangıcında 1,59 kg/ m^2 h olarak tespit edilen transmembran akı değeri, 320 dakika sonunda %95 oranında azalarak 0,09 kg/m^2h'ye düşmüştür. Cassano, Conidi ve Drioli, (2011) nar suyunda (~2,5 kg) OD başlangıç evaporasyon akısında (0,85 kg/ m^2 h) 200 dakika sonunda %55 düzeyinde bir azalma belirlemişlerdir. Bağcı vd. (2019) nar suyunun ultrafiltrasyon ile berraklaştırma aşamasının ardından OD sırasında başlangıçta 0,96 kg/m^2h düzeyindeki evaporasyon akısının 390 dakika sonunda %30 oranında azaldığını belirtmişlerdir. Görüldüğü gibi, evaporasyon akısında bu çalışmada gözlenen azalma literatür verileri ile kıyaslandığında oldukça yüksek seviyelerdedir (Cassano vd., 2007; Conidi ve Drioli 2011). OD sırasında beslemenin çözünen madde konsantrasyonu ile permeatın çözünen madde konsantrasyonu arasındaki fark sürücü kuvveti yani buhar basıncı farkını oluşturmaktadır. Bu nedenle OD süresince meyve suyundaki su tuz çözeltisine doğru aktarıldıkça buhar basıncı farkı azalmakta ve buna bağlı olarak transmembran akısı da azalmaktadır (Conidi vd., 2011; Onsekizoğlu, 2012). Bu çalışmada gözlenen akı azalmasının oldukça yüksek seviyelerde olmasının, önceki çalışmalara kıyasla çok daha düşük miktarda beslemeyle (~0,6 kg) çalışılması ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle tuz çözeltisine aktarılan su miktarı daha hızlı artış göstermiştir. Bu durum, teorik bir hesaplama ile daha net anlatılabilir. Başlangıçta 2,5 kg beslemeden 500 g suyun permeat tarafına transferi sonucu başlangıç çözünür kuru madde oranının teorik olarak 1,25 kat artış göstermesi beklenir. Diğer taraftan başlangıçta 0,6 kg ağırlıktaki beslemeden aynı miktardaki suyun (500 g) uzaklaştırılması başlangıç çözünür kuru madde seviyesinin 6 misli artmasına neden olacaktır. OD sırasında kuru madde miktarının özellikle yüksek seviyelere ulaşmasının ardından meyve suyunun viskozitesinin eksponansiyel artışı da akıyı azaltmıştır (Destani, Cassano, Fazio, Vincken & Gabriele, 2013).



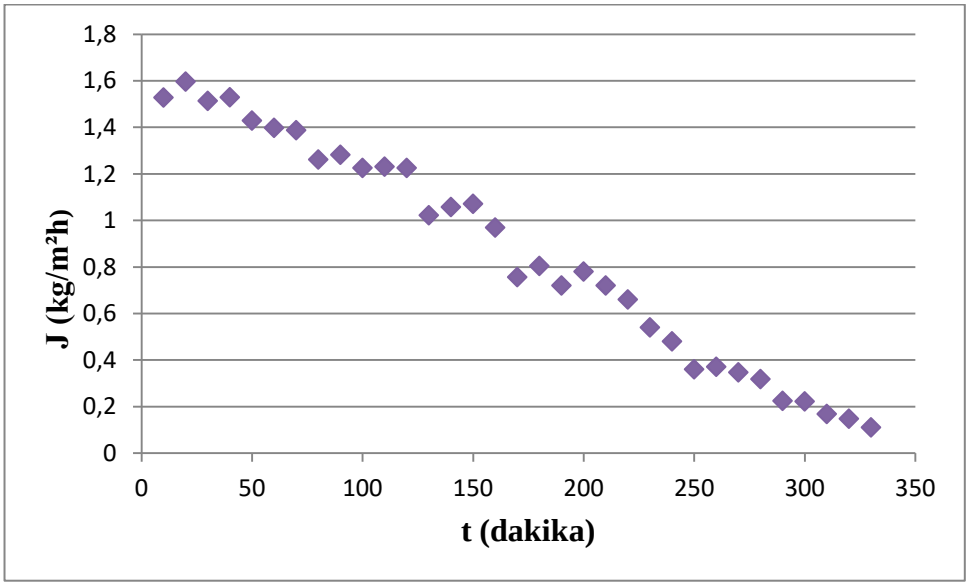
Şekil 4.1. Nar tanelerinin preslenmesi ile elde edilen nar ham suyu örneğinden ozmotik distilasyon ile koyulaştırma sırasında akı profili

OD prosesi süresince nar tanelerinden elde edilen nar ham suyunun (NS-T) kuru madde değişimi ise Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Başlangıçta 17,1±0,1 ºBriks nar ham suyu 320 dk sonunda 71,1±0,1 ºBrikse konsantre edilmiştir. Bu sırada 66±0,1 ºBriks $CaCl_2$ çözeltisinin konsantrasyonu ise 57±0,1 ºBriks seviyesine düşmüştür. Evaporasyon akı profili ve °Briks değerindeki değişimler bir arada değerlendirildiğinde, uygulanan 220 dk'lık aşamadan sonra °Briks seviyesinin 53,1 °Briks olduğu noktada viskozite etkilerinin ortaya çıkmaya başladığı görülmektedir. Başlangıç akı değeri, ilk 220 dakikada %54 oranında azalmıştır. Bu sırada $CaCl_2$ çözeltisinin konsantrasyonu %9,4 azalmıştır. Tuz çözeltisinin konsantrasyonu kalan 100 dakika boyunca sadece %4,2 oranında azalırken, akı azalması %88 oranındadır. Tuz çözeltisinin konsantrasyonu %4,2 gibi düşerken akıda %88 gibi yüksek oranda azalmanın gerçekleşmesi, akı azalmasında tuz çözeltisi dışında başka bir etmenin daha etkin olabileceğini göstermektedir. Nar suyunun ºBriks değerindeki artış, nar suyu viskozitesi ile doğru orantılı olup eksponansiyel artışa neden olmaktadır (Altan & Maskan, 2005). Besleme tarafındaki buhar basıncını azaltan viskozite artışı sürücü kuvveti düşürerek evaporasyon akısını azaltmaktadır. Bagci, Akbas, Gulec & Bagci, (2019) berraklaştırılmış nar suyunun OD ile konsantrasyonu sırasında viskozitenin besleme ve permeat tarafındaki su aktivitesi farkına etkilerinin 50 ºBriks üzerinde belirgin hale geldiğini rapor etmiştir. Bu çalışmada, permeat örneğinde viskozite etkileri yaklaşık 53,1 °Briks'den itibaren hissedilmeye başlanmıştır.



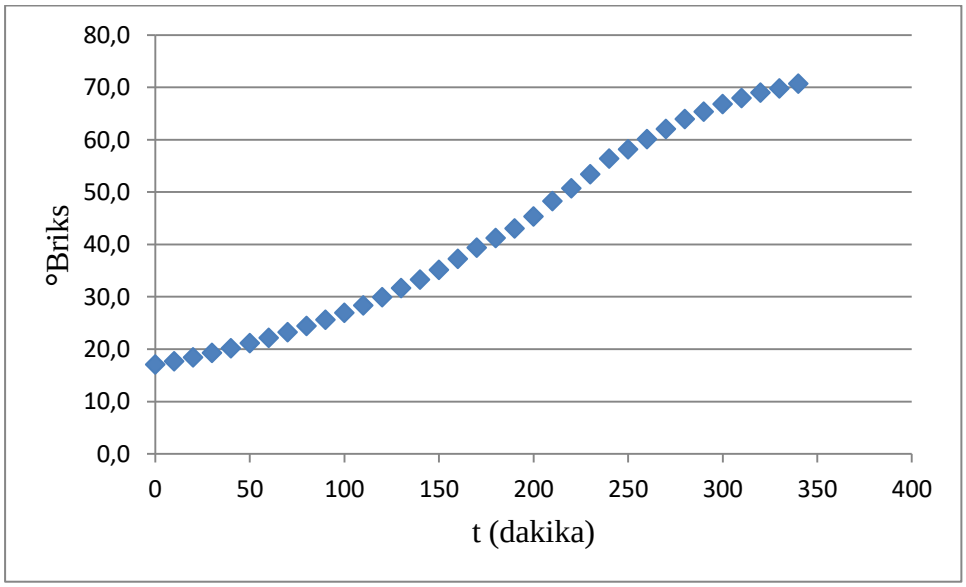
Şekil 4.2. Nar tanelerinin preslenmesi ile elde edilen nar ham suyu örneğinden ozmotik distilasyon ile koyulaştırma sırasında çözünür kuru madde değişimi

Bütün meyveden elde edilen nar ham suyu örneğinin (NS-B) OD sırasında evaporasyon akısında gözlenen zamana bağlı değişim Şekil 4.3'te gösterilmiştir. İşlemin başlangıcında 1,52 kg/m^{2}h olarak tespit edilen transmembran akı değeri, %92 oranında azalarak 0,124 kg/m^{2}h'ye düşmüştür.



Şekil 4.3. Bütün meyveden elde edilen nar ham suyu örneğinden ozmotik distilasyon ile koyulaştırma sırasında akı profili

OD prosesi süresince bütün meyveden elde edilen nar ham suyu örneğine ait çözünür kuru maddedeki değişim Şekil 4.4'te verilmiştir. Başlangıçta kuru madde değeri 17,1±0,1 ºBriks olan nar ham suyu 340 dk sonunda 70,7±0,1 ºBriks'e ulaşmıştır. Başlangıçta 66±0,1 ºBriks olan $CaCI_2$ çözeltisi ise 57±0,1 ºBriks'e düşmüştür. Başlangıç akı değeri ilk 210 dakikada %36,25 oranında azalırken, $CaCI_2$ konsantrasyonu %10 oranınsa azalmıştır. Son 130 dakikada akı seviyesinde %87,24 oranında azalma olurken, $CaCI_2$ çözeltisinin konsantrasyonu sadece %4,04 oranında azalmıştır. Cassano vd. (2011) meyve suyun viskozitesinin toplam kuru madde miktarı ile eksponansiyel olarak artttığını ifade etmişlerdir. Bağcı vd. (2019) de nar suyu konsantresindeki şekerler, polisakkaritler ve proteinler gibi hidrofilik çözünen maddelerin yüksek konsantrasyonu nedeniyle viskozitenin aşırı derecede arttığını, yüksek konsantrasyonlarda fark edilir hale geldiğini belirtmektedirler. NS-B örneklerinde OD sırasında viskozite etkilerinin °Briks seviyesinin 48,3 °Briks'e ulaştığı 210 dakika sonunda ortaya çıkmaya başladığı söylenebilir. Kivi, narenciye, havuç, kaktüs armut vb. farklı meyve sularının OD ile koyulaştırılmasında laboratuvar ve yarı endüstriyel ölçekte benzer sonuçlar elde edilmiştir (Cassano vd., 2003, 2007; Cassano & Drioli, 2007; Vaillant vd., 2001, 2005).



Şekil 4.4. Bütün meyveden elde edilen nar ham suyu örneğinden ozmotik distilasyon ile koyulaştırma sırasında çözünür kuru madde değişimi

OD ile TS 12720:2016 nar ekşisi standardında belirtilen çözünür kuru madde oranı olan 68 °Briks ve üzerine konsantrasyon süresi bazında kıyaslama yapıldığında, bütün meyveden elde edilen nar ham sularının nar tanelerinden elde edilen nar sularına kıyasla nispeten daha uzun sürelere gereksinim duyduğu görülmektedir. Bu durumun, nar ham sularının herhangi bir ön işlem aşamasından geçirilmemesi dolayısıyla nar kabuklarından gelen başta tanenler olmak üzere yüksek molekül ağırlıklı fenolik maddelerin metal ve proteinlerle oluşturduğu komplekslerin OD sırasında neden olduğu kirlenme (fouling) etkilerinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Koyuncu & Taşdemir, 2018). Nitekim, NS-B'de görece düşük değerlerde başlangıç akısı gözlenmesi de bu durumu doğrular niteliktedir.

4.4. Farklı Konsantrasyon Uygulamalarının Nar Ekşisinin Bazı Kalite Karakteristiklerine Etkileri

Bu çalışma kapsamında, geleneksel açık kapta termal evaporasyon, ticari üretimde kullanılan vakum evaporasyon ve ısıl olmayan ozmotik distilasyon yöntemleri ile nar ekşisi üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ürünlerin fizikokimyasal ve duyusal kalite parametreleri kıyaslanmıştır. Bu amaçla, 70-77 °Briks nar ekşileri, nar ham suyunun orijinal ºBriks değerine seyreltilmiştir. Kalite parametrelerinin kıyaslanmasında bu ºBriks değeri (17,1 ± 0,1 ºBriks) esas alınmıştır.

4.4.1. pH ve Titrasyon Asitliği Değerleri

Çizelge 4.1'de nar ekşilerinin pH ve titrasyon asitliği değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı yöntemlerle üretilen nar ekşilerinin pH ve titrasyon asitliği değerleri

	pH*	**Titrasyon asitliği* (g/100 mL)**
NS-B (kontrol-B)	3,17±0,02[a]	1,36±0,04[a]
NS-T (kontrol-T)	3,16±0,03[a]	1,30±0,02[a]
NS-B TE	3,23±0,01[a]	1,28±0,03[a]
NS-T TE	3,20±0,00[a]	1,24±0,05[a]
NS-B VE	3,22±0,02[a]	1,30±0,02[a]
NS-T VE	3,20±0,01[a]	1,29±0,02[a]
NS-B OD	3,22±0,01[a]	1,30±0,01[a]
NS-T OD	3,21±0,00[a]	1,25±0,03[a]

* Titrasyon asitliği pH 8.1'e göre sitrik asit cinsinden verilmiştir.

NS-B: Bütün meyveden elde edilen nar ham suyu; NS-T: Nar tanelerinden elde edilen nar ham suyu; OD: ozmotik distilasyon; VE: vakum evaporasyon; TE: termal evaporasyon

Aynı sütunda aynı harfi kapsayan değerler istatistiksel olarak birbirinden farklı değildir (P>0.05)

Nar suyu kontrol örneklerinin pH değerleri 3,16 ve 3,17 olarak saptanmıştır ve titrasyon asitliği değerleri ise sitrik asit cinsinden 1,30 ile 1,36 g/100 mL bulunmuştur (Çizelge 4.1). Bütün meyveden ve nar tanelerinden elde edilen nar sularının pH ve titrasyon asitliği değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar bulunmamıştır (P> 0,05). Cemeroğlu vd. (2004) 120 çeşit bütün nar meyvesini presledikten sonra üretilen nar sularının pH değerlerini 2,40-3,53 olarak rapor etmiştir. Gölükcü, Toker ve Tokgöz, (2011), farklı hasat dönemlerindeki Hicaz çeşidi narların sularının titrasyon asitliği ve pH değerlerini sırasıyla 0,90-1,39 g/100 g ve 3,07-3,44 arasında olduğunu bildirmişlerdir. Eyigün, (2012) taze nar suyunun ortalama pH'ını 2,81, titrasyon

asitliğini 1,34 g/100 mL ve °Briks değerini de 15,83 g/100 g olarak rapor etmiştir.Bu çalışmada incelenen nar ham sularına ait pH ve titrasyon asitliği değerleri önceki çalışmalar ile benzer sonuçlar göstermektedir.

Türk Standartları Enstitüsü 12720:2016 Nar ekşisi tebliğine göre nar ekşilerinin pH değerleri en çok 4,0 olmalıdır. Çalışmamızda farklı üretim yöntemleri ile üretilen nar ekşisi örneklerinin pH değerlerinin tebliğe uygun olduğu görülmektedir.

Çalışma süresince incelenen termal evaporasyon (TE), vakum evaporasyon (VE) ve ozmotik distilasyon (OD) prosesi ile evaporasyonun pH ve titrasyon asitliği üzerine etkisi önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). Literatürde vakum altında ve açık kapta koyulaştırma yöntemleri ile üretilen nar ekşilerinin asitlik değerlerinin kıyaslandığı çalışmalarda farklı bulgulara rastlanmıştır. Örneğin, Baysal, (2019) pH değeri 3,47 olan nar ham suyundan hem açık kazanda koyulaştırma yöntemi hem de vakum altında koyulaştırma metodu ile elde ettikleri nar ekşilerinin pH değerlerinde istatistiksel olarak önemli azalmalar olduğunu rapor etmiştir. Eyigün, (2012) ise vakum altında üretilen nar ekşilerinin ortalama titrasyon asitliği seviyelerinin açık kazanda geleneksel olarak üretilen nar ekşilerinin titrasyon asitliğinden daha yüksek olduğunu rapor etmiştir. Literatürdeki bu farklı bulgular narların çeşit ve olgunlaşma derecelerinin yanı sıra işleme parametrelerindeki farklılıklara da dayandırılabilir.

Nar ekşisinin 25 ºC'de OD prosesi ile koyulaştırması sırasında pH ve titrasyon asitliği değerlerinde önemli bir değişim olmaması ise literatür verileri (Vaillant vd., 2001; Cassano, Conidi ve Drioli, 2011) ile uyum göstermektedir. Örneğin, nar suyundan termal yöntemler ve membran prosesleri ile üretilen konsantrelerin pH ve titrasyon asitliği değerleri arasında bir fark olmadığı belirtilmiştir (Onsekizoğlu, 2013b). Benzer şekilde, Hongvaleerat, Cabral, Dornier, Reynes ve Ningsanond, (2008) ananas suyunun 20 °C'de OD ile konsantrasyonu boyunca pH değerlerinde bir değişim olmadığını rapor etmişlerdir.

4.4.2. Renk Değerleri

Gıdaların insanları cezbeden, kabul edilebilirliğinde etkili ilk özellik renktir. Gıdaların rengi; lezzeti, besin değeri ve kalitesiyle doğrudan ilişkilendirilmektedir. Bir gıdanın rengi beğenilmiyorsa, besin değeri ve diğer kriterlerleri ne kadar üstün olursa

olsun tercih edilmemektedir. Nar ekşisi için de narın kendine özgü çekici kırmızı rengini koruması önemli bir kalite parametresidir (Zaouay, Mena, Garcia-Viguera & Mars, 2012). Farklı teknikler kullanılarak üretilen nar ekşisi örneklerinin renk değerleri (*L*, *a*, *b*, ΔE, Chroma, Hue) Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Farklı yöntemlerle üretilen nar ekşilerinin renk değerleri

ÖRNEKLER	L*	a*	b*	ΔE	Chroma	Hue
NS-B (Kontrol-B)	18,9±1,1^{a}	50,8±0,1^{a}	32,6±0,1^{a}	-	60,3±0,1^{a}	32,6±0,1^{a}
NS-T (Kontrol-T)	21,3±0,1^{b}	52,8± 0,1^{b}	36,7±0,1^{b}	-	64,4±0,1^{b}	34,8±0,1^{b}
NS-B TE	19,3± 0,6^{ab}	42,9±0,5^{c}	32,4±1,0^{a}	7,6±0,2^{a}	53,8±0,6^{c}	37,0±0,5^{c}
NS-T TE	21,5±1,4^{b}	44,0±1,1^{c}	36,1± 2,4^{ab}	8,5±0,4^{b}	56,9±2,4^{d}	39,3±0,9^{cd}
NS-B VE	16,4±0,9^{a}	47,0±1,2^{c}	28,2±1,6^{c}	5,2±0,8^{c}	54,9±1,9^{c}	31,0±0,7^{e}
NS-T VE	21,5±0,4^{b}	52,8± 0,5^{b}	37,0±0,7^{b}	0,8±0,4^{d}	64,6±0,8^{b}	35,0±0,3^{b}
NS-B OD	16,7±0,8^{a}	45,9±1,0^{c}	27,1±1,3^{c}	7,1± 1,2^{ab}	53,3±1,5^{c}	30,6±0,6^{e}
NS-T OD	22,1±0,8^{b}	53,3± 1,1^{b}	38,2±1,4^{b}	2,7±0,5^{e}	65,6±1,7^{b}	35,6±0,5^{b}

* Titrasyon asitliği pH 8.1'e göre sitrik asit cinsinden verilmiştir.

NS-B: Bütün meyveden elde edilen nar ham suyu; NS-T: Nar tanelerinden elde edilen nar ham suyu; OD: ozmotik distilasyon; VE: vakum evaporasyon; TE: termal evaporasyon

Aynı sütunda aynı harfi kapsayan değerler istatistiksel olarak birbirinden farklı değildir (P>0.05)

CIE renk değerlerine göre aydınlık/parlaklık göstergesi olan *L** değeri 0 (siyah) ile 100 (beyaz) aralığında değer almaktadır. Kırmızı-yeşil skalayı gösteren *a** değeri arttıkça kırmızılık, azaldıkça yeşillik artmaktadır. Sarı-mavi skalayı gösteren *b**değeri arttıkça sarılık, azaldıkça mavilik artmaktadır. Rengin yoğunluğunu ifade eden ve 0 ile 60 arasında değerler alan *C** değeri renk düzleminin merkezine yaklaştıkça mat (dull)

tonlar ve merkezden uzaklaştıkça canlı (vivid) tonlar artmaktadır. Bir renk algısının kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi, mor veya bunların bitişik çiftleri arasında orta dereceli olduğuna karar verilen nitelik olarak tanımlan h^{o} değeri ise 0°–360° arasında değerler alır. Örneğin, 0° ve 360° kırmızı, 90° sarı, 180° yeşil ve 270° mavi olarak değerlendirilmektedir.

Genel olarak, bütün meyveden elde edilen nar ham sularının ve nar ekşisi örneklerinin, nar tanelerinden elde edilenlere kıyasla daha düşük *L** ve *C** değerlerine sahip olduğu gözlenmiştir. Bu durum NS-T örneklerinin ve bunların koyulaştırılması ile elde edilen nar ekşilerinin daha aydınlık ve daha canlı bir renkte olduğunun bir göstergesidir. Nar kabuklarından gelen tanenler gibi yüksek molekül ağırlıklı fenolik maddelerin oksidatif ve oksidatif olmayan mekanizmalarla kondensasyonu ve polimerizasyonu durultulmamış nar ham sularında sediment oluşumu ve bulanmada önemli bir rol oynamaktadır (Gökmen, Artık, Acar, Kahraman & Poyrazoğlu). Bu çalışmada ham nar sularına durultma işlemi uygulanmadığından, bütün meyveden elde edilen nar ekşisi örneklerinin renk değerlerindeki değişimlerde bazı tutarsızlıklar gözlenmiştir. Bu durumun, nar ham sularında nar kabuklarından gelen sediment ve bulanıklık unsurlarının renk ölçümüne olumsuz etkisinden kaynaklandığı sanılmaktadır.

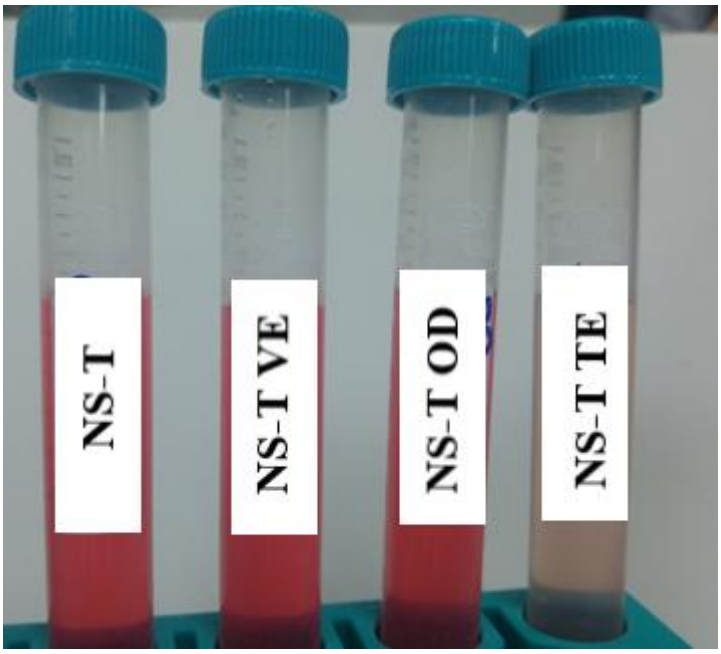
Antosiyaninlerce zengin meyve sularının renk değerleri antosiyaninlerin parçalanma ürünleri ve hatta esmerleşme reaksiyonları sonucu oluşan esmer renkli pigmentler hakkında da fikir vermektedir (Turfan, 2008). Farklı koyulaştırma teknikleri ile üretilen nar ekşisi örneklerinin renk değerleri kıyaslandığında, geleneksel TE ile üretilen nar ekşilerinin *L** ve *b** değerinde bir farklılık gözlenmezken, *a** ve *C** değerlerinde azalma gözlenmiştir. Bu sonuçlar, hem bütün meyveden hem de nar tanelerinden TE ile üretilen nar ekşilerinde kontrol örneklerine göre kırmızı renk yoğunluğunda azalmaya ve matlaşmaya işaret etmektedir. Bu durum, TE'de uygulanan yüksek sıcaklıkların etkisiyle antosiyaninlerin yüksek sıcaklıklarda bozunması veya polimerizasyonuna bağlanabilir (Turfan, 2008). NS-B TE ve NS-T TE örneklerindeki *a** değerinde görülen azalış ve h^{o} değerinde görülen artış da TE ile üretilen nar ekşilerinde antosiyanin parçalanması ve esmer renkli pigmentlerin oluşması nedeniyle rengin sarı-kahverengine doğru değiştiğinin bir göstergesidir (Fischer, Carle & Kammerer, 2013). Toplam monomerik antosiyanin analizleri sonuçları da renk analizlerinde elde edilen bu bulguları doğrular niteliktedir (Bölüm 4.4.4). Turfan da

artan sıcaklıkların nar sularında monomerik antosiyaninlerin parçalanmasının ve esmer pigmentlerin oluşumunun hızlandırdığını rapor etmiştir. Özellikle pH 2-4 civarında sıcaklıktaki artışın glikozidik bağların hidrolizine neden olduğu, dolayısıyla aglikon formu glikozidik formundan daha az stabil olan antosiyaninlerin renk kaybına neden olduğu da bildirilmektedir (Rein, 2005). Ayrıca, ısıl işlemlerin etkisiyle *a** değerindeki azalmanın antosiyaninlerin diğer fenoliklerle polimerizasyonundan da kaynaklanabileceği ifade edilmektedir (Maskan, 2006).

Nar tanelerinden VE ile üretilen nar ekşilerinin (NS-T VE) *L**, *a** ve *b** değerine etkisi Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre önemli bulunmamıştır. Maskan (2006) VE, atmosferik basınç altında evaporasyon ve mikrodalga ile üretilen nar suyu konsantrelerinin *L**, *a** ve *b** değerlerinin önemli oranda azaldığını ve rengin kahverengi tonlarına doğru koyulaştığını bildirmiştir. Araştırmada en büyük renk kaybının 40 ºC'de uygulanan VE ile konsantre edilen nar sularında olduğu gözlemlenmiş ve bu farklılık bu sıcaklıkta henüz inaktive olmayan oksidatif enzimlerin uzun işlem süresi boyunca aktivite göstermesi ile ilişkilendirilmiştir. Eyigün, (2012) durultulmamış nar suyunda renk yoğunluğunu ortalama 0,53 olarak, durultulmamış meyve suyundan açık atmosferde koyulaştırma ile elde edilen nar ekşisinde 12,54 olarak, vakum altında koyulaştırma ile elde edilen nar ekşisinde ise 10,75 olarak rapor etmiştir. Chaovanalikit vd. (2012) mangosten meyve suyunu vakum evaporatör (40 ºC) ve termal yöntemle (60 ºC) 47 °Brikse kadar konsantre etmiştir. Çalışmada elde edilen bulgular, *L** değerlerinin termal yöntemle elde edilen konsantrede azaldığı, vakum evaporatörle elde edilen konsantrede arttığını göstermiştir. Ayrıca *C** ve *ºh* renk değerlerinin her iki yöntemde de önemli ölçüde azaldığı rapor edilmiştir. Oda sıcaklığında gerçekleştirilen OD ile üretilen nar ekşilerinin (NS-T OD) renk değerlerinde bir değişim olmamıştır. Cisse vd. (2005) de portakal sularının 28°C'de OD ile konsantrasyonunun, *L** değerine bir etkisinin olmadığını rapor etmiştir. Benzer şekilde Rodriguez vd. (2004) camu-camu (*Myrciaria dubia*) suyunun OD ile konsantrasyonu sırasında *L**, *a** ve *b** değerlerinde önemli bir değişim olmadığını belirtmiştir.

Nar tanelerinden elde edilen nar ekşilerinde toplam renk farklılığını ifade eden ΔE değerleri bazında bir kıyaslama yapıldığında, en büyük renk farklılığının TE ile üretilen örnekte gözlemlendiği görülmektedir. Farklı yöntemlerle üretilen nar ekşilerinin

17,1±0,1°Brikse seyretilmesinden sonra görünümleri de TE ile elde edilen nar sularının renk farklılığını açıkça ortaya koymaktadır (Şekil 4.5). Renk değerlerinde bu çalışmada elde edilen bulgular, VE veya OD'nin, geleneksel TE'ye kıyasla çok düşük sıcaklıkların kullanılması ile antosiyanin kaybının önüne geçilebildiğine işaret etmektedir.



Şekil 4.5. Nar tanelerinden elde edilen nar suyu (NS-T) ve vakum evaporasyon (NS-T VE), ozmotik distilasyon (NS-T OD) ve termal evaporasyon (NS-T TE) yöntemleri ile üretilen nar ekşilerinin 17,1±0,1°Briks'teki görünümleri

4.4.3. Toplam Fenolik Madde Miktarı

Toplam fenolik madde içeriği, çeşide, hasat zamanına, olgunlaşma düzeyine bağlı olarak değişmektedir. İncedayi, Tamer ve Çopur (2010), ülkemizde ticari olarak satışa sunulan nar ekşilerinin toplam fenolik madde miktarının 551-9695 mg GAE/kg arasında değiştiğini rapor etmiştir. Nar suyundaki başlıca çözünür polifenoller antosiyanin, kateşin, ellajitanenler, gallik asit ve ellajik asittir (Singh, Chidambara Murthy & Jayaprakasha, 2002). Bu çalışmada farklı üretim teknolojileri ile hazırlanan nar ekşilerinde üretim hattı boyunca toplam fenolik madde miktarındaki değişim Şekil 4.6 ve Şekil 4.7'de özetlenmiştir. Toplam fenolik madde miktarı gallik asit cinsinden verilmiştir.

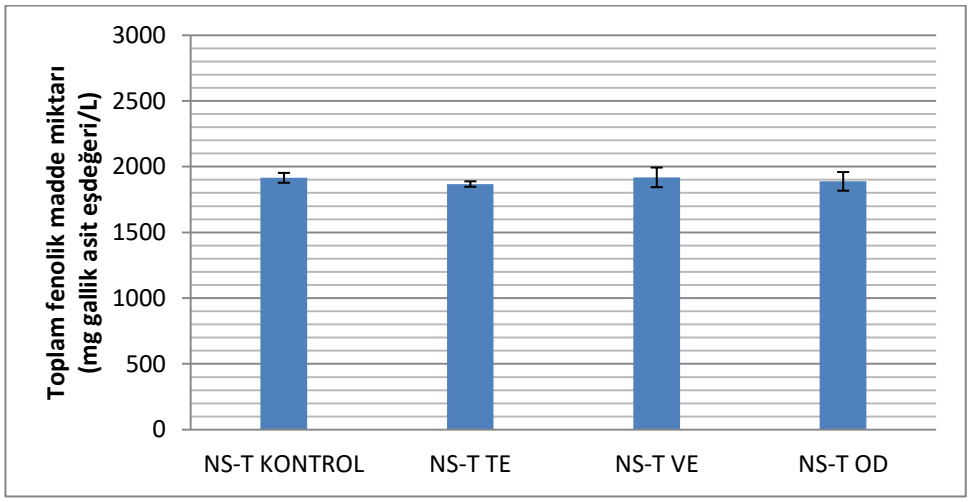
Bütün meyveden elde edilen nar ham sularının (NS-B) toplam fenolik madde içeriğinin nar tanelerinden elde edilene (NS-T) kıyasla yaklaşık %22 oranında daha yüksek olduğu bulunmuştur. Fenolik madde içerinde gözlenen bu farklılık, presleme ile meyve suyuna geçen nar kabuğundaki fenolik maddelerden ileri gelmektedir (Uzuner, 2008). Li vd. (2006) Çin'de yaygın olarak yetiştirilen beyaz nar çeşidinin toplam fenolik miktarını kabuk kısmında 249,4 mg/g, meyve etinde ise 24,4 mg/g olarak rapor etmiştir.

NS-B örneği herhangi bir ön işlem uygulanmadan doğrudan termal evaporasyonla koyulaştırıldığında (NS-B TE) %26±0,16 oranında bir kayıp ortaya çıkmıştır. NS-T'nin TE ile konsantrasyonu sonucu üretilen nar ekşisinin (NS-T TE) toplam fenolik madde miktarında ise önemli bir değişiklik olmamıştır ($P > 0,05$). Bütün meyve ve tanelerinin işlenmesiyle elde edilen nar ekşilerinin fenolik madde miktarlarındaki farklılık muhtemelen nar kabuklarında bulunan tanenler gibi yüksek molekül ağırlıklı fenolik maddelerin yüksek sıcaklıkların etkisiyle depolimerizasyonu ve diğer fenolik maddelerle kondensasyonu ve polimerizasyonundan ileri gelmektedir. Nitekim, NS-T'den TE ile üretilen nar ekşilerindeki hidrolize olabilen tanenler yüksek sıcaklıkların etkisiyle depolimerize olarak toplam fenolik madde miktarındaki azalışı önemli ölçüde sınırlandırmıştır. Berraklaştırılmış nar sularının fenolik madde içeriğine farklı ısıl işlemlerin etkisine yönelik yapılan bazı çalışmalarda da benzer sonuçlar rapor edilmiştir (Uzuner, 2008; Onsekizoglu, 2013b). NS-B örneklerinde ise kabuktan gelen yüksek molekül ağırlıklı hidrolize olabilen tanen miktarı daha fazla olacaktır. TE ile koyulaştırma sırasında uygulanan yüksek sıcaklıkların etkisiyle depolimerize olan bu tanenlerin, herhangi bir durultma işlemi de uygulanmadığından, ortamda bulunan diğer fenolik maddelerle oksidatif ve oksidatif olmayan mekanizmalarla kondensasyon veya polimerizasyon reaksiyonlarına katılarak oluşturduğu sediment ve bulanıklık unsurları fenolik maddenin kontrol örneğine kıyasla daha düşük çıkmasına neden olmuş olabilir.

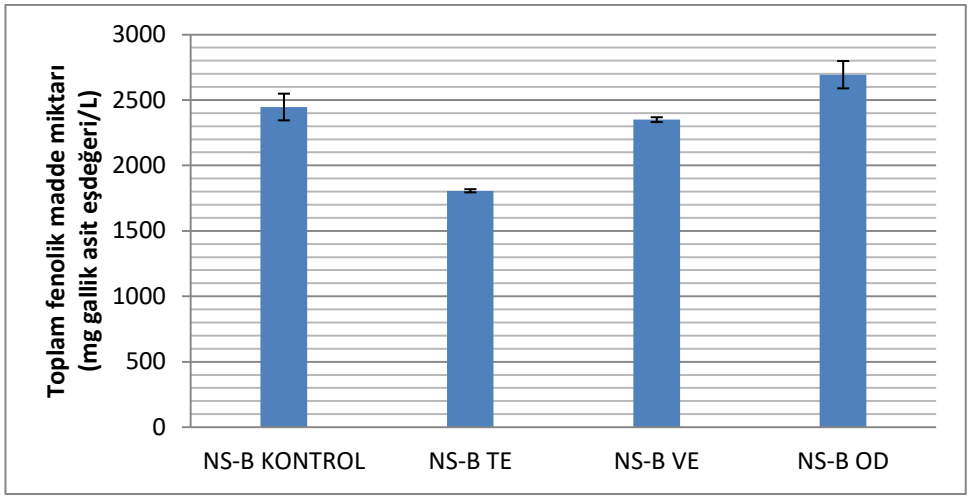
Çalışma kapsamında vakum evaporatörle koyulaştırmanın nar ekşisinin toplam fenolik madde miktarında önemli bir değişime neden olmadığı görülmüştür ($P> 0,05$). Baysal (2019)'ın yapmış olduğu çalışmada, durultulmamış nar suyundan açık atmosferde koyulaştırma ile elde edilen nar ekşisinde kuru bazda 12658,42 mg GAE/kg nar ekşisi ve durultulmamış nar suyundan vakum altında koyulaştırma ile elde edilen nar ekşisinde kuru bazda 16468,44 mg GAE/kg nar ekşisi bulunmuştur. Çalışmada elde

edilen bulgulara göre durultulmamış nar suyundan vakum altında koyulaştırma ile elde edilen nar ekşisinde ısıl işlemin etkisi sonucu kuru bazda toplam fenolik madde miktarında meydana gelen düşüş istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.05). Eyigün (2012) vakum altında üretilen nar ekşisinin ortalama toplam fenolik madde miktarını 3379,83 mg GAE/L, açık kapta üretilen nar ekşisinin toplam fenolik madde miktarını ise 3236,82 mg GAE/L olarak rapor etmiştir.

Bu çalışmada, OD sistemi ile üretilen nar ekşisi örneklerinde de, VE'de olduğu gibi, toplam fenolik madde içeriğinde belirgin bir azalma olmamıştır (P > 0,05). Kujawski vd. (2013) farklı başlangıç konsantrasyon seviyelerindeki üzüm suyu örneklerinin OD ile 65˚Briks'e konsantrasyonunda fenolik maddelerin önemli derecede korunduğunu rapor etmişlerdir. Bagci, Kahvecioglu, Gulec ve Bagci (2020), 64,7 ºBriks'e kadar OD ile koyulaştırılan berraklaştırılmış nar sularının toplam fenolik madde miktarında önemli bir değişim olmadığını (P>0,05) belirtmiştir.



Şekil 4.6. Nar tanelerinden elde edilen nar ham suyuna (NS-T kontrol) uygulanan farklı koyulaştırma tekniklerinin toplam fenolik madde içeriğine etkisi. OD: ozmotik distilasyon; VE: vakum evaporasyon; TE: termal evaporasyon



Şekil 4.7. Bütün meyveden elde edilen nar ham suyuna (NS-B kontrol) uygulanan farklı koyulaştırma tekniklerinin toplam fenolik madde içeriğine etkisi. OD: ozmotik distilasyon; VE: vakum evaporasyon; TE: termal evaporasyon

4.4.4. Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarı

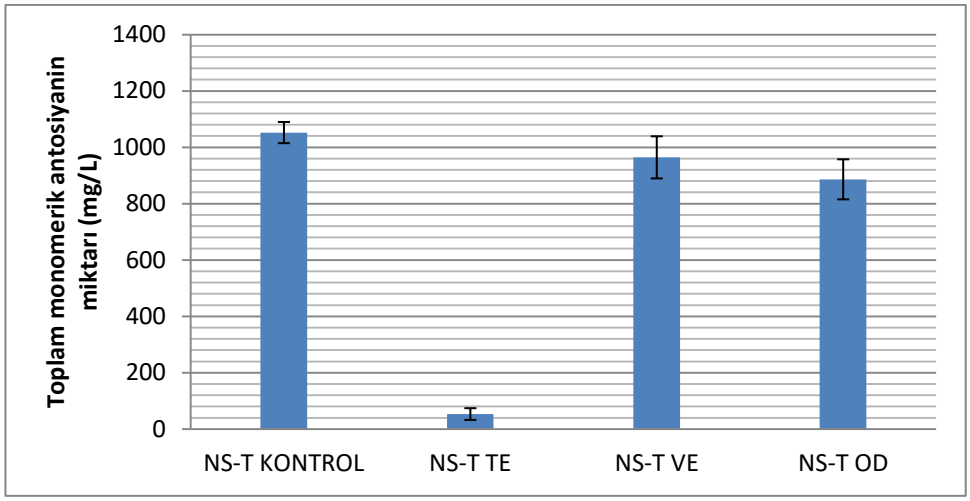
Nar suyu, antosiyaninler açısından zengin bir kaynaktır. Nar suyunun karakteristik kırmızı-viyole renkten sorumlu olmalarının yanında, antosiyaninlerin yüksek antioksidan kapasiteleri ile birçok kronik hastalığı önleyici etki gösterdiği ortaya konulmuştur (Gil vd., 2000). Nar meyvesi tohum ve kabuğunda siyanidin, delfinidin ve pelargonidinin 3,5-diglukositleri ve 3-glukositlerini içermekle birlikte, nar suyundaki baskın antosiyaninin siyanidin 3-glukosit (59,5-128,3 mg/L) olduğu rapor edilmektedir (Gil vd., 2000). Antosiyaninlerin stabilitesi üzerine sıcaklık, pH, oksijen, enzimler, ışık, hidrojen peroksit, metal iyonları, askorbik asit, gibi birçok kimyasal ve fiziksel faktör etkilidir. Özellikle meyve bazlı ürünlerin işlenmesinde uygulanan yüksek sıcaklıklar tüm bu faktörler içerisinde antosiyaninlerin parçalanmasına neden olan en önemli etkendir (Turfan, 2008).

Farklı konsantrasyon teknikleriyle üretilen nar ekşilerinin cyanidin-3-glucoside cinsinden toplam monomerik antosiyanin miktarları Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da gösterilmektedir. Hem bütün meyveden ve hem de taneden geleneksel termal evaporasyonla (TE) üretilen nar ekşilerinde (NS-B TE, NS-T TE) toplam monomerik antosiyanin değerlerinde %94±0,87-95±0,01 aralığında kayıplar meydana gelmiştir. Gözlemlenen bu yüksek oranlardaki düşüş, yüksek sıcaklıkta antosiyaninlerin parçalandığını göstermiştir (Onsekizoğlu, 2013). Yüksek sıcaklıkların antosiyaninlerin kararlılıklarını büyük ölçüde etkilediği bilinmektedir. Sıcaklık artışıyla birlikte antosiyaninlerin parçalanma hızı da artmaktadır. Orak, (2009) geleneksel açık kazanda 8 saat süresince kaynatarak ürettiği nar ekşisinde antosiyanin tespit edememiştir. Geleneksel nar ekşisi üretiminde uzun süreli uygulanan yüksek sıcaklıkların antosiyanin pigmentlerinin tamamen parçalanmasına neden olduğu ileri sürülmüştür. Diğer taraftan, Markasis, (1974) kısa süreli yüksek sıcaklıkta ısıl işlem uygulamasının pigmentlerin korunumu açısından uygun olabileceğini belirtmiştir.

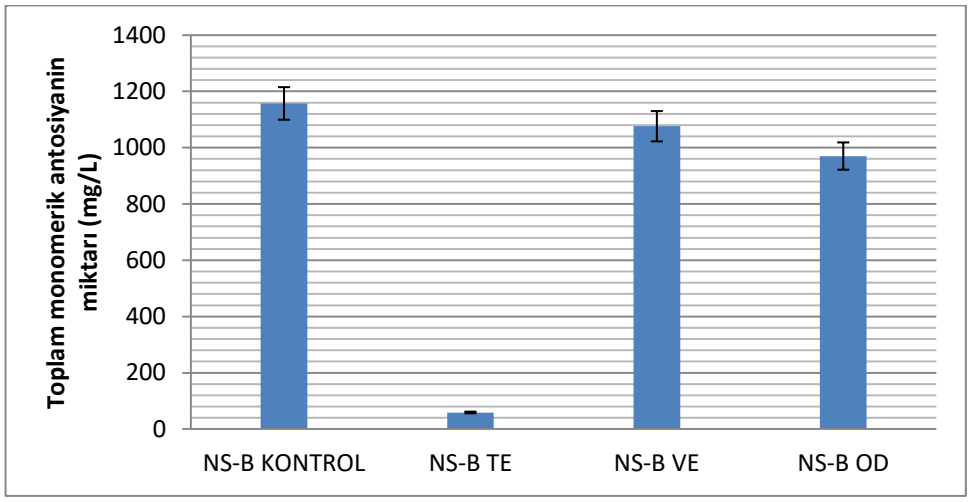
Vakum evaporasyonun (VE) uygulandığı NS-B VE ve NS-T VE örneklerinde toplam monomerik antosiyanin kayıplarının önemli ölçüde önüne geçilmiş ve sırasıyla yaklaşık %7±0,01 ve %8±0,41 oranlarında kayıp gözlenmiştir. Baysal, (2019) durultulmamış nar suyunun toplam monomerik antosiyanin miktarını siyanidin-3-glikozit cinsinden 286,32 mg/L nar suyu, durultulmamış nar suyundan açık atmosferde koyulaştırma ile elde nar ekşisinde 140,77 mg/kg nar ekşisi, durultulmamış nar suyundan vakum altında koyulaştırma ile elde nar ekşisinde 856,93 mg/kg nar ekşisi olarak bildirmiştir. Elde ettiği bu bulgulara göre, durultulmamış nar suyunda ısıl işlemin etkisi sonucu açık atmosferde koyulaştırma ile elde edilen nar ekşisinde toplam monomerik antosiyanin miktarında düşüş, vakum altında koyulaştırma ile elde edilen nar ekşisinin toplam monomerik antosiyanin miktarında ise artış meydana geldiğini rapor etmiştir.

Ozmotik distilasyonla (OD) üretilen NS-B OD ve NS-T OD örneklerinde ise kontrol örneklerine kıyasla ortalama %15±0,8 ve %16±0,2 oranlarında azalma meydana gelmiştir. OD ile üretilen nar ekşilerinde VE ile üretilenlere kıyasla nispeten daha yüksek oranda gözlenen antosiyanin kayıpları, antosiyaninlerin parçalanmasına neden olan bir diğer etken olan enzimatik aktivite ile ilişkilendirilmiştir. Oda sıcaklığında uygulanan OD prosesinde meyve suyunun yapısında doğal olarak bulunan polifenol

oksidaz (PPO) gibi oksidatif enzimler işlem süresi boyunca aktivite göstererek antosiyanin miktarında azalmaya neden olmuş olabilir. Glukozidaz (antosiyanaz) ve galaktozidaz gibi glikozidik enzimler de antosiyaninleri çok daha düşük stabiliteye sahip antosiyanidinlere parçalayarak OD sürecinde antosiyanin kaybını hızlandırmış olabilir. Diğer taraftan, VE ve OD ile üretilen nar ekşilerinin toplam monomerik antosiyanin miktarındaki bu farklılıklar renk değerlerindeki değişim istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (P>0,05) (Bölüm 4.4.2). Bir çalışmada, berrak nar sularından OD ve TE yöntemleri ile üretilen konsantrelerin toplam monomerik antosiyanin değerlerinin sırasıyla %6,8 ve %16 oranında azaldığı rapor edilmiştir (Onsekizoğlu, 2013). Benzer şekilde Galaverna vd. (2008) TE, ters ozmoz ve OD yöntemlerini kıyasladıkları çalışmalarında TE durumunda antosiyanin oranının yaklaşık %36 azaldığını, berraklaştırılmış portakal suyunun ters ozmozla 25-30 °Brikse kadar konsantrasyonundan sonra OD prosesi ile 60 °Brikse kadar konsantrasyonu ile antosiyanin kaybının %20 seviyelerine kadar düştüğünü rapor etmişlerdir. Cassano vd. (2011) berrak nar sularının OD ile konsantrasyonu sırasında antosiyanin miktarında %23 oranında bir azalma saptamıştır.



Şekil 4.8. Nar tanelerinden elde edilen nar ham suyuna (NS-T kontrol) uygulanan farklı koyulaştırma tekniklerinin toplam monomerik antosiyanin miktarına etkisi. OD: ozmotik distilasyon; VE: vakum evaporasyon; TE: termal evaporasyon



Şekil 4.9. Bütün meyveden elde edilen nar ham suyuna (NS-B kontrol) uygulanan farklı koyulaştırma tekniklerinin toplam monomerik antosiyanin miktarına etkisi. OD: ozmotik distilasyon; VE: vakum evaporasyon; TE: termal evaporasyon

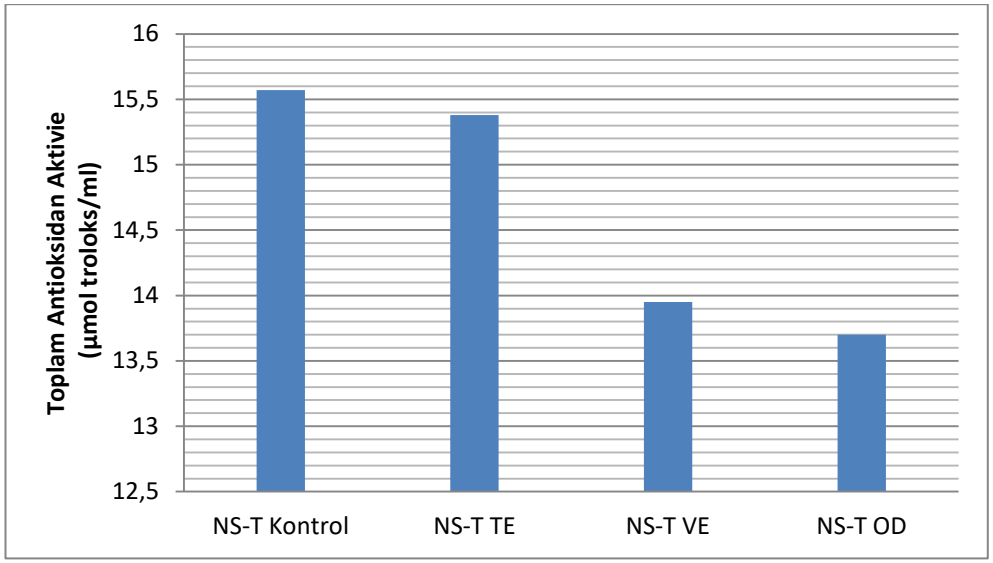
4.4.5. Toplam Antioksidan Aktivite Değerleri

Nar ekşilerinin toplam antioksidan aktivite değerleri Şekil 4.10 ve Şekil 4.11'de verilmektedir.

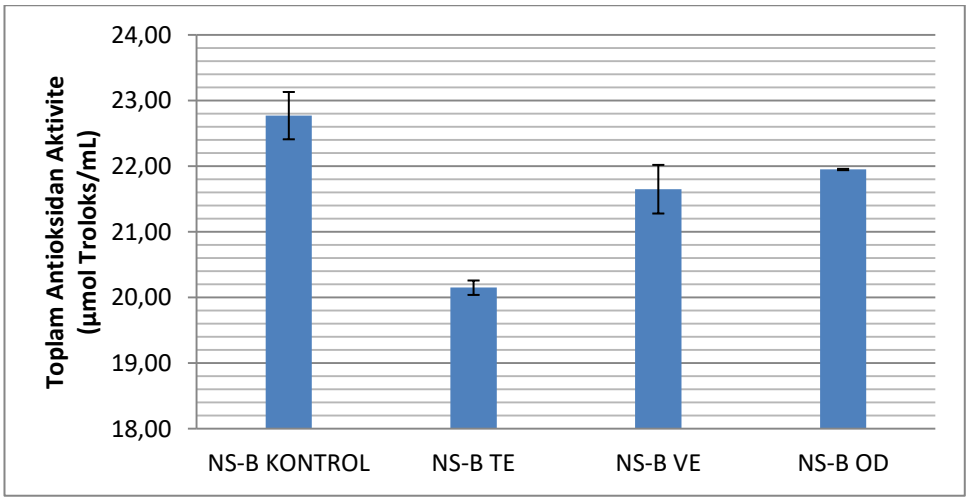
Bütün meyveden preslenerek elde edilen nar ham suyu (NS-B kontrol) ile tanelerinden preslenerek elde edilen nar ham suyu (NS-T kontrol) örneklerinin antioksidan aktivite değerleri sırasıyla 22,77±0,36 ve 15,57±0,33 μmol Troloks/mL olarak belirlenmiştir. Tespit edilen değerler, literatür verileri ile benzerlik göstermektedir (Cassano vd., 2011; Gil vd., 2000). Nar suyunun antioksidan aktivitesinin hidrolize olabilen fenoliklerden (ellajitanenler ve gallotanenler), ellajik asitten, antosiyaninlerden ve diğer flavonoidlerden (kuersetin, kamferol ve luteolin glikozitler) kaynaklandığı belirtilmektedir (Seeram vd., 2005). Glikolizasyon derecesinin fenolik bileşiklerin antioksidan özelliğini önemli ölçüde etkilediği bilinmekte ve yüksek moleküler ağırlıklı tanenlerin antioksidan kapasitesinin, peroksil radikallerinin söndürülmesinde, basit fenoliklere göre 15-30 kat daha etkili olduğu bildirilmektedir. Dolayısıyla, NS-B kontrol örneğinin antioksidan aktivitesi nar kabuğunda bulunan hidrolize olabilen tanenlerin bir kısmının meyve suyuna geçmesi nedeniyle tanelerden elde edilen nar ham suyuna göre daha yüksek çıkmıştır. Nar suyunun antioksidan aktivitesinin toplam fenolik madde miktarı ile ilişkili olduğuna yönelik birçok literatür verisi mevcuttur (Cerda vd., 2003; Tezcan vd., 2009). Örneğin Özkan (2009), ülkemizde yetiştirilen başlıca nar çeşitlerinden elde edilen nar ham sularının toplam fenolik madde miktarları ile antioksidan aktivite değerleri arasında iyi bir korelasyon olduğunu saptamıştır (r = 0,7479). Tzulker vd. (2007) de nar tanelerinden elde edilen nar suyunun antioksidan aktivitesi ile toplam fenolik madde içeriği arasında önemli bir ilişki olduğunu belirtmiştir.

Nar ekşisi üretiminde kullanılan farklı koyulaştırma tekniklerinin nar ham sularının antioksidan aktivitesi üzerine etkileri değerlendirildiğinde, genel olarak toplam fenolik madde miktarı sonuçları ile benzerlikler gözlenmiştir. Diğer bir deyişle, toplam fenolik madde miktarı yüksek olan nar sularının antioksidan aktivitelerinin de daha yüksek olduğu bulunmuştur. Örneğin, TE ile üretilen nar ekşilerinden NS-B TE örneğinin antioksidan aktivitesinde yaklaşık %12 düzeyinde bir azalma gözlenirken, NS-T TE örneğinde önemli bir değişiklik olmamıştır ($P > 0,05$). Orak (2009) geleneksel

TE ile üretilen nar ekşisinin antioksidan aktivitesini (%85,91), nar suyuna (%79,06) göre daha yüksek olarak tespit etmiştir. Taze sıkılmış nar suyu örneklerinin termik konsantrasyonu sırasında antioksidan aktivitedeki değişimin incelendiği bir çalışmada, ham nar suyunda 31,65±0,57 mM TEAC olarak belirlenen antioksidan aktivite değerinin termik konsantrasyon sonrasında %38,2 düzeyinde kayba uğradığı belirlenmiştir (Uzuner, 2008).



Şekil 4.10. Nar tanelerinden elde edilen nar ham suyuna (NS-T kontrol) uygulanan farklı koyulaştırma tekniklerinin toplam antioksidan aktiviteye etkisi. OD: ozmotik distilasyon; VE: vakum evaporasyon; TE: termal evaporasyon



Şekil 4.11. Bütün meyveden elde edilen nar ham suyuna (NS-B kontrol) uygulanan farklı koyulaştırma tekniklerinin toplam antioksidan aktiviteye etkisi. OD: ozmotik distilasyon; VE: vakum evaporasyon; TE: termal evaporasyon

VE ve OD yöntemleri ile üretilen nar ekşisi örneklerinde Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları, antioksidan aktivitede önemli bir değişim olmadığını göstermiştir (P>0,05). Baysal (2019) durultulmamış nar suyunda koyulaştırmanın antioksidan aktivite üzerine etkisini inceledikleri çalışmada, başlangıçta nar ham suyunda 35,88 μmol TEAC/g nar suyu olan antioksidan aktivitenin açık atmosferde koyulaştırma ile elde nar ekşisinde 29,80 μmol TEAC/g nar ekşisi; vakum altında koyulaştırma ile elde nar ekşisinde ise 114,42 μmol TEAC/g nar ekşisi düzeyine geldiğini rapor etmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen bulgular antioksidan aktivitede açık atmosferde koyulaştırma ile elde edilen nar ekşisinde azalma ve vakum altında koyulaştırma ile elde edilen nar ekşisinde artış meydana geldiğini göstermiştir.

Kujawa vd. (2015) elma ve pancar suyunun OD ile koyulaştırılmasından sonra antioksidan aktivitede önemli bir azalma gözlenmediği belirtilmiştir. Berrak bergamot suyu konsantresi üretiminde ultrafiltrasyon ve OD proseslerinin kullanıldığı bir çalışmada (Cassano, Conidi ve Drioli, 2013) üretilen konsantrenin antioksidan aktivite değerinin taze meyve suyuna yakın olduğu rapor edilmiştir. Bir başka çalışmada da kivi suyununun OD yöntemi ile konsantrasyonu sırasında toplam antioksidan aktivitenin tamamen korunduğu gözlemlenmiştir (Cassano & Driolli, 2007). Benzer şekilde, OD ile üretilen nar suyu konsantrelerinin antioksidan aktivitelerinin de berrak nar suyuna yakın değerlerde olduğu belirtilmiştir (Cassano vd., 2011).

4.5. Duyusal Analiz

Çizelge 4.3. Nar ekşisi örneklerinin duyusal analiz sonuçları

Örnek kodu	Renk	Görünüş	Tat	Koku	Kıvam	Aroma	Tüm İzlenim
165 (NS-T TE)	6,1	6,1	6,2	5,2	7,3	5,9	6,1
374 (NS-B TE)	6,1	6,1	6,3	5,3	7,3	5,8	6,2
846 (NS-T VE)	8,1	8,3	8,2	6,2	7,6	6,1	7,4
462 (NS-B VE)	8,2	8,2	8,1	6,6	8,0	6,3	7,6
135 (NS-T OD)	8,4	8,1	8,2	8,4	7,5	8,0	8,1
927 (NS-B OD)	8,5	8,3	8,1	8,5	7,4	8,1	8,2

*165 (NS-T TE), 374 (NS-B TE), 846 (NS-T VE), 462 (NS-B VE), 135 (NS-T OD), 927 (NS-B OD)
NS-B: Bütün meyveden elde edilen nar ham suyu; NS-T: Nar tanelerinden elde edilen nar ham suyu; OD: ozmotik distilasyon; VE: vakum evaporasyon; TE: termal evaporasyon

Nar ekşileri renk, görünüş, tat, koku, kıvam, aroma gibi kriterler açısından 'kategori skalası' ile duyusal değerlendirmeye alınmıştır. Panelistlerden, en çok beğenilen ürünlere 9, beğenilmeyen ürünlere 1 puan verilecek şekilde 1'den 9'a kadar puanlama yapılması istenmiştir (Bölüm 3.4; Çizelge 3.2). Her bir panelistin vermiş olduğu puanların ortalamaları Çizelge 4.3'te verilmektedir. Çizelgede görüldüğü üzere tanelerinden preslenerek elde edilen nar ham suyunun termal evaporasyon (TE) ile koyulaştırılmasıyla üretilen nar ekşisinin (NS-T TE) ve bütün meyvenin preslenmesi ile elde edilen nar ham suyunun TE ile koyulaştırılması sonucunda üretilen nar ekşisinin (NS-B TE) renk ve görünüş bakımından 6,1 puan ile en az ortalama puan aldığı görülmektedir. Renk analizleri sonuçlarında, geleneksel TE ile üretilen nar ekşilerinin a^* ve C^* değerlerinde azalma gözlemlenmiş, bunun sonucunda da kontrol örneklerine göre kırmızı renk yoğunluğunda azalma ve matlaşma olduğu belirlenmişti (Bölüm 4.4.2). Kırmızı renk yoğunluğunda meydana gelen azalma, tüketicinin de duyusal değerlendirmesine olumsuz olarak yansımıştır.

TE ile üretilen nar ekşilerinin tat, koku ve aroma bakımından da diğer ürünlere kıyasla daha düşük puan aldığı görülmektedir. Bu durumun temel nedeninin yüksek sıcaklıkların etkisiyle uçucu aroma maddelerinin buharlaşarak uzaklaşması

olduğu düşünülmektedir. Diğer taraftan, yine yüksek sıcaklıkta uzun süreli ısıl işlem uygulamalarında oluşan enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarında oluşan tat ve koku maddeleri de ürünün orijinal tat koku özelliklerinde değişime neden olmuş olabilir. Baysal (2019), açık atmosferde koyulaştırma ile nar ekşisi üretiminde hem bileşen kaybı açısından hem de yüksek HMF oluşumu nedeniyle TS 12720 Nar Ekşisi standardına uygun olmadığını belirterek bu üretim metodunun terk edilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Literatürdeki araştırmalarda elde edilen bulgulara bakıldığında temelde ısıl işlemin (açık kazanda pişirme, vakum altında pişirme) ve bileşim unsurlarının üretilen konsantrelerde HMF oluşumunu etkilediği anlaşılmaktadır (Vatansever 2018). Örneğin, Baysal (2019), durultulmamış nar suyunda koyulaştırmanın HMF miktarı üzerine etkisini incelediğinde, durultulmamış nar suyunda HMF miktarını ortalama 1,49 mg/kg nar suyu, durultulmamış nar suyundan açık atmosferde koyulaştırma ile elde nar ekşisinde 471,15 mg/ kg nar ekşisi, durultulmamış nar suyundan vakum altında koyulaştırma ile elde nar ekşisinde 7,22 mg/ kg nar ekşisi olarak rapor etmiştir. Onsekizoğlu (2013b) tarafından yapılan bir çalışmada, TE ile üretilen nar suyu konsantresinde 0,327mg/L düzeyinde HMF saptanırken, ozmotik distilasyon (OD) ve membran distilasyon+OD yöntemleriyle üretilen nar suyu konsantrelerinde HMF oluşumu tespit edilememiştir.

Vakum evaporasyon (VE) yöntemi ile üretilen nar ekşilerinin renk, görünüş ve tat karakteristiklerinde önemli bir fark görülmemekle beraber, koku, kıvam ve aroma bakımından panelistler tarafından NS-B VE örneğinin ortalama 6,6, 8,0 ve 6,3 puan alarak daha olumlu değerlendirildiği görülmektedir. Bir başka çalışmada ise durultulmamış nar suyundan vakum altında koyulaştırma ile elde edilmiş nar ekşisinin açık koyulaştırma ile elde edilmiş nar ekşisinden renk, görünüş, tat, koku ve kıvam gibi parametlerde ortalama puan olarak daha az seviyede olduğu belirtilmiştir (Eyigün, 2012).

Sonuç olarak duyusal analizde en çok beğenilen ürün ortalama 8,2 puan ile NS-B OD, en az beğenilen ürün ortalama 6,1 puan ile NS-T TE olmuştur. Yani bütün meyveden OD ile üretilen nar ekşisi "çok iyi" olarak değerlendirilirken tanelerinden preslenerek geleneksel TE ile üretilen nar ekşisi "iyinin altı ortanın üstü" olarak değerlendirilmiştir. Suyun oda sıcaklığında buharlaştırılarak ayrılmasına olanak sağlayan OD prosesi ile geleneksel TE süreçlerinde ve VE sırasında sıcaklık etkisiyle meydana gelen renk bozulmalarının, flavor ve aroma bileşenlerindeki kayıpların önüne geçilebilmektedir (Yılmaz, 2019). Panelistlerin duyusal değerlendirme sonucunda en çok beğendikleri NS-B OD örneğinin, tat ve aromaya katkısı olan fenolik madde yönünden de zengin olduğu görülmektedir (Şekil 4.7).

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, nar ekşisi üretiminde kullanılan geleneksel termal evaporasyon (TE) tekniklerine alternatif olarak ısıl olmayan ozmotik distilasyon (OD) membran yönteminin kullanım potansiyeli incelenmiştir. Türk mutfağında salata ve yemeklere çeşni vermek amacıyla yaygın olarak kullanılan nar ekşisi, geleneksel olarak nar suyunun açık bir kapta kaynatılarak buharlaştırılması ile elde edilmektedir. Ticari nar ekşisi üretiminde, geleneksel TE'de kullanılan yüksek sıcaklıklardan kaynaklı olumsuzlukların giderilebilmesi için çok aşamalı vakum evaporasyon (VE) yöntemi tercih edilmeye başlanmıştır. Ancak vakum altında gerçekleştirilen evaporasyonda da 60-70 ℃ sıcaklıklara gereksinim duyulmakta ve TE'ye kıyasla daha az olsa da sıcaklığın etkisine bağlı olarak önemli ölçüde kalite kayıpları meydana gelmektedir. Isıl işlem ile gerçekleştirilen uygulamalar, ısıya duyarlı biyoaktif bileşenlerin parçalanmasına neden olarak meyve suyunda duyusal ve besinsel kalitenin azalmasına neden olmaktadır. Uygulanan yüksek sıcaklıklar aroma profilini de geri dönüşümsüz bir değişime uğratarak arzu edilmeyen tat ve koku oluşumuna sebep olmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada, meyve sularının düşük sıcaklıklarda ve atmosferik basınç altında 60-70 ˚Briks ve hatta daha yüksek seviyelere konsantrasyonuna olanak sağlayan OD yönteminin geleneksel nar ekşisi üretimine alternatif olarak kullanım potansiyeli incelenmiştir. Sıcaklığa dayalı geleneksel üretim yöntemlerinde görülen olumsuzlukların giderilmesi ve tüketici beğenisi artırılmış nar ekşisinin üretimi hedeflenmiştir.

Çalışmanın ilk aşamasında bütün meyveden preslenerek elde edilen nar ham suyu (NS-B) ve tanelerinden preslenerek elde edilen nar ham suyu (NS-T) örneklerine sırasıyla TE, VE ve OD teknikleri uygulanmıştır.

Başlangıçta 17,1 °Briks değerine sahip NS-T ve NS-B kontrol örneklerinden yaklaşık 3 saatlik kaynatma işlemi sonunda kuru madde oranı sırasıyla 76 °Briks (NS-T TE) ve 72,1 °Briks (NS-B TE) değerine sahip nar ekşileri üretilmiştir. VE ile yaklaşık 70-80 dakikalık buharlaştırma işlemi sonucunda ise 77 °Briks (NS-T VE) ve 69,6 °Briks (NS-B VE) değerine sahip nar ekşisi elde edilmiştir. Laboratuvar ölçekli OD prosesi ile NS-T ve NS-B örneklerinin evaporasyonu yaklaşık 6 saat gerçekleşerek, işlem sonunda 71,1±0,1 ºBriks (NS-T OD) ve 70,7±0,1 ºBriks (NS-B OD) seviyelerinde nar ekşileri üretilmiştir.

NS-T'nin OD sırasında gözlemlenen başlangıç transmembran akı değeri 1,59 kg/m^{2}h olarak tespit edilirken NS-B'nin OD sırasında evaporasyon akı değeri işlemin başlangıcında 1,52 kg/m^{2}h olarak tespit edilmiştir. Bu durum, NS-B örneğinde fazla miktarda bulunan büyük molekül ağırlıklı parçacıkların yarattığı kirlenme (fouling) etkileri ile ilişkilendirilmiştir.

Çalışma süresince incelenen TE, VE ve OD yöntemi ile koyulaştırmanın pH ve titrasyon asitliği üzerine etkisi önemli bulunmamıştır.

Nar ekşilerinde toplam renk farklılığını ifade eden ΔE değerleri bazında bir kıyaslama yapıldığında, en büyük renk farklılığının TE ile üretilen örneklerde gözlemlendiği saptanmıştır. Geleneksel TE ile üretilen nar ekşilerinin *L** ve *b** değerlerinde bir farklılık gözlenmezken, *a** ve *C** değerlerinde azalma; h^o değerinde artış gözlenmiştir. Renk analizinde elde edilen bulgular, antosiyaninlerin parçalandığını ve esmer renkli pigmentlerin oluşması nedeniyle rengin sarı-kahverengine doğru değiştiğini göstermektedir. Nar tanelerinden VE ile üretilen nar ekşilerinin (NS-T VE) *L**, *a** ve *b** değerine etkisi Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre önemli bulunmamıştır. Suyun oda sıcaklığında buharlaştırılarak ayrılmasına olanak sağlayan OD ile üretilen nar ekşilerinin de (NS-T OD) renk değerlerinde bir değişim olmamıştır. Genel olarak, NS-B'den elde edilen nar ekşisi örneklerinin, NS-T'den elde edilenlere kıyasla daha düşük *L** ve *C** değerlerine sahip olduğu gözlenmiştir.

NS-B'nin toplam fenolik madde içeriği NS-T'ye kıyasla yaklaşık %22 oranında daha yüksek bulunmuştur. Fenolik madde içeriğinde gözlenen bu farklılık, presleme ile meyve suyuna geçen nar kabuğundaki fenolik maddelerden ileri gelmektedir. NS-B, herhangi bir ön işlem uygulanmadan doğrudan TE ile koyulaştırıldığında (NS-B TE) ise fenolik madde miktarında yaklaşık %26±0,16 oranında bir kayıp ortaya çıkmıştır. NS-T örneğinin TE ile konsantrasyonu sonucu üretilen nar ekşisinin (NS-T TE) toplam fenolik madde miktarında önemli bir değişiklik olmamıştır. Çalışma kapsamında VE'nin nar ekşisinin toplam fenolik madde içeriğine önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. VE'de olduğu gibi OD sistemi ile üretilen nar ekşisi örneklerinde de toplam fenolik madde içeriğinde belirgin bir azalma olmamıştır.

Hem bütün meyveden ve hem de taneden geleneksel TE ile üretilen nar ekşilerinde toplam monomerik antosiyanin değerlerinde %94±0,87-95±0,01 aralığında kayıplar meydana gelmiştir. Gözlemlenen bu yüksek oranlardaki düşüş antosiyaninlerin yüksek sıcaklıkta bozunması ile ilişkilendirilmiştir. VE ile üretilen NS-B VE ve NS-T VE örneklerinde toplam monomerik antosiyanin kayıplarının önemli ölçüde önüne geçilmiş ve sırasıyla yaklaşık %7±0,01 ve %8±0,41 oranlarında kayıp gözlenmiştir. OD ile üretilen NS-B OD ve NS-T OD örneklerinde ise kontrol örneklerine kıyasla ortalama %15±0,8 ve %16±0,2 oranlarında azalma meydana gelmiştir. OD ile üretilen nar ekşilerinde VE ile üretilenlere kıyasla nispeten daha yüksek oranda gözlenen antosiyanin kayıpları, antosiyaninlerin parçalanmasına neden olan bir diğer etken olan enzimatik aktivite ile ilişkilendirilmiştir. Diğer taraftan VE ve OD ile üretilen nar ekşilerinin toplam monomerik antosiyanin miktarındaki bu farklılıklara rağmen renk değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir değişim tespit edilmemiştir.

Örneklerin toplam antioksidan aktivite seviyelerine bakıldığında NS-B kontrol örneğinin NS-T kontrol örneğine göre daha fazla seviyede olduğu saptanmıştır. Bu durum, bütün meyvenin preslenmesi sırasında kabuklarından suya geçen punikalagin gibi yüksek molekül ağırlıklı fenolik bileşiklerin daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca TE yöntemi ile üretilen nar ekşilerinden NS-B TE örneğinin antioksidan aktivitesinde yaklaşık %12 düzeyinde bir azalma gözlenirken, NS-T TE örneğinde önemli bir değişiklik olmamıştır. Bu durum da, nar kabuğundan suya geçen yüksek molekül ağırlıklı fenolik bileşiklerin kaynatma işlemi sonucunda hidrolize olduğuna işaret etmektedir. VE ve OD yöntemleri ile üretilen nar

ekşisi örneklerinde Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları, yine toplam fenolik madde analiz sonuçlarına benzer şekilde, antioksidan aktivitede önemli bir değişim olmadığını göstermiştir.

Çalışmanın son aşamasında ise nar ekşisi örnekleri duyusal analize tabi tutulmuştur. NS-T TE örneğinin renk, görünüş ve aroma bakımından sırasıyla 6,1, 6,1 ve 5,9 puan ile en az ortalama puan aldığı görülmüştür. Bunu takiben ortalama en az puanı alan NS-B TE örneği olmuştur. VE yöntemi ile üretilen nar ekşilerinin renk, görünüş, tat ve koku karakteristiklerinde önemli bir fark görülmemekle beraber, kıvam ve aroma bakımından panelistler tarafından NS-B VE örneği ortalama 8,0 ve 6,3 puan alarak daha olumlu değerlendirildiği görülmektedir. OD yöntemi ile üretilen nar ekşisi örneklerinin duyusal analizinde önemli bir fark gözlenmemiştir. Sonuç olarak OD ile elde edilen nar ekşileri duyusal analizde ortalama 8,1 ve 8,2 puan ile "çok iyi" olarak değerlendirilen ürünler olmuştur. En az beğenilen ürün ise ortalama 6,1 puan ile NS-T TE olmuştur. Yani bütün meyveden ve tanelerinden ozmotik distilasyonla üretilen nar ekşileri "çok iyi" olarak değerlendirilirken, tanelerinden preslenerek geleneksel termal evaporasyon ile üretilen nar ekşisi "iyinin altı ortanın üstü" olarak değerlendirilmiştir.

Ülkemiz nar bazlı ürünlerin üretimi ve ihracatı bakımından oldukça büyük potansiyele sahiptir. Bu çalışmada, nar ekşisi üretiminde evaporasyon işlemi sırasında ozmotik distilasyon prosesinin kullanımı ile ilgili bilgi birikimi oluşturulması amaçlanmıştır. Nar ekşisi üretiminde, suyun oda sıcaklıklığında buharlaştırılarak ayrılmasına olanak sağlayan gelişmiş üretim tekniklerinin kullanılması, sıcaklığa dayalı geleneksel üretim yöntemlerinde görülen olumsuzlukların giderilmesini ve böylece tüketici beğenisi artırılmış nar ekşisinin gıda sanayine kazandırılmasını mümkün kılacaktır.

KAYNAKLAR

Acar, J. & Gökmen, V. (2005). Meyve ve Sebze Suları Üretimi. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Yayınları.

Aguiar, I. B., Miranda, N.G.M., Gomes, F.S., Santos, M.C.S., Freitas, D.G.C., Renata, V., & Cabral, L.M.C. (2012). ‘’Physicochemical and sensory properties of apple juice concentrated by reverse osmosis and osmotic evaporation’’, *Inn. Food Science and Emerging Technology, 16*, 137–142.

Akbaş, M. (2018). Ticari ters ozmoz membranlarının plazma teknolojisi ile yüzey modifikasyonu (Yüksek lisans tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).

Akpinar-Bayizit, A., Ozcan, T., & Yilmaz-Ersan, L. (2012). The therapeutic potential of pomegranate and its products for prevention of cancer. *W: AG Georgakilas (red.), Cancer prevention–from mechanisms to translational benefits*, 331-373.

Aksangür, İ. (2014). Ters osmoz sisteminden kaynaklanan konsantratın EDBM sistemi ile bertarafının ve optimizasyonunun araŞtırılması. Yüksek lisans tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa.

Akyıldız, A., Karaca, E., Ağçam, E., Dündar, B., & Çınkır, N. İ. (2020). Changes in quality attributes during production steps and frozen-storage of pomegranate juice concentrate. *Journal of Food Composition and Analysis*, *92*, 103548.

Al-Maiman A, & Ahmad D (2002). Changes in physical and chemical properties during pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit maturation. *Food Chemistry*. *76*: 437-441.

Altan, A., & Maskan, M. (2005). Rheological behavior of pomegranate (*Punica granatum* L.) juice and concentrate. *Journal of Texture studies*, *36*(1), 68-77.

Alves, V. D., & Coelhoso, I. M. (2007). Study of mass and heat transfer in the osmotic evaporation process using hollow fibre membrane contactors. *Journal of membrane science*, *289*(1-2), 249-257.

Anonim, (2001). TS 12720 / Nisan 2001. Nar Ekşisi.

Anonymous. (2001). Application note: Hunter L, a, b versus CIE 1976 L*, a*, b*. Hunter Associates: Laboratory Virginia, p. 4p.

Aviram, M., Dornfeld, L., Rosenblat, M., Volkova, N., Kaplan, M., Coleman, R., ... & Fuhrman, B. (2000). Pomegranate juice consumption reduces oxidative stress,

atherogenic modifications to LDL, and platelet aggregation: studies in humans and in atherosclerotic apolipoprotein E–deficient mice. *The American journal of clinical nutrition*, *71*(5), 1062-1076.

Aviram M, Rosenblat M, Gaitini D, Nitecki S, Hoffman A, Dornfeld L, Volkova N, Presser D, Attias J, Liker H. & Hayek T. (2004). Pomegranate juice consumption for 3 years by patients with carotid artery stenosis reduces common carotid intima-media thickness, blood pressure and LDL oxidation. *Clin Nutr*, *23*(3), 423–433.

Babu, B. R., Rastogi, N. K., & Raghavarao, K. S. M. S. (2006). Mass transfer in osmotic membrane distillation of phycocyanin colorant and sweet-lime juice. *Journal of Membrane Science*, *272*(1-2), 58-69.

Bagci, P. O., Akbas, M., Gulec, H. A., & Bagci, U. (2019). Coupling reverse osmosis and osmotic distillation for clarified pomegranate juice concentration: Use of plasma modified reverse osmosis membranes for improved performance. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *52*, 213-220.

Bagci, P. O., Kahvecioglu, H., Gulec, H. A., & Bagci, U. (2020). Pomegranate juice concentration through the consecutive application of a plasma modified reverse osmosis membrane and a membrane contactor. *Food and Bioproducts Processing*, *124*, 233-243.

Balasundram, N., Sundram, K., & Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food chemistry*, *99*(1), 191-203.

Baysal, Z. (2019). Nar ekşisi üretiminde durultma maddeleri dozajlarının kaliteye etkisi (Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü)

Bui, V. A., Nguyen, M. H., & Muller, J., (2004). "A laboratory study on glucose concentration by osmotic distillation in hollow fibre module'', *J. Food Engineering, 63*: 237-245.

Capuano, E., & Fogliano, V. (2011). Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural (HMF): A review on metabolism, toxicity, occurrence in food and mitigation strategies. *LWT-food science and technology*, *44*(4), 793-810.

Cassano, A., Conidi, C., & Drioli, E. (2013). A membrane-based process for the valorization of the bergamot juice. *Separation Science and Technology*, *48*(4), 537-546.

Cassano, A., Conidi, C., & Drioli, E. (2011). Clarification and concentration of pomegranate juice (Punica granatum L.) using membrane processes. Journal of Food Engineering, *107*(3-4), 366-373.

Cassano, A., Donato, L., & Drioli, E. (2007). Ultrafiltration of kiwifruit juice: operating parameters, juice quality and membrane fouling. *Journal of Food Engineering*, *79*(2), 613-621.

Cassano, A., & Drioli, E. (2007). Concentration Of Clarified Kiwifruit Juice By Osmotic Distillation. *Journal Of Food Engineering, 79*, 1397-1404.

Cassano, A., Drioli, E., Galaverna, G., Marchelli, R., Di Silvestro, G., & Cagnasso, P., (2003). ‘’Clarification & concentration of citrus and carrot juices by integrated membrane processes’’ , *J. Food Engineering, 57*: 153–163.

Cemeroğlu B. S. (2011). Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Cilt 1. Ankara: Kızılay

Cemeroğlu, B. (2007). Gıda analizlerinde genel yöntemler, Gıda Analizleri, Cemeroğlu, B. (ed.), s. 45-128, Bizim Büro Basımevi, Ankara.

Cemeroğlu, B., Yemenicioğlu, A., & Özkan, M. (2004). Meyve ve Sebzelerin Bileşimi. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Cilt I. Editörler: Cemeroğlu, B., Bizim Büro Basımevi, Ankara, s. 1-188.

Cerdá, B., Llorach, R., Cerón, J. J., Espín, J. C., & Tomás-Barberán, F. A. (2003). Evaluation of the bioavailability and metabolism in the rat of punicalagin, an antioxidant polyphenol from pomegranate juice. *European journal of nutrition*, *42*(1), 18-28.

Chaovanalikit, A., Mingmuang, A., Kitbunluewit, T., Choldumrongkool, N., Sondee, J., & Chupratum, S. (2012). Anthocyanin and total phenolics content of mangosteen and effect of processing on the quality of mangosteen products. *International Food Research Journal*, *19*(3), 1047.

Cissé, M., Vaillant, F., Bouquet, S., Pallet, D., Lutin, F., Reynes, M., & Dornier, M. (2011). Athermal concentration by osmotic evaporation of roselle extract, apple and grape juices and impact on quality. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *12*(3), 352-360.

Cisse, M., Vaillant, F., Perez, A., Dornier, M., & Reynes, M. (2005). The quality of orange juice processed by coupling crossflow microfiltration and osmotic evaporation. *International journal of food science & technology*, *40*(1), 105-116.

Conidi, C., & Cassano, A. (2015). Recovery of phenolic compounds from bergamot juice by nanofiltration membranes. *Desalination and Water Treatment*, *56*(13), 35103518.

Conidi, C., Cassano, A., & Drioli, E. (2011). A membrane-based study for the recovery of polyphenols from bergamot juice. *Journal of Membrane Science*, *375*(1-2), 182-190.

Courel, M., Dornier, M., Herry, J. M., Rios, G. M., & Reynes, M. (2000). Effect of operating conditions on water transport during the concentration of sucrose solutions by osmotic distillation. *Journal of Membrane Science*, *170*(2), 281-289.

Destani, F., Cassano, A., Fazio, A., Vincken, J. P., & Gabriele, B. (2013). Recovery and concentration of phenolic compounds in blood orange juice by membrane operations. *Journal of Food Engineering*, *117*(3), 263-271.

Eyigün, F.Ş. (2012). Hicaz nar çeşidine ait narlardan elde edilen nar ekşilerinin özeliiklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üni, Fen Bil. Ens, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 112 s.

Fadavi A, Barzegar M, Azizi MH, & Bayat M (2005). Note. Physicochemical composition of ten pomegranate cultivars (Punica granatum L.) grown in İran. *Food Science Technology International*. 11, 2: 113-119.

Fischer, U. A., Carle, R., & Kammerer, D. R. (2013). Thermal stability of anthocyanins and colourless phenolics in pomegranate (*Punica granatum* L.) juices and model solutions. *Food Chemistry*, *138*(2-3), 1800-1809.

Foss, S. R., Nakamura, C. V., Ueda-Nakamura, T., Cortez, D. A., Endo, E. H., & Dias Filho, B. P. (2014). Antifungal activity of pomegranate peel extract and isolated compound punicalagin against dermatophytes. *Annals of clinical microbiology and antimicrobials*, *13*(1), 1-6.

Fuleki, T. & Francis, F. (1968). Quantitative methods for anthocyanins. *J. Food Science, 33*, 72-77, 78-83.

Galaverna, G., Di Silvestro, G., Cassano, A., Sforza, S., Dossena, A., Drioli, E., & Marchelli, R. (2008). A new integrated membrane process for the production of

concentrated blood orange juice: Effect on bioactive compounds and antioxidant activity. *Food chemistry*, *106*(3), 1021-1030.

Gil, M. I., Tomás-Barberán, F. A., Hess-Pierce, B., Holcroft, D. M., & Kader, A. A. (2000). Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, *48*(10), 4581-4589.

Gostoli, C. (1999). Thermal Effects in Osmotic Distillation . *Journal Of Membrane Science, 163*, 75-91.

Gökmen, V., Artık, N., Acar, J., Kahraman, N., & Poyrazoğlu, E. (2001). Effects of various clarification treatments on patulin, phenolic compound and organic acid compositions of apple juice. *European food research and technology*, *213*(3), 194-199.

Gölükcü, M., Toker, R., Tokgöz, H. (2011). Hasat zamanının nar bileşimlerinin şeker ve organik asit üzerine etkisi. *Gıda 36*(6): 335-341.

Gurak, P. D., Cabral, L. M., Rocha-Leão, M. H. M., Matta, V. M., & Freitas, S. P. (2010). Quality evaluation of grape juice concentrated by reverse osmosis. *Journal of Food Engineering*, *96*(3), 421-426.

Güler, E. (2011). Farklı özellikte deniz sularından entegre ters ozmoz sistemi ile içme suyu eldesi. Yüksek lisans tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gebze.

Hoca, G. (2019). Bursa İlinde Tüketime Sunulan Nar Ekşisi ve Nar Ekşili Soslarda Sorbik Asit ve Benzoik Asit Miktarlarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, viii+57sayfa.

Hongvaleerat, C., Cabral, L. M., Dornier, M., Reynes, M., & Ningsanond, S. (2008). Concentration of pineapple juice by osmotic evaporation. *Journal of Food Engineering*, *88*(4), 548-552.

İncedayi, B., Tamer C.E., & Çopur Ö.U. (2010). A Research on the Composition of Pomegranate Molasses. *Journal of Agricultural Faculty of Uludag University, 24* (2), 37-47.

Jiao, B., Cassano, A., & Drioli, E. (2004). Recent advances on membrane processes for the concentration of fruit juices: a review. *Journal of food engineering*, *63*(3), 303-324.

Kahvecioğlu, H. (2019). Ters Ozmoz ve Ozmotik Distilasyon Yöntemleriyle Oda Sıcaklığında Nar Suyu Konsantresi Üretimi. Yüksek Lisans Tezi. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Edirne, 92 s.

Karadeniz, F., & Ekşi, A. (2002). Sugar composition of apple juices. *European Food Research and Technology*, *215*(2), 145-148.

Karakaya, Sibel; EL, Sedef Nehir. (2006). Total phenols and antioxidant activities of some herbal teas and in vitro bioavailability of black tea polyphenols.

Kaya, A., & Sözer, N. (2005). Rheological behaviour of sour pomegranate juice concentrates (Punica granatum L.). *International journal of food science & technology*, *40*(2), 223-227.

Kim, N.D., R. Mehta, W. Yu, I. Neeman, T. Livney and A. Amichay (2002). Chemopreventive and adjuvant therapeutic potential of pomegranate (*Punica granatum* L.) for humanbreast cancer. *Breast Cancer Res. and Treat*., *71* : 203-217.

Koçak, İ. (2007). Ters osmoz sistemi ile sudan borun uzaklaĢtırılması. Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.

Koyuncu, İ. & Şengür-Taşdemir, R. (2018). Konsantrasyon Polarizasyonu ve Tıkanma. Koyuncu, İ. (Ed), *Su/Atıksu Arıtılması ve Geri Kazanılmasında Membran Teknolojileri ve Uygulamaları içinde* (s. 135-180). İstanbul

Kujawa, J., Guillen-Burrieza, E., Arafat, H. A., Kurzawa, M., Wolan, A., & Kujawski, W. (2015).Raw juice concentration by osmotic membrane distillation process with hydrophobic polymeric membranes. *Food and Bioprocess Technology, 8*(10), 2146-2158.

Kujawski, W., Sobolewska, A., Jarzynka, K., Güell, C., Ferrando, M., & Warczok, J. (2013). Application of osmotic membrane distillation process in red grape juice concentration. *Journal of Food Engineering , 116*, 801–808.

Kujawski, W., Warczok, J., Gierszewska, M., & Güell, C. (2007). Application of osmotic membrane distillation for reconcentration of sugar solutions from osmotic dehydration. *Separation and Purification Technology, 57*, 425-429.

Küplülü, Özlem (2011). Süzme ballarda depolama sıcaklığının HMF ve diastaz aktivitesi üzerine etkisi.

Lansky EP, Jiang W, Mo H, Bravo L, Froom P, Yu W, Harris NM, Neeman I, Campbell MJ. (2005). Possible synergistic prostate cancer suppression by anatomically discrete pomegranate fractions. *Invest New Drugs 23*:11– 20.

Lansky EP. Newman RA. (2007). Punica granatum (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer. *J Ethnopharmacol 109*:177–206.

Li, Y., Guo, C., Yang, J., Wei, J., Xu, J., & Cheng, S. (2006). Evaluation of antioxidant properties of pomegranate peel extract in comparison with pomegranate pulp extract. *Food chemistry*, *96*(2), 254-260.

Markakis, P., & Jurd, L. (1974). Anthocyanins and their stability in foods. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, *4*(4), 437-456.

Martins, S., Mussatto, S. I., Martínez-Avila, G., Montañez-Saenz, J., Aguilar, C. N., & Teixeira, J. A. (2011). Bioactive phenolic compounds: production and extraction by solid-state fermentation. A review. *Biotechnology Advances*, *29*(3), 365-373.

Maskan, M. (2006). Production of pomegranate (Punica granatum L.) juice concentrate by various heating methods: colour degradation and kinetics. *Journal of Food Engineering*., *72*: 218–224.

Miller, N. J., Diplock, A. T. & Rice-Evans, C. A. (1995). Evaluation of the total antioxidative activity as a marker of the deterioration of apple juice on storage. *J. Agric. Food. Chemistry*, *43*(7), 1794-1801.

Nagaraj, N., Patil, G., Babu, B. R., Hebbar, U.H., Raghavarao, K.S.M.S., Nene, S. (2006). "Mass transfer in osmotic membrane distillation'', *J. Mem. Sci*., *268*: 48-56.
Onsekizoglu, P. (2013a). Euro Food Chem XVII, Istanbul, Turkey, Sözlü sunum. Mayıs 2013. "Approach for a Combined Application of Membrane Distillation-Osmotic Distillation Concept for Athermal Concentration of Fruit Juices".

Onsekizoğlu, P. (2013b). Production of high quality clarified pomegranate juice concentrate by membrane processes. *Journal of Membrane Science, 442*, 264-271.

Onsekizoglu P. (2012). Potential of membrane distillation for production of high quality fruit juice concentrate. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 55*(8), 1098-1113.

Onsekizoğlu, P. (2010a). Elma suyu üretiminde ozmotik destilasyon ve membran destilasyon uygulamalarının ürün kalitesine etkileri. Doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.

Onsekizoglu, P., Bahçeci, K. S., & Acar, J. (2010b). Clarification and concentration of apple juice using membrane processes: A comparative quality assessment. *Journal of Membrane Science*, *352*, 160-165.

Orak, H. H. (2009). Evaluation of antioxidant activity, colour and some nutritional characteristics of pomegranate (Punica granatum L.) juice and its sour concentrate processed by conventional evaporation. *International journal of food sciences and nutrition*, *60*(1), 1-11.

Özkan, M. (2009). Ülkemizde yetiştirilen başlıca nar çeşitlerinin bazı kimyasal nitelikleri. *Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Hızlandırılmış Proje Kesin Raporu*.

Rein, M. (2005). Copigmentation reactions and color stability of berry anthocyanins.

Rodrigues, R. B., Menezes, H. C., Cabral, L. M. C., Dornier, M., Rios, G. M., & Reynes, M. (2004). Evaluation of reverse osmosis and osmotic evaporation to concentrate camu–camu juice (Myrciaria dubia). *Journal of food engineering*, *63*(1), 97-102.

Seeram, N. P., Adams, L. S., Henning, S. M., Niu, Y., Zhang, Y., Nair, M. G., & Heber, D. (2005). In vitro antiproliferative, apoptotic and antioxidant activities of punicalagin, ellagic acid and a total pomegranate tannin extract are enhanced in combination with other polyphenols as found in pomegranate juice. *The Journal of nutritional biochemistry*, *16*(6), 360-367.

Singh, R. P., Chidambara Murthy, K. N., & Jayaprakasha, G. K. (2002). Studies on the antioxidant activity of pomegranate (Punica granatum) peel and seed extracts using in vitro models. *Journal of agricultural and food chemistry*, *50*(1), 81-86.

Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folinciocalteu reagent. Methods in Enzymology içinde (Cilt. 299, s. 152-178). New York: Academic Press.

Souza, A. L., Pagani, M. M., Dornier, M., Gomes, F. S., Tonon, R. V., & Cabral, L. M. (2013). Concentration of camu–camu juice by the coupling of reverse osmosis and osmotic evaporation processes. *Journal of Food Engineering*, *119*(1), 7-12.

Taşkın, G., (2014). Fruktoz Çözeltilerinin Ozmotik Distilasyon Yöntemi ile Hidrofobik Membranlar Kullanılarak Deriştirilmesi. Doktora Tezi, Kimya Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Tezcan, F., Gültekin-Özgüven, M., Diken, T., Özçelik, B., Erim, F.B. (2009). Antioxidant activity and total phenolic, organic acid and sugar content in commercial pomegranate juices. *Food Chemistry, 115*: 873-877.

Turfan, Ö. (2008). Nar suyu konsantresi üretim ve depolama sürecinde antosiyaninlerdeki değişmeler. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.

Türkyilmaz, M., (2013). Anthocyanin and organic acid profiles of pomegranate (Punica granatum L.) juices from registered varieties in Turkey. *Int. J. Food Sci. Technol. 48*, 2086–2095.

Tzulker, R., Glazer, I., Bar-Ilan, I., Holland, D., Aviram, M., Amir, R. (2007). Antioxidant activity, polyphenol content, and related compounds in different fruit juices and homogenates prepared from 29 different pomegranate accessions. *J.f Agricultural Food Chemistry, 55*: 9559-9570.

US FDA (US Food and Drug Administration) (2009). Exploratory data on furan in
food. https://www.fda.gov/Food/FoodborneIllnessContaminants/ChemicalContaminants/ucm2006786.htm. Accessed 3 Sept 2017

Uzuner, S. (2008). Changes in ellagic acid content and total antioxidant activity during different production methods and storage conditions of pomegranate juice.

Vaillanta, F., Cissea, M., Chaverrib, M., Perezb, A., Dorniera, M., Viquezb, F., Dhuique-Mayera, C. (2005). ‘’Clarification and concentration of melon juice using membrane processes’’, Inn. *Food Science and Emerging Technology*, *6*: 213– 220.

Vaillant, F., Jeanton, E., Dornier, M., O’Brien, G. M., Reynes, M., & Decloux, M. (2001). Concentration of passion fruit juice on an industrial pilot scale using osmotic evaporation. *Journal of Food Engineering*, *47*(3), 195-202.

Vardin, H., & Abbasoglu, M. (2004). Nar Ekşisi ve Narın Diğer Değerlendirme Olanakları.Geleneksel Gıdalar Sem. Kitabı. Yüzüncü Yıl Üniversitesi. Van. s:165-169.

Vatansever, A. (2018). Nar ve ürünlerinin fizikokimyasal ve biyokimyasal özelliklerinin belirlenmesi (Yüksek Lisans tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi).

Vranova, J., & Ciesarova, Z. (2009). Furan in food-a review. *Czech J Food Science 27*(1), 1-10.

Yıldırım, Aybeniz (2019). Antioxidant and anti-inflammatory activity of capitula, leaf and stem extracts of Tanacetum cilicicum (Boiss.) Grierson. *International Journal of Secondary Metabolite*, 6.2: 211-222.

Yılmaz, E. (2019). Brokolideki Biyoaktif Bileşenlerin Membran Prosesleri ile Kazanılması. Doktora tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uygulamalı Bilimler ve Teknoloji Anabilim Dalı, Edirne.

Zambra, C., Romeo, J., Pino, L., Saavedra, A., & Sanchez, J. (2015). Cranberry juice by osmotic distillation. *Journal of Food Engineering , 144*, 58-65.

Zaouay, F., Mena, P., Garcia-Viguera, C., Mars, M. (2012). Antioxidant activity and physico-chemical properties of Tunisian grown pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars. *Ind. Crops Prod*., *40*: 81–89.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Seda KAYNARCALIDAN

Medeni Hali : Bekar

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise : 2010-2014 Edirne Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi

Lisans : 2014-2018 Trakya Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü-Edirne

Yabancı Dil : İngilizce, Korece