

**T.C.**  
**AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**GIDA MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**  
**2024 -YL-72**

**İNFÜZE KURU VIŞNE ÜRETİMİNDE**  
**VAKUMLU EMDİRİM VE ERİTRİTOL KULLANIMININ**  
**KURUMA KİNETİĞİ VE ÜRÜN KALİTE**  
**ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ**

**Fatma Beray AKYÜZLÜ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN**  
**Doç. Dr. Fatih Mehmet YILMAZ**

Bu tez Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından MF-23004 proje numarası ile desteklenmiştir.

**AYDIN - 2024**



## KABUL VE ONAY

T.C. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Yüksek Lisans Programı öğrencisi Fatma Beray AKYÜZLÜ tarafından hazırlanan “İNFÜZE KURU VIŞNE ÜRETİMİNDE VAKUMLU EMDİRİM VE ERİTRİTOL KULLANIMININ KURUMA KİNETİĞİ VE ÜRÜN KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ” başlıklı tez, aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 12/08/2024

### Jüri Üyeleri

#### ONAY:

Başkan : Prof. Dr. Mehmet KARAASLAN  
(Harran Üniversitesi)

Üye : Doç. Dr. Fatih Mehmet YILMAZ  
(Aydın Adnan Menderes Üniversitesi)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Aslı ZUNGUR BASTIOĞLU  
(Aydın Adnan Menderes Üniversitesi)

Bu tez Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun görülmüş ve Fen Bilimleri Enstitüsünün ..... tarih ve ..... sayılı oturumunda alınan ..... numaralı Yönetim Kurulu kararıyla kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ethem AKTÜRK  
Enstitü Müdürü



## TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimim boyunca bana sabrı, ilgisi ve tecrübesiyle her zaman yardımcı olan çok değerli Hocam Doç. Dr. Fatih Mehmet YILMAZ'a teşekkürü bir borç bilirim.

Değerli vakitlerini ayırarak yüksek lisans tez savunma sınavıma katılan ve tezimi değerlendiren Sayın Prof. Dr. Mehmet KARAASLAN ve Dr. Öğr. Üyesi Aslı ZUNGUR BASTIOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın başından beri hiçbir konuda benden desteğini esirgemeyen Arş. Gör. Özlem ERDOĞDU'ya teşekkürlerimi sunarım.

Analizlerim boyunca yardımcı olan Arş. Gör. Dr. Ahmet GÖRGÜÇ, Gıda Yüksek Müh. Kardelen DEMİRCİ ve Gıda Yüksek Müh. Beyzanur BAYRAKTAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmada sağladıkları maddi desteklerden dolayı Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (Proje no: MF-23004)'ne teşekkürü borç bilirim.

Bugünlere gelmemi sağlayan, bana yüksek lisans sürecimde her zaman destek olan Annem Berna AKYÜZLÜ, Babam A. Aydın AKYÜZLÜ, Ağabeyim Mehmet AKYÜZLÜ'ye ve müstakbel eşim İbrahim DAYIOĞLU'na teşekkürlerimi borç bilirim.



## **BİLİMSEL ETİK BEYANI**

“İNFÜZE KURU VIŞNE ÜRETİMİNDE VAKUMLU EMDİRİM VE ERİTRİTOL KULLANIMININ KURUMA KİNETİĞİ VE ÜRÜN KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ” başlıklı Yüksek Lisans tezindeki bütün bilgileri etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yaptığımı bildiririm. İfade ettiklerimin aksi ortaya çıktığında ise her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Fatma Beray AKYÜZLÜ

12/08/2024





# İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY.....	i
TEŞEKKÜR.....	iii
BİLİMSEL ETİK BEYANI.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
SİMGELER DİZİNİ.....	xi
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xv
RESİMLER DİZİNİ.....	xvii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xix
ÖZET.....	xxi
ABSTRACT.....	xxiii
1.GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	7
2.1. Vişne Meyvesi ve Botanik Özellikleri.....	7
2.2. Vişne Meyvesinin Bileşimi.....	8
2.3. Vişnenin Kullanım Alanları.....	10
2.4. Vişne Meyvesinin Dünyada ve Türkiye’de Üretimi.....	11
2.5. Karbonhidratlar ve Özellikleri.....	11
2.5.1.Monosakkaritler ve Disakkaritler.....	12
2.6. Şeker Alkolleri.....	15
2.6.1. Eritritol ve Özellikleri.....	16
2.6.2. İzomalt ve Özellikleri.....	16
2.6.3. Laktitol ve Özellikleri.....	17
2.6.4. Maltitol ve Özellikleri.....	18
2.6.5. Mannitol ve Özellikleri.....	19
2.6.6. Sorbitol ve Özellikleri.....	19
2.6.7. Ksilitol ve Özellikleri.....	20
2.7. Ozmotik Dehidrasyon.....	21
2.7.1. Vakumlu Emdirim Destekli Ozmotik Dehidrasyon.....	23
2.7.2. Ultrases Destekli Ozmotik Dehidrasyon.....	24
3.MATERYAL VE METOT.....	27

3.1. Materyal ve Kimyasallar.....	27
3.2. Ozmotik Dehidrasyon.....	28
3.2.1. Ozmotik Dehidrasyon Çözeltilerinin Hazırlanması.....	29
3.2.2. Kontrol Yöntemiyle Ozmotik Dehidrasyon Uygulaması.....	29
3.2.3. Ultrases Ön İşlemlili Ozmotik Dehidrasyon.....	29
3.2.4. Vakumlu Emdirim Ön İşlemlili Ozmotik Dehidrasyon.....	30
3.3. Kurutma İşlemi.....	31
3.3.1. Kurutma Kinetiği.....	31
3.4. Analizler.....	32
3.4.1. Toplam Kuru Madde Miktarı.....	32
3.4.2. Suda Çözünen Kuru Madde Miktarı.....	32
3.4.3. Su Aktivitesi.....	33
3.4.4. Rehidrasyon Oranı.....	33
3.4.5. Büzüşme Etkisi.....	33
3.4.6. Renk Değerleri.....	34
3.4.7. Esmerleşme İndeksi.....	35
3.4.8. Tekstür Analizi.....	35
3.4.9. Toplam Monomerik Antosiyanin.....	36
3.4.10. Toplam Fenolik Madde Miktarları için ekstaksiyon işlemleri.....	36
3.4.11. Toplam Fenolik Madde.....	37
3.4.12. Toplam Flavanoid.....	37
3.4.13. Antioksidan Kapasite.....	38
3.4.14. SEM ile Hücre yapısının görülmesi.....	39
3.4.15. Duyusal Analiz.....	39
3.4.16. Verilerin İstatistiki olarak değerlendirilmesi.....	40
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	41
4.1. Ozmotik Dehidrasyon Süresinin Belirlenmesi.....	41
4.2. Nem Oranı.....	45
4.3. Kuru Vişnelerin Fizikokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi.....	47
4.3.1. Kuru Madde Miktarı.....	48
4.3.2. Su Aktivitesi Değeri.....	49
4.3.3. Büzüşme Değeri.....	49
4.3.4. Dehidrasyon Kapasitesi.....	51

4.3.5. Esmerleşme İndeksi.....	53
4.4. Kuru Vişnelerin Renk Özellikleri.....	54
4.5. Biyoaktif Özellikler.....	56
4.5.1. Toplam Fenolik Madde (TFM).....	57
4.5.2. Toplam Flavanoid (TF).....	58
4.5.3. Toplam Antosiyanin (TA).....	59
4.5.4. Antioksidan Kapasite.....	60
4.5.4.1. ABTS.....	60
4.5.4.2. DPPH.....	61
4.6. Kuru Vişnelerin Tekstür Özellikleri.....	64
4.7. Kuru Vişnelerin SEM Görüntüleri.....	66
4.8. Kuru Vişnelerin Duyusal Özellikleri.....	69
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	73
6. KAYNAKÇA.....	75
<b>ÖZ GEÇMİŞ.....</b>	<b>85</b>



## SİMGELER DİZİNİ

<b><math>a_w</math></b>	: Su aktivitesi
<b><math>a^*</math></b>	: Yeşillik/Kırmızılık renk koordinatları
<b><math>b^*</math></b>	: Mavilik/Sarılık renk koordinatları
<b><math>^{\circ}B_x</math></b>	: Briks
<b><math>^{\circ}C</math></b>	: Santigrat
<b><math>C</math></b>	: Kroma
<b><math>h^{\circ}</math></b>	: Hue değeri
<b><math>L^*</math></b>	: Koyuluk - açıklık
<b><math>\Delta E</math></b>	: Toplam renk farkı değeri
<b><math>v</math></b>	: Hacim
<b><math>w</math></b>	: Ağırlık



## KISALTMALAR DİZİNİ

<b>ABTS</b>	: 2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit)
<b>ANOVA</b>	: Varyans analizi
<b>AOAC</b>	: Resmi Analitik Kimyagerler Derneği
<b>B</b>	: Büzüşme Değeri
<b>BI</b>	: esmerleşme indeksi
<b>C3R</b>	: Siyanidin-3-glikozilrutinozit
<b>dk.</b>	: Dakika
<b>DPPH</b>	: 2,2-difenil-2-pikrilhidrazil
<b>G</b>	: Gram
<b>HPLC</b>	:Yüksek Performans Sıvı Kromatografisi
<b>FAOSTAT</b>	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü İstatistikleri
<b>GAE</b>	: Gallik asit eşdeğeri
<b>IQF</b>	: Bireysel Hızlı Dondurma
<b>kHz</b>	: Kiloherertz
<b>KM</b>	: Kuru madde
<b>mg</b>	: Miligram
<b>mHz</b>	: Megahertz
<b>µmol</b>	: Mikromol
<b>mL</b>	: Mililitre
<b>MR</b>	: Nem oranı
<b>OD</b>	:Ozmotik dehidrasyon
<b>rpm</b>	:Dakikadaki tur sayısı
<b>RH</b>	: Bağlı nem
<b>RO</b>	:Rehidrasyon oranı

<b>s</b>	: Saniye
<b>SEM</b>	: Taramalı elektron mikroskobu
<b>TA</b>	: Toplam antosiyanin
<b>TE</b>	:Troloks eşdeğeri
<b>TF</b>	:Toplam flavanoid
<b>TFM</b>	:Toplam fenolik madde
<b>W</b>	: Watt



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Vişne meyvesinin içerdiği başlıca fenolik bileşiklerin yapıları.....	10
Şekil 2.2. Glikoz ve fruktoz moleküllerinin kimyasal yapısı.....	13
Şekil 2.3. Sakkarozun kimyasal yapısı.....	14
Şekil 2.4. İzomaltın kimyasal yapısı.....	17
Şekil 2.5. Laktitolün kimyasal yapısı.....	18
Şekil 2.6. Maltitolün kimyasal yapısı.....	18
Şekil 2.7. Mannitolün kimyasal yapısı.....	19
Şekil 2.8. Sorbitolün kimyasal yapısı.....	20
Şekil 2.9. Ksilitolün kimyasal yapısı.....	21
Şekil 3.1. Ozmotik dehidrasyon akış şeması.....	28
Şekil 4.1. Ozmotik dehidrasyon süresinin belirlenmesinde kuru madde değişimi	44
Şekil 4.2. Vişnelerin kurutulması sırasında nem oranının zamana bağlı değişimi	47
Şekil 4.3. Taze vişne ve kuru vişnelerin biyoaktif bileşen miktarları.....	63
Şekil 4.4. Kuru vişnelerin tekstür özellikleri.....	66
Şekil 4.5. Vişnelerin ozmotik dehidrasyon ve konvektif kurutma işlemlerinden sonra SEM görüntüleri.....	69
Şekil 4.6. Kuru vişnelerin duyu özellikleri için ortalama puanları gösteren radar grafikleri.....	71



## RESİMLER DİZİNİ

<b>Resim 2.1.</b> Vişne meyvesinin ağaçtaki görünümü.....	7
<b>Resim 3.1.</b> Vakumlu emdirim cihazı.....	30
<b>Resim 3.2.</b> Kalorimetre ile renk analizi.....	34
<b>Resim 3.3.</b> Duyusal analiz için oluşturulan panel düzeninin görünümü.....	40
<b>Resim 4.1.</b> Ozmotik dehidrasyon sonrası kurutmadan elde edilen son ürünler....	51



## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 2.1.</b> Şekerin gıda ürünlerinde kullanılma fonksiyonları.....	12
<b>Çizelge 2.2.</b> Sakkarozun fiziksel özellikleri .....	14
<b>Çizelge 2.3.</b> Şeker alkollerinin tatlılık, kalori değeri ve glisemik indeks açısından karşılaştırılması.....	15
<b>Çizelge 4.1.</b> Taze vişne ve kuru vişnelerin fizikokimyasal özellikleri.....	48
<b>Çizelge 4.2.</b> Taze ve kuru vişnelerin renk özellikleri.....	56
<b>Çizelge 4.3.</b> Kuru vişnelerin duyuşsal özellikleri.....	70



## ÖZET

### İNFÜZE KURU VIŞNE ÜRETİMİNDE VAKUMLU EMDİRİM VE ERİTRİTOL KULLANIMININ KURUMA KİNETİĞİ VE ÜRÜN KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

**Akyüzlü F. B. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Danışman: Doç. Dr. Fatih Mehmet Yılmaz, Aydın, 2024.**

Bu tezin amacı, vişne (*Prunus cerasus* L.)'den infüze kurutulmuş meyve üretimi için ozmotik dehidrasyon (OD) aşamasında sakkaroz, eritritol ve sakkaroz + eritritol (1:1 w:w) olmak üzere üç farklı çözelti kullanımının kontrol, ultrases ve vakumlu emdirim ön işlemlerinin etkilerinin de incelenerek karşılaştırılması, ardından kurutma kinetiği ve kurutma sonucunda elde edilen kuru vişnelerin son ürün özelliklerinin analiz edilmesi; böylece bir şeker alkolü olan eritritolün sakkarozla alternatif bir ikame olarak kullanılıp kullanılamayacağı araştırılmasıdır. Bu bağlamda, vişne meyvelerinin ideal OD süresini belirlemek için her bir yöntemde zamana bağlı kuru madde değişimi kinetik olarak incelenmiştir. Bunun sonucunda OD süresi 15 saat olarak belirlenmiş olup OD yapılan örneklerin kuru madde miktarları incelendiğinde en etkili yöntemin vakumlu emdirim olduğu tespit edilmiştir. Vakumlu emdirim ön işlemi uygulanan ve ardından OD'ye tabi tutulan vişnelerin kurutma sonunda toplam kuru madde miktarı,  $a_w$ , rehidrasyon oranı, büzüşme etkisi, esmerleşme indeksi, toplam renk farkı ( $\Delta E$ ), biyoaktif madde miktarları, tekstür özellikleri, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile morfolojik özellikleri ve duyusal kalitesi belirlenmiştir. Kinetik değişim incelendiğinde OD aşamasında kuru madde miktarını en çok artıran karbonhidratın eritritol olduğu bulgulanmıştır. Sakkaroz + eritritol çözeltisi ile OD'ye tabi tutularak kurutulan infüze vişnenin  $a_w$ 'si, büzüşme değeri, esmerleşme indeksi değerleri kontrole kıyasla sırasıyla %27, %53 ve %24 oranında düşüş göstermiştir. Sakkaroz + eritritol grubu örneklerinin karbonhidratların bireysel kullanımına kıyasla kontrol grubuna en yakın  $\Delta E$  sağladığı saptanmıştır. En yüksek biyoaktif madde değerlerinin kontrol grubuna ait olduğu

bulgulanmıştır. Tekstür analiz sonuçları incelendiğinde sakkarozla üretilen meyvelerin 2,40 N, eritritol ile 2,91 N ve sakkaroz + eritritol karışımı ile ise 0,79 N sertlik değerine sahip olduğu ve dolayısıyla bireysel kullanıma farkla sakkaroz + eritritol kullanımının önemli ölçüde ürün sertliğini azaltıcı etki gösterdiği not edilmiştir. SEM analizi ile ürünlerin morfolojik özellikleri incelendiğinde, uygulanan işlemlerin etkinliğinin analiz sonuçları ile ilişkilendirilebileceği bulgulanmıştır. Duyusal özellikler incelendiğinde en çok beğenilen ürünün sakkaroz + eritritol grubuna ait olduğu belirlenmiştir. Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, vakumlu emdirim ön işleminin kütle transferine etki ederek OD işlemini hızlandırdığı; ayrıca sakkaroz ile eritritolün OD işleminde bir arada kullanımının ise sağladığı sinerjik etki ile infüze vişnenin hem üretim aşamasında hem de son ürün özelliklerinde tercih edilebilir bir uygulama olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Ozmotik dehidrasyon, Vakumlu emdirim, İnfüze kurutulmuş vişne, Şeker alkolü, Eritritol.



## ABSTRACT

### EFFECTS OF VACUUM IMPREGNATION AND ERYTHRITOL USAGE ON THE DRYING KINETICS AND QUALITY CHARACTERISTICS IN THE PRODUCTION OF INFUSED DRIED SOUR CHERRY

**Akyüzlü F. B. Aydın, Adnan Menderes University, Graduate School of Natural  
and Applied Sciences, Department of Food Engineering, Master's Thesis,  
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Fatih Mehmet Yılmaz, Aydın, 2024.**

This thesis aimed to investigate the effect of sucrose, erythritol and sucrose + erythritol (1:1 v:v) in the osmotic dehydration (OD) stage for the production of infused dried fruit from sour cherry (*Prunus cerasus* L.), as well as the effect of the same substances in the OD stage on the resulting product. The objective was to examine the effects of control, ultrasound and vacuum impregnation pretreatments on the production of infused dried fruit from sour cherries (*Prunus cerasus* L.) and to analyse the drying kinetics and final product properties of the dried sour cherries obtained as a result of drying. The aim was to investigate whether erythritol, a sugar alcohol, can be used as an alternative substitute for sucrose. In this context, the time-dependent dry matter change in each method was analysed kinetically in order to determine the optimal OD time for sour cherries. Consequently, the optimal OD time was established as 15 hours. Subsequent analysis of the dry matter content of the OD samples revealed that the most effective method was vacuum impregnation. At the end of the drying process, a series of analyses were conducted to evaluate the final product. These included measurements of the total dry matter content, water activity ( $a_w$ ), rehydration rate, shrinkage effect, browning index, total colour difference ( $\Delta E$ ), bioactive substances, texture properties, morphological properties by scanning electron microscopy (SEM), and sensorial quality. The analysis of the kinetic change revealed that erythritol was the carbohydrate that exhibited the greatest increase in dry matter content during the OD stage. The  $a_w$ , shrinkage value and browning index values of infused sour cherries subjected to OD with a sucrose + erythritol solution exhibited a decrease of 27%, 53% and 24%, respectively,

in comparison to the control. It was determined that the sucrose + erythritol group samples exhibited the most similar  $\Delta E$  to the control group when compared to the individual use of carbohydrates. The highest bioactive substance values were observed in the control group. The results of the texture analysis revealed that the fruits produced with sucrose exhibited a hardness value of 2.40 N, while those produced with erythritol demonstrated a value of 2.91 N. In contrast, the fruits produced with a sucrose and erythritol mixture exhibited a significantly reduced hardness value of 0.79 N. These findings indicate that the use of a sucrose and erythritol mixture resulted in a notable reduction in products' hardness values compared to the use of either sucrose or erythritol individually. The morphological properties of the products examined by SEM analysis revealed a correlation between the effectiveness of the applied processes. According to sensory analysis, the most preferred product belonged to the sucrose + erythritol group. Upon evaluation of the results, it was determined that vacuum impregnation pre-treatment accelerated the OD process, by affecting the mass transfer. The combination of sucrose and erythritol in the OD process was identified as a favourable application, exhibiting benefits in both the production stage and the final product properties of the infused sour cherry, due to the synergistic effect it provides.

**Keywords:** Osmotic dehydration, Vacuum impregnation, Infused dried sour cherry, Sugar alcohol, Erythritol.

# 1. GİRİŞ

Günden güne artmakta olan Dünya nüfusu, besin maddelerine duyulan ihtiyaç ve çağımızın getirdiği beslenme alışkanlıklarından kaynaklanan sağlık sorunları, sağlıklı ve besleyici gıda ürünlerinin önem kazanmasını sağlamıştır. Bu bağlamda gıda bilimciler artmakta olan gıda ihtiyacını karşılayacak ve beslenme kaynaklı hastalıkların oluşmasını engelleyebilecek daha sağlıklı gıda ürünleri üretmek üzere çalışmalar yapmaktadır. Beslenme kaynaklı oluşan sağlık sorunlarının başında obezite ve diyabet yer almakta olup, ortaya çıkma nedeni diğer özellikler haricinde büyük çoğunlukla aşırı karbonhidrat tüketimi ve yağ depolarındaki artıştır (Kelley vd., 2018). Bu nedenle, gıda ürünlerinde kullanılan şeker miktarını olabildiğince düşürmek ve eğer mümkünse tamamen ortadan kaldırıp, şeker ilavesiz ve sağlıklı yeni ürünler üretmek adına çeşitli çalışmalar yapılmaktadır.

Taze veya kurutulmuş meyveler, doğal olarak yapılarında bulunan çözünmüş şeker molekülleri sayesinde bireylerin günlük enerji ihtiyaçlarını karşılayabilecek sağlıklı atıştırılabilirler olarak kişilerin diyetlerinde yerlerini almaktadır. Latince ismi *Prunus cerasus* L. olan vişne meyvesi, gülgiller (*Rosaceae*) familyasına ait olup dış görünüş olarak kiraza benzeyen ancak şeker içeriği ve asitliği bakımından farklı olup ekşi tada sahip bir meyvedir ve bu özelliğinden dolayı gıda endüstrisinde reçel, marmelat, komposto, meyve suyu, kek ve dondurma ürünlerinde kullanılmaktadır (Önem, 2017). Anavatanının Hazar Denizi ile Kuzey Anadolu dağları arasında yer alan bölgede olduğu düşünülen vişne meyvesi hemen hemen her iklim koşullarında yetişmeye elverişli olduğundan ülkemizde de başta Kütahya, Afyonkarahisar ve Konya olmak üzere birçok bölgede yetiştirilmektedir (Kılıç vd., 2020). Vişne; yüksek oranda şeker, organik asitler, polisakkaritler ve insan sağlığı açısından büyük önem arz eden çeşitli fenolik maddelere sahip olup bunlardan  $\beta$ -karoten, antosiyanin, klorojenik asit, gallik asit p-kumarik asit-1 ve kuersetin açısından oldukça zengindir (Wang vd., 1999). Sahip olduğu fenolik bileşikler sayesinde kalp ve damar hastalıkları ve kanser gibi hastalıkların önlenmesinde rol oynarken; içerdiği antioksidan, antiinflamatuvar ve antimikrobiyal bileşikler sayesinde fonksiyonel bir gıda olarak son yıllarda tüketicilerin ilgisini çekmektedir (Önem, 2017).

Meyve ve sebzelerde bulunan ve temel öğelerinden olan karbonhidratlar, içerik oranı olarak ürün grubuna göre değişmekle birlikte %3 - %20 arasında değişkenlik gösterir. Karbonhidratlar yapılarında buldukları karbon, hidrojen ve oksijen atomlarından oluştukları için genel kimyasal formülleri de  $C_n(H_2O)_n$  olarak gösterilir. Formülde yer alan 'n' değeri karbonhidrat çeşidine göre farklılık göstermektedir. Karbonhidratlar basit ve bileşik şekerler olarak iki gruba ayrılmakta olup bunlardan basit şekerler yani monosakkaritler daha küçük birimlere parçalanamaz olup, bileşik şekerler ise iki veya daha fazla sayıdaki monosakkaritlerin birleşmesiyle oluşurlar. İki tane monosakkaritin birleşmesiyle oluşan şekellere disakkaritler adı verilirken; üç veya daha fazla sayıdaki monosakkaritlerin birleşmesiyle oluşan şekellere ise polisakkaritler adı verilmiştir. Doğada en yaygın olarak bulunan disakkarit sakkaroz ya da bilinen adı ile sofralık şekerdir. Sakkaroz; 1 mol glukoz ve 1 mol fruktozun birleşmesiyle oluşur ve çeşitli enzimler ya da asitler yardımıyla kendisini oluşturan basit şekerlere parçalanır (Cemeroğlu, 2012). Şekerlerin kendi aralarında ve diğer moleküllerle bileşik oluşturmalarını sağlayan reaktif grupları; halkalı yapı üzerinde yer alan ve halkanın açılmasıyla aldehit (-C-H) veya keton (-C=O) grubu oluşturan hidroksil (-OH) gruplarıdır. Eğer şeker molekülü içerisinde aldehit ve keton grupları serbest halde bulunuyorsa bu şekere 'indirgen şeker' denir ve bütün monosakkaritler indirgen şeker grubuna aittir. İki monosakkaritin birleşmesiyle oluşan disakkaritler; serbest aldehit veya keton gruplarını kaybettikleri için indirgen özelliklerini kaybederler. Örneğin glukoz ve fruktozun birleşimiyle oluşan sakkaroz molekülü indirgen şeker özelliğini kaybetmiştir. Sakkaroz, yüzyıllardan beri medeniyetler için ana besin ve geçim kaynağı olduğu için insanların hayatında önemli bir yer edinmiştir. Sakkarozun doğada bulunduğu başlıca yerler ise yeşil bitkilerin yaprak ve gövdeleri, meyve ve kökleri ve kök ve rizomları olarak bilinmektedir. En önemli sakkaroz kaynakları ise hiç şüphesiz şeker pancarı (*Beta vulgaris ssp. vulgaris var. altissima*) ve şeker kamışı (*Saccharum officinarum*) bitkileridir (Belitz vd., 2009). Şekerleri ayırt eden bir diğer özellik ise duyuşal bir özellik olan tatlılık derecesidir. Tatlılık açısından yapılan sınıflandırmaya göre sakkarozun tatlılık derecesi 100 kabul edilirken kendisini oluşturan glukozun 74 ve fruktozun ise 173 olarak belirlenmiştir (Cemeroğlu, 2012).

Teknolojinin gelişmesi ile artan tüketici bilinci, gıda ürünleri tercihlerinin ürünün şeker ve/veya karbonhidrat içeriğine bakarak yapılmasında önemli rol oynamaktadır. Tüketicilerin bu talebini göz önüne alan gıda bilimcileri, gıda ürünlerinin içeriğinde yer

alan ilave şeker yerine ikame olarak kullanılabilen maddeler arayışına girmiştir. Bu noktada hem ürünün tadında kayda değer değişime neden olmayan hem de ürünün şeker içeriğini azaltmaya yarayan ve daha az kaloriye sahip tatlılandırıcı adı verilen maddelerin kullanımına yer verilmeye başlanmıştır. Tatlılandırıcılar; yapay ve doğal olarak sınıflandırılmakta olup, sakkaroz yerine tercih edilecek olan tatlılandırıcıların en az sakkaroz kadar tatlı, renksiz, kokusuz, tadı rahat algılanabilen, düşük kalorili, insan metabolizması tarafından kolayca sindirilebilir olması, termal ve kimyasal stabiliteye sahip olması, diğ çürüklerine neden olmaması, insan vücudunda alerjik, mutajenik ve kanserojenik hiçbir etkisi olmaması, gıda formülasyonlarında kolayca kullanılabilir olması ve ekonomik olması gibi birtakım özelliklere sahip olması gerekmektedir (Nabors, 2001). Gıda endüstrisinde tatlılandırıcı etkisi sayesinde gıda ürünlerinin bileşiminde kullanılan sakkaritlere ek olarak şeker alkollerini ismindeki bileşiklerin kullanımı yaygınlaşmaktadır. Şeker alkollerini olarak bilinen bu bileşikler; aldehit veya keton grubu bir hidroksil grubuyla yer değiştirmiş olan sakkaritler olarak tanımlanmaktadır. Bağlanan sakkarit birimlerinin sayısına göre isimlendirilen şeker alkollerini, çok sayıda sakkarit birimine sahip olabildikleri için polioller olarak da bilinmektedir (Bhise ve Kaur, 2013). Gıda endüstrisinde kullanılmakta olan bazı şeker alkollerini; sorbitol, mannitol, ksilitol, izomalt, eritritol, laktitol, maltitol, hidrojenize nişasta hidrolizatları ve hidrojenize nişasta şurupları örnek olarak gösterilebilir. Şeker alkollerini endüstriyel üretimi üç farklı şekilde meydana gelir; mısır şurubunun katalitik hidrojenizasyonu, enzimatik dönüştürme ve fermentasyon süresince aldehit veya keton gruplarının indirgenmesi. Şeker alkollerini üretimi sırasında sadece aktif gruplar (aldehit ve keton) değiştiği için şeker alkollerini molekül yapısı, hacim ve fonksiyon olarak sakkarozla benzer nitelikte olduğu için uygun bir şeker ikamesi olarak görülmektedir (Aidoo vd., 2013). Bunun yanında insan vücudundaki şeker alkolü emilimi çok yavaş olduğu için ve sindirim reaksiyonu tamamlanamadığı için sindirim sonucunda kısa zincirli yağ asitleri ve gazlar oluşmaktadır. Bundan dolayı şekerlerin tam olarak sindirilmesine kıyasla daha az enerji emilimi meydana geldiği için sindirim sonrasında kan şekerinde artış görülmez ve bu özelliğe sahip olması nedeniyle şeker alkollerini birçok diyabetik ve diyetetik üründe kullanılmaya başlanmıştır (Butt vd., 2002).

Meyve ve sebzelerin kurutulularak saklanması çok eski yıllardan beri öğrenilmiş bir gıda muhafaza yöntemidir. Osmotik dehidrasyon ise, yüksek konsantrasyona ve osmotik basınca sahip hipertonic tuz ya da şeker çözeltilerine daldırılan ya da bekletilen meyve

ve sebze maddelerinin içeriğinde bulunan su moleküllerinin bu yüksek basınçlı ortamda ürünün bünyesini terk edip, içerisine dış ortamda bulunan yüksek konsantrasyona sahip çözülmüş maddeleri (tuz ve şeker) alması olarak tanımlanmaktadır. Bu olay sırasında üç çeşit kütle transferi meydana gelmektedir. İlk olarak ürünün bünyesindeki suyun, ozmotik çözeltiye doğru çıkışı; ikinci olarak ozmotik çözeltiden ürünün bünyesine doğru gerçekleşen çözülmüş katı madde geçişi ve son olarak da ürünün içerisinde bağlı halde bulunan organik asitler, mineraller, vitaminler ve şekerler gibi maddelerin ozmotik çözeltiye doğru geçişi olarak gerçekleşmektedir. Bu geçişin meydana gelmesini sağlayan temel prensip ise ozmotik basınç farkıdır. Ozmotik dehidrasyonun etkinliğini değiştiren birçok faktör mevcuttur. Bunlar; ozmotik dehidrasyonda geçişi sağlanan ozmotik ajan, ozmotik ajanın konsantrasyonu, işlemin gerçekleştiği ortamın sıcaklığı, karıştırma ya da çözdürme gibi fiziksel işlemler, uygulanan ön işlemler, uygulama süresi ve ürünün geometrisidir. Ozmotik dehidrasyon işleminin sonucunda ürünün kalite özelliklerinde iyileşme (renk, tat, yapı, ürün stabilitesi), enerji verimliliği, paketlenme ve dağıtım süreçlerinde meydana gelen maliyetlerin azalması ve kimyasal bir ön işleme gerek duyulmaması gibi birçok yarar sağlanması sebebiyle kurutulacak olan meyvelere ön işlem olarak ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmaktadır (Yetenayet ve Hosahalli, 2010).

Ozmotik dehidrasyon uygulaması, sonrasında kurutulacak olan meyve ya da sebzelerin kalite özellikleri açısından birçok olumlu özelliğe sahip olsa da gerçekleşen kütle transferi çok uzun süre aldığı için ticari anlamda tercih edilebilmesi adına bu süreci hızlandıracak ya da yerini alabilecek birtakım yeni teknolojiler geliştirilmiştir. Bunlardan biri olan vakumlu emdirim teknolojisi; ozmotik dehidrasyon işleminin belirli bir süre boyunca vakum altında gerçekleştirilmesi ile meydana gelmektedir. Ozmotik dehidrasyona uğrayan ürünler iki aşamada vakumlu emdirim tekniği ile muamele edilir. Birincisi; ozmotik dehidrasyon bitince ürünün kapalı bir sisteme alınıp, sistemin kapatılıp kısa bir süreliğine vakum uygulamasının yapılması ile gerçekleşir. İkinci aşamada ise vakum ortamdan uzaklaştırılır ve kapalı durumda olan sistemin atmosferik basınç altında bir süre daha bekletilmesi sağlanır ve bu sayede ortamda kalan gaz molekülleri ortamda sıkışır ve gözenekli yapıya sahip olan gıda ürününün üzerinde kalan ozmotik dehidrasyon sıvısının bu gazın uyguladığı basınç yardımıyla hızlı bir şekilde gıdanın bünyesine geçişi sağlanmış olur (Yılmaz ve Bilek, 2017). Vakumlu emdirim işleminin etkinliğini, son ürünün kalite özelliklerini ve işlem süresini etkileyen birtakım faktörler vardır. Bunlar, gıda ürününün gözenek yapısı, ürünün türü, ürünün geometrisi, vakum basıncı, uygulama

süresi, uygulama sonrası restorasyon süresi, ozmotik sıvının konsantrasyonu ve sıvıdaki çözücü maddenin çeşidi ve moleküler ağırlığı, çözeltinin viskozitesi ve sıcaklığı, karıştırma işlemi ve son olarak çözelti / ürün oranı olarak bilinmektedir (Yılmaz ve Bilek, 2017). Vakumlu emdirim işlemi, geleneksel ozmotik dehidrasyona göre katı-sıvı arafaz alanının artması sonucu her iki fazda kütle transferinin artmasına olanak sağladığı ve gıdanın içerisinde bulunan değerli uçucu bileşiklerle ürünün renk kaybının daha az olması sebebiyle ozmotik dehidrasyonu güçlendirecek bir yöntem olarak görülmektedir (Yılmaz ve Bilek, 2017).

Ultrases teknolojisi de ozmotik dehidrasyonu hızlandıran bir diğer yöntem olarak kullanılmaya başlanmıştır. Ultrases; 18 kHz–100 MHz frekansa sahip ses dalgaları tarafından üretilen bir enerji şeklidir. Gıda işlemede kullanılan Ultrases dalgaları ise genellikle 20 kHz ile 1 MHz dalga boyu aralığında değişmektedir. Ultrases teknolojisinin ozmotik dehidrasyon uygulamasında destekleyici yöntem olarak kullanımı ise gıda materyali yüzeyindeki ultrasonik etkiyi ve ozmotik basınç etkisini kombine ederek dehidrasyon esnasında kütle aktarımını hızlandırmak üzerine tasarlanmıştır. (Bchir vd., 2020). Bu uygulamada ortamdaki sıvı fazda kaviteler oluşmakta ve meydana gelen küçük boyuttaki hücre duvarındaki zedelenmeler ile kütle transferinin hızı artmakta ve zar yüzeyinde katı difüzyon kalınlığı azalmaktadır. Katı fazda, alternatif sıkışmalar ve genişlemeler sünger benzeri bir yapı oluşturmakta ve böylece katı ortamdan suyun akışını kolaylaştıran mikrokanallar oluşmaktadır (Sakooei-Vayghan vd., 2020). Ayrıca gözeneklerde sıkışan gazın genişmesi ile ozmotik çözelti tarafından doldurulacak boş gözeneklerin oluşmasına yol açmaktadır (Pantelidou vd., 2021).

Tüm bu bilgiler ışığında bu tez çalışmasının amacı, ülkemizde ve dünyada düşük şeker içerikli ürünlere olan talebin artması sebebiyle sağlıklı bir atıştırmalık olarak tüketilebilecek kuru vişne ürünlerinin; sırasıyla sakkaroz, eritritol şeker alkolü ve sakkaroz/eritritol çözeltilerinde vakumlu emdirim ön işlemi ile ozmotik dehidrasyona uğradıktan sonra sıcak hava akımlı döner tepsili fırınında kurutulması sonucunda elde edilen kuru vişnelerin kurutma kinetiği ile son ürünün kalite özelliklerine etkileri araştırılıp, bir şeker alkolü olan eritritolün sakkarozun yerine ikame olarak kullanılıp kullanılamayacağı araştırılmasıdır. Ayrıca, bu çalışmalar ışığında yüksek katma değere sahip yeni bir ticari ürünün ülkemiz ekonomisine kazandırılması amaçlanmıştır.

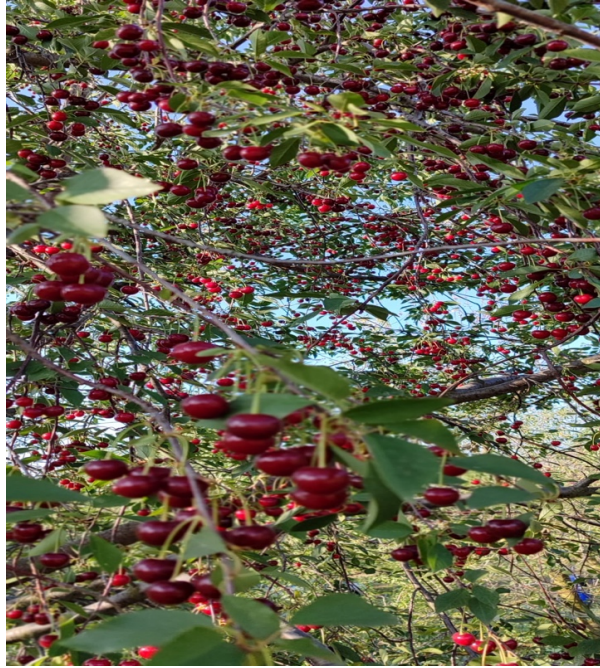




## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1. Vişne Meyvesi ve Botanik Özellikleri

Vişne meyvesi, (*Prunus cerasus L.*) gülgiller familyasına üye olup, *cerasus* alt cinsi bitkinin çiçeklerinin bir arada olduğu ve zayıf bir sap ile meyveye tutunan ince bir yaprağın koruduğu bir demet şekline ve pürüzsüz yüzeye sahip olmaları ile diğer üyelerinden ayrılırlar (Özçağırın vd., 2005). Vişne meyvesi, koyu kırmızı renge sahip olan ‘morello’ ve açık renge sahip olan ‘amarelle’ varyetesi olarak ikiye ayrılır. Hazar Denizi ile Kuzey Anadolu dağları arasında kalan bölgede ortaya çıkmış olduğu tahmin edilen vişne meyvesi, kısa sürede olgunlaştığı ve hassas bir yapısı olduğu için hasat sezonu kısa olmakla birlikte, düşük sıcaklıklara karşı göreceli olarak tolerans sahibi olduğu için ülkemizde ve dünyanın çeşitli yerlerinde yaygın olarak yetiştirilmektedir (Kirakosyan vd., 2013).



**Resim 2.1.** Vişne meyvesinin ağaçtaki görünümü

## 2.2. Vişne Meyvesinin Bileşimi

Gıda ürünlerinin temel bileşeni olan su, vişnelerde %80 - 83 oranında bulunmakta olup, hasat sırasında daha düşük bir nem seviyesinde olmasına özen gösterilir.

Tüm meyveler gibi vişneler de yapılarında yüksek oranda şeker molekülü bulundurlar. Çeşitli verilere göre vişne meyvesi yapısında başlıca glukoz, fruktoz ve sakkarozdan oluşmak üzere 8,00-21,5 g/100 g şeker bulundurur (Sokół-Łętowska vd., 2020).

Vişneyi kirazdan ayırt edecek en büyük fark olan ekşi tada sahip olmasına neden olan organik asitlerden (başlıca malik asit) 295,0-1742,0 mg/100 g bulundurur (Sokół-Łętowska vd., 2020). Şeker/asit değeri özellikle meyve sularında çok önemli bir gösterge olup, vişnelerin meyve suyu için tercih edilmesinin sebeplerinden biridir. Schuster (2019) tarafından yapılan bir çalışmada 18 farklı vişne varyetesinden elde edilen şeker/asit oranlarının 0,48 g/L ve 1,36 g/L arasında değişkenlik gösterdiği not edilmiştir.

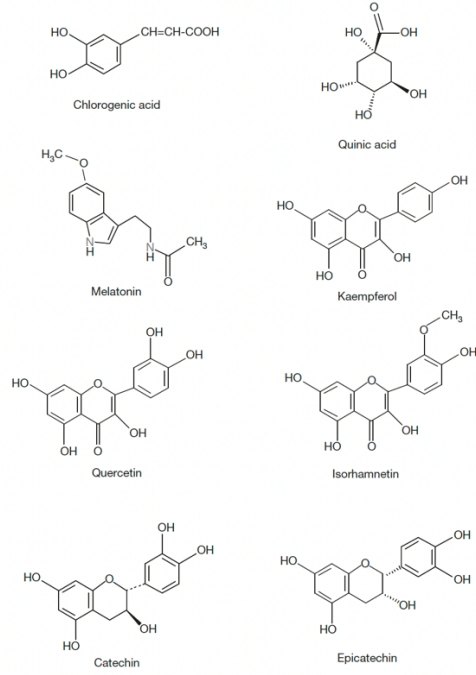
Vişnelerdeki protein miktarı %0,8 - 1,4 arasında değişmekle birlikte, en çok bulunan aminoasitler glutamik asit (%0,04-0,08) ve lizin (%0,03-0,04) olduğu bilinmektedir. Vişnede bulunan proteinler aspartik asitçe zengin olup, indolaminlerden olan triptopan, melatonin ve serotonin de bulunmaktadır. Melatonin ve serotonin, triptopan tarafından sentezlenir (Serradilla vd., 2016).

Vişne meyvesi genel anlamda düşük yağa sahip olan bir gıdadır. 0,2 - 0,7g/100 g yenilebilir asit içeriğine sahip olan vişne içerisinde doymuş, tekli doymamış ve çoklu doymamış yağ asitleri bulunmaktadır. Doymuş yağlardan palmitik ve stearik asidi sırasıyla 30-50 mg/100 g ve 10-20 mg/100 g miktarlarında içeren vişne, tekli doymamış yağ asitlerinden en çok oleik asidi 10-80 mg/10mg içeriğinde bulundurmaktadır. Çoklu doymamış yağ asitlerinden ise linoleik asidi ve  $\alpha$ -linoleik asidi sırasıyla 25 mg/100 g ve 50 mg/100 g oranında içermektedir (Serradilla vd., 2016). Kısa zincirli doymuş yağ asidi ve kolesterol bulundurmeyen vişne meyvesi, yağ içeriği olarak da sağlıklı bir besin kaynağı olduğunu göstermektedir.

Vişne meyvesi başta potasyum (170-260 mg/100g) olmak üzere fosfor, kalsiyum, magnezyum, sodyum, demir, mangan, bakır, çinko, iyot ve selenyum gibi birçok minerali yapısında bulundurmaktadır (Serradilla vd., 2016).

Vişne meyvesinde suda çözünen vitaminlerden olan 6-10 mg/100 g oranıyla askorbik asidi (C vitamini) niacin ve pantotenik asit (0,15-0,40 mg/100g), tiamin ve riboflavin (0,02-0,05 mg/100g), folat ve biotin (mikro düzeyde) takip etmekte olup, yağda çözünen vitaminlerden E vitamini 0,07-0,2 mg TAE/100g oranında bulunurken, 64 mg RAE/100g miktarında da A vitamini bulunmaktadır (Serradilla vd., 2016).

Oldukça yüksek oranda fitokimyasala sahip olan vişne, 254,0-407,0 mg toplam polifenol/100 g içerir (Neveu vd., 2010). İçerdiği başlıca fenolik asitler ise 3-kafeoilkinik, 5-kafeoilkinik ve p-kumarik asitlerdir. Karakteristik kırmızı rengini sağlayan antosiyaninler de meyvede oldukça yüksek oranda bulunur. Vişnenin antioksidan kapasitesi varyeteye bağlı olarak değişmekle beraber 200.0-2000.0 µmol TE/100 g arasındadır (Sokół-Łętowska vd., 2020). Fenolik bileşikler, içinde buldukları gıdaların renk, tat ve aroma gibi birçok özelliğini etkiledikleri için önem arz ederler. Vişne meyvesi de içerisinde bulunan antosiyanin ve hidrokisisamik asitlerden dolayı toplam fenolik bileşikler açısından oldukça zengindir. Hidrokisisamik asitlerden vişnede en çok bulunanlar klorojenik asit, neoklorojenik asit ve p-kumarolik asitlerdir (Chaovanalikit ve Wrolstad, 2004). Vişne içerisinde en yaygın olarak bulunan antosiyaninler ise siyanidin türevleri olan siyanidin-3-glukozit, siyanidin-3-rutinozit, siyanidin-3-glukozilrutinozit, siyanidin-3-soforozit, pelargonidin-3-glukozit, peonidin-3-rutinozit ve siyanidin-3-arabinozil rutinozit olarak belirtilmiştir (Kirakosyan vd., 2013). Vişnede bulunan flavonoid glukozitler arasında; kuersetin-3-glukozilrutinozit, kuersetin-3-rutinozit, kuersetin-3-glukozit, kaempferol-3-glukozit, kaempferol-3-rutinozit ve izoramnetin-3-rutinozit bulunmaktadır (Kirakosyan vd., 2009). Vişne meyvelerinin bulundurduğu bir diğer fenolik bileşik ise flavonollardır. Bunlardan, kateşin, epikateşin, gallokateşin ve epigalaktokateşin en yaygın olarak bulunanlarıdır (Piccolella vd., 2008).



**Şekil 2.1.** Vişne meyvesinin içerdiği başlıca fenolik bileşiklerin yapıları (Kirakosyan vd, 2013).

### 2.3. Vişnenin Kullanım Alanları

Vişne, her ne kadar sahip olduğu karakteristik ekşi tattan dolayı kirazın aksine ön işlem gerektirdiği için kullanım alanı kısıtlanmış olsa da; çeşitli reçel, marmelat, kek, kurabiye, dondurma, meyve suyu, gazlı içecek, alkollü içecek, yemek, kahvaltılık gevrek ve kuru meyve atıştırmalıkları ürünlerinde kullanılmaktadır. Yapılan araştırmalar sonucunda vişnenin sahip olduğu fenolik bileşiklerin antimikrobiyal, antikanserojenik ve antiinflamatuar etkisi ve kalp ve damar hastalıklarının önlenmesinde etkin rol oynadığı bilindiğinden dolayı son yıllarda kamuoyunda vişne ve vişnelerden elde edilen ürünleri tüketme konusunda oldukça yüksek bir ilgi oluşmuştur (Kelley vd., 2018).

## 2.4. Vişne Meyvesinin Dünyada ve Türkiye’de Üretimi

Vişne meyvesi, (*Prunus cerasus L.*), gülgiller familyasına ait olan bir meyvedir. Latince ismini günümüzde Giresun olarak anılan ilimizin eski ismi olan Kerasus’tan almış olan vişne meyvesi, dünyada en çok Rusya, Ukrayna, Türkiye ve Polonya ülkelerinde üretilmektedir. FAO’nun 2021 yılı verilerine göre dünya vişne üretiminde Rusya 276.800 ton ile birinci ülke olurken; Türkiye ise 176.400 ton ile 3. sırada yer almaktadır (FAOSTAT, 2021). Amerikan Tarım Bakanlığı’nın 2022 yılında yayınladığı rapora göre Dünya genelindeki vişne ihracatında ise Şili, Amerika Birleşik Devletleri ve Hong Kong öncü ülkelerden olurken Türkiye ise toplam vişne ihracatının %15 ’lik kısmını temsil etmektedir. Yine aynı rapora göre Türkiye, büyük çoğunluğu AB ülkelerine, Rusya ve Doğu Asya ülkelerine olmak üzere 2021-2022 sezonunda 184.000 ton vişne ihraç etmiştir. Türkiye’nin vişne ihraç ettiği başlıca ülkeler; Almanya (24.558 ton), Rusya (23.116 ton) ve Irak (7.128 ton) olmuştur (USDA, 2022). Türkiye’de vişne üretim sezonunun nisan ayında başladığı kabul edilmekte olup, en çok Orta Anadolu, Ege ve Marmara Bölgeleri’nde üretim yapılmaktadır. Ülke genelindeki vişne üretiminin %10,3’ünü karşılayan Konya ili üretim sıralamasında 1. sırada yer alırken İzmir %10 ile 2., Bursa %9,2 ile 3., Manisa %7,3 ile 4. ve son olarak Amasya %5,8 ile 5. sırada yer almaktadır (USDA, 2022). 2022 yılında Türkiye’de toplam ekili alanın (100.000 hektar) yaklaşık %0,2’sini vişne ağaçları oluşturmakta olup (20.000 hektar) ülke genelinde toplamda 6 milyon meyve veren verimli vişne ağacı olduğu düşünülmektedir (USDA, 2022).

## 2.5. Karbonhidratlar ve Özellikleri

Dünya üzerinde tüm canlıların başlıca besin ve enerji kaynağı karbonhidratlardır. Bitkilerde biyokimyasal bir reaksiyon olan fotosentez sonucu oluşan karbonhidratlar, bitki, hayvan ve insanlarda hazır bir enerji kaynağı olarak bulunurlar. Meyve ve sebzelerde değişik oranlarda bulunmakla birlikte %3-%20 oranında karbonhidrat olduğu kabul edilmektedir. Karbonhidratlar, isimlerini içeriğinde bulunan karbon (C), hidrojen (H) ve oksijen (O) moleküllerinden almakta olup  $C_n(H_2O)_n$  genel formülü ile ifade edilirler. Bu genel formülde yer alan ‘n’ değeri, karbonhidrat çeşidine bağlı olarak üç ile

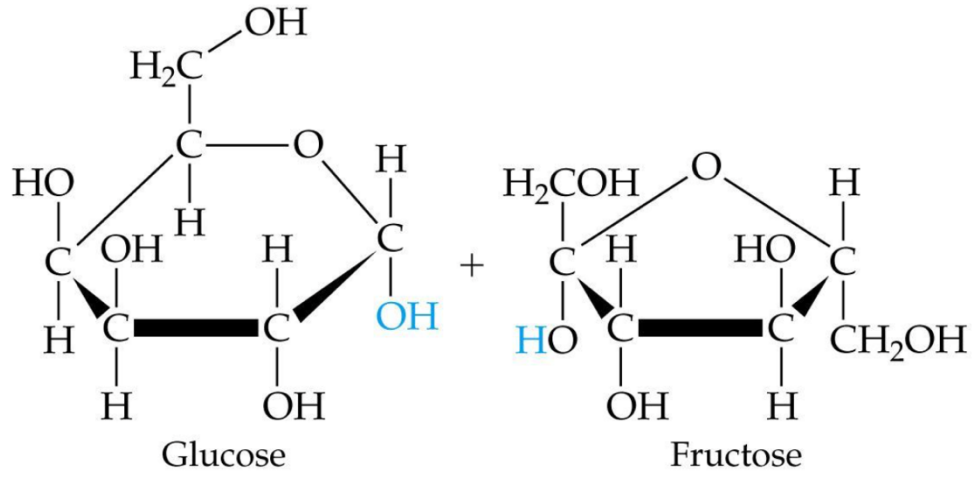
birkaç bine kadar farklı değer alabilirler. Karbonhidratlar, hidrolize olma özellikleri açısından basit ve bileşik şekerler olarak ikiye ayrılırlar. Basit şekerler, yani diğer ismiyle monosakkaritler kendilerinden daha küçük yapıtaşlarına ayrılamazken bileşik şekerler ise iki ya da daha fazla sayıda monosakkaritten oluştuğu için hidrolize uğradıklarında kendilerini oluşturan monosakkaritlere parçalanırlar. İki monosakkaritten oluşan bileşik şekerler disakkarit, üç monosakkaritten oluşan bileşik şekerler trisakkarit ve üçten fazla sayıda monosakkaritten oluşan bileşik şekerler ise polisakkaritler ismini alırlar.

**Çizelge 2.1.** Şekerin gıda ürünlerinde kullanılma fonksiyonları (Davis, 1995)

KATEGORİ	ŞEKERİN KATKIDA BULUNDUĞU ÖZELLİK
Duyusal	Tatlılık Tat ve Aroma Tekstür Görünüş ve renk
Fiziksel	Kristalizasyon Viskozite Ozmotik basınç Higrokapasite Yapı Tanecik boyutu
Mikrobiyal	Koruma Fermentasyon
Kimyasal	Enzimatik olmayan esmerleşme Karamelizasyon Antioksidan

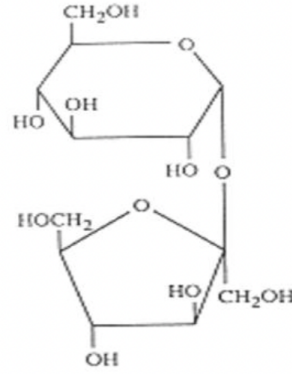
### 2.5.1. Monosakkaritler ve Disakkaritler

Doğada en yaygın bulunan monosakkaritler 6 tane karbon atomuna sahip heksozlar olup glukoz ve fruktoz bunlardan en önemlileridir. Hem glukozda hem de fruktozda 6 tane karbon, 12 tane hidrojen ve 6 tane oksijen atomu bulunmasına karşın, yapılarında bulunan oksijen ve hidrojenlerin bulunduğu konumdan dolayı ayırt edilmektedir.



**Şekil 2.2.** Glukoz ve fruktoz moleküllerinin kimyasal yapısı (Nas vd., 2002)

Disakkaritlerden ise meyve ve sebzelerde en çok bulunanı sakkarozdur. 1 mol glukoz ve 1 mol fruktozun glikozit bağ ile bağlanması sonucu oluşan sakkaroz, sofralık şeker olarak da bilinir. Şekerlerin birleşmeleri ve parçalanmaları sırasında oluşan ve kırılan bağlar, reaktif gruplarda meydana gelir. Şekerlerin kimyasal reaktif grupları ise halkalı yapı üzerinde bulunan aldehit (-C-H) ve keton (-C=O) grubunu oluşturan hidroksil (-OH) gruplarıdır. Serbest olarak aldehit ve keton gruplarını bulunduran ve reaksiyona girme eğiliminde olan şekerlere indirgen şeker adı verilir ve tüm monosakkaritler indirgen şeker özelliğindedir. Birbirlerinin aldehit ve keton grupları ile glikozit bağlarıyla yeni bir bileşik oluşturan şekerler, reaktif gruplarını kaybettikleri için indirgen özelliklerini kaybederler. İndirgen özellikte olan glukoz ve fruktozun birleşmesi sonucunda oluşan bir disakkarit olan sakkaroz ise indirgen özelliğini yitirmiş olur. Sakkaroz oluşurken  $\alpha$ -D-glukopiranozil ve  $\beta$ -D-fruktofuranozil birimlerinin bağlanması sonucu glikozit bağı meydana gelir.



**Şekil 2.3.** Sakkarozun kimyasal yapısı (Nas vd., 2002)

Sakkarozun sahip olduğu birtakım işlevsel özelliklerinden dolayı gıda endüstrisinde çeşitli gıda formülasyonlarında kullanıldığı bilinmektedir. Sakkarozun sahip olduğu bazı işlevsel özellikleri şu şekilde özetlemek mümkündür:

- Suda yüksek çözünürlüğe sahip olması,
- Alkolde çözünmemesi,
- Kristal oluşturması,
- Konsantre haldeki sakkarozun mikroorganizma oluşumunu engellemesi,
- Tatlılık derecesinin (sakkaroz 100 olarak kabul edilir) diğer şekerlere kıyasla daha yüksek olması sebebiyle tatlandırıcı olarak kullanılması.

**Çizelge 2.2.** Sakkarozun fiziksel özellikleri (Zumbe vd., 2001)

Molekül Ağırlığı	342 g/mol
Kalori Değeri	4 kkal/g
Solüsyon ısısı (25 °C)	-4,3kkal/g
20 °C'deki çözünürlük	%67
50 °C'deki çözünürlük	%72
Erime noktası	184 °C
Nem çekicilik/ denge relative nem (20 °C'de toz halde)	84



## 2.6. Şeker Alkolleri

Şeker alkolleri ya da diğer ismi ile polioller, karbonhidratların aldehit gruplarının yerine bir hidroksil grubu yerleşmesiyle oluşan ve insan metabolizmasında az oranda sindirilen moleküllerdir. Çoğu şeker alkolü aldoz şekerlerlerden meydana geldiği için alditol olarak da isimlendirilirler. Sahip oldukları tatlılık özelliği nedeniyle başlıca tatlılandırıcı olarak kullanılan şeker alkolleri; yapı, koruyucu özelliği, nem tutma özelliği ve ağızda serinlik hissiyatı verme gibi özellikleri olduğu için gıda formülasyonlarında genelde diğer tatlılandırıcılarla kombinasyon yapılarak kullanılırlar. İnsan sindirim sisteminde bağırsaklardaki mikroorganizmalar tarafından fermentatif yıkılım ile parçalandığı için bu sindirim sonucu kısa zincirli yağ asitleri ve gaz açığa çıkar. Yavaş ve kısmi bir emilim meydana geldiği için diğer karbonhidratlara kıyasla daha düşük besin değerine, kaloriye ve glisemik indekse sahip olduğu için özellikle diyabetik hastalarda kullanımı oldukça yaygın hale gelmiştir. Bunlara ek olarak, bağırsaklarda mikroorganizmalar tarafından parçalandıkları için prebiyotik görevi de görürler ve bağırsak fonksiyonlarının düzenlenmesinde lifler gibi önemli rol oynarlar (Grembecka, 2015). Şeker alkollerinden gıda endüstrisinde en çok kullanılanlar; eritritol, izomalt, laktitol, maltitol, mannitol, sorbitol ve ksilitol olarak örneklendirilebilir.

**Çizelge 2.3.** Şeker alkollerinin tatlılık, kalori değeri ve glisemik indeks açısından karşılaştırılması (Grembecka, 2015)

<b>Poliol tipi</b>	<b>Tatlılık</b>	<b>Kalori Değeri (kcal/g)</b>	<b>Glisemik İndeks</b>
Eritritol	0,6-0,8	0,2	0
İzomalt	0,45-0,65	2,0	9
Laktitol	0,3-0,4	1,9	6
Maltitol	0,9	2,1	35
Mannitol	0,5-0,7	1,6	0
Sorbitol	0,5-0,7	2,7	9
Ksilitol	1,0	2,4	13

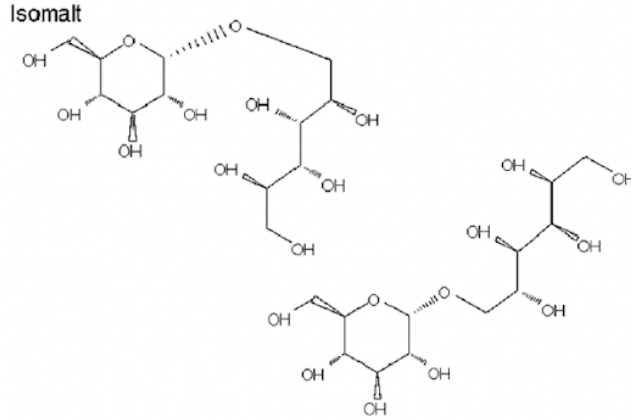
### 2.6.1. Eritritol ve Özellikleri

Kimyasal ismi 1,2,3,4-Bütanetetrol olan eritritoller, doğada çeşitli sebze, meyve, mantar ve fermente edilmiş gıda ürünlerde bulunmaktadır. Endüstriyel olarak *Moniliella pollinis* ya da *Trichosporonoides megachiliensis* gibi ozmofilik mayalar tarafından olduğu gibi *Leuconostoc mesenteroides* ve *Lactobacillus sanfranciscensis* gibi laktik asit bakterileri tarafından fermente edilerek üretilirler (Cock vd., 2018). Eritritoller, yüksek sıcaklıklara, asidik ve bazik ortamlara karşı yüksek dayanım gösterdikleri için ve bunlar dolayısıyla Maillard tepkimesine girmedikleri için diğer şeker alkollerinden ayrılırlar. İnsan vücudunda sindirilmeye karşı dirençli oldukları için glisemik indeksi yükseltmezler ve dişlerin çürümelerini engellerler (Livesey vd., 2012). Eritritol, sakkarozla kıyasla %70 oranında tatlılık derecesine sahip olması nedeniyle gıda endüstrisinde tatlılandırıcı olarak kullanılır. Asesülfam-K ve aspartam gibi yapay tatlılandırıcılarla ya da sorbitol ve ksilitol gibi diğer şeker alkollerini ile kombine edilerek çeşitli gıda ürünlerinde kullanılır. Diğer yapay ve doğal tatlılandırıcılardan farklı olarak, ağızda dağıldıktan sonra ferahlık hissi verir. Bu özelliği sayesinde tatların daha güzel algılanması ve istenmeyen tatların maskelenmesi amacıyla kullanılırlar (Grembecka, 2015).

### 2.6.2. İzomalt ve Özellikleri

Gluko-mannitol ve gluko-sorbitol isimli iki disakkarit alkolünün karışımından oluşur. Sakkarozun maltüloza transglikozidasyonu yoluyla meydana gelir. Sakkarozun kimyasal reaksiyona uğramasından meydana geldiği için kimyasal ve enzimatik olarak sakkarozdan daha karardır. Tatlılık derecesi sakkarozunkine nazaran %45-65 olan izomaltın tatlılığı, kullanıldığı gıdanın konsantrasyonuna, sıcaklığına ve şekline göre değişim göstermekte olup, ısınma sırasında oluşan tatlılık kaybına karşı dirençli olduğu için pişirilmesi gereken gıdalarda tatlılandırıcı olarak kullanılmaktadır (Sentko vd., 2012). Sakkarozla nazaran daha zor kristalize olduğu için yenilebilir pasta ve kek süslerinde kullanılır. Diğer şeker alkollerinden farklı olarak ağızda ferahlık hissi uyandırmayan izomalt, besleyicilik özelliği olmayan tatlılandırıcılarla birlikte kombine edilerek, gıdanın bileşiminde kullanılan katkı maddelerinin acı tadını baskılaması amacıyla kullanılır. Tatlılandırıcı özelliği haricinde, kıvam arttırıcı ve topaklanma

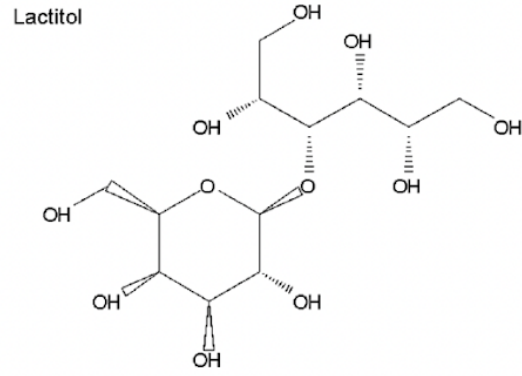
önleyici olarak kullanılan izomaltın anti-kanserojen olduğu ve kan şekerini arttırmadığı çeşitli çalışmalarda ortaya koyulmuştur (Takatsuka vd., 2008).



Şekil 2.4. İzomaltın kimyasal yapısı (Grembecka,2015)

### 2.6.3. Laktitol ve Özellikleri

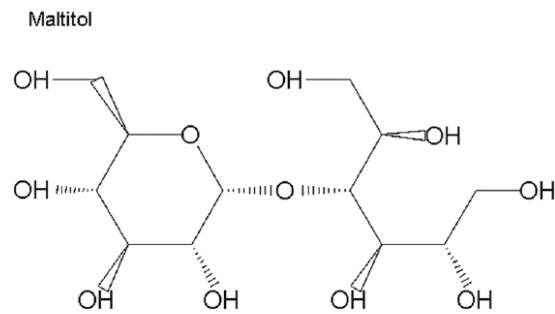
Sorbitol ve galaktozun birleşiminden oluşan bir disakkarit poliölü olan laktitol, endüstriyel olarak laktozun Raney-nikel katalizörü kullanılarak katalitik hidrojenizasyonu yoluyla üretilir. Sakkarozun %40'ı kadar tatlılık derecesine sahip olan laktitol, düşük sıcaklıklarda sakkarozu nazaran daha yüksek çözünürlüğe sahip olduğu için özellikle düşük kalorili besinlerin reçetelerinde sakkarozun yerine ikame olarak kullanılmaktadır. Laktitolün tatlılığı kullanıldığı konsantrasyona göre artış göstermekte olup ağızda serinlik hissiyatı oluşturma özelliği düşük seviyededir, bu yüzden güçlü tatlılandırıcılar ile kombinasyon yapılarak kullanılırlar. Bunların haricinde yüksek sıcaklıklara, asidik ve bazik ortamlara karşı dirençli olan laktitol, tatlılandırıcı özelliği haricinde kıvam arttırıcı ve emülsifiye edici olarak gıda ürünlerinde kullanılır. Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonunda yer almayan laktitol, uzun süre boyunca saklanabilmektedir. Laktitol, faydalı bakteri olan ve insan kolonunda yaşayan *Bifidobacteria* ve *Lactobacilli* bakterilerinin büyümesine yardımcı olan bir prebiyotik görevi de görür.



Şekil 2.5. Laktitolün kimyasal yapısı (Grembecka, 2015)

#### 2.6.4. Maltitol ve Özellikleri

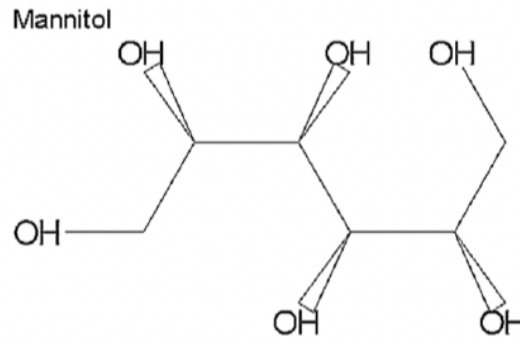
4-*O*-( $\beta$ -D-glukopiranozil-D-glukitol olarak da isimlendirilen maltitol, nişastadan maltozun hidrojenize edilmesi yoluyla üretilir ve yapısında eşit miktarda glukoz ve sorbitol bulundurur. Polioller içerisinde yapısal olarak en çok sakkaroz benzeyen maltitol, sakkaroz cinsinden %90 oranında tatlılık derecesine sahiptir. Karamelizasyon ve esmerleşme reaksiyonlarına girmeyen maltitol, tatlılandırıcı olarak kullanılmasının haricinde gıdalara kremi bir yapı sağlaması sayesinde yağlara da alternatif olarak kullanılabilir (Lawson, 2007).



Şekil 2.6. Maltitolün kimyasal yapısı (Grembecka, 2015)

### 2.6.5. Mannitol ve Özellikleri

Nişasta veya invert ekerlerden elde edilen glikoz ve fruktozun 1:1 oranında elde edilen karışımının yüksek sıcaklık ve basınç altında gerçekteşen katalitik hidrojenizasyonu sonucu oluşan mannitol, sakkaroz cinsinden %50 tatlılık derecesine ve ağızda ferahlatıcı etkiye sahiptir. Bu özelliğinden dolayı gıda formülasyonlarında acı tadı maskeleyen amacıyla kullanılan mannitol, 165-169°C kaynama noktasına sahip olması nedeniyle ve yüksek stabilitesi sayesinde ilaç ve besleyici tablet üretiminde de tercih edilmektedir (Ghoreishi vd., 2009). Antioksidan etkiye sahip olan mannitol, hidroksil radikallerine karşı bir oksijen tutucu olarak hareket ettiğı için özellikle kolon kanseri gibi birçok kansere karşı bir potansiyel antikanserojenik etki gösterir (Wisselink vd., 2002).

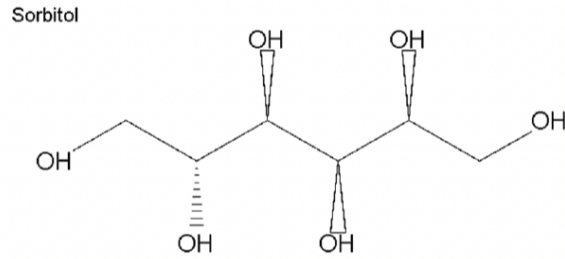


Şekil 2.7. Mannitolün kimyasal yapısı (Grembecka, 2015)

### 2.6.6. Sorbitol ve Özellikleri

D-glukitol olarak da isimlendirilen sorbitol, elma, armut, şeftali, kayısı ve nektarin gibi taze meyvelerde ve kuru erik, hurma ve kuru üzüm gibi meyvelerde ve bazı sebzelerde doğal olarak bulunmasının yanında endüstriyel olarak glukoz ya da sakkarozun yüksek sıcaklık altında hidrojen gazı ve nikel katılımıyla bir katalitik hidrojenizasyon tepkimesi sonucunda sıvı ya da kristal formda üretilir (Barbieri vd., 2014). Sakkaroz cinsinden %60 tatlılık derecesine sahip olan sorbitol, mannitole nazaran suda 20 kat daha fazla çözünürlüğe sahiptir. Ksilitol ve eritritole benzer olarak çözünürken ağıza ferahlık hissi sağlayan sorbitol, tatlılandırıcı özelliğı haricinde nem tutucu, yumuşatıcı ve kristalleşme önleyici özellikleri ile farklı gıda formülasyonlarında

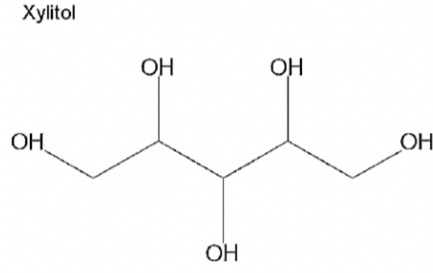
katkı maddesi olarak da kullanılır. Kimyasal tepkimelere ve yüksek sıcaklıklara karşı dirençli olması nedeniyle Maillard tepkimesine de girmeyen sorbitol, bu özelliği sayesinde gıdanın yapısında bulunan şeker, jelleşme sağlayıcılar, tatlılandırıcılar, proteinler ve yağlar ile kombinasyon oluşturur ve bu maddelerin etkinliğini arttırlar. Bunun yanı sıra meyvelerin karbon metabolizmasında, nişasta birikimi ve şeker-asit oranı açısından önemli rol oynarlar (Barbieri vd., 2014). Ayrıca, sorbitolün nem oranı kaybını engellemesi sayesinde şekerleme ürünlerinde, fırıncılık ürünlerinde, çikolata üretiminde raf ömrü boyunca ürünün nem kaybını engelleyip sertleşip kurummasını önlemesi amacıyla kullanılır.



**Şekil 2.8.** Sorbitolün kimyasal yapısı (Grembecka, 2015)

### 2.6.7. Ksilitol ve Özellikleri

D-glukozun metal katalizör eklenmesi ile meydana gelen hidrojenizasyon tepkimesi sonucu üretilen ksilitol, bu şekilde üretiminin oldukça yüksek maliyetli olması sebebiyle son yıllarda biyolojik olarak bazı maya, bakteri ve algler tarafından üretilmesi üzerinde çalışılmaktadır. Tüm şeker alkolleri içerisinde en yüksek tatlılık derecesine sahip olan ksilitol, şekerin kalorisinin üçte birine sahiptir. Yaygın olarak gıda ve ilaç üretiminde kullanılır (Rafiqul ve Sakinah, 2013).



**Şekil 2.9.** Ksilitolün kimyasal yapısı (Grembecka, 2015)

## 2.7. Ozmotik Dehidrasyon

Gıdaların kimyasal içeriğinde yaklaşık olarak %80-90 oranıyla en büyük miktarda bulunan bileşik sudur. Gıdaların sahip olduğu bu yüksek su miktarı, uzun süre boyunca gıdanın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin korunmasına engel olmaktadır. Bu yüzden eski çağlardan beri gıdaların içinde bulunan suyun çeşitli yollarla gıdalardan uzaklaştırılması sağlanmaya çalışılmıştır. Bu yöntemlerden en eskisi olan kurutma yöntemi ile gıdalardan suyun uzaklaştırılmasıyla nem içeriği %20-25'ten az ve su aktivitesi 0,6'dan az seviyeye indirilerek enzimatik aktivite ve mikrobiyal gelişimin inhibe edilmesi sağlanmasının yanında ürünün ağırlığı ve hacminin de azalması sağlandığı için depolama ve nakliye açısından da kolaylık sağlanmaktadır (Ahmad ve Zaidi, 2020).

Kurutma yöntemlerinden en eskilerinden olan konvektif kurutma sistemi ile zaman, enerji, işçilik maliyetlerinin yüksek olması ve son üründeki besin değeri, çözünebilir katı madde miktarı, tekstür, renk, tat, aroma, şekil gibi başlıca kalite özelliklerinin olumsuz olması nedeniyle endüstride konvektif kurutmaya alternatif olacak veya kombine edilerek bu olumsuz özellikleri engelleyecek farklı yöntemler geliştirilmektedir (Bozkır ve Ergün, 2020). Bunlardan biri, ozmotik dehidrasyon destekli kurutma yöntemidir.

Ozmotik dehidrasyon yöntemi, yoğun hipertonic bir çözelti ile ürünün direkt olarak daldırılması sonucunda dokulardaki kısmi suyun uzaklaştırılması olarak özetlenebilir. Burada amaç, gıdanın su aktivitesinin düşürülerek bozulmayı engellemek olup işlem sırasında yüksek sıcaklıklara ihtiyaç duyulmaması nedeniyle ürünün doku, renk, tat, aroma gibi özelliklerinin korunması yanında ciddi bir enerji tasarrufu sağlanmaktadır (Albak ve Belibağlı, 2010). Ozmotik dehidrasyon yöntemi ilk olarak konvektif kurutma

ya da dondurma için proses girdi maliyetini önemli ölçüde düşüren bir ön işlem tekniği olarak Ponting ve ark. tarafından bulunmuş olup bilimsel çalışmalar yapıldıkça ürüne istenen kalite özelliklerini kazandırması amacıyla antioksidan, koruyucu, vitamin ve mineraller gibi maddelerin kolay geçişini sağlayan bir ortam olarak kullanılmaya başlanmıştır (Ponting JD., vd, 1966). Ozmotik dehidrasyonda çözünen madde olarak başlıca şeker, bal, meyve suyu, limon suyu, askorbik asit çözeltisi, sitrik asit çözeltisi ve tuz çözeltisi kullanılmaktadır (Abano ve Sam-Amoah, 2011). Bu derişik ortamda, çözelti ve ürün arasındaki yoğunluk farkından dolayı hücreden çözeltiliye su geçişi ve çözeltiliden ürüne çözünen madde geçişi olup bu kütle transferi dengelenene kadar devam eder.

Ozmotik dehidrasyonda oluşan kütle transfer mekanizması üç aşamada gerçekleşir; gıdadaki suyun difüzyon yoluyla çözeltiliye geçişi, çözeltideki çözünen maddenin gıda içine geçişi ve gıdanın yapısında bulunan makro ve mikro bileşiklerin bir kısmının derişik çözeltiliye geçişi (Khin vd., 2007). Ozmotik dehidrasyon olayı açıklanırken hücre seviyesi ve hücreler arası olarak iki ayrı bakış açısı mevcuttur. Hücre seviyesinde bakıldığında kütle transferi apoplazmatik, simplazmatik ve transmembran şeklinde gerçekleşmekte olup hücreler arası seviyede ise ürünle çözeltili arasındaki ozmotik basınç farkının üründeki suyun hücre dışına difüzyon ile geçişi sağlanır. Difüzyonun hızını konsantrasyon ve basınç farkı doğrudan etkilerken, ürünün içerisinde homojen bir konsantrasyon dağılımı olmadığından ozmotik dehidrasyon ürünün yüzeyinden merkezine doğru yavaşlayarak gerçekleşir (Rastogi vd., 2000). Hücresel boyutta ise difüzyon hızı su ve çözünen madde arasındaki potansiyel farkına, dehidrasyon parametrelerine göre değişir ve kompozisyon değişimleri gıdada büzüşme, porozite düşüşü, hücre parçalanması gibi fiziksel değişikliklere de yol açmaktadır (Fito vd., 1996).

Ozmotik dehidrasyonun hızını çözeltilinin konsantrasyonu ve sıcaklığı, difüzyon süresi, karıştırma, gıdanın geometrik şekli ve büyüklüğü, gıda/çözeltili oranı ve vakum gibi faktörler etkilemektedir. Bu nedenle ozmotik dehidrasyonun etkinliğini ve hızını arttırmak için vurgulu vakum, vurgulu elektrik alan, yüksek hidrostatik basınç, radyasyon, merkezkaç kuvveti, ohmik ısıtma, vakumlu emdirim, ultrason ve mikrodalga gibi birçok yeni yöntem ortaya çıkmıştır.



### 2.7.1. Vakumlu Emdirim Destekli Ozmotik Dehidrasyon

Vakumlu emdirim destekli ozmotik dehidrasyonda, işlemin ilk dakikalarında uygulama yapılarak vakumun etkisiyle basınç düşürülüp hücreler arası boşlukta bulunan gazların hidrodinamik mekanizma ile gıdadan uzaklaştırılması amaçlanır. Vakum ortadan kaldırılıp atmosfer basıncı normal koşullara geri döndüğünde hipertonic çözelti hücreler arası boşlukta bulunan buharlaştırılmış gazın yerini doldurarak kütle transferini başlatmış olur (Yılmaz ve Bilek, 2017). Vakumlu emdirim tekniğinde ortama uygulanan vakum sonucu gelişen basınç düşüşüyle gıdanın sahip olduğu kapiler yapı içerisindeki gaz üründen dışarı çıkar. Gıdanın yapısında meydana gelen bu basınç değişimi ürün yapısında deformasyona yol açar ve bunun sonucunda gıdanın porları genişler. Gıdanın bulunduğu ortamdaki hipertonic solüsyon hacimde artış sağlayarak kapiler borulardan içeriye girmeye başlar ve ürünün iç basıncının yükselmesiyle dış basınç azalır ve ürün yapısında büzülme meydana gelir (Yılmaz ve Bilek, 2017). Bu mekanizmada hipertonic çözeltinin konsantrasyonu ne kadar artarsa ürünün kazandığı çözünen madde miktarı ve dolayısıyla kuru madde miktarı da o oranda artar. Literatür çalışmalarında yapılmış olan vakumlu emdirim destekli ozmotik dehidrasyon sonucunda elde edilen kuru ürünün besin değerlerini ve fizikokimyasal özelliklerinin korunduğu sonucuna varılmıştır (Le ve Konsue, 2021). Literatür çalışmalarında vakum uygulamaları arasında uygulanan restorasyonun da oldukça önemli bir parametre olduğu, vakum uygulaması ile gevşeyen/deforme olan porlara asıl kütle transferinin restorasyon sırasında gerçekleştiği bildirilmiştir (Hironaka vd., 2011; Panarese vd., 2013; Yılmaz ve Bilek, 2017). Nitekim konu ile alakalı yapılan çalışmalarda vakumlu emdirim yönteminde emdirilmesi istenen sıvının gıda materyaline geçişini, vakum uygulamasından çok restorasyon periyodunun etkilediği rapor edilmiştir (Panarese vd., 2013; Parreidt vd., 2018).

Vakumlu emdirim işlemini etkileyen bir takım iç ve dış faktörler mevcuttur. Gözenek yapısı, boyut, geometri, gözeneklilik ve gıdanın türü iç faktörleri oluştururken vakum basıncı, uygulama süresi, işlem sonrası restorasyon süresi, emdirme çözeltisinin konsantrasyonu, çözgenin türü ve moleküler ağırlığı, çözelti viskozitesi, sıcaklık, çözelti : gıda oranı ve karıştırma ise dış faktörleri oluşturmaktadır (Girgin ve Filiz, 2022).

Gıdalarda vakumlu emdirim çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Bunlar, gıdaya ek bileşen ilave ederek zenginleştirme, ürünlerin fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerinin

iyileştirilmesi, pH değerinin düşürülmesi, su aktivitesinin azaltılması, ısıl işlemde kaynaklanan yapı bozukluklarının iyileştirilmesi ve genel anlamda yapı bozukluklarının iyileştirilmesi olarak örneklendirilebilir (Zhao ve Xie, 2004).

Dinçer ve Erbaş, (2018) tarafından yapılan bir çalışmada etin raf ömrünü arttırmak amacıyla tuzlama işleminde vakumlu emdirim tekniği kullanılmıştır. Yağcıları (2020) tarafından yapılan bir çalışmada baharatlı saf su ve sakkaroz çözeltilerine daldırılarak ve vakumlu emdirim ön işlemi uygulanarak kurutulan küp kesim elmaların kuruma özellikleri incelenmiştir.

### **2.7.2. Ultrases Destekli Ozmotik Dehidrasyon**

Ultrases, 18 kHz-100 MHz frekansa sahip ses dalgaları tarafından üretilen bir enerji şekli olup gıda işlemede 20 kHz ile 1 MHz dalga boyu arasında değişen ultrases uygulamaları yapılmaktadır. Ultrases düzeneği; güç kaynağı, dönüştürücü ve dağıtıcı olmak üzere üç ana bileşenden oluşmaktadır. Ultrases destekli ozmotik dehidrasyonda çalışma mekanizması, gıda üzerinde sıvı fazda kaviteler üreterek zar yüzeyinde katı difüzyon kalınlığının azaltılması sonucu katı ortamdan suyun akışını kolaylaştıran mikrokanallar meydana getirir. Gözeneklerde sıkışan gazın genişmesi sonucu oluşan boş gözeneklere difüzyon çözeltisi yerleşerek ozmotik dehidrasyon süreci başlamış olur (Pantelidou vd., 2021).

Moleküller arası kuvvet ultrasesin etkisiyle yapıyı koruyamaz noktaya geldiğinde kavite oluşur. Kavite kabarcıkları, ultrases yoğunluğunun yeterli düzeyde olduğu ve hipertonic sıvının seyreltme döngüsü yerel gerilme mukavemetini aştığı anda gerçekleşir (Çiçekdağı, 2011). Kavite; çekirdeklenme, büyüme ve patlama olmak üzere üç aşamada gerçekleşir. Kavite oluşuktan sonra ultrases etkisiyle ışınlanan gaz kabarcıkları, ultrasesin vermiş olduğu enerjiyle birlikte büyür ve büyüme ses yoğunluğu arttıkça artar. Sonrasında yeterli seviyeye ulaştığında oluşan enerjiyi emer. Kararlı kavite, oluşan kabarcıkların ortamdan ayrılmadan birkaç kırılma ve sıkıştırma periyodu boyunca dengede kalma isteğini ifade eder (Kantaş, 2007). Diğer kavite türü olan geçici kavite ise kabarcıkların ilk boyutları aşmak için bir döngü boyunca kendilerini büyütüp sonrasında çökmesi sırasındaki yüzey kararsızlığını ifade etmektedir (Yaranlı, 2020).

Ultras es yöntemi gıda sanayisinde kesme, homojenizasyon, sterilizasyon vb. gibi pek çok işlemd e tek başına kullanılmakta olup yeni teknolojilerde başka yöntemlerle kombine edilerek kurutma, dondurma, oksidasyon, çözdürme, filtrasyon vb. gibi alanlarda kullanılmaktadır (Yaranlı, 2020).

Literatürde ultras es yönteminin gıdalarda başka yöntemlerle kombine edilerek uyguland uğu pek çok çalışma mevcuttur. Yılmaz vd. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada alıç meyvesinden mikrodalga ve ultras es destekli ekstraksiyon yöntemi kombine edilerek kullanılmış ve fenolik maddeler ekstrakte edilmiştir. Gül vd. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada balkabağı dilimleri ultras es desteğiyle ozmotik dehidrasyona tabi tutulmuş olup elde edilen kuru ürünlerin kurutma kinetiği ve bazı fonksiyonel özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Garcia vd. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada ultras es ön işleml i ozmotik dehidrasyon uygulanan çileklerin üzerine ultrasese maruziyet süresinin ve frekansın etkisi araştırılmıştır. Siucinska vd. (2016) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise ultras es ön işlem olarak uygulandıktan sonra konveksiyonel olarak kurutulan vişnelerin raf ömrü boyunca kalite özellikleri incelenmiştir. Amami vd. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada ise ultras on destekli ozmotik kurutmaya tabi tutulan ve sonrasında konveksiyonel kurutucuda kurutulan çileklerin kalite özelliklerindeki değişim incelenmiştir.



### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Materyal ve Kimyasallar

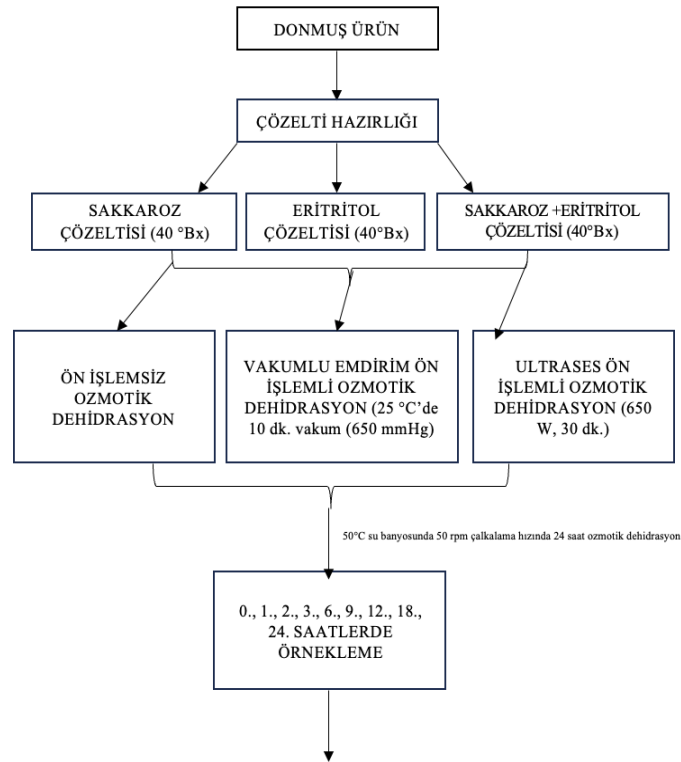
Tez çalışması kapsamında kullanılan vişne meyvesi (*Prunus cerasus* L.) Afyon ve civarındaki yerel üreticilerden alınarak sapları ve yaprakları temizlenmiş, çekirdekleri çıkarılmış ve özdeş olarak kalibre edildikten sonra bireysel hızlı dondurma (IQF) işlemine tabi tutulmuş olarak Demiray Tic. Ltd. Şti. (Afyon, Türkiye) firmasından temin edilerek Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarına soğuk zincirde getirilmiştir. Laboratuvara getirilen vişneler, analizler gerçekleştirilinceye kadar laboratuvar bünyesindeki derin dondurucuda -20°C’de muhafaza edilmiştir.

Tez çalışması süresince, ozmotik dehidrasyon aşamasında kullanılan sakkaroz, Keskinılıç Gıda San. ve Tic. A.Ş. (İstanbul, Türkiye) firmasından; eritritol ise Kimbiotek A.Ş. (İstanbul, Türkiye) tarafından temin edilmiştir.

Ekstraksiyon ve takip eden diğer analizler için kullanılan tüm kimyasallar şu şekildedir: Sodyum hidroksit (Tekkim Kimya–100418163001), hidroklorik asit (Merck – 1.00317.2501), metanol (Sigma – 1060081000), Folin - Ciocalteu ayracı (Merck – 1.09001.0500), sodyum karbonat (Merck – 1.06392.1000), 2,2’-azinobis-(3- etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit) (ABTS) (Roche Diagnostics – 10102946001), 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) (Aldrich – D9132-1G) potasyum persülfat (Merck – 1.05091.1000), monobazik sodyum fosfat (Sigma-Aldrich – S0751-100G), dibazik sodyum fosfat (Sigma-Aldrich – 04272-1KG), sodyum klorür (Merck – 1.06404.1000), sodyum nitrit (Merck – 1.06549.0100), alüminyum klorür heksahidrat (Merck – 1.01084.1000), sodyum hidroksit (Tekkim Kimya – 100418163001), sodyum asetat (Tekkim Kimya- 170500.01002), potasyum klorür (150440.01002).

### 3.2. Ozmotik Dehidrasyon

Dondurulmuş vişneden infuze meyve üretiminde kurutma öncesi gerçekleştirilen ozmotik dehidrasyon aşaması tez kapsamında ayrı bir işlem olarak ele alınmıştır. Bu kapsamda, sakkaroz (I), eritritol (II) ve sakkaroz ile eritritol karışımlarının (III) 40 °Bx konsantrasyonları kullanılarak üç farklı teknikle (Kontrol, ultrases ön işlemlili ve vakumlu emdirim ön işlemlili) ozmotik dehidrasyon işlemleri (3x3) gerçekleştirilmiştir; her bir yöntemde zamana bağlı kuru madde değişimi kinetik olarak incelenmiştir. Ozmotik dehidrasyon aşamasına ait akış şeması Şekil 3.1’de özetlenmiştir.



Şekil.3.1. Ozmotik dehidrasyon aşamasına ait akış şeması

### 3.2.1. Ozmotik Dehidrasyon Çözeltilerinin Hazırlanması

Ozmotik dehidrasyon işlemlerinde kullanılan sakkaroz, eritritol ve sakkaroz + eritritol (1:1; v:v) çözeltileri aşağıdaki şekilde hazırlanmıştır:

Sakkaroz Çözeltisi: 2 L çözelti için 941,2 g sakkaroz ile 1411,8 g kaynar su karıştırılıp sakkarozu ait gözle görünür kristal kalmayana kadar eritilmiştir (Cemeroğlu 2012).

Eritritol Çözeltisi: 2 L çözelti için 1000 g eritritol ile 1000 g kaynar su karıştırılmıştır. Sonrasında elde edilen karışım iki kez süzülüp eritritolün tamamen erimesi sağlanmıştır.

Sakkaroz + Eritritol: Elde edilen sakkaroz ve eritritol çözeltileri (1:1; v:v) olacak şekilde karıştırılmıştır.

### 3.2.2. Kontrol Yöntemiyle Ozmotik Dehidrasyon Uygulaması

Donmuş vişneler, her biri 100 mL hacme sahip cam kavanozların içine meyve: çözelti oranı 1:4 (w:v) olacak şekilde koyulmuştur (10 g meyve: 40 mL çözelti). Çözeltilere daldırılan numune içeren kavanozlar 50 °C'de su banyosuna (Daihan Scientific Maxturdy-30, Korea) yerleştirilmiş ve 50 rpm çalkalama hızında olacak şekilde ozmotik dehidrasyon başlatılmıştır. Sakkaroz, eritritol ve sakkaroz + eritritol karışımlarının bulunduğu çözeltilerin her biri ikişer paralel olacak şekilde 0., 1., 2., 3., 6., 9., 12., 18. ve 24. saatlerde örnekleme yapılmış ve bu numunelerde toplam kuru madde ve suda çözünür kuru madde analizleri gerçekleştirilmiştir. Her bir süre sonunda süzgülü yardımıyla numuneler süzülüp filtre kağıdının üzerinde yüzeyindeki fazla çözeltiyi almak amacıyla 1 dk. bekletilmiştir.

### 3.2.3. Ultrases Ön İşlemlili Ozmotik Dehidrasyon

İnfüzyon işleminde ultrases ön işleminin etkisini ortaya koymak amacıyla, vişneler saf su içerisinde (1:10; w:v) ultrases destekli vakumlu emdirim cihazına (Ermaksan, ULT

50-S, Türkiye) alınıp 650 W ultrases gücünde 30 dk bekletilmiştir. Meyvelerin yüzeye çıkmasını engellemek amacıyla üstten perfore engeller yerleştirilmiştir. İşlem esnasında sıcaklığın kontrolü sisteme entegre fanlı soğutucu sistemle sağlanmış ve  $25 \pm 2$  °C olarak sabit tutulmuştur. Ön işlem uygulanan meyveler, yüzey sularından arındırıldıktan sonra ozmotik dehidrasyon işlemi için 3.2.2’de belirtilen işlemlere aynı şekilde tabi tutulmuştur.

#### 3.2.4. Vakumlu Emdirim Ön İşlemler Ozmotik Dehidrasyon

İnfüze vişne üretiminde ozmotik dehidrasyon öncesi vakumlu emdirim işleminin etkisini belirlemek amacıyla vişneler 1:10 (w:v) oranında saf suya aktarılmış ve perfore engelle birlikte vakumlu emdirim cihazına yerleştirilmiştir. Vakumlu emdirim işlemi, 25 °C’de 10 dk. vakum (650 mmHg) ve ardından 20 dk. atmosferik basınçta restorasyon olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. İşlemin ardından numuneler yüzey sularından arındırılmış ve önceden kodlanmış çözeltileri içeren şişelerine aktarılarak 3.2.2.’de detayları verilen işlemlere tabi tutulmuştur.



**Resim 3.1.** Vakum emdirim cihazı



### 3.3. Kurutma İşlemi

Vakumlu emdirim ön işlem uygulanan sakkaroz, eritritol ve sakkaroz + eritritol ozmotik çözeltilerinde (40 °Bx) 15 saat ozmotik dehidrasyon (50 °C) işleminin ardından vişneler ikişer paralelli olacak şekilde toplamda 8 kurutma tepsisine serilerek 1,4 m/s hava akış hızına sahip döner tepsilili kurutucuda 65 °C'de (<10 RH) ürünlerin nem oranı 0,05 oluncaya kadar kurutulmuştur. Kurutma süresince zamana bağlı ağırlık değişimleri her beş dakikada bir takip edilmiş ve kaydedilmiştir. Dondurulmuş meyveler doğrudan aynı şekilde kurutularak taze meyvenin kurutulması da sağlanmıştır.

#### 3.3.1. Kurutma Kinetiği

Kurutma kinetiğinin belirlenmesinde kullanılan nem oranı (moisture ratio; MR) Eşitlik (3.1)'deki gibi hesaplanmıştır.

$$\text{Nem Oranı (\%)} = \frac{\frac{\text{kgH}_2\text{O}}{\text{kgKM}} t_1}{\frac{\text{kgH}_2\text{O}}{\text{kgKM}} t_0} \quad (3.1)$$

kgH<sub>2</sub>O t<sub>1</sub>: t<sub>1</sub> anındaki ürünün su miktarı (%)

kgKM t<sub>1</sub>: t<sub>1</sub> anındaki ürünün kuru madde miktarı (%)

kgH<sub>2</sub>O t<sub>0</sub>: t<sub>0</sub> anındaki ürünün su miktarı (%)

kgKM t<sub>0</sub>: t<sub>0</sub> anındaki ürünün kuru madde miktarı (%)

### 3.4. Analizler

#### 3.4.1. Toplam Kuru Madde Miktarı

Kuru madde içeriklerinin belirlenmesi için sabit tartıma getirilen kaplara dondurulmuş taze, ozmotik dehidrasyon sonrası ve de kurutma sonrası ürünlerden  $5 \pm 0,1$  g tartılıp etüvde (Lab. Companion ON-11E, Güney Kore)  $105 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de sabit tartıma ulaşana dek (24 saat) bekletilmiştir. Kuru madde miktarı ağırlık kaybı üzerinden Eşitlik (3.2) kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar “g/100 g” cinsinden ifade edilmiştir (AOAC, 1998).

$$KM (\%) = [(m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)] \times 100 \quad (3.2)$$

$m_0$ : Tartım kabı darası (g)

$m_1$ : Kurutma öncesi tartım kabı + örnek ağırlığı (g)

$m_2$ : Kurutma sonrası tartım kabı + örnek ağırlığı (g)

#### 3.4.2. Suda Çözünen Kuru Madde Miktarı

Taze ve ozmotik dehidrasyona tabi tutulmuş meyveler parçalanarak bünyesinden çıkan öz suları ile ozmotik dehidrasyon çözeltilerinin suda çözünür kuru madde değerleri dijital refraktometre (SOIF DBR95, Çin) ile ölçülmüş ve briks değerleri “°Bx” cinsinden kaydedilmiştir (Nayak vd., 2020).

#### 3.4.3. Su Aktivitesi

Kurutma sonrasında numunelerin su aktiviteleri, su aktivitesi cihazıyla ölçülmüştür (Testo AG645, Türkiye). Hassasiyeti  $\pm 0,001$  olan su aktivitesi cihaz haznesine yerleştirilen örneklerin su aktiviteleri; cihazda okunan bağıl nem değerinin 100'e bölünmesiyle kaydedilmiştir.

#### 3.4.4. Rehidrasyon Oranı

Kurutulan infüze meyvelerden  $5 \pm 1$  g numune tartılıp ( $m_0$ ) üzerlerine 250 mL distile su ilave edildikten sonra  $25^\circ\text{C}$  de 30 dk. bekletilip rehidre edilmiştir. Süre sonunda sudan çıkarılan ve elek aracılığıyla süzülüp filtre kağıdı üzerinde 1 dk. bekletilen örneklerin ağırlığı ( $m_1$ ) ve rehidrasyon öncesi kaydedilen ağırlık ( $m_0$ ) not edilmiştir. Rehidrasyon oranı (RO) Eşitlik (3.3) kullanılarak hesaplanmıştır (Jiang vd., 2014; Yuan vd., 2020; Zhu vd., 2022).

$$RO = \frac{m_1}{m_0} \quad (3.3)$$

$m_0$ : Rehidrasyon öncesi ürün ağırlığı (g)

$m_1$ : Rehidrasyon uygulamasından sonra 1 dk. süzdürme sonrası ürün ağırlığı (g)

#### 3.4.5. Büzüşme Etkisi

Kuru vişnede büzüşme etkisi analizi Yıldız vd. (2022) ve Baysal vd. (2003)'ne göre gerçekleştirilmiştir. Büzüşme etkisi, Eşitlik (3.4) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$B = \frac{P_{b0}}{P_{b_{kuru}}} \times \frac{X_{kuru+1}}{X_0+1} \quad (3.4)$$

$P_{b,0}$ : Taze (donmuş) ürünün yığın yoğunluğu (g/mL)

$P_{b,kuru}$ : Kurutulmuş ürünün yığın yoğunluğu (g/mL)

$X_{kuru}$ : Kuru ürünün nem içeriği (%)

$X_0$ : Taze (donmuş) ürünün nem içeriği (%)

Burada yığın yoğunluk hesaplanırken, 500 mL hacme sahip dereceli silindir üzerinde 10 cm yüksekliğe karşılık gelen hacim ölçüsü işaretlenmiştir. Sonrasında belirli ağırlıktaki (yaklaşık 80-100 gr) numuneler dereceli silindirin işaretlenen yükseklik çizgisine kadar üst yüzeyi düz ve pürüzsüz olacak şekilde yerleştirilip, dereceli silindirde

kapladığı hacim okunup not edilmiştir. Daha sonra eşitlikte verilen kuru ürün ve yaş ürünlerin nem içerikleri dikkate alınarak Eşitlik 3.4 ile büzüşme etkisi hesaplamaları yapılmıştır.

### 3.4.6. Renk Değerleri

Renk değerleri için infüze edilmeden kurutulan (kontrol grubu) ve infüze edildikten sonra kurutulan vişnelerden bir miktar alınıp yaklaşık 2,5 cm çapında olan hazneye örnekten yerleştirilip renk ölçüm cihazı olan kolorimetre haznenin üzerine yerleştirilmiştir (PCE Instruments CSM-5, Almanya). Renk için, L\* (açıklıktan karanlığa), a\* (kırmızılıktan yeşile), b\* (sarılıktan maviliğe), renk doygunluğu (C\*) ve hue (h°) değerleri ölçülmüştür. Ayrıca toplam renk farkı ( $\Delta E$ ) değerleri aşağıda belirtilen Eşitlik (3.5) yardımıyla hesaplanmıştır (Campos-Requena vd., 2017). Analizde en az beş farklı noktadan ölçüm alınmıştır.



**Resim 3.2.** Kolorimetre ile renk analizi

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 * -L *)^2 + (a_0 * -a *)^2 + (b_0 * -b *)^2} \quad (3.5)$$

$\Delta E$ : Toplam renk farkı

$L_0*$ : Taze örneğe ait  $L*$  değeri

$L*$ : İşlem görmüş örneğe ait  $L*$  değeri

$a_0*$ : Taze örneğe ait  $a*$  değeri

$a*$ : İşlem görmüş örneğe ait  $a*$  değeri

$b_0*$ : Taze örneğe ait  $b*$  değeri

$b*$ : İşlem görmüş örneğe ait  $b*$  değeri

### 3.4.7. Esmerleşme İndeksi

Kurutulmuş vişnelerin esmerleşme indeksi, Yu vd. (2022)'ne göre Eşitlik (3.6) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$Ei = \frac{[100*(x-0.31)]}{0.172} \quad (3.6)$$

$$x = (a * +1.75L *) / (5.645L * +a * -3.012b *)$$

( $a*$ ,  $b*$  ve  $L*$  değerleri renk değerleri analizinde kolorimetrede okunan değerler olup formülde kullanılmıştır.).

### 3.4.8. Tekstür Analizi

Üretilen infüze meyvelerin tekstür analizi TA-XT plus tekstür analiz cihazı (Stable Micro Systems Ltd, Surrey, İngiltere) ile gerçekleştirilmiştir. Çapı 2 mm olan P/2 probu kullanılarak gerçekleştirilen analizde, toplam 3 mm'lik mesafede ön test hızı 2 mm/saniye, test hızı 1 mm/sn, son test hızı 4 mm/sn ve trigger kuvveti ise 0,049 N olarak ayarlanmıştır. Tekstür analizi sonunda elde edilen kuvvet (N) - zaman (sn.) grafiğindeki

+y eksenindeki en yüksek pik noktası ‘sertlik’, -y ekseninde en düşük pik noktası ‘yapışkanlık’ değeri olarak belirlenmiş olup değerler Newton (N) cinsinden kaydedilmiştir (Castagnini vd., 2015). Ölçümler hata payını en aza indirmek için numunelerin en az beş farklı noktasından gerçekleştirilmiştir.

#### 3.4.9. Toplam Monomerik Antosiyanin

Numunelerde toplam antosiyanin miktarı analizi Wrolstad (1976)’a göre pH diferansiyel yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analiz için öncelikle pH 1,0 (0,025 M KCl ) çözeltisi ve pH 4,5 (0,4 M C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>NaO<sub>2</sub> ) çözeltisi hazırlanmıştır. 0,025 M KCl (potasyum klorür) çözeltisi için, behere 1,86 g KCl tartılıp üzerine 980 mL distile su eklenip karıştırılmıştır. Üzerine derişik HCl damlatılarak pH 1,0’e ayarlanmıştır. Sonrasında karışım 1 L’lik balon jøjeye dikkatli şekilde aktararak hacmi 1 L’ye saf su ile tamamlanmıştır. 0,4 M C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>NaO<sub>2</sub> (sodyum asetat) çözeltisi için behere 54,43 g sodyum asetat tartılıp üzerine 960 mL saf su eklenip karıştırılmıştır. Sonrasında derişik HCl ile pH 4,5’e ayarlanıp 1 L hacimdeki balon jøjeye aktarılıp çizgiye kadar distile su ile 1 L hacme tamamlanmıştır. Ekstraklar pH 1,0 ve pH 4,5 çözeltileriyle uygun seyreltme oranlarında karıştırıldıktan 15 dakika sonrasında hem 530 nm’de hem de 700 nm’de absorbans değerleri okunmuştur. Hesaplama ise Eşitlik (3.7) yardımıyla yapılmıştır.

$$\frac{\text{mg siyanidin-3-glikozilrutinozit eşdeğeri}}{100 \text{ g}} = \frac{(A) \cdot (445,2) \cdot (\text{Seyreltme Faktörü}) \cdot (1000)}{L} \quad (3.7)$$

$$A = (A_{530 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}})_{\text{pH:1,0}} - (A_{530 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}})_{\text{pH:4,5}}$$

L= Absorbans ölçüm küvetinin tabaka kalınlığı (cm)

#### 3.4.10. Toplam Fenolik Madde, Antosiyanin Miktarı ve Antioksidan Kapasite Analizleri için Ekstraksiyon İşlemleri

Kurutulmuş vişne ürünlerinden 5 ± 0,2 g numune alınıp %50 metanol (%0,1 HCl içeren) çözeltisinden 25 mL ilave edilmiştir. Sonrasında bu karışım Ultra turrax cihazında 10.000 rpm hızında 2 dk. süre ile parçalanmıştır. Ultra turrax cihazında homojenize edilen

karışım 100 mL'lik balon jöjeye aktarılmış ve %50 metanol (%0,1 HCl içeren) çözeltisi ile hacim çizgisine tamamlanmıştır. Sonrasında tüplere alınan bu karışım 50 °C sıcaklığa sahip su banyosunda 50 rpm hızda 120 dk. boyunca bekletilerek ekstraksiyon gerçekleştirilmiştir. Süre sonunda sıcak su banyosundan alınan tüpler, buharlaşmayı önlemek amacıyla  $20 \pm 2$  °C su içerisinde 20 dk. bekletilmiştir. Son olarak tüpler içerisindeki karışım, huni ve filtre kağıdı yardımıyla süzülerek ekstraktlar elde edilmiş ve ayrı tüplerde toplanarak analizler gerçekleştirilene kadar 0 °C'de bekletilmiştir.

#### **3.4.11. Toplam Fenolik Madde**

Toplam fenolik madde analizi Yılmaz vd. (2021)'ne göre gerçekleştirilmiştir. Toplam fenolik madde tayini gallik asit standardı kullanılarak Folin-Ciocalteu metoduna göre spektrofotometrik ölçümle belirlenmiştir. Buna göre, 2,37 mL saf su içeren test tüpüne öncelikle 30 µL ekstrakt eklenmiştir. Ardından 150 µL Folin Ciocalteu ayracı eklenip, tüp vortekslendikten sonra 8 dk. karanlıkta tutulmuştur. Daha sonra 450 µL doymuş Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (sodyum karbonat) eklenip tekrar vortekslendikten sonra 30 dk. 40 °C'de etüvde bekletilmiştir. Aynı işlem kör hazırlamak üzere uygulanmış olup işlemde farklı olarak 30 µL ekstrakt yerine saf su kullanılmıştır. Örneklerin absorbans değerleri 750 nm'de UV-VIS (SOIF Optical Instruments V-5100H VIS, Çin ) spektrofotometrede köre karşı okunmuştur. Ölçülen absorbans değerleri ve gallik asit standart eğrisi kullanılarak sonuçlar "mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/100g" cinsinden ifade edilmiştir.

#### **3.4.12. Toplam Flavonoid**

Toplam flavonoid analizi, Yılmaz vd. (2021)'nin belirlediği yönteme göre yapılmıştır. Öncelikle 1:5 (v/v) oranında seyreltilmiş olan örnekten 1 mL alınıp üzerine 300 µL %5'lik NaNO<sub>2</sub> (sodyum nitrit) çözeltisi eklenmiş ve ardından karanlıkta 5 dk. boyunca tutulmuştur. Daha sonra 300 µL %10'luk AlCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O (alüminyum klorür heksahidrat) eklenip 1 dk. boyunca karanlıkta bekletilmiştir. Ardından, 2 mL 1 M NaOH (sodyum hidroksit) eklenmiş ve sonrasında 2,4 mL saf su eklenip 510 nm'de UV-VIS (SOIF Optical Instruments V-5100H VIS, Çin) spektrofotometrede absorbans değerleri ölçülmüştür. Sonuçlar "mg kateşin eşdeğeri KE/100 g" cinsinden ifade edilmiştir.

### **3.4.13. DPPH ve ABTS Yöntemleriyle Antioksidan Kapasite Analizleri**

#### **3.4.13.1. DPPH Yöntemi ile Antioksidan Kapasite Analizi**

Elde edilen ekstraktların antioksidan kapasiteleri Gençdağ vd. (2021) tarafından rapor edilmiş DPPH (2,2diphenyl-1-picrylhydrazyl) metoduna göre belirlenmiştir. Analiz için öncelikle 2,9 mL DPPH çözeltisi (Etanolde 0,1 mM) falkon tüplere ilave edilmiştir. Bu işlemin ardından 100 µL ekstrakt eklenmiş ve karanlık ortamda 30 dk. oda sıcaklığında beklemeye bırakılmıştır. UV-VIS spektrofotometre (SOIF Optical Instruments V-5100H VIS, Çin) kullanılarak 517 nm’de absorbans değerleri okunmuş ve kör için etanol kullanılmıştır. Oluşturulan kalibrasyon eğrisi kullanılarak örneklerin antioksidan kapasite değerleri “µmol Troloks eşdeğeri (TE)/100 g örnek” cinsinden ifade edilmiştir.

#### **3.4.13.2. ABTS Yöntemi ile Antioksidan Kapasite Analizi**

Numunelerde ABTS yöntemi ile antioksidan kapasite tayini, Gençdağ vd. (2021) tarafından belirtilen yöntemle göre yapılmıştır. ABTS 0,384 gr tartılıp 3 mL saf suda çözündürüldükten sonra 10 mL’lik balon jojeye dikkatli bir şekilde aktarılmıştır. Çözeltiye 12,25 mM K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> (potasyum persülfat) çözeltisinden 2 mL eklenip, kalan hacim 10 mL’ye saf su ile tamamlanmıştır. Hazırlanmış olan bu çözelti 12-16 saat arasında bekletilmiştir. Bu aşamalar sonucunda 2,45 mM K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> (potasyum persülfat) içeren 7 mM ABTS çözeltisi hazırlanmıştır. Ardından PBS (Phosphate buffer saline, pH 7,4) çözeltisi hazırlanmıştır. PBS çözeltisinin hazırlanması için öncelikle 19 mL 0,2 M NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O (monobazik sodyum fosfat) çözeltisi ile 81 mL 0,2 M NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O (dibazik sodyum fosfat) çözeltileri karıştırılmıştır. Hazırlanan karışım 1 L’lik balon jojeye dikkatli bir şekilde aktarılmıştır. Hazırlanan çözeltiye 8,77 g NaCl (sodyum klorür) eklenip kalan hacim 1 L’ye saf su ile tamamlanmıştır.

ABTS radikal çözeltisi, PBS çözeltisi ile UV-VIS (SOIF Optical Instruments V-5100H VIS, Çin) spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda absorbans değeri 0,700



(±0,02) olana dek seyreltilmiştir. Seyreltilmiş olan ABTS radikal çözeltisinden spektrofotometre küvetine 2,98 mL aktarılıp, başlangıç (0. dk.) absorbands değeri kaydedilmiştir. Ardından radikalın bulunduğu küvete 20 µL 1:5 (v/v) oranında seyreltilmiş olan örnekten ilave edilip altı dakikalık süre başlatılmıştır. Altı dakika sonunda 734 nm'deki absorbands değeri (6. dk.) not edilmiş ve yüzde inhibisyon değeri, aşağıdaki Eşitlik (3.8) yardımı ile hesaplanmıştır.

$$\%inhibisyon = \frac{[(0.dk.absorbans) - (6.dk.absorbans)]}{(0.dk.absorbans)} \times 100 \quad (3.8)$$

Kalibrasyon eğrileri, troloksun farklı konsantrasyonlarına karşı yüzde inhibisyon sonuçları ile elde edilen eğri ile oluşturulmuştur. Antioksidan kapasite değerleri “µmol Troloks eşdeğeri (TE)/100 g örnek” cinsinden ifade edilmiştir.

#### **3.4.14. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile Hücre Yapısının Görüntülenmesi**

Farklı yöntemlerle üretilmiş ve liyofilize edilerek toz haline getirilen infüze meyveler, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Malzeme Araştırma Merkezi Laboratuvarı'nda bulunan taramalı elektron mikroskobu (FEI Quanta 250 FEG, ABD) ile görüntülenerek hücre yapıları incelenip morfolojileri karşılaştırılmıştır. Analizde toz numunelerin yüzeyi altınla kaplanmış ve ardından yüzey morfolojisi 2.500X büyütme oranıyla görüntülenmiştir.

#### **3.4.15. Duyusal Analiz**

Duyusal değerlendirmede 25-50 yaş aralığında bulunan akademisyen ve sektör temsilcilerinin yer aldığı toplam 13 deneyimli panelist Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde gerçekleştirilen duyusal analizlerde yer almıştır. Farklı teknikler ile üretilmiş kuru meyvelerin duyusal analizi, duyusal analiz formunun örnekler eşliğinde panelistlere sunulmasıyla gerçekleştirilmiştir. Sunulan her örneğe rastgele üç nümerik rakamdan oluşan farklı kodlar (836, 165, 497,542) verilmiş olup, panelistlerden her örnek arasında yaklaşık bir dakika beklemeleri ve bu esnada ağızlarını suyla çalkalamaları istenip, böylece duyusal özelliklerin örnekler arası

taşıması minimize edilerek her örneğin daha sağlıklı bir şekilde analiz edilmesi sağlanmıştır. Duyusal analizde panelistlerden numunelerin görünüş (tadım öncesi), lezzet, yapı ve genel beğeni olmak üzere dört farklı açıdan değerlendirmeleri istenecektir. Duyusal analizde görünüş, ürünün tüketici gözünde albenisi ve renkte tekdüzeliği, meyve bütünlüğü, renk doygunluğu, parlaklık ve büzüşme özelliklerini, yanık hissi (esmerleşme) olup olmasını; lezzet, infüze meyve tadının alınıp alınmadığı, ağızda ferahlık hissi özelliklerini ve aroma açısından tat özelliklerini; yapı, infüze meyvelerin özelliklerini yansıtacak dokuda olup olmadığını, meyve tanelerinin birbirine yapışıp yapışmadığını, ağızda dağılma, çiğnemeye başladığında kolay parçalanma ve dişte yapışkanlık hissiyatını vermeme özelliğini; genel beğeni ise tüm örneklerin göz önünde bulundurulmasıyla değerlendirilmesini ifade etmiştir (Lawless ve Heymann, 2010).



**Resim 3.3.** Duyusal analiz için oluşturulan panel düzeninin görünümü

#### **3.4.16. Verilerin İstatistiki Olarak Değerlendirilmesi**

Verilerin istatistiki değerlendirilmesi SPSS paket programı (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen verilerde, sonuçlar üzerine parametrelerin etkisi tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile tespit edilip ortalamalar arasındaki istatistiki farklılık ( $P<0,05$ ) Tukey testi ile belirlenmiştir.

## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1. Ozmotik Dehidrasyon Süresinin Belirlenmesi

Tez kapsamında donmuş vişne ürünlerinin sakkaroz, eritritol ve sakkaroz ile eritritol karışımlarının 40 °Bx konsantrasyonları kullanılarak kontrol, ultrases ön işlemleri ve vakumlu emdirim ön işlemleri ozmotik dehidrasyon (OD) işlemleri gerçekleştirilmiş; her bir yöntemde zamana bağlı kuru madde değişimi 24 saat boyunca kinetik olarak incelenmiştir. Elde edilen veriler sonucunda kuru madde değişiminin zamana bağlı değişimi Şekil 4.1.'de özetlenmiştir.

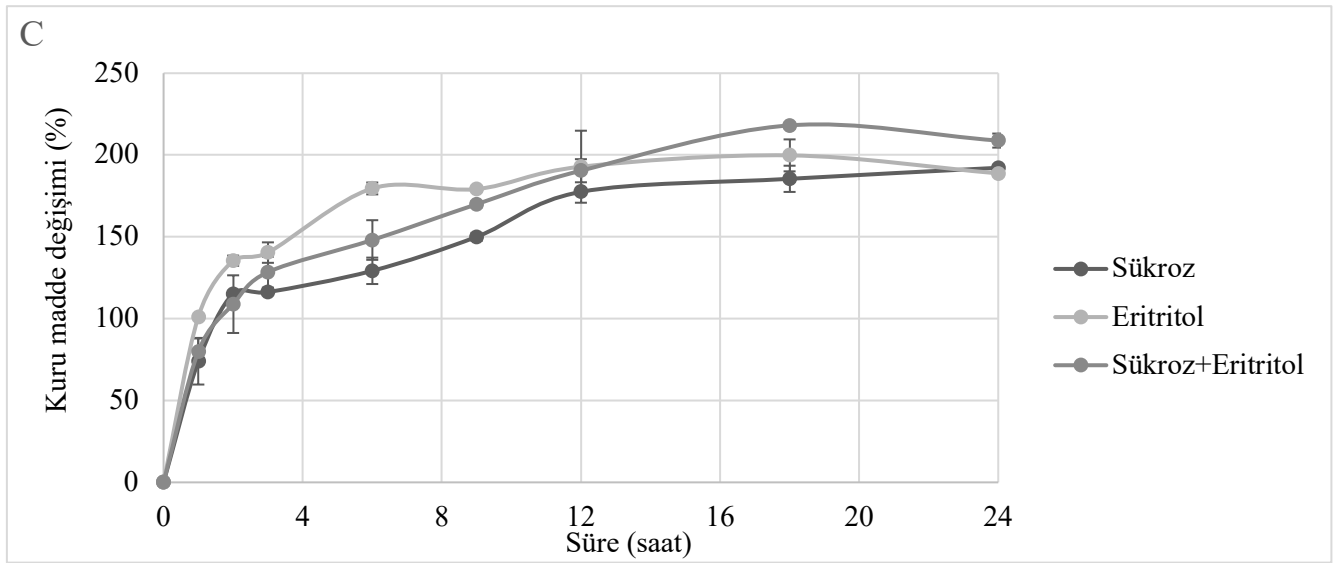
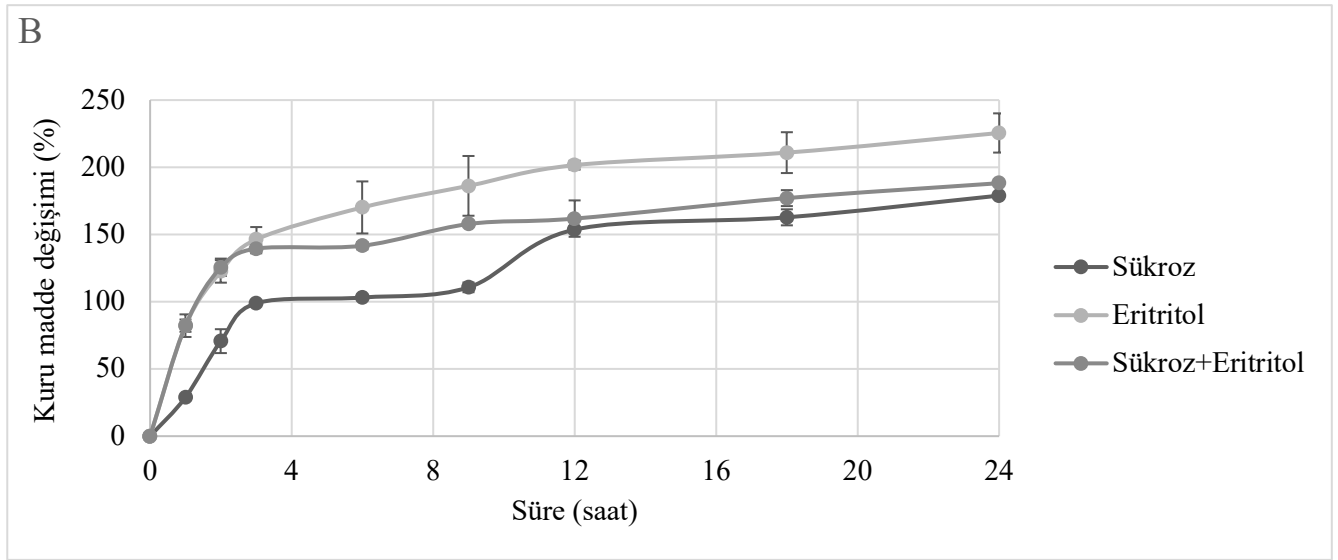
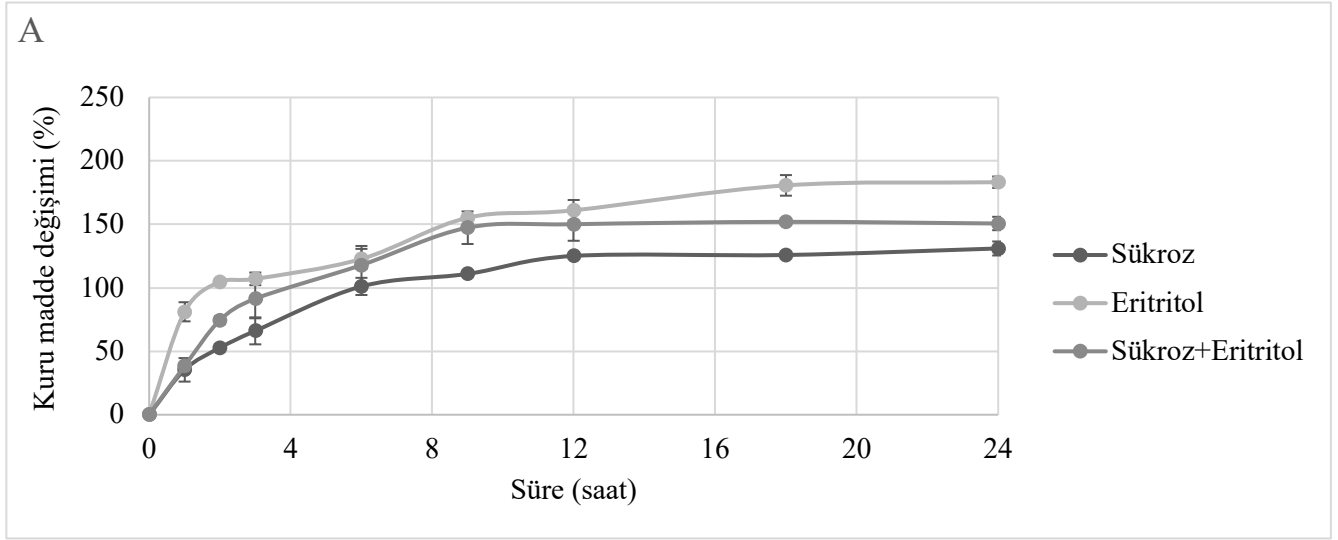
İlgili şekilde, zamana bağlı kuru madde değişimi eğrilerinin kontrol (A), vakumlu emdirim ön işlemleri (B) ve ultrases ön işlemleri (C) dehidrasyon süreçlerinin her birinde başlangıçta bir plato oluşturduğu gözlemlenirken 12 - 16 saat sonunda eğrilerin sabit hale geldiği görülmektedir. Bu durum, her bir uygulama sonucunda 24 saatin sonunda kuru madde miktarı değişiminin sabitlendiği ve dolayısıyla meyve ve çözeltiler arasındaki kütle transferinin de doyum noktasına ulaştığını göstermektedir. Tüm OD işlemlerinde her 4 saatlik zaman aralığında en düşük kuru madde miktarına kontrol grubundaki sakkaroz çözeltilerinde beklenen meyvelerin sahip olduğu görülmektedir. OD'nin 0-4 saat aralığında A, B ve C gruplarının tümünde kuru madde miktarları artış gösterirken en yüksek kuru madde miktarı değişiminin eritritol çözeltilerinde uygulama yapılan meyvelerde olduğu görülmüştür. OD'nin 4-8 saat aralığında kontrol grubunda ve ultrases ön işlemleri tüm ölçümlerde kuru madde miktarı artışı gözlemlenirken, vakumlu emdirim ön işlemleri uygulanan meyvelerde sakkaroz ve sakkaroz + eritritol karışımlarındaki ürünlerde kuru madde değişiminin sabit kaldığı, sadece eritritol karışımında uygulama yapılan ürünlerde kuru madde miktarında değişim gerçekleştiği görülmektedir. OD'nin 8-12 saat aralığında ise tüm kategorilerdeki ürünlerin kuru madde miktarlarında değişim gerçekleştiği ve en yüksek kuru madde miktarı değişiminin eritritol çözeltilerine daldırılan ürünlerde olduğu görülmektedir. OD'nin 12-16 saat aralığında tüm kategorilerde kuru madde miktarındaki artışın azalmaya başladığı görülmektedir. Bu zaman aralığında kontrol ve vakumlu emdirim ön işlemleri OD sürecinde en fazla kuru madde miktarı eritritol

çözeltilisine alınan ürünlerde gözlenirken, ultrases ön işlemlili ozmotik dehidrasyonda ise sakkaroz + eritritol çözeltilisine alınan ürünlerin kuru madde miktarı sadece eritritol çözeltilisine alınan ürünlerin kuru madde miktarından fazla olduğu görölmektedir. OD'nin 16-20 saat aralığında kontrol grubundaki ürünlerin kuru madde miktarlarındaki değişimin sabitlenmeye başladığı, vakumlu emdirim ve ultrases ön işlemlili ozmotik dehidrasyon ürünlerinde ise değişimin azalmaya başladığı görölmektedir. Bu zaman aralığında en fazla kuru madde miktarı değişimi kontrol ve vakumlu emdirim ön işlemlili OD sürecinde eritritol çözeltilisindeki ürünlerde gözlemlenirken, ultrases ön işlemlili uygulanan ürünlerde ise en fazla değişim sakkaroz + eritritol çözeltilisindeki ürünlerde görölmektedir. OD'nin 20-24 saat aralığında ise kontrol grubundaki kuru madde miktarı değişiminin sabitlendiğı ve dolayısıyla denge noktasına ulaşıldığı görölmektedir. Vakumlu emdirim ve ultrases ön işlemlili ürünlerde ise sabit bir artış olduğu görölmektedir. Tüm kategorilerdeki kuru madde miktarı değişimleri incelendiğinde, ürünlerin 24 saat boyunca OD'ye tabi tutulması gerektiğı sonucuna varılmaktadır.

Tüm ön işlem kategorilerinde en yüksek kuru madde miktarı değişimi yaklaşık %225 değişim oranı ile vakumlu emdirim ön işlem tekniğinde elde edilmiştir. Vakumlu emdirim ön işlemlili OD işleminde elde edilen kuru madde değişimi grafiğine bakıldığında en yüksek değer eritritol çözeltilisiyle elde edilmiş olup bunu sırasıyla sakkaroz + eritritol çözeltilisi ve sakkaroz çözeltilisi takip etmektedir. Bu durum literatür çalışmalarında vakumlu emdirim destekli OD mekanizmasında hipertonic çözeltideki çözünen maddenin kuru madde miktarı ne kadar artarsa ürünün kazandığı çözünen madde miktarının ve dolayısıyla kuru madde miktarının da o oranda artacağı şeklinde belirtilmiştir (Hironaka vd., 2011).

Ultrases destekli ozmotik dehidrasyon işleminde katı madde aktarım mekanizması, çözelti ile ürün arasındaki sıvı fazda kaviteler oluşması sonucu meydana gelen mikro ajitasyon sayesinde yüzeyde oluşan mikro kanallardan bünyeye katı transferi şeklinde gerçekleşir. Literatür bilgilerine göre ultrases uygulamasının kütle transferine etkisinde ürünün ve hipertonic çözeltide kullanılan çözünen maddenin tipi, çözelti konsantrasyonu, sıcaklığı ve uygulama süresi gibi birçok etken mevcuttur (Garcia vd., 2010). Çizelge 4.1. incelendiğinde, 16-20 saat aralığında 3 farklı OD yöntemi arasında en yüksek kuru madde miktarı değişimi %218 oranı ile sakkaroz + eritritol çözeltilisindeki ultrases ön işlemlili OD ile elde edilmiştir. Ultrases yönteminde elde edilen veriler tek başına incelendiğinde en yüksek kuru madde miktarı değişiminin sakkaroz +eritritol

zeltisinde olduğu grlmektedir. Kontrol ve vakumlu emdirim n işlemliler gruplarda tüm saat aralıklarında en yüksek kuru madde miktarı değişimi eritritol zeltisinde gerçekleşirken ultraseste 16-20 saatler arasında sakkaroz + eritritol karışımının %218 oranıyla tepe noktası yaptığı grlmektedir. 20-24 saat aralığında ise sakkaroz + eritritol ve eritritol zeltilerindeki ürünlerin kuru madde miktarında azalma gözlenirken sakkaroz zeltisinde artış gözlenmektedir.



**şekil 4.1.** Ozmotik dehidrasyon süresinin belirlenmesinde kuru madde değişimi (%)

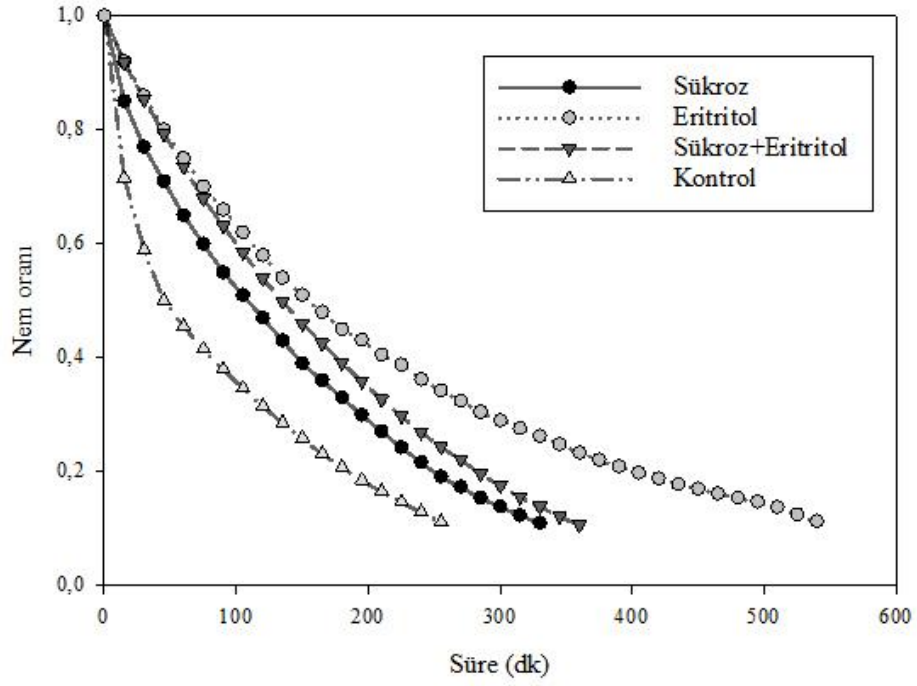
A; Kontrol, B; Vakumlu Emdirim, C; Ultrases

## 4.2. Nem Oranı

Farklı ozmotik ajanlar kullanılarak yapılan vakumlu emdirim ön işlemlili OD sonrasında hava akımlı kabin kurutucuda kurutulması esnasında elde edilen zamana bağılı kuru vişnelere nem oranı grafiğı Şekil 4.2’de verilmiştir. Şekil incelendiğinde kuruma süresi en uzun olan örneklerin ( $t > 500$  dk.) eritritol çözeltilisindeki vişnelere ait olduğı görülürken en kısa olan örneklerin ise kontrol grubuna (200 dk.  $< t < 300$  dk.) ait olduğı görülmektedir. Kurumanın 100. dakikasına kadar eritritol ve sakkaroz + eritritol içeren çözeltilerde bulunan vişnelere kuruma davranışları benzerlik gösterirken 100. dakikadan sonra ayrı özellik göstermiştir. Sakkaroz ve sakkaroz + eritritol içeren çözeltilerde bekletilen vişnelere kuruma davranışlarının tüm kuruma süresi boyunca birbirine paralel ilerlediğı görülmektedir. Vakumlu emdirim uygulamasından sonra ölçülen nem miktarı kontrol grubunda %84 olarak kaydedilirken sakkaroz, eritritol ve sakkaroz + eritritol çözeltilerindeki nem içeriğı sırasıyla %64,96, %65,76 ve %62,16 olarak kaydedilmiştir. Kurutma sonrasında kuru ürünlerin nem içerikleri ise kontrol, sakkaroz, eritritol ve sakkaroz + eritritol çözeltilerinde sırasıyla %24,31, %20,16, %19,42 ve %16,48 olarak kaydedilmiştir. Nem oranı azalmasında en yüksek oran sakkaroz + eritritol çözeltilerinde bekletilen vişnelere olurken bu sıralamayı eritritol, sakkaroz ve kontrol grubu göstermiştir. Kuruma süresi olarak en uzun sürenin eritritol çözeltilisinde bekletilen vişnelere görülmesinin nedeni, eritritol çözeltilisinin aşırı doygun bir çözelti oluşturmasından kaynaklı kuruma süresince hücrenin içine yeteri kadar transfer olamadan dış yüzeyde bir katman oluşturarak meyveye kütle transferinin gerçekleşmesini engellemesi olarak gösterilebilir (Siucinska vd.,2015). Benzer şekilde kontrol grubundaki kuru vişnelere kuruma süresinin diğere örnekler göre daha kısa olmasının nedeni de ürün yüzeyinde kütle transferini engelleyen herhangi bir şeker molekülü olmaması olarak gösterilebilir. Bu sonucu destekler nitelikte olan bir çalışmada kivi halkaları çok raflı güneş enerjili kurutucuda, %20 konsantrasyona sahip sakkaroz çözeltilisinde ozmotik dehidrasyona uğradıktan ve son olarak ozmosolar kurutucuda kurutulduktan sonra elde edilen ürünlerin nem kaybı ve kurutma hızı incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kuruma süresi boyunca nem kaybı her yöntemde artmış olmasına rağmen OD ile kurutulan kivi halkalarındaki nem kaybının diğere yöntemlere kıyasla en az değere sahip olduğı görülmüştür (Yıldız ve Gencer, 2022). Pan vd. (2003) tarafından yapılan bir çalışmada farklı meyve ve sebzelerin %20, 30, 40, 50 ve 65’lik konsantrasyona sahip sakkaroz

çözeltilerinde OD'ye uğratıldıktan sonra hava akımlı kabin kurutucuda kurutulması sonucu elde edilen kuru ürünlerin katı kazanımı, su kaybı, besleyici bileşenlerinin kaybı ve nem içeriği gibi çeşitli özellikleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda, hipertonic bir çözelti kullanılarak bir ürünün kuruma süresinin ve nem içeriğinin ön işlem uygulanmamış örneklerle kıyasla önemli ölçüde azaldığına; ancak %50 ve üzeri konsantrasyona sahip derişik çözeltilerde kullanılan ozmotik ajanın ürün yüzeyinde kalın bir tabaka kaplayarak ürüne kütle transferinin gerçekleşmesini engellediği sonucuna varılmıştır. Başka bir çalışmada ise maltodekstrin, sakkaroz, maltoz ve fruktozun ozmotik ajan olarak kullanılmasının hava akımlı kabin kurutucuda kurutulan ve dondurarak kurutulan çilek meyvesinin özellikleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre 40° Bx değerine sahip maltodekstrin, sakkaroz, maltoz ve fruktoz çözeltilerinde 3 saat ozmotik dehidrasyona uğrayan çileklerde en düşük nem içeriği 58,90 g/100 g ile fruktoza ait olurken en yüksek nem içeriği ise 75,91 g/100 g ile maltodekstrinde ölçülmüştür. 60° Bx değerine sahip fruktoz çözeltilerinde farklı süre ve sıcaklıklarda ozmotik dehidrasyon uygulanan çileklerde ise en düşük nem içeriği 18,10 g/100 g ile 60° °Bx, 50°C ve 5 saat olarak yapılan uygulamaya aitken en yüksek nem içeriği 67,83 g/100 g ile 60 °Bx, 50°C ve 1 saat olarak yapılan uygulamada ölçülmüştür (Prosapio ve Norton, 2017). Bu bilgiler göz önünde bulundurulduğunda bu çalışmada elde edilen nem oranı verilerinin literatürdeki diğer çalışmalara ait verilerle uyum gösterdiği, kullanılan ozmotik ajanların sahip olduğu farklı molekül ağırlığından kaynaklı olarak nem oranlarının ve kuruma sürelerinin artış ya da azalış gösterdiği sonucuna varılabilir.





**Şekil 4.2.** Vişnelerin kurutulması sırasında nem oranının zamana bağlı değişimi

### 4.3. Kuru Vişnelerin Fizikokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi

Vakumlu emdirim ön işlemi ardından uygulanan OD sonucunda 40°Bx konsantrasyona ve 50 °C çözelti sıcaklığına sahip sakkaroz, eritritol ve sakkaroz + eritritol çözeltilerinde 24 saat boyunca sıcak su banyosunda bekletilip 65 °C sıcaklık altında tepsili kurutucuda kurutulan vişnelere OD etkisinin anlaşılabilmesi için kuru madde miktarı, su aktivitesi, büzüşme değeri, rehidrasyon kapasitesi ve esmerleşme indeksi gibi fizikokimyasal parametreler hesaplanarak Çizelge4.1’de verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Taze vişne ve kuru vişnelerin fizikokimyasal özellikleri

<b>Analiz</b>	<b>Taze vişne</b>	<b>Kontrol</b>	<b>Sakkaroz</b>	<b>Eritritol</b>	<b>Sakkaroz + Eritritol</b>
Kuru madde (g/100 g)	15,83±0,41 <sup>a</sup>	75,69±5,44 <sup>b</sup>	79,84±2,77 <sup>bc</sup>	80,58±1,91 <sup>bc</sup>	83,02±0,46 <sup>c</sup>
Su aktivitesi	-	0,86±0,006 <sup>c</sup>	0,73±0,001 <sup>b</sup>	0,90±0,007 <sup>d</sup>	0,63±0,000 <sup>a</sup>
Büzüşme değeri	-	0,30±0,01 <sup>d</sup>	0,20±0,006 <sup>b</sup>	0,27±0,002 <sup>c</sup>	0,14±0,001 <sup>a</sup>
Rehidrasyon kapasitesi	-	1,29±0,02 <sup>c</sup>	1,19±0,01 <sup>b</sup>	1,05±0,03 <sup>a</sup>	1,18±0,03 <sup>b</sup>
Esmerleşme indeksi	-	9,94±0,78 <sup>bc</sup>	9,26±0,21 <sup>b</sup>	10,87±0,79 <sup>c</sup>	7,51±0,40 <sup>a</sup>

\* Veriler “Ortalama±Standart sapma”olarak ifade edilmiştir. Ortalama değerler arasındaki anlamlı farklılıklar ( $P<0,05$ ) aynı satırda farklı küçük harflerle belirtilmiştir.

#### **4.3.1.Kuru Madde Miktarı**

Taze vişnelerin kuru madde miktarını kontrol grubuyla karşılaştırınca ozmotik dehidrasyonun ve vakumlu emdirim ön işleminin dehidrasyon işleminin etkinliğini artırdığı açıkça görülmektedir. Kuru madde miktarı açısından en yüksek değer 83,02 g/100g ile sakkaroz + eritritol çözeltisinde bekletilen vişnelerde, en düşük değerin de 75,69 g/100g ile kontrol grubunda elde edildiği görülmektedir. Vakumlu emdirim ön işleminin hücre yapısında deformasyona yol açarak su ve şeker moleküllerinin dokuya transferinin kolaylaşmasına ve böylelikle kuru madde miktarının artmasına neden olduğu taze vişne ve diğer gruplar arasındaki anlamlı kuru madde miktarı farkına bakılarak anlaşılmaktadır. Literatürde yapılan benzer bir çalışmaya göre, kuru madde miktarının artışı ürünün daldırıldığı çözeltinin içerisindeki ozmotik ajanın tipi ve kuru madde miktarına bağlı olduğu ve bu özelliklerin yüksek ozmotik basınca yol açarak dehidrasyonu hızlandırdığı not edilmiştir (Rodrigues vd., 2009). Sakkaroz, eritritol ve sakkaroz + eritritol çözeltilerinde bekletilen ürünlerden elde edilen kuru madde miktarı sonuçlarında sakkaroz ve eritritole ayrı olarak daldırılan ürünler arasında anlamlı bir fark oluşmamıştır ( $P>0,05$ ). Sakkaroz +eritritol çözeltisinde bekletilen ürünlerin diğer çözeltilere göre daha yüksek kuru madde miktarına sahip olması istatistiki olarak anlamlı olup ( $P<0,05$ ) sakkaroz ve eritritol şeker alkolünün sinerjistik etki ile çalıştığı ve gıda formülasyonlarında birlikte kullanılabileceği anlaşılmaktadır.

### 4.3.2. Su Aktivitesi Değeri

Su aktivitesi değeri, gıda denge buhar basıncının aynı sıcaklıktaki saf suyun denge buhar basıncına oranının 0 ile 1 arası ondalıklı sayılarla ifade edildiği, mikroorganizmaların gıdalardaki serbest su moleküllerini kullanabilme yeteneklerine dair önemli bir göstergedir (Cemeroğlu, 2012). Su aktivitesi değeri yüksek, ( $a_w$  0,90-1,00) orta ( $a_w$  0,60-0,90) ve düşük ( $a_w < 0,60$ ) olarak 3 grupta incelenir (Yıldırım vd., 2018). Kuru ürünlerin su aktivitesi değeri orta nemli gruba dahil edilirken küf, maya ve bakterilerin gelişiminin en az olduğu  $a_w$  0,60-0,70 seviyesi kritik eşik olarak kabul edilir. Yapılan bu çalışmada kullanılan farklı şeker çözeltilerinde bekletilen ürünlere ait  $a_w$  değerleri arasında anlamlı fark olduğu ( $P < 0,05$ ) ve elde edilen en düşük  $a_w$  değeri 0,63 ile sakkaroz + eritritol çözeltisinde bekletilen ürünlere aitken en yüksek olanın 0,90 ile eritritol çözeltisinde bekletilen ürünlere ait olduğu görülmektedir. Siucinska vd. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada kuru vişnelerin su aktivitesi 0,693 olarak not edilmiştir. Su aktiviteleri arasındaki anlamlı farkın nedeni, vakumlu emdirim mekanizmasının meydana getirdiği deformasyona rağmen eritritol çözeltisinin aşırı doymuş ve moleküler yapısının farklı olması sebebiyle hücre yapısına diğer çözeltilerde olduğu gibi yeterli seviyede transfer edilememesi ve hücre içindeki sıvının hücre dışına ozmotik olarak atılamaması gösterilebilir. Su aktivitesi değerinin önemi gıdanın raf ömrü açısından önemli bir parametre olmasından  $a_w$  0,63 ile sakkaroz + eritritol çözeltisinde bekletilen ürünlerin diğer gruplar içerisinde en düşük değere sahip olduğu sonucuna varılmaktadır.

### 4.3.3. Büzüşme Değeri

Büzüşme, gıdaların kuruması sırasında bünyedeki suyun buhar olarak uzaklaştırılması sonucu hücre yapısının bozulmasıyla gerçekleşen ve kuru gıdaların kalitesini doğrudan etkileyen bir kalite kriteridir. Büzüşme değeri; taze ürünün yığın yoğunluğunun kuru ürünün yığın yoğunluğuna oranının kuru ürünün nem içeriğinin taze ürünün nem içeriğine oranının çarpılmasıyla bulunur. Bu eşitlikte ürünün kuruma süresince hacminde meydana gelen değişim ile nem içeriği arasında doğru orantı kurulmaktadır. Yani, kurutma sırasında ürünün nem içeriği azaldıkça hacminde de o oranda daralma gerçekleşir. Ozmotik dehidrasyon sırasında ozmotik basınç etkisiyle ürün

büzüşür ve hacminde azalma meydana gelir. Bu çalışmada vakumlu emdirim ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış olup tüm kategorilerde büzüşme değeri açısından anlamlı farklılık ( $P<0,05$ ) meydana gelmiştir. Kurutma sonrası elde edilen ürünlerin görselleri Resim 4.1’de verilmiştir. Büzüşme değeri en yüksek olan ürün 0,30 ile kontrol grubuna, en düşük olan ise 0,14 ile sakkaroz + eritritol çözeltisinde bekletilen gruba aittir. Ochoa vd. (2002) tarafından yapılan benzer bir çalışmada, 60°C sıcaklıkta 1 m/s akış hızına sahip kurutucuda ön işlemsiz olarak kurutulan vişnelerin 12 saat sonunda 0,5 büzüşme değerine sahip olduğu not edilmiştir. Bu durumda mevcut çalışmada ön işlem ile dehidrasyon uygulanmadan elde edilen kontrol grubunun 24 saat sonunda 0,3 büzüşme değerine sahip olması tutarlılık göstermektedir. Maldonado ve Pacheco (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, kiraz meyveleri küre şekilli olarak kabul edilerek 30 tane kirazın 3 farklı ozmotik çözeltide bekletildikten sonra (1: %100 sakkaroz, 2: %75 sakkaroz + %25 laktitol, 3: %50 sakkaroz +%50 laktitol) farklı 3 eksendeki ( $r, \theta, \phi$ ) çapları (D1, D2, D3) ve ağırlık kayıpları ölçülerek 35 saatlik kuruma boyunca uğradığı büzüşme etkisinin hacim ve alan üzerinde yaptığı değişiklikler not edilmiştir. Çalışmada, önceden belirtilen çözeltilerde bekletilip kurumaya alınan ürünlerde hacim azalışı %100 sakkaroz çözeltisinde 0,61 oranında, %75 sakkaroz + %25 laktitol çözeltisinde 0,63 oranında ve %50 sakkaroz + %50 laktitol çözeltisinde 0,67 olarak gerçekleşmiştir. Alan azalışı ise %100 sakkaroz çözeltisinde 0,72 oranında, %75 sakkaroz + %25 laktitol çözeltisinde 0,73 oranında ve %50 sakkaroz + %50 laktitol çözeltisinde 0,76 oranında gerçekleşmiştir. Yazarlara göre bu çalışmada hacim ve alanın azalışı kurutma süresi ilerledikçe ve nem kaybı arttıkça artmaktadır. Sakkarozun tek başına kullanıldığı örneklerde gerçekleşen hacim ve alan azalışının laktitol ile kombine edilen çözelti örneklerine kıyasla daha fazla olduğu ve bunun sebebinin sakkarozun ozmohidrotik etkisinin laktitole kıyasla daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır (Maldonado ve Pacheco, 2020). Beklenen durumun aksine kontrol grubundan sonra en yüksek grup sakkaroz yerine eritritol çözeltisinde 0,27 olarak görülmüştür. Bunun nedeni eritritol çözeltisinin diğer çözeltilere oranla aşırı doygun olduğu için homojen bir şekilde dağılmaması ve meyvenin hücre yapısındaki suyu dışarı atamadığından ürün içerisinde nem içeriği artışına sebep olarak büzüşmeyi arttırması olarak gösterilebilir (Gül vd., 2022).



**Resim 4.1.** Osmotik dehidrasyon sonrası kurutmadan elde edilen son ürünler

#### 4.3.4. Rehidrasyon Kapasitesi

Rehidrasyon kapasitesi kuru ürünlerin hücre duvarının ve dokusunun kuruma sırasında hasar alıp almadığını ortaya koyan ve kalite açısından oldukça önemli bir parametredir (Doymaz ve İsmail, 2011). Düşük ya da zayıf rehidrasyon yeteneği, kurutulan gıdanın yapısında bozulma meydana gelmesi. Kurutulmuş ürünlerde rehidrasyon yeteneğinin kaybolmasının en önemli nedeni yüksek sıcaklık uygulanması sonucu hücre yapısının çöküp porozitenin azalmasıdır (Yıldız ve Çağındı, 2022). Rehidrasyon oranı kurutulan infüze meyvelerden 5 g tartılıp üzerlerine 250 mL distile su ilave edildikten sonra 25 °C de 30 dk bekletilip rehidre edilmeden önceki ürün miktarının rehidre edildikten sonraki ürün miktarına oranlanması ile hesaplanır. Bu çalışmada elde edilen verilere göre en düşük değer 1,05 ile eritritol çözeltisinde bekletilen ürünlere aitken en yüksek değer 1,29 ile kontrol grubuna aittir. Sakkaroz ve sakkaroz + eritritol çözeltisinde bekletilen ürünlere ait rehidrasyon kapasiteleri arasında anlamlı bir farklılık yoktur ( $P>0,05$ ). Rehidrasyon kapasitesi kategorisinde en anlamlı farklılık 1,05 ile eritritol çözeltisinde görülmektedir. Doymaz ve İsmail (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, etil oleat alkali çözeltisi ile ön işleme tabi tutulmuş kirazların 60, 70 ve 75°C sıcaklıklarda kurutulurken göstermiş oldukları rehidrasyon kapasiteleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda 420 dk rehidrasyon süresinde en yüksek rehidrasyon oranının 1,5 ile 70°C’de, sonra sırasıyla 1,4 ile 60°C ve 1,2 ile 75°C’ de kurutulan örneklerde olduğu not edilmiştir. Gül vd. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada ultrasonik banyo içerisinde %12,5, %25 ve %50 konsantrasyona sahip sakkaroz çözeltilerinde osmotik dehidrasyona

uğrattıldıktan sonra 60°C sıcaklıkta kurutulan balkabağı örneklerinin bazı fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri incelenmiştir. İlgili çalışmada %50 konsantrasyona sahip çözeltideki ürünlerin 200. dakikada rehidrasyon oranında doymunluk noktasına ulaştığı görülürken bu sürenin %12,5 ve %25 konsantrasyonda 275. dakikaya kadar uzadığı sonucuna varılmıştır. Bu durum, yazarlar tarafından yüksek konsantrasyona sahip çözeltilerde kuruma sırasında ürün yüzeyinde daha fazla şeker kalması sonucu geri emilebilecek su miktarının azalması ile açıklanmaktadır. Amami vd. (2017) tarafından yapılan başka bir çalışmada 32,5 ve 65 °Bx sahip farklı ozmotik çözeltilerde (sakkaroz) bekletilen ve farklı uygulama sıcaklıkları (20, 30 ve 40 °C) ve ultrases uygulama süreleri (10, 20 ve 30 dk) uygulanan çileklerde su kaybı, katı kazanımı ve ağırlık kaybı gibi parametreler incelenmiştir. Elde edilen verilere göre rehidrasyon süresi ve uygulama sıcaklığı arttıkça sıvı kazanımının arttığı; ancak çözeltilerin doymunluk seviyesine ulaştıkça azaldığı görülmektedir. Noshad vd, (2012) tarafından yapılan başka bir çalışmada da dilimlenmiş ayvaların 40 ve 60°Bx sahip sakkaroz çözeltilerinde ozmotik dehidrasyona uğrattılıp farklı dehidrasyon süreleri (1, 1,5 ve 2 saat) ve ultrases süreleri (0, 15 ve 30 dk) sonucunda kurutulan ürünlerin su kaybı, katı kazanımı ve ağırlık azalışı incelenmiştir. Elde edilen verilere göre yüksek konsantrasyonda OD'ye uğrattılan ayva dilimlerinin daha düşük rehidrasyon oranına sahip olduğu ve yüksek konsantrasyondaki çözeltilerin içerisinde bulunan şeker moleküllerinin su geri kazanımı sırasında suyun absorbe edilmesini engellemesi nedeniyle rehidrasyon oranını azalttığı sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada da literatür verilerine benzer şekilde en yüksek rehidrasyon kapasitesi hiçbir ozmotik çözeltide bekletilmeyen kontrol grubunda 1,29 olarak görülürken, en düşük rehidrasyon kapasitesi oranı ise en yüksek çözelti doymunluğuna sahip eritritol çözeltisinde 1,05 olarak görülmektedir. Bu durum, literatür verilerine dayandırılarak çözelti doymunluğunun suyun geri kazanılması sırasında şeker moleküllerinin suyun geçişini engellemesi şeklinde açıklanabilir.

#### 4.3.5.Esmerleşme İndeksi

Esmerleşme indeksi, kuru meyvelerde ısıl işleme ve içeriğindeki şeker miktarına bağlı olarak gelişen esmerleşme reaksiyonunun bir ölçümü olup önemli bir kalite göstergesidir. Renk analizlerinde elde edilen  $a^*$   $b^*$  ve  $L^*$  değerlerinden türetilen bir indeks olup, ürünün esmerleşme reaksiyonu hakkında bilgi verir. Bu çalışmada elde edilen verilere göre en yüksek esmerleşme indeksi 10,87 ile eritritol çözeltisinde bekletilen ürünlerde görülürken en düşük esmerleşme indeksi ise 7,51 ile sakkaroz + eritritol çözeltisine ait meyvelerde ölçülmüştür. esmerleşme indeksinde çözeltilerde kullanılan şeker türü açısından tüm kategoriler arasında anlamlı farklılık vardır ( $P<0,05$ ). Eritritol içeren çözeltide bekletilen ürünlerin kurutulduktan sonra en yüksek esmerleşme indeksine sahip olması, eritritolün sakkarozla göre enzimatik esmerleşmeyi daha çok hızlandırması şeklinde açıklanabilir. esmerleşme indeksi değerlerine bakıldığında kontrol grubunda elde edilen 9,94 değerinden oldukça düşük olan 7,51 ile sakkaroz + eritritol çözeltisine ait meyvelerin son ürün kalitesi olarak en iyi ürünler olduğu sonucuna varılmaktadır. Literatür çalışmalarında doğrudan kuru vişnenin esmerleşme indeksi değerine ait herhangi bir veri bulunmamasına karşın, kiraz ve diğer meyve gruplarında yapılmış çokça çalışma mevcuttur. Franceschinis vd. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada küp kesilmiş kiraz meyvesinden haşlama ve kuru şeker infüzyonu ön işlemleri uygulandıktan sonra hava akımı ile kurutma (60°C, 24 saat) ve dondurarak kurutma yöntemleri ile elde edilen kuru ürünlerin renk, biyoaktif bileşen ve antiradikal gücü özellikleri değerlendirilmiştir. Bu çalışmada elde edilen verilere göre sıcak hava akımı ile kurutulan kiraz küplerinin kontrol grubunun esmerleşme indeksi 0,13 olarak ölçülürken; haşlama ve şeker infüzyonu ön işlemine uğrayan kirazların 0,18 ölçüldüğü görülmüştür. Yazara göre haşlama yönteminde ısıl işlem sonucunda enzimatik esmerleşmeye yol açan enzimlerin inaktif hale gelmesi ve şeker infüzyonu sırasında karışıma koyulan sodyum metabisülfid maddesinin esmerleşmeyi önlemesi bu sonuca yol açmıştır. Yapılan başka bir çalışmada, mikrodalga ve sıcak hava kurutma yöntemleri kombine edilerek kurutulan küp ve halka şeklindeki armut meyvelerinin kalite özellikleri analiz edilmiştir (İzli, 2018). Bu çalışmada 90 W ve 160 W olmak üzere iki farklı mikrodalga gücüne karşılık 55, 65 ve 75 °C olmak üzere 3 farklı kurutma sıcaklığı kullanılmış olup taze armut örneklerinin 35,30 ile en düşük esmerleşme indeksi değerine sahip olduğu görülürken en yüksek esmerleşme indeksi değerinin 108,41 ile 75 °C sıcaklıkta kurutulan ürünlere ait olduğu

görülmüştür. Yazar, bu sonucu uygulanmış olan yüksek sıcaklık etkisiyle ürün içerisinde bulunan renk pigmentlerinin bozulmaya uğramasına sebep olan enzimatik veya enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarına dayandırmaktadır (İzli, 2018). Başka bir araştırmada alıç meyvesinin dondurarak, sıcak hava akımlı ve mikrodalga teknikleri ile kurutulması sonucunda elde edilen ürünler esmerleşme indeksi, fenolik bileşikler ve antioksidan kapasite açısından incelenmiştir. Yapılan çalışmaya göre en düşük esmerleşme indeksinin 148,71 olarak taze meyveye ait olduğu görülmüştür. Bunu sırasıyla 149,90 ile dondurarak kurutulan, 200,72 ile hava akımlı kabin kurutucu ile kurutulan ve 245,43 ile mikrodalga ile önceden ısıtılmış sıcak havalı fırında kurutulan meyvelerin takip ettiği görülmüştür. Taze meyveden sonra en düşük esmerleşme indeksine dondurarak kurutulan meyvelerin sahip olması yazar tarafından ısıl işlem etkisinin minimum seviyede olmasına bağlanmıştır (Çoklar vd., 2018).

#### 4.4. Kuru Vişnelerin Renk Özellikleri

Renk özellikleri gıdaların tercih edilmesinde hem tüketicilerin hem de üreticilerin önem verdiği kalite özelliklerinin başında gelir. Özellikle kuru meyveler, bünyelerinde doğal olarak bulundurdukları şeker ve asitler dolayısıyla kurutma esnasında maruz kaldıkları ısıl işlem sonucunda oluşan enzimatik olan ve olmayan esmerleşmeye karşı oldukça hassastırlar. Doğal olarak kırmızı-açık bordo görünüme sahip vişneler, kurutma sonrası esmerleşme reaksiyonu sonucunda bu rengi kaybetmektedirler. Bu çalışmada aynı sıcaklıktaki sakkaroz, eritritol ve sakkaroz + eritritol çözeltilerinde ozmotik dehidrasyona uğradıktan sonra 65°C sıcaklıktaki hava akımlı kabin kurutucuda kurutulan vişnelerin L\*, a\*, b\*, C\* h° ve ΔE renk değerleri ölçülerek farklı işlemlerin etkisi karşılaştırılmıştır. L\* değeri koyuluk/açıklık (0: siyah, 100: beyaz), a\* değeri yeşillik/kırmızılık (-a\*: yeşillik, +a\*: kırmızılık), b\* değeri mavilik/sarıklık (-b\*: mavilik, +b\*: sarılık) koordinatlarını temsil etmektedir (Maskan, 2001). Çizelge 4.2'ye bakıldığında L\* değerleri arasında tüm ölçüm gruplarında anlamlı farklılık olduğu görülmektedir ( $P < 0,05$ ). Taze meyvenin L\* değeri 22,58 ile en düşük değeri gösterirken, en yüksek değer 40,57 ile eritritolde kaydedilmiştir. Bu verilere göre en koyu renge sahip örneklerin taze meyvelerde; en açık rengin ise eritritollü meyvelerde olduğu sonucuna varılmaktadır. Wojdylo vd. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada taze vişnelerin L\*, a\* ve b\* değerleri sırasıyla 28,40,



16,05 ve 2,35 olarak kaydedilmiştir. Bu çalışmada elde edilen L\*, a\* ve b\* değerlerine bakıldığında a\* değeri haricinde literatüre yakın değerler elde edildiği görülmektedir. Moreno vd. (2000) tarafından çilekler üzerinde yapılan bir çalışmada ozmotik dehidrasyonun son ürün renginde açılmaya neden olduğu ortaya koyulmuştur. Yapılan başka bir çalışmada, kirazın ozmotik dehidrasyonu sırasında şeker kullanımının son ürünün renk açıklığını artırmasının nedeni olarak ozmoz sırasında çözültiden ürüne şeker transferi gerçekleşirken üründen de çözültiye renk pigmentlerinin transfer olması gösterilmektedir (Franceshinis vd., 2015). a\* değerleri arasında kontrol ve sakkaroz + eritritol karışımında elde edilen kuru vişneler arasında anlamlı bir farklılık yokken ( $P>0,05$ ), taze vişne ile sakkaroz ve eritritol karışımlarından elde edilen vişneler arasında anlamlı farklılık mevcuttur ( $P<0,05$ ). Sayısal olarak en yüksek a\* değeri 5,49 ile taze vişneye aitken, en düşük değer 1,74 ile sakkaroz + eritritol karışımındaki kuru vişnelere elde edilmiştir. a\* değerleri incelendiğinde tüm grupların a\* değerinin taze meyvede elde edilen değere göre oldukça az olduğu görülmektedir ve bu durum literatürde yapılan bir çalışmada kurutma sonucu esmerleşme reaksiyonunun bir göstergesi olarak kabul edilmiştir (Wojdylo vd, 2014). b\* değerleri incelendiğinde tüm kategoriler arasında hiçbirinde anlamlı bir farklılık elde edilmemiştir ( $P>0,05$ ). C\* değerleri incelendiğinde kontrol ve sakkaroz + eritritol gruplarında anlamlı bir farklılık elde edilmemekte iken ( $P>0,05$ ), taze vişne, sakkaroz ve eritritol arasında anlamlı bir farklılık mevcuttur ( $P<0,05$ ). C\* değerleri arasında en yüksek değer 6,01 ile taze meyvelerden elde edilmiş olup en düşük değer 2,37 ile eritritolden elde edilmiştir. h° değeri açısından bakıldığında tüm kategoriler arasında anlamlı farklılık görülmektedir ( $P<0,05$ ). En yüksek h° değeri 42,58 ile eritritolden elde edilmekte olup en düşük değer 23,85 ile taze vişneden elde edilmiştir. Literatür çalışmalarına göre h° değeri, L\* değeri ile incelendiğinde L\* değerinde artış yaşanan meyvelerin h° değerlerinde azalma olduğu bunun da vişnelerin kendine has kırmızı renginden sorumlu antosiyanin isimli fenolik bileşiğin ozmotik dehidrasyon ve kurutma süreçlerinde zarar görüp yıkılmış olmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir (Amami vd., 2017).  $\Delta E$  değerleri incelendiğinde kontrol ve sakkaroz + eritritol çözültülerinden elde edilen vişnelerin değerleri açısından anlamlı bir farklılık olmadığı görülmektedir ( $P> 0,05$ ). En yüksek  $\Delta E$  değeri 18,07 ile eritritol karışımından elde edilen vişnelere görülürken en düşük  $\Delta E$  değeri 14,03 ile kontrol grubunda görülmektedir.  $\Delta E$  değeri renk değişiminin insan gözü ile ne kadar ayırt edilebildiğini gösterdiğinden, bu değer ne kadar artarsa üründe esmerleşmenin o kadar

fazla olduğu sonucuna varılır. Sumic vd. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada iki örnek arasındaki  $\Delta E$  1,0'den az ise renk değişiminin önemsiz olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada ise her grup arasındaki  $\Delta E$  değerler arasındaki fark 1,0'dan fazla olduğu için tüm ürünlerde renk değişimi gözle ayırt edilebilecek şekilde gerçekleşmiştir.

**Çizelge 4.2.** Taze vişne ve kuru vişnelerin renk özellikleri

<b>Analiz</b>	<b>Taze vişne</b>	<b>Kontrol</b>	<b>Sakkaroz</b>	<b>Eritritol</b>	<b>Sakkaroz + Eritritol</b>
L*	22,58±1,53 <sup>a</sup>	36,90±0,76 <sup>b</sup>	39,24±0,55 <sup>c</sup>	40,57±0,32 <sup>d</sup>	37,57±0,36 <sup>bc</sup>
a*	5,49±0,22 <sup>c</sup>	2,35±0,84 <sup>a</sup>	3,09±0,96 <sup>ab</sup>	3,78±0,55 <sup>bc</sup>	1,74±0,09 <sup>a</sup>
b*	2,43±0,07	1,59±0,15	2,01±0,30	2,07±0,22	1,60±0,13
C*	6,01±0,20 <sup>c</sup>	2,86±0,76 <sup>a</sup>	3,69±0,98 <sup>ab</sup>	4,31±0,59 <sup>bc</sup>	2,37±0,14 <sup>a</sup>
h°	23,85±1,17 <sup>a</sup>	35,61±8,66 <sup>bc</sup>	33,77±3,98 <sup>b</sup>	28,87±0,94 <sup>ab</sup>	42,58±2,17 <sup>c</sup>
$\Delta E$	-	14,03±0,90 <sup>a</sup>	16,97±0,50 <sup>b</sup>	18,07±0,37 <sup>c</sup>	15,25±0,32 <sup>a</sup>

\* Veriler “Ortalama±Standart sapma” olarak ifade edilmiştir. Ortalama değerler arasındaki anlamlı farklılıklar (P<0,05) aynı satırda farklı küçük harflerle belirtilmiştir.

#### 4.5. Biyoaktif Özellikler

Kuru meyvelerin sağlıklı bir atıştırılabilirlik olarak tüketiminin artmasının önemli bir sebebi, içerdikleri yüksek orandaki biyoaktif bileşenleridir. Dolayısıyla kuru meyvelerin kurutma aşamasında uğradıkları işlemler sonrasında sahip oldukları biyoaktif bileşen miktarları ürünlerin tercih edilmesi açısından önemli bir faktördür. Bu çalışmada ozmotik dehidrasyon ve kurutma sonrasında elde edilen kuru vişnelerin uygulama öncesi ve sonrası ölçülen toplam fenolik madde (TFM), toplam antosiyanin (TA), toplam flavanoid (TF) ve ABTS ve DPPH cinsinden antioksidan kapasitesi değerleri Çizelge 4.4’ de gösterilmiştir.

#### 4.5.1. Toplam Fenolik Madde (TFM)

TFM değerleri en yüksekten en düşüğe sırasıyla 1305,67 mg GAE/100 g KM ile taze vişneye, 1247,99 mg GAE/100 g KM ile kontrol grubuna, 558,03 mg GAE/100 g KM ile sakkaroz + eritritol grubuna, 419,73 mg GAE/100 g KM ile sakkaroz grubuna ve 343,45 mg GAE/100 g KM ile eritritol grubuna aittir. TFM değerleri açısından taze vişne ve kontrol grubu arasında ve sakkaroz ve eritritol grubu arasında istatistiki olarak anlamlı bir farklılık mevcut değildir ( $P > 0,05$ ). Fakat sakkaroz + eritritol grubuna ait TFM değeriyle diğer gruplarda elde edilen ölçümler arasında istatistiki olarak anlamlı bir farklılık mevcuttur ( $P < 0,05$ ). Taze vişnelerin TFM değeri ile eritritol grubundaki vişnelerin TFM değeri arasında çok büyük bir fark olması, ozmotik dehidrasyon sonrasında eritritolün TFM üzerinde azaltıcı etkisi olduğunu göstermektedir. Horuz vd. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada taze vişnelerin TFM değeri 1234,30 mg GAE/100 g KM olarak bulunurken n işlemsiz konvansiyonel olarak kurutulanan vişnelerin TFM değeri ise 225,52 ile 385,85 mg GAE/100 g KM arasında değişkenlik gösterdiği kaydedilmiştir. Bu çalışmada elde edilen TFM değerlerine göre sırasıyla sakkaroz grubunda %68, eritritol grubunda %74 ve sakkaroz + eritritol grubunda ise %57'lik bir azalma meydana gelmiştir. Horuz vd, (2017) tarafından yapılan aynı çalışmada vişne meyvesinin farklı yöntemlerle kurutulduktan sonra llen TFM değerlerinin %68 ile %87 arasında azaldığı görülmüş, bu çalışmada elde edilen verilere yakın olduğu grlmektedir. Altıok ve Otağ, (2019) tarafından yapılan bir çalışmada kuru kirazlarda kurutmaya bağlı TFM değeri azalmasının sebebi polifenollerin gıda matriksinde bulunan protein, karbonhidrat gibi diğer moleküllere bağlanması ya da kimyasal olarak bozulmaları sonucunda yapılan analizlerde tespit edilememesi olarak açıklanmıştır. Elde edilen verilere göre TFM açısından en yüksek sonuç sakkaroz + eritritol grubunda bulgulanmıştır.

#### 4.5.2. Toplam Flavanoid (TF)

Flavanoidler, bitkilerin sekonder metabolizma ürünleri olup bitkilerde pek çok fonksiyonu gerçekleştirirler. Flavonlar; (apijenin), flavanonlar (eriodiktol, hespeterin ve narenjenin), flavonoller (kuersetin, kaempferol, mirisetin ve izohamnetin), izoflavonoidler (genistein daidzein), antosiyaninler (siyanidin, delfinidin, malvidin, pelargonidin, petunidin, peonidin) ve flavanoller (epikateşin, proantosiyandin) olarak 6 ana grupta sınıflanırlar (Peterson ve Dwyer,1998). Vişnelerdeki TF miktarları Çizelge 4.4’de görülmekte olup en yüksek değerden en düşüğe doğru sırasıyla 923,24 mg KE/100 g KM ile taze meyvede, 811,64 mg KE/100 g KM ile kontrol grubunda, 360,01 mg KE/100 g KM ile sakkaroz + eritritol grubunda, 326,39 mg KE/100 g KM ile sakkaroz grubunda ve 267,05 mg KE/100 g KM ile eritritol grubunda ölçülmüştür. Ölçülen değerlerde sakkaroz ve sakkaroz + eritritol grupları arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmezken ( $P > 0,05$ ) diğer gruplar arasında anlamlı bir farklılık mevcuttur ( $P < 0,05$ ). TF değeri açısından taze meyveye göre en fazla azalma %71,01 oranıyla eritritol grubuna ait olurken bunu sırasıyla %64,6 ve %61,01 ile sakkaroz ve sakkaroz + eritritol grubu takip etmektedir. Wojdylo vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada kuru vişnelerin biyoaktif bileşiklerinin kuruma sonrası uğradığı değişiklikler incelenmiş ve flavanol grubu haricinde tüm flavanoid gruplarında azalma meydana geldiği görülmüştür. Toplam flavanoid miktarı taze vişnede 885,41 mg KE/100 g KM olarak ölçülmüş olup bu çalışmada bulunan değerle uyumluluk göstermektedir. Buna ek olarak kuruma sıcaklığı arttıkça flavonollerin miktarının arttığı gözlemlenmiş olup bu durum yazarlar tarafından sıcaklık etkisiyle hücrelerin yıkıma uğraması sebebiyle bu bileşiklerin ürün yüzeyine çıkmasına bağlanmıştır (Wojdylo vd, 2013). Benzer şekilde eritritol grubunda en düşük flavanoid seviyesinin görülmesi de eritritolün diğer ozmotik ajanlara oranla daha yüksek ozmotik stres yaratması sonucu çözeltiden ürüne ve üründen çözeltiye madde geçişinin kısıtlanması şeklinde açıklanabilir. Elde edilen verilere göre TF açısından da en yüksek sonuç sakkaroz + eritritol ürün grubunda alınmıştır.

### 4.5.3. Toplam Antosiyanin (TA)

Antosiyaninler, bazı kırmızı meyvelere karakteristik rengini veren biyokimyasal bir renk pigmenti olup vişnenin de rengine en çok katkı sağlayan fenolik bileşiklerin başında yer alır. Bu çalışmada elde edilen TA değerleri siyanidin-3-glikozilrutinozit (C3R) cinsinden hesaplanmış olup Çizelge 4.4’de görüldüğü gibi en yüksekten en düşüğe sırasıyla 40,60 mg C3R/100 g KM ile taze vişne, 36,57 mg C3R/100 g KM ile kontrol grubu, 9,09 mg C3R/100 g KM ile sakkaroz grubu, 8,53 mg C3R/100 g KM ile sakkaroz + eritritol ve 6,60 mg C3R/100 g KM ile eritritol grubuna aittir. Siucinska vd, (2016) tarafından yapılan bir çalışmada ultrases destekli ozmotik dehidrasyon uygulamasının kuru vişne ürününün kalite ve besin değeri özelliklerine etkisi araştırılmış olup taze vişne meyvesinin TA miktarı 55,01 mg C3R/100 g KM olarak bulunmuştur ve bu çalışmadaki değer ile benzerlik göstermektedir. Sonuçlar incelendiğinde sakkaroz ve sakkaroz + eritritol grubu arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark mevcut değilken ( $P > 0,05$ ) diğer gruplar arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark mevcuttur ( $P < 0,05$ ). TA seviyesi %84 oranı ile en çok eritritol grubunda azalma gösterirken, sakkaroz ve sakkaroz + eritritol grubundaki azalış sırasıyla %77,6 ve %78,9 ile birbirine yakın sonuç vermiştir. Siucinska vd, (2016) tarafından yapılan çalışmada kuru vişnelerin ozmotik dehidrasyon sonrası hava akımlı kurutucuda kurutulması sonucu başlangıçtaki antosiyanin miktarının yalnızca %43’ünün korunduğu görülmüş olup bu iki yöntemin bir arada kullanılmasının antosiyanin miktarı açısından olumsuz etkilere yol açtığı rapor edilmiştir. Buna ek olarak, vişnenin içerdiği antosiyanin türleri içerisinde en baskın türlerin siyanidin-3-glikozilrutinozit ve siyanidin-3-rutinozit olduğu ancak ürünün raf ömrü boyunca kararlı kalamadıkları da ortaya koyulmuştur. Wojdylo vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada yüksek sıcaklıkta yapılan kurutmanın antosiyaninlerin yıkımını geri dönülemez şekilde hızlandırıp yıkımın daha yüksek seviyede olmasını yapının sıcaklık etkisiyle kimyasal olarak bozulmasına bağlamaktadır. Parveez ve Alibas, (2021) tarafından yapılan çalışmada kızılıcak meyvesinin hava akımlı kabin kurutucuda kurutulmasından sonra elde edilen örneklerde antosiyanin kaybının kurutma sıcaklığına bağlı olarak %67 ile %92 arasında değiştiği bildirilmiştir. Başka bir çalışmada ise antosiyanin maddesi yüksek sıcaklığa maruz kalarak kayba uğrasa bile, renk pigmentinin düşük hacimde konsantre halde ürünün yapısında bulunduğu sonucuna varılmıştır (Wojdylo vd., 2009). Literatür bilgilerinden ve çalışma verilerinden hareketle, kuru vişnelerde TA miktarında taze

meyveye göre düşüş yaşanması ozmoz sırasında ürüne ozmotik ajan geçişi olurken üründen de hipertonic çözeltiye antosiyanin gibi bileşiklerin geçişi ve sıcaklık etkisiyle bu maddelerin kimyasal bozulmaya uğraması şeklinde açıklanabilir.

#### **4.5.4. Antioksidan Kapasite**

##### **4.5.4.1. ABTS Yöntemi**

Antioksidan kapasite, ürünün sahip olduğu antioksidanlar sayesinde süpürebildiği serbest radikal miktarının bir ölçüsüdür (Büyüktuncel, 2013). ABTS yöntemine göre antioksidan kapasitedeğerleri azalan sıraya göre sırasıyla 268,77  $\mu\text{mol TE/g KM}$  ile taze meyve, 198,13  $\mu\text{mol TE/g KM}$  ile kontrol grubu, 79,72  $\mu\text{mol TE/g KM}$  ile sakkaroz + eritritol grubu, 78,38  $\mu\text{mol TE/g KM}$  ile sakkaroz grubu ve 70,23  $\mu\text{mol TE/g KM}$  ile eritritol grubuna aittir. Bu verilere göre en yüksek antioksidan kapasite 268,77  $\mu\text{mol TE/g KM}$  ile taze meyve grubunda görülürken en düşük antioksidan kapasite 70,23  $\mu\text{mol TE/g KM}$  ile eritritol grubunda görülmektedir. Çizelge 4.4 incelendiğinde sakkaroz, eritritol ve sakkaroz + eritritol örneklerinde istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmezken ( $P > 0,05$ ), taze meyve ve kontrol grupları ile diğer tüm gruplar arasında anlamlı bir farklılık vardır ( $P < 0,05$ ). ABTS antioksidan kapasite azalma oranları karşılaştırıldığında %70,8 ile sakkaroz, %70,5 ile eritritol ve %70,3 ile sakkaroz + eritritol grupları birbirine yakın değerler vermiştir. Antioksidan aktivite davranışları TFA, TF ve TA değerlerine paralel sonuç vermiştir. Altıok ve Otağ, (2019) tarafından yapılan bir çalışmada taze kiraz meyvesinin ABTS antioksidan kapasitesi 31,64  $\mu\text{mol TE/g KM}$  olarak bulunurken kuru kiraz meyvesinde ise 27,47  $\mu\text{mol TE/g KM}$  olarak hesaplanmıştır. Yine aynı çalışmada kuruma sıcaklığının ve süresinin antioksidan kapasitesi üzerinde doğrudan etkili olduğunu, uzun süre düşük sıcaklıkta kurutulan meyvelerin kısa süre yüksek sıcaklıkta kurutulan meyvelere göre daha düşük antioksidan kapasiteye sahip olduğu görülmüştür. Wojdylo vd, (2013) tarafından yapılan çalışmada taze vişne meyvesinin kurutmaya tabi tutulmadan önce ABTS antioksidan kapasitesi 635,37  $\mu\text{mol TE/g KM}$  olarak kaydedilmişken 60°C'de kurutulduktan sonraki ABTS antioksidan kapasitesi 360,24  $\mu\text{mol TE/g KM}$ 'ye kadar gerilemiştir. Buna ek olarak antioksidan kapasitenin tüm kurutma işlemlerine rağmen antosiyanin miktarı kadar fazla azalmaması yaş meyvede

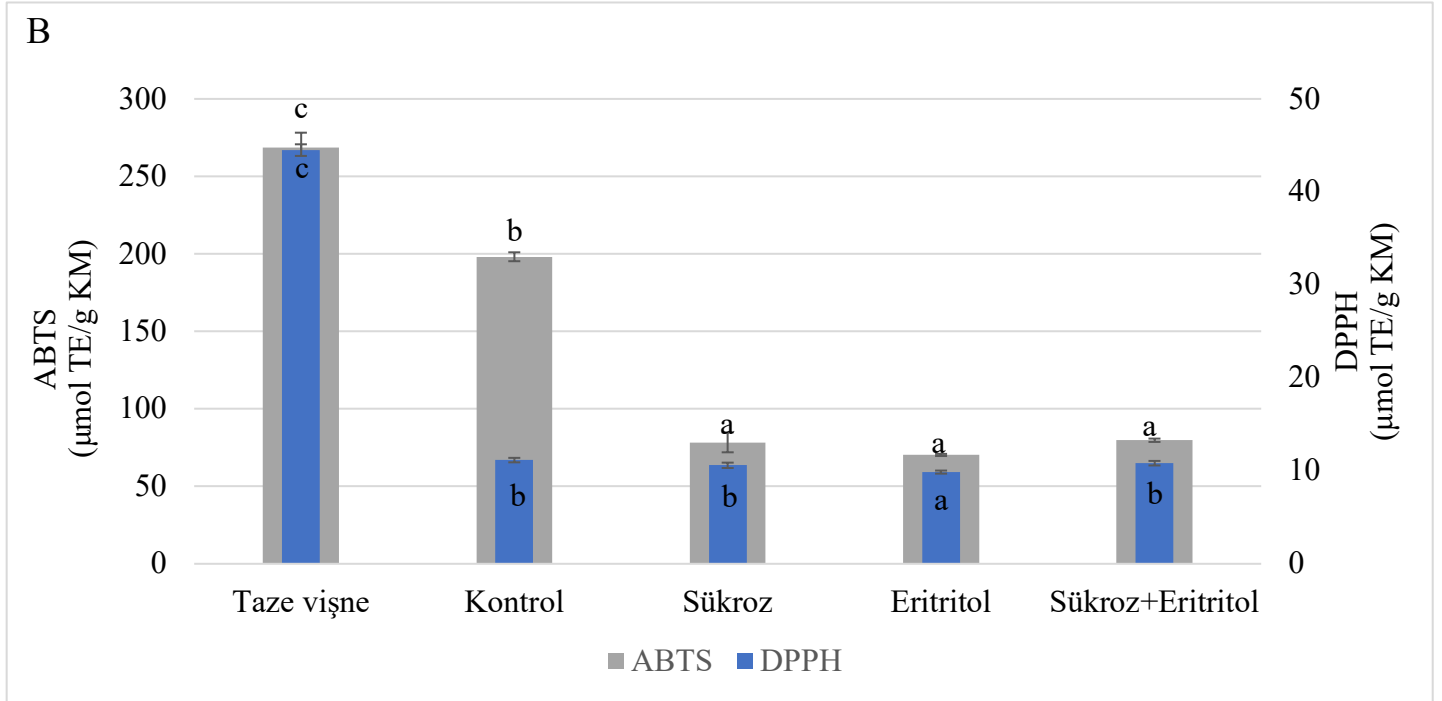
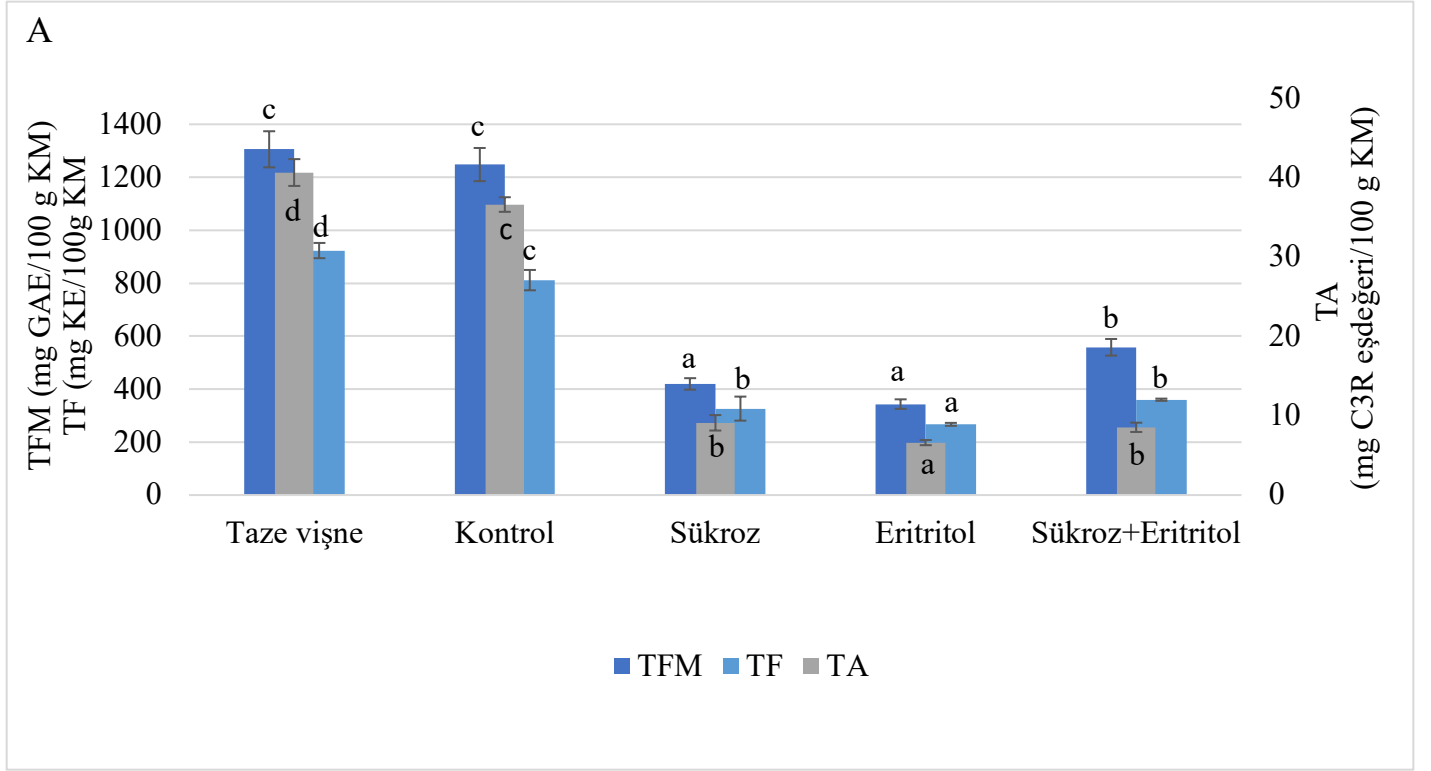
bulunan ısıtılma işleme karşı dirençli olan diğere flavanoidlerin varlığına bağlanmış olup, toplam fenolik madde içeriğinin antioksidan kapasiteye benzer özellik gösterdiği not edilmiştir. Parveez ve Alibas, (2021) tarafından yapılan çalışmada ise kızılıçık meyvesinin ABTS yöntemine göre antioksidan kapasitesi belirlenmiş olup taze meyvede 22,58 µmol TE/g KM iken 70°C’de kurutulduktan sonraki değeri ise 22,54 µmol TE/g KM olarak bulunmuştur.

#### 4.5.4.2. DPPH Yöntemi

Kuru vişnelerin antioksidan kapasitesi DPPH yöntemine göre hesaplanmış olup sonuçlar Çizelge 4.4’de görüldüğü gibidir. Yapılan hesaplamalara göre DPPH antioksidan kapasite değereleri 44,49 µmol TE/g KM ile taze meyve, 11,15 µmol TE/g KM ile kontrol grubu, 10,82 µmol TE/g KM ile sakkaroz + eritritol grubu, 10,59 µmol TE/g KM ile sakkaroz grubu ve 9,86 µmol TE/g KM ile eritritol grubu şeklinde sıralanabilir. Kontrol, sakkaroz ve sakkaroz + eritritol gruplarının değerelerinde istatistiki olarak bir farklılık mevcut değilken ( $P > 0,05$ ), taze vişne ve eritritol grupları istatistiki olarak farklılık göstermektedir ( $P < 0,05$ ). Kurutma süreci boyunca DPPH cinsinden antioksidan kapasite ölçümlerindeki azalmalar sakkaroz grubunda %76,20, eritritol grubunda %77,84 ve sakkaroz + eritritol grubunda ise %75,68 olarak hesaplanmış olup azalma oranlarında anlamlı bir farklılık görülmemektedir. Yapılan bir çalışmada kızılıçık meyvesinin DPPH yöntemi ile antioksidan kapasitesi hesaplanmış ve taze meyvede bu değere 36,28 µmol TE/g KM olurken 70 °C’de kurutulduktan sonra 28,31 µmol TE/g KM olarak bulunmuştur (Parveez ve Alibas, 2021). Horuz vd. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada taze vişnelerin antioksidan kapasitesi %48 iken sıcak hava akımlı kurutucuda kurutulduktan sonra bu değere %12-33’e kadar gerilemiştir. Yazarlar bu durumu yüksek sıcaklık ve uzun kuruma sürelerinin fenolik bileşiklerin azalmasına neden olmasıyla ve dolayısıyla antioksidan kapasitenin düşmesiyle açıklamıştır. Gül vd. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada taze balkabağı dilimlerinin %28,16’lık DPPH inhibisyon oranı ölçülmüşken, farklı şeker konsantrasyonlarına sahip çözeltilerde ozmotik dehidrasyona uğratılıp kurutulan örneklerde ise %24,05- 38,21 aralığında değışkenlik gösterdiği ve en yüksek toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan kapasitenin en yüksek şeker konsantrasyonunda dehidre edilen ürünlerde elde edildiğı görülmüştür. Siucinska vd,

(2016) tarafında yapılan bir çalışmada ise ozmotik dehidrasyon ve kurutma sırasında su kaybı ve katı kazanımı ne kadar artarsa küçük boyutlu ya da suda kolay çözünebilen fenolik maddelerin çözeltiye transferinin o kadar hızlı olduğu ve dolayısıyla antioksidan kapasite kaybının o kadar fazla olduğu rapor edilmiştir. Bu yorumdan hareketle eritritol içeren örneklerde daha fazla antioksidan kapasite ve fenolik bileşik kaybı olması, eritritol ön işleminde farklı ozmotik dehidrasyon davranışı göstermesi ile açıklanabilir.





**Şekil 4.3.** Taze vişne ve kuru vişnelerin biyoaktif bileşen miktarları

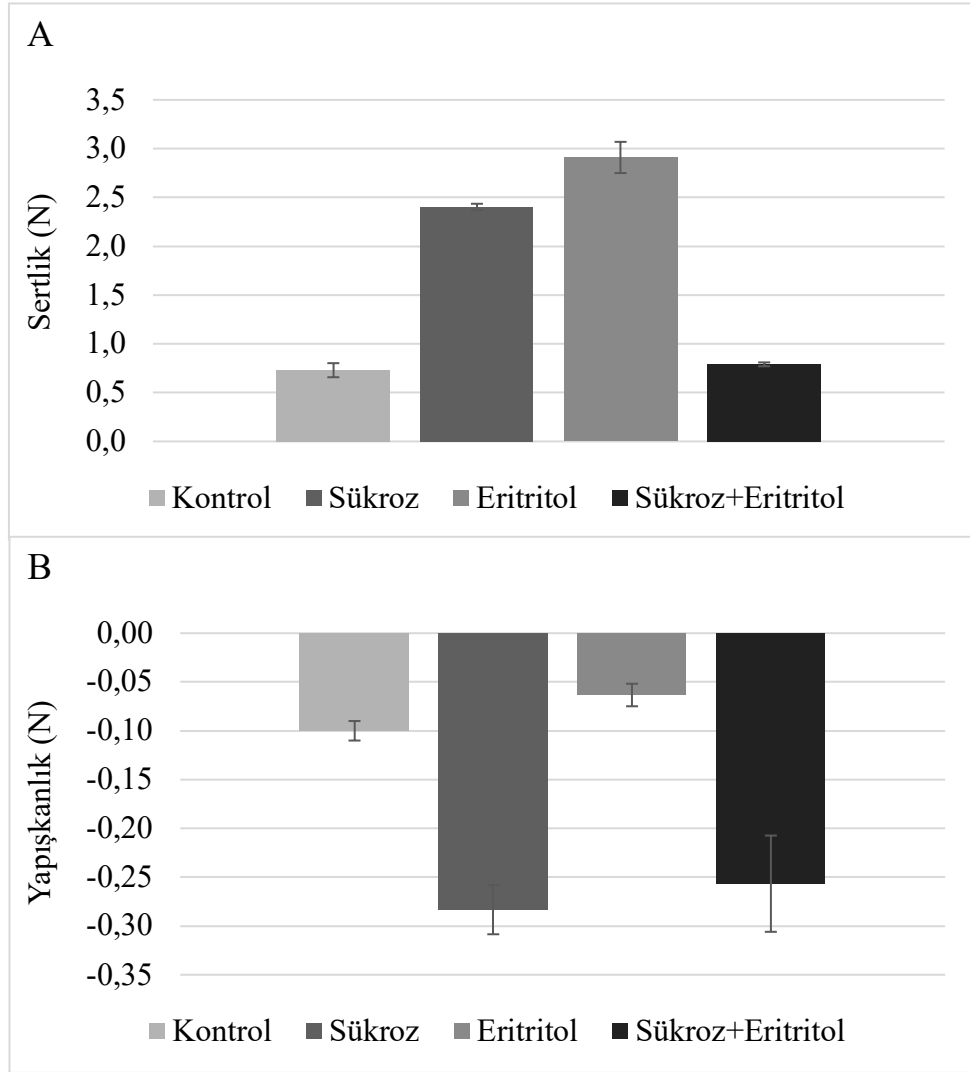
Kısaltmalar: TFM: toplam fenolik miktarı; TF: toplam flavonoid miktarı; TA: toplam antosiyanin miktarı; DPPH: 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil; ABTS: 2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit); GAE: gallik asit eşdeğeri; KE: kateşin eşdeğeri; C3R: siyanidin- 3- glikozilrutinozid; TE: trolks eşdeğeri,; KM: kuru madde bazında

\* Ortalama değerler arasındaki anlamlı farklılıklar ( $P < 0,05$ ) farklı küçük harflerle belirtilmiştir.

#### 4.6. Tekstür Özellikleri

Kurutulmuş ürünlerde de diğer tüm gıdalarda olduğu gibi tekstür, tercih edilebilirliği etkileyen önemli kalite özelliklerinden biridir. Bu çalışmada ozmotik dehidrasyon sonrasında kurutulan farklı kuru vişne örneklerinin sertlik ve yapışkanlık özellikleri tekstür analiz cihazında N cinsinden ölçülmüştür. Sertlik özellikleri bakımından elde edilen ölçümler en yüksekte en düşüğe doğru 2,91 N ile eritritol grubu, 2,40 N ile sakkaroz grubu, 0,79 N ile sakkaroz + eritritol grubu ve 0,73 N ile kontrol grubu şeklinde sıralanabilir. Yapışkanlık özelliklerinde ise sakkaroz -0,28 N ile ilk sırada yer alırken onu sırasıyla -0,26 N ile sakkaroz + eritritol, -0,10 N ile kontrol ve -0,06 N ile eritritol grubu takip etmektedir. Çizelge 4.5 incelendiğinde sertlik kategorisinde kontrol ve sakkaroz + eritritol grubu arasında istatistiki olarak anlamlı bir farklılık görülmezken ( $P > 0,05$ ) sakkaroz ve eritritol grubu arasında anlamlı bir farklılık görülmektedir ( $P < 0,05$ ). Yapışkanlık kategorisi incelendiğinde ise kontrol ve eritritol grupları arasında ve sakkaroz ve sakkaroz + eritritol grupları arasında anlamlı bir farklılık olmadığı görülmektedir ( $P > 0,05$ ). Sertlik kategorisi içinde kontrol grubuna göre %298,63 oranıyla en çok eritritol grubu artış gösterirken bunu %228,77 oranıyla sakkaroz ve %8,22 oranıyla sakkaroz + eritritol grubu takip etmektedir. Yapışkanlık kategorisinde ise en çok artış %180 oranı ile sakkaroz grubuna aitken bunu %160 oranı ile sakkaroz + eritritol grubu ve %40 oranı ile eritritol grubu takip etmektedir. Sertlik değeri, tekstür analizi cihazının bir gıdayı ısırabilmek için gerekli olan maksimum pik kuvvetini temsil etmekte iken yapışkanlık değeri ise gıdanın yüzeyi ile gıdanın temas ettiği malzeme yüzeyi arasındaki çekici kuvvetin üstesinden gelmek için gerekli toplam kuvveti temsil eder (Aday ve Caner, 2006). Yapılan bu çalışmada örnekler arasında sertlik kategorisinde en yüksek değere eritritol grubunda ulaşılırken, yapışkanlık kategorisine ise en düşük değerin eritritol grubunda ulaşıldığı görülmektedir. Yaranlı (2020) tarafından yapılan bir çalışmada elma halkalarının ultrases destekli ozmotik dehidrasyonu sonrasında farklı sıcaklıklarda kurutulması sonucu elde edilen kuru elmaların son ürünün kalite özelliklerine etkisi araştırılmış olup en yüksek delme testi sonucuna 0,47 N ile 30 °C’de ön işlemsiz olarak kurutulan örneklerde ulaşılırken en yüksek sıkıştırma testi sonucuna ise 25,77 N ile 50 °C’de ön işlemsiz olarak kurutulan örneklerde ulaşılmıştır. En düşük delme testi sonucu ise 0,18 N ile 50°C’de ultrases ve ozmotik dehidrasyon kombinasyonu ile ön işlem uygulanmış örneklerde, en düşük sıkıştırma testi sonucu ise yine 2,47 N ile

50°C’de ultrases ve ozmotik dehidrasyon kombinasyonu ile ön işlem uygulanmış örneklerde görülmüştür. Yazara göre ozmotik dehidrasyon işlemi ultrases desteği ile daha etkili hale geldiği için ürün bünyesinden daha hızlı su çıkışı olması sonucu son üründe sertlik değeri diğer örneklerden daha yüksek olmuştur. Prosapio ve Norton (2017) tarafından yapılan bir çalışmada ozmotik dehidrasyon ön işlemi yapılarak hava akımlı kurutucuda ve dondurarak kurutulan çilek ürünlerinin kalite özellikleri incelenmiştir. Bu çalışmada kurutma yönteminden bağımsız olarak tüm kurutma yöntemlerinin kuru çileklerin sertliğini azalttığı, ozmotik dehidrasyon ön işlemine tabi tutulan örneklerin yapısal özelliklerini daha iyi koruduğu ve yapının en çok bozulduğu örneklerin ön işlemsiz olarak hava akımlı kurutucuda kurutulan örnekler olduğu rapor edilmiştir. Rodriguez vd. (2015) tarafından yapılan başka bir çalışmada eriklere çeşitli ön işlemler uygulanarak kurutma yönteminin son ürünün fiziksel özelliklerine etkisi araştırılmış olup başlangıçtaki yaş ürün sertlik derecesinin 0,86 N olarak ölçülmesinden sonra ozmotik dehidrasyon sonrası fanlı kurutucuda kurutulan ürünlerin sertlik değerinin 1.08-3.83 N arasında değiştiği görülmüştür. Literatür bilgileri göz önüne alındığında bu çalışmada elde edilen en yüksek sertlik ve en düşük yapışkanlık kuvvetine eritritol grubundaki ürünlerin sahip olmasının nedeni, kuru madde miktarının en yüksek ve nem içeriğinin en düşük olan ürünlerin eritritol grubuna ait olması şeklinde yorumlanabilir.



**Şekil 4.4.** Kuru vişnelerin tekstür özellikleri

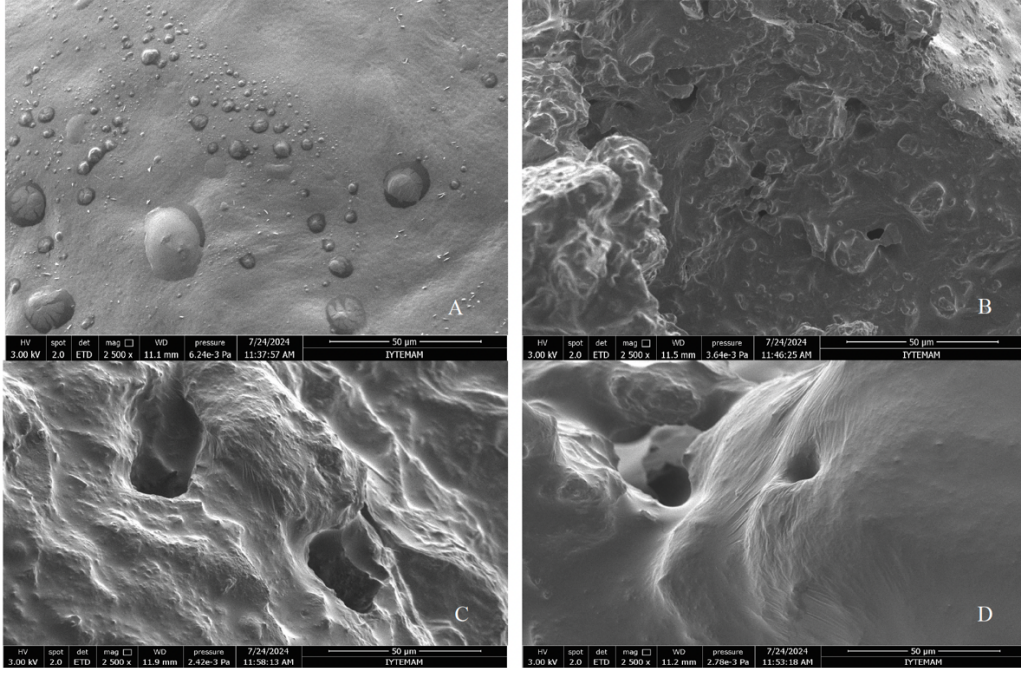
\* Ortalama değerler arasındaki anlamlı farklılıklar ( $P < 0,05$ ) farklı küçük harflerle belirtilmiştir.

#### 4.7. Kuru Vişnelerin SEM Görüntüleri

Vakumlu emdirim yardımıyla ve farklı türde karbonhidratlar kullanılarak ozmotik dehidrasyona uğrayan vişnelerin hava akımlı tepsili kurutma sonrası SEM görüntüleri Şekil 4.5’de verilmektedir. Şekil incelendiğinde en büyük por genişliğinin eritritol grubunda olduğu görülürken, en küçük por genişliğinin kontrol grubundaki ürünlere ait olduğu görülmektedir. Hücrelerde görülen boşluklar, ozmotik dehidrasyon ve vakumlu emdirim etkisiyle hücre yapısından su çıkışı olduğunu ve bu ön işlemlerin hücre yapısını

bir miktar tahrip ettiğini göstermektedir. Kontrol grubundaki ürünlerde tahribat olması da vakumlu emdirim tekniğinin hücre yapısındaki porları açması ile açıklanmaktadır. Kontrol grubundaki hücre yapısı ile karbonhidrat içeren ürünlerin hücre yapıları karşılaştırıldığında en az tahribat ve hücre boşluklarının meydana gelme sebebi ise ozmotik dehidrasyon sonucu hücre yapısından su çıkışı gerçekleşmesi sebebiyle su moleküllerinin yerini boşlukların alması ile açıklanabilir. Pürüzsüzlük anlamında karşılaştırma yapıldığında en pürüzsüz yüzeye sahip ürünlerin kontrol grubundaki ürünler olduğu görülmekte olup en pürüzlü yapının eritritol içeren ürünlerde elde edildiği görülmektedir. Kontrol grubunun sahip olduğu pürüzsüz yapıya en yakın olan ürünlerin sakkaroz + eritritol karışımını içeren ürünlerde olduğu görülmektedir. Bchir vd. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, nar çekirdeklerinde uygulanan ozmotik dehidrasyonun hücre yapısına etkisi araştırılmış olup elde edilen SEM görüntülerinde ozmotik dehidrasyona uğrayan nar çekirdeklerinin yapısında bozulma meydana geldiği görülmüştür. Başka bir çalışmada ise elma dilimlerinin %25 (w:w) glikoz çözeltisinde ve %34,6 (w:w) sakkaroz çözeltisinde ozmotik dehidrasyona uğradıktan sonra hücresel yapılarında meydana gelen değişimler farklı dehidrasyon sürelerinde SEM ile incelenmiş olup sürecin başında su kaybından dolayı hücresel yapının parçalandığı fakat süre ilerledikçe ve ozmotik çözeltinin konsantrasyonu ile hücre içindeki çözünen madde konsantrasyonu denge noktasına yaklaştıkça hücre yapısının onarılıp taze halineğine yakın bir yapı oluşturmaya çalıştığı görülmüştür (Nieto vd., 2004). Ayrıca, ön işlem olarak haşlanan elma dilimlerinde bu yapı onarımının gözlenmemiş olduğu belirtilmekte olup bu durumun ozmotik dehidrasyondan önce uygulanan ön işlemin hücre geçirgenliğine ve yığın yoğunluğuna zarar verip vermemesine bağlı olarak değişmesi ile açıklanmıştır. Nowacka vd. (2014) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise kivi meyvesinin ultrases destekli ozmotik dehidrasyon sonucu hücresel yapısı SEM ile incelenmiş olup hiçbir ön işlem uygulanmadan kurutulan ürünlerin hücresel yapısında hiçbir tahribat meydana gelmezken ozmotik dehidrasyona ve ultrasese maruz bırakılan ürünlerin hücrelerinde şekil bozuklukları, dağılma ve yıkım meydana geldiği ve bu yıkımın uygulama süresi arttıkça daha büyük olduğu görülmüştür. Occhino vd. (2011) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise kabağın vakumlu emdirim ön işlemi ile çeşitli ozmotik çözeltilerle ozmotik dehidrasyona uğratıldıktan sonra hücresel yapıları incelenmiş olup her iki işlemin hücre yapısına zarar vermesinin yanında ozmoz sırasında kuru madde kazanımını ve su kaybını kolaylaştırdığı not edilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan karbonhidrat türüne göre yapının en çok zarar gördüğü ürün eritritol içeren gruptaki meyvelere aitken sakkaroz + eritritol içeren gruba ait ürünlerin en az hücre tahribatına uğrayarak kontrol grubundaki ürünlere en yakın hücrenel yapıya yakın olduğu grlmektedir. Benzer Şekilde kuru madde miktarları karşılaştırıldığında da en yüksek değerin sakkaroz + eritritol içeren ürünlere ait olduğu sonucuna varılmış olması da kütle transferinin en yüksek bu gruptaki ürünlerde meydana gelmesi ile hücreden kaybolan suyun yerini sakkaroz ve eritritolün alması sonucu hücrenin orijinal haline daha çabuk dönmesi ile açıklanabilir.



**Şekil 4.5.** Vişnelerin ozmotik dehidrasyon ve konvektif kurutma işlemlerinden sonra SEM görüntüleri

(A; Kontrol Grubu, B; Sakkaroz Grubu, C; Eritritol Grubu, D; Sakkaroz + Eritritol Grubu)

#### 4.8. Kuru Vişnelerin Duyusal Özellikleri

Gıda ürünlerinin tercih edilebilmesinde önem arz eden kalite parametrelerinin başında gelen duyusal özellikler, nesnel yargı içerse bile ürün formülasyonları gelişiminde önemli rol oynar. Bu çalışmada elde edilen kuru vişnelerin duyusal özelliklerinin panelistlerce 1-5 puan arasında değerlendirmesi sonucunda elde edilen veriler Çizelge 4.3'te verilmiştir. Veriler incelendiğinde görünüş kategorisinde en yüksek değer 4,5 puan ile sakkaroz +eritritol grubuna aitken en düşük değer 2,4 puan ile eritritol grubuna aittir. Puanlamalar arasında kontrol, sakkaroz ve sakkaroz + eritritol grupları arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark mevcut olmayıp ( $P > 0,05$ ) diğer gruplar ve eritritol arasında anlamlı farklılık vardır. Yapı kategorisinde ise en yüksek puan 4,7 ile sakkaroz + eritritol grubuna aitken en düşük puan 2,6 ile eritritol grubuna aittir. Benzer şekilde kontrol, sakkaroz ve sakkaroz + eritritol grubundaki veriler arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark mevcut olmayıp ( $P > 0,05$ ) diğer gruplar ve eritritol arasında anlamlı farklılık vardır. Lezzet kategorisinde ise en yüksek puan 4,5 ile sakkaroz +

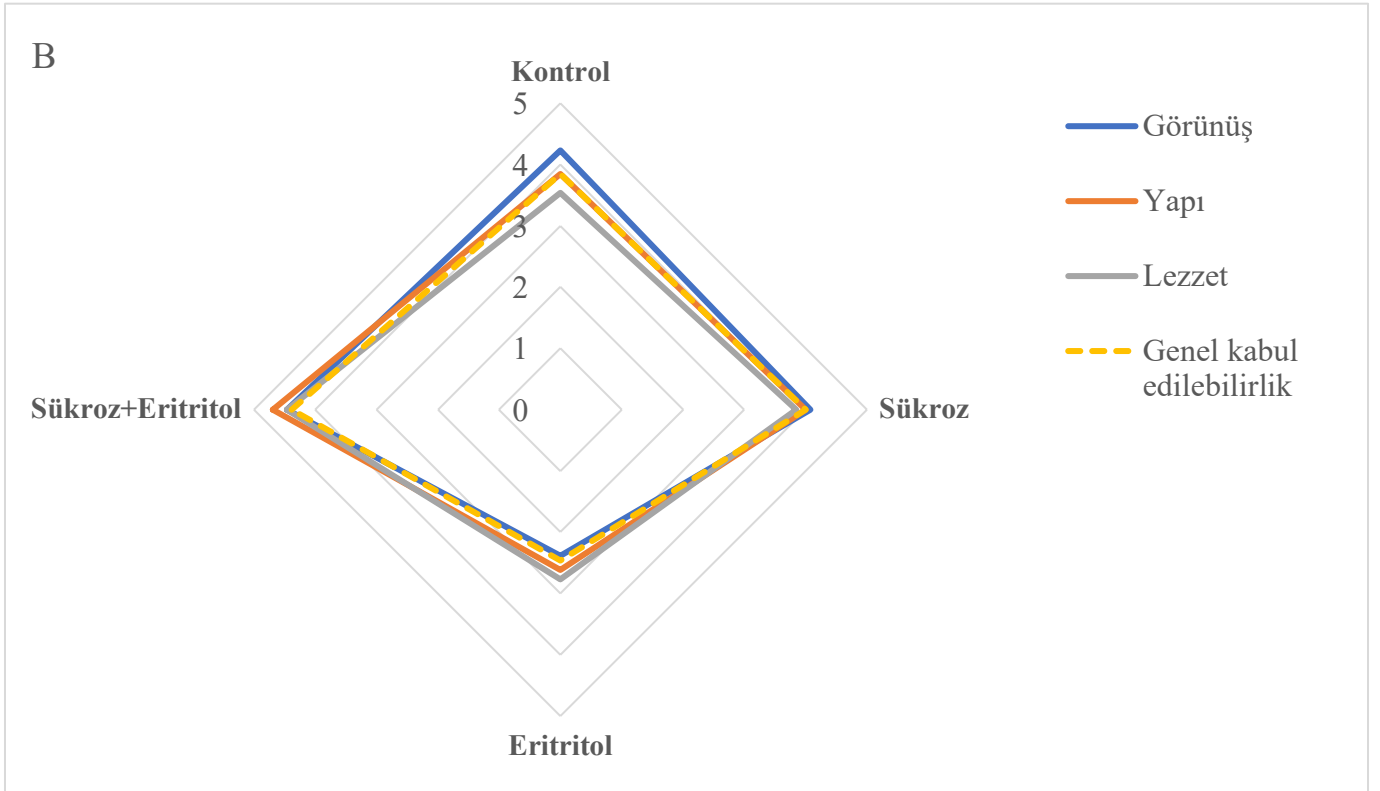
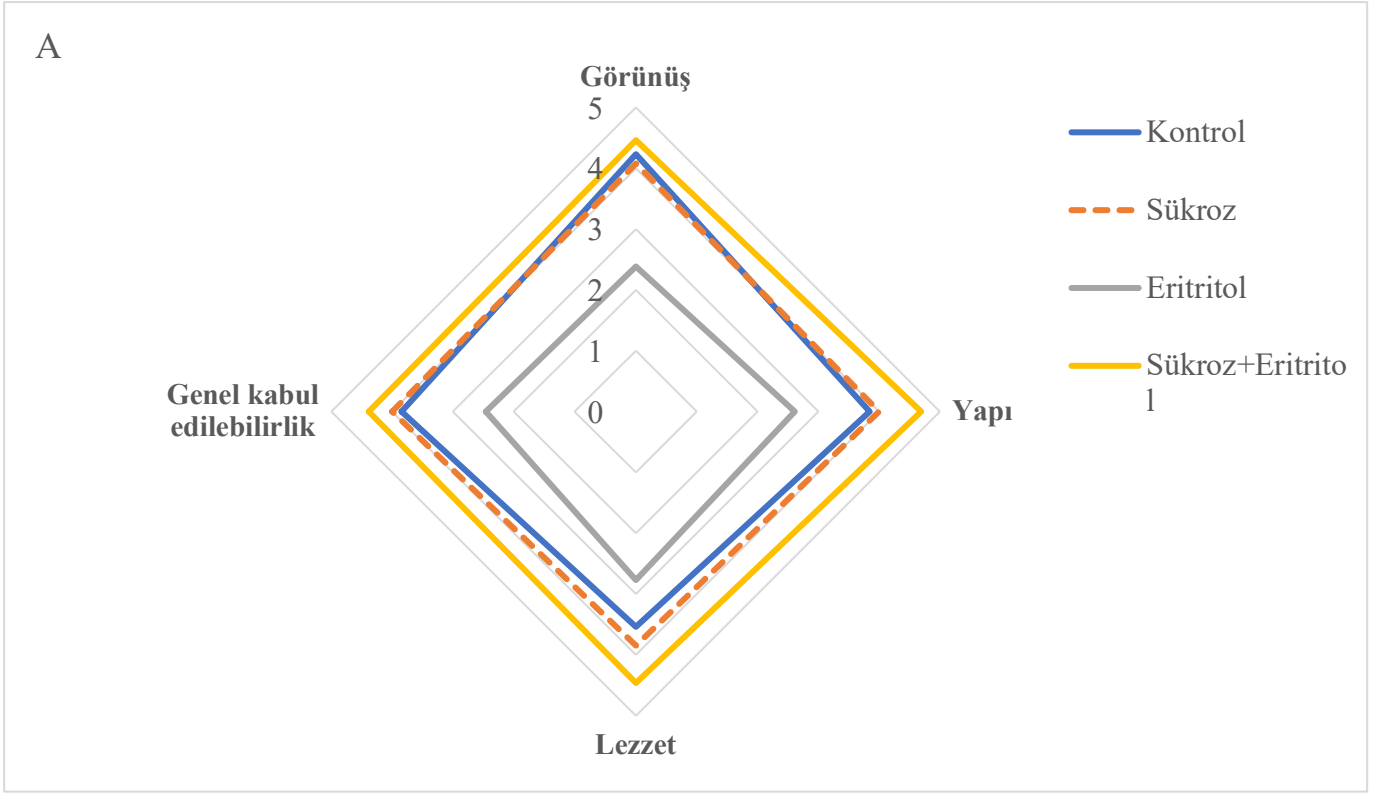
eritritol grubuna aitken en düşük puan 2,8 ile eritritol grubuna aittir. Sakkaroz ve sakkaroz + eritritol gruplarındaki veriler arasında anlamlı bir farklılık mevcut olmayıp ( $P > 0,05$ ) diğer gruplar ve eritritol arasında anlamlı farklılık vardır. Genel kabul edilebilirlik kategorisinde ise en yüksek puan 4,4 ile sakkaroz + eritritol grubuna aitken en düşük puan 2,5 ile eritritol grubuna aittir. Kontrol, sakkaroz ve sakkaroz + eritritol gruplarındaki puanlar arasında istatistiki anlamda bir farklılık mevcut olmayıp ( $P > 0,05$ ) diğer gruplar ve eritritol arasında anlamlı farklılık vardır. Şekil 4.6’da ürün gruplarının duyuşal özelliklere göre aldığı puanlar radar grafiğı ile verilmiştir. İlgili şekilde görülebileceğı gibi genel kabul edilebilirlik açısından en yüksek değer sakkaroz + eritritol içeren ürünlerde kaydedilmiştir. Tüm kategoriler incelendiğinde, hepsinde en çok puan alan grup sakkaroz + eritritol grubu iken en az puan alan eritritol grubu olmuştur. Bu bilgiden hareketle duyuşal özellikler bakımından tüketiciler gözünde en çok tercih edilen ürün grubunun sakkaroz + eritritol grubu olduğı yorumu yapılabilir.

**Çizelge 4.3.** Kuru vişnelerin duyuşal özellikleri

<b>Duyuşal özellik</b>	<b>Kontrol</b>	<b>Sakkaroz</b>	<b>Eritritol</b>	<b>Sakkaroz + Eritritol</b>
Görünüş	4,2±0,6 <sup>b</sup>	4,1±0,8 <sup>b</sup>	2,4±1,1 <sup>a</sup>	4,5±0,5 <sup>b</sup>
Yapı	3,8±0,9 <sup>b</sup>	4,0±0,9 <sup>b</sup>	2,6±1,0 <sup>a</sup>	4,7±0,5 <sup>b</sup>
Lezzet	3,5±1,1 <sup>ab</sup>	3,8±1,0 <sup>b</sup>	2,8±1,1 <sup>a</sup>	4,5±0,5 <sup>b</sup>
Genel kabul edilebilirlik	3,8±0,8 <sup>b</sup>	4,0±1,0 <sup>b</sup>	2,5±0,9 <sup>a</sup>	4,4±0,5 <sup>b</sup>

\* Veriler “Ortalama±Standart sapma” olarak ifade edilmiştir. Ortalama değerler arasındaki anlamlı farklılıklar ( $P < 0,05$ ) aynı satırda farklı küçük harflerle belirtilmiştir.





**Şekil 4.6.** Kuru vişnelerin duysal özellikleri için ortalama puanları gösteren radar grafikler



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada vişne meyvesinin (*Prunus cerasus* L.) vakumlu emdirim ön işlemleri ile (25°C’de 10 dakika, 650 mmHg vakum basıncı) sabit konsantrasyonda (40 ° Bx) farklı türdeki ozmotik ajanlar (sakkaroz, eritritol ve sakkaroz + eritritol) kullanılarak uygulanan ozmotik dehidrasyon sonrasında 65°C sıcaklıktaki ve 1,4 m/s hava hızına sahip döner tepsili kurutucuda 24 saat boyunca kurutulmuştur. Araştırma bulgularına göre kontrol grubu, vakumlu emdirim ve ultrases ön işlemleri ozmotik dehidrasyon sürecinde en yüksek kuru madde miktarı değişimi vakumlu emdirim ön işleminde görülmüştür. Vakumlu emdirim ön işlemleri uygulanan ürünlerde en yüksek kuru madde miktarı eritritol içeren ürünlerde görülmüştür. Ultrases ön işlemleri örneklerde tutarsız sonuçlar elde edilmiş olması nedeniyle çalışmanın seri olarak kuru vişne üretimi yapma aşamasında vakumlu emdirim ön işlemleri ile ozmotik dehidrasyon uygulanmasına karar verilmiştir.

Kurutulan meyvelerin fizikokimyasal, (kuru madde miktarı, su aktivitesi, büzüşme etkisi, rehidrasyon kapasitesi, esmerleşme indeksi), nem oranı, renk özellikleri, biyoaktif bileşen miktarları, tekstür özellikleri ve duyu özellikleri araştırılmıştır. Kuruma süresi en uzun olan eritritol grubuna ait örnekler olurken en kısa kuruma süresi kontrol grubunda ölçülmüştür. Eritritol grubunun kuruma süresinin uzun olması, eritritol çözeltisinin aşırı doygun bir çözelti olması sonucu kuruma süreci boyunca ürünün yüzeyinde kalın bir tabaka oluşturarak suyun kütle transferini engellemesi ile açıklanabilir. Kuru ürünlerin nihai nem içeriği en yüksek %24,31 oranı ile kontrol grubunda ölçülürken en düşük %16,48 oranı ile sakkaroz + eritritol grubunda ölçülmüştür.

Kuru madde miktarı en fazla olan grup sakkaroz + eritritol olurken en az olan grup kontrol grubu olmuştur. Kuru madde miktarı çözeltideki ozmotik ajanın tipi ve kuru madde miktarına bağlıdır ve yüksek olan dehidrasyonu hızlandırıcı etkiye sahiptir.

Su aktivitesi değeri en düşük kontrol grubunda ölçülmüş olup en yüksek değeri eritritol grubuna aittir. Büzüşme etkisi en çok kontrol grubunda ölçülmüşken en az sakkaroz + eritritol grubunda görülmüştür. Rehidrasyon kapasitesi en yüksek kontrol grubunda ölçülmüş olup en düşük eritritolde ölçülmüştür.

Renk değerleri arasında b\* ve ΔE değerleri haricinde tüm değerlerde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar meydana gelmiştir. L\*, a\* ve C\* değerlerinde anlamlı

değişimler meydana gelmiş olup eritritol içeren gruplarda esmerleşme indeksinin ve L\* değerinin fazla olması bu örneklerde eritritolün sakkarozla göre enzimatik esmerleşmeyi daha çok hızlandırmış olması ile açıklanmıştır.

Biyoaktif bileşiklerin miktarları incelendiğinde tüm parametrelerde en yüksek değerin taze meyvelere, en düşük değerlerin ise eritritol grubuna ait olduğu görülmüştür. Eritritol örneklerinde bu kadar büyük biyoaktif bileşik kaybı olması, ozmotik dehidrasyon ve kurutma sırasında küçük boyutlu ya da suda kolay çözünebilen fenolik maddelerin çözeltiye transferinin hızlı olması ve dolayısıyla biyoaktif bileşik kaybının fazla olması ile açıklanabilir.

Tekstür özellikleri incelendiğinde elde edilen en yüksek sertlik ve en düşük yapışkanlık kuvvetine eritritol grubundaki ürünlerin sahip olmasının nedeni, kuru madde miktarının en yüksek ve nem içeriğinin en düşük olan ürünlerin eritritol grubuna ait olması şeklinde yorumlanabilir.

Duyusal özellikler incelendiğinde panelistler tarafından yapılan değerlendirmenin sonucunda tüm kategorilerde sakkaroz + eritritol grubunun en yüksek puanı aldığı görülmüştür.

Çalışma sonuçlarına göre, vakumlu emdirim ön işlemi ozmotik dehidrasyonun etkinliğini artırmış olup son ürünün kalite özelliklerinin gelişmesini sağlamıştır. Sakkaroz, eritritol ve sakkaroz + eritritol karışımlarında ozmotik dehidrasyon uygulaması yapıp kurutulan vişnelerin kalite özellikleri incelendiğinde hemen hemen her kategoride en iyi sonuçlar sakkaroz + eritritol içeren ürünlerde elde edilmiştir. Çalışmada, eritritol şeker alkolünün endüstriyel anlamda sakkarozun yerine geçip geçemeyeceği araştırılmış olup elde edilen veriler sonucunda eritritol ve sakkarozun tek başına kullanılması yerine kombine edilerek kullanıldığında daha iyi etki sağladığı ortaya çıkmıştır. Farklı örneklerde sakkaroz ve eritritolün farklı oranlarda karıştırılıp son ürün açısından en optimal sonucun hangi oranlarda yakalanacağı araştırılabilir.

## KAYNAKÇA

- Abano, E. E ve Sam-Amoah, L. K. (2011). Effects of different pretreatments on drying characteristics of banana slices. *ARP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 6(3), 121-129.
- Aday, M.S., ve Caner, C. (2006). Gıdalarda Tekstür ve Etki Eden Etmenler. *Akademik Gıda*, 4(6), 28-32.
- Ahmad, F. ve Zaidi, S. (2020). Osmotic dehydration and ultrasound assisted osmotic dehydration of fruits and vegetables: A review. *International Journal of Tropical Agriculture*, 38(4), 417-421.
- Aidoo, R. P., Depypere, F., Afoakwa, E. O. ve Dewettinck, K. (2013). Industrial manufacture of sugar-free chocolates–Applicability of alternative sweeteners and carbohydrate polymers as raw materials in product development. *Trends in Food Science ve Technology*, 32(2), 84-96. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.05.008>
- Albak, F., ve Belibağlı, K. B. (2010). Ozmotik dehidrasyon tekniğinin sakız kabağında kullanımı. *Akademik Gıda*, 8(2), 6-10.
- Altıok, D., ve Otağ, M. R. (2019). Assessment of physicochemical and bioactive properties of fresh and dried sweet cherry fruit. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 9(1), 22-32. <https://doi.org/10.31466/kfbd.510276>
- Altun, B. U. (2010). Poliklinikte Diyabet Hasta Takibi. *Balkan Medical Journal*, (1), 19-25.
- Amami, E., Khezami, W., Mezrigui, S., Badwaik, L. S., Bejar, A. K., Perez, C. T., ve Kechaou, N. (2017). Effect of ultrasound-assisted osmotic dehydration pretreatment on the convective drying of strawberry. *Ultrasonics Sonochemistry*, 36, 286-300. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.12.007>
- Anonymous., (Global Agricultural Information Network (GAIN)), Report Name: Stone Fruit Annual, Report Number: TU2022-0036.)
- Barbieri, G., Barone, C., Bhagat, A., Caruso, G., Conley, Z. R., ve Parisi, S. (2014). Sweet compounds in foods: sugar alcohols. *The Influence of Chemistry on New Foods and Traditional Products*, 51-59. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-11358-6>

- Bchir, B., Besbes, S., Attia, H., ve Blecker, C. (2011). Osmotic Dehydration of Pomegranate Seeds (*Punica Granatum L.*): Effect Of Freezing Pre-Treatment. *Journal of Food Process Engineering*, 35(3), 335–354. doi:10.1111/j.1745-4530.2010.00591.x
- Bchir, B., Bouaziz, M. A., Ettaib, R., Sebi, H., Danthine, S., Blecker, C., Besbes, S. ve Attia, H. (2020). Optimization of ultrasound-assisted osmotic dehydration of pomegranate seeds (*Punica granatum L.*) using response surface methodology. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(9), <https://doi.org/10.1111/jfpp.14657>
- Bekele, Y., ve Ramaswamy, H. (2010). Going beyond conventional osmotic dehydration for quality advantage and energy savings. *Ethiopian Journal of Applied Science and Technology*, 1(1), 1-15.
- Belitz, H. D., Grosch, W., ve Schieberle, P. (2009). Sugars, Sugar Alcohols and Honey. *Food Chemistry*, 19, 862-883 [https://doi.org/10.1007/978-3-662-07279-0\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-662-07279-0_20)
- Bhise, S., ve Kaur, A. (2013). Polyols to improve quality and shelf life of baked products: A review. *International Journal of Advanced Scientific and Technical Research*, 1(3), 262-272.
- Bozkir, H., Ergün, A. R. (2020). Effect Of Sonication And Osmotic Dehydration Applications On The Hot Air Drying Kinetics And Quality Of Persimmon. *LWT - Food Science And Technology*, 131, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109704>
- Butt, M. S., Pasha, I. M. R. A. N., Tufail, F., ve Anjum, F. M. (2002). Use of low absorptive sweeteners in cakes. *International Journal of Agriculture and Biology*, 4(2), 249-251.
- Büyüktuncel, E. (2014). Toplam Fenolik İçerik ve Antioksidan Kapasite Tayininde Kullanılan Başlıca Spektrofotometrik Yöntemler. *Marmara Pharmaceutical Journal*, 17(2), 93-103.
- Chaovanalikit, A., ve Wrolstad, R. E. (2004). Total Anthocyanins and Total Phenolics of Fresh and Processed Cherries and Their Antioxidant Properties. *Journal of Food Science*, 69(1), FCT67–FCT72. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb17858.x>
- Coklar, H., Akbulut, M., Kilinc, S., Yildirim, A., ve Alhassan, I. (2018). Effect of freeze, oven and microwave pretreated oven drying on color, browning index, phenolic compounds and antioxidant activity of hawthorn (*Crataegus orientalis*) fruit. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 46(2), 449-456. <https://doi.org/10.15835/Nbha46211027>

- Çiçekdağı, F. (2011). *Ultrasonik Ses Dalgalarının Oluşturduğu Akustik Kavitasyonu Etkileyen Değişkenler Ve Kavitasyon Enerjisi Ölçümü* [Yüksek Lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Davis, E. A. (1995). Functionality of sugars: physicochemical interactions in foods. *The American journal of clinical nutrition*, 62(1), <https://doi.org/10.1093/ajcn/62.1.170S>
- De Cock, P. (2018). Erythritol Functional Roles in Oral-Systemic Health. *Advances in Dental Research*, 29(1), 104–109. <https://doi.org/10.1177/0022034517736499>
- Dinçer, E., ve Erbaş, M. (2018). Etin Tuzlanması İşleminde Vakumlu Emdirim Tekniğinin Kullanılması. *Gıda*, 43(1), 139-150. <https://doi.org/10.15237/gida.338797>
- Doymaz, İ., ve İsmail, O. (2011). Drying characteristics of sweet cherry. *Food and Bioproducts Processing*, 89(1), 31-38. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2010.03.006>
- Fito, P., Andrés, A., Chiralt, A., ve Pardo, P. (1996). Coupling of hydrodynamic mechanism and deformation-relaxation phenomena during vacuum treatments in solid porous food-liquid systems. *Journal of Food Engineering*, 27(3), 229-240. [https://doi.org/10.1016/0260-8774\(95\)00005-4](https://doi.org/10.1016/0260-8774(95)00005-4)
- Franceschinis, L., Sette, P., Schebor, C., ve Salvatori, D. (2015). Color and bioactive compounds characteristics on dehydrated sweet cherry products. *Food and Bioprocess Technology*, 8, 1716-1729.. <https://doi.org/10.1007/s11947-015-1533-9>
- Garcia-Noguera, J., Oliveira, F. I., Gallão, M. I., Weller, C. L., Rodrigues, S., ve Fernandes, F. A. (2010). Ultrasound-assisted osmotic dehydration of strawberries: effect of pretreatment time and ultrasonic frequency. *Drying Technology*, 28(2), 294-303., <https://doi.org/10.1080/07373930903530402>
- Ghoreishi, S. M., ve Shahrestani, R. G. (2009). Innovative strategies for engineering mannitol production. *Trends in food science ve technology*, 20(6-7), 263-270. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.03.006>
- Gökalp, H. Y., Nas, S. ve Certel, M. (2002) *Biyokimya-I Temel Yapılar ve Kavramlar, Pamukkale Üni. Müh. Fakültesi Matbaası, Denizli, 400s*
- Grembecka, M. (2018). Sugar alcohols as sugar substitutes in food industry. *Sweeteners. Springer International Publishing*, 547e73. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-26478-3\\_23-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-26478-3_23-1)

- Gül, O., Açıkgöz, N., Gül, L.B. (2022). Ultrases Destekli Ozmotik Dehidrasyon Ön İşleminin Balkabağı (*Cucurbita Moschata*) Kurutma Kinetiği Ve Bazı Fonksiyonel Özellikleri Üzerine Etkisi. *GIDA* (2022) 47 (5) 874-888 <https://doi.org/10.15237/gida.GD22065>
- Güler Yaranlı, F. (2020). *Elmaların ultrases destekli ozmotik dehidrasyonu: Kuruma karakteristikleri ve fiziksel özelliklerine etkileri* [Yüksek Lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Hironaka, K., Kikuchi, M., Koaze, H., Sato, T., Kojima, M., Yamamoto, K., ... ve Tsuda, S. (2011). Ascorbic acid enrichment of whole potato tuber by vacuum-impregnation. *Food Chemistry*, 127(3), 1114-1118. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.01.111>
- Horuz, E., Bozkurt, H., Karataş, H., & Maskan, M. (2017). Effects of hybrid (microwave-convectonal) and convectonal drying on drying kinetics, total phenolics, antioxidant capacity, vitamin C, color and rehydration capacity of sour cherries. *Food Chemistry*, 230, 295–305. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.046>
- İzli, G. (2018). Effects Of Different Drying Applications On The Some Quality Characteristics Of Pear Fruit. *Turkish Journal Of Agriculture-Food Science And Technology*, 6(4), 479–485. <https://doi.org/10.24925/Turjaf.V6i4.479-485.1800>
- Kelley, D. S., Adkins, Y., & Laugero, K. D. (2018). A review of the health benefits of cherries. *Nutrients*, 10(3), 368. <https://doi.org/10.3390/nu10030368>
- Kantaş, Y. (2007). *Effect of ultrasound on drying rate of selected produce* [Doktora tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi].
- Khin, M. M., Zhou, W., ve Yeo, S. Y. (2007). Mass transfer in the osmotic dehydration of coated apple cubes by using maltodextrin as the coating material and their textural properties. *Journal of food Engineering*, 81(3), 514-522. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.12.005>
- Kılıç, D., Keleş, T., Çalışkan, O., ve Bayazıt, S. (2020). Organik olarak yetiştirilen Kütahya ve Montmorency vişne çeşitlerinin meyve kalite özellikleri. *Bahçe*, 49(1), 25-29
- Kirakosyan, A., Seymour, E. M., Kaufman, P. B., ve Bolling, S. F. (2012). Tart cherry fruits: Implications for human health. *Bioactive Food as Dietary Interventions for Arthritis and Related Inflammatory Diseases: Bioactive Food in Chronic*, 473-484. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397156-2.00035-1>.



- Kirakosyan, A., Seymour, E. M., Llanes, D. E. U., Kaufman, P. B., ve Bolling, S. F. (2009). Chemical profile and antioxidant capacities of tart cherry products. *Food Chemistry*, 115(1), 20-25. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.11.042>
- Lawson, P. (2007). Maltitol and maltitol syrup. *Sweeteners*. Blackwell Publishing and Leatherhead Publishing, UK, 199-217. <https://doi.org/10.1007/s00217-015-2437-7>
- Le, D., ve Konsue, N. (2021). Mass transfer behavior during osmotic dehydration and vacuum impregnation of “Phulae” pineapple and the effects on dried fruit quality. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 9(1), 308-319. <https://dx.doi.org/10.12944/CRNFSJ.9.1.29>
- Lee, J. S., ve Lim, L. S. (2011). Osmo-dehydration pretreatment for drying of pumpkin slice. *International Food Research Journal*, 18(4), 1223.
- Livesey, G. (2012). Glycaemic responses and toleration. *Sweeteners and sugar alternatives in food technology*, 1-26. <https://doi.org/10.1002/9781118373941>
- Maldonado, M., ve Pacheco, J. G. (2020). Shrinkage phenomenon in cherries during osmotic dehydration. *Annals: Food Science ve Technology*, 21(1).
- Maskan, M. (2001). Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48(2), 169-175. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00154-0](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00154-0)
- Moreno, J., Chiralt, A., Escriche, I., ve Serra, J. A. (2000). Effect of blanching/osmotic dehydration combined methods on quality and stability of minimally processed strawberries. *Food Research International*, 33(7), 609-616. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(00\)00097-1](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00097-1)
- Nabors, L. O., ve Gelardi, R. (2001). Alternative sweeteners: an overview. *Food Science and Technology*, 1-12. <https://doi.org/10.1201/b11242>
- Neveu, V ve Pérez-Jiménez, Jara ve Vos, F ve Crespy, V ve Chaffaut, L ve Mennen, L ve Knox, Craig ve Eisner, R ve Cruz, Jocilene ve Wishart, David ve Scalbert, Augustin. (2010). Phenol-Explorer: An Online Comprehensive Database On Polyphenol Contents In Foods. Database: *The Journal Of Biological Databases And Curation*. DOI: 10.1093/Database/Bap024.

- Nieto, A. B., Salvatori, D. M., Castro, M. A., ve Alzamora, S. M. (2004). Structural changes in apple tissue during glucose and sucrose osmotic dehydration: shrinkage, porosity, density and microscopic features. *Journal of Food Engineering*, 61(2), 269–278. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00108-0](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00108-0)
- Noshad, M., Mohebbi, M., Shahidi, F., ve Ali Mortazavi, S. (2012). Multi-objective optimization of osmotic–ultrasonic pretreatments and hot-air drying of quince using response surface methodology. *Food and Bioprocess Technology*, 5, 2098-2110. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0577-8>
- Nowacka, M., Tylewicz, U., Laghi, L., Dalla Rosa, M., ve Witrowa-Rajchert, D. (2014). Effect of ultrasound treatment on the water state in kiwifruit during osmotic dehydration. *Food Chemistry*, 144, 18–25. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.129>
- O'Donnell, K., ve Kearsley, M. (Eds.). (2012). *Sweeteners and sugar alternatives in food technology*. John Wiley ve Sons.
- Occhino, E., Hernando, I., Llorca, E., Neri, L., ve Pittia, P. (2011). Effect of Vacuum Impregnation Treatments to Improve Quality and Texture of Zucchini (*Cucurbita Pepo*, L). *Procedia Food Science*, 1, 829–835. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.125>
- Ochoa, M. R., Kessler, A. G., Pirone, B. N., Marquez, C. A., ve De Michelis, A. (2002). Volume and area shrinkage of whole sour cherry fruits (*Prunus cerasus*) during dehydration. *Drying technology*, 20(1), 147-156. Doi:10.1081/Drt-120001371
- Önem, E. (2017). Vişne ve İnsan Sağlığı. *Meyve Bilimi*, 4(2), 1-5.
- Özçağiran, R., Ünal, A., Özeker, E., ve İsfendiyaroğlu, M. (2005). Ilıman İklim Meyve Türleri, Sert Kabuklu Meyveler Cilt III. *Ege Üniversitesi Yayınları, Ziraat Fakültesi Yayın*, (566)
- Pan, Y. K., Zhao, L. J., Zhang, Y., Chen, G., ve Mujumdar, A. S. (2003). Osmotic dehydration pretreatment in drying of fruits and vegetables. *Drying Technology*, 21(6), 1101-1114. <https://doi.org/10.1081/DRT-120021877>
- Panarese, V., Dejmek, P., Rocculi, P., & Galindo, F. G. (2013). Microscopic studies providing insight into the mechanisms of mass transfer in vacuum

- impregnation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 18, 169-176. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2013.01.008>
- Pantelidou, D., Gerogiannis, K., Goula, A. M., ve Gonas, C. (2021). Ultrasound-assisted osmotic dehydration as a method for supplementing potato with unused chokeberries phenolics. *Food and Bioprocess Technology*, 14, 2231-2247. <https://doi.org/10.1007/s11947-021-02720-0>
- Peterson, J., ve Dwyer, J. (1998). Flavonoids: dietary occurrence and biochemical activity. *Nutrition research*, 18(12), 1995-2018. [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(98\)00169-9](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(98)00169-9)
- Piccolella, S., Fiorentino, A., Pacifico, S., D'Abrosca, B., Uzzo, P., ve Monaco, P. (2008). Antioxidant properties of sour cherries (*Prunus cerasus* L.): role of colorless phytochemicals from the methanolic extract of ripe fruits. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(6), 1928-1935. <https://doi.org/10.1021/jf0734727>
- Ponting, J. D. (1966). Osmotic dehydration of fruits. *Food Technol.*, 20, 125-128.
- Prosapio, V., ve Norton, I. (2017). Influence of osmotic dehydration pre-treatment on oven drying and freeze drying performance. *Lwt*, 80, 401-408. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.03.012>
- Rafiqul, I. S. M., ve Sakinah, A. M. M. (2013). Prosecces for the Production of Xyltiol-A Review. *Food Reviews International*, 29(2), 127-156. <https://doi.org/10.1080/87559129.2012.714434>
- Rastogi, N. K., Angersbach, A., ve Knorr, D. (2000). Evaluation of Mass Transfer Mechanisms During Osmotic Treatment of Plant Materials. *Journal of Food Science*, 65(6), 1016–1019. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb09409.x>
- Rodrigues, S., Oliveira, F. I., Gallão, M. I., ve Fernandes, F. A. (2009). Effect of immersion time in osmosis and ultrasound on papaya cell structure during dehydration. *Drying Technology*, 27(2), 220-225. <https://doi.org/10.1080/07373930802605883>
- Rodríguez, M. M., Rodriguez, A., ve Mascheroni, R. H. (2015). Color, texture, rehydration ability and phenolic compounds of plums partially osmodehydrated and finish-dried by hot air. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 2647-2662. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12515>

- Sakooei-Vayghan, R., Peighambaroust, S. H., Hesari, J., Soltanzadeh, M., ve Peressini, D. (2020). Properties of dried apricots pretreated by ultrasound-assisted osmotic dehydration and application of active coatings. *Food technology and biotechnology*, 58(3),249-259. <https://doi.org/10.17113/ftb.58.03.20.6471>
- Schuster, M. (2017, June). Sour cherries for fresh consumption. In *VIII International Cherry Symposium 1235* (pp. 113-118). doi:10.17660/actahortic.2019.
- Senturk Parreidt, T., Schmid, M., ve Müller, K. (2018). Effect of Dipping and Vacuum Impregnation Coating Techniques with Alginate Based Coating on Physical Quality Parameters of Cantaloupe Melon. *Journal of Food Science*, 83(4), 929–936. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14091>
- Sentko, A., & Willibald-Ettle, I. (2012). *Isomalt. Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology*, 243–274. <https://doi.org/10.1002/9781118373941.ch11>
- Serradilla, M. J., Hernández, A., López-Corrales, M., Ruiz-Moyano, S., de Guía Córdoba, M., ve Martín, A. (2016). Composition of the Cherry (*Prunus avium* L. and *Prunus cerasus* L.; *Rosaceae*). In *Nutritional composition of fruit cultivars* (pp. 127-147). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-408117-8.00006-4>.
- Sokół-Łętowska, A., Kucharska, A. Z., Hodun, G., ve Gołba, M. (2020). Chemical composition of 21 cultivars of sour cherry (*Prunus cerasus*) fruit cultivated in Poland. *Molecules*, 25(19), 4587. <https://doi.org/10.3390/Molecules25194587>
- Šumić, Z., Tepić, A., Vidović, S., Jokić, S., ve Malbaša, R. (2013). Optimization of frozen sour cherries vacuum drying process. *Food Chemistry*, 136(1), 55-63. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.07.102>
- Takatsuka, T., Exterkate, R. A., ve ten Cate, J. M. (2008). Effects of Isomalt on enamel de- and remineralization, a combined in vitro pH-cycling model and in situ study. *Clinical Oral Investigations*, 12, 173-177. <https://doi.org/10.1007/s00784-007-0155-7>
- Wisselink, H. W., Weusthuis, R. A., Eggink, G., Hugenholtz, J., ve Grobben, G. J. (2002). Mannitol production by lactic acid bacteria: a review. *International Dairy Journal*, 12(2-3), 151-161. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00153-4](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00153-4)
- Wojdyło, A., Figiel, A., ve Oszmiański, J. (2009). Effect of drying methods with the application of vacuum microwaves on the bioactive compounds, color, and

- antioxidant activity of strawberry fruits. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(4), 1337-1343. <https://doi.org/10.1007/s11947-017-2034-9>
- Wojdyło, A., Figiel, A., Lech, K., Nowicka, P., ve Oszmiański, J. (2014). Effect of convective and vacuum–microwave drying on the bioactive compounds, color, and antioxidant capacity of sour cherries. *Food and Bioprocess Technology*, 7, 829-841. <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1130-8>
- Yağcıları, M. (2020). *Farklı ön işlemler uygulanarak vakum altında kurutulan küp kesim elmaların kuruma karakteristiklerinin ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi* [Yüksek Lisans tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi].
- Yetenayet, B. ve Hosahalli, R. (2010). Going beyond conventional osmotic dehydration for quality advantage and energy savings. *Ethiopian Journal of Applied Sciences and Technology*, 1(1):1-15.
- Yıldırım, A., Duran, M., ve Koç, M. (2018). Su aktivitesinin ve farklı kurutma sistemlerinin biyoaktif bileşenlerin stabiliteleri üzerine etkisi. *Gıda*, 43(3), 512-522. <https://doi.org/10.15237/gida.GD18023>
- Yıldız, D., ve Çağındı, Ö. (2022). Güneş ve Mikroalga ile Kurutmanın Mürdüm Eriğinin (*Prunus domestica* subsp. *Insititia*) Fiziksel Kalitesi Üzerine Etkisi. *Akademik Gıda*, 20(1), 40-53 <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.1097832>
- Yıldız, Z., ve Gencer, F. S. (2022) Kivi Halkalarının Osmotik Dehidrasyon ve Güneş Enerjili Kurutucu ile Birlikte Kurutulması. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1), 155-160. <https://doi.org/10.25308/aduziraat.1080965>
- Yılmaz, F. M., ve Bilek, S. E. (2017). Vakumlu Emdirim (İmpregnasyon) Teknolojisinin Fonksiyonel Meyve ve Sebze Ürünlerinin Geliştirilmesinde Kullanımı. *Akademik Gıda*, 15(2), 163-171. <https://doi.org/10.25308/aduziraat.1080965>
- Zhao, J., Gao, X., Chen, S., Lin, H., Li, Z., ve Lin, X. (2022). Hydrophobic or superhydrophobic modification of cement-based materials: A systematic review. *Composites:PartB,Engineering*, 243,110104. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2022.110104>.
- Zumbe, A., Lee, A., ve Storey, D. (2001). Polyols in confectionery: the route to sugar-free, reduced sugar and reduced calorie confectionery. *British Journal of Nutrition*, 85(S1), S31-S45. <https://doi.org/10.1079/BJN2000260>