



T.C.  
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**KÖPÜK KURUTMA YÖNTEMİYLE NAR  
SUYU TOZU ÜRETİMİNDE SAPONİNLERİN  
KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Rumeysa Nur KARA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Şubat-2021**

**KONYA**

**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Rumeysa Nur KARA tarafından hazırlanan “Köpük Kurutma Yöntemiyle Nar Suyu Tozu Üretiminde Saponinlerin Kullanılabilirliğinin Araştırılması” adlı tez çalışması 03/02/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

### İmza

#### Başkan

Doç. Dr. Derya ARSLAN DANACIOĞLU

.....

#### Danışman

Dr. Öğr. Üyesi İsmail TONTUL

.....

#### Üye

Dr. Öğr. Üyesi Kübra Sultan ÖZDEMİR BİLİCİ

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun ....../.../20.. gün ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. S. Savaş DURDURAN  
FBE Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## **DECLARATION PAGE**

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Rumeysa Nur KARA

2021

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

## KÖPÜK KURUTMA YÖNTEMİYLE NAR SUYU TOZU ÜRETİMİNDE SAPONİNLERİN KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

**Rumeysa Nur KARA**

**NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İsmail TONTUL**

**2021, 67 Sayfa**

**Jüri**

**Doç. Dr. Derya ARSLAN DANACIOĞLU  
Dr. Öğr. Üyesi Kübra Sultan ÖZDEMİR BİLİCİ  
Dr. Öğr. Üyesi İsmail TONTUL**

Bu çalışmada model gıda olarak seçilen nar suyunun köpük kurutulmasında saponince zengin ekstraktların kullanılabilirliği araştırılmıştır. Böylece doğrudan kurutma ile toz ürüne dönüştürülemeyen nar suyunun toz forma işlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla çalışma 3 aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada iki farklı saponince zengin ekstrakt (çöven ve at kestanesi) kullanılarak en uygun saponin konsantrasyonu ve çırpma süresi belirlenmiştir. Bu çalışmalar sonucunda çöven ekstraktının daha iyi köpürtme özelliklerine sahip olduğu ve en uygun konsantrasyonun %0.4 ve çırpma süresinin ise 3 dk olduğu tespit edilmiştir. İkinci aşamada her iki ekstrakt için en uygun stabilizasyon ajanı ve konsantrasyonu belirlenmiştir. Bu amaçla karboksimetil selüloz ve lesitin test edilmiştir. Stabilizasyon ajanı olarak lesitin kullanımının köpük yoğunluğunda daha fazla azalma, karboksimetil selüloz kullanımının ise daha düşük drenaj hacmi sağladığı gözlenmiştir. Bu nedenle en uygun stabilizatörün karboksimetil selüloz ve konsantrasyonunun ise %0.03 olduğu belirlenmiştir. Son aşamada ise en uygun şartlarda köpürtülmüş nar suyu iki farklı serme kalınlığı ve üç farklı sıcaklıkta kurutulmuştur. Elde edilen toz ürünlerin nem miktarı, su aktivitesi, renk, toplam fenolik madde miktarı, antioksidan aktivite, askorbik asit miktarı, toplam monomerik antosiyanin miktarı ve antosiyanin profili analiz edilmiştir. Serme kalınlığı analiz edilen parametrelere genel olarak etkide bulunmazken, kurutma sıcaklığı tüm parametreler üzerine önemli düzeyde etki göstermiştir. Yüksek sıcaklıkta kurutma daha düşük askorbik asit ve toplam monomerik antosiyanin miktarına neden olurken, daha yüksek antioksidan aktivite sağlamıştır. Bu nedenle nar suyunun köpük kurutulması için en uygun şartların %0,4 çöven ekstraktı, %0,3 karboksimetil selüloz, 3 dk çırpma süresi, 2 mm serme kalınlığı ve 70°C sıcaklık olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çöven, karboksimetil selüloz, köpük kurutma, köpük özellikleri nar suyu, saponin

## **ABSTRACT**

### **MS THESIS**

## **INVESTIGATION OF THE USABILITY OF SAPONINS IN POMEGRANATE JUICE POWDER PRODUCTION BY FOAM MAT DRYING**

**Rumeysa Nur KARA**

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF  
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
IN FOOD ENGINEERING**

**Advisor: Assist. Prof. Dr. İsmail TONTUL**

**2021, 67 Pages**

### **Jury**

**Assoc. Prof. Dr. Derya ARSLAN DANACIOĞLU  
Assist. Prof. Dr. Kübra Sultan ÖZDEMİR BİLİCİ  
Assist. Prof. Dr. İsmail TONTUL**

In this study, the usability of saponin-rich extracts was investigated in the foam mat drying of pomegranate juice selected as model food. Thus, pomegranate juice, which cannot be converted into powder product by drying, is aimed to be converted into powder product. To achieve this aim, the study was carried out in 3 stages. In the first stage, the most appropriate saponin concentration and whipping time were determined by using two different saponin-rich extracts (soapwort and horse chestnut). As a result of these studies, it was determined that the soapwort extract have better foaming properties and its optimum concentration was 0.4% and the whisk time is 3 minutes. In the second stage, the most appropriate stabilizing agent and concentration for both extracts were determined. For this purpose, carboxymethyl cellulose and lecithin were tested. It was observed that the use of lecithin as a stabilizing agent provides greater reduction in foam density, and the use of carboxymethyl cellulose provides a lower drainage volume. Therefore, the most suitable stabilizer is determined to be carboxymethyl cellulose at the concentration of 0.03%. In the final stage, pomegranate juice foams produced under the optimum conditions was dried in two different spreading thicknesses and three different temperatures. Moisture content, water activity, color, total phenolic content, antioxidant activity, ascorbic acid content, total monomeric anthocyanin content and anthocyanin profile were analyzed. While the spreading thickness did not generally affect the analyzed parameters, the drying temperature had significant effects on all parameters. Drying at higher temperatures caused lower ascorbic acid and total monomeric anthocyanin contents, while providing higher antioxidant activity. Therefore, the most suitable conditions for foam mat drying of the pomegranate juice were 2 mm spreading thickness and 70°C.

**Keywords:** carboxymethyl cellulose, foam mat drying, foaming properties, pomegranate juice, soapwort, saponin

## ÖNSÖZ

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgi, birikim ve tecrübelerini benimle paylaşan, kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle bana faydalı olabilmek için elinden geleni yapan kıymetli hocam Dr. Öğr. Üyesi İsmail TONTUL'a

Sorun yaşadığım noktalarda benden yardımlarını ve bilgilerini esirgemeyen Arş.Gör. Vildan EYİZ'e

HPLC ile antosiyanin profili belirlenmesinde desteklerinden ötürü Prof. Dr. Ayhan TOPUZ, Gıda Yük. Müh. Serenay AŞIK ve Gıda Yük. Müh. Tuğçe ATBAKAN KALKAN (Akdeniz Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü)'a

Çalışmalarım boyunca maddi manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan sevgili aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Rumeysa Nur KARA

KONYA-2021

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iv</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>v</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>vi</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI</b> .....	<b>3</b>
2.1 Nar.....	3
2.2. Kurutma .....	4
2.2.1. Doğal kurutma (güneşle kurutma) .....	5
2.2.2. Yapay kurutma.....	6
2.3. Kuruma Hızına Etki Eden Faktörler .....	8
2.4. Köpük Kurutma.....	9
2.4.1 Köpük üretme teknikleri .....	10
2.4.2. Köpürtme ajanları .....	11
2.4.3. Köpük stabilizatörleri.....	13
2.5. Saponinler .....	14
2.5.1. Kimyasal yapı .....	15
2.5.2. Saponinlerin teknolojik ve ticari özellikleri.....	16
2.5.3. Saponinlerin fonksiyonel özellikleri .....	17
2.5.4. Çöven .....	17
2.5.5. At Kestanesi .....	17
2.6. Meyve ve Sebzelerde Köpük Kurutma Üzerine Çalışmalar .....	18
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>24</b>
3.1. Materyal .....	24

3.2. Deneme Deseni .....	24
3.3. Saponince Zengin Ekstraktların Eldesi .....	25
3.4. Köpük Eldesi ve Analizleri .....	26
3.4.1. Köpük yoğunluğu.....	26
3.5. Köpük Kurutma.....	27
3.6. Analizler .....	27
3.6.1. Nem miktarı ve su aktivitesi .....	27
3.6.2. Renk .....	28
3.6.3. Toplam fenolik madde miktarı:.....	28
3.6.4. Antioksidan aktivite .....	28
3.6.5. Askorbik asit miktarı.....	29
3.6.6. Toplam monomerik antosiyanin tayini .....	30
3.6.7. HPLC ile antosiyanin profilinin belirlenmesi .....	30
3.7. İstatistiksel Analizler.....	30
<b>4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....</b>	<b>31</b>
4.1. Saponince Zengin Ekstraktların Köpük Oluşumu Üzerine Etkisi .....	31
4.2. Stabilizatör Çeşidi ve Konsantrasyonu Belirleme .....	34
4.3. Köpük Kurutma Sonuçları .....	37
4.3.1. Nem miktarı ve su aktivitesi .....	38
4.3.2. Renk .....	39
4.3.3. Toplam fenolik madde .....	41
4.3.4. Antioksidan aktivite .....	43
4.3.5. Askorbik asit .....	45
4.3.6. Toplam monomerik antosiyanin miktarı.....	46
4.3.7. Antosiyanin profili .....	47
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>50</b>
<b>6. KAYNAKLAR .....</b>	<b>53</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>67</b>



## SİMGELER VE KISALTMALAR

KMS:	Karboksimetil selüloz
LGB:	Lesitin
HPLC:	Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
BPI:	Bezelye proteini
SPI:	Soya proteini
PGA:	Propilen glikol aljinat
S3G:	Siyanidin-3-glikozit
S3,5G:	Siyanidin-3,5diglikozit
D3G:	Delfinidin-3-glikozit
D3,5G:	Delfinidin-3,5-diglikozit

## 1. GİRİŞ

Meyve ve sebzeler lif, vitaminler, mineraller ve fenolik maddeler gibi sağlık için faydalı özellikleri olan birçok maddenin diyetteki önemli kaynaklarından. Ancak taze sebze ve meyvelerin mevsimlik ürünler olması dolayısıyla ürünlere belirli dönemlerde ulaşılabilmesi ve raf ömürlerinin kısa olması gibi dezavantajları bulunmaktadır. Bu nedenle meyve ve sebzelerin daha uzun süre tazeliğini koruması, besin öğelerinin muhafazası, bozulmaların önüne geçilmesi ve üretim sezonu dışında ulaşılabilirliğini sağlamak için farklı muhafaza yöntemleri uygulanmaktadır. Kurutma bu amaçla uygulanan en eski yöntemlerden biridir. Kurutma işlemi meyve ve sebzelerde bulunan suyun belirli düzeye kadar düşürülmesi işlemidir. Suyun uzaklaştırılması ile mikrobiyal faaliyet engellenmekte, kimyasal ve enzimatik reaksiyonların kısıtlanması ile stabilite artırılmakta ve ürünün ağırlığı ve hacmi azaltılarak paketleme, depolama ve nakliye masrafları azaltılmaktadır. Kurutma işlemi yapılırken meyve ve sebzelerin tat ve besin değerlerinin korunması, işlemin hijyenik olması ve istenen su içeriğinin yeterli düzeye kadar azaltılması gibi kriterler göz önünde bulundurulmalıdır.

Kurutma işleminin verimli şekilde yapılabilmesi ve teknolojinin her geçen gün gelişmesiyle birlikte yeni kurutma teknikleri geliştirilmektedir. Bunlardan biri de köpük kurutma yöntemidir. Köpük kurutma daha düşük sıcaklıklarda daha yüksek kalitede ürün üretimine imkân vermekte ve bu sayede ürünlerin besin öğelerinde koruma sağlamaktadır. Uygulanabilirliğin kolay, maliyetin ucuz ve uygulama sürenin kısa olması gibi avantajlar nedeniyle köpük kurutmaya olan ilgiyi son yıllarda artış göstermiştir.

Saponinler bitkisel metabolitler olup, bitkilerin savunma mekanizmasında önemli rol oynayan glikozidik bileşiklerdir. Bu bileşiklerin bir kısmı sulu ortamlarda köpürme ve yüzey aktif özellik gösterdikleri için hem gıda sanayinde hem de eczacılık, kozmetik ve deterjan sanayiinde kullanılmaktadır. Bir kısmı toksik özelliğe sahip olmasına rağmen gıda olarak tüketilen soya fasulyesi, bezelye, ıspanak, çay tohumu, şeker pancarı, meyan kökü, çöven, at kestanesi ve ayçiçeği saponince zengin kaynaklar olarak bilinmektedir.

Nar, Lythraceae familyasının (kınağiller) *Punica* cinsine ait olan ticari ve kültürel değeri önemli olan bir meyvedir. Mineral, vitamin ve fenolik madde içeriği yüksek olup, aynı zamanda güçlü antioksidan aktiviteye sahip bir meyvedir. Nar suyu tüketiminin sağlığa olan faydaları, nar polifenollerinin biyoyararlılığı üzerine çalışmaların artmasını sağlamıştır. Önemli biyolojik etkilerin atfedilmesi nedeniyle de günümüzde daha popüler hale gelmiştir. Ülkemiz önemli bir nar üreticisi olup, üretilen ürün genellikle sofralık

olarak doğrudan ya da meyve suyu, konsantre, ekşi, şarap ve sirke gibi ürünlere işlendikten sonra tüketilmektedir. Nar suyu tozu genellikle püskürterek kurutma yoluyla üretilmekte ve farklı ürünlere renklendirici ve aroma verici özellikleri ile eklenmektedir. Nar suyu yüksek früktoz içeriği ile doğrudan kurutulamamaktadır. Kurutulabilmesi için içerisine yüksek konsantrasyonlarda yardımcı maddeler eklenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada ise köpük kurutma yöntemi ile yalnızca düşük konsantrasyonlarda köpürtme ve stabilizasyon ajanları eklenerek toza işlenmiştir.

Bu çalışmada nar suyunun kurutularak nar suyu tozuna dönüştürülmesi ve böylece rahatlıkla ulaşılabilen, dayanıklı ve kolay kullanılabilir bir ürün üretimi amaçlanmıştır. Nar suyunun köpürtülmesi amacıyla ilk defa saponince zengin ekstraktlar olan çöven ve at kestanesi ekstraktı kullanılmıştır. Öncelikle köpürtme ve stabilizasyon şartları optimize edilerek en uygun koşullara ulaşılmıştır. Daha sonra ise serme kalınlığı ve kurutma sıcaklığının fiziksel ve kimyasal özellikler üzerine etkisi belirlenmiştir.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1 Nar

Punicaceae familyasına ait olan nar (*Punica granatum*) genellikle tropik ve subtropik bölgelerde yetiştirilen çok yıllık bir bitkidir. Kökeni İran olup, Hindistan, Amerika, Yakındoğu ve Uzakdoğu ülkelerinde yaygın olarak üretilmektedir (Gasperotti ve ark., 2010; Mulabagal ve Calderón, 2012). İçerisinde birçok tanesi olan, etli tohumlardan oluşan ve kırmızıdan beyaza kadar farklı renklere ve tonlara sahip olan bir meyvedir. Tatları ekşi, mayhoş ve tatlı olabilmekte ve tada göre pazarlanmaktadır. Türkiye de nar yetiştiriciliğinin fazla olduğu ülkeler arasında bulunmakta ve nar üretimi her geçen yıl artmaktadır. (Mena ve ark., 2011; De Pascual ve ark., 2000). Türkiye’de nar, neredeyse her bölgede yetiştirilebilmesine rağmen yaygın olarak Ege ve Akdeniz Bölgesi’nin sahil illerinde ve Güney Doğu Anadolu Bölgesi’nde yetiştirilmektedir (Fischer ve ark., 2011).

Son yıllarda nar üretimi ve tüketimindeki artışa bağlı olarak, hammadde olarak farklı ürünlerin üretiminde de kullanılmaya başlanmıştır. Bu ürünler arasında nar suyu, şarabı, likörü, konsantresi, gazozu, şurubu, reçeli ve jölesi sayılabilir. Nar suyunun içeriğinde çözünür polifenoller, tanenler, ellajitanenler, antosiyaninler, kateşinler, gallik ve elajik asitler bulunmaktadır (Şahin, 2006). Bu sebeple de nar suyu çok güçlü antioksidatif özelliklere sahiptir (Narr ve ark., 1996; Cill ve ark., 2000). İnsan ve fare modellerinde yapılan çalışmalarda, nar suyunun önemli antiaterojenik, antioksidan, antihipertansif ve antienflamatuar etkiler gösterdiği gözlenmiştir. Ayrıca bakteriyel, fungal ve parazitik enfeksiyonlarda, periodontal hastalıklarda, gıda zehirlenmelerinde, ülser, diyare, dizanteri, hemoroid tedavisinde yararlı olduğu da bildirilmektedir (Cristofori ve ark., 2010; Romani ve ark., 2012). Nar suyunun antioksidan kapasitesinin, serbest radikal süpürme ve demir indirgeme kapasitesinin değerlendirilmesine dayanarak, kırmızı şarap ve yeşil çaydaki antioksidan kapasiteye göre üç kat daha fazla olduğu gösterilmiştir (Gill ve ark., 2000). Ayrıca üzüm, kızılcık, greyfurt veya portakal suyu gibi yaygın olarak tüketilen meyve sularına kıyasla önemli ölçüde daha yüksek antioksidan seviyelerine sahip olduğu gösterilmiştir. Nar suyunun antioksidan aktivitesinin %92’sinin ellajitanninlerden oluştuğu ve bu bileşenlerin meyvenin kabuğu ve zarlarında konsantre halde bulunduğu bildirilmektedir (Azadzoi ve ark., 2005; Rosenblat ve ark., 2006; Seeram ve ark., 2004).

## 2.2. Kurutma

Gıda ürünlerinin çeşitliliği mevsimlere dönemlere ve yıllara göre değişiklik göstermektedir. Bu ürünlerin her mevsim ulaşılabilirliğinin sağlanması ve talebi karşılayabilmesi için çeşitli yöntemlerle muhafazası gerekmektedir. Gıdaların muhafazası için ise çeşitli metotlardan faydalanılmaktadır. Bu metotlardan en çok uygulananlardan birisi kurutmadır. Ürünün kurumasını sağlayan ve değişik elemanlardan oluşan ünitelerin tamamına “kurutma sistemi” denilmektedir (Aktaş, 2007),

Kurutma, ısı ve kütle transferinin eşzamanlı olarak gerçekleştiği yoğun enerji gerektiren bir işlemdir (Ratti, 2001). Kurutma işlemi kimya ve gıda sanayi açısından önemli bir mühendislik konusudur. Kurutma işlemi ile su aktivitesi azaltılan gıda ürünlerinde, mikrobiyal ve enzimatik aktivite önemli düzeyde azalmaktadır. Bu sebeple gıdaların kurutulması, uzun süreli depolama gerektiren gıdalarda yaygın olarak tercih edilen bir yöntemdir (Kutlu ve ark., 2014). Bu yöntem sayesinde meyve ve sebzelerin hacimleri küçülmekte ve ağırlıkları azalmaktadır. Bununla birlikte ambalajlama, depolama ve nakliyat masrafları da düşmektedir. Kurutulmuş gıda üretiminde daha az işçilik, daha az ekipman kullanılması, gıdaların vitamin değerlerinin, görüntüsünün ve tadının uzun süre muhafaza edilebilmesi gibi nedenlerden dolayı kurutma en iyi yöntemlerdendir (Cemeroğlu, 2017a; Holdsworth, 1986).

Kurutma işlemi ve kurutucu seçiminde dikkate alınması gereken temel etkenler; uzun muhafaza süresine sahip ve kaliteli ürün elde edilebilmek, üretimde düşük enerji tüketimi sağlamak ve mümkün olabilecek en yüksek kuruma hızına ulaşmaktır. Sebze, meyve ve tahıl ürünleri gibi tarımsal ürünlerin kurutulmasında kontakt kurutma, konvektif kurutma, ışınım ile kurutma, dondurarak kurutma, ozmotik kurutma gibi kurutma yöntemleri kullanılmaktadır. Gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan kurutma sistemleri Çizelge 2.1’de kıyaslanmıştır.

Çizelge 2.1. Gıda kurutma metotlarının karşılaştırılması (Hardy ve Jideani, 2017)

Kurutma Metodu	Basitlik	Yüksek kalite	Hızlı kurutma	Hacimsel Isıtma	Maliyet
Güneş Kurutma	+				+
Mikrodalga Kurutma			+	+	
Dondurarak Kurutma		+		+	
Püskürterek Kurutma		+	+	+	
Köpük kurutma	+	+	+	+	+

Kurutulmuş sebze ve meyvelerin başlıca tüketim alanı gıda sanayidir. Bunlar hazır çorbaların, bebek mamalarının, hazır sos ve baharat karışımlarının temel malzemesini oluştururlar. Hazır çorba ve sos karışımları için çoğunlukla kurutulmuş sebzeler kullanılırken; meyve, kek ve puding karışımlarında kurutulmuş meyveler büyük ölçüde kullanılmaktadır (Holdsworth, 1986). Kadının ekonomik faaliyetlere daha büyük ölçüde katılması ve dolayısıyla yemek yapmak için ayırdığı zamanın azalması, kurutulmuş meyve sebzeler kullanılarak hazırlanan hazır yemeklerin tüketimini önemli ölçüde arttırmıştır (Bingöl, 1983). Ayrıca kurutulmuş meyveler aperatif ve atıştırmalık olarak da yaygın olarak tüketilmektedir.

Kurutma işlemi, muhafaza süresini uzatıp raf ömrünü arttırmasına rağmen meyvelerin renk, tat, doku başta olmak üzere askorbik asit, fenolik bileşikler ve karotenoidler gibi biyoaktif bileşiklerin stabilitesini ve gıdaların kalite özelliklerini olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Sagar ve Kumar, 2010; Kandasamy ve ark., 2012; Sonawane ve Arya, 2015). Bu istenmeyen faktörlerin engellenmesi ve biyoaktif bileşiklerin muhafaza edilmesi için alternatif kurutma yöntemleri geliştirilmiştir. Bu kurutma yöntemleri, iletim, taşınım, ışınım veya bunların kombinasyonları yoluyla ısı transferi sağlamaktadır (Brar, 2018).

### **2.2.1. Doğal kurutma (güneşle kurutma)**

Güneş enerjisinden yararlanılarak üründeki su oranının azaltılması için uygulanan yöntem "doğal (güneşte) kurutma" denir (Soysal 2004). Ürünün doğrudan güneş altına ya da gölge bir yere serilerek kurutulması işlemidir. Bu kurutma işlemi genellikle beton, toprak veya bez üzerine serilerek gerçekleştirilmektedir. Bilinen ve uygulanan en eski kurutma yöntemidir. Doğal bir enerji kaynağına bağlı olduğu için kurutma maliyetleri oldukça düşüktür. Ancak işlem mevsimsel şartlara bağlı olarak gerçekleşmekte, işçilik gerektirmekte, geniş kurutma alanlarına ihtiyaç duyulmakta ve uzun sürede gerçekleşmektedir (Abuşka, 2002). Ayrıca işlem sırasında ürün çevresel şartlara açık olduğu için böcek, kirlilik ve mikroorganizma bulaşma riskine açıktır. Bu olumsuzlukları azaltmak için çeşitli modifiye solar kurutucular geliştirilmiştir.

### **2.2.2. Yapay kurutma**

Kurutma işleminin kapalı alanlarda ve kontrol edilebilir şartlarda yapıldığı bu yöntemlere "yapay kurutma" denmektedir. Ürünün kurutma süresini azaltmak, kalitesini arttırmak ve ürünü güneşin zararlı etkilerinden korumak için geliştirilen kurutma yöntemlerini kapsamaktadır. Doğal kurutmaya kıyaslandığında kontrollü bir kurutma ortamı sağlandığı için görünüş açısından daha iyi ürün elde edilmekte ancak kurutma maliyetleri artmaktadır (Abuşka, 2002).

#### **2.2.2.1. Konvektif kurutma**

Konvektif kurutma sistemlerinde ısıtılan hava vasıtasıyla kurutma gerçekleştirilmektedir. Bu tip sistemlerde kurutulacak ürün tepsilere, arabalara ya da konveyörlere yüklenmekte ve bir fan aracılığıyla belirli hızda hareket ettirilen ısıtılmış hava ürün üzerinden geçirilmektedir. Sıcak hava etkisi ile ürüne buharlaşma entalpisi yüklenmekte ve buharlaşan su havaya yüklenerek kurutucudan atılmaktadır. Yatırım maliyetlerinin diğer sistemlere göre daha uygun olması ve endüstriyel ölçekli sistemlerin geliştirilmiş olması nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır (Tontul, 2017).

#### **2.2.2.2. Vakum kurutma**

Vakum kurutma atmosferik basıncın altındaki basınç değerlerinde ve bu nedenle suyun kaynama noktasının düşmesi nedeniyle daha düşük sıcaklıklarda gerçekleştirilmektedir. Özellikle ısıya hassas gıdaların kurutulmasında kullanılmaktadır.

#### **2.2.2.3. Akışkan yatak kurutma**

Akışkan yatak kurutma sisteminin prensibi, kurutulacak olan ürüne sistemin altından belli hızda sıcak hava üflenmesine dayanmaktadır. Bu amaçla ürünün havada kalabileceği hızda (terminal hız) sıcak hava kullanılmaktadır. Küçük parçalı ve granül şeklinde gıdalar için uygun bir yöntemdir. Bu tip kurutucularda, katı ürünün üzerinde akışkan bir etki oluşturmak için mekanik sallantılı ve yukarı akışlı sıcak hava kullanılmaktadır. Bu iki hareket sayesinde ısı transfer katsayısı yükselmekte ve homojen bir kurutma işlemi sağlanmaktadır (Morgan ve ark., 2006). Akışkan yatak kurutucularda

kurutma havası ve gıda arasında çok iyi temas sağlandığından ısı transferi de etkin şekilde gerçekleşmekte ve bu nedenle kurutma işlemi kısa zamanda tamamlanmaktadır (Güngör, 2006).

#### **2.2.2.4. Flaş kurutma**

Flaş kurutucular toz öğütücü ve silikon ayırıcı olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Kurutulması gereken tozu içinde barındıran hava yüksek hızla kurutucuya girerek kısa sürede malzemeyi kurutmaktadır. Kurutucuda merkezkaç kuvvetinin etkisiyle kuruyan toz nemli havadan ayrılmaktadır. Kurutma sırasında çok yüksek hava sıcaklıkları uygulandığından kurutma işlemi çok hızlı gerçekleşmektedir (Güngör ve Özbalta, 1997).

#### **2.2.2.5. Püskürtmeli kurutucular**

Püskürtmeli kurutucularda ürün, püskürtücü yardımıyla sıcak kurutma ortamına beslenmektedir. Özdeş büyüklükteki damlacıklar yüksek sıcaklık etkisi ile çok hızlı bir şekilde kurumakta ve işlem sonunda toz halde ürün elde edilmektedir. Kurutucuya sıcak hava, ürün ile paralel veya zıt yönde olmak üzere iki farklı şekilde verilebilmektedir. Çıkış havası ile hareket edebilen toz halindeki kuru ürün siklon seperatör ile ayrılmakta veya torba filtrelerde yakalanmaktadır (Topuz, 2002)

#### **2.2.2.6. Mikrodalga kurutma**

İletken olmayan malzemelerin ısıtılmasında kullanılan bir kurutma yöntemidir. Bu sebeple dielektrik kurutma formu olarak tanımlanabilmektedir. Mikrodalgaların (300 MHz-300GHz) etkisine bırakılan bir gıdada bulunan dipolar karakterli bileşenlerin (özellikle su) moleküler titreşime uğraması ve iyonik bileşenlerin birbirlerine çarpması sonucu içten dışa bir ısınma gerçekleşmektedir (Tontul, 2017). Gıdalarda bulunan su moleküllerinin titreşmesi ile homojen bir ısınma sağlanmaktadır. Enerji sadece ürüne aktarıldığı için enerji verimliliği oldukça yüksektir. Ancak kurutulacak ürünün homojen bir bileşime sahip olması gerekmekte ve sistemin giriş ve çıkışında mikrodalga kaçağını önleyici önlemler alınması gerekmektedir. Bu önlemler maliyetin artmasına sebep olduğu için sıklıkla tercih edilen bir yöntem değildir (Güngör ve Özbalta, 1997).



### 2.2.2.7. Dondurarak kurutma

Dondurarak kurutma işlemi; gıdanın dondurulmasını takiben, suyun üçlü noktasının altındaki şartlarda (0.01°C ve 0.006 atm) öncelikle serbest su uzaklaştırılması (süblimasyon), daha sonra ise bağlı suyun uzaklaştırılması (desorpsiyon) ile gerçekleştirilen bir işlemdir. Kurutulacak ürüne uygulanan ilk işlem, ürünün -20 ile -40 °C arasındaki sıcaklıklarda dondurulmasıdır. Bu işlemden sonra ürün kurutma kabine yerleştirilmekte ve kurutma kabini basıncı vakum pompası aracılığıyla düşürülmektedir. Bu şartlarda donmuş üründe bulunan buz süblimleştirilerek kurutma sağlanmaktadır. Liyofilizasyon olarak da adlandırılan dondurarak kurutma işlemi pahalı ve yavaş bir işlemdir. Ancak diğer kurutma tekniklerine göre daha kaliteli ürünlerin elde edilmesine imkan vermektedir (Kırmacı, 2008).

### 2.3. Kuruma Hızına Etki Eden Faktörler

Birim zamanda birim alandan buharlaşan su miktarı kurutma hızını belirlemektedir. Bu nedenle kuruma hızı, ısı ve kütle transferine etki eden faktörler tarafından kontrol edilmektedir. Bu faktörlerden bazıları sıcaklık, hava nemi, hava hızı, gıda kalınlığı, şekli ve yığın yüksekliğidir. Bu süreçte ayrıca başta su bağlama gücü olmak üzere ürünlerin kimyasal bileşimi de önem taşımaktadır (Van Arsdel ve Copley, 1964).

Yaş bir materyalin kuruması sırasında hem materyalin içinde hem de kurutma ortamının materyal yüzeyine değdiği sınır tabakada, sürekli olarak ısı ve kütle transferleri meydana gelmektedir. Bu transferlerin hızı genel olarak, kuruyan materyalin iç şartları ile materyalin dışındaki kurutma ortamına ait çeşitli şartlardan etkilenmektedir. Kuruma üzerinde etkili olan bu şartların etkinlik değerleri, kuruma evresine göre değişim göstermektedir (Yağcıoğlu, 1999).

Sabit kurutma şartlarında meyve ve sebzelerden suyun uzaklaşması üç temel aşamada gerçekleşmektedir. “Isınma periyodu”nda kurutma sıcaklığı altındaki sıcaklıklarda kurutucuya beslenen gıdanın, havanın ıslak termometre sıcaklığına kadar ısınması gerçekleşmekte ve bu sırada kuruma hızı belirli düzeyde artmaktadır. İkinci aşamada yüzeyde bulunan suyun uzaklaştırılmasına bağlı olarak birim zamanda uzaklaştırılan su miktarı sabit kalmaktadır. Bu aşamaya “sabit hızda kuruma periyodu” adı verilmektedir. Son aşamada ise yüzeye uzak olan suyun difüzyonu ile yüzeye ulaşması ya da gıdanın içinde buharlaşan suyun yapı içerisinde hareket ederek yüzeyden

uzaklaşması gerekmektedir. Dolayısıyla bu aşamada kurutma hızı difüzyon özelliklerine bağlı olarak gerçekleşmektedir. Bu aşama ise “azalan hızda kuruma periyodu” olarak tanımlanmaktadır (Cemeroglu 2017; Geankoplis 2003). Ürün sıcaklığı açısından değerlendirildiğinde sabit hızda kuruma periyodunda ürün sıcaklığı havanın ıslak termometre sıcaklığında sabit kalmakta, ancak azalan hızda kuruma periyodunda gittikçe ısınarak kurutma sonunda hava sıcaklığına ulaşmaktadır (Cemeroglu 2017; Geankoplis 2003). Sabit hızda kuruma periyodunda hava sıcaklığının düşük olmasına bağlı olarak ısıya hassas bileşenlerde kayıplar az düzeyde gerçekleşmektedir. Bu nedenle, sabit hızda kuruma periyodunu uzatacak uygulamaların kuru ürün kalitesini arttıracığı değerlendirilmektedir.

#### **2.4. Köpük Kurutma**

Gıdaların kurutma süresini kısaltmak ve kuru ürün kalitesini arttırmak için yeni sistemlerin tasarlandığı, mevcut sistemlerin iyileştirildiği ve proses kontrolü için matematiksel modellerin tanımlandığı çalışmalar önem kazanmıştır. Bu ihtiyaçlara karşılık vermek amacıyla tasarlanan yeni bir uygulama ise köpük kurutma yöntemidir. Bu yöntem sıvı, yarı sıvı ve sıvılaştırılmış katı gıdaların, köpürtme ajanı ve stabilizatör kullanılarak sabit köpüğe dönüştürülmesinden sonra ince tabaka halinde serilerek kurutulduğu bir işlemdir (Abbasi ve Azizpour, 2016; Venkatachalam ve ark., 2014; Rajkumar ve ark., 2007). Isı transferi, köpük sebebiyle büyük hacimli bir gaz tarafından engellenmiş olmasına rağmen, kurutma sırasında patlayan köpük tabakaları sonucu yeni sıvı-gaz ara yüzleri açığa çıkmakta ve kuruma yüksek hızda devam etmektedir (Sharada, 2013). Bu nedenle işlemin kurutma hızı diğer kurutma yöntemlerine kıyasla daha yüksektir. Ayrıca, köpük kurutma yönteminde kullanılan kurutma sıcaklığının, diğer kurutma yöntemlerine göre daha düşük olması, uzaklaşan uçucu bileşenlerin miktarının ve lezzet unsurlarındaki kaybın azalmasını sağlamaktadır. Bu sistemin en önemli avantajlarından bir diğeri de diğer kurutma yöntemleri ile doğrudan kurutulamayan ürünlerin kurutulmasına imkân vermesidir. Bu nedenle köpük kurutma her geçen gün önem arz eden bir kurutma sistemi olarak dikkati çekmektedir.

### **2.4.1 Köpük üretme teknikleri**

Stabil köpüğün oluşumu, köpürmekte olan malzemenin özelliklerine, köpürtme yöntemine ve köpürme için uygulanan koşulları içeren sayısız faktöre bağlıdır. Örneğin, köpürtme ajanı olarak protein kullanılması durumunda, proteinin kaynağı, sıcaklık, protein konsantrasyonu, karıştırma süresi, köpüklenme ekipmanı ve çalkalama yöntemi gibi işleme parametreleri etkili olabilmektedir (Brar, 2018). Üretilen köpük miktarı ve kalitesi ise köpürme tekniğinden etkilenmektedir. Köpük kurutma çalışmalarında yaygın olarak uygulanan üç farklı köpürtme tekniği bulunmaktadır.

#### **2.4.1.1. Çırpma veya çalkalama**

Çırpma işlemi, bilinen miktarda sıvıya yüksek miktarda hava eklenerek köpük oluşturmayı hedeflemektedir (Lomakina ve Mihaková, 2006). Bu işlem, karıştırıcılar ve homojenizatörler gibi cihazlar aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Çalkalama ile sıvı içinde bir miktar hava sıkıştırılmaktadır. Sıvı içine havanın dahil edilmesi ile büyük boyutta köpükler oluşurken çalkalamayla daha küçük yapıda ve daha homojen köpükler elde edilmektedir. Hava kabarcığının son büyüklüğü karıştırma hızına, ekipman tasarımına ve sıvının reolojik özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Çırpma ve çalkalama yöntemleri, gıda işleme sektöründe ve ideal köpük çalışmalarında yaygın olarak uygulanır (Dehghannya ve ark., 2018).

#### **2.4.1.2. Sallama**

Bu yöntemde köpük, sıvının kuvvetli bir şekilde çalkalanmasıyla üretilmektedir. Bu şekilde üretilen köpüğün hacmi, çalkalamanın şiddetine, sıklığına, kabın şekil ve büyüklüğüne, köpürtme ajanının sıcaklığına, cinsine ve konsantrasyonuna bağlıdır (Arzhavitina ve Steckel, 2010). Bu yöntem, çırpma ve köpürtmeye kıyasla daha yavaş gerçekleşmekte ve benzer koşullar altında çalkalama ile daha az miktarda köpük üretilmektedir. Bu nedenle gıda işleme endüstrilerinde nadir olarak kullanılan bir yöntemdir (Lomakina ve Míková, 2006).

### 2.4.1.3. Köpüklendirme

Bu yöntemde gaz, belirli miktarda sıvıya enjekte edilmektedir (Arzhavitina ve Steckel, 2010). Tek tip büyüklükteki kabarcıkların üretiminde bu yöntem kullanılmaktadır. Kabarcıkların boyutu, havanın enjekte edildiği açıklığın boyutunu ayarlayarak kontrol edilmektedir. Üretilen köpüğün hacmi, sıvı miktarına ve köpürtme ajanı miktarına göre değişmektedir (Mounir, 2017). Bu teknik, köpükteki hava kabarcığı boyutunun homojen olmasından dolayı bilimsel çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

### 2.4.2. Köpürtme ajanları

Köpürtme ajanı, yüzeyi arttırmak, yüzey gerilimini azaltmak ve malzeme kalitesini korumak amacıyla ilave edilmektedir. İyi köpürtme ajanları, köpüğü düşük konsantrasyonlarda düzgün ve hızlı bir şekilde stabilize edebilmek, çeşitli pH'larda etkin şekilde köpük sağlayabilmek ve yağ, lezzet verici maddeler ve alkol gibi köpük engelleyici maddelerin varlığında da etkin rol oynayabilmek gibi özelliklere sahip olmalıdır (Zayas, 1997). En yaygın kullanılan köpüklendirme maddeleri yumurta albümini, peynir altı suyu proteini, soya proteini ve jelatin gibi protein bazlı ajanlardır (Brar, 2018). Protein bazlı köpürtme ajanları hemen ara yüzeylerde adsorbe olmakta ve viskoelastik filmlerin oluşmasını sağlamaktadır (Zayas, 1997). Böylece yüzey gerilimi azalmakta ve stabil köpük elde edilmektedir (Dickinson, 1998). Ayrıca sıvının viskoz ve elastik özellikleri artmakta ve bu nedenle kararlı ve güçlü köpük oluşmaktadır (Yavuz ve ark., 2014). Özetle proteinlerin köpükler içindeki ana işlevi, yüzeyler arası gerilimi azaltmaktır. Ancak proteinlerin köpürtme özellikleri ortam pH'sı ve iyonik gücüne bağlıdır.

#### 2.4.2.1. Yumurta beyazı proteinleri (yumurta albümini)

Yumurta albümini, çok iyi köpürtme özelliklerine sahip doğal bir proteindir (Sangamithra, ve ark., 2015a). Köpürtme ve jelleşme özellikleri sayesinde özellikle fırıncılık endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. (Muthukumaran ve ark., 2008). Yumurta beyazı proteinleri diğer proteinlere kıyasla daha hızlı denatüre olmakta ve hava-sıvı yüzey gerilimini daha hızlı absorbe etmektedir (Venkatachalam ve ark., 2014). Bu

özelliği nedeniyle, oluşturulacak köpük için çırpma süresi, diğer ajanlara göre daha kısa sürmektedir. Ancak yumurta albümini sınırlı pH aralığında ve düşük iyonik güce sahip ortamlarda kullanılabilir (Hardy ve Jideani, 2017).

#### **2.4.2.2. Peyniraltı suyu proteini (PASP)**

PASP, peynir üretiminde yan ürün olarak elde edilmektedir (Tariq ve ark., 2013). PASP, iyi bir emülgatör ve beyazlatıcı madde olmasının yanında, jel ve köpük oluşturmadaki yüksek kabiliyeti sebebiyle gıda endüstrisinde sıklıkla kullanılmaktadır (Broch ve ark., 2014). Ayrıca kurutulmuş gıdalarda oksidasyon reaksiyonlarını da yavaşlatmaktadır. PASP aromatik bileşenleri bağlamada oldukça yüksek bir kapasiteye sahip olması nedeniyle hassas ve uçucu bileşenlere sahip meyve ve sebzeler için oldukça elverişlidir (Zhang ve ark., 2017). Suda çözünür ve yüzey hidrofobisiteye sahip olması ile de yüksek kalitede bir köpük oluşturma kabiliyetine sahiptir (Sangamithra ve ark., 2015a).

#### **2.4.2.3. Jelatin**

Jelatin, kolajen türevi bir protein olup hayvan derileri, kemikleri, tendonları ve bağ dokusundan elde edilmektedir (Calvarro ve ark., 2016). Stabil köpük ve jel üretme kabiliyetine sahip olması nedeniyle köpürtme ajanı olarak da kullanılmaktadır.

#### **2.4.2.4. Soya protein izolatı (SPI)**

Soya protein izolatı (SPI), protein içeriği minimum %90 olan oldukça saf bir proteindir (Nishinari ve ark., 2014). Soya protein izolatı, çözünürlük, su ve yağ bağlama, kıvam arttırma, köpürme ve jelleşme gibi birçok işlevsel özelliğe sahiptir (Liu, 2004). Bu özellikleri sayesinde meyve ve sebzelerin köpük kurutulması için bir köpürtme ajanı olarak kullanılmaktadır (Sangamithra ve ark., 2015a)

#### **2.4.2.5. Bezelye proteini**

Bezelye, zengin protein, vitamin, mineral, nişasta ve lif kaynağıdır. Bezelye protein izolatu emülsifikasyon, köpürme, jelleşme, su tutma kapasitesi ve yağ emme gibi birçok işlevsel özelliğe sahiptir (Johanna, 2013).

#### **2.4.3. Köpük stabilizatörleri**

Köpük kurutma yönteminin gıda işleme uygulanmasındaki en önemli zorluk köpüğün stabilitesini korumaktır. Bu sebeple köpüklerin stabilitesinin artması için içeriklerinde köpürtme ajanının yanı sıra stabilizatörlerin de kullanılması gerekmektedir. Kurutma sırasında köpüğün stabilitesinin bozulması ve sönmesi, daha düşük bir kurutma hızına neden olmakta ve böylece son ürün kalitesini düşürmektedir. Köpük stabilitesi ise, çözünebilir katı içeriği, köpürtme ajanının türü ve konsantrasyonu gibi çeşitli faktörlere göre değişmektedir (Karim ve Wai, 1999).

Köpük stabilizatörleri, köpük lamellasının arayüz viskozitesini artırarak etki göstermektedirler (Klitzing ve Müller, 2002). En yaygın kullanılan gıda stabilizatörleri, karboksimetil selüloz (KMS), ksantan zankı, Arap zankı ve propilen glikol aljinat (PGA)'dır.

##### **2.4.3.1. Karboksimetil selüloz (KMS) veya selüloz sakızı**

Karboksimetil selüloz, glikopiranoz monomerlerinden ve bunların karboksimetil gruplarına bağlı hidroksil gruplarından oluşan selüloz omurgasına sahip olan bir selüloz türevidir. KMS, stabil bir köpük oluşumu için mekanik ve termodinamik olarak ideal bir stabilizatör olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle, KMS gıda işleme endüstrilerinde en yaygın olarak kullanılan köpük stabilizatörlerinden birisidir (Sangamithra ve ark., 2015a).

##### **2.4.3.2. Ksantan sakızı**

Gıda katkı maddesi olarak kullanılan bir polisakkarittir. Bu zank, fermantasyon işlemi ile basit şekerlerden elde edilmektedir. Etkili bir stabilizatör ve jelleştirici madde olmasından dolayı gıda endüstrisinde sıvının viskozitesini artırmak amacıyla

kullanılmaktadır. Köpük stabilitesini sıvı ara yüzey viskozitesini arttırarak etki göstermektedir.

#### **2.4.3.3. Arap zankı**

Arap zankı, akasya ağaçlarının doğal bir sızıntısı olan oldukça heterojen bir yapıya ve yüksek molekül ağırlığına sahip bir polisakkarittir (Karamallah, 2000). Arap zankı, lokum, puding ve çeşitli içeceklerin üretiminde köpük sabitleyici olarak kullanılmaktadır. Ayrıca çeşitli aroma ve yağların stabilize edilmesi amacıyla da kullanılmaktadır (Phillips ve ark., 1997; Sljivo ve ark., 1997; Randall ve ark., 1989; Ray ve ark., 1995).

#### **2.4.3.4. Lesitin**

Lesitin, birbiriyle karışmayan veya karışması zor olan maddelerin karışmasını sağlayan bir ajandır (Boran, 2016). Gıda endüstrisinde bir emülgatör, bağlayıcı, viskozite azaltıcı olarak kullanılmaktadır (Rossi, 2007). Gıda endüstrisinde kullanım için “genel olarak güvenli” (GRAS) statüsünde bulunmaktadır (Schneider ve Virmani, 2001). Ara yüzey stabilize edici etkilerinden ötürü köpük stabilizatörü olarak kullanılmaktadır.

### **2.5. Saponinler**

Saponinler çoğunlukla bitkilerde bulunan sekonder metabolitler olup yüzey aktif özellik göstermektedir. Soya fasulyesi, bezelye, ıspanak, çay tohumu, şeker pancarı, meyan kökü, çöven, at kestanesi ve ayçiçeğinde oldukça fazla miktarda saponin bulunabilmektedir. Saponin ismi bu moleküllerin sulu çözeltiler içerisinde sabun benzeri kararlı köpükler oluşturmamasından gelmektedir (Decroo ve ark., 2017). Birçok bitki türünün gelişme ve büyüme evresinde sentezlenen saponinler, bitkinin savunma sistemini destekleyici ve hayatta kalmasını sağlayıcı etki göstermektedir. Sahip oldukları kuvvetli antimikrobiyal aktiviteleri ile bitkiyi, otçul böceklerin ve mikroorganizmaların zararlı etkilerinden korumakta ve bitkilerin uzun süre hayatta kalmasını sağlamaktadırlar (Poslu 2006). Saponinler yüzyıllardır bitkilerden elde edildiği biliniyor olsa da aynı zamanda deniz canlılarından da izole edilmektedir (Hostettmann ve Marston 1995). Şeker birimlerine yalnızca bir karbon atomunun bağlandığı saponin molekülleri

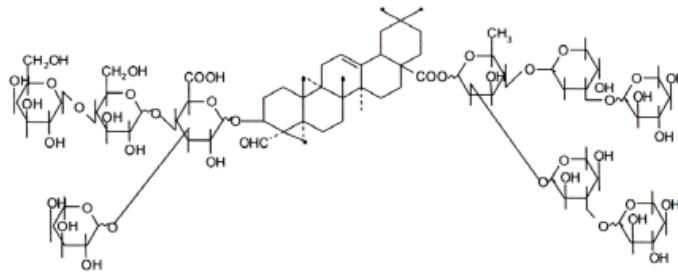
monodesmozidik olarak isimlendirilirken, şeker birimlerinin iki farklı pozisyonda bağlandığı moleküller ise bidesmozidik olarak isimlendirilmektedir (Kşen, 2008).

Dünyada ticari olarak bulunan saponinler genellikle *Yucca schidigera* ve *Quillaja saponaria* bitkilerinden elde edilmektedir. Bu saponinler, eczacılıkta, tıpta, yangın söndürücülerde, kozmetik alanında, temizlik maddelerinde ve gıda sanayinde kullanılmaktadır (Poslu 2006).

Saponin ihtiva eden ürünlerden ekstraksiyon yoluyla saponinin en verimli şekilde ayrılması için optimum ekstraksiyon süresi 8 saat olarak belirlenmiştir. Ekstraksiyon süresi uzadıkça ve parçacık boyutu azaldıkça ekstrakta geçen toplam saponin miktarının da arttığı gözlenmiştir (Battal, 2002).

### 2.5.1. Kimyasal yapı

Saponinler bir veya daha fazla yan zincire ve bir çekirdeğe sahip, suda çözünebilen karbonhidratlardan oluşan organik bileşiklerdir (Cheeke, 2001). Saponin molekülleri düz veya dallanmış oligosakkaritlerden oluşan glikan kısım ve hidrofobik aglikan (sapogenin) kısımlarından oluşmaktadır (Oleszek, 2002). Bu aglikona glikozidik olarak bağlanmış glukoz, galaktoz, glukuronik asit, ksiloz veya ramnoz gibi şeker birimleri bulunmaktadır (Sparg et al., 2004).



Şekil 2.1. Saponinlerin kimyasal yapısı (Çağlayanlar, 2006)

Saponinler; triterpenik ve steroidal saponinler olarak başlıca iki grup altında sınıflandırılır. Genel olarak, triterpenik saponinlerdeki aglikon kısım beş halkadan meydana gelirken, steroidal saponinlerde aglikon kısım altı halkadan meydana gelmektedir (Poslu 2006).



### 2.5.2. Saponinlerin teknolojik ve ticari özellikleri

Saponinler, amfifilik karaktere sahip olmaları dolayısıyla hidrofilik ve lipofilik bölgelere sahiptir. Bu nedenle yüzey aktif özelliklere sahip olan saponinler arayüzeylerin stabilizasyonu amacıyla kullanılabilir. Bu nedenle saponinler köpük ve emülsiyon oluşturma amacıyla kullanılabilir.

Saponinlerin köpük gücü ve stabilitesine yönelik yapılan çalışmalar saponinlerin hava/su ara yüzeyindeki yüksek viskoelastisitesinin oldukça etkili bir köpürme ve yüksek stabilite sağladığı gözlenmiştir. Çay tohumu saponinleri ile farklı sentetik sürfaktan karışımlarının köpük özellikleri üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada saponinler ile setiltrimetilamonyum bromid veya sodyum dodesil sülfat arasında sinerjistik etki olduğu rapor edilmiştir (Jian ve ark., 2011).

Çay tohumundan elde edilen saponinlerin köpük oluşturma yeteneğinin sentetik sürfaktanlar ile karşılaştırıldığı bir çalışmada köpürtme gücünün, sodyum lauril sülfatın %37,1'i, Tween 80'in ise %51,3'ü kadar olduğu belirlenmiştir (Chen ve ark., 2010). Mate saponinlerinin köpük gücünün, polisorbitat 80 ve sodyum dodesil sülfata (SDS) kıyasla daha iyi olduğu bildirilmiştir (Treter ve ark., 2010).

Do Canto ve ark., (2010) beş farklı elektrolitin (0.024M) mate saponin köpüğü üzerine etkilerini incelemiş ve MgCl<sub>2</sub> dışında köpürtme gücünün değişmediğini rapor etmişlerdir. Ancak tüm elektrolit çözeltilerinde 1 saat sonunda köpük yüksekliğinde önemli azalmalar meydana gelmiştir.

Farklı botanik kaynaklardan farklı saponin ekstralarının köpük özelliklerini karşılaştıran yalnızca bir çalışma bulunmuştur. Böttcher ve Drusch (2016) tarafından gerçekleştirilen bu çalışmada altı farklı saponin ekstresinin köpük özelliklerini karşılaştırmıştır. Çalışma sonucunda bidesmosidik (iki şeker zinciri içeren) saponinler içeren iki ekstrakt (*Quillaja saponaria* Molina ve çöven) ile birlikte, monodesmosidik (tek şeker zinciri içeren) saponinler içeren iki ekstraktın (çay tohumu ve at kestanesi) stabil köpük oluşturduğu rapor edilmiştir. Araştırmacılar saponinlerin hava/su arayüzeyindeki yüksek viskoelastisitesinin oldukça yüksek bir köpürme ve stabiliteye yol açtığını bildirmişlerdir. Öte yandan, meyan kökünden elde edilen glisirizin ile oluşturulan köpüklerin daha az stabil olduğu belirlenmiştir. Bu durumun glisirizinin daha az miktarda şeker içermesinden kaynaklandığı düşünülmüştür.

### 2.5.3. Saponinlerin fonksiyonel özellikleri

Yapılan bilimsel çalışmalar ile saponinlerin sağlık üzerine birçok faydalı etkisinin olduğu belirlenmiştir. Bu biyolojik etkilerin önemli bir kısmı saponinlerin hücre membranlarında por oluşturma yetenekleri ile ilişkilendirilmektedir (Küçük Kurt ve Fidan 2008). Saponinlerin hemolitik aktivite, anti-hiperkolestrolemik aktivite, yangı önleyici ve antialerjik aktivite, sitotoksik ve antitümör aktivite, antidiyabetik aktivite gibi birçok fonksiyonel özelliğe sahip olduğu bildirilmiş ve bu konuda gerçekleştirilen çalışmalar farklı makalelerde derlenmiştir (Barbosa 2014, Lacaille-Dubois ve Wagner 1996).

### 2.5.4. Çöven

Çöven otu (*Gypsophila bicolor*) ülkemizde Doğu Anadolu, Batı Anadolu ve Orta Anadolu bölgelerinde yetişmektedir. Çövenden elde edilen ekstraktlar ülkemizde helva ve lokum yapımında köpürtme ajanı ve ağartıcı olarak kullanılmaktadır.

Battal (2002), ülkemizin farklı bölgelerinden tedarik ettiği 5 farklı çöven çeşidinin kimyasal özelliklerinin yanında, çeşit, öğütme iriliği ve ekstraksiyon süresi gibi bazı parametrelerin, ekstrakt kalitesi ve verimi üzerine etkilerini incelemiştir. Saponin miktarı açısından en yüksek değeri Van yöresinden alınan çöven veririrken, en düşük değer ise Konya yöresine ait örnekte belirlenmiştir. Çöven bitkisinin kökünde %2-21 düzeyinde saponin bulunmaktadır (Baylan, 1990; Battal, 2002). Bitkinin doku tipi, fizyolojik durumu, yaşı ve mevcut çevresel faktörlerin, saponin içeriğini ve kompozisyonunu etkilediği bildirilmektedir (Haralampidis ve ark., 2002). Oakenfull (1981) tarafından gerçekleştirilen çalışma, çövenden elde edilen saponinlerin işleme (ekstraksiyon, konsantre etme vb.) sırasında stabil kaldığını göstermiştir.

### 2.5.5. At Kestanesi

At kestanesi (*Aesculus hippocastanum*) yetiştiği coğrafya ve iklim şartlarına bağlı olarak çok sayıda kimyasal madde içermektedir. At kestanesi meyveleri (tohumları); şekerler, nişasta, sabit yağ, flavon türevleri ve glikozitler (aesculin, esculin) ve triterpenoid saponinler (aescin, escin) içermektedir (Pittler ve Ernst, 1998).

At kestanesinin etken maddesi, triterpenik bir saponizit karışımı olan 'aescin' maddesidir. Yapılan analizlere göre aescin içerisinde nişasta, protein, yağlar, şeker,

saponinler, tanenler ve acı maddelerin bulunduğu gözlenmiştir (Akbel, 2010). At kestanesi ekstraktı, anti-ödemik, astrenjan ve dekonjestif etki göstermesi sebebiyle dermatoloji alanında büyük ölçüde kullanılmaktadır (Proserpio, 1980).

## 2.6. Meyve ve Sebzelerde Köpük Kurutma Üzerine Çalışmalar

Literatüre göre farklı meyveler üzerine gerçekleştirilmiş köpük kurutma çalışmalarında uygulanan şartlar Çizelge 2.2’de özetlenmiştir. Gıdaların köpük kurutması çoğunlukla tercih edilen sıcaklık 50-80°C’dir. Bu derecelerde kurutulmuş elde edilen ürünün kalitesi bozulmadan kalmaktadır (Febrianto ve ark., 2012).

Çizelge 2.2. Farklı meyvelerde uygulanan köpük kurutma parametreleri

Gıda Ürünü	Köpürtme ajanı / stabilizatörü	Köpürtme işlemi ve koşulları	Kurutma işlemi ve koşulları	Kaynak
Alphonso mango püresi	Yumurta albümini, metil selüloz	-	Sürekli tip kurutucuda 60°C’de kurutma	Rajkumar ve ark., 2007
Elma suyu	Metil selüloz, yumurta beyazı	-	Dondurarak kurutma	Raharitsıfa ve Ratti, 2010
Muz	Soya proteini	12 dk çırpıma	1mm kalınlıkta yayılmış ve hava kurutucuda 45-90 dk süresince kurutma	Sankat ve Castaigne, 2004
Mango	Süt.	Blender ile 3 dk çırpma	65, 75 ve 85°C’de kurutma	Kadam ve ark., 2010
Mandalina	Karboksümetil selüloz, Süt, Yumurta beyazı	3-5 dk çırpma.	Tepsi kurutucularda 65, 75 ve 85°C’de, sırası ile 330, 300 ve 180 dk süresince kurutma	Kadam ve ark., 2011
Vişne	Yumurta beyazı, Metil selüloz	-	50, 65 ve 80°C’de, 70-200 dk süresince kurutma	Abbasi ve Azizpour, 2016
Yacon meyvesi suyu ve konsantresi	Yumurta albümin	Mikserle yüksek hızda 20 dk çırpma	50, 60 ve 70°C’de kurutma	Franco ve ark., 2016
Kavun	Karboksümetil selüloz (%0.54) Soya protein izolatu (%8.71)	5dk ve 7dk çırpma	70°C’de kurutma	Sangamithra ve ark., 2015b
Şeftali	Soya proteini Bezelye proteini	-	3, 5, 7 mm kalınlıkla yayılmış ve 65, 70 ve 75 °C’de kurutma	Brar, 2018
Papaya	Gliserol Monostearat (%3)	20 dk çırpma	4 mm kalınlığında 60 °C’de kurutma	Kandasamy ve ark., 2012

Brar (2018), yaptığı bir çalışmada şeftali püresini köpük kurutma işlemine tabi tutmuştur. Köpürtme ajanlarının (soya ve bezelye proteinleri %0,5, %1 ve %1,5) konsantrasyonu, kurutma sıcaklıkları (65, 70 ve 75 °C) ve köpük kalınlığının (3, 5 ve 7 mm) son ürün üzerine etkileri belirlenmiştir. Şeftali püresine köpürtme ajanı olarak

bezelye protein izolatu veya soya protein izolatu, stabilizasyon sağlamak için ise karboksimetil selüloz ilave edilmiştir. Soya protein izolatu içeren karışımın köpük yoğunluğu bezelye proteinine kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Bezelye protein izolatının %1,5 konsantrasyonda minimum köpük yoğunluğu sağladığı gözlenmiştir. Soya proteininin, şeftali püresi içinde daha az dağılabilmesi sebebiyle düşük hava-sıvı yüzeyi oluşturduğu ve bu sebeple daha düşük köpüklenmenin meydana geldiği düşünülmüştür (Thuwapanichayanan ve ark., 2012). Bu çalışmanın sonunda ayrıca kurutma havası sıcaklığının ve köpürtme ajanı konsantrasyonunun artması ile kurutma süresinde azalma gözlenmiş, ancak toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivite üzerinde kayda değer bir etki belirlenmemiştir. Daha yüksek sıcaklıklar kuruma süresinin azalmasını sağlamış ve bu sayede besin değerlerinin daha iyi korunduğu düşünülmüştür (Brar, 2018).

Mango, kavun ve papaya ile ilgili çalışmalarda da benzer eğilimler gözlenmiştir. Alfonso mango köpürtülmesinde, soya proteini konsantrasyonunda %0.25'ten %1.5'e artırılması ile, köpük yoğunluğunda  $0.96 \text{ g/cm}^3$ 'den  $0.54 \text{ g/cm}^3$ 'e düşüş gözlenmiştir (Rajkumar ve ark., 2007). Asokapandian ve ark., (2016) kavun köpürtülmesinde soya proteini konsantrasyonundaki artış sonucu benzer değişimler rapor etmişlerdir.

Sankat ve Castaigne (2004) olgun muzları kullanarak köpük üretiminin uygun koşullarını belirlemişlerdir. Başlangıç yoğunluğu  $0.93 \text{ g/cm}^3$  olan muz püresini köpüklemek için %10 oranında soya proteini kullanılmıştır. 12 dakika boyunca karıştırma sonucunda  $0.50 \text{ g/cm}^3$ 'lük bir köpük yoğunluğuna ulaşılmıştır. Elde edilen köpük,  $45 \text{ }^\circ\text{C}$  ile  $90 \text{ }^\circ\text{C}$  arasındaki sıcaklıklarda kurutulmuştur. Bu çalışmanın sonuçları, kurutma için gereken zamanın, yayılan köpüğün kalınlığı ile doğru orantılı olduğunu göstermiştir.

Salahi ve ark. (2014) tarafından kavun köpüğü oluşturmak amacıyla köpürtme ajanı olarak yumurta akı tozu (ağırlıkça %33,3), köpük stabilizatörü olarak ksantan zımkı (ağırlıkça %0,05- %0,2) kullanılarak 2-10 dk'lık bir çırpma süresi sonunda köpük oluşumu incelenmiştir. Elde edilen kavun köpüğü geleneksel bir kurutucuda üç farklı sıcaklıkta ( $40 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $55 \text{ }^\circ\text{C}$  ve  $70 \text{ }^\circ\text{C}$ ), 3 ve 5 mm kalınlıkta yayılarak kurutulmuştur. Bu çalışmanın sonuçları, kurutma işleminin azalan kuruma periyodunda gerçekleştiğini, sıcaklık ve köpük kalınlığında artışla nem ve yayılmanın arttığını göstermiştir.

Kandasamy ve ark. (2012) kurutulmuş papaya tozu üretiminde proses parametrelerini optimize etmiştir. Papaya pulpu, metil selüloz, gliserol monostearat ve yumurta beyazı ilavesiyle köpürtülmüş ve köpük 2, 4, 6, 8 ve 10 mm'lik serme

kalınlıklarında yayılarak üç farklı sıcaklıkta (60, 65 ve 70 °C) kurutulmuştur. Elde edilen ürünün analizleri sonucunda, papaya köpüğünün yüksek sıcaklık ve köpük kalınlığında kurutulduğunda, askorbik asit ve şeker miktarında bir azalma olduğu görülmüştür. En uygun kurutma şartları olarak %3 köpürtme ajanı (gliserol monostearat) içeren papaya pulpu için 20 dakikalık çırpma süresi, 4 mm serme kalınlığı ve 60 °C kurutma sıcaklığı olarak belirlenmiştir.

Shaari ve ark. (2017) farklı ananas konsantrasyonlarının (ağırlıkça %5, %10 ve %20) ve farklı karıştırma sürelerinin (10, 20, 30 dk) köpürme özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bu çalışmanın sonuçları, köpürme özelliklerinin köpürtme ajanlarının konsantrasyonundan ve karıştırma süresinden önemli ölçüde etkilendiğini göstermiştir. Sabit karıştırma süresinde köpürtme ajanı miktarının artırılması, köpük genleşmesinde artışa ve köpük yoğunluğunda azalmaya neden olmuştur.

Asokapandian ve ark. (2016) kavun pulpunun köpüklendirme koşullarını optimize etmişlerdir. En uygun köpürtme şartları, %8,71 soya protein izolatu konsantrasyonu, %0.54 karboksimetil selüloz konsantrasyonu ve 5,7 dakika karıştırma süresi olarak belirlenmiştir. Bu şartlarda elde edilen köpüğün kurutulması ile iyi akışkanlık özelliklerine sahip kavun tozu elde edilmiştir.

Rajkumar ve ark. (2007) alfonso mango pulpuna köpük kurutma uygulamışlardır. Köpürtme ajanı olarak soya proteini, metil selüloz ve gliserol monostearat kullanılmıştır. Köpük tabakası kalınlığı 1, 2, 3 mm olarak ayarlandıktan sonra 60, 65, 70 ve 75 °C'lerde sıcak havayla kurutulmuştur. En iyi besinsel içeriğe sahip ürünün %10'luk yumurta albümini ve %0,5'lik metil selüloz içeren mango pulpunun, 25 dakikalık bir süre boyunca karıştırılması ve 1 mm kalınlıkta yayılarak 60°C'lik sıcaklıkta kurutulması ile elde edildiği rapor edilmiştir.

Kadam ve ark. (2010) mangonun köpük kurutma üzerine farklı sıcaklık ve köpürtme ajanı (süt) konsantrasyonlarının etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda en uygun kurutma şartları %10 köpürtme ajanı konsantrasyonu ve 65°C kurutma sıcaklığı olarak belirlenmiştir.

Wilson ve ark. (2012) mangonun köpük kurutulmasında köpürtme ajanı konsantrasyonunun (%0, 3, 5, 7 ve 9) ve kurutma sıcaklıklarının (65, 75 ve 85 °C) en uygun koşullarını belirlemişlerdir. Bu çalışmanın sonuçları, kurutma sıcaklığının ve köpürtme ajanı konsantrasyonunun, kurutulmuş ürünün besinsel özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. %3 yumurta akı ile köpüklendirilmiş

mango pulunun 65 °C’de kurutulmasının köpük kurutma için en uygun şartlar olduğu bildirilmiştir.

Fardiyah ve ark. (2018) havuçta köpük kurutma üzerine çalışmışlar ve  $\beta$ -karoten miktarındaki değişimleri değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada %0,01, %0,1, %0,2 ve %0,3 oranında köpürtme ajanı kullanılmıştır. Köpük cam levhaya serildikten sonra 40°C, 50°C, 60°C ve 70°C sıcaklıklarda kurutulmuştur.  $\beta$ -karoten korunumu açısından en iyi işlem şartları %0,2 köpürtme ajanı konsantrasyonu ve 50 °C kurutma sıcaklığı olarak belirlenmiştir.

Franco ve ark. (2016) yakon meyvesi için iki farklı konsantrasyonda köpük kurutma çalışmışlardır. Köpürtme ajanı olarak yumurta albüminini kullanılmış ve elde edilen köpük farklı kalınlıklarda yayılarak belirlenen sıcaklıklarda kurutulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre artan sıcaklıklarla beraber kuru ürünün su aktivitesinin ve nem içeriğinin azaldığı, higroskopisitesinin ise arttığı tespit edilmiştir. Doğal brikse sahip yakon meyve suyundan elde edilen tozların, konsantreden elde edilen tozlara göre daha fazla su emme kapasitesine sahip olduğu bildirilmiştir.

Branco ve ark. (2016) köpük kurutma yöntemi ile hünnap meyvesi tozu üretimini ürün kalitesine bağlı olarak modellemişlerdir. Hünnap meyvesi albümin, karboksimetil selüloz, ksantan zamk ile karıştırılıp 60-70°C sıcaklıklarda kurutulmuştur. Albümin kullanımı elde edilen son üründe renk azalmasına sebep olmuştur. Sıcaklığın köpürtme ajanı olarak yalnızca albümin içeren formülasyonlarda kurutma süresini etkilemediği, buna karşılık ksantan zamk, karboksimetil selüloz ve albümin içeren formülasyon için kurutma süresinin sıcaklığa bağlı olduğu gözlemlenmiştir. Artan kurutma sıcaklığının etkisiyle kurutma süresinin kısaldığı ve difüzyon katsayısı değerinin arttığı gözlemlenirken, kurutma işleminden sonra ksantan zamk, karboksimetil selüloz ve albümin içeren toz üründe; yalnızca albümin içeren toz ürüne kıyasla daha yüksek fenolik madde ve antioksidan içeriği bulunmuştur.

Kadam ve Balasubramanian (2011) domates suyunun köpük kurutma yöntemi ile kurutulmasını incelemiştir. Örnekler, kuru madde oranı 4°Brix olan domates suyuna köpürtme ajanı olarak yumurta albüminini (ağırlıkça %0,5, 10, 15 ve 20) ilave edilerek hazırlanmıştır. Köpüklendirilmiş domates suyu 60, 65 ve 70°C hava sıcaklığında kurutulmuştur. Stabil köpük oluşumu için 5 dakikalık çırpma süresi ile %10'luk bir yumurta albüminin kullanımı gerektiği bildirilmiştir. Köpürtme ajanı seviyesindeki artış, kurutma hızını belli bir miktara kadar (%15 yumurta albümini miktarına kadar) arttırmış

ve ardından azalma eğilimi göstermiştir. Kızarıklık değerinin, daha düşük köpükleştirme ajanı konsantrasyonunda daha fazla olduğu görülmüştür.

Wilson ve ark. (2012) köpük kurutma yöntemini domates suyu tozu üretmek amacıyla kullanmışlardır. Çalışmada köpürtme ajanı ve stabilizatörü olarak karboksimetil selüloz, süt ve yumurta beyazı kullanılmıştır. Elde edilen köpükler 65-85°C sıcaklıklar arasında kurutulmuştur. Köpürtme ajanı olarak karboksimetil selüloz kullanılarak elde edilen domates tozunun, diğer köpürtme ajanları ile elde edilen tozlara göre daha fazla likopen içerdiği gözlenmiş ve domates tozu üretiminde uygun bir köpürtme ajanı olduğu bildirilmiştir.

Kandasamy ve ark. (2014) papaya pulpunun köpük kurutulması üzerine çalışmış ve kurutma parametrelerini optimize etmiştir. Farklı briksteki (7, 8, 9, 10, 11, 12 ve 13) pulplar ile köpük oluşturmak amacıyla metil selüloz (%0.25, 0.5, 0.95, 0.75 ve 1), gliserol monostearat (%1, 2, 3 ve 4) ve yumurta beyazı (%5, 10, 15 ve 20) kullanmışlardır. Elde edilen köpükleri 5 farklı kalınlıkta (2, 4, 6, 8 ve 10 mm) yayarak, kesikli çalışan kabin kurutucuda farklı sıcaklıklarda (60, 65 ve 70°C) kurutmuşlardır. İşlem sonucunda en stabil köpüğün 9 briks pulpa, %0,75 metil selüloz, %3 gliserol monostearat ve %15 yumurta beyazının ilavesiyle oluştuğu gözlenmiştir. Optimum kurutma şartları ise 60°C ve 4mm köpük kalınlığı olarak belirlenmiştir. Köpük kalınlığı arttıkça kuruma süresinin de arttığı, buna karşılık kuruma süresinin sıcaklığının artmasıyla kısaldığı tespit edilmiştir.

Djaeni ve ark. (2015) İrlanda yosunu tozu üretiminde kullanılan köpürtme ajanının (yumurta akı) kurutma üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Stabilizatör olarak metil selüloz kullanılmıştır. Elde edilen köpük farklı kalınlıklarda (2, 3, 4 ve 5 mm) yayıldıktan sonra farklı sıcaklıklarda (60, 80 ve 100°C) kurutulmuştur. Çalışma, albumin (yumurta akı) varlığının, karragenan dokunun içinde kurutma işleminin yüzey alanını genişletebilecek gözenekleri oluşturduğunu göstermiştir. Bu durum ise kuruma süresini hızlandırmıştır. Daha ince İrlanda yosunu tabakası veya daha yüksek hava sıcaklığı, daha hızlı kuruma ve dolayısıyla daha kısa kuruma süresi sağlamıştır

Köpük kurutmada saponinlerin dolaylı olarak köpürtme ajanı olarak kullanıldığı yalnızca bir adet çalışmaya ulaşılabilmektedir. Erafsar (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışmada pancar püresinin köpük kurutulmasında köpürtme ajanı olarak öğütülmüş çöven otu kullanılmıştır. En uygun köpürtme ajanı ve stabilizatör konsantrasyonlarının sırasıyla %10 ve %1,5 olduğu belirtilmiştir. Elde edilen köpüğün 80°C'de 240dk

kurutulması ile toplam fenolik miktarı ve renk değerleri daha yüksek bir son ürün elde edilebilmiştir.





### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Çalışmada model meyve suyu olarak nar suyu kullanılmıştır. Köpürtme ajanı olarak saponince zengin kaynaklar olan çöven ve at kestanesinden elde edilen ekstraktlar, stabilizatör olarak ise karboksimetil selüloz (KMS) ve lesitin kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan ürünler ve bu ürünlerin temin edildiği ticari firmalar/kaynaklar Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kullanılan hammaddelerin temin edildiği ticari firmalar

Kullanılan Ürün	Temin edildiği kaynak
Nar suyu	Dimes
KMS	Alfasol
Lesitin	Tito
Çöven	Alizade Doğal Ürünler Market
At kestanesi	Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

#### 3.2. Deneme Deseni

Tez çalışması üç aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada hem çöven hem de at kestanesinden elde edilen saponince zengin ekstraktların köpürtme şartları ayrı ayrı nar suyu içerisinde belirlenmiştir. Bu aşamada farklı konsantrasyonlarda (meyve suyu hacminin %0.1, 0.2, 0.3 ve 0.4'ü) nar suyuna eklenen saponince zengin ekstraktlar farklı sürelerde çırpılarak (1, 3, 5 ve 10 dk) köpük elde edilmiştir. Elde edilen köpüklerin köpük yoğunluğu ile drenaj hacmi analiz edilerek en uygun şartlara karar verilmiştir.

İkinci aşamada köpük stabilitesini arttırmak amaçlanmıştır. Bu amaçla, meyve suyu içerisine ilk aşamada belirlenen en uygun konsantrasyonda saponince zengin ekstrakt eklendikten sonra 2 farklı stabilizatör (lesitin ve karboksimetil selüloz), 4 farklı konsantrasyonda (meyve suyu hacminin %0.01, 0.03, 0.05 g ve 0.1'i) ilave edilmiş ve ilk aşamada belirlenen en uygun sürede çırpılarak köpük elde edilmiştir. Stabilize edilen köpüklerde köpük yoğunluğu ile drenaj hacmi analiz edilerek stabilizatör ve konsantrasyonuna karar verilmiştir.

Son aşamada ise en uygun köpürtme ajanı ve stabilizatör ile elde edilen köpük 2 farklı serme kalınlığında (1mm ve 2mm) yayıldıktan sonra 3 farklı sıcaklıkta (50 °C, 60 °C, 70 °C) kurutularak toz ürüne dönüştürülmüştür. Nar tozunda nem, su aktivitesi, renk, toplam monomerik antosiyanin miktarı, toplam fenolik madde miktarı, antioksidan aktivite ve antosiyanin profili analizleri gerçekleştirilmiştir.

### 3.3. Saponince Zengin Ekstraktların Eldesi

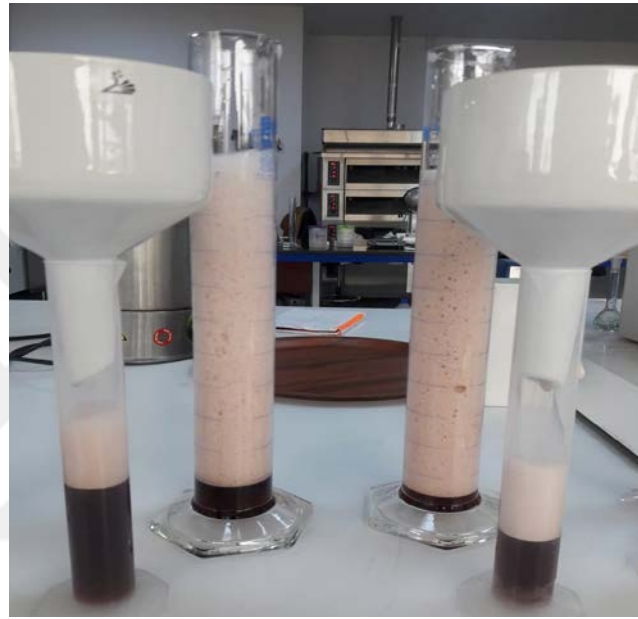
Çöven ve at kestanesinde saponince zengin ekstrakt do Canto ve ark. (2010) tarafından bildirilen yöntem kısmen modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. Bu işlem için öncelikle kuru bitkiler laboratuvar tipi bir öğütücü (Alveo, Konya, Türkiye) ile 1.6 mm elekten geçebilecek boyuta öğütülmüştür. Öğütülmüş tozlardan 50 g tartılmış ve üzerine 450 ml %50 sulu etanol çözeltisi eklenmiştir. Bu karışım 50°C'ye ayarlanmış su banyosunda 40 dk karıştırılmıştır. Karışım süre sonunda su banyosundan çıkartılıp 10000 dk/devir hızında 15 dakika boyunca ultraturrax (IKA T25, Almanya) ile homojenize edilmiştir. Homojenizasyondan sonra posa filtrasyon ile ayrılmış ve sıvı faz, vakumlu evaporatörde konsantre edildikten sonra vakumlu etüvde 70°C'de kurutularak saponince zengin ekstrakt elde edilmiştir. Elde edilen saponince zengin ekstrakt öğütülerek toz haline getirilmiştir. Saponin ekstraktlar meyve suyuna eklenmeden önce 1:1 oranında saf suda çözündürülmüştür.



Şekil 3.1. Çöven ve at kestanesinde elde edilen ham saponin

### 3.4. Köpük Eldesi ve Analizleri

Köpük oluşturmak amacıyla 250 mL nar suyu içerisine istenen konsantrasyonda saponince zengin ekstrakt ve köpük stabilizatörü ilave edildikten sonra laboratuvar tipi çırpıcıda (Hobart Mixer N50, ABD) en yüksek ayarda belirlenen süre boyunca çırpılmıştır. En uygun konsantrasyonlar ve çırpma süresi köpük yoğunluğu ve drenaj hacmine göre belirlenmiştir.



Şekil 3.2. Köpük yoğunluğu drenaj ve stabilite hesabı için köpüklerin mezürlere aktarımı

#### 3.4.1. Köpük yoğunluğu

Karıştırma işlemi sonrasında elde edilen köpük 500 ml'lik mezüre aktarılarak ağırlık ve hacimleri ölçülmüştür. Köpüğün mezüre aktarımı yapılırken, köpük yapısını tahrip etmemeye özen gösterilmiş ve havayı hapsetme durumu en az seviyede tutulmaya çalışılmıştır. Ölçülen ağırlığın hacme bölünmesiyle köpük yoğunluğu hesaplanmıştır (Karim & Wai, 1999).

### 3.4.2. Drenaj hacmi

Elde edilen köpükten bir miktar 100ml'lik mezür üzerine yerleştirilmiş Buchner hunisine (110 mm) aktarılmış ve 30dk sonunda köpüğün sıvıdan ayrılması suretiyle oluşan drenajın hacmi belirlenmiştir. Bu drenajın hacmi 50 g köpük miktarı üzerinden hesaplanmıştır (Azizpour ve ark., 2014).

### 3.5. Köpük Kurutma

En uygun stabilite sağlayan saponin kaynağı ve stabilizasyon ajanı kullanılarak köpük kurutma gerçekleştirilmiştir. Köpük kurutma, 2 farklı köpük serme kalınlığı (1 mm ve 2 mm) ve 3 farklı kurutma sıcaklığı (50, 60 ve 70°C)'nda gerçekleştirilmiştir. Serme işlemi ayarlanabilir film uygulayıcı (BGD 200/4, China) ile yapılmıştır. Kurutma işlemi Eksis marka (Isparta) tepsili kurutucu ile 2 m/s hava hızında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.3. Kurutma öncesi ve kurutma sonrası görünüşler

### 3.6. Analizler

#### 3.6.1. Nem miktarı ve su aktivitesi

Örneklerin nem içeriği gravimetrik olarak 70°C'de kurutmaya, su aktivitesi ise su aktivitesi ölçer (Novasina Labtouch, İsviçre) kullanılarak 25°C'de belirlenmiştir.

### 3.6.2. Renk

Örneklerin renk değerleri saf su ile orijinal brikse (13°Bx) seyreltikten sonra renk ölçer (Konica Minolta CR-400, Japonya) ile ölçülmüştür. Bu amaçla öncelikle cihazın seramik plakası ile kalibrasyon gerçekleştirilmiştir. Daha sonra 1 mm ışık yollu cam küvete aktarılmış örneklerin 3 farklı noktasından ölçüm alınmıştır. Cihazdan okunan  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  kullanılarak ton açısı, doygunluk ve toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ) değerleri aşağıdaki formüllerle hesaplanmıştır (Tontul, 2017).

$$\text{Ton açısı} = \frac{180}{\pi} \times \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

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

$$\Delta E = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2}$$

Bu denklemde  $L_0$ ,  $a_0$  ve  $b_0$  ham meyve suyunun renk değerlerini göstermektedir.

### 3.6.3. Toplam fenolik madde miktarı:

Örneklerin toplam fenolik madde miktarı spektrofotometrik yöntemle belirlenmiştir. Bu amaçla Folin-Ciocalteu yöntemi kullanılmıştır. Uygun oranda seyreltilen rekonstitüye nar suyundan 0.5 mL örnek alınmış ve üzerine sırasıyla 2 mL Folin-Ciocalteu çözeltisi (0.2N) ve 2.5 mL  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  çözeltisi ilave edilmiştir. Karışım 50°C su banyosunda 5 dk bekletildikten sonra soğutulmuş ve absorbansı saf su ile hazırlanmış köre karşı 760 nm dalga boyunda spektrofotometrede (Libra S20, Biochrom, İngiltere) ölçülmüştür. Elde edilen absorbans değerleri farklı konsantrasyonlarda gallik asit çözeltileri ile oluşturulan kurve yardımıyla mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/kg kuru madde (km) cinsinden ifade edilmiştir.

### 3.6.4. Antioksidan aktivite

Nar suyu tozu örneklerinin antioksidan aktivitesi DPPH radikalinin inhibisyonuna dayalı antioksidan aktivite (DPPH), ferrik iyonlarını indirgeme kuvveti (FRAP) ve bakır iyonlarını indirgeme kuvveti (CUPRAC) olmak üzere 3 farklı yöntemle belirlenmiştir.

DPPH radikalinin inhibisyonuna dayalı antioksidan aktivite Fernández-León ve ark., (2013) tarafından uygulanan yönteme göre belirlenmiştir. Bu amala uygun oranda seyreltilmiş 50  $\mu\text{L}$  nar suyu üzerine 950  $\mu\text{L}$  taze hazırlanmış DPPH zeltisi (metanolde hazırlanmış 60  $\mu\text{M}$ ) ilave edilerek karanlıkta ve oda sıcaklığında 30 dk bekletilmiştir. DPPH zeltisinin absorbansı bekleme süresinin başında saf metanole karşı 517 nm dalga boyunda kaydedilmiştir. Örneklerin antioksidan aktivitesi k re göre absorbans farkları kullanılarak, farklı konsantrasyonlarda hazırlanmış troloks ile elde edilen eęri yardımıyla mg troloks eşdeğeri antioksidan aktivite (TEAA)/kg km cinsinden hesaplanmıştır.

Demir iyonlarını indirgeme kuvveti tayininde uygun oranda seyreltilen 75  $\mu\text{L}$   rnek üzerine 2.25 mL FRAP reaktifi ile 225  $\mu\text{L}$  saf su zeltisi ilave edilmiştir. 10 dk inkübasyondan sonra absorbansı 593 nm'de k re ( rnek yerine saf su ile hazırlanmış) karşı okunmuştur. Örneklerin demir iyonlarını indirgeme kuvveti farklı konsantrasyonlarda hazırlanmış troloks ile elde edilen eğri yardımıyla mg TEAA/kg km cinsinden hesaplanmıştır (Benzie ve Strain 1996).

Örneklerin bakır iyonları indirgeme kuvveti Apak ve ark. (2006)'na göre belirlenmiştir. Bu yöntemde uygun oranda seyreltilen 500  $\mu\text{L}$   rnek üzerine sırasıyla 0.6 mL saf su, 1 mL  $\text{CuCl}_2$  zeltisi (0,01 M), 1 mL etanolik neokuprin zeltisi (7.5 mM) ve 1 mL amonyum asetat tampon zeltisi (1 M) eklenmiştir. 30 dk karanlıkta inkübasyondan sonra distile su ile hazırlanan k re karşı 450 nm'de absorbans değerleri  l lm ştir. Örneklerin bakır iyonlarını indirgeme kuvveti iin trolox ile kalibrasyon grafiği izilmiş ve antioksidan kapasitesi mg TEAA/kg km cinsinden hesaplanmıştır.

### 3.6.5. Askorbik asit miktarı

Örneklerdeki L-askorbik asit miktarı spektrofotometrik yöntemle belirlenmiştir. Bu analiz iin, toz örneklerden askorbik asit %6'lık metafosforik asit zeltisi ile ekstrakte edilmiştir. Bir santrifüj tüpüne sırasıyla 2,5 ml seyreltilmiş örnek 2,5 ml asetat tampon (pH 4.0), 1 ml 2,6-diklorofenolindofenol ve 5 ml ksilen eklenerek kuvvetlice alkalanmıştır. Tüpler 6000 g santrifüj kuvvetinde 25  $^\circ\text{C}$ 'de 2 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. Numune yerine ise %6'lık metafosforik asit zeltisi kullanılarak aynı işlemlerin tekrarlanması ile şahit tüpü hazırlanmıştır. Tüpler santrifüj edildikten sonra üst katmanları (ksilen katmanı) alınarak ksilene karşı 500 nm'de okuma yapılmıştır.  rnekleri askorbik asit miktarı askorbik asit ile hazırlanan kurveye göre mg/kg km cinsinden hesaplanmıştır (Tontul ve Topuz, 2017).

### 3.6.6. Toplam monomerik antosiyanin tayini

Nar suyunun toplam monomerik antosiyanin miktarı pH diferansiyel yöntemle belirlenmiştir. Bu amaçla nar tozları pH 1 ve pH 4.5 tamponlar ile seyreltilerek 30 dk bekletilmiştir. Seyreltilmiş örneklerin absorbanı 518 ve 700 nm dalga boyunda saf su ile okunmuştur. Örneklerin toplam monomerik antosiyanin miktarı Cemeroğlu (2017b) tarafından bildirilen yöntemle göre siyanidin-3-glukozit (S3G)/kg km cinsinden hesaplanmıştır.

### 3.6.7. HPLC ile antosiyanin profilinin belirlenmesi

Nar suyunun antosiyanin profili Tontul (2017) tarafından uygulanan yöntemle göre belirlenmiştir. Bu amaçla nar suyu tozları uygun oranda sulandırılmış ve 0.45 µm şırınga ucu filtrelerden süzöldükten sonra HPLC sistemine (Shimadzu, Japonya) enjekte edilmiştir. Mobil faz olarak %0,1 TFA içeren su ve %0,1 TFA içeren asetonitril kullanılmıştır. Dedeksiyon 520 nm dalga boyunda gerçekleştirilmiştir. Nar suyunda tanımlanan delfinidin-3,5-diglikozit, siyanidin-3,5-diglikozit, delfinidin-3-glikozit, siyanidin-3-glikozit miktarları dış standart yöntemi ile mg/kg km cinsinden hesaplanmıştır.

### 3.7. İstatistiksel Analizler

Çalışmanın en uygun köpürtme şartlarının seçilmesi, en uygun stabilizasyon ajanının ve konsantrasyonunun belirlenmesi ve kurutma çalışmaları faktöriyel deneme desenine göre yürütölmüştür. Bu çalışmada elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuş ve önemli farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile belirlenmiştir.

## 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Saponince Zengin Ekstraktların Köpük Oluşumu Üzerine Etkisi

Saponince zengin çöven ve at kestanesi ekstraktlarının köpürtme yeteneği model olarak seçilmiş nar suyunu test edilmiştir. Köpürtme yeteneği köpük yoğunluğu ve drenaj hacminin ölçülmesi ile analiz edilmiştir. Köpük yoğunluğunun ve drenaj hacminin düşük olması istenmektedir. Daha yüksek köpük yoğunluğu, köpük içerisinde daha az havanın bulunduğunu göstermektedir. Bir başka ifadeyle köpük yoğunluğunun az olması içerde tutulan havanın fazla olması anlamına gelmektedir. Drenaj hacmi değerlerinin düşük olması ise köpüğün zamanla bozularak sıvıya dönüşmesinin az olduğunu, dolayısıyla stabilitesinin yüksek olduğunu göstermektedir (Hardy ve Jideani 2017).

Farklı ekstrakt konsantrasyonu ve çırpma sürelerinde elde edilen nar suyu köpüklerinin köpük yoğunluğu ve drenaj hacmi verileri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çöven ekstraktı ilavesiyle üretilen köpüğün yoğunluğu 0,146-0,218 g/cm<sup>3</sup> arasında değişirken at kestanesi ekstraktı ile elde edilen köpüğün yoğunluğu 0,318-0,538 g/cm<sup>3</sup> arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.1). Düşük yoğunluğa sahip olan köpüklerin gözeneklerinin geniş olmasından dolayı büzülme değerleri, kuruma oranları ve efektif nem difüzyon katsayıları daha yüksektir (Thuwapanichayanan ve ark., 2008).

**Çizelge 4.1.** Nar suyu köpüklerine ait köpük yoğunluğu (g/cm<sup>3</sup>) ve drenaj hacmi (mL/50 mL nar suyu köpüğü) ham değerleri

Ekstrakt konsantrasyonu	Çırpma süresi (dk)	Çöven		At kestanesi	
		Köpük Yoğunluğu	Drenaj Hacmi	Köpük Yoğunluğu	Drenaj Hacmi
%0,1	1	0,207±0,002	42,6±0,4	0,411±0,007	43,1±0,0
	3	0,207±0,009	41,4±1,0	0,390±0,021	45,1±1,5
	5	0,211±0,005	35,8±2,8	0,353±0,005	46,9±1,6
	10	0,218±0,009	42,6±0,0	0,318±0,012	47,2±0,1
%0,2	1	0,167±0,000	40,0±1,8	0,382±0,023	42,7±0,0
	3	0,176±0,004	37,0±0,9	0,460±0,042	41,3±2,0
	5	0,179±0,005	36,4±0,6	0,336±0,022	45,6±2,6
	10	0,194±0,015	38,0±2,6	0,333±0,054	47,2±2,0
%0,3	1	0,156±0,005	38,1±1,2	0,466±0,000	47,8±0,6
	3	0,161±0,004	37,7±3,4	0,484±0,019	40,3±2,8
	5	0,164±0,003	35,1±4,6	0,468±0,035	40,5±2,2
	10	0,168±0,004	37,6±1,4	0,489±0,070	39,6±2,5
%0,4	1	0,149±0,009	38,0±1,3	0,390±0,030	43,8±0,9
	3	0,146±0,003	34,2±4,2	0,527±0,033	30,2±2,4
	5	0,154±0,004	42,5±2,9	0,499±0,049	38,9±0,0
	10	0,146±0,001	33,7±3,2	0,538±0,034	38,9±0,7

Sonuçlar iki tekerrürün ortalaması±standart hata şeklinde sunulmuştur.



Çizelge 4.1’de görüldüğü üzere çöven ekstraktı kullanılarak köpürtülen nar suyunun drenaj hacmi 33,7-42,6 mL/50 mL nar suyu köpüğü arasında, at kestanesi ekstraktı ile elde edilen köpüğün drenaj hacmi ise 30,2-47,8 mL/50 mL nar suyu köpüğü olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3’de sırasıyla köpük yoğunluğu ve drenaj hacmi verilerine ait varyans analiz sonuçları verilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre hem çöven ekstraktı hem de at kestanesi ekstraktları için tek önemli ( $p<0,01$ ) faktörün ekstrakt konsantrasyonu olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

**Çizelge 4.2.** Köpük yoğunluğu değerlerine ait varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynakları	SD	Çöven		At kestanesi	
		KO	F	KO	F
<b>Ekstrakt konsantrasyonu (E)</b>	3	0,00574	72,49**	0.03262	14.25**
<b>Çırpma süresi (Ç)</b>	3	0,00020	2,62öd	0.00510	2.23öd
<b>E × Ç</b>	9	0,00006	0,68öd	0.00493	2.15öd
<b>Hata</b>	16	0,00008		0,00229	

\*\* $p<0,01$  ve öd: önemli değil

Drenaj hacmi açısından çöven ve at kestanesi ekstraktları farklı sonuçlar göstermiştir. Nitekim çöven ekstraktı ile hazırlanan köpüklerin drenaj hacmi hiçbir varyasyon kaynağına bağlı olarak değişim göstermezken, at kestanesi ile hazırlanan köpüğün drenaj hacmi, ekstrakt konsantrasyonu, çırpma süresi ve bu iki faktörün interaksiyonundan önemli düzeyde ( $p<0,01$ ) etkilenmiştir.

**Çizelge 4.3.** Drenaj hacmi değerlerine ait varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynakları	SD	Çöven		At kestanesi	
		KO	F	KO	F
<b>Ekstrakt konsantrasyonu (E)</b>	3	22,09	1,88öd	89.01	15.51**
<b>Çırpma süresi (Ç)</b>	3	8,12	0,69öd	39.63	6.90**
<b>E × Ç</b>	9	18,23	1,55öd	25.04	4.36**
<b>Hata</b>	16	11,75		5,74	

\*\* $p<0,01$  ve öd: önemli değil

Köpük yoğunluğu ve drenaj hacmine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.4’de sunulmuştur. Çöven ekstraktı miktarı arttıkça köpük yoğunluğunda önemli bir azalış meydana gelmiştir. Bu durum çöven ekstraktının iyi bir köpürtme ajanı olarak davrandığını ve konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak köpük yapısı içerisinde daha fazla hava tutulmasına imkân verdiğini göstermiştir. Nitekim benzer şekilde, Shaari ve ark. (2017) sabit karıştırma süresinde köpürtme ajanı miktarının

arttırılması ile ananas suyu köpüğü genleşmesinde artış ve köpük yoğunluğunda azalma olduğunu bildirmiştir. Elde edilen sonuçlara göre çalışmanın devamında kullanılacak çöven ekstraktı konsantrasyonu %0,4 olarak seçilmiştir.

Çöven ekstraktına zıt şekilde at kestanesi ekstraktı konsantrasyonunun artması ile köpük yoğunluğunda artış meydana gelmiştir. At kestanesi saponinin kimyasal özelliklerinden dolayı, nar suyu içinde daha az dağılması sebebiyle düşük hava-sıvı yüzeyi oluşturduğu ve bu nedenle daha az köpüklenmenin meydana geldiği değerlendirilmiştir. Ayrıca, beklentinin aksine, at kestanesi konsantrasyonunun artışı ile drenaj hacminde kademeli bir düşüş gerçekleşmiştir. Köpük yoğunluğu yüksek olmasına rağmen önemli düzeyde daha az drenaj hacmi sağlaması nedeniyle sonraki çalışmalarda %0,4 at kestanesi kullanılmasına karar verilmiştir.

Çırpma süresi çöven ekstraktı açısından değerlendirildiğinde çırpma süresinin 1 ile 5 dk arasında olması köpük yoğunluğu açısından herhangi bir değişikliğe neden olmamıştır. Ancak 10 dk çırpma sonucu elde edilen köpüğün yoğunluğu 1 dk çırpılmış örneğe göre istatistiksel açıdan daha yüksek olarak belirlenmiştir. Çöven ekstraktı ile hazırlanmış köpüklerin drenaj hacmi istatistiksel olarak önemli bir farklılık sağlamamıştır. Ancak istatistiksel olarak önemli olmasa da 1 dk'dan uzun çırpma sürelerinde, 1 dk çırpmaya göre daha düşük drenaj hacmi gözlenmiştir. Bu nedenle çöven ekstraktı için en uygun çırpma süresinin 3dk olduğuna karar verilmiştir.

Çırpma süresi at kestanesi ekstraktı ile hazırlanan köpüklerin köpük yoğunluğunda önemli bir etki göstermezken, 3 dk çırpılmış köpüklerin drenaj hacmi, diğer çırpma sürelerine göre daha düşük olarak tespit edilmiştir. Bu nedenle, at kestanesi ekstraktı ile hazırlanacak köpüklerin 3 dk çırpılmasına karar verilmiştir.

Çalışmanın ilk aşamasında elde edilen verilere göre sonraki aşamalarda her iki ekstrakt için de %0.4 ekstrakt konsantrasyonu ve 3 dk çırpma süresi uygulanmıştır.

**Çizelge 4.4.** Köpük yoğunluğu ( $\text{g/cm}^3$ ) ve drenaj hacmine ( $\text{mL}/50 \text{ mL}$  nar suyu köpüğü) ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Varyasyon kaynakları	n	Çöven		At kestanesi		
		Köpük Yoğunluğu	Drenaj Hacmi	Köpük Yoğunluğu	Drenaj Hacmi	
Saponin ekstraktı hacmi (mL)	%0.1	8	0.211±0.003a	40.6±1.2a	0.368±0.014b	45.6±0.8a
	%0.2	8	0.179±0.005b	37.9±0.8a	0.378±0.024b	44.2±1.1ab
	%0.3	8	0.162±0.002c	37.1±1.2a	0.477±0.016a	42.1±1.5b
	%0.4	8	0.148±0.002d	37.1±1.8a	0.489±0.026a	37.9±1.9c
Çırpma süresi (dk)	1	8	0.170±0.009b	39.6±0.9a	0.412±0.014a	44.3±0.8a
	3	8	0.173±0.009ab	37.6±1.4a	0.465±0.022a	39.2±2.3b
	5	8	0.177±0.008ab	37.5±1.6a	0.414±0.029a	43.0±1.5a
	10	8	0.181±0.011a	38.0±1.4a	0.419±0.041a	43.2±1.6a

Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p<0,05$ )

## 4.2. Stabilizatör Çeşidi ve Konsantrasyonu Belirleme

İlk aşamada en uygun konsantrasyon olarak belirlenen %0.4 çöven veya at kestanesi nar suyuna ilave edildikten sonra stabilizatör olarak denenen karboksimetil selüloz ve lesitin, 4 farklı konsantrasyonda (%0.01, 0.02, 0.03 ve 0.04) eklenmiş ve 3 dk çırpılarak köpürtme gerçekleştirilmiştir. Böylece nar suyu ve saponince zengin ekstraktlar için en uygun stabilizatör çeşidi ve konsantrasyon belirlenmiştir. Çizelge 4.5’de çöven ekstraktı ile birlikte kullanılan stabilizatör ve konsantrasyonunun köpük yoğunluğu ve drenaj hacmine etkileri görülmektedir. Çizelgeye göre karboksimetil selüloz ilave edilen köpüğün yoğunluğu  $0,147\text{-}0,186 \text{ g/cm}^3$  arasında, lesitin eklenen köpüğün yoğunluğu ise  $0,138\text{-}0,156 \text{ g/cm}^3$  aralığında değişmiştir. Karboksimetil selüloz ilave edilen köpüğe ait drenaj hacmi 23,8 ile 31,7  $\text{mL}/50 \text{ mL}$  nar suyu köpüğü aralığında değişirken, lesitin eklenen köpüğün drenaj hacmi ise 29,7 ile 36,6  $\text{mL}/50 \text{ mL}$  nar suyu köpüğü aralığında değişiklik göstermiştir.

Çöven saponini ile oluşturulan köpüğe eklenen stabilizatör çeşidi ( $p<0,01$ ) ve stabilizatör konsantrasyonunun ( $p<0,05$ ) köpük yoğunluğuna önemli düzeyde etki ettiği görülmüştür. Stabilizatör çeşidinin drenaj hacmine etkisi %1 önem düzeyinde, stabilizatör konsantrasyonu ve iki faktörün interaksyonu etkisi ise %5 önem düzeyinde önemli etkisi olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.6).

**Çizelge 4.5.** çöven At kestanesi ve ekstraktı ile köpürtülmüş ve stabilize edilmiş nar suyu köpüğüne ait köpük yoğunluğu (g/cm<sup>3</sup>) ve drenaj hacmi (mL/50 mL nar suyu köpüğü) değerleri

Stabilizatör çeşidi	Stabilizatör konsantrasyonu	Çöven		At kestanesi	
		Köpük yoğunluğu	Drenaj hacmi	Köpük yoğunluğu	Drenaj hacmi
Karboksimetil selüloz	%0,01	0,147±0,002	30,6±0,2	0,687±0,005	38,7±0,3
	%0,02	0,159±0,001	28,2±0,9	0,693±0,009	39,9±0,4
	%0,03	0,162±0,004	23,8±1,0	0,717±0,024	40,7±0,8
	%0,04	0,186±0,004	31,7±0,5	0,473±0,028	40,3±0,4
Lesitin	%0,01	0,138±0,003	36,1±0,2	0,738±0,019	38,2±0,2
	%0,02	0,140±0,005	36,6±1,2	0,734±0,005	41,3±1,4
	%0,03	0,141±0,003	33,1±0,1	0,779±0,004	42,4±2,9
	%0,04	0,156±0,002	29,7±0,5	0,737±0,017	35,2±1,5

Sonuçlar iki tekrerrürün ortalaması±standart hata şeklinde sunulmuştur

**Çizelge 4.6.** Çöven ekstraktı ile köpürtülmüş nar suyunun stabilizasyon değerlerine ait varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynakları	SD	Köpük yoğunluğu		Drenaj hacmi	
		KO	F	KO	F
Stabilizatör çeşidi (S)	1	0,00156	19,81**	112.6	28.59**
Stabilizatör konsantrasyonu (K)	3	0,00060	7,57*	18.6	4.72*
S × K	3	0,00007	0,94öd	26.2	6.66*
Hata	8	0,00008		3,94	

\*\*p<0,01 ve \*p<0,05 düzeyinde önemli, öd: önemli değil

Çizelge 4.7’de verilen Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları çöven ekstraktı ile oluşturulan köpüğün karboksimetil selüloz ile stabilize edilmesi ile lesitine kıyasla daha yüksek köpük yoğunluğu ancak daha düşük drenaj hacmi elde edildiğini göstermiştir. Bu nedenle köpük yoğunluğu ile drenaj hacmi arasında bir korelasyon olmadığı belirlenmiştir. Drenaj hacmi verileri stabilite açısından daha önemli olduğu için karboksimetil selülozun daha iyi stabilizasyon sağladığı değerlendirilmiştir. Kadam ve ark., (2011) tarafından domates tozu elde edilmesi için yapılan bir çalışmada, benzer bir şekilde, stabilizatör olarak karboksimetil selülozun kullanımı en ideal sonucu ortaya koymuştur.

Stabilizatör konsantrasyonu ile köpük yoğunluğunun artış gösterdiği ancak bu artışın yalnızca %0,04 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiştir. Bu durumun stabilizasyon ile artan sıvı köpük viskozitesine bağlı olarak yapıya hava girmesinin zorlaşmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Nitekim, Bag ve ark (2011) tarafından bel meyvesine uygulanan köpük kurutma yönteminin sonuçlarına göre metilselüloz konsantrasyonu köpük yoğunluğu üzerinde olumsuz bir etkiye neden olmuştur. Metilselüloz konsantrasyonu arttıkça, köpük yoğunluğunun da önemli ölçüde arttığı belirlenmiştir. Kavunda uygulanan bir çalışmada da köpük yoğunluğu üzerinde benzer

sonuçlar bildirilmiştir (Salahi ve ark (2014). Drenaj hacminin stabilizatör konsantrasyonu %0,01'den %0,03'e artış gösterirken azaldığı ancak bu seviye üzerinde tekrar arttığı tespit edilmiştir. Bu nedenle çöven ekstraktı ile köpürtülmüş nar suyunun stabilizasyonu için en uygun konsantrasyonun %0,03 olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 4.7.** Çöven ekstraktı ile köpürtülmüş ve stabilize edilmiş nar suyu köpük yoğunluğu (g/cm<sup>3</sup>) ve drenaj hacmi (mL/50 mL nar suyu köpüğü) değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Varyasyon kaynakları		Köpük yoğunluğu	Drenaj hacmi
Stabilizatör çeşidi	KMS	0,164±0,006a	28,6±1,3b
	Lesitin	0,144±0,004b	33,9±1,2a
Stabilizatör konsantrasyonu	%0,01	0,143±0,004b	33,4±1,6a
	%0,02	0,150±0,007b	32,4±2,7a
	%0,03	0,152±0,007b	28,5±2,8b
	%0,04	0,171±0,009a	30,7±0,8ab

Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

Çizelge 4.5'de at kestanesi ekstraktı ile köpürtülen nar suyuna eklenen stabilizatör ve konsantrasyonunun köpük yoğunluğu ve drenaj hacmi üzerine etkileri görülmektedir. Karboksimetil selüloz ile stabilize edilen köpüğün yoğunluğu 0,473 ile 0,687 g/cm<sup>3</sup> arasında, lesitin ile stabilize edilen köpüğün yoğunluğu ise 0,734 ile 0,779 g/cm<sup>3</sup> arasında değişim göstermiştir. Drenaj hacmi değerlerinin karboksimetil selüloz için 38,7-40,7 mL/50 mL nar suyu köpüğü, lesitin için ise 35,2-42,4 mL/50 mL nar suyu köpüğü aralığında değişmiştir.

At kestanesi ekstraktı ile oluşturulan köpüğe ait köpük yoğunluğu değerleri üzerine her iki faktör ve bu faktörlerin interaksiyonu önemli bulunmuştur. Ancak drenaj hacmi değeri hiçbir faktörden önemli düzeyde etkilenmemiştir (Çizelge 4.8).

**Çizelge 4.8** At kestanesi ekstraktı ile köpürtülmüş nar suyunun stabilizasyon değerlerine ait varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynakları	SD	Köpük yoğunluğu		Drenaj hacmi	
		KO	F	KO	F
Stabilizatör çeşidi (S)	1	0,04386	20,35**	1.46	0.11öd
Stabilizatör konsantrasyonu (K)	3	0,01528	7,09*	12.70	0.91öd
S × K	3	0,01137	5,27*	9.60	0.69öd
Hata	8	0,00216		13,94	

\*\*p<0,01 ve \*p<0,05 düzeyinde önemli, öd: önemli değil

At kestanesi ekstraktı ile oluşturulan köpüğün karboksimetil selüloz ile stabilize edilmesi ile lesitine kıyasla daha düşük köpük yoğunluğu elde edilmiştir (Çizelge 4.9). Ancak her iki stabilizatörün istatistiksel açıdan benzer drenaj hacmi sağladığı tespit

edilmiştir. Çöven ekstraktına zıt şekilde, %0,04 stabilizatör konsantrasyonu ile oluşturulan köpüğün yoğunluğu diğer konsantrasyonlara göre daha düşük olarak belirlenmiştir. Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.9’da verilen veriler birlikte değerlendirildiğinde, at kestanesi ekstraktı ile köpürtülmüş nar suyunun köpük yoğunluğunda ciddi bir artış olduğu ancak drenaj hacminde önemli değişiklik olmadığı gözlenmiştir.

**Çizelge 4.9.** At kestanesi ekstraktı ile köpürtülmüş ve stabilize edilmiş nar suyu köpük yoğunluğu ( $\text{g/cm}^3$ ) ve drenaj hacmi ( $\text{mL}/50 \text{ mL}$  nar suyu köpüğü) değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Varyasyon kaynakları		Köpük yoğunluğu	Drenaj hacmi
Stabilizatör çeşidi	KMS	0,642±0,040b	39,9±0,5a
	Lesitin	0,747±0,012a	39,3±1,7a
Stabilizatör konsantrasyonu	%0,01	0,712±0,022a	38,4±0,3a
	%0,02	0,714±0,015a	40,6±1,3a
	%0,03	0,748±0,027a	41,5±2,5a
	%0,04	0,605±0,081b	37,8±1,9a

Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p<0,05$ ).

Çalışmanın ilk iki aşamasında elde edilen sonuçlar toplu olarak değerlendirildiğinde, saponince zengin ekstraktlar ile köpürtülmüş nar suyu için en uygun köpürtme ve stabilizasyon şartları %0,4 çöven ekstraktı konsantrasyonu, %0,03 karboksimetil konsantrasyonu ve 3 dk çırpma süresi olarak belirlenmiştir. Kurutma çalışmalarında bu şartlarda üretilmiş nar suyu köpüğü kullanılmıştır.

### 4.3. Köpük Kurutma Sonuçları

Belirlenen en uygun şartlarda üretilen köpükler elde edildikten sonra iki farklı serme kalınlığı ve 3 farklı sıcaklıkta tepsili kurutucuda kurutulmuştur. Bu aşamada köpürtülmeden doğrudan kurutma çalışmaları da gerçekleştirilmiş ancak balçık kıvamında bir ürün elde edilmiştir. Ancak köpük kurutma ile toz ürün elde edilmesi mümkün olmuştur. Köpük kurutma ile üretilen toz ürünlerde nem miktarı, su aktivitesi, toplam fenolik madde miktarı, antioksidan aktivite, askorbik asit miktarı, toplam monomerik antosiyanin miktarı ve antosiyanin profili analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu analizler sonucunda elde edilen veriler aşağıda verilmiş ve yorumlanmıştır.

### 4.3.1. Nem miktarı ve su aktivitesi

Köpük kurutma işleminin sonunda elde edilen nar suyu tozlarının nem ve su aktivitesi değerleri Çizelge 4.10'da belirtilmiştir. Örnekler kurutulurken mümkün olduğunca benzer nem içeriğine kadar kurutulması hedeflenmiştir. Bu nedenle örneklerin nem miktarı ve su aktivitesi değerleri dar bir aralıkta değişim göstermiştir. Nitekim, nar suyu tozu örneklerinin nem miktarının 0,5-2,0 g/100g değerleri arasında, su aktivitesi değerlerinin ise 0,088- 0,130 arasında değiştiği gözlenmiştir.

**Çizelge 4.10.** Farklı sıcaklık ve serme kalınlığında üretilen nar suyu tozlarının nem miktarı (g/100g) ve su aktivitesi değerleri

Sıcaklık (°C)	Serme kalınlığı	Nem miktarı	Su aktivitesi
50	1 mm	1,8±0,4	0,120±0,016
	2 mm	1,6±0,5	0,130±0,052
60	1 mm	1,6±1,3	0,110±0,009
	2 mm	1,9±0,3	0,088±0,021
70	1 mm	0,5±0,0	0,107±0,024
	2 mm	2,0±0,4	0,118±0,000

Sonuçlar iki tekrerrün ortalaması±standart hata şeklinde sunulmuştur.

Çizelge 4.11'de görüldüğü üzere kurutma sıcaklığı ve serme kalınlığı faktörlerinin köpüğün nem ve su aktivitesi değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir ( $P>0,05$ ).

**Çizelge 4.11.** Nar suyu tozlarının nem miktarı ve su aktivitesi değerlerine ait varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynakları	SD	Nem miktarı		Su aktivitesi	
		KO	F	KO	F
Sıcaklık (S)	2	0,32	0,78öd	0,00069000	1,01öd
Serme kalınlığı (K)	1	0,96	2,38öd	0,00000033	0,00öd
S × K	2	0,80	1,98öd	0,00035000	0,52öd
Hata	6		0,41		0,0007

\*\*p<0,01 ve \*p<0,05 düzeyinde önemli, öd: önemli değil

Farklı serme kalınlıklarında serilip farklı sıcaklıkta kurutulmuş elde edilen tozların nem ve su aktivitesi değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.12'de verilmektedir. Bu çalışmanın sonuçlarına benzer şekilde Franco ve ark., (2016) köpük kurutulmuş yakon suyu tozunun nem miktarı ve su aktivitesi üzerine serme kalınlığı ve hava sıcaklığının istatistiksel olarak önemli düzeyde etkisinin olmadığını rapor etmiştir.

Çizelge 4.12. Nar suyu tozlarının nem miktarı (g/100g) ve su aktivitesi değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Varyasyon kaynakları		Nem miktarı	Su aktivitesi
Serme kalınlığı	1 mm	1,3±0,4a	0,112±0,006a
	2 mm	1,8±0,1a	0,112±0,013a
Sıcaklık	50°C	1,7±0,2a	0,125±0,016a
	60°C	1,7±0,4a	0,099±0,009a
	70°C	1,2±0,5a	0,112±0,008a

Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

#### 4.3.2. Renk

Köpük kurutma işleminin sonunda elde edilen nar suyu tozlarının L\* değeri, ton açısı, doyunluk ve toplam renk değişimi değerleri Çizelge 4.13'te belirtilmiştir. Nar suyu tozlarının L\* değerlerinin 36,6-40,7, ton açısı değerleri 29,8-36,7, doyunluk değerleri 11,9-16,0 ve toplam renk değişimi değerleri 2,5-7,0 aralığında belirlenmiştir.

Çizelge 4.13. Farklı sıcaklık ve serme kalınlığında üretilen nar suyu tozlarının renk değerleri

Sıcaklık (°C)	Serme kalınlığı	L*	Ton açısı	Doyunluk	ΔE
50 °C	1 mm	39,2±0,3	29,8±0,4	14,2±0,9	4,1±0,9
	2 mm	40,7±0,4	32,0±1,2	13,4±0,8	3,1±0,6
60 °C	1 mm	39,8±0,9	32,8±1,5	12,4±1,2	3,4±0,0
	2 mm	40,6±0,5	36,7±0,9	11,9±1,0	2,5±1,0
70 °C	1 mm	37,3±0,4	31,0±2,4	15,1±1,0	5,7±0,5
	2 mm	36,6±1,2	31,7±1,7	16,0±1,7	7,0±0,7

Sonuçlar iki tekrerrün ortalaması±standart hata şeklinde sunulmuştur.

Varyans analizi sonuçlarına göre sıcaklık tüm renk değerleri üzerine önemli düzeyde (L\* ve toplam renk değişimi değerleri p<0,01, ton açısı ve doyunluk değerleri ise p<0,05 düzeyinde) etki göstermiştir. Serme kalınlığı değeri ise yalnızca ton açısı değeri üzerine etkili bulunmuştur (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. Nar suyu tozlarının renk değerlerine ait varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynakları	SD	L*		Ton açısı		Doyunluk		ΔE	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Sıcaklık (S)	2	12,8	25,10**	18,0	7,89*	11,70	9,10*	13,17	26,46 **
Serme kalınlığı (K)	1	1,0	1,90öd	16,0	6,94*	0,02	0,02öd	0,14	0,28öd
S × K	2	1,2	2,39öd	3,0	1,12öd	0,74	0,57öd	1,73	3,47öd
Hata	6		0,5		2,3		1,3		0,5

\*\*p<0,01 ve \*p<0,05 düzeyinde önemli, öd: önemli değil



Çizelge 4.15'te farklı şartlarda kurutulmuş nar suyu tozlarının renk değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları verilmiştir. Varyans analiz sonuçlarında görüldüğü üzere 1 mm serme kalınlığında üretilen nar suyu tozlarının L\* değeri ile 2 mm kalınlığında üretilen örneklerin L\* değeri istatistiksel olarak benzer bulunmuştur. Kurutma sıcaklığının L\* değeri üzerine etkisi incelendiğinde 50 ve 60 °C arasında fark gözlenmemiş ancak 70 °C sıcaklıkta kurutulan örneklerde azalış gözlenmiştir. Benzer şekilde Franco ve ark (2016) yacon suyunda uygulanan köpük kurutma işlemi sonucunda L\* değerinin kurutma koşullarından etkilendiği ve kuruma süresi arttıkça bu değer azaldığını belirtmiştir. L\* değerindeki bu değişimin sebebi mevcut pigmentlerin konsantrasyonu ve tipi, su içeriği ve yüzeydeki su konsantrasyonu gibi faktörlerle ilişkilendirilmiştir (Viuda-Martos ve ark, 2012) Ayrıca yüksek sıcaklıklarda Maillard reaksiyonu hızının artması ile parlaklık değerinin azalması da bu durumun başka bir nedeni olarak gösterilmektedir (Niamnuy ve diğerleri, 2007).

**Çizelge 4.15.** Nar suyu tozlarına ait örneklerinin L\*, ton açısı, doygunluk ve toplam renk değişimi değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Varyasyon kaynakları		L*	Ton açısı	Doygunluk	ΔE
Serme kalınlığı	1 mm	38,8±0,5a	31,2±0,8b	13,9±0,6a	4,4±0,5a
	2 mm	39,3±0,9a	33,5±1,1a	13,8±0,9a	4,2±0,9a
Sıcaklık	50°C	40,0±0,5a	30,9±0,7b	13,8±0,4ab	3,6±0,4b
	60°C	40,2±0,4a	34,8±1,3a	12,1±0,5b	2,9±0,4b
	70°C	37,0±0,4b	31,3±0,9b	15,6±0,6a	6,3±0,5a

Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

2 mm serme kalınlığında kurutulan nar suyu tozlarının ton açısı değeri, 1 mm kalınlıkta kurutulanlara göre önemli düzeyde yüksek olarak belirlenmiştir. Kurutma sıcaklığı açısından değerlendirildiğinde ise 50 °C ve 70 °C'de kurutulan ürünlerin ton açısı arasında önemli bir fark bulunmazken 60 °C'de kurutulan ürünün istatistiksel olarak daha yüksek ton açısı değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Gac meyvesinin köpük kurutulması ile toz ürün elde etmesine yönelik yapılan bir çalışmada köpük kalınlığı ve kurutma sıcaklığının, kurutulmuş gac meyvesi örneklerinin renk tonu değerlerini önemli ölçüde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır (Auisakchaiyoung, ve Rojanakorn, 2015).

Farklı sıcaklıklarda kurutulan nar suyu tozlarının doygunluk değeri en yüksek 70 kurutma sıcaklığında belirlenmiş ve bunu sırasıyla 50 ve 60 °C izlemiştir. Serme kalınlığındaki değişim doygunluk üzerinde önemli bir farklılığa neden olmamıştır. Çalışmanın sonuçlarına benzer şekilde, köpük kurutma ile kurutulan gac meyvesi

tozlarının doygunluk değeri kurutma sıcaklığının artması ile artmış ve en yüksek doygunluk değerinin en yüksek sıcaklıkta kurutulan toz ürüne ait olduğu görülmüştür. Bunun nedeninin, daha yüksek sıcaklık ve daha uzun kuruma süresi ile Maillard reaksiyonunun hızlanması olarak düşünülmüştür (Auisakchaiyoung, ve Rojanakorn, 2015).

Toplam renk değişimi değeri hammaddeye göre renk de meydana gelen değişimi gösteren bir değerdir. Bu değer 0 ile 1,5 arasında olması üründe meydana gelen renk değişiminin genel tüketiciler tarafından algılanmadığını dolayısıyla ürünlerin eş renkte olduğunu göstermektedir. 1,5 ile 5 arasındaki değerler ise duyuşal olarak algılanabilir, 5 üzerindeki değerlerde ise çok açık renk değişimi olduğu ifade edilmektedir (Obon ve ark., 2009). Varyans analizinde de belirlendiği üzere serme kalınlığındaki değişim, toplam renk değişimi değerinde önemli bir farklılığa sebep olmamıştır. Ancak kurutma sıcaklığı önemli farklılıklara neden olmuştur. Nitekim, 50 ve 60 °C sıcaklıklarda kurutulan örneklerin toplam renk değişimi değerleri arasında önemli bir farklılık gözlenmemişken, 70 °C de kurutulan ürünün toplam renk değişimi istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yukarıda verilen sınıflandırmaya göre 70°C’de kurutma açık bir renk değişimine neden olmuştur. Nitekim, köpük kurutma yöntemiyle elde edilen karides tozunda toplam renk farkı değerlerinin ( $\Delta E$ ) kurutma sıcaklığı arttıkça arttığı rapor edilmiştir (Azizpour ve ark., 2016).

### 4.3.3. Toplam fenolik madde

Farklı sıcaklık ve serme kalınlıklarında köpük kurutma yöntemi ile kurutulmuş toz ürünlere ait toplam fenolik madde değerlerinin 44704,1-52172,3 mg GAE/kg km aralığında değiştiği Çizelge 4.16’da görülmektedir.

**Çizelge 4.16.** Farklı sıcaklık ve serme kalınlığında üretilen nar suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/kg km) değerleri

Sıcaklık (°C)	Serme kalınlığı	Toplam fenolik madde miktarı
50	1 mm	52172,3±330,7
	2 mm	47019,1±236,0
60	1 mm	49732,2±2576,0
	2 mm	50539,0±1295,2
70	1 mm	44875,3±46,5
	2 mm	44704,1±2203,1

Sonuçlar iki tekerrürün ortalaması±standart hata şeklinde sunulmuştur.

Çizelge 4.17’de nar suyu tozlarındaki toplam fenolik madde miktarına ait varyans analizi sonuçları görülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde sıcaklığın toplam fenolik madde miktarı üzerine %1 önem seviyesinde önemli etkisi olduğu belirlenmiştir. Serme kalınlığının ve iki faktörün interaksiyonunun toplam fenolik madde miktarı üzerine önemli etkisi olmadığı bulunmuştur.

**Çizelge 4.17.** Nar suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarı değerlerine ait varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Sıcaklık (S)	2	34644899,0	15,6**
Serme kalınlığı (K)	1	6802452,0	3,1öd
S × K	2	10216401,0	4,6öd
Hata	6	2222388,0	

\*\*p<0,01 düzeyinde önemli, öd: önemli değil

Çizelge 4.18’de nar suyu tozlarındaki toplam fenolik madde miktarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları verilmiştir. 50 ve 60 °C sıcaklıkta kurutulan ürünlerin toplam fenolik madde miktarı istatistiksel açıdan benzer ve 70°C’de kurutulan örneğe kıyasla önemli düzeyde yüksek olarak belirlenmiştir. Fenolik maddelerin sıcaklığa karşı hassasiyeti bilinen bir olgudur. Bununla birlikte yüksek sıcaklıklarda daha hızlı gerçekleşen oksidasyon reaksiyonları nedeniyle fenolik miktarı azalma göstermektedir. Nitekim, kırmızı pancar püresinin köpük kurutma yöntemiyle toz haline getirildiği bir çalışmada da kurutma sıcaklığındaki artış ile toplam fenolik madde miktarında düşüş olduğu bildirilmiştir (Erafşar, 2020). Ayrıca benzer sonuçlar Chandrasekar ve ark., (2015) tarafından yapılan karışık sebze (acı kabak, domates ve salatalık) suyu tozunda da görülmüştür. Toz ürünlerin fenolik madde içeriğinin artan kurutma sıcaklığı ile azaldığı rapor edilmiştir. Fenolik bileşiklerin, yüksek derecede ısıya duyarlı olduğu için yüksek sıcaklıkta bozuldukları sonucuna varılmıştır. Serme kalınlıkları arasındaki farkın toplam fenolik madde miktarında önemli bir farklılığa neden olmadığı görülmüştür. Benzer şekilde, Brar (2018), köpük kurutma işlemini şeftali püresi üzerinde uygulamış ve serme kalınlıklarının fenolik madde içeriğinde önemli bir farka sebep olmadığını rapor etmiştir. Bu sonuçların yanı sıra, frenk üzümü pulpunda uygulanan köpük kurutma işleminde serme kalınlığının artması ile fenolik madde miktarının önemli düzeyde arttığı bildirilmiştir (Zheng ve ark., 2011). Bu farklılığın hammadde özelliklerinin ve kurutma koşullarının farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

**Çizelge 4.18.** Nar suyu tozlarının toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/kg km) değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Varyasyon kaynakları		Toplam fenolik madde miktarı
Serme Kalınlığı	1 mm	48926,6±1436,9a
	2 mm	47420,7±1170,7a
Sıcaklık	50°C	49595,7±1492,2a
	60°C	50135,6±864,3a
	70°C	44789,7±638,0b

Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05).

#### 4.3.4. Antioksidan aktivite

Nar suyu tozlarının antioksidan aktivite değerleri 3 farklı yöntemle belirlenmiştir. Farklı sıcaklık ve serme kalınlıklarında kurutulan nar suyu tozlarının antioksidan aktivitesi DPPH yöntemi ile 76117,9-87936,0 mg TEAA/kg km, FRAP yöntemi ile 48282,9-53302,6 mg TEAA/kg km, CUPRAC yöntemi ile ise 23228,7-25741,8 mg TEAA/kg km olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.19).

**Çizelge 4.19.** Farklı sıcaklık ve serme kalınlığında üretilen nar suyu tozlarının antioksidan aktivite (mg TEAA/kg km) değerleri

Sıcaklık (°C)	Serme Kalınlığı	DPPH	FRAP	CUPRAC
50	1 mm	76611,3±394,2	51710,9±23,9	24998,0±14,8
	2 mm	76117,9±3573,1	51248,0±670,0	24777,4±312,3
60	1 mm	79568,3±1995,3	48282,9±1284,8	23398,3±610,9
	2 mm	77841,2±967,7	49772,7±112,2	24131,0±0,0
70	1 mm	87936,0±3541,0	49245,9±1428,9	23228,7±194,6
	2 mm	82778,2±461,3	53302,6±779,2	25741,8±359,3

Sonuçlar iki tekrerrün ortalaması±standart hata şeklinde sunulmuştur

Varyans analizi sonuçlarına göre DPPH yöntemiyle belirlenen antioksidan aktivite yalnızca sıcaklık önemli düzeyde (p<0,01) etkili olmuştur. FRAP ve CUPRAC yöntemiyle belirlenen antioksidan aktivitelere ise her iki faktör ve interaksiyonu önemli etki göstermiştir (Çizelge 4.20).

**Çizelge 4.20.** Nar suyu tozlarının antioksidan aktivite değerlerine ait varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynakları	SD	DPPH		FRAP		CUPRAC	
		KO	F	KO	F	KO	F
Sıcaklık (S)	2	87063035	17,08**	7399311	9,32*	1295043	12,18**
Serme kalınlığı (K)	1	18146929	3,56öd	8614499	10,85*	3050612	28,69**
S × K	2	5841023	1,15öd	5138348	6,47*	1925423	18,11**
Hata	6	5098555,0		793653,0		106320,0	

\*\*p<0,01 ve \*p<0,05 düzeyinde önemli, öd: önemli değil

Farklı serme kalınlıklarında serilip farklı sıcaklıklarda köpük kurutma yöntemi ile kurutularak elde edilen nar suyu tozlarının, 3 farklı yöntemle belirlenen antioksidan aktivitelerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.21’de verilmektedir.

**Çizelge 4.21.** Nar suyu tozlarının antioksidan aktivite (mg TEAA/kg km) değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Varyasyon kaynakları		DPPH	FRAP	CUPRAC
<b>Serme</b>	1 mm	81372,9±2270,7a	49746,6±734,8b	23875,0±375,2b
<b>Kalınlığı</b>	2 mm	78912,4±1434,3a	51441,1±674,3a	24883,4±308,5a
	50°C	76364,6±1047,5b	51479,4±235,2a	24887,7±110,5a
<b>Sıcaklık</b>	60°C	78704,8±811,4b	49027,8±568,8b	23764,6±275,0b
	70°C	85357,1±1810,9a	51274,3±1261,8a	24485,3±735,0a

Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05).

2 mm serme kalınlığında kurutulan nar suyu tozlarının FRAP ve CUPRAC yöntemi ile belirlenen antioksidan aktivitesinin 1 mm serme kalınlığında kurutulan örneklerle göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. DPPH yönteminde ise her iki serme kalınlığı arasında önemli bir farklılık meydana gelmemiştir.

DPPH yöntemi ile belirlene antioksidan aktivite değerlerinde 50 °C ve 60 °C’de kurutma sıcaklıklarında istatistiksel olarak benzer bulunmuştur. Ancak 70°C’de kurutulan nar suyu tozlarının antioksidan aktivitesi daha yüksek olarak belirlenmiştir. Bu durumun 70°C’de kurutmanın daha kısa sürede tamamlanmasına bağlı olarak antioksidan özellik gösteren bileşenlerdeki kaybın azalmasından kaynaklandığı düşünülmüştür (Di Scala ve ark., 2011; Garau ve ark., 2007). Ayrıca yüksek kurutma daha hızlı gerçekleşen enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu ürünlerinin bir kısmı da antioksidan aktivite gösterebilmektedir (Yılmaz and Toledo, 2005). Dolayısıyla bu bileşenlerin de DPPH ile belirlenen antioksidan aktiviteye katkıda bulunduğu değerlendirilmiştir. Farklı kurutma sıcaklıklarında FRAP ve CUPRAC ile belirlenen antioksidan aktivite değerleri farklılık göstermiştir. Bu yöntemlerde en düşük antioksidan aktivite 60°C’de kurutulan ürünlerde tespit edilmiştir. 50 ve 70°C’de kurutulan ürünlerin antioksidan aktivitesi istatistiksel olarak benzer bulunmuştur. 60°C’de kurutulan ürünlerde 50°C’de kurutulanlara kıyasla daha düşük antioksidan aktivite tespit edilmesinin kurutma sıcaklığının artmasına, 70°C’de kurutulanlara göre ise kurutma süresinin kısalmasına bağlı olarak antioksidan bileşenlerde gerçekleşen kaybın azalmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir (Kandasamy ve ark., (2012).

### 4.3.5. Askorbik asit

Köpük kurutma ile elde edilen nar suyu tozlarına ait askorbik asit değerlerinin 647,3 mg/kg km ile 766,7 mg/kg km değerleri arasında değiştiği gözlenmiştir (Çizelge 4.22).

**Çizelge 4.22.** Farklı sıcaklık ve serme kalınlığında üretilen nar suyu tozlarının askorbik asit (mg/kg km) değerleri

Sıcaklık (°C)	Serme kalınlığı	Askorbik asit
50	1 mm	707,2±35,2
	2 mm	687,3±15,3
60	1 mm	691,6±1,9
	2 mm	647,3±12,0
70	1 mm	750,6±16,1
	2 mm	766,7±13,3

Sonuçlar iki tekerrürün ortalaması±standart hata şeklinde sunulmuştur.

Varyans analizi sonuçlarına göre kurutma sıcaklığının nar suyu tozlarının askorbik asit değeri üzerinde önemli etkisi olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.23). Serme kalınlığı ise nar suyu tozlarının askorbik asit değeri üzerinde istatistiksel olarak önemli etkide bulunmamıştır.

**Çizelge 4.23.** Nar suyu tozlarının askorbik asit değerlerine ait varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Sıcaklık (S)	2	8319,0	24,36**
Serme kalınlığı (K)	1	771,0	2,26öd
S × K	2	925,0	2,71öd
Hata	6	342,0	

\*\*p<0,01 düzeyinde önemli, öd: önemli değil

Çizelge 4.24'de nar suyu tozlarındaki askorbik asit miktarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları verilmiştir. Bu verilere göre serme kalınlığının değişimi askorbik asit değerlerinde önemli bir farklılığa neden olmamıştır. 50 °C ve 60 °C'de kurutulan toz ürünler arasında önemli fark görülmezken, 70 °C'de kurutularak elde edilen toz ürünlerin askorbik asit önemli düzeyde yüksek olarak belirlenmiştir. Bu durumun yüksek sıcaklıkta çok daha kısa sürede kurutma sıcaklığına maruz kalmasından ve bu kısa sürede askorbik asidin daha az tahribata uğramasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Benzer şekilde, daha yüksek sıcaklıklarda köpük kurutma ile daha yüksek askorbik asit içeriği mandalina suyu tozu (Kadam ve ark., 2011) ve çarkıfelek meyvesi suyu tozu için de bildirilmiştir (Khamjæ ve Rojanakorn, 2018). Ancak askorbik asit ısıya hassas bir

vitamin olması nedeniyle aksi bulguları rapor eden birçok çalışma da bulunmaktadır. Nitekim, Kandasamy ve ark., (2012), gliserol monostearat ile köpürtülmüş papaya köpüğünün daha yüksek sıcaklıklarda kurutulması ile askorbik asit miktarının azaldığını bildirmiştir. Dolayısıyla çalışmalar arasındaki bulgu farklılıklarının köpürtme ajanı, köpük serme kalınlığı ve kurutma sıcaklıkları arasındaki değişimden kaynaklanabileceği değerlendirilmiştir.

**Çizelge 4.24.** Nar suyu tozlarının askorbik asit (mg/kg km) değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Varyasyon kaynakları		Askorbik asit
Serme Kalınlığı	1 mm	716,5±13,2a
	2 mm	700,4±22,6a
Sıcaklık	50°C	697,2±12,5b
	60°C	669,5±13,3b
	70°C	758,6±7,6a

Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05).

#### 4.3.6. Toplam monomerik antosiyanin miktarı

Çizelge 4.25’de görüldüğü üzere toz ürüne ait toplam monomerik antosiyanin miktarı değerleri 823,5 ile 1246,8 mg/kg km arasında değişmiştir.

**Çizelge 4.25.** Farklı sıcaklık ve serme kalınlığında üretilen nar suyu tozlarının toplam monomerik antosiyanin miktarı (mg/kg km) değerleri

Sıcaklık (°C)	Serme kalınlığı	Toplam monomerik antosiyanin miktarı
50	1 mm	1246,8±0,0
	2 mm	1183,6±121,7
60	1 mm	967,3±18,6
	2 mm	1081,0±9,2
70	1 mm	823,5±32,9
	2 mm	891,5±85,5

Sonuçlar iki tekrerrün ortalaması±standart hata şeklinde sunulmuştur.

Çizelge 4.26’da verilen varyans analizi sonuçlarına göre toplam monomerik antosiyanin değerine yalnızca sıcaklığın önemli etkisinin olduğu görülmüştür (p<0,01).

**Çizelge 4.26.** Nar suyu tozlarının toplam monomerik antosiyanin miktarı değerlerine ait varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Sıcaklık (S)	2	128184,3	32,52 **
Serme kalınlığı (K)	1	4680,8	1,19öd
S × K	2	8432,6	2,14öd
Hata	6	3941,3	

\*\*p<0,01 düzeyinde önemli, öd: önemli değil

Farklı serme kalınlıklarında serilip farklı sıcaklıkta kurutularak elde edilen tozların toplam monomerik antosiyanin miktarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.27’de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre serme kalınlığı değişimi, nar suyu tozlarına ait toplam monomerik antosiyanin miktarında önemli farklılığa neden olmamıştır. Kurutma sıcaklığı arttıkça toplam monomerik antosiyanin miktarında kademeli azalma gözlenmiştir. Bu sonucun antosiyaninlerin sıcaklığa karşı hassasiyetinden kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Püskürterek kurutma yöntemiyle nar suyu tozu elde edilen bir çalışmada ürünün antosiyanin konsantrasyonunun sıcaklıktan etkilendiği belirlenmiştir (Yousefi ve ark, 2011). Yapılan bir diğer çalışmada kurutma sıcaklığının 65 °C'den 80 °C'ye yükseltilmesi ile, köpük kurutma yöntemiyle kurutulan vişne suyunun antosiyanin içeriğinin azaldığı bildirilmiş ve bu çalışmanın sonuçlarıyla tutarlı olduğu görülmüştür (Abbasi ve Azizpour, 2016).

**Çizelge 4.27.** Nar suyu tozlarının toplam monomerik antosiyanin miktarı değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Varyasyon kaynakları		Toplam monomerik antosiyanin miktarı
Serme Kalınlığı	1 mm	1012,5±78,9a
	2 mm	1052,0±60,6a
Sıcaklık	50°C	1215,2±39,6a
	60°C	1024,1±33,3b
	70°C	857,5±32,9c

Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05).

#### 4.3.7 Antosiyanin profili

Köpük kurutma yöntemiyle elde edilen nar tozlarında 4 farklı antosiyanin [delfinidin-3,5-diglikozit (D3,5G), siyanidin-3,5-diglikozit (S3,5G), delfinidin-3-glikozit (D3G) ve siyanidin-3-glikozit (S3G)] tanımlanmış ve miktarı belirlenmiştir (Çizelge 4.28). Farklı sıcaklık ve serme kalınlıklarında köpük kurutulmuş nar suyu tozlarının S3G



miktarı 88,7-183,4 mg/kg km, S3,5G miktarı 328,4-390,4 mg/kg km, D3G miktarı 174,1-214,3 mg/kg km ve D3,5G miktarı ise 219,1-306,1 mg/kg km olarak belirlenmiştir. Nar suyu tozlarında miktar açısından en yüksek S3,5G bulunduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde, Turfan ve ark., (2011)'de nar suyunda en yüksek miktarda bulunan antosiyaninin S3,5G olduğunu bildirmiştir.

Çizelge 4.28. Nar suyu tozlarının bireysel antosiyanin miktarı değerleri

Sıcaklık (°C)	Serme Kalınlığı	S3G	S3,5G	D3G	D3,5G
50	1 mm	175,8±6,5	390,4±0,1	214,3±0,3	262,2±0,7
	2 mm	183,4±0,4	378,4±13,4	210,0±9,3	260,3±12,7
60	1 mm	156,3±2,5	328,4±5,4	212,3±0,6	219,1±2,6
	2 mm	158,0±0,8	335,6±17,3	207,9±6,8	224,0±0,5
70	1 mm	88,7±3,1	361,0±0,4	174,1±2,7	291,5±1,6
	2 mm	93,6±7,1	346,6±9,3	176,9±0,3	306,1±9,8

Sonuçlar iki tekrerrün ortalaması±standart hata şeklinde sunulmuştur. S3G: Siyanidin-3-glikozit, S3,5G: Siyanidin-3,5diglikozit, D3G: Delfinidin-3-glikozit, D3,5G: Delfinidin-3,5-diglikozit.

Varyans analizine göre toplam monomerik antosiyanin miktarına benzer şekilde bireysel antosiyanin miktarı üzerine yalnızca kurutma sıcaklığının önemli düzeyde etki gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.29).

Çizelge 4.29. Nar suyu tozlarının bireysel antosiyanin miktarı değerlerine ait varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynakları	SD	S3G		S3,5G		D3G		D3,5G	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Sıcaklık (S)	2	8454,0	465,10**	2771,2	278,0**	1696,0	72,54**	5965,1	134,6**
Serme kalınlığı (K)	1	68,0	3,72öd	121,5	1,2öd	11,4	0,49öd	103,2	2,33öd
S×K	2	9,0	0,48öd	140,2	1,4öd	17,0	0,72öd	68,7	1,6öd
Hata	6	18,0		99,0		23,4		18,0	

\*\*p<0,01 düzeyinde önemli, öd: önemli değil, D3,5G: Delfinidin-3,5-diglikozit. S3,5G: Siyanidin-3,5diglikozit. D3G: Delfinidin-3-glikozit. S3G: Siyanidin-3-glikozit

Bireysel antosiyanin miktarlarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.30'da belirtilmiştir. Varyans analizinde de belirlendiğine göre serme kalınlıklarının artması 4 antosiyaninde de önemli bir fark oluşturmamıştır. S3G, S3,5G ve D3G değerleri açısından en yüksek değer 50°C'de gözlenmiştir. D3,5G açısından değerlendirildiğinde ise en yüksek değer 70°C'de belirlenmiştir. Ayrıca 70°C'de kurutulan örneklerin S3,5G miktarı, 60°C'de kurutulanlara kıyasla daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle, diglukozit formundaki nar antosiyaninlerinin ısıl stabilitesinin monoglikozit formuna kıyasla daha yüksek olduğu söylenebilir. Benzer şekilde, rekonstitüye nar sularının farklı sıcaklıklarda depolandığı bir çalışmada diglikozit formundaki antosiyaninlerin

stabilitesinin daha yüksek olduğu rapor edilmiştir (Alighourchi ve Barzegar 2009). Antosiyaninlerin stabilitesinin sıcaklık, pH, oksijen, enzimler ve askorbik asit miktarı gibi çeşitli faktörler etkilemektedir (Choi ve ark., 2002).

**Çizelge 4.30.** Nar suyu tozlarının bireysel antosiyanin miktarı değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Varyasyon kaynakları		S3G	S3,5G	D3G	D3,5G
Serme kalınlığı	1 mm	140,2±16,8a	359,9±11,4a	200,2±8,3a	257,6±13,3a
	2 mm	145,0±16,9a	353,6±9,2a	198,3±7,1a	263,5±15,3a
Sıcaklık	50°C	179,6±2,4a	384,4±4,2a	212,1±2,4a	261,3±3,0b
	60°C	157,1±0,7b	332,0±4,6c	210,1±1,9a	221,6±1,3c
	70°C	91,1±2,2c	353,8±4,0b	175,5±0,9b	298,8±4,2a

Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p<0,05$ ).

S3G: Siyanidin-3-glikozit, S3,5G: Siyanidin-3,5diglikozit, D3G: Delfinidin-3-glikozit, D3,5G: Delfinidin-3,5-diglikozit

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, gıda endüstrisinde yeni bir yöntem olan ve çok sayıda avantajı bir arada bulunduran köpük kurutma yöntemi, normal şartlarda kurutulamayan, ulaşılabilirliği ve kullanımı zor olan nar suyunun toz haline getirilmesi amacıyla denenmiştir. Literatür taramaları sonucu herhangi bir çalışma yapılmadığı belirlenen saponince zengin ekstraktlar köpürtme ajanı olarak kullanılmış ve bu nedenle çalışmanın özgün olduğu değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında öncelikle en uygun köpürtme ve stabilizasyon şartları belirlenmiştir. Daha sonra en uygun şartlarda hazırlanan nar suyu köpükleri farklı serme kalınlıkları ve sürelerinde kurutularak, elde edilen ürünlerin fizikokimyasal özellikleri analiz edilmiştir.

Tez çalışmasından elde edilen sonuçlar ve sonraki çalışmalara ışık tutabilecek bazı öneriler aşağıda özetlenmiştir.

Köpürtme ajanı olarak çöven ekstraktı kullanılması, at kestanesi ekstraktına kıyasla daha düşük köpük yoğunluğu sağlamıştır. Köpürtme ortamına eklenen çöven ekstraktı konsantrasyonunun artışı köpük yoğunluğunda önemli düzeyde azalma sağlarken drenaj hacminde istatistiksel açıdan herhangi bir farklılığa neden olmamıştır. Bu nedenle en uygun ekstrakt konsantrasyonu %0,4 olarak tespit edilmiştir. Çırpma süresi her iki ekstraktın köpük yoğunluğu ve drenaj hacmi üzerine önemli düzeyde etki göstermiş ve en uygun çırpma süresi 3 dk olarak belirlenmiştir.

Saponince zengin ekstraktların stabilizasyonu için karboksimetil selüloz ve lesitin 4 farklı konsantrasyonda test edilmiştir. Karboksimetil selüloz kullanımı daha yüksek köpük yoğunluğuna neden olmuş ancak daha düşük drenaj hacmi eldesine imkân vermiştir. Drenaj hacmi açısından değerlendirildiğinde en uygun stabilizatör konsantrasyonunun %0,03 olduğu tespit edilmiştir. Bu aşamalarda elde edilen sonuçlar en uygun köpürtme şartlarının %0,4 çöven ekstraktı, %0,3 karboksimetil selüloz ve 3 dk çırpma süresi olarak belirlenmiştir.

En uygun şartlarda elde edilen köpükler 1 ve 2 mm serme kalınlığında serilerek tepsili kurutucuda 50, 60 ve 70°C sıcaklıklarda kurutulmuştur. Köpük kurutulmuş nar tozlarında nem miktarı, su aktivitesi, renk, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite, askorbik asit, toplam monomerik antosiyanin miktarı ve antosiyanin profili analizleri gerçekleştirilmiştir.

Toz ürünlerin mümkün olduğunca benzer nem düzeyine kadar kurutulması nedeniyle nem miktarı ve su aktiviteleri istatistiksel olarak benzerlik göstermiştir.

Analiz edilen renk değerleri aısından serme kalınlığı yalnızca ton aısı üzerine önemli düzeyde etki göstermiştir. 2 mm serme kalınlığında kurutulan toz ürünlerin toz aısı değerleri, 1 mm serme kalınlığında kurutulan örneklere göre önemli düzeyde yüksek olarak tespit edilmiştir. Kurutma sıcaklığı tüm renk değerlerinde önemli farklılığa neden olmuştur. 70°C’de kurutulan ürünlerin diğer sıcaklıklarda kurutulanlara kıyasla daha düşük L\* değerine ve daha yüksek toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ) değerine sahip olduğu gözlenmiştir. Bu durumun yüksek sıcaklıkta daha hızlı gerçekleşen esmerleşme reaksiyonlarından kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Serme kalınlığı ürünlerin toplam fenolik madde miktarı ve DPPH antioksidan aktivite değerleri üzerine önemli etki göstermemiştir. Ancak 2 mm serme kalınlığında kurutulan nar suyu tozlarının FRAP ve CUPRAC antioksidan aktiviteleri 1 mm serme kalınlığında kurutulanlara göre daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Bu durumun 2 mm serme kalınlığında yapıya oksijen difüzyonunun azalmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Kurutma sıcaklıkları kıyaslandığında, en düşük toplam fenolik madde miktarı 70°C’de kurutulan ürünlerde tespit edilmiştir. Ancak 70°C’de kurutulan örneklerin DPPH antioksidan aktivitesi ise 50 ve 60°C’de kurutulanlara göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Ayrıca 70°C sıcaklıkta kurutulan ürünlerin FRAP ve CUPRAC antioksidan aktivitesi 50°C’de kurutulanlara benzer ve 60°C’de kurutulan örneklere göre daha yüksek olarak bulunmuştur.

Örneklerin askorbik asit miktarı serme kalınlığına göre değişim göstermemiştir. Ancak yüksek sıcaklıkta kurutma nar suyu tozlarının askorbik asit içeriğinde önemli düzeyde artış sağlamıştır. Bu durumun yüksek sıcaklıkta çok daha kısa sürede kurutma sıcaklığına maruz kalmasından ve bu kısa sürede askorbik asidin daha az tahribata uğramasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

Nar suyu tozlarının toplam monomerik antosiyanin miktarı sıcaklığın artmasına bağlı olarak azalma göstermiştir. Bireysel antosiyaninler aısından değerlendirildiğinde farklı bulgular elde edilmiştir. Nitekim monoglikozit formunda bulunan antosiyaninlerin (Siyanidin-3-glikozit ve delfinidin-3-glikozit) miktarı sıcaklık artışına bağlı azalmıştır. Ancak diglikozit formunda bulunana antosiyaninlerin miktarı sıcaklığa bağlı olarak farklı trend göstermiştir. Siyanidin-3,5-diglikozit miktarı en yüksek 50°C’de belirlenmiş ve bunu sırasıyla 70°C ve 60°C’de kurutulanlar izlemiştir. Diğer yandan delfinidin-3,5-diglikozit miktarı 70°C’de kurutulan ürünlerde belirlenmiş ve bunu sırasıyla 50°C ve 60°C sıcaklıkta kurutulan ürünler takip etmiştir. Bu nedenle diglikozit formundaki

antosiyeninlerin monoglikozit formundakilere göre daha yüksek ısıl stabiliteye sahip olduğunu göstermiştir.

Analiz sonuçları toplu olarak değerlendirildiğinde nar suyunun köpük kurutulması için en uygun kurutma şartlarının 2 mm serme kalınlığı ve 70°C kurutma sıcaklığı olduğu değerlendirilmiştir. Bu şartlarda kurutma yapılması ile hem normal şartlar altında toza dönüştürülmeyen bir ürünün toza dönüştürülmesi mümkün olmuş ve yüksek kalitede kurutulmuş ürün elde edilmiştir. Köpük kurutmanın prensibinden ötürü kurutma maliyetlerini düşük olduğu da düşünülmüştür.

Tez ile ilgili olarak yapılacak yeni çalışmalarda farklı saponince zengin ekstraktların köpük kurutmada kullanılması, saponince zengin ekstraktlar kullanılarak köpük kurutulmuş toz ürünlerin gıda formülasyonlarında test edilmesi ve geleneksel köpürtme ajanları ile karşılaştırılması gerekmektedir. Ayrıca toz ürünün fizikokimyasal özelliklerinin (çözünürlük, higroskopisite, sorpsiyon özellikleri vb.) analiz edildiği yeni çalışmalara da ihtiyaç bulunmaktadır. Elde edilen ürünlerin aroma, tat, koku gibi özellikleri hem duyuşal paneller hem de e-burun ve e-dil gibi teknolojilerle belirlendiği yeni çalışmalarda, saponince zengin ekstraktların daha geniş kullanımına imkân tanıyacaktır.

## 6. KAYNAKLAR

- Abbasi, E., Azizpour, M., 2016, Evaluation of physicochemical properties of foam mat dried sour cherry powder, *LWT-Food Sci Technol*, 68: 105-110.,
- Abuşka, M., 2002, Jeotermal Enerjili Üzüm Kurutma Sistemi Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Akbel, E., 2010, Yüksek protein içeren diyetle beslenen sıçanlara at kestanesi ekstresi verilmesinin kemik ve kalsiyum metabolizmasına etkileri, Doktora Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyonkarahisar, 1-85.
- Aktaş, M., 2007, Isı Pompası Destekli Fındık Kurutma Fırınının Tasarımı, İmalat ve Deneysel İncelenmesi, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-105.
- Basu, A., Penugonda K., Pomegranate juice: a heart-healthy fruit juice, *Nutrition reviews*, 67(1),49–56.
- Arzhavitina, A., Steckel, H., 2010, Foams for pharmaceutical and cosmetic application, *International Journal of Pharmaceutics*, 394(1–2), 1–17.
- Asokapandian, S., Venkatachalam, S., Swamy, G.J., Kuppusamy, K., 2016, Optimization of foaming properties and foam mat drying of muskmelon using soy protein, *Journal of Food Process Engineering*, 39(6), 692–701.
- Apak R., Guclu K., Ozyurek M., Karademir S.E., Ercag E., 2006, The cupric ion reducing antioxidant capacity and polyphenolic content of some herbal teas, *International Journal Food Science and Nutrition* 57(5-6): 292-304.
- Auisakchaiyoung, T., Rojanakorn,T., 2015, Effect of foam-mat drying conditions on quality of dried Gac fruit (*Momordica cochinchinensis* ) aril, *International Food Research Journal* 22(5): 2025-2031.

- Azadzoi K.M., Schulman, R.N., Aviram, M., Siroky, M.B., 2005, Oxidative stress in arteriogenic erectile dysfunction: prophylactic role of antioxidants. *The Journal of Urology*, 174(1):386–93.
- Azizpour, M., Mohebbi, M., Khodaparast, M.H.H., Varidi, M., 2014, Optimization of foaming parameters and investigating the effects of drying temperature on the foam-mat drying of shrimp (*Penaeus indicus*), *Drying Technology*, 32(4), 374-384.
- Azizpour, M., Mohebbi, M., Khodaparast, M.H.H., 2016, Effects of foam-mat drying temperature on physico-chemical and microstructural properties of shrimp powder, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 34, 122-126.
- Barbosa, P.A., 2014, Saponins as immunoadjuvant agent: A review. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 8(41), 1049-1057.
- Battal, H., 2002, Çöven Ekstraktı Üretimi Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-44.
- Baylan, N., 1990, Tahin Helvalarında Saponin Miktarı Üzerinde Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, *Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu*, Proje No: TOVAG-706.
- Bag, S.K., Srivastav, P.P., Mishra, H.N, 2011, Optimization of process parameters for foaming of bael (*Aegle marmelos*) fruit pulp, *Food and Bioprocess Technology*, 4, 1450–1458.
- Benzie, I.F., Strain, J.J., 1996, The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay, *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70-76.
- Boran, M., 2016, Gıda katkı maddelerinde helâllik ve haramlık ölçüleri, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 9/42. 1751-1759.

- Böttcher, S., Drusch, S., 2016, Interfacial properties of saponin extracts and their impact on foam characteristics, *Food Biophysics*, 11:91–100.
- Branco, I.G., Kikuchi, T.T., Argandoña, E.J.S., Moraes, I.C.F., ve Haminiuk, C.W.I. 2016, Drying kinetics and quality of uvaia (*Hexachlamys edulis (O. Berg)*) powder obtained by foam-mat drying, *International Journal of Food Science Technology*, 51(7), 1703-1710.
- Brar, A.S., 2018, Optimization of Foam-mat Drying process for Peaches, Master Tezi, *Guelph Üniversitesi*, Ontario, Canada, 1-84.
- Broch, A., Jena, U., Hoekman, S. K., Langford, J., 2014, Analysis of solid and aqueous phase products from hydrothermal carbonization of whole and lipid-extracted algae. *Energies*, 7(1), 62–79.
- Calvarro, J., Perez-Palacios, T., Ruiz, J., 2016, Modification of gelatin functionality for culinary applications by using transglutaminase, *International Journal of Gastronomy and Food Science*, (5–6), 27–32.
- Cemeroğlu, B., 2017a, Kurutma teknolojisi. Meyve ve sebze işleme teknolojisi, Bizim Grup Basımevi, Ankara.
- Cemeroğlu, B., 2017b, Gıda Analizleri, Bizim Grup Basımevi, Ankara.
- Chandrasekar, V., Gabriela, J.S., Kannan, K., ve Sangamithra, A., 2015, Effect of foaming agent concentration and drying temperature on physiochemical and antimicrobial properties of foam mat dried powder, *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 34 (1):39–43.
- Cheeke, P.R., 2001, Actual and potential applications of *Yucca schidigera* and *Quillaja saponaria* saponins in human and animal nutrition, *Recent Advances in Animal Nutrition in Australia*, 13, 115-126.



- Chen, Y.F., Yang, C.H., Chang, M.S., Ciou, Y.P., ve Huang, C.Y., 2010, Foam properties and detergent abilities of the saponins from *Camellia oleifera*, *Molecular Sciences* 11, 4417-4425.
- Choi, M.H., Kim, G.H., Lee, H.S., 2002, Effects of ascorbic acid retention on juice color and pigment stability in blood orange (*Citrus sinensis*) juice during refrigerated storage, *Food Research International*, 35(8), 753-759.
- Cristofori, V., Caruso, D., Latini, G., Dell'Agli, M., Cammilli, C., Rugini, E., Bignami, C., Muleo, R., 2010, Fruit quality of Italian pomegranate (*Punica granatum L.*) autochthonous varieties, *European Food Research and Technology*, 232, 397-403.
- Çağlayanlar, E., 2006, Çöven ekstraktının maya performansı, hamur reolojik özellikleri ve ekmek kalitesi üzerine etkisi, Doktora Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli.
- Decroo, C., Colson, E., Demeyer, M., Lemaire, V., Caulier, G., Eeckhaut, I., Cornil, J., Flammang, P. and Gerbaux, P., 2017, Tackling saponin diversity in marine animals by mass spectrometry: data acquisition and integration, *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 409(12):3115-3126.
- Dehghannya, J., Pourahmad, M., Ghanbarzadeh, B., Ghaffari, H., 2018, Heat and mass transfer modeling during foam-mat drying of lime juice as affected by different ovalbumin concentrations, *Journal of Food Engineering*, 238,164-177.
- De Pascual-Teresa, S., Santos-Buelga, C., Rivas-Gonzalo, J.G., 2000, Quantitative analysis of flavan-3-ols in Spanish foodstuffs and beverages, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 5331-5337.
- Dickinson, E., 1998, Proteins at interfaces and in emulsions stability, rheology and interactions, *Journal of Chemical Society, Faraday Trans*, 94(12), 1657-1669.
- Di Scala, K., Vega-Gálvez, A., Uribe, E., Oyanadel, R., Miranda, M., Vergara, J., Lemus-Mondaca, R., 2011, Changes of quality characteristics of pepino fruit (*Solanum*

- muricatum ait*) during convective drying, *International Journal of Food Science and Technology*, 46(4), 746–753.
- Djaeni, M., Prasetyaningrum, A., Sasongko, S.B., Widayat, W., Hii, C.L., 2015, Application of foam-mat drying with egg white for carrageenan: drying rate and product quality aspects, *Journal of Food Science and Technology*, 52(2), 1170–1175.
- Erafşar, F.K., 2020 Kırmızı pancar (*Beta vulgaris* L. var. *vulgaris*) püresinin köpük kurutma yöntemiyle kurutulması, Yüksek Lisans Tezi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-57.
- Fardiyah, Q., Rumhayati, B., Khotimah, Y.H., 2018, the Effect of temperature and concentration of foaming agent to the  $\beta$ -carotene content in product derived from carrots, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 299,1-7
- Febrianto, A., Kumalaningsih, S., ve Aswari, A.W., 2012, Process engineering of drying milk powder with foam-mat drying method. a study on the effect of the concentration and types of filler, *Journal of Basic and Applied Research International*, 2(4), 3588– 3592.
- Fernández-León, M.F., Fernández-León, A.M., Ayuso, M.C., González-Gómez, D., 2013, Different postharvest strategies to preserve broccoli quality during storage and shelf life: Controlled atmosphere and 1-MCP, *Food Chemistry*, 138(1), 564-573.
- Fischer, U.A., Carle, R., Kammerer, D.R., 2011, Identification and quantification of phenolic compounds from pomegranate (*Punica granatum* L.) peel, mesocarp, aril and differently produced juices by HPLC, *Food Chemistry*, 127(2), 807–821.
- Franco, T.S., Perussello, C.A., Ellendersen, L.D.S.N., Masson, M.L., 2016, Foam mat drying of yacon juice: experimental analysis and computer simulation, *Journal of Food Engineering*, 158, 48–57.

- Gasperotti, M., Masuero, D., Vrhovsek, U., Guella, G., Mattivi, F., 2010, Profiling and accurate quantification of Rubus ellagitannins and ellagic acid conjugates using direct UPLC-Q-TOF HPLC and HPLC-DAD analysis, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(8), 4602–4616.
- Geankoplis, C., 2003, Transport Process and Separation Principles (Fourth Ed.), Prentice Hall, New Jersey.
- 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.
- Güngör, A., Özbalta, N., 1997, Endüstriyel Kurutma Sistemleri, III. *Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*, 53, 737-747, İzmir.
- Güngör, A., 2006, The physical and mechanical properties of polymer composites filled with Fe-powder, *Journal of Applied Polymer Science*, 99(5), 438–442.
- Garau, M.C., Simal, S., Rosselló, C., Femenia, A., 2007, Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. *Canoneta*) by-products, *Food Chemistry*, 104(3), 1014–1024.
- Haralampidis, K., Trojanowska, M., Osbourn, A.E., 2002, Biosynthesis of triterpenoid saponins in plants, *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology* 75, 31–49.
- Hardy, Z., Jideani, V.A., 2017, Foam-mat drying technology: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(12), 2560–2572.
- Holdsworth, S.M., 1986, Advances in the dehydration of fruits and vegetables, concentration and drying of foods, D. Mac Carthy (Ed.), *Concentration and drying of foods*. London, UK, Elsevier, 293-303.

- Hostettmann, K.A., Manton, A., 1995, Saponins. Chemistry and Pharmacology of Natural Products, *Cambridge University Press*, Cambridge,
- Jian, H.L., Liao, X.X., Zhu, L.W., Zhang, W.M., Jiang, J.X., 2011, Synergism and foaming properties in binary mixtures of a biosurfactant derived from *Camellia oleifera* Abel and synthetic surfactants, *Journal of Colloid and Interface Science*, 359(2), 487-492.
- Johanna, S., 2013, Functional properties of legume proteins compare to egg proteins and their potential as egg replacers in vegan food, *Journal of Experimental Psychology: General*, 136(1), 1-37.
- Kadam, D.M., Balasubramanian, S., 2011, Foam mat drying of tomato juice, *Journal of Food Processing and Preservation*, 35(4), 488–495.
- Kadam, D.M., Rai, R.D., Patil, R.T., Wilson, R.A., Kaur, S., Kumar, R., 2011, Quality of fresh and stored foam mat dried mandarin powder, *International Journal of Food Science Technology*, 46(4), 793-799.
- Kadam, D. M., Wilson, R. A., Kaur, S., 2010, Determination of biochemical properties of foam-mat dried mango powder, *International Journal of Food Science Technology*, 45(8), 1626–1632.
- Kandasamy, P., Varadharaju, N., Kalemullah, S., 2012, Foam mat drying of papaya (*Carica papaya L.*) using glycerol monostearate as foaming agent, *Food Science and Quality Management*, 9, 17–27.
- Kandasamy, P., Varadharaju, N., Kalemullah, S., Maladhi, D., 2014, Optimization of process parameters for foam-mat drying of papaya pulp. *Journal of Food Science and Technology*, 51(10), 2526–2534.
- Kara, T., 2008, Muzun farklı kurutma şartlarındaki kuruma karakteristiklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 1-10.

- Karamallah, K.A., 2000, Gum Arabic-quality and quantity assured, *Gums and Stabilizers for the Food Industry*, 2, 37–52.
- Karim, A.A., Wai, C.C., 1999, Foam-mat drying of starfruit (*Averrhoa carambola* L.) puree, stability and air-drying characteristics, *Food Chemistry*, 64(3), 337-343.
- Kırmacı, V., 2008, Dondurarak kurutma sisteminin tasarımı, imalatı ve performans deneylerinin yapılması, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-117. [40].
- do Canto, G.S., Treter, J., Yang, S., Borre, G.L., Garfo Peixoto, M.P., Ortega G.G., 2010, Evaluation of foam properties of saponin from *Ilex paraguariensis* A. St. Hil. (Aquifoliaceae) fruits, *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 46(2), 237-243.
- Khamjae, T., Rojanakorn, T., 2018, Foam-mat drying of passion fruit aril, *International Food Research Journal*, 25(1), 204-212.
- Klitzing, R. V., Müller, H. J., 2002, Film stability control, *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, 7(1-2), 42-49.
- Kren, V., 2008, Glycoside vs Aglycon: The Role of Glycosidic Residue in Biological Activity, In: Fraser-Reid, B., Tasuka, K. and Thiem, J., (Ed), *Glycoscience*, Berlin: Springer-Verlag.
- Lacaille-Dubois, M.A., Wagner, H., 1996, A review of the biological and pharmacological activities of saponins, *Phytomedicine*, 2(4), 363-386.
- Liu, K., 2004, Soybeans as Functional foods and ingredients, AOCS Publishing, New York, USA, 239–247.
- Lomakina, K., Míková, K., 2006, A study of the factors affecting the foaming properties of egg white- A review, *Czech Journal of Food Sciences*, 24(3), 110–118.

- Mena, P., Girones-Vilaplana, A., Moreno, D.A., García-Viguera, C., 2011, Pomegranate fruit for health promotion: Myths and realities, *Functional Plant Sciences Biotechnology*, 5, 33–42.
- Kutlu, N., İşci, A., Şakıyan, D.Ö., 2015, Gıdalarda ince tabaka kurutma modelleri, *Gıda* 40(1), 39-46.
- Morgan, C.A., Herman, N., White, P.A., Vesey, G., 2006, Preservation of microorganisms by drying: A review. *Journal of Microbiological Methods*, 66(2), 183-193.
- Mounir, S., 2017, Foam Mat Drying, In P. K. Nema, B. P. Kaur, A. S. Mujumdar (Ed.), *Drying Technologies for Foods-Fundamentals and Applications*, India: New India Publishing Agency.
- Mulabagal, V., Calderón, A.I., 2012, Liquid chromatography/mass spectrometry based fingerprinting analysis and mass profiling of *Euterpe oleracea* (açai) dietary supplement raw materials, *Food Chemistry*, 134(2), 1156–1164.
- Muthukumar, A., Ratti, C., Raghavan, V.G.S., 2008, Foam-mat freeze drying of egg white mathematical modeling part II: freeze drying and modeling, *Drying Technology*, 26(4), 513–518.
- Narr Ben, C., Ayed, N., Metche, M., 1996, Quantitative determination of the polyphenolic content of pomegranate peel, *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 203, 374–378.
- Niamnuy, C. Devahastin, S. Soponronnarit S., 2007, Effects of process parameters on quality changes of shrimp during drying in a jet-spouted bed dryer, *Journal of Food Science*, 72(9), E553-E563.
- Nishinari, K., Fang, Y., Guo, S., Phillips, G.O., 2014, Soy proteins: a review on composition, aggregation and emulsification, *Food Hydrocolloids*, 39,301–318.

- Oakenfull, D., 1981, Food chemistry saponins in food—a review, *Food Chemistry* 7(1), 19-40.
- Obón, J. M., Castellar, M. R., Alacid, M., Fernández-López, J. A., 2009, Production of a red–purple food colorant from *Opuntia stricta* fruits by spray drying and its application in food model systems, *Journal of Food Engineering*, 90(4), 471-479.
- Oleszek, W., 2002, Chromatographic determination of plant saponins, *Journal of Chromatography A.*, 967(1), 147-162.
- Pittler, M. H., Ernst, E. 1998, Horse-chestnut seed extract for chronic venous insufficiency: a criteria-based systematic review, *Archives of Dermatology*, 134(11), 1356-1360.
- Poslu, H., 2006, *Gypsophila eriocalyx boiss*'den saponin ekstraksiyonu ve kimyasal yapısının tayini, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-73.
- Proserpio, G., 1980, Gatti, S., Genesi, P., Cosmetic uses of Horse-Chestnut (*Aesculum hippocastanum*) extract, of escin, and of the cholesterol/escin complex, *Fitoterapia* 51(2), 113–28.
- Raharitsifa, N., Ratti, C., 2010, Foam-mat freeze-drying of apple juice part 1: experimental data and ANN simulations, *Journal of Food Process Engineering*, 33, 268-283.
- Rajkumar, P., Kailappan, R., Viswanathan, R., Raghavan, G.S.V., Ratti, C., 2007, Foam mat drying of alphonso mango pulp, *Drying Technology*, 25(2), 357–365.
- Randall, R.C., Phillips, G.O., Williams, P.A., 1989, Fractionation and characterization of gum from Acacia Senegal, *Food Hydrocolloids*, 3(1), 65-75.

- Ray, A.K., Bird, P.B., Iacobucci, G.A., Clark, B.C., 1995, Functionality of gum arabic: fractionation, characterization and evaluation of gum fractions in citrus oil emulsions and model beverages, *Food Hydrocolloids*, 9(2), 123-131.
- Romani, A., Campo, M., Pinelli, P., 2012, HPLC/DAD/ESI-MS analyses and anti-radical activity of hydrolyzable tannins from different vegetal species, *Food Chemistry*, 130(1), 214–221.
- Rosenblat, M., 2006, Aviram, M., Antioxidative properties of pomegranate: in vitro studies. In: Seeram, N.P., Heber, D., (Ed) *Pomegranates: Ancient Roots to Modern Medicine*. New York, Taylor and Francis Group, 31–43.
- Rossi, M., 2007, Use of lecithin and lecithin fractions, in: R. Huopalahti, R. Lopez-Fandino, M. Anton, R. Schade (Ed.), *Bioactive Egg Compounds*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Germany, 229–239.
- Sagar, V.R., Kumar, P.S., 2010, Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review, *Journal Food Science and Technology*, 47(1), 15–26.
- Salahi, M. R., Mohebibi, M., Taghizadeh, M., 2014, Foam-Mat Drying of Cantaloupe (*Cucumis melo*): Optimization of Foaming Parameters and Investigating Drying Characteristics, *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 1798–1808.
- Sangamithra, A., Sivakumar, V., Kannan, K., John, S.G., 2015b, Foam-mat Drying of Muskmelon, *International Journal of Food Engineering*, 11(1), 127–137.
- Sangamithra, A., Venkatachalam, S., John, S. G., Kuppaswamy, K., 2015a, Foam mat drying of food materials: a review, *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 3165–3174.
- Sankat, C.K., Castaigne, F., 2004, Foaming and drying behaviour of ripe bananas, *LWT-Food Science and Technology*, 37(5), 517–525.



- Schneider, M., Virmani, K., 2001, Phospholipids. In J. Young (Ed.), *Guide to functional food ingredients England*, Leatherhead Publishing, 276–291.
- Seeram, N.P., Lee, R., Heber, D., 2004, Bioavailability of ellagic acid in human plasma after consumption of ellagitannins from pomegranate (*Punica granatum L.*) juice, *Science Direct*, 348(1-2), 63–68.
- Shaari, N. A., Sulaiman, R., Rahman, R. A., Bakar, J., 2017, Production of pineapple fruit (*Ananas comosus*) powder using foam mat drying: Effect of whipping time and egg albumen concentration, *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(2), 1-10.
- Sharada, S., 2013, Studies on effect of various operating parameters & foaming agents-drying of fruits and vegetables, *International Journal of Modern Engineering Research*, 94(3), 219-243.
- Sonawane, S.K., Arya, S.S., 2015, Effect of drying and storage on bioactive components of jambhul and wood apple, *Food Science and Technology*, 52(5), 2833–2841.
- Sparg, S.G., Light, M.E., Staden, J., 2004, Biological activities and distribution of plants saponins, *Journal of Ethnopharmacology*, 94(2-3), 219-243.
- Şahin, A., 2006, Nar Bahçesi Tesisi, BATEM Yayınları, Yayın No: 28, Antalya.
- Tariq, M. R., Sameen, A., Khan, M. I., Huma, N., Yasmin, A., 2013, Nutritional and therapeutic properties of whey, *annals, Food Science and Technology*, 14(1), 19–26.
- Thuwapanichayanan, R., Prachayawarakorn, S., Soponronnarit, S., 2008, Drying characteristics and quality of banana foam mat, *Journal of Food Engineering*, 86(4), 573-583.
- Thuwapanichayanan, R., Prachayawarakorn, S., Soponronnarit, S., 2012, Effects of foaming agents and foam density on drying characteristics and textural property of banana foams, *LWT- Food Science and Technology*, 47(2), 348–357.

- Tontul, İ., 2017, Kırınım pencere (refractance window) ve mikrodalga destekli sıcak hava kurutma teknikleri ile fonksiyonel bileşenlerce zengin nar pestili üretimi, Doktora Tezi, *Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-139.
- Topuz, A., 2002, Akışkan yatakta fındık kurutma prosesinde ısı ve kütle geçişinin incelenmesi, Doktora Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 1- 93.
- Turfan, Ö., Türkyılmaz, M., Yemiş, O., Özkan, M., 2011, Anthocyanin and colour changes during processing of pomegranate (*Punica granatum.*, cv. Hicaznar) juice from sacs and whole fruit, *Food Chemistry*, 129(4), 1644-1651.
- Treter, J., Peixoto, M.P.G., Ortega, G.G., Canto, G.S., 2010, Foam-forming properties of *Ilex paraguariensis* (mate) saponin: foamability and foam lifetime analysis by weibull equation, *Química Nova*, 33(7), 1440-1443.
- Van Arsdel, W.B., Copley, J.J., 1963, Food dehydration (2nd Ed). AVI Publishing Co. Westport, New York.
- Venkatachalam S., Sangamithra A., John S.G., Kuppuswamy, K., 2014, Foam mat drying of food materials: A review, *Journal of Food Processing and Preservation*, 39, 3165-3174.
- Wilson R. A., Kadam, D. M., Chadha, S., Sharma, M., 2012, Foam mat drying characteristics of mango pulp, *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*, 2(4),63-69.
- Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Martín-Sánchez, A., Sánchez-Zapata, E., Fernández-López, J., Sendra, E., 2012, Chemical, physico-chemical and functional properties of pomegranate (*Punica granatum*) bagasses powder co-product, *Journal of Food Engineering*, 110(2),220-224.

- Yağcıoğlu, A., 1999, Tarım ürünleri kurutma tekniği, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, No: 536, İzmir.
- Yavuz, A.A., Glas, B., Ihle, M., Hacıoğlu, H., Wehefritz, K., 2014, Patent Application Publication (10) Pub. No: US 2014/0270163 A1, 1(19).
- Yılmaz, Y., Toledo, R., 2005, Antioxidant activity of water-soluble Maillard reaction products, *Food Chemistry*, 93(2), 273-278.
- Yousefi, S. Emam-Djomeh, Z. Mousavi, S.M., 2011, Effect of carrier type and spray drying on the physicochemical properties of powdered and reconstituted pomegranate juice (*Punica granatum*) *Journal of Food Science and Technology*, 48 (6), 677-684.
- Zayas, J. F., 1997, Functionality of Proteins in Food, Bölüm 5: *Foaming properties of proteins*, Berlin Heidelberg, 122–134.

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Rumeysa Nur KARA  
**Uyruğu** : T.C.  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Zonguldak/Çaycuma- 24.05.1996  
**Telefon** : 5078961245  
**Faks** :  
**e-mail** : nrmysa1@gmail.com

### EĞİTİM

<b>Derece</b>	<b>Adı, İlçe, İl</b>	<b>Bitirme Yılı</b>
Lise	: Vakıfbank Zübeyde Hanım Anadolu Lisesi, Karabük	2014
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi, Konya	2018

### İŞ DENEYİMLERİ

<b>Yıl</b>	<b>Kurum</b>	<b>Görevi</b>
2017-2017	Et ve Süt Kurumu	Stajyer Mühendis
2018-2018	Unutulmaz Et Fabrikası	Yönetici Mühendis