

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KIZILCIK MEYVESİNDEN KÖPÜK KURUTMA YÖNTEMLERİ İLE
DOĞAL GIDA RENKLENDİRİCİSİ ÜRETİMİ ve MODEL GIDA
ÖRNEĞİNDE STABİLİTESİNİN BELİRLENMESİ**

Şevval BOSTANCI

**Danışman
Doç. Dr. Bilge ERTEKİN FİLİZ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA 2023**



© 2023 [Şevval BOSTANCI]

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ	4
2.1. Kızılıcık	4
2.1.1. Kızılıcık Meyvesinin Botanik Özellikleri.....	5
2.1.2. Kızılıcık Meyvesi Kimyasal bileşimi ve Biyoaktif içeriği	6
2.1.3. Kızılıcık Meyvesinin Sağlığa Etkileri.....	8
2.1.4. Kızılıcık meyvesinin biyoaktif özellikleri ve işlenmesine yönelik çalışmalar.....	9
2.1.5. Kızılıcık Meyvesinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri İle Yapılan Çalışmalar	13
2.2. Kurutma.....	17
2.2.1. Gıda Kurutma Teknolojileri.....	18
2.2.2. Meyvelerin Kurutulması	22
2.2.3. Kızılıcık Meyvesinin Konvektif Kurutulması Hakkında Çalışmalar.....	25
2.2.4. Köpük Kurutma	28
2.2.5. Köpük Üretim Teknikleri.....	30
2.3.6. Sallama.....	30
2.3.7. Çalkalama veya Çırpma.....	31
2.3.8. Köpüklendirme veya Kabarcık Oluşturma	31
2.4. Köpürtme Ajanları ve Stabilizatörleri	31
2.4.1. Peyniraltı Suyu Proteini (PASP).....	32
2.4.2. Jelatin	32
2.4.3. Soya Proteini.....	33
2.4.4. Yumurta Beyazı (Yumurta Albümini).....	33
2.4.5. Bezelye Proteini.....	34
2.5. Köpük Stabilizatörleri	34
2.5.1. Karboksimetil Selüloz (KMS)	34
2.5.2. Ksantan Gam.....	35
2.5.3. Lesitin	35
2.6. Gıdalarda Köpük Kurutma Üzerine Çalışmalar	35
2.6.1. Dondurarak Köpük Kurutma Yöntemi	38
3. MATERYAL ve METOD.....	41
3.1. Materyal.....	41
3.2. Köpük Oluşturma	42
3.3. Köpük Özelliklerinin Analizi	44
3.3.1. Köpük stabilitesi	44
3.3.2. Köpük genleşmesi.....	44
3.3.3. Köpük yoğunluğu	45
3.4. Kurutma.....	45
3.5. Kızılıcık Tozlarının Analizi.....	47

3.5.1. Fizikokimyasal analizler	47
3.5.1.1. Nem tayini	47
3.5.1.2. Su aktivitesi tayini	47
3.5.1.3. pH	47
3.5.1.4. Toplam çözünür kuru madde tayini	48
3.5.1.5. Renk tayini	48
3.5.2. Kızılıcık Tozlarının Toz Özellikleri	48
3.5.2.1. Rehidrasyon oranı tayini	48
3.5.2.2. Higroskopisite	49
3.5.2.3. Yığın yoğunluk ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu	49
3.5.2.4. Akabilirlik	49
3.5.2.5. Partikül yoğunluğu	49
3.5.2.6. Dağılabilirlik	50
3.5.2.7. Kekleşme derecesi	50
3.5.2.8. Çözünebilirlik	50
3.5.3. Kızılıcık tozlarının biyoaktif özellikleri	51
3.5.3.1. Toplam fenolik madde analizi	51
3.5.3.2. ABTS + radikal katyon yakalama aktivitesi	51
3.5.3.3. DPPH radikali yakalama aktivitesi	51
3.5.3.4. Toplam antosiyanin analizi (pH diferansiyel metodu)	52
3.5.3.5. Kromotografik Askorbik Asit Tayini	52
3.5.3.6. Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope - SEM) İle Kızılıcık Tozlarının Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi	52
3.7. Renklendirici Olarak Kızılıcık Tozunun Model Gıdalarda Kullanımı	53
3.7.1. Kızılıcık tozu ile Yumuşak şeker üretimi	53
3.7.2. Kızılıcık tozu ile kurabiye üretimi	53
3.8. Kızılıcık Tozu İlave Edilen Gıdaların Duyusal Değerlendirmesi	54
3.9. İstatistik Analiz	55
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	56
4.1. Köpük Özellikleri	56
4.2. Kızılıcık Tozlarının Fizikokimyasal Özellikleri	58
4.3. Kızılıcık Tozunun Renk Özellikleri	62
4.4. Kızılıcık Tozunun Toz Özellikleri	66
4.5. Kızılıcık Tozlarının Biyoaktif Özellikleri	71
4.5.1. Toplam Fenolik Madde Miktarı İçeriği	71
4.5.2. TEAC ve DPPH yöntemi ile belirlenen Antioksidan Kapasite Değerleri	72
4.5.3. Toplam Monomerik Antosiyanin (TMA) İçeriği	74
4.5.4. Askorbik Asit İçeriği	76
4.5.4.1. Spektrofotometrik Yöntem	76
4.6. Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope (SEM)) ile Kızılıcık Tozlarının Morfolojik Özellikleri	78
4.7. Kızılıcık Tozunun Renklendirici olarak kullanıldığı Model Gıdaların Renk, Antioksidan Analiz ve Duyusal Değerlendirme sonuçları	81
4.8. Kızılıcık Tozlarının Model Gıdada Renklendirici Olarak Kullanımı	82
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	88
KAYNAKLAR	91
EKLER	99
ÖZGEÇMİŞ	104

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KIZILCIK MEYVESİNDEN KÖPÜK KURUTMA YÖNTEMLERİ İLE DOĞAL GIDA RENKLENDİRİCİSİ ÜRETİMİ ve MODEL GIDA ÖRNEĞİNDE STABİLİTESİNİN BELİRLENMESİ

Şevval BOSTANCI

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Bilge ERTEKİN FİLİZ

Kızılcık (*Cornus Mas L.*), askorbik asit, fenolik bileşen, antosiyanin ve antioksidanlarca zengin, bordo-kırmızı renkli bir meyvedir. Gıda endüstrisinde reçel, marmelat, şurup ve meyve suyu üretiminde kullanılan kıızılcık meyvesi taze olarak tüketilebildiği gibi kuru halde veya konserve ve salamura halinde de tüketilebilmektedir. Çeşitli biyolojik ve farmakolojik etkilere sahip olduğu araştırmacılarla kanıtlanmış olan kıızılcık meyvesi, içerdiği bileşenler sebebiyle potansiyel sağlığı teşvik edici bir gıda (nutrasötik) görülebilmektedir.

Bu çalışmanın amacı kıızılcık meyvesinin, köpük kurutma yöntemleri ile kurutulması ve elde edilen toz ürünün doğal bir gıda renklendirici olarak kullanılmasıdır.

Kızılcık meyvesi sıcak suda bekletme işleminden sonra çekirdekleri ayrılmış püre haline getirilmiştir ve bu püreden köpük elde edilmiştir. Köpük oluşturmada (% 0.5) yumurta akı tozu kullanılmıştır. Elde edilen köpükler, kurutma tepsilerine yayılarak konvektif kurutucuda 60, 65 ve 70°C (FMD-60, FMD-65 ve FMD-70) sıcaklıklarda kurutulmuştur. Dondurarak köpük kurutma için (FMFD) elde edilen köpükler -20 C sıcaklıkta yaklaşık 4 saat dondurulmuş, dondurarak kurutma cihazında kurutulmuştur. FMD örneklerde nem %3, FMFD örneklerde %6,38 olarak tespit edilmiştir. Kurutulan köpükler öğütülerek toz haline getirilmiştir. Elde edilen toz ürünlerde fizikokimyasal analizler (pH, suda çözünür kuru madde tayini, nem, su aktivitesi, renk, toz analizleri (dağılılabirlik, higroskopite, kekleşme derecesi, rehidrasyon derecesi ve), biyoaktif özellikler (toplam monomerik antosiyanin, askorbik asit miktarı, toplam fenolik madde, antioksidan analizler (TEAC ve DPPH) gerçekleştirilmiştir Elde edilen tozların gıdalarda kullanım potansiyelini ve stabilitesini değerlendirmek amacıyla model gıda örneklerinde denemeler yapılmıştır. Model gıda örneği olarak seçilen yumuşak şeker ve kurabiye ürünlerinde yapay gıda boyası ile karşılaştırmalı olması amacıyla renk maddesi olarak ilave edilmiştir. Yumuşak şeker ve kurabiyeler duyusal analiz ile değerlendirilmiş, toplam renk değişimi (ΔE) sonuçları için kıızılcık tozları, kıızılcık püresi ile kıyaslanmıştır. Toplam renk değişimi (ΔE) en düşük FMD-60°C örneğinde görülmüştür. Örneklerde toplam fenolik madde miktarı 1662-2801 mg GAE/100 g kuru ağırlık aralığında değişmektedir. En yüksek toplam fenolik madde miktarı FMFD kurutulan örnekte en düşük değer ise FMD-70°C'de kurutulan örnekte olduğu görülmektedir. En yüksek antioksidan kapasite değerinin FMFD kurutulan

örnekte olduğu görülmüş, FMD kurutulan örneklerin FMFD kurutulan örneğin antioksidan kapasite değerlerine yakın olduğu tespit edilmiştir. En yüksek DPPH değeri 60°C sıcaklıkta köpük kurutulan örneklerde görülmüştür. Toplam monomerik antosiyanin miktarı en düşük FMFD kurutulan örnekte olmakla birlikte en yüksek FMD-65°C kurutulan örnekte olduğu belirlenmiştir. En yüksek Askorbik asit miktarı FMFD kurutulan örnekte olduğu tespit edilmiştir. 60°C’de kurutulan tozlar model gıda örneği olan yumuşak şekerler ve kurabiye yapımına belirli oranlarda formülasyonlara eklenerek gıdalarda renklendirici olarak kullanımı değerlendirilmiştir. Gıda boyası içeren yumuşak şekerin TEAC değeri 6.2468 mM TE/g, kızılılık tozu katkılı yumuşak şekerin TEAC değeri ise 145.1455mM TE/g bulunmuştur. Gıda boyalı kurabiyelerin TEAC değeri 2.0658 mM TE/g, kızılılık tozu ilaveli kurabiyelerin TEAC değeri 1528.5288mM TE/g olarak bulunmuştur. Şekerlerde L değerleri arasındaki fark önemsiz bulunmuşken a ve b değerleri arasındaki fark önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Kurabiye örneklerinin iç ve dış kesitlerinde ise L ve b değerleri arasındaki fark önemli ($p<0.05$) bulunmuştur.

Elde edilen bulgular doğrultusunda köpük kurutma yöntemi uygulanarak kurutulan kızılılık tozlarının doğal gıda renklendirici olarak kullanımı ve fonksiyonel gıda üretimine katkı sağlayabilmesi amacıyla çeşitli gıda sistemlerine dahil edilebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Köpük kurutma, dondurarak köpük kurutma, kızılılık, renk maddesi, meyve tozu

2023, 104 sayfa

ABSTRACT

Master Thesis

PRODUCTION OF NATURAL FOOD COLOR FROM CROWN FRUIT BY FOAM DRYING METHODS AND DETERMINATION OF ITS STABILITY IN MODEL FOOD SAMPLE

Şevval BOSTANCI

**Suleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering**

Supervisor: Assoc. Prof. Bilge ERTEKIN FILİZ

Cranberry (*Cornus Mas* L.) is a burgundy-red fruit rich in ascorbic acid, phenolic compounds, anthocyanins, antioxidants. Cranberry fruit, which is used in the production of jam, marmalade, syrup and fruit juice in the food industry. It can be consumed fresh as well as in dried, canned and pickled form. Cranberry fruit, which has been proven by studies to have various biological and pharmacological effects, can be seen as is considered a potential health-promoting food (nutraceutical) due to the beneficial components it contains.

This study aims to dry the cranberry fruit by foam drying methods and to use the obtained powder product as a natural food colorant.

After soaking the cranberry fruit in hot water, its seeds were separated into puree, foam was obtained from this puree. Egg white powder (0.5%) was used to create foam. The foams obtained were spread on drying trays and dried in a convective dryer at temperatures of 60, 65 and 70°C (FMD-60, FMD-65 and FMD-70). The foams obtained for freeze-drying (FMFD) were frozen at -20°C for about 4 hours and then dried in a freeze-drying device. Moisture was found to be 3.01%±0.03% in FMD samples and 6.38%±0.85% in FMFD samples. The dried foams were ground into powder. Physicochemical analyzes (pH, water-soluble dry matter determination, moisture, water activity, color, powder analyzes (dispersibility, hygroscopicity, caking degree, rehydration degree and), bioactive properties (total monomeric anthocyanin, ascorbic acid amount, total phenolic acid content) in the obtained powder products. substance, antioxidant analyzes (TEAC and DPPH) were carried out. To evaluate the use potential and stability of the obtained powders in foods, it was added as a colorant in the production of soft candy and cookies, in comparison with artificial food coloring. Soft candy and cookies were evaluated by sensory analysis. , total color change For the (ΔE) results, cranberry powders were compared with cranberry puree. The lowest total color change (ΔE) was seen in the FMD-60°C sample. The total phenolic content in the samples ranged from 1662-2801 mg GAE/100 g k.a. It is seen that the highest total phenolic substance content is in the FMFD dried sample, and the

lowest value is in the sample dried at FMD-70°C. It was observed that the highest antioxidant capacity value was in the FMFD dried sample, and it was determined that the FMD dried samples were close to the antioxidant capacity values of the FMFD dried sample. The highest DPPH value was observed in the foam mat dried samples at 60°C. The total amount of monomeric anthocyanin was the lowest in the FMFD dried sample, but it was determined that it was the highest in the FMD-65°C dried sample. It was determined that the highest amount of ascorbic acid was found in the FMFD dried sample. The powders dried at 60°C were added to the production of soft candies and cookies, which are model food samples, and their use as a colorant in foods was evaluated. The TEAC value of the soft candy containing food coloring was 6.25 mM TE/g, and the TEAC value of the soft candy with cranberry powder was 145 mM TE/g. The TEAC value of the food-dyed cookies was 2.0658mM TE/g, and the TEAC value of the cookies with cranberry powder was 1528.5288mM TE/g. While the difference between L values in sugars was insignificant, the difference between a and b values was significant ($p<0.05$). The difference between L and b values in the inner and outer sections of the cookie samples was significant ($p<0.05$). In line with the findings, it was concluded that cranberry powders dried by applying the foam drying method can be included in various food systems to use them as natural food colorants and to contribute to functional food production.

Keywords: Cranbrry, fruit powder, foam drying, freeze drying, anthocyanin, colorant

2023, 104 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, bilgi ve tecrübesi ile her zaman bana yardımcı olan değerli Danışman Hocam Dr. Öğr. Üyesi Bilge ERTEKİN FİLİZ' e teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarımda yanımda yer alan, yardıma ihtiyaç duyduğum zamanlarda her türlü yardımı gösteren değerli arkadaşlarım Sinem KORKMAZ ve Aysun KULUÇLU' ya çok teşekkür ederim.

FYL-2022-8755 no'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan ve yüksek lisans yapma kararında etkili olan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Şevval BOSTANCI
ISPARTA, 2023

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Taze Kızılıcık.....	41
Şekil 3.2. Köpük Kurutma Yöntemiyle Kızılıcık Tozu Üretim Şeması	42
Şekil 3.3. Kızılıcık püresi hazırlama aşamaları.....	43
Şekil 3.4. Kızılıcık püresi.....	43
Şekil 3.5. Blender yardımıyla köpük oluşturma işlemi.....	44
Şekil 3.6. Kurutulan köpüklerin toplanması işlemi.....	46
Şekil 3.7. Liyofilize kurutulan kızılıcık örnekleri	47
Şekil 3.8. Yumuşak şeker duyusal değerlendirme a) kızılıcık tozlu yumuşak şeker b) gıda boyalı yumuşak şeker	55
Şekil 3.9. Kurabiye duyusal değerlendirme a) kızılıcık tozlu kurabiye b) gıda boyalı kurabiye	55
Şekil 4.1. Köpük kurutulmuş Kızılıcık tozları	66
Şekil 4.2. Kızılıcık tozlarının Toplam Fenolik Madde İçeriği (mg GAE/100 g k.a.)	71
Şekil 4.3. Kızılıcık Tozlarının TEAC Yöntemi ile Belirlenen Antioksidan Kapasite Değeri (Mmol TEAC/100g).....	73
Şekil 4.4. Kızılıcık tozlarının DPPH Yöntemi ile Belirlenen Antioksidan Kapasite Değeri (% İnhibisyon).....	73
Şekil 4.5. Kızılıcık Tozlarının Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarı	75
Şekil 4.6. Kızılıcık Tozlarının Askorbik Asit Miktarı (mg mL)	76

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 4.1.Farklı köpürtücü ajanlarla elde edilen kızılıcıkların köpük özellikleri	56
Çizelge 4.2. Kızılıcık Tozlarının Fizikokimyasal Özellikleri	59
Çizelge 4.3. Kızılıcık Tozlarının Renk Özellikleri	63
Çizelge 4.4. Kızılıcık Tozlarının Toz Ürün Özellikleri	67



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

CD	Konvektif Kurutma
CI	Carr İndeksi
CMC	Karboksimetil Selüloz
FD	Dondurarak Kurutma
FMD	Köpük Kurutma Teknolojisi
FMFD	Dondurarak Köpük Kurutma Teknolojisi
HO	Hausner Oranı
MD	Maltodekstrin
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
YA	Yumurta Akı Tozu



1. GİRİŞ

Meyve ve sebzeler, vitamin, lif, mineraller ve fenolik bileşikler gibi sağlık açısından önemli bileşenleri içeren önemli diyetel kaynaklardır. İçerdikleri potasyum, folik asit, β -karoten, C vitamini, posa ve fenolik bileşenler oksidatif stresi düşürme, lipoprotein profilini iyileştirme, kan basıncını düşürme, insülin direncini artırma gibi görevleri yerine getirmektedirler. Epidemiyolojik çalışmalar meyve sebze tüketimi ile kalp damar hastalıkları, diyabet, kanser ve nörodejenaratif hastalıklar gibi kronik hastalıklar arasındaki negatif ilişkiyi göstermektedir (Rob vd., 2010)

Pek çok meyvenin ana vatanı olan ülkemizde, kültüre edilmiş meyvelerin yanı sıra yetiştiriciliği yapılmayan çok sayıda meyve türü de bulunmaktadır. Bu meyvelerin bazıları yöresel olarak bilinip tanınmakta, yerel pazarlarda yılın belirli dönemlerinde taze olarak bulunmakta, ev koşullarında çeşitli muhafaza yöntemleri ile işlenmektedir (Demir, 2002). Kültüre alınan bazıları ise ticari olarak yetiştirilmekte, taze ya da işlenmiş olarak tüketiciye sunulmaktadır. Bu meyveler daha fazla bilinen ve tüketilen meyvelere göre özellikle içerdikleri bazı vitamin ve mikro besin öğelerinin daha değerli kaynakları olabilmektedirler. Dut, alıç, kuşburnu, böğürtlen, mürver, kızılıçık, çeşitli erik türleri, özellikle antioksidan özellikleri ve sağlık üzerine olumlu etkileri nedeniyle son yıllarda bilimsel çalışmalarda sıklıkla üzerinde durulan meyvelerdendir.

Umbelliflorae takımının *Cornaceae* familyasından olan kızılıçık meyvesi (*Cornus mas* L.) taze veya kuru halde tüketilebildiği gibi zeytin gibi salamurası yapıp da tüketilebilmektedir. Endüstride reçel, marmelat, meyve suyu olarak kullanılmaktadır. Ayrıca bazı Doğu Avrupa ülkelerinde, küçük ölçekli olarak kızılıçık meyvesinden, sirke, bira, şarap üretimi olduğu da bilinmektedir (Moradi vd., 2019). Meyveleri önemli miktarda antioksidan etkilere sahip antosiyaninlerce zengin olup cyanidin-3-glikozit, cyanidin-3- rutinozit, pelargonidin-3-glikozit bu bireysel antosiyanidinler bunlardan bazılarıdır. İçerdiği antosiyanin pigmentlerinden dolayı bordo-kırmızı renge sahip olan meyve çok zengin askorbik asit, antosiyanin, fenolik bileşen ve antioksidan kaynağıdır (Demir, 2003)

Yangı önleyici (anti-enflamatuar) ve antioksidan bileşikler ile ilgili çalışmalar, son zamanlarda önemli araştırma konusu haline gelmişlerdir (De Biaggi vd., 2018). Çeşitli çalışmalarda kızılıçık meyvesinin, çok çeşitli biyolojik ve farmakolojik özellikler sergilediğini, önemli miktarlarda fenolik bileşik ve vitamin içerdiğini, potansiyel

sağlığı teşvik edici (nutrasötik) bir gıda olduğu rapor edilmiştir. Kızılcık meyvesinin yüksek nutrasötik özellik göstermesi, esas olarak yüksek oranda sekonder metabolitlerden fenolik maddeleri ve C vitamini içermesine bağlanmıştır. Sonuç olarak ise, yaygın olarak bilinmeyen bu meyvenin kullanımının daha fazla popülerleşmesi gerektiği vurgulanmıştır (De Biaggi vd., 2018)

Kızılcık meyvesinin en bilinen sağlık etkisi idrar yolu enfeksiyonlarının tedavisindeki olumlu etkisidir. Meyvenin idrarın asitliğini artıran benzoik asit bakımından zengin olduğu bildirilmiştir (Yalım Kaya ve Canlı, 2019). Kızılcıkta bulunan siyanidin, delfinidin ve pelargonidin antosiyaninleri ince bağırsakta glikoz emilimini azaltarak, insülin salınımını artırarak, pankreasta insülin üreten beta hücrelerini koruyarak ve insülin direncini azaltarak kan şekeri seviyesini korumaya yardımcı olmaktadır. Kızılcığın yapısında bulunan ursolik asit, kas ve karaciğer hücrelerinde bulunan insüline duyarlı reseptör sayısını artırarak kan şekeri seviyesini düzenlemektedir. Kızılcıktaki ursolik asit, hiperglisemi (kan şekerinin yüksek olması), hiperlipidemi (kan yağ değerlerinin yüksek olması) ve hepatik glikoz üretimini azalttığı için bu meyve özellikle diyabet hastalarında fonksiyonel bir gıda maddesi olarak önem taşımaktadır (Seçim, 2017).

Belirtilen sağlık faydalarına ve besleyici özelliklerine rağmen meyve ve sebzeler %80 üzerindeki nem içerikleri ile kolay bozulan ürünlerdir. Ürünü taze tutmanın en iyi yolu olan düşük sıcaklıkta depolama tekniklerini dağıtım zinciri sırasında uygulamak zor olabilmektedir. Taze meyve ve sebzelere, içerdikleri yüksek su oranı nedeni ile yılın her döneminde ulaşılabilir değillerdir. Meyve ve sebzelerin raf ömürlerinin uzatılması, tazeliğini uzun süreler muhafaza edebilmesi, besin öğelerinin korunması, üründe bozulmaların önlenmesi ve mevsimi dışında tüketilebilir olması açısından çeşitli muhafaza metotları geliştirilmiştir. Bu muhafaza yöntemlerinden en bilineni ve yaygın kullanılanı kurutma yöntemidir. Özellikle soğuk zincirin yetersiz uygulandığı ve işleme tesislerinin yetersiz olduğu bölgelerde kurutma en uygun hasat sonrası işleme tekniği olarak uygulanabilmektedir (Dev ve Raghavan, 2012). Kurutma diğer gıda muhafaza tekniklerine göre meyve, sebze muhafazada kolay uygulanan, ucuz ve yaygın bir yöntemdir. (Cemeroğlu ve Özkan, 2004; Ramos vd. , 2004). Kurutma ürün dayanıklılığının artırılmasının yanı sıra ürün çeşitliliğinin artırılması ve alternatif kullanım alanları oluşturulmasına olanak sağlayan bir işleme tekniğidir.

Isıl işlem görmüş meyve ve sebzelerin C vitamini kaybı göz önüne alınarak tazelerine kıyasla daha düşük besleyici özellikte olduğu yönünde genel bir görüş bulunmaktadır (Dewanto vd. , 2002). Bununla birlikte geleneksel kurutma yöntemleri ile meyve ve sebzelerin bazı biyoaktif bileşenlerinde kayıplar olmasına rağmen kurutulmuş ürünlerin enerjinin yanında lif, mineral madde ve hatta antioksidan aktivite bakımından değerli kaynaklar olduğu belirtilmektedir (Jesionkowakska vd., 2009).

Uygulanan ön işlemler ve kurutma tekniği, kullanılan sıcaklık, süre gibi parametreler biyoaktif bileşik ve kalite özelliklerinin değişiminde etkili faktörlerdir. Meyve ve sebzelerdeki biyoaktif bileşiklerin kaybını minimuma indirmek ve kullanım amacı doğrultusunda istenen kalite özelliklerini sağlamak için uygun kurutma yönteminin seçilmesi önemlidir. Gıdaların kurutulmasında en yaygın kullanılan yöntem kolay kurulum ve uygulama özelliği dolayısıyla sıcak hava ile konvektif kurutmadır (Cemeroğlu vd., 2003). Bunun yanı sıra konvektif kurutmanın yüksek enerji tüketimi ve dolayısıyla yüksek işletme maliyetleri, uzayan kurutma süreleri nedeni ile gıdanın kalite ve besleyici özelliklerinde önemli kayıplar oluşturması gibi dezavantajları vardır.

Kurutma işleminde son ürünün kullanım alanına göre değişmekle birlikte su aktivitesi istenilen düzeye kadar azaltılırken, kalite ve besin öğelerinin korunması, bu sırada da enerji tüketiminin optimum düzeyde tutulması hedeflenmektedir. Bu hedeflerle kurutma işleminin etkin şekilde yapılabilmesi amacıyla her geçen gün yeni kurutma teknikleri geliştirilmektedir. Köpük kurutma yöntemi ise kurutma yöntemleri arasında son yıllarda daha fazla dikkat çeken bir yöntemdir. Gıdanın besleyici özellikleri ve renk özelliklerinin korunması amacıyla, normal kurutma yöntemlerine oranla daha düşük sıcaklıklarda, yüksek kaliteli ürün elde edilmesi sağlanan köpük kurutma yöntemi, düşük maliyet, işlem süresinin kısalığı, kolay uygulanabilmesi gibi avantajları sayesinde son dönemlerde daha fazla tercih edilen bir yöntem olarak dikkat çekmektedir.

Bu tez çalışmasında kıvılcık meyvesinden farklı sıcaklıklarda konvektif (FMD) ve dondurarak köpük kurutma (FMFD) yöntemleri ile kıvılcık tozu üretimi amaçlanmıştır. Uygulanan kurutma yöntemleri ile elde edilen kıvılcık tozları fiziksel ve biyoaktif özellikleri incelenmiş ve gıda örneklerine ilave edilerek uygulanarak doğal bir gıda renklendiricisi olarak kullanılma potansiyeli değerlendirilmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

2.1. Kızılcık

Umbelliflorae takımının *Cornaceae* familyasından olan kıızılcık meyvesi (*Cornus mas* L.) Türkiye’de geniş bir alana yayılmıştır ve anavatanı Kafkasya, Anadolu ve Avrupa’dır. Ülkemizde ise sahil bölgelerinde tek veya birkaç ağaç halinde veya ormanlık alanlarda doğal olarak yetişebilmektedir.. Endüstride reçel, marmelat, meyve suyu olarak kullanılmaktadır. Ayrıca bazı Doğu Avrupa ülkelerinde, küçük ölçekli olarak kıızılcık meyvesinden, sirke, bira, şarap üretimi olduğu da bilinmektedir (Moradi vd. 2019). Yetiştirildiği yöreye bağlı olarak eyir, eğren, kiren, kevren, çalı kıızılcığı, zuhal, zuval gibi birçok isimle anılmaktadır. Gıda endüstrisinde marmelat, meyve suyu, reçel, şurup, komposto, jöle veya alkollü içki yapımında kullanılabilmektedir (Anonim 2023).

Kızılcık meyvesi, %70-85 su içermektedir. Kızılcık suyu yaklaşık %10 tanen, %10 şeker, %5 pektin, %3 malik asit, %2 amberik asit, %1 askorbik asit ve ayrıca glikozitler, karotenoidler, uçucu yağ ve minerallerin (K, Ca, Mg, Fe) bileşiminden oluşur. Sert çekirdekli bir meyve olan kıızılcık %34-35 oranında sabit yağ içerir. Yapraklarında ve kabukta tanen bulunmasıyla beraber, yapraklarda %8-18, kabukta %7-9 aralığındadır (Gubanov vd.,1976; Damirov ve diğerleri, 1983; Asadov ve diğerleri, 1990).

Meyve, önemli miktarda antioksidan etkilere sahip antosiyaninlerce zengin olup cyanidin-3-glikozit, cyanidin-3- rutinozit, pelargonidin-3-glikozit bu bireysel antosiyanidinler bunlardan bazılarıdır. İçerdiği antosiyanin pigmentlerinden dolayı bordo-kırmızı renge sahip olan meyve çok zengin askorbik asit, antosiyanin, fenolik bileşen ve antioksidan kaynağıdır (Demir, 2003).

Kızılcık meyvesi flavanoid (izoflavon), karotenoid gibi antioksidanları bol miktarda içermesi, içerdiği bileşenlerin antioksidan etkisi sayesinde ise çeşitli metabolik faaliyetler sırasında oluşan ve hücrelerin yapısını bozan kararsız moleküllere (serbest radikaller) karşı vücudu koruduğu bildirilmektedir. Çin’de geleneksel tıpta görme

keskinliğini artırması amacıyla kullanılan bir meyve olarak kullanılır (Czerwinska vd., 2018)

Son zamanlarda potansiyel kullanımına ilişkin çalışmaların artması ve çok sayıda fonksiyonel gıdada uygulanmaya çalışması ile *Cornus Mas*'ın, tüketiciler tarafından da kabul edilebilirliği artmaktadır.

Son yıllarda yapılan araştırmalar, kıvılcık meyvelerinin sadece duyuşal özellikleri ve kalite ile ilgili olanlara değil, aynı zamanda sağlık üzerine faydalı etkiler gösteren özellikleri üzerine çalışmalar yürütüp, bu noktalara dikkat çekmiştir (Szczepaniak vd., 2019)

2.1.1. Kıvılcık Meyvesinin Botanik Özellikleri

Conaceae'nin botanik ailesi, ılıman iklim kuşağında bulunan yaklaşık 40 tür içerir. Yararlı meyvelerinden kaynaklı özellikle yetiştirilen tür *Cornus Mas* L'dir. Ülkemizde geniş bir alana yayılabilen kıvılcık kültürü, genel olarak tarla ve bahçe kenarlarında tek halde veya birkaç ağaç halinde ya da doğal olarak ormanlık alanlarda yetişmektedir. Sert çekirdekli bir yapıya sahip olan kıvılcık meyvesi, ülkemizde dağlık ve ormanlık alanlarda ve özellikle sahil bölgelerinde yaygın olarak bulunmaktadır (Demir, 2003).

Kıvılcık, gövde çapı 25-45 cm aralęında, kışın yaprak döken çalı veya 8 metreye yakın boylanabilen bir ağaçtır. Karşılıklı dizilmiş, kısa sapa sahip 3 ila 10 cm aralęında olan yaprakları genellikle mızrak şeklindedir. Yaprakların sivri bir ucu vardır, üst yüzeyi parlak yeşil renğinde, alt yüzeyi ise tüyleyle kaplıdır. Ağaç gövdesi ise koyu esmer renkte, kabuğu ise düzensiz çatlaklara sahiptir. *Cornus* cinsinin diğer türlerinden ayrılmasını sağlayan özellik çiçek tomurcuklarının yaprak tomurcuklarından önce açılmasıdır.

Güneşli yerlerde, gölgelere oranla daha iyi bir gelişme gösteren kıvılcık, kuralığa ve soğuğa karşı oldukça dayanıklıdır. -35 C° ye kadar düşen sıcaklıklarda bile gelişim gösterebilen kıvılcık meyvesi, her türlü toprağa uyum sağlayabilmesiyle beraber, kalsiyum içeren topraklarda daha verimlidir.

Yetiştirme koşullarına bağlı olarak meyve ağırlığı 2.09 ila 9.17 aralığında değişmektedir. Meyveler genellikle kırmızı mor renginde oval veya armut şeklindedir. Meyvelerin hasat zamanı genellikle kabuk rengi çok yoğun hale geldiğinde ve meyve lezzeti kabul edilebilir bir sınıra ulaştığında olmaktadır.

Geleneksel olarak bazı tatlı, reçel ve diğer meyve bazlı ürünlerin bir bileşenidir. Yetiştigi bölgeye bağlı olarak besin değerlerinin yanı sıra fiziksel özelliklerinde de (meyve şekli, rengi, ağırlığı vb.) birbirinden farklılık göstermektedir.

Ülkemiz dışında Çek Cumhuriyeti, Polonya, Sırbistan, İran ve Romanya mutfaklarında oldukça bilinen bir meyvedir (Szczeponiak vd., 2019)

2.1.2. Kızılcık Meyvesi Kimyasal bileşimi ve Biyoaktif içeriği

Kızılcık meyvesi türlerine bağlı olarak genellikle koyu kırmızı-bordo rengi olmasına karşın pembe, sarı ve yeşilde olabilmektedir. *Cornus mas* L. ekşi veya tatlı, iyi bir aromaya sahip, oval ve genel olarak zeytin büyüklüğünde, sert çekirdekli, zengin besleyici özelliklere sahip bir meyve olmasıyla bilinir. Kızılcık meyveleri ortalama %85 suda çözünür bileşikler olan yüksek kuru madde içeriği ile bilinmektedir. Meyvelerin tadındaki ekşilik, malik ve klinik asit gibi organik asitlerden kaynaklıdır. Kızılcık meyvesinin biyolojik aktivitelerinden sorumlu olan ana maddeler ise C vitamini, antosiyaninler, flavonoidler ve iridoidlerdir.

Kızılcık, bol miktarda (97.4-120.4 mg/100 g) C vitamini içeren, tanen, potasyum, ve organik asitler bakımından zengin bir meyvedir (Yalçınkaya vd.,1992).

Demir ve Kalyoncu (2003), Konya bölgesinde seçtikleri bazı kızılcık meyvelerinde besleyici, fiziksel ve pomolojik özelliklerini belirlemişler elde ettikleri sonuçları çizelgeler halinde sunmuşlardır. Kızılcık meyvesi için C vitamini içeriğini 100 g'da 43.78 ile 76.75 mg arasında değiştiğini ortaya koymuşlardır.

Kızılcığın kırmızı-bordo rengine sahip olmasının nedeni bileşiminde barındırdığı antosiyanin grubu maddelerdir. Kızılcıkta bulunan başlıca antosiyaninler delfinidin 3-O-galaktozit, siyanidin 3-Ogalaktozit ve pelargonidin 3-O-galaktozit'tir (Uygun ve

Özbey, 2008; Pawlowska vd., 2010). En yüksek konsantrasyonda siyanidin 3-O-galaktozit, en düşük konsantrasyonda ise delfinidin 3-O-galaktozit bulunmaktadır (Seeram vd., 2002). Yapılan bir çalışmada kıvılcıkta toplam flavonoid miktarı 221,3 mg/10 g ve taze meyvede toplam antosiyanin miktarı siyanidin 3-O-galaktozit cinsinden 11,7 mg/10 g olarak belirlenmiştir (Pawlowska vd., 2010). Ayrıca kıvılcıktan izole edilen ursolik asit ve antosiyaninlerin obezite ve diyabet riskini azalttığı bildirilmektedir (Jayaprakasam vd., 2006). Bazı kıvılcık çeşitlerinin, portakalların iki katı kadar C vitamini içerdiği bilinmektedir.

Pırlak ve Güleriyüz (1997), çeşitli olgunluklardaki kıvılcık meyvelerinde suda çözünür kuru madde de, toplam çözünür kuru madde, indirgen şeker, toplam şeker, protein, askorbik asit ve sakkaroz içeriklerinde ve pH'da artış, toplam asitlikte ise bir azalma olduğunu belirlemişlerdir.

Diğer bir çalışmada Karadeniz (2019), Ordu yöresinde yetişen kıvılcıkların seleksiyon yoluyla ıslahı üzerine araştırmalar yapmış, değerlendirmeleri sonucunda, bölgenin önemli bir kıvılcık popülasyonuna sahip olduğunu ve yapılan seleksiyon çalışmalarının genişletilerek sürdürülmesi gerektiğini ortaya çıkarmıştır.

Kıvılcıkta aktif fito-bileşik grubu ikincil metabolit grubu olan iridoidlerdir. İridoidlerin moleküler yapılarına bağlı olarak çeşitli farmakolojik etkileri, örneğin antibiyotik, anti-inflamatuar ve hipotansif etkileri vardır. Kıvılcık meyveleriyle ilgili araştırmalar, bitkideki bireysel iridoid içeriğinin oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. Bu çeşitlilik, bitkinin çeşitlerinin ve ekotiplerinin güçlü değişkenliğinden kaynaklanmaktadır.

Kıvılcığın meyve ve yapraklarında önemli oranlarda antosiyanin, flavonoid iridoidler bulunmaktadır. Aynı zamanda kıvılcık önemli bir askorbik asit ve polifenol kaynağı olmasıyla bilinir. Bu özellikler ise meyveyi antitümör ve radikal temizleme potansiyeli ile bağdaştırmış olur.

Kıvılcık, zengin antosiyanin, flavonoid ve iridoid kaynağı olmasının yanında iridoidler arasında en yaygın olanı loganik asittir (Asgary vd., 2013). Mono terpen yapısında olan loganik asit ve metil türevi loganin iridoid grubuna girmektedir.

Araştırmalar loganik asidin temel kaynaklarının kıızılıcık meyveleri de dahil olmak üzere meyveler olduğunu göstermiştir. Loganik asidin gl anti-inflamatuar özelliğinin yanı sıra diyetli birlikte verilen bileşik, trigliserit seviyelerinde ve HDL kolesterol fraksiyonlarında değişiklikler olarak gözlemlenen lipid metabolizması üzerine faydalı etkilerinin olduğu düşünülmektedir (Asgary vd., 2013).

Kızılıcıkta bulunan iridoid bileşikler sayesinde, çok yönlü teröpatik etki, örneğin analjezik etki ve otoimmün bozukluklara ve iltihaplanmalara karşı korunma sergiler. Loganin diyabetin neden olduğu böbrek hasarını inhibe ettiği bildirilmiştir. Kızılıcık meyvelerinde iridoidler baskın fito-bileşikler olmasına rağmen, antioksidan potansiyelleri oldukça önemlidir (Asgary vd., 2013).

2.1.3. Kızılıcık Meyvesinin Sağlığa Etkileri

Polifenoller, C vitamini, karotenoidler, potasyum gibi bazı mineraller, yüksek lif içeriği ve kalorilerinin düşük olmalarının yanı sıra yüksek miktarda biyoaktif bileşene sahip olan ve bu nedenle de antioksidan kapasiteleri yüksek olan, antosiyanince zengin kırmızı kiraz grubu meyvelerdir. Kırmızı kiraz grubu meyvelerin sağlığı olumlu yönde etkileyerek diyabet, obezite, kardiyovasküler rahatsızlıklar, hipertansiyon ve yağlı karaciğer hastalığı gibi hastalıkların risklerini azalttıkları düşünülmektedir.

Lietava vd. (2019), kıızılıcık meyvesinin, ateroskleroz (damar sertliği) zerine etkisini araştırmışlardır. Kızılıcık meyvesinin, ateroskleroza etkileyen polifenoller içerdiği betirtilmiştir. Deneysel çalışmalarla doğrulan, yüksek antioksidan potansiyeli nedeniyle, iltihap olasılığında belirgin bir azalma sergilediği belirtilmiştir. Kızılıcık bileşiminde bulunan tanin, organik asit, antosiyanin, yağ asitleri, flavonoid gibi bileşiklerin, ateroskleroza oluşturan riskleri önlemede oldukça etkili olduğu grlmştir. Ayrıca kıızılıcık, düşük glisemik indekse sahip olduğu için, sağlığa olumlu bir etkisinin olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte, klinik testler kıızılıcık meyvesinin kolesterol düşürücü etkisinin de olduğunu göstermiştir.

Bayram ve ztrkcan (2020) alışmalarında, zengin antosiyanin grubuna sahip kiraz grubu meyvelerin insan sağlığı üzerine etkilerini inceleyen klinik çalışmaları incelemişler, antosiyanince zengin meyveler olan kiraz, vişne ve kıızılıcık meyvelerinin

insan sağlığı üzerindeki etkileri üzerinde durmuşlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre bu meyvelerin antioksidan, hipolipidemik, anti- inflamatuvar, hipertansiyon, anti diyabetik, kardiyovasküler rahatsızlıklar üzerine olumlu etkileri olduğunu gösteren çalışmalar olduğu gibi etkisi saptanmayan çalışmalar olduğunun da altını çizmişlerdir.

2.1.4. Kızılıcık meyvesinin biyoaktif özellikleri ve işlenmesine yönelik alışmalar

Kızılıcık meyvesi taze veya kuru halde tketelebildiği gibi zeytin gibi salamurası yapılıp da tüketilmektedir. Endüstride reçel, marmelat, meyve suyu olarak kullanılmaktadır (Anonim 2023)

Didin vd. (2000) alışmalarında, temin ettikleri 5 farklı meyveyi n işlemlerden geçirdikten sonra pulp haline getirmişler ve nektara işlenmeye uygunluğunu araştırmışlardır. Elde ettikleri pulpa su, şeker ve asit ilavesinden sonra nektara işlemişlerdir. Yaptıkları fiziksel, kimyasal ve duyuusal analizlerden sonra renk ve tat özellikleri bakımından kırmızı meyvelere ait nektarların daha çok beğenildiğini ve sonucunda kızılıcık nektarının halk arasında kolay kabul edilebilir bir ürün olduğunu kanıtlamışlardır.

Gastrol vd. (2013) alışmalarında, aralarında kızılıcık meyvesinin de bulunduğu meyveleri, organik asit, polifenol içeriği, antioksidan aktiviteleri ve meyve suyu kaliteleri yönünden incelemişler, kızılıcık suyunda en yüksek titre edilebilir asitliği tespit etmişler, aynı zamanda kızılıcık suyunun çok yüksek oranlarda antioksidan aktiviteye sahip olduğunu belirlemişlerdir. Yüksek antioksidan aktivitenin sadece polifenollere bağlı olmadığını, aynı zamanda diğer biyolojik bileşiklerle de ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma sonunda elde ettikleri veriler doğrultusunda kızılıcığın yüksek antioksidan aktiviteye sahip değerli bir meyve olduğunu göstermişlerdir.

Ergezer vd. (2018) alışmalarında, yapısında fenolik karakterdeki birçok doğal antioksidanı barındıran kızılıcık meyvesini, kızılıcıktan elde ettikleri ekstraktlarla, farklı konsantrasyonlarda sucukta kullanmayı hedeflemişler, kızılıcık ekstraktlarının sucuğun kalite karakteristiklerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda elde ettikleri sonuçlara göre artan konsantrasyonlardaki kızılıcık ekstraktının lipid

oksidasyonunu engellemede başarılı olduğunu ve rengin korunmasına da yardımcı olduğunu bulmuşlardır.

Rop vd. (2010), insan beslenmesi için yeni bir besin kaynağı olarak seçtikleri kıvılcık çeşitleri hakkında yaptıkları araştırmalarında, seçtikleri 12 kıvılcık meyvesinde antioksidan aktiviteyi belirlemeye çalışmışlardır. Yaptıkları çalışma ile insan beslenme ve diyetine kıvılcık meyvesini eklemeye ve dünyada bu meyvenin yetiştirilmesi ve kullanılmasını amaçlamışlardır.

Szczepaniak vd. (2019) çalışmalarında, kıvılcık meyvesinin fonksiyonel özellikleri hakkında kapsamlı bir inceleme yapmışlar, fonksiyonel gıda üretiminde kullanım örnekleri hakkında bilgi vermişlerdir. Kıvılcık meyvelerinde şeker, mineral ve tuz bileşiklerini incelediklerinde, bakır, çinko ve manganez gibi bileşenler açısından zengin, aynı zamanda değerli bir potasyum kaynağı olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca kıvılcıktan yapılan meyve sularında kalsiyum, demir, çinko ve manganez gibi mikro besinler açısından zengin olduğunu söylemişlerdir. Taze ve dondurulmuş kıvılcıklarda su konsantrasyonunu, kuru meyveden 3 kat daha fazla bulmuşlar, indirgeyici şekerler arasında fruktoz ve glikozun baskın olduğunu belirtmişlerdir.

Krosniak vd. (2010), insan diyetinde mineral kaynağı olarak kıvılcık sularını araştırmışlardır. Kıvılcık meyvesinin mineral içeriğini belirlemek için yapılan çalışmada potasyum (K), kalsiyum (Ca), sodyum (Na), demir (Fe), çinko (Zn), manganez (Mn) ve bakır (Cu) minerallerini belirlemişler, erik, armut ve elmadan elde ettikleri diğer meyve suları ile karşılaştırdıklarında, kıvılcık suyunda 10 kat fazla Ca içerdiğini, elde ettikleri veriler doğrultusunda kıvılcık suyunun çeşitli temel elementler açısından zengin olduğunu ve besin elementlerinde eksik olan bireyler için önemli bir diyet mineral takviyesi olarak kabul edilebileceğini belirtmişlerdir.

Adamenko vd. (2018), balın fermentasyonu ile üretilen, alkol içeriği %8 ila %18 aralığında değişen, fermente bir içecek olan meads'e kıvılcık eklenmesi sonucu, iroidlerin fizikokimyasal özelliklerini ve antioksidan özelliklerini araştırmışlardır. Çalışma sonunda kıvılcık meadlerinin değerli antioksidatif özellikler sergileyen biyolojik olarak aktif iridoidler ve fenolik asitlerin yüksek içeriğine sahip olduğunu göstermişlerdir.

Kucharska vd. (2010), kızılık püresine aronya, çilek ve ahududu meyvelerini ilave ederek fiziksel ve kimyasal bileşime etkilerini araştırmışlar, çilek ve ahududu püresi ilaveli ve ilave etmeden kızılık pürelerinin antioksidan ve organoleptik özelliklerini karşılaştırmışlardır. Kızılık püresine göre, çilek ve ahududu ilaveli pürelerde kuru madde, ekstrakt ve antosiyanin içerikleri azalırken, aronya meyvesi ilavesi ile bu parametrelerin arttığını gözlemlenmiştir. Karışık kızılık püresinde ise antosiyanin içeriğinin 2,5 kattan daha fazla artışı, aynı zamanda C vitamini değerinin azaldığı sonucuna varmışlardır. Yapılan çalışmada eklenen tüm meyveler, asitlik seviyesini, pektin içeriğini ve pürelerin viskozitesini azaltmış, organoleptik değerlendirmeye göre ise renk parametresi açısından en iyi kızılık püresine eklenen aronya meyvesi ile seçilirken, çilek katkılı püre lezzet ve kıvam açısından en iyi olduğu sonucuna varmışlardır.

İvanova vd. (2017), kızılık, aronya ve böğürtlen kullanarak, polifenol içeriği zengin ekstraktlar elde edip, aljinat enkapsülasyonunda kullanarak yeni bir tatlı yapımı üzerine çalışmışlardır. Çalışmalarının sonucunda kızılıktan elde edilen polifenolik ekstraktların aljinat ile kapsüllenmesiyle elde edilen sütlü tatlılarda antioksidanların doğal kaynaklarının korunması amacıyla uygun bir teknik olduğunu belirtmişlerdir.

Elgin (2019) çalışmasında, antioksidan madde içeriğinin yüksek olmasından dolayı seçtiği kızılık meyvesinden farklı konsantrasyonlarda (200,300 ve 500 ppm) ekstraktlar elde edip, hazırladığı ekstraktları sığır köftelerine ilave etmiştir. Pişirilen köftelerde depolama boyunca meydana gelen fizikokimyasal değişiklikler (antiradikal aktivite, renk, pH, fenolik madde miktarı) araştırmıştır. Sonuç olarak köfte örneklerinde antiradikal aktivite ve toplam fenolik madde miktarı, kızılık ekstresinin de artan miktarına bağlı olarak artış göstermiş, kızılık ekstresinin et ürünlerinde lipid ve protein oksidasyonunu önemli ölçüde engellediğini tespit etmiştir.

Çakmakçı ve Tosun (2008) çalışmalarında, kızılık meyvesini dut pekmezi ilave ederek bazı özellikleri belirlemeye çalışmışlardır. Kontrol grubu (%0), %10 ve %20 oranlarında ilave ettikleri kızılık sonucunda çözünür kuru madde, sakaroz, toplam şeker, pH, titre edilebilir asitlik ve viskozite açısından önemli farklılıklar tespit etmiş, duyu analizlerde ise kızılık ilaveli pekmezin kontrol grubuna göre daha çok tercih edildiği sonucuna ulaşmışlardır. Panalistler arasında en çok tercih edilen %20

kızılılık ilaveli pekmez tercih edilmiştir. Kızılılık ilavesi ile arzu edilebilir bir renk sağlanabileceği ve ayrıca lezzetli ve aroması yüksek meyve suyu ile tüketilebilirliğinin artırılabilceğinin altını çizmişlerdir. Kızılılığın bazı mineralleri, invert şeker ve duyuusal kaliteyi artıracağını belirtmişlerdir.

Kaya ve Canlı (2019) çalışmalarında, kızılılık meyvesinin kullanılma potansiyelini araştırmak üzere besin özellikleri, yıllık üretim dağılımları, morfolojik yapısı ve potansiyel kullanım alanlarını inceleyerek endüstriyel anlamda kazanımlarına yönelik bir araştırma yapmayı amaçlamışlardır. Sonuç olarak geleneksel olarak doğrudan tüketiminin yanında marmelat, reçel üretiminde aynı zamanda gıda katkı maddesi olarak endüstride yoğurt üretiminde, besleyicilik, lif değeri, vitamin açısından duyuusal değeri artışı sağlamak için kullanıldığı, diyet liflerinde ise su tutma kapasitesinin artırılmasında, tekstür modifiye etmede, depolama stabilitesinin iyileştirilmesinde, pişirme kayıplarını azaltmada ve bu gibi yararlı etkileri nedeniyle et ürünlerinde, aroma ve kıvam artırıcı özelliği nedeniyle meyve sularında kullanılma potansiyeline sahiptir.

Ayar vd. (2005) çalışmalarında, aralarında kızılılık meyvesinin de bulunduğı, farklı meyveler kullanılarak ürettikleri yoğurta kimyasal, duyuusal ve reolojik özellikleri incelemişler, meyvelerin yoğurda katılmasıyla beraber viskozitede önemli bir artış olduğunu, katılan meyve miktarının artırılmasıyla su salma oranında genel bir azalma olduğunu, yoğurtlarda kurumadde ve buna bağılı olarak karbonhidrat ve kül miktarlarında artış, yağ, protein miktarı ve asitlik değeri ise bir azalma olduğunu gözlemlemişlerdir. Sonuç olarak ürettikleri meyve katkılı yoğurtlarda besleyicilik, çeşitlilik, vitamin ve lif değeri ile duyuusal kabul edilebilirliğin arttığı sonucuna varmışlardır.

Şengül ve Ünver (2022) çalışmalarında, farklı tatlandırıcılar kullanılarak ürettikleri kızılılık pestillerinin bazı fizikokimyasal özelliklerini incelemişlerdir. Ürettikleri üç pestilin ilkinin tatlandırıcısız, diğeri ise sakaroz ve stevia ilave ederek üretmişlerdir. Oda sıcaklığında kuruttukları pestillerde 3 aylık depolama süresinde kül, kuru madde, pH, indirgeyici şeker, titrasyon asitliği, toplam şeker, sakaroz ve renk üzerine etkilerini araştırmışlar, sonuç olarak tatlandırıcı ilavesi yapılan pestiller ile depolama süresinin pestillerin fizikokimyasal özellikleri üzerinde etli olduğunu belirtmişlerdir.

Hayoğlu ve Toğrul (2020) çalışmalarında, nar, kıızılcık ve karadut suları ile zenginleştirilen elma suyu üretim olanaklarını araştırmışlar ve yeni bir izotonik içecek elde etmeyi amaçlamışlardır. Bu çalışmayla yüksek oranda antioksidan madde ve fenolik madde içeriği yüksek meyvelerden yararlanarak, bu meyvelerin elma suyuna katılmasıyla beraber besin değeri artırılmış, yeni bir içecek elde edilmiş ve elde edilen içeceğin bazı özelliklerini incelemişlerdir. Yaptıkları analizler ve değerlendirmeler sonucunda depolama süresince asitlik artışı meydana gelmişken, toplam fenolik madde, renk, pH, ve antioksidan maddelerde azalma olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan analizler sonucunda suda çözünür kuru madde miktarı, kül değeri ve toplam kuru madde miktarı istatistiksel olarak önemsiz olduğunu bulmuşlardır. Duyusal değerlendirmeler sonucunda ise bu içeceğin tüketiciler tarafından tercih edilebileceği ve içeceklerin oda sıcaklığında depolanabileceği sonucuna varmışlardır.

2.1.5. Kıızılcık Meyvesinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri İle Yapılan Çalışmalar

Tural ve Koca (2008), Türkiye’de yetiştirilen kıızılcık meyvelerinin fiziko-kimyasal ve antioksidan özelliklerini incelemişler, Samsun’da yetişen kıızılcıkların fiziko-kimyasal özelliklerinde farklılıklar olduğunu saptamışlardır. Fiziksel özelliklerden meyve ağırlığı, meyve genişliği ve uzunluğunu incelemişler, Hunter a değeri +6.25 ile +15.59 aralığında ve b değeri +3.46 ile +6.64 aralığında değiştiğini belirtmişlerdir. Askorbik asit, toplam antosiyanin ve toplam fenolik madde içeriği ise sırasıyla 0.16–0.88 mg g, 1.12–2.92 mg g ve 2.81–5.79 mg g bulunmuştur. Kıızılcık meyvesinde bulunan ana pigmentin pelargonidin 3-glikozit olduğunu yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) ile analiz etmişlerdir. Aynı zamanda kıızılcık meyvesinin yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğu ve tüketiminin sağlık açısından fayda sağlayacağını belirtmişlerdir.

Sochor vd. (2014) çalışmalarında, Çek Cumhuriyeti’nde yetişen sekiz kıızılcık meyvesi çeşidini polifenol içeriğini belirlemek ve meyveleri teknolojik özellikler açısından karşılaştırmayı amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda, insan beslenmesi ve konserve endüstrisi için değerli bir meyve olduğu ve kıızılcık meyvesinin popülerleşmesine katkıda bulunulması gerektiği sonuçlarına varmışlardır.

Brindza vd., (2005) alışmalarında, Slovakya’da yetişen 260 genotip kızılcığı, meyvenin ağırlık, uzunluk, genişlik, çekirdeğin uzunluğu, genişliği gibi fiziksel faktörleri ve toplam şekerler, organik asit ve askorbik asit gibi kimyasal yönlerden de incelemişler ve meyvenin karakteristik özelliklerini belirlemişlerdir.

Gülçin vd. (2005) alışmalarında, antioksidan kapasitenin kızılcığın sudaki ekstraktı tarafından incelendiğı, bu antioksidan özelliklerin belirlenmesi için ise çeşitli testler (serbest radikal toplama, hidrojen peroksit toplama, indirgenme gücü, süperoksit radikalini toplama ve metal şelatlama kapasitesi) uygulamışlardır.

Aydın (2012) alışmasında, Elazığ yöresinde yetişen dut, kızılcık, kiraz ve ceviz meyvelerinin antioksidan kapasiteleri ve bazı bu meyvelerin deney modellerinde oluşturulan oksidatif stres üzerine etkilerini incelemiştir. Araştırma sonucunda kızılcık ekstraktının flavonoid içinde resveratrol ve naringini yüksek oranda, diğer flavanoidleri ise düşük oranlarda içerdiğini belirlemiştir. alışmasında sentetik antioksidanların yan etkilerinden kaynaklı, bitkisel kaynaklı doğal antioksidanların elde edilmesinin önemini vurgulamıştır.

Selçuk ve Özrenk (2011) alışmalarında, Erzincan yöresinde yetiştirilen kızılcıkların özelliklerini belirlemek amacıyla seçilen 63 kızılcık genotipi üzerinde kimyasal, fenolojik ve pomolojik analizler yapmış, meyve ağırlığı, meyve hacmi, meyve yoğunluğu, pH ve C vitamini miktarı değerlerini belirlemişlerdir. Sonuç olarak bu yörede yetişen kızılcıkların pembe et rengine sahip, koyu kırmızı bir renkte ve tatlarının iyi ve orta buruklukta olduğunu saptamışlardır.

Yılmaz vd. (2009) alışmalarında, kızılcık genotiplerinin fiziko-kimyasal özellikleri için ön karakterizasyonunu araştırmışlar, çeşitli pigmentasyonlara sahip seçtikleri bir dizi kızılcık meyvesinde, meyve ağırlığı, antioksidan kapasitesi, toplam antosiyanin, toplam fenolik, askorbik asit, çözünür katı madde içeriğı, indirgen şeker ve asitliğı faktörlerine bakmışlardır. Sonuç olarak antioksidan kapasiteleri ve toplam fenoller arasında doğrusal bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir.

Dokoupil ve Reznicek (2012), *Cornus Mas L*’nin üretimi ve kullanımını araştırmışlar, seçilen çeşitlerin 5 yıl içerisinde büyüme ve verimlerini değerlendirmişlerdir. Meyve

örneklerinde P, K, Ca, Mg, Na, Zn, Fe, Cu ve Mn mineral elementlerini belirlemişlerdir. Diğer parametreler olarak katı içeriği, asit içeriği ve C vitaminine bakmışlardır. Çeşitler arasında C vitamini içeriği açısından önemli farklılık bulunmadığını belirterek, ortalama 100 g taze meyve kütlesinde C vitamini içeriğini 61 mg olarak bulmuşlardır.

Cosmulescu vd. (2019), kıvılcık genotiplerinin bileşeni olarak, antioksidan kapasitesi, toplam fenol, toplam flavonoid ve renk ile ilişkilendirmişlerdir. Farklı genotiplerdeki meyvelerden elde ettikleri kıvılcık ekstraktlarında L*, a*, b* ve kroma değerlerinde önemli farklılıklar bulmuşlardır. Bu çalışma ile kıvılcık genotiplerinin doğal bir antioksidan kaynağı olduğunu ve kullanım potansiyelini göstermişlerdir.

Demir (2002) çalışmasında, taze bir kıvılcıkta nem içeriğinin yaklaşık olarak %75.4 olduğunu söylemiştir. Sonuç olarak hem meyve hem de yaprak ekstraktlarının önemli antioksidan potansiyellerinin olduğu, kıvılcık özütlerinin hem in vitro hem in vivo çalışmalarda kullanılabileceği, fonksiyonel ve geleneksel gıdalarda potansiyel anti-inflamatuar ajanlar olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Aralarında kıvılcık meyvesinin de bulunduğu bazı yabancı meyve türlerinin besin değerlerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma yapmış, Erzurum ilinin Tortum ilçesinden temin ettiği kıvılcıklarda su miktarı, kuru madde, suda çözünür kuru madde, pH, toplam asit, kül miktarı, toplam şeker, indirgen şeker ve askorbik asit değerlerini tespit etmiştir.

Olszanska vd. (2010) çalışmalarında, içerisinde kıvılcığın da bulunduğu üç farklı meyve kullanmışlardır. Japon ayvası, kıvılcık ve çilek meyvelerinin farklı oranlarda eklenerek yaptıkları çalışmalarında, zenginleştirdikleri balkabağı reçelinin parametrelerini incelemişlerdir. %30 ve %50 oranlarında eklenerek yapılan çalışmalarda en yüksek polifenol içeriği %50 japon ayvası içeren üründe bulunmuşken, en düşük C vitamini içeriği ise kıvılcık eklenmiş kabak reçelinde olduğunu bulmuşlardır.

Ersoy vd. (2011) çalışmalarında, Türkiye’den seçtikleri 12 kıvılcık meyvesinin antioksidan özelliklerini araştırmışlar, bu çeşitlerin %50 sulu metanol ekstraktının

antioksidan aktivitesi, serbest radikal sürücü, hidrojen peroksit süpürücü ve metal şelatlama aktiviteleri de dahil olmak üzere çeşitli antioksidan özelliklerini değerlendirmişlerdir. Çalışmada % 50 sulu metanol ile yapılan meyve ekstraktı, hidrojen peroksit ve DPPH süpürme ve metal şelatlama aktivite açısından en güçlü özellikleri gösterdiğini belirtmişlerdir.

Biaggi vd. (2018) çalışmalarında, kıvılcık meyvesini sağlıkla ilişkilendirerek bu bileşenlerin potansiyel kaynağını araştırmışlar, bu biyokimyasal bileşenlerin fiziko-kimyasal karakterizasyonunu araştırmışlardır. Son zamanlarda kıvılcık meyvesinin biyolojik ve farmakolojik özelliklerinin anlaşılmasıyla yapılan çalışmaların artığının altını çizerek, İtalya’da ‘chieri’ genotipindeki kıvılcıkları temin etmişlerdir. Antioksidan aktivite, toplam antosiyanin içeriği ve toplam polifenolik içeriği değerlendirmek için spektrofotometrik yöntemler uygulandıktan sonra *Cornus Mas* meyvelerinin iyi bir doğal antioksidan kaynağı olduğunu belirtmişler ve fonksiyonel bir gıda olarak kullanımını önermişlerdir.

Sozanski vd. (2016) çalışmalarında iridoid-loganik asidin kıvılcık meyvesinin antosiyaninlerine karşı gösterdiği etkileri ve aynı zamanda iltihaplanma üzerine gösterdikleri ortak ve farklı etkileri incelemişlerdir. Halk arasında bilinen ve çeşitli tedavilerde kullanılan kıvılcık meyvesinin kardiyovasküler faydasının esas olarak polifenol bileşiklerden ve antosiyaninlerden kaynaklandığını belirterek, kıvılcıkta ana bileşen olan iridoid loganik asit ve antosiyaninlerin etkilerini karşılaştırmışlardır.

Gündüz vd. (2013) çalışmalarında, farklı olgunluk aşamalarında olan kıvılcıkların antioksidan, fiziksel ve kimyasal özelliklerini incelemişlerdir. Çalışma için sarı, pembe, açık kırmızı ve koyu kırmızı olmak üzere dört olgunluk aşaması belirlemişler, fiziksel olarak çeşitli meyve özellikleri (meyve genişliği, uzunluğu, ağırlığı), kimyasal olarak toplam çözünür katı, toplam titre edilebilir asitlik, şeker/asit oranı, pH, meyve kabuk rengi, toplam fenolik bileşik, toplam antioksidan kapasitesi, toplam monomerik antosiyanin ve tanenleri değerlendirmişlerdir. Tüm faktörler için önemli farklar bulurken, zamanla meyve eni, boyu ve ağırlığında ve toplam çözünür katı faktörlerinde bir artış olduğu, meyve olgunlaştıkça toplam titre edilebilir asitlik ortalamalarında azalma olduğunu, antosiyanin birikmesiyle beraber meyve renginin giderek koyulaştığını belirtmişlerdir.

Szczepaniak vd. (2020) çalışmalarında, *Cornus Mas* çeşitlerini fitokimyasal, hipoglisemik ve antioksidan özelliklerini değerlendirmişlerdir. Çalışmalarında Polonya'dan seçtikleri üç *Cornus Mas* çeşidi için in vivo olarak loganik asit içeriği, antioksidan kapasite ve hipoglisemik etki arasındaki ilişkiyi incelemeyi amaçlamışlardır. Test ettikleri tüm çeşitlerde α -glukozidazı güçlü bir şekilde inhibe ettiklerini ve hepsinde benzer oranlarda (yüksek miktarlarda) biyolojik olarak emilebilir loganik asit içerdiğini, flavonoidler ve antosiyaninler içeriğinde çeşitler arası farklılıklar gözlemlendiği sonucuna varmışlardır. Yaptıkları istatistiksel analizler sonucunda hipoglisemik özelliklerin yaygın olarak antosiyanin içeriğinden, antioksidan kapasite ve özellikle loganik aside dayalı ferrik indirgeme yeteneği tarafından yönlendirildiğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak loganik asit yüksek geçirgenliğine rağmen, kıızılcık meyvesindeki içeriği hipoglisemik ve antioksidan potansiyel üzerinde yaygın bir etkiye sahip olacak kadar yeterli olmadığı, bu iki özelliğin toplam flavonoid ve toplam antosiyanin içeriğinden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

2.2. Kurutma

Mevsimplere ve yıllara göre değişiklik gösteren gıda ürünlerinin, tüketicinin taleplerini karşılaması, istenilen zamanlarda ulaşılabilirliğinin sağlanması amacıyla çeşitli muhafaza yöntemleri uygulanmakta ve çeşitli metotlar geliştirilmektedir. Bilinen ve uygulanan en eski muhafaza yöntemi ise kurutmadır. Ürünün kurumasını sağlayan ve değişik elemanlardan oluşan ünitelerin tamamına “kurutma sistemi” denilmektedir (Aktaş, 2007).

Kurutma yöntemiyle gıdadaki su oranı istenilen düzeylere kadar düşürülebilmektedir. Bu sayede enzimatik ve mikrobiyal aktivite belirli düzeylere kadar engellenebilmektedir. Uzun süreli raf ömrü istenilen gıdalarda enzimatik ve mikrobiyal aktivitenin azaltılması sebebiyle kurutma işlemi yaygın olarak tercih edilen bir yöntemdir. Kurutma işlemiyle beraber üründe bir hacim ve ağırlık eksilmesi meydana gelmektedir ve bu sayede depolama ve ambalajlama gibi avantajlar ortaya çıkmaktadır. Kurutulmuş gıda üretiminde daha az işçilik, daha az ekipman kullanılması, gıdaların vitamin değerlerinin, görüntüsünün ve tadının uzun süre

muhafaza edilebilmesi gibi nedenlerden dolayı kurutma en iyi yöntemlerdendir (Cemeroğlu, 2017a; Holdsworth, 1986).

2.2.1. Gıda Kurutma Teknolojileri

Kurutulmak istenen ürünün köpük forma getirilmesinin esası, köpüğün yapısı sebebiyle hava kurutucuya maruz kalan gıdanın yüzey alanının genişletilmesiyle nem giderme işleminin hızlandırılmasıdır (Varhan ve Koç, 2017). Köpük, ince sıvı filmlerle ayrılan ve kabarcıklar tarafından oluşturulan, bir sıvı içerisinde dağılmış küçük gaz hücreleri kütlesi olarak tanımlanır (Darniadi, 2017).

Köpük gelişimiyle birlikte küçük kabarcık yoğunluğunun, büyük kabarcıklara oranla daha fazla artış göstermesine bağlı olarak yüzey gerilimi artar ve köpük yapısının hacimsel olarak boyutu geniş olduğu için köpük yoğunluğu düşer ve böylelikle kurutma hızı artar (Varhan ve Koç, 2017). Kararlı bir köpük yapının oluşumuna yardımcı olan katkı maddeleri, köpürme ajanları ve köpürme stabilizatörleri olarak ikiye ayrılmaktadır.

Köpük kurutma işlemiyle kurutulan gıdalar (Varhan ve Koç, 2017);

- Besleyici özelliklerini kaybetmeden uzun yıllar boyunca muhafaza edilebilir,
- Uzun raf ömrüne sahiptir,
- Tekrar sulandırılabilir bir yapıya sahiptir,
- Diğer kurutma yöntemlerine göre maliyeti daha düşüktür,
- Daha az depolama alanına ve ulaşım kolaylığına sahiptir,
- Yüksek kalitede ürün elde edilir.

Köpük gelişimiyle birlikte küçük kabarcık yoğunluğunun, büyük kabarcıklara oranla daha fazla artış göstermesine bağlı olarak yüzey gerilimi artar ve köpük yapısının hacimsel olarak boyutu geniş olduğu için köpük yoğunluğu düşer ve böylelikle kurutma hızı artar (Varhan ve Koç, 2017). Kararlı bir köpük yapının oluşumuna yardımcı olan katkı maddeleri, köpürme ajanları ve köpürme stabilizatörleri olarak ikiye ayrılmaktadır.

Köpük gelişiminin önemli bir adım olduğu düşünüldüğünde, köpük oluşumuna veya kaybolmasına katkıda bulunan faktörleri belirlemek çok önemlidir. Baloncukların

sayısı, boyutu ve dağılımı gibi faktörler köpük dokusunu belirler. Homojen olarak dağılmış küçük baloncuklar, daha yumuşak köpük elde edilmesi ile sonuçlanır. Köpükler hava-sıvı ara yüzeyinde birikir ancak yüzey gerilimi bu kuvvete karşı gelerek çöken köpüğe yol açabilir.

Proteinler ve yüzey aktif maddeler, köpük dokusunu etkileyen ve köpüklerin stabilitesinin korunmasında ve iyileştirilmesinde rol oynayan diğer bir faktördür. Proteinler, serbest moleküllerin bulunmayacağı bir noktaya kadar birbirleriyle etkileşir ve böylece köpük üretir. Köpüğün oluşumu, köpürtülecek sıvının özellikleri, köpürme yöntemi ve köpürme durumu gibi birçok parametreye bağlıdır.

Köpük haline getirilmiş gıdadaki nemin uzaklaştırılması amacıyla genellikle konvektif sıcak hava tekniği kullanılmakla beraber farklı kurutma yöntemleri de bulunmaktadır. Mikrodalga veya dondurarak köpük kurutma yöntemleri, sıcak hava ile kurutmaya göre daha düşük sıcaklıklarda yürütülen ve yaygın olarak kullanılan yöntemlerdendir (Venkatachalam vd., 2014).

Koç vd.'nin (2018) yaptığı bir çalışmada, köpük kurutma yöntemini kullanarak incirin sıcak hava ve mikrodalga ile kurutma işlemini gerçekleştirmiş, kurutma işlem parametrelerinin ve köpük kalınlığının kurutma kinetiğine etkisini incelemiştir. Mikrodalga ile kurutma, köpük yüzeylerindeki büyük buharlaşma alanına ek olarak hacimsel ısıtma sağlaması nedeniyle sıcak hava ile kurutmaya kıyasla daha kısa sürede tamamlandığı tespit edilmiştir. Sıcaklığın ve mikrodalga gücünün artması kuruma sürelerini kısaltırken, köpük kalınlığının artması ile kuruma süreleri uzamıştır. Kurutma sıcaklığı, mikrodalga gücü ve köpük kalınlığının artmasıyla etkili difüzyon katsayısı değerlerinin arttığı gözlenmiştir.

Yapılan bir çalışmada köpük kurutma metodu ile elde edilen mango tozunun, köpürtme ajanı olarak süt, farklı sıcaklıklarda ve konsantrasyonlarda kullanılmış ve biyokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler sonucunda köpük kurutma metoduyla kurutulan mango tozunun iyi besin kalitesi, yüksek gıda güvenliği ve uzun raf ömrüne sahip olduğu tespit edilmiş ve yüksek askorbik asit, toplam karoten ve mineral miktarının da en az zararlı muhafaza edildiğini bulgulamışlardır (Varhan ve Koç, 2017).

Papaya meyvesi pulpunun köpük kurutma yöntemi ile kurutulmasına yönelik yapılan çalışmada köpük stabilizatörü olarak metil selüloz, gliserol monostearat, köpürtme ajanı olarak ise yumurta beyazını belirli sıcaklık ve miktarlarda kullanılarak en iyi kalitede papaya tozu üretim parametreleri belirlenmiştir. Köpürtülerek kurutulan papaya pulpunun kurutma süresinin, köpürtülmeden kurutulan papaya pulpundan daha az olduğu belirtilmiş ve kurutma süresinin köpük kalınlığı arttıkça ve sıcaklık düştükçe artacağı bildirilmiştir (Kandasamy vd., 2014).

Deniz yosunundan elde edilen bir polisakkarit olan karragenanın köpük kurutma yöntemi kullanılarak kurutulmasıyla, yosunun kurutulma oranının ve toz ürünün görünüm kalitesini incelemeye yönelik bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada köpük kurutma yöntemi için uygun hale getirilen karragenan, yumurta beyazı ve köpük sabitleyici metil selüloz ile karıştırılmış ve köpük oluşturdudan sonra 80°C sıcaklıkta hava kurutucuda kurutmuşlardır. Yumurta beyazı ve metil selüloz miktarının artışıyla köpük yapısının gelişerek yüzey alanının genişlediği, buna bağlı olarak kurutma hızının arttığı ve yüksek hava sıcaklığının kurutma süresini kısalttığını gözlemlemişlerdir (Djaeni vd., 2015).

Başka bir çalışmada yoğurt starter kültürü köpük kurutma yöntemi ile muhafazaya alınmak istenmiştir. Çalışma yapılırken hücrelerin canlılık oranının yüksek tutulması amacıyla sıcaklık düşük tutulmuş bu durum da kurutma süresinin uzamasına sebep olmuştur. Starter ortamına yumurta beyazı eklenmesiyle hem kurutma süresi azaltılmış hem de hücrelerin canlılık oranı artırılmıştır. Kurutma 3,16 saatte gerçekleştirilmiştir. Yumurta ve şekerin bir arada olması ise köpük oluşumunu kolaylaştırmıştır. Çalışmada yumurta akının %5, 10, 15, 20 ve 25 olmak üzere 6 farklı konsantrasyonu 50°C vakum altında kültürlerle muamele edilmiş ve en uygun konsantrasyon oranının %15 olduğu bulunmuştur (Zubaedah vd., 2003).

Branco vd. (2016) uvaia meyvesinin köpük kurutma yöntemi ile kurutularak toz formuna dönüşümünü, ürün kalitesine bağlı olarak modellemişlerdir. Uvaia meyvesi albümin, karboksimetil selüloz, ksantan gam gibi ajan ve stabilizatörlerle karıştırılıp, 60-70°C sıcaklıklarda kurutulmuştur. Albüminin eklenmesi, elde edilen nihai ürünün renk azalmasına sebep olmuştur. Kurutma ajanı olarak sadece albümin ile hazırlanan köpükle, üç farklı köpükleştirici ajanın köpük ajanının eklenmesiyle stabil köpük

yapısı sağlanmış uvaia pulpunun, kurutma eğrileri Page modeli ile uyum göstermiştir. Sıcaklığın köpürtme ajanı olarak sadece albümin içeren formülasyonlarda kurutma süresini etkilemediği, buna karşılık ksantan gam, karboksimetil selüloz ve albümin içeren formülasyon için kurutma süresinin sıcaklığa bağlı olduğu gözlemlenmiştir. Artan kurutma sıcaklığının etkisiyle kurutma süresinin kısaltığı ve difüzyon katsayısı değerinin yükseldiği gözlemlenirken, kurutma işleminden sonra ksantan gam, karboksimetil selüloz ve albümin içeren tozrnde; sadece albümin içeren tozrne kıyasla daha fazla fenolik madde ve antioksidan içeriği bulgulanmıştır.

Galdino vd. (2016) atemoya meyvesi pulpunu, Emustab (monoglisericid, sorbitan monostearate ve polisorbat) ve Super Liga Neutra (sükroz, karboksimetil selüloz ve guar gam) ticari isimle anılan köpürtme ajanları ile karıştırarak farklı kalınlıklarda 60-80°C kurutma sıcaklığında kurutmuşlardır. Çalışma sonrası elde edilen verilere dayanarak köpük kalınlığı ve kurutma hızının bağlantılı olduğu, kalınlık arttıķa kurutma hızının düştüğü, bütün çalışma şartlarına en uygun modellemenin ise Midilli modeli olduğu bulgulanmıştır. Kurutma işleminin mantığı incelendiğinde kurutma hızırn kalınlığının yükselmesiyle birlikte azalmakta ve kuruma süresi uzamaktadır. Fakat köpük kurutma, köpürtme işlemi uygulanmaksızın gerçekleştirilen kurutma yöntemlerine kıyasla sağlamış olduğu yüksek yüzey alanı nedeniyle daha hızlı kurutma işlemi gerçekleştirilmesine imkan sağlamaktadır.

Kadam ve Balasubramanian (2011) domates suyunun köpük kurutma yöntemi ile kurutulmasını incelemiş olup, köpük yapısı oluşumu için farklı oranlarda yumurta beyazı kullanmışlar ve belirlenen hava sıcaklıklarında kurutmayı sağlamışlardır. Araştırmacılar çıkan sonuçların karşılaştırılması sonucu, eklenen köpük ajanı miktarının artmasıyla kurutma süresinin kısaltığını ve rengin daha iyi korunduğunu bulgulamışlardır.

Wilson vd. (2012) da domates suyunun toz forma dönüştürülmesinde köpük kurutma yöntemini kullanmışlardır. alışmalarında köpük ajanı ve stabilizatörü olarak karboksimetil selüloz, süt ve yumurta beyazı kullanılmış ve oluşan köpük yapısı 65-85°C sıcaklıklar arasında kurutmuştur. Köpürtme ajanı olarak kullanılan karboksimetil selülozla elde edilen domates tozu, diğer köpürtme ajanları ile elde edilen tozlara

oranla daha fazla likopen içeriğine sahip olduğundan domates tozu üretiminde uygun köpürtme ajanı olarak bildirilmiştir.

Sramek vd. (2015) bal ve glikoz şurubu karışımını köpük kurutma yöntemi ile kurutarak yüksek kalitede toz üretimi için farklı miktarlarda peynir altı suyu protein izolatu ile çalışmışlardır. Araştırmacılar köpük haldeki bal ve glikoz şurubu karışımının, vakum altında nispeten düşük sıcaklıklarda daha hızlı kurutma işlemi ile yüksek kalitede toz üretiminin gerçekleştirilebildiğini bildirmişlerdir.

2.2.2. Meyvelerin Kurutulması

Bilinen en eski gıda muhafaza yöntemlerinden biri olan kurutma, gelişen teknolojiye rağmen günümüzde önemini korumaya devam etmektedir. Günümüzde tek başına bir muhafaza yöntemi olarak seçilmese bile genellikle dondurma veya konserve gibi işlemleri desteklemek amacıyla kullanılan tekniklerden biridir. Bu şekilde dondurma ve konserve gibi işlemlerin kolaylaştırılması amaçlanıp, ürün kalitesinin de korunması sağlanmış olur (Karaaslan vd., 2012).

Geniş bir meyve ve sebze yetiştiriciliği alanına sahip olan ülkemizde, yetiştirilen ürünlerin sadece yöresel olarak tüketilmeyip, raf ömürlerinin uzatılması hedeflenerek ve bu şekilde de dış pazarda bir yer edinmek amaçlanmıştır. Yüksek kaliteli, uzun raf ömrüne sahip, tazeliğini koruyabilen ürünler elde edebilmek amacıyla yeni teknolojiler kullanılmaya başlanmıştır.

Meyve ve sebzeler yüksek su içeriğine (%85-%95) sahip olmaları nedeniyle hızlı bir şekilde bozulmaya başlamaktadırlar. Yüksek su aktivitesi değerlerinde, biyokimyasal reaksiyonlar ve mikrobiyolojik faaliyetlerde bozulmayı hızlandırmaktadırlar.

Genel olarak meyve ve sebzelerde suyun uzaklaştırılması daha kolay olduğundan diğer gıdalara oranla kolay bir işlem gerçekleşir. Üzüm ve üzüksü meyveler dıştaki mumsu kabuklarından dolayı diğer meyvelere oranla daha etkin bir kurutma sistemine ihtiyaç duyarlar. Başarılı ve etkin bir kurutma için kurutma sıcaklığı, süresi ve kurutma öncesi ve sonrası uygulanacak işlemlerin özenli bir şekilde belirlenmesi gerekir.

Kurutma diğerk bir adıyla dehidrasyon, kimyasal reaksiyonları, mikroorganizma gelişimini yavaşlatmak ve durdurmak amacıyla su gibi buharlaşmaya uygun maddelerin uzaklaştırılması işlemidir. Meyvedeki suyun uzaklaştırılarak ürünün bozulmasını önlemeye ve bakteri, maya ve küf gelişimini engellemeye yarayan bir işlemdir. Aynı zamanda bazı enzimlerin faaliyetlerini de engellemeye yaramasıyla birlikte, üründe aşırı olgunluk ve yaşlanma durumları da ortadan kaldırılmış olur. Kurutma yöntemiyle üründeki su içeriğinin düşürülmesiyle beraber, ürün suda çözünür kuru madde bakımından yoğunlaştırılır. Hasat zamanında ve olgunlaşma döneminde oldukça yüksek su içeriğine sahip olan meyvelerin yaşlanma dönemlerinde su düzenleri bozularak su oranları giderek azalır ve meyve, ağaç üzerinde bile kuruyabilir.

Kurutma işlemiyle birlikte ürünün fiziksel ve kimyasal özelliklerinde başlıca, şekli, sertliği, gevrekliği, aroması, rengi, tadı ve besin değerlerinde birtakım değişimler meydana gelmektedir. Meyvedeki su uzaklaştırıldığı içinde üründe küçülme ve hafifleme görülür. Geleneksel kurutma yöntemlerinde kurutma işlemi sırasında ürünün sıcak yüzeyi ile daha soğuk olan iç kısmı arasındaki sıcaklık farkından dolayı, ısı kurutulan materyal yüzeyinden iç kısımlara doğru kademeli olarak iletilmektedir. Böylece, ürünün önce yüzeyi daha sonra da iç kısımları kurumakta ve ürün dış yüzeyinde büzülme nedeniyle oluşan sert tabaka ısının iç kısımlara, ürün içindeki nemin ise ürün dışına transferini engellemektedir (Soysal vd., 2009).

Günümüzde birçok meyve ve sebze rahatlıkla kurutulabilmektedir. Aynı zamanda meyvelerin kurutularak raf ömürlerinin uzatılması yöntemi, etkili ve ucuz bir yöntem olduğu için yaygın olarak kullanılmaktadır. Meyvelerde kurutma ve depolama sırasında meydana gelebilecek olumsuzlukları önlemek ve meyvelerin kurutulmasının daha kısa sürelerde yapılabilmesi için bazı ön işlemler uygulanabilir. Uygulanacak ön işlemler türlere göre değişiklik göstermekle beraber, genel olarak ayıklama, sınıflama ve yıkama gibi işlemler tüm meyvelere uygulanmaktadır. Bu işlemlere ek daha büyük önem arz eden bazı ön işlemler bulunmaktadır. Bu ön işlemler kurutma öncesinde uygulanabildiği gibi kurutma sırasında da uygulanabilmektedir. Meyvelerin kurutulmasında uygulanan ön işlemler genellikle kükürtleme, alkali çözelti uygulaması, meyve suyuna daldırma, şeker şurubunda haşlama veya buharlama ve etil oleat gibi değişik çözeltilerin uygulanması işlemleri olabilmektedir. Ön işlemlerle

belirlenen kurutma koşullarıyla beraber, ürünün rengi, tadı, dokusu, görünüşü ve istenilen amaca uygunluğu kontrol edilmiş olur. Meyvelerde suyu uzaklaştırmak diğer gıdalara oranla kolay olup elma, kayısı, şeftali, vişne ve kiraz kurutulması kolay olan meyvelerdendir. Üzümsü meyveler ise dışında bulundurduğu mumsu tabakası sebebiyle daha etkin bir kurutma yöntemine ihtiyaç duyar.

Meyve ve sebzelerin kurutulmasından yararlanan başlıca sektör gıda sektörüdür. Hazır sos, bebek mamaları, hazır çorbalarda genellikle kurutulmuş sebzeler kullanılırken, kek, puding gibi ürünlerde kurutulan meyveler kullanılır.

Günlük diyetle artan ihtiyaca yönelik tüketici talebinin karşılanması doğrultusunda, yemek yapmak için azalan zamanla beraber hazır yemek tüketimi artış göstermiş, bununla birlikte kurutulan meyve ve sebzeler önem kazanmıştır. Aynı zamanda kurutulan meyvelerin atıştırmalık olarak tüketilebildiği de bilinmektedir.

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

Başarılı ve etkin bir kurutma yapılabilmesi için önce seçilen ürünün kurutma yöntemine ve ekipmana bağlı olarak kurutmadan önce ve sonra uygulanacak işlemlere, kurutma süresi ve sıcaklığına doğru bir şekilde karar verilmesi gerekir. Bu işlemler seçilen her ürün için farklılık göstermekle beraber, aynı ekipman kullanılsa bile kurutma koşulları farklı olabilmektedir. İşletmeler kendileri için en başarılı ve etkin kurutma yöntemini belirleyerek, kurutma parametrelerini oluşturabilir.

Kurutulmaya uygun meyveler; olgun, sağlam, yarasız ve çürüksüz, böcek yeniği olmayan, rengi ve tadı tam olgunlaşmış olmalıdır.

2.2.3. Kızılcık Meyvesinin Konvektif Kurutulması Hakkında Çalışmalar

Kızılcık meyvesi bütün halde oldukça geç kuruyan bir üründür ve kuruma süresi saatlerce sürebilmektedir. Kızılcık meyvesinin konvektif kurutulması ile ilgili yapılan çalışmalara aşağıda değinilmiştir. Meyvenin konvektif yöntemlerle bütün halde kurutulması genellikle uzun kurutma süreleri ile sonuçlandığı yapılan çalışmalarda görülmektedir.

Rosu vd. (2011), *Rosa Spp. L* ve *Cornus Mas L*. Meyvelerini saklama koşullarından etkilenen besin değerlerini araştırmışlar, dondurma ve kurutma yöntemlerini kullanarak ürünleri depolamışlardır. Kızılcık meyvesi için her iki depolama koşulunda da askorbik asit ve protein içeriğinde azalma, şeker seviyesinde ise toplam bir artışa neden olduğunu bildirmişlerdir.

Polatoğlu ve Beşe (2017), kızılcık meyvesinin güneşte kuruma davranışını incelemişler, kurutulan kızılcığın C vitamini bozulmasını yaklaşık %51.1 oranında belirlemişlerdir.

Taşkın vd. (2018) çalışmalarında kızılcık meyvesini konvektif kurutma teknikleri kullanılarak kurutmuşlar ve kurutmanın renk, antioksidan kapasitesi ve toplam fenolik madde içeriğine etkilerini incelemişlerdir. Çeşitli sıcaklıklarda kurutulan kızılcık meyvesinde toplam fenolik içeriği %14-48 oranlarına düşmüş, bunun sebebinin ise yüksek sıcaklık uygulanmasıyla beraber fenolik bileşiklerin kararsızlığından kaynaklanan ve fenoliklerde meydana gelen geri dönüşü olmayan modifikasyonların sebep olabileceğini belirtmişlerdir. Çalışmada kurutulan tüm numuneler arasında en yüksek fenolik madde değeri, yüksek sıcaklıklarda (80-90°C) daha yüksek değerler gösterirken, bu değerlere oranla daha düşük sıcaklıklarda (60-70°C) daha düşük değerler göstermiştir. Bunun nedeninin fenolik maddelerin 90°C’de daha az dayanıklılık göstermesi olabileceği düşünülmektedir. Kızılcık meyvesinin antioksidan kapasitesinde, sıcaklık uygulamasıyla beraber taze meyveye oranla değerlerde düşüş gözlemlenen çalışmada, en düşük antioksidan değeri 60 °C sıcaklıkta kurutulan örneklerde görülmüştür. En yüksek antioksidan değerleri ise 80 °C sıcaklıkta kurutulan örneklerde tespit edilen çalışmada, kurutma parametrelerinin sebep olduğu yani uzun süreli işlemlerle, antioksidan bileşiklerin termal hasarı ile ilişkilendirilmiştir. Aynı

zamanda kızılcık meyvesinde antioksidan değerlerindeki düşüş fenolik madde içeriği ile de ilişkilendirilmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasitesi düşük sıcaklık seviyelerine göre (60-70° C), yüksek sıcaklık değerlerinde (80-90° C) daha yüksek değerleri vermiştir. Ayrıca toplam fenolik madde içeriği ile antioksidan kapasitesi arasında doğrusal bir ilişki olduğu tespit edilirken, sonuçlara göre toplam fenolik madde ve antioksidan değerlerini korumak için en uygun sıcaklık 80° C olarak tespit edilmiş, bu sıcaklıkta fenolik bileşiklerin düşük sıcaklıklara göre daha dayanıklı olduğu görülmüştür.

Zielinska vd. (2017) çalışmalarında mikrodalga – vakum ön işleminin, ozmo – mikrodalga – vakumla kurutulmuş kızılcık meyvesinde biyoaktif bileşenlerin içeriği üzerine etkilerini incelemiştir.

Farklı ön işlemler ve dehidrasyon işlemleri sonucu toplam fenolik, toplam monomerik antosiyanin ve toplam flavonoid içeriklerinde önemli değişimler meydana gelmiştir. Mikrodalga – vakumda kurutulmuş ve ozmo- mikrodalga – vakumda kurutulmuş meyveler, dondurularak kurutulmuş örneklerden, daha yüksek fenolik madde içeriklerine sahip oldukları bulunmuştur. Mikrodalga – Vakum ön işleminin uygulanmasıyla yüksek polifenol içeriğine sahip kızılcıklar üretilmiştir. Farklı ön işlemler ve dehidrasyon işlemi uygulanan kızılcıkların, mikrodalga – vakum ve ozmo- mikrodalga – vakum ile kurutulmuş meyvenin, toplam monomerik antosiyanin içeriği dondurularak kurutulan örneğe oranla 1.5 kat fazla bulunmuştur. Sonuçlar incelendiğinde mikrodalga – vakum ve osmo – mikrodalga – vakum işlemleriyle meyvelerde yüksek oranda polifenol içeriğini korumada, düşük güçte (100 W) mikrodalga vakumlu kurutmanın da polifenollerin yüksek oranda tutulmasına olanak sağladığı görülmüştür.

Taşkın vd. (2018) çalışmalarında kızılcık meyvesini konvektif kurutma tekniği ile 60, 70, 80 ve 90 °C’de kurutmuşlar ve renk parametresini incelemiştir. Taze kızılcık meyvesinin L*, a*, ve b* değerleri, kurutulmuş örneklerle oranla daha yüksektir. Çalışmada kullanılan dört farklı kurutma sıcaklığının arasında en yüksek L*, a*, ve b* değerleri 60 °C’de, en düşük L*, a*, ve b* değerleri ise 90 °C’de kurutma sıcaklığından elde edilmiştir.

Tontul vd. (2018) çalışmalarında kıvılcık meyvesini farklı koşullar altında kurutmuşlar, kurutma işlemi için konvektif kurutma ve kırımım pencerele kurutma yöntemlerini uygulamışlardır. Renk parametrelerini incelediklerinde kıvılcık tozlarında L değerinin konvektif kurutmaya kıyasla kırımım pencerele kurutmada daha yüksek olduğu sonucuna varmışlardır. Sonuç olarak kırımım pencerele kurutma ile kurutulmuş örneklerin renk özelliklerinin konvektif kurutulmuş örneklerden daha iyi olduğu bulunmuştur.

Özgen (2014) çalışmasında yaş kıvılcık meyvesini konvektif bir kurutucuda kurutmuş, kurutma havasını ve sıcaklığını değiştirerek kurutma kinetiğini incelemiştir. Çalışmasında kullandığı yaş kıvılcık meyvesini 35, 45 ve 55 °C’de kurutmuş, her sıcaklık için kuruma havası hızını 1-1,5 m/s olarak seçmiş ve nem oranını da dikkate alarak gerekli kuruma süresini belirlemiştir. En düşük kuruma zamanını 1,5 m/s’de 64 saat, en yüksek kuruma zamanı ise 1 m/s’de 67 saat olarak belirlemiştir. Sonuç olarak en düşük kuruma süresini 55 C’de ve hava hızını 1,5 m/s koşullarında elde etmiştir.

Koyuncu vd. (2007), çalışmalarında kıvılcık meyvesini 50, 60 ve 70 °C’de kurutmuşlar ve nem düzeyini başlangıç derecesinden %8’lik bir orana indirmişlerdir. Bu çalışmayla kıvılcık meyvesinin kurutma özelliklerini belirlemeyi amaçlamışlar sonuç olarak kurutma hava hızlarının kurutma süresini etkilemediği, kurutma sıcaklığının toplam kurutma süresini önemli ölçüde etkilediğini belirlemiş, en az kuruma süresini 70 °C’de ve 0.9 m/s’de 29 saat, en yüksek kuruma süresini ise 50 °C’de ve 0.3 m/s’de 85 saat olarak elde etmişlerdir. Sonuç olarak enerji tüketimini azaltmak amacıyla hava hızının 0.3 m/s’den fazla olmamasını ve bu uygulama için ideal sıcaklığın 70 °C olmasını önermişlerdir. Horecki vd. (2018) çalışmalarında kıvılcık meyvesini konvektif kurutma ile 55, 60 ve 70 °C’de kurutmuşlar, kurutma süresinin 480 dakika (8 saat) ile 1200 dakika (20 saat) aralığında değiştiğini belirtmişlerdir. En uzun konvektif kurutma süresini ise 50 °C’de olduğu görülmektedir.

Polatoğlu ve Beşe (2017) çalışmalarında kıvılcık meyvesini konvektif kurutma ile 50, 60 ve 70° C ve 0,4; 0,7 ve 1 m/s hava hızı ile kurutmuşlar, sonucunda ise daha kısa kuruma süreleri için, daha yüksek sıcaklıklarda çalışılması gerektiğini belirtmişlerdir. Çalışmalarında kuruma süresinin 18 ile 71 saat aralığında değiştiği, sıcaklığın

artmasıyla beraber kuruma süresinin azaldığı gözlemlenmiştir. Kızılcığın C vitamini bozulması ise %42-54 aralığında belirlemiştir.

Zia vd. (2021) çalışmalarında kızılcık meyvesini mikrodalga ve konvektif kurutma teknikleri ile kurutmuşlar, kızılcık meyvesinin nem içeriğini %72.56'dan % 10.27'ye düşürmüşlerdir. Taze kızılcık meyvesine en yakın toplam antosiyanin içeriğinin 70 C'de olduğunu belirleyerek, fiziksel parametreler ve fitokimyasal bileşikler açısından ise en uygun kurutma tekniğinin mikrodalga ile kurutma tekniği olduğunu belirtmişlerdir.

Demir vd. (2019) çalışmalarında toplam monomerik antosiyanin, toplam fenolik, toplam flavonoid ve L-askorbik asit içeren biyoaktif bileşiklerin bozunması üzerine fırında kurutmanın etkilerini incelemişler, kısa süre ve yüksek sıcaklıkta (70° C) kurutmanın biyoaktif bileşiklerde korunmayı sağladığı sonucuna varmışlardır.

2.2.4. Köpük Kurutma

Kanuni zorunluluklar ve tüketici eğilimleri nedeni ile gıda uygulamalarında sentetik renk maddeleri yerine doğal renk maddelerinin kullanımına doğru dünya genelinde bir eğilim bulunmaktadır (Seregely vd., 2021). Meyve ve sebzelerden çeşitli yöntemlerle elde edilen tozlar gıda renklendirici olarak kullanılma potansiyeli yanında, içerdiği biyoaktif bileşikler yönünden de zengin olması sebebi ile sağlıklı beslenme arayışındaki tüketiciler ile fonksiyonel gıda üreticilerinin ilgi alanına girmektedir.

Kurutulmuş gıdalar gurubunda kuru toz gıdalar çeşitli avantajları sebebi ile son yıllarda tüketici ve üreticiler tarafından daha fazla tercih edilir hale gelmiştir. Giderek değişen yaşam koşulları ile tüketiciler, satın aldıkları tek bir ürünün bütün gereksinimlerini karşılamasını ve kullanım kolaylığı sağlamasını beklemektedir. Gıda üreticilerinin ise üründen uzun raf ömrü, kolay işleme, azalan hacim/ağırlık dolayısıyla azalan paketlenme ve depolama ve taşıma maliyetleri gibi beklentileri olmaktadır. Toz ürünlerin üretilmesinde birincil tercih olarak kurutma teknolojisi kullanılmaktadır. Kurutularak toz haline getirilen gıdalar, nem ve su aktivitesinin düşürülerek raf ömrünün uzatılmasının yanında toz haline getirilmesi ile de kolay taşınabilir, depolanabilir ve işlenebilir hale gelmektedir. Toz gıda üretimi için püskürtmeli

kurutma, vakum, dondurarak ve köpük kurutma yöntemleri kullanılabilir (Koç ve Ertekin, 2016).

Meyve suları gibi içeriğindeki şekerler, organik asitler gibi bileşenler nedeniyle camsı geçiş sıcaklığının düşük olduğu gıdaların kurutulmasında yapışkanlık sorunu oluşturması sebebi ile püskürtmeli kurutmanın kullanımı çeşitli zorluklar oluşturmaktadır (Jiang ve Zhang, 2013). Hassas ürünlerin kurutulmasında dondurarak kurutmaya nazaran üründe proses kayıplarının olmasının yanında proses optimizasyonunun sağlanmasında zorluklar ve karmaşık proses parametreleri nedeniyle püskürtmeli kurutmanın uygulanması sınırlanmaktadır (Ziaee vd., 2019). Vakum kurutma ve dondurarak kurutma yöntemleri düşük sıcaklıklarda kurutma yapılması sebebi ile besin içeriğinin korunması avantajına sahip olmasının yanında; vakumun kalkması ile yapışkan bir yapı oluşması gibi olumsuz durumlar ile karşılaşma olasılığı bulunmaktadır (Jiang ve Zhang, 2013). Ayrıca dondurarak kurutma ve vakum kurutma yöntemleri uzun kurutma süreleri, kesikli sistemde çalışılması, düşük sıcaklık ve yüksek vakum uygulamaları gibi sebeplerle yüksek kurulum ve işletme maliyetleri gibi dezavantajlara sahiptir (Sangamithra vd. , 2015; İşleroğlu vd. 2018).

Meyve ve sebzelerin toz formları çoğu gıda ve farmasötik ajan olarak, renklendirme ya da aromalandırma uygulamalarında sabit ve kolay ölçeklendirme avantajı sunar. Kızılcık meyvesi ise parlak kırmızı, bordo rengi ile önemli bir doğal renklendirici olarak ilgi çekebilmektedir. Kızılcığa ve başka bitkilere kırmızıdan mora değişen rengini veren kırmızı renk maddeleri antosiyaninler olarak bilinmektedir. (Uygun ve Acar, 1992). Kızılcık meyvesi ise antosiyanin bakımından oldukça zengindir.

Antosiyaninler yüksek pH ve kurutma gibi prosesler sonucunda stabilitesini koruyamamaktadırlar (Felgines vd., 2003). Antosiyanin stabilitesini etkileyebilecek en belirgin faktör ise ısı işlem uygulamalarıdır. Köpük kurutma işlemi, sıvı veya yarı-katı gıdaların, köpürme ve/veya stabilize edici ajanların varlığında köpük oluşturmak için karıştırılmasıyla elde edilen köpüğün ince bir tabaka halinde yayılarak kurutulan ürünün yapısına ve özelliklerine uygun olan kurutma yöntemi ile kurutulması işlemidir (Khamjae ve Rojanakorn, 2018). Hızlı kurutma, düşük sıcaklık, uygun rehidrasyon ve kuruma sırasında uçucuların tutulması gibi çeşitli avantajları nedeniyle köpük kurutma işlemi, son yıllarda dikkatleri üzerine çekmektedir (Darniadi, 2017).

Köpük kurutma yönteminde tepsi, tambur ya da hareketli bantlar üzerine yayılan köpük; iletim, konveksiyon ve radyasyon gibi ısı uygulamaları ile kurutulmaktadır (Venkatachalam vd., 2014). Köpük kurutma işlemi için vakum kurutuculardan yararlanılabildiği gibi, daha yaygın ve atmosferik koşullarda çalıştırılan bantlı kurutuculardan da yararlanılır. Köpük kurutma yöntemi özellikle viskoz yapıdaki gıdaların kurutulması için uygun bir yöntemdir. İsteğe bağlı olarak süt, meyve suyu, kahve ve çay gibi yüksek kalitedeki konsantrasyonlarda da uygulanabilir (Varhan ve Koç, 2017).

Köpük kurutma işlemi gıdanın, 50 ila 80 °C arasında değişen hava kurutma sıcaklıklarına maruz kalması ile gerçekleşmektedir. Kararlı bir köpük yapısı oluşturulabilmesi için stabilize edici ajan ve/veya köpürtücü ajan ilave edilmesiyle karıştırılarak gıdaların kurutulması prosesidir. Köpük kurutma işlemi özellikle meyve suları, süt, meyve, içecek ve reçelleri kurutmada kullanılabilmektedir. Köpük formunda kurutulup daha sonra toz hale getirilen ürün ardından öğütülmektedir. Köpük kurutma işlemi daha ucuz, daha az karmaşık ve daha kısa sürelerde sonuç veren bir işlem olduğu için dondurarak kurutma, sprey kurutma gibi yöntemlere oranla daha basit bir kurutma yöntemidir.

2.2.5. Köpük Üretim Teknikleri

Kararlı bir köpük oluşturabilmek ve stabil bir köpük yapısı sağlamak köpürtme yöntemi, köpürtülecek ürün ve köpürme koşulları gibi birçok faktöre bağlıdır. Köpürme tekniği üretilen köpüğün miktarını ve kalitesini etkilemektedir. Köpük kurutma çalışmalarında kullanılan en yaygın yöntemler çırpma veya çalkalama, sallama ve köpüklendirme.

2.3.6. Sallama

Nadiren kullanılan bu yöntemde, çözeltiye hava kabarcıklarının verilme hızı, çalkalamanın frekansına ve genliğine, kabın hacmine ve şekline, sıvının hacmine ve viskozitesine, köpürtme ajanının cinsine ve konsantrasyonuna bağlıdır. Sıvının kuvvetli bir şekilde çalkalanması sonucu köpük üretilmiş olur. Bu yöntemle yalnızca uzun üretim süreleri sonrasında düşük köpük hacimleri üretilmektedir.

2.3.7. Çalkalama veya Çırpma

Gaz fazı ile bir arayüz oluşturmak amacıyla köpük oluşturmayı hedefleyen bu yöntemde, karıştırıcılar ve homojenizatörler gibi aletlerden yararlanılmaktadır. Bu yöntem sıvıya gaz verilmesi için standart bir yöntemdir. Çalkalama işlemi ile gaz sıvının içine sıkıştırılmaktadır ve bu sayede homojen ve küçük yapıli köpükler elde edilmektedir. Hava kabarcığının son büyüklüğü karıştırma hızına, ekipman tasarımına ve sıvının reolojik özelliklerine bağılı olarak değışmektedir. Çırpma ve çalkalama yöntemleri, gıda işleme sektöründe ve ideal köpük çalışmalarında yaygın olarak uygulanır (Dehghannya vd., 2018).

2.3.8. Köpüklendirme veya Kabarcık Oluşturma

Köpüklendirme yönteminde köpük, sıvıya enjekte edilen gaz ile gerçekleşmektedir. Bu yöntemde tek tip köpüğün oluşması ve tekrarlanabilir olması gibi avantajlar mevcuttur. Üretilen köpük hacmi ise çözeltideki toplam köpürtücü madde miktarı ve sıvı miktarına bağılıdır. Diğer yöntemlere kıyasla bilimsel çalışmalarda yaygın olarak kullanılan yöntem köpüklendirme yöntemidir ve diğer yöntemlere kıyasla düzgün yapıda köpük oluşturulması sağlanır. Büyük oranda ürüne hava verilmesi ile sıvı forma getirilmiş ürün çoğu zaman tamamen köpük forma dönüştürülebilmektedir.

2.4. Köpürtme Ajanları ve Stabilizatörleri

Köpürtme stabilizatörleri ve köpürtme ajanları kararlı ve düzgün bir köpük yapısının oluşmasında etkin rol oynar ve elde edilecek kurutulmuş toz ürünün fizikokimyasal özelliklerine, kuruma süresine ve mikrobiyal kalitesine etki ederler. Köpürtme ajanı olarak kullanılan en yaygın maddeler, peynir altı suyu proteini, jelatin, soya proteini, bezelye proteini ve yumurta beyazı (yumurta albümini) iken, en yaygın kullanılan gıda stabilizatörleri ise karboksimetil sülüloz (KMS), arap zımkı, ksantan zımkı ve propilen glikol aljinat (PGA)'dır.

Çalışılan üründe köpük stabilitesinin artırılması amacıyla köpük ajanlarıyla birlikte köpük stabilizatörleri de kullanılmaktadır. Köpük stabilizatörleri çoğunlukla polisakkarit yapıda olmalarıyla beraber, polisakkarit yapıları sayesinde lameller

arasında viskoziteyi artırarak köpük yapısının sabit kalmasını sağlamak ve etki göstermektedirler. Köpük kurutma yönteminde karşılaşılan en büyük zorluklardan biri köpüğün stabilitesinin korunmasıdır. Uygulanan kurutma işlemi sırasında stabilitenin korunamaması ve bozulması, elde edilen köpüğün sönmesi gibi olumsuzluklar son ürün kalitesinin bozulmasına sebep olmaktadır. Köpük stabilitesine etki eden faktörler ise köpürtme ajanı konsantrasyonu ve türü, çözünebilecek katı içeriği gibi faktörlerdir.

Köpürme ajanları, sıvının köpürmesine yardımcı olan, malzeme kalitesini korumak amaçlı ilave edilen ve sıvı-sıvı veya gaz-sıvı arasında yüzey gerilimini azaltmaya yarayan madde olarak tanımlanır. İyi köpürtme ajanları, köpüğü düşük konsantrasyonlarda düzgün ve hızlı bir şekilde stabilize edebilmelidir. Çeşitli pH'larda etkin şekilde köpük sağlayabilmeli ve yağ, lezzet verici maddeler ve alkol gibi köpük engelleyici maddelerin varlığında da etkin rol oynayabilme gibi özelliklere sahip olmalıdır (Zayas, 1997). Köpürtme ajanları, sıvının elastik özelliğini artırmakta aynı zamanda viskoz yapıyı da artırarak güçlü ve kararlı bir köpük yapısı oluşmasını sağlamaktadırlar. Protein yapıdaki köpürtme ajanlarının ana görevi yüzey gerilimini azaltarak stabil köpükler elde edilmesidir.

2.4.1. Peyniraltı Suyu Proteini (PASP)

Yan ürün olan peyniraltı suyu proteini majör ve minör proteinlerden oluşmakta ve peynir üretiminden elde edilmektedir. Gıda endüstrisinde sıklıkla nem kontrolü sağlama, köpük oluşumuna yardımcı olması, yapıyı iyileştirmesi, beyazlatıcı madde ve iyi bir emülgatör olması sebebiyle kullanılmakta, oksidasyon reaksiyonlarını yavaşlatmakta, sebze ve meyveler için ise iyi bir aromatik bileşen bağlayıcı olması özelliğinden dolayı tercih edilmektedir. Bu özellikleri sayesinde köpük kurutma işleminde ise emülsifikasyon ve köpük oluşturma işlemlerinde kullanılmakta ve yüksek kalitede köpük elde edilmesine yardımcı olmaktadır.

2.4.2. Jelatin

Bir kolajen proteini olan jelatin, hayvanların kemik, tendon ve bağ dokusundan elde edilmekte, jelleşme olayında su fazının viskozitesinin artmasını sağlayarak su-hava yüzey gerilimini düşürmekte ve bu sayede stabil köpük ve jel üretme amaçlı

kullanılmaktadır. Köpük kurutma yöntemi ile elde edilen pancar tozunda köpürtücü ajan olarak yumurta akı ve balık jelatini kullanılan Ng ve Sulaimen (2017) çalışmalarında, farklı konsantrasyonların etkilerini incelemişler ve fizikokimyasal özellikleri (renk, brix, su aktivitesi, nem içeriği) belirlemişlerdir. Köpürtme ajanı olarak pancar püresinde kullanılan yumurta akı ve balık jelatini başarılı ve etkin bir köpürme sağlamıştır. Çalışmalarında kullandıkları balık jelatininin pancar püresinde iyi bir köpük genleşmesi, köpük yoğunluğu ve higroskopisiteye sahip olduğunu belirtmişlerdir.

2.4.3. Soya Proteini

%90'ı proteinden oluşan soya proteini oldukça saf bir proteindir. Yüksek protein içeriğine sahip olması, kıvam artıma, köpürme ve jelleşme özelliklerinden dolayı birçok alanda köpürtme ajanı olarak kullanılmaktadır. Sankat ve Castaigne (2004) çalışmalarında, köpük kurutma yöntemi kullanılarak kurutulan olgun muzların kuruma özelliklerini incelemişler, köpürtme ajanı olarak ise 10 g/100 g soya proteini kullanmışlardır. Kabinli kurutucu içerisinde 45°C ila 90°C arasındaki sıcaklıklarda kurutulan üründe, olgun muzların soya proteini kullanılarak başarılı bir şekilde köpürtülebileceği sonucuna varmışlardır.

2.4.4. Yumurta Beyazı (Yumurta Albümini)

Yumurtada bulunan doğal bir protein olan yumurta beyazı, çok iyi köpürtme özelliğine sahip olmasından dolayı gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Çırpılmış yumurta beyazı hava/sıvı ara yüzeyinde hızla denatüre olmakta ve stabilize edici bir film oluşturmak üzere birbirleriyle etkileşime girmektedir. Bu nedenle, yumurta beyazı için gerekli olan çırpma süresi diğer köpürme ajanlarına kıyasla daha kısa sürede gerçekleşmektedir (Lomakina ve Míkova, 2006; Brar, 2018). Kadam ve Balasubramanian (2011) çalışmalarında, domates suyundan domates tozu elde etmeyi amaçlamışlar ve köpürtücü ajan olarak kullandıkları yumurta beyazının aktivitesini belirlemek istemişlerdir. Köpürtücü ajan olarak farklı konsantrasyonlarda (%0, 5, 10, 15 ve 20) yumurta beyazını kullanmışlar, kurutma sıcaklığını olarak 60, 65 ve 70°C belirlemişlerdir. Sonuç olarak stabil köpük oluşumu için optimum koşulların 5 dakikalık çırpma süresi ve %10 yumurta albüminin eklenmesi olduğunu

belirlemişlerdir. Artan yumurta albümini konsantrasyonu ile kuruma süresinde düşüş olduğunu gözlemlemişlerdir.

2.4.5. Bezelye Proteini

Baklagil gurubundan taze, yeşil kabuklu, lezzetli, besleyici bir sebze olan bezelye bünyesinde bulundurduğu A vitamini, C vitamini, K vitamini ve B9 vitamininin yanında potasyum, fosfor, magnezyum kalsiyum, sodyum, demir, selenyum, çinko, bakır ve manganez gibi vücut için son derece önemli mineralleri bulunmaktadır. Brar (2018) çalışmasında, şeftali meyvesinin su içeriğini azaltmak ve besleyici içeriğini korumak amacıyla köpük kurutma yöntemi kullanarak kurutmuş, köpürtücü madde olarak soya ve bezelye proteinlerini farklı konsantrasyonlarda kullanmıştır. Kurutma sıcaklıkları 65, 70 ve 75°C olarak belirlenen çalışmanın sonucunda köpük kalınlığı arttıkça kuruma süresinin arttığı, sıcaklığın ve protein konsantrasyonunun artmasıyla birlikte ise renk değerlerinde değişimlerin arttığını belirtmiştir.

2.5. Köpük Stabilizatörleri

2.5.1. Karboksimetil Selüloz (KMS)

Selüloz türevlerinden biri olarak kabul edilen karboksimetil selüloz polisakkarit yapısının dışında gıda endüstrisinde köpük oluşumunu desteklemesi amacıyla en yaygın olarak kullanılan köpük stabilizatörlerinden biridir. Raharitsifa vd. (2006) çalışmalarında, elma suyunu yumurta beyazı proteinleri ve karboksimetil selüloz kullanarak köpük kurutma metodu ile kurutmuşlar, köpük stabilitesi ve reolojik özellikleri incelemişlerdir. %0.1, %0.2, %0.5 %1 ve %2 oranlarında karboksimetil selüloz ve farklı konsantrasyonlarda yumurta beyazı proteini kullanmışlar aynı zamanda farklı zaman aralıklarını değerlendirmeye almışlardır. Sonucunda ise köpük stabilitesinin yumurta beyazı proteinine oranla karboksimetil selülozda daha yüksek olduğu ancak köpük kapasitesinin ise karboksimetil selülozda daha düşük olduğunu belirtmişlerdir

2.5.2. Ksantan Gam

Polisakkarit yapıda olan ksantan gam, gıda katkı maddesi olmasının yanında şekerden fermentasyon yoluyla elde edilmektedir. Yaygın olarak kullanılan stabilizatörlerden biri olup gıda endüstrisinde jelleştirici madde olduğundan sıvının viskozitesini arttırmak amacıyla kullanılmaktadır. Suda iyi çözünen ksantan gam polielektrolitik özelliğe sahiptir.

2.5.3. Lesitin

Yumurta sarısından ya da soya fasulyesinden elde edilen lesitin, birbiriyle karışması zor olan maddelerin karışmasını sağlayan bir stabilizatördür. Gıda endüstrisinde emülgatör olarak kullanılmasının yanında bağlayıcı özelliği de bulunmaktadır.

2.6. Gıdalarda Köpük Kurutma Üzerine Çalışmalar

Gıdalarda köpük kurutma yöntemi, son yıllarda oldukça ilgi gören bir tekniktir. İlgili çalışmalardan aşağıda bahsedilmiştir.

Salahi vd. (2014) çalışmalarında kavun meyvesini köpük kurutma yöntemi ile kurutmuşlar, kuruma parametrelerini ve optimizasyon koşullarını belirlemişlerdir. Küçük parçalar halinde doğradıktan sonra kavun meyvesinden blender yardımıyla bir kavun püresi elde etmişler ve ardından homojen bir çözelti hazırlamışlardır. Köpük elde etmek amacıyla farklı oranlarda yumurta akı proteini ve ksantan gam kullanmış, farklı çırpma sürelerinde denemeler yapmışlardır. 3 ve 5 mm kalınlığında yaydıkları köpüğü 40, 55 ve 70°C 'de kurutmuşlar, elde ettikleri sonuca göre sıcaklığın ve köpük kalınlığının artmasıyla efektif nem yayılımının arttığını belirtmişlerdir.

Karim vd. (1999) çalışmalarında karambola yıldız meyvesini köpük kurutma yöntemi ile püre elde ettikten sonra kurutmuşlar, kurutma sıcaklığı olarak 70 ve 90°C değerlerini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda deneysel parametreler sağlandıktan sonra elde edilen tozların kalite özellikleri bakımından iyi olduğunu ancak 90°C kurutma ile elde edilen tozlarda belirgin tat ve renk değişiklikleri gözlemlediklerini belirtmişlerdir.

Khamjae vd. (2018) çarkıfelek meyvesini hem metilselüloz konsantrasyonlarının etkisini belirlemek hem de köpük kurutma yönteminin parametrelerini belirleyerek nem özellikleri, fizikokimyasal özellikler, mikrobiyolojik ve antioksidan özelliklerini incelemek amacıyla kurutmuşlardır. Metilselüloz konsantrasyonlarını %0.75, %1.5, %2.25 ve %3 olarak belirlemiş, 1, 2 ve 3 mm kalınlığında köpükleri yayarak 60, 70 ve 80°C’de kurutmuşlardır. Sonuç olarak köpük oluşturmak için en uygun koşulların 25 dakika çırpma ve %2.25 metilselüloz konsantrasyonunda olduğunu ve mikrobiyal sayımlara göre ise köpük kurutma yöntemi ile kurutulan çarkıfelek meyvelerinin güvenli olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Varhan vd. (2019) çalışmalarında incir tozu elde etmek amacıyla köpük kurutma yöntemini kullanmışlar, köpük bileşiminin stabilitesi ve kapasitesi üzerine etkilerini değerlendirmişlerdir. Yumurta akı, karboksimetil selüloz ve maltodekstrin kullanılarak yapılan çalışmalarda incir tozu üretmek için köpük kurutma yönteminin başarılı bir yöntem olduğu sonucuna varmışlardır.

Shaari vd. (2017) çalışmalarında köpürtücü madde konsantrasyonu ve çırpma süresinin ananas tozu üzerine etkilerini araştırmışlar, öncelikle ananas suyunu farklı konsantrasyonlarda (%5, %10 ve %20) yumurta akı ilavesi ve farklı çırpma sürelerinde (10, 20 ve 30 dakika) kullanarak köpürtmüşlerdir. Toplam fenolik madde içeriği, toplam suda çözünür katı madde oranı, pH, renk, su aktivitesi, nem içeriği, kütle yoğunluğu, higroskopiklik, rehidrasyon oranı gibi fizikokimyasal özellikleri değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak sabit bir çırpma süresinde köpürtücü ajan konsantrasyonu arttıkça, köpük yoğunluğunun azaldığı ve köpük genleşmesinin arttığını belirtmişlerdir.

Kandasamy vd. (2014) çalışmalarında, papaya meyvesini köpük kurutma yöntemi kullanarak kurutmuşlardır. Köpürtücü ajan olarak farklı konsantrasyonlarda metilselüloz (%0.25 %0.5 %0.75 ve %1), gliserol mono stearat (%1, %2, %3, %4) ve yumurta akı (%5, %10, %15 ve %20) kullanmışlardır. 60, 65 ve 70°C de kurutulan papaya köpükleri farklı köpük kalınlıklarında tepsilere yayılmıştır. Sonuç olarak askorbik asit miktarında önemli bir düşüş gözlemlenmesine karşın, pH ve asitlik gibi diğer biyokimyasal özelliklerde bir değişim olmamıştır. Organoleptik ve duyuşal değerlendirmeler sonucunda ise 4 mm köpük kalınlığında yayılıp, 60°C’de, 20 dakika

çırpma süresine sahip papaya tozunun, papaya tozu üretmek için optimum değerler olduğu belirtilmiştir.

Azizpour vd. (2013) çalışmalarında karidesi kullanmışlar, karides köpüğü üzerinde ksantan gam konsantrasyonunun etkilerini araştırmışlardır. Elde ettikleri karides püresinden farklı ksantan gam konsantrasyonları (%0.1 %0.2 ve %0.3) ve farklı su/karides oranları (2:1, 3.5:1, 5:1) kullanarak hazırlamışlar ve 5 dakika çırpmışlardır. %0.2 ksantan gam ve 3.5:1 su/karides oranının birleştirilmesi ile üretilen köpüklerin daha iyi özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir. 50, 60 ve 70°C’de kurutulan karides köpükleri sonucunda artan ksantan gam konsantrasyonu ile beraber köpük stabilitesi ve yoğunluğunun iyileştiğine ancak artan su:karides oranının ise köpük stabilitesi ve yoğunluğunu düşürdüğünü belirtmişlerdir.

Liv vd. (2021) çalışmalarında kavun meyvesini köpük kurutma yöntemi ile kurutmuşlar, arap zıncı konsantrasyonlarının etkilerini ve arap zıncı konsantrasyonlarının köpük özellikleri, kuruma kinetiği ve fizikokimyasal özellikler üzerine etkilerini incelemişlerdir. Farklı konsantrasyonlarda (0, 5, 10 ve %15) arap zıncı konsantrasyonlarının nem yayılımı üzerine olan etkilerine de bakılmıştır. Elde ettikleri sonuçlara göre kavun püresi %10 arap zıncı ile köpük kurutmasının, daha iyi bir köpük yoğunluğu, köpük stabilitesi ve köpük genişlemesine yardımcı olduğunu tespit etmişlerdir. Köpük kurutma yöntemiyle kurutulan tozların ise nem içeriği %3.29 ile %4.64 aralığına kadar düşürülebilmektedir.

Usame vd. (2022) çalışmalarında az kullanılan kadam (*Neolamarkia cadamba*) tozunu köpük kurutma yöntemi kullanılarak geliştirmeye çalışmışlardır. Kadam hamurunu yumurta albümini ve su kullanarak hazırladıktan sonra farklı köpük kalınlığı (2, 4 ve 6 mm), farklı kuruma sıcaklığı (50, 60 ve 70°C), yumurta albümini konsantrasyonu (%5, 10 ve 15) ve su seyreltmesinin (%50, 75 ve 100) etkilerini incelemişlerdir. Köpük kalınlığı ve kuruma sıcaklığının artmasıyla beraber ortalama kuruma hızının önemli ölçüde arttığı, yumurta konsantrasyonlarının artmasıyla ortalama kurutma hızında artış gözlemlendiği, yumurta albümini ilavesiyle beraber esmerleşmenin azaldığı, suyla seyreltmenin ise kadam hamurunun köpük kurutma yöntemi ile kurutulması sırasında bir renk değişimi üzerinde önemli bir etkiye sebep olmadığı sonucuna varmışlardır.

Falade ve Okocha (2012) çalışmalarında muz meyvesinin köpürtülerek kurutulduğunda köpük ve duysal özellikleri araştırmışlar, farklı konsantrasyonlarda (%0.005, %0.01, %0.015 ve %0.02) gliserolmonostearat ile karıştırılmış muzlar çırpılmış ve elde ettikleri köpükleri 60, 70 ve 80°C’de kurutmuşlardır. Sonuç olarak artan gliserolmonostearat konsantrasyonunun daha uzun çırpma süresine ve daha düşük köpük yoğunluğuna sebep olduğunu belirlemişlerdir.

Auisakchaiyoung ve Rojanakorn (2015) çalışmalarında Güneydoğu Asya’ya özgü gac meyvesini metilselüloz konsantrasyonlarının ve çırpma sürenin etkisini belirlemek amacıyla köpük kurutmuşlardır. Köpük kurutma yönteminin kurutulmuş ürün üzerinde fizikokimyasal ve antioksidan özellikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. %1, %1.5 ve %2 konsantrasyonlarında metilselüloz, 0,10,20 ve 25 dakika boyunca çırpılmış, 1,2 ve 3 mm kalınlığın yayılarak 60, 70 ve 80°C’de kurutulmuştur. Köpük oluşturmak için optimum koşulların 25 dakika çırpma süresi ve %1.5 metilselüloz konsantrasyonu olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Sonuç olarak gac meyvesi 70°C’de ve 1 mm kalınlığında en yüksek miktarda likopen, beta karoten, toplam fenolik bileşik ve antioksidan aktiviteyi gösterdiğini belirtmişlerdir.

Kara (2021) çalışmasında köpük kurutma yöntemi ile nar suyu üretiminde saponinlerin kullanabilirliğini araştırmış ve bu şekilde başka yöntemlerle doğrudan toz ürüne dönüştürülmesi mümkün olmayan nar suyunun, toz ürüne dönüştürülmesi amaçlanmıştır. %0.4 çöven ekstraktı ve 3 dakika çırpma süresinin optimum koşullar olarak belirlendiği çalışmada karboksimetil selüloz ve lesitin kullanılmıştır. %0.03 karboksimetil selüloz konsantrasyonu ve farklı serme kalınlığı ve farklı sıcaklıklarda kurutulan ürünlerin su aktivitesi, nem miktarı, antioksidan aktivite, toplam fenolik madde içeriği, renk gibi analizler sonucunda serme kalınlığının genel olarak etkisinin olmadığı, kuruma sıcaklığının önemli ölçüde etkili olduğu, yüksek sıcaklık sonucu daha düşük toplam monomerik antosiyanin ve askorbik asit miktarına neden olurken, daha yüksek antioksidan aktivite sağladığı tespit edilmiştir.

2.6.1. Dondurarak Köpük Kurutma Yöntemi

Köpük kurutma yöntemi konvansiyonel kurutma yöntemlerine göre biyoaktif ve uçucu bileşiklerin daha iyi korunması avantajına sahip olsa da dondurarak kurutma besleyici

öğelerin korunması ve ürün kalitesi bakımından en avantajlı kurutma yöntemi olarak bilinmektedir. Buna karşın uzun süren kuruma süreleri ve yüksek kurulum ve işletme maliyetleri dondurarak kurutma yönteminin dezavantajını oluşturmaktadır.

Gıda kalitesini iyileştirmek ve enerji maliyetlerini düşürmek için son yıllarda üzerinde durulan konulardan biri de kombine kurutma teknolojileridir. Bu teknolojilerden en yenilerinden birisi olan ve üzerine çok az sayıda bilimsel çalışma yapılmış olanı dondurarak köpük kurutma teknolojisidir. Bu yöntem ile dondurarak kurutmanın ürün bileşimini en iyi koruyan kurutma tekniği olması avantajını kullanmanın yanında dondurarak kurutma yönteminin uzun süren proses sürelerini kısaltmayı ayrıca şekerli gıdaların kurutulması sırasında meydana gelen yapışkanlık sorununun azaltılması hedeflenmektedir. Dondurarak köpük kurutma ile yapılan az sayıdaki araştırmalar incelendiğinde fizikokimyasal ve besinsel kalite bakımından elde tozların üstün seviyede olduğu görülmektedir. Ancak yapılacak ileri araştırmalar ile teknolojik olarak uygulanabilir hale getirilebilecektir.

Yeni bir kurutma tekniği olarak dondurarak köpük kurutma tekniği ile ilgili literatürde sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Dondurarak kurutma öncesi örnekleri köpük haline getirmenin örneklerde yüzey alanının artması kurutma süresini azaltmak için faydalı olduğu bildirilmiştir (Sangamithra vd., 2015). Dondurarak köpük kurutma tekniğinde köpük ajanları ve köpük stabilizörleri eklendikten sonra köpürtülen örnek, ince bir köpük tabakası halinde dondurulmakta, ardından dondurarak kurutma işlemine tabi tutulmaktadır. Kurutulan kek tabakası öğütülerek toz gıda elde edilmektedir. Bu yöntemin avantajı daha hızlı kuruma süreleri nedeniyle ısıya duyarlı bileşenlerin daha iyi korunması aynı zamanda işletme maliyetinin azalmasıdır (Darniadi vd., 2018). Bu yöntem ile ilgili literatürde çok az sayıda çalışma mevcuttur. Muthukumaran vd., (2008a; 2008b) yumurta beyazının kurutulmasında farklı köpük stabilizerleri ile dondurarak köpük kurutma tekniğini uygulamışlar ve modellemesini yapmışlardır. Elma suyunun dondurarak köpük kurutulmasının kurutma kinetiği çalışılmış ve köpük haline getirmenin dondurarak kurutma süresini azalttığı bildirilmiştir (Raharitsıfa ve Ratti, 2010). Seerangurayar vd. (2018), FMFD yöntemi ile kuruttukları hurma tozlarında dolgu olarak farklı konsantrasyonlarda kullanılan gam arabik ve maltodekstrinin fizikokimyasal özelliklerini incelemişlerdir. Darniadi vd., (2018) yabanmersini suyu tozu üretiminde FMFD tekniğini sprey kurutma ile

karşılaştırmışlardır. FMFD ile üretilen meyve tozlarında ve bundan üretilen sulandırılmış ürünlerde daha yüksek ürün miktarı, düşük kütle yoğunluğu, koyu mor renk ve yüksek kırmızı renk elde edildiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar FMFD tekniği ile yaban mersini suyu tozu üretiminin uygulanabilir bir yöntem olduğunu ve sprey kurutmaya göre orijinal meyve suyu karakteristiklerine yakın ürünler elde edilebileceğini vurgulamışlardır. Araştırmacıların çalışmanın devamı niteliğindeki diğer çalışmasında FMFD ve SD teknikleri kurutulmuş yaban mersini tozlarının toplam monomerik antosiyanin içeriği, toplam fenolik içeriği ve siyanidin-3-glukozit (Cyn3Gl), delfinidin-3-glukozit (Del3Gl) ve malvidin-3-glukozit (Mal3Gl) kıyaslanmıştır. İncelenen biyoaktif bileşenlerin yaban mersini tozunda korunması bakımından FMFD tekniğinin daha avantajlı olduğu belirtilmiştir (Darniadi vd., 2019).

3. MATERİYAL ve METOD

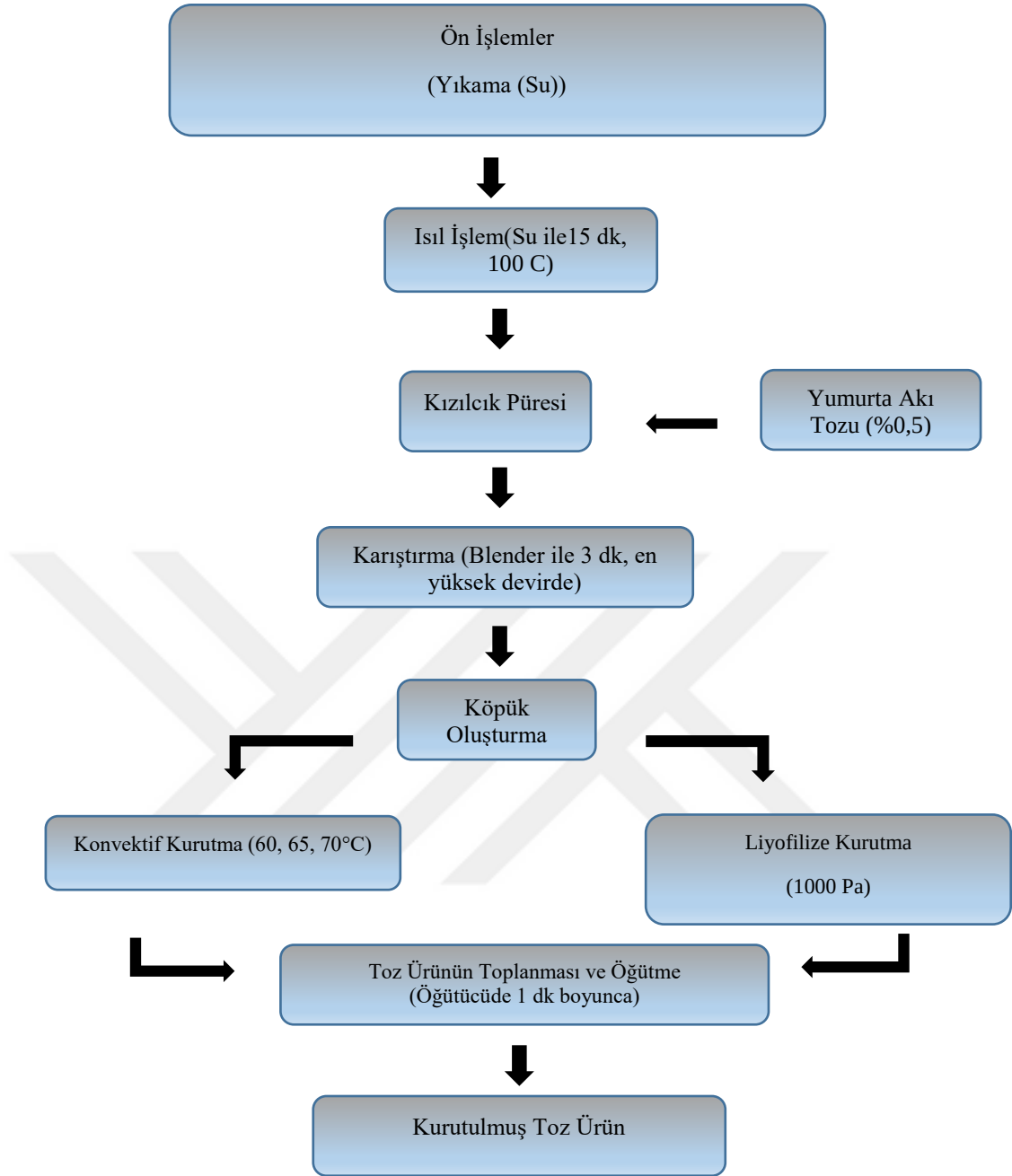
3.1. Materyal

Çalışmada kullanılan kızılcık meyvesi 2021 yılının eylül ayında Isparta'nın yerel pazarından temin edilmiştir.



Şekil 3.1. Taze Kızılcık

Kurutma işleminden önce kızılcıklar yıkama, ısıtma işlemi ve çekirdek çıkarma işlemlerine tabii tutulmuştur. Şekil 3.2.'de köpük kurutma yöntemi ile kızılcık tozu üretim şeması gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Köpük Kurutma Yöntemiyle Kızılıcık Tozu Üretim Şeması

3.2. Köpük Oluşturma

Kızılıcıklar yıkama işleminden sonra üzerine oda sıcaklığında su (2: 1 oranında) ilave edilerek 15 dk boyunca kaynatılmış suda (~90-96 °C) bekletilmiştir. Bu işlemin ardından kızılıcıkların çekirdekleri çıkartılarak, kızılıcık püresi elde edilmiştir.



Şekil 3.3. Kızılcık püresi hazırlama aşamaları



Şekil 3.4. Kızılcık püresi

Elde edilen pürenin suda çözünür kuru maddesi (Hanna Inst. Almanya) bekletildiği sıcak su öncelikli olarak kullanılarak 5.0 brix derecesine ayarlandıktan sonra ön denemelerle belirlenen yumurta akı tozu (Katkı Deposu, T1513) ilave edilmiştir. Köpürtme işlemi blender ile oda sıcaklığında 3 dk normal ayarda  rpılarak yapılmıştır. Oluşan köpüklerde köpük analizleri yapılmıştır. Şekil 3.5.'de köpürme işlemi gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Blender yardımıyla köpük oluşturma işlemi

3.3. Köpük Özelliklerinin Analizi

3.3.1. Köpük stabilitesi

Oluşturulan köpük 100 ml hacimli ölçü kaplarına alınarak, oda sıcaklığında 15, 30 ve 45. dakikada hacim değişimi ölçülmüştür. Köpük stabilitesi aşağıda verilen eşitlikten yararlanılarak belirlenmiştir. Eşitlikte belirtilen V_0 ilk köpük hacmini (mL), V_s ise son köpük hacmini (mL) ifade etmektedir (Sangamithra vd. 2016).

$$\text{Köpük stabilitesi (\%)} = (V_s / V_0) * 100 \quad (3.3.1)$$

V_s = Köpüklü kızılıcık posasının ölçülen son hacmi (cm^3)

V_0 = Köpüklü kızılıcık posasının 0. dakikadaki hacmi (cm^3)

3.3.2. Köpük genleşmesi

Oluşturulan köpük, köpük oluşturma işlemi süresince yapısında tutabildiği havanın ölçüsüdür. 100 ml hacimli ölçü kaplarına alınan kızılıcık püresi ve bu karışımla oluşturulan köpükler, ilk hacim ve son hacim farkının ilk hacme oranı ile belirlenmektedir (Sangamithra vd. 2016).

$$\text{Köpük genleşmesi (\%)} = (V_1 - V_0) / V_0 \quad (3.3.2)$$

V_1 = Köpüklü kızılçık posasının son hacmi (cm³)

V_0 = Kızılçık posasının ilk hacmi (cm³)

3.3.3. Köpük yoğunluğu

50 ml hacme sahip ölçüm kaplarına herhangi bir hacim değişikliği yapılmadan ve sıkıştırılmadan, elde edilmiş olan kızılçık köpüğü aktarılır. Ağırlığı belirlenmiş kızılçık köpüğünün köpük yoğunluğu formülde yerine yazılarak hesaplanmıştır. Köpük yoğunluğunun düşük olması köpüğün bünyesinde daha fazla hava barındırmasına olanak vermektedir (Dehghannya vd., 2018).

$$\text{Köpük yoğunluğu (\%)} = \text{köpük ağırlığı (g)} / \text{köpük hacmi (cm}^3\text{)} \quad (3.3.3)$$

3.4. Kurutma

Köpük oluşturma işlemi ile yüzey alanı arttırılan kızılçık püresi karışımı 3-4 mm kalınlığında kurutma tepsilerine yayılarak kurutulmuştur. Kurutma işlemi FMD-60°C sıcaklıkta 4 saat; FMD-65°C sıcaklıkta 3,5 saat; FMD-70°C sıcaklıkta ise 3 saatte yaklaşık %3 nem seviyesine gelene kadar sıcak hava kurutucu (Dalle Lt-10, Çin) ile gerçekleştirilmiştir.

Kuruyan kızılçık köpüğü, tepsilerden spatula yardımı ile kazınarak (Şekil 3.4.) öğütücüye (Fakir Hausgeräte, Almanya) alınmış ve 1 dk boyunca öğütülerek köpük kurutulan kızılçık tozları elde edilmiş ve takip eden birkaç gün içinde toz analizleri tamamlanmıştır. Elde edilen tozlar ağzı sıkı kapanabilen kaplara konularak toz analizleri yapılana kadar desikatör içerisinde muhafaza edilmiştir. Antioksidan analizleri (DPPH ve TEAC) için tartımı yapılan örnekler -20 °C sıcaklıkta muhafaza edilmişlerdir.



Şekil 3.6. Kurutulan köpüklerin toplanması işlemi

Dondurarak köpük kurutma işlemi için aynı ön işlemden geçirilen kızcıklar ısıtma işlemine tabii tutulup püre hale getirildikten sonra köpürme ajanı eklenerek köpük oluşturulmuştur. Oluşan köpükler 4 mm kalınlıkta tabakalara yayılmış ve -20°C 'de 60 dk dondurulduktan sonra liyofilize kurutucu (Xianou-12 N Freeze Dryer) ile yaklaşık 1000 Pa mutlak basınç altında dondurulmuştur. Elde edilen tozlar tabakalardan spatula yardımı ile kazınmış ve öğütücüde (Fakir Hausgeräte, Almanya) 1 dakika öğütülerek liyofilizasyon yöntemi ile köpük kurutulmuş kızcık tozları elde edilmiştir.

Kontrol örneği olarak hazırlanacak kızcık tozu için, kızcıklar yıkama ön işleminden sonra 60 dakika dondurulmuş ve sonra liyofilize kurutucu (Xianou-12 N FreezeDryer) ile 1000 Pa vakum altında dondurulmuştur. Liyofilize/dondurarak kurutulan kızcıklar 1 dk boyunca öğütülerek dilim toz (FD) örnekler elde edilmiştir.



Şekil 3.7. Liyofilize kurutulan kıızılcık örnekleri

3.5. Kıızılcık Tozlarının Analizi

3.5.1. Fizikokimyasal analizler

3.5.1.1. Nem tayini

Öğütülerek hazır hale getirilen kıızılcık tozlarının nem değerleri halojen lambalı ısıtma sistemli nem tayin cihazında (Radwag MA 50.R -Polonya) belirlenmiştir.

3.5.1.2. Su aktivitesi tayini

Öğütülerek hazır hale getirilen kıızılcık tozları numunelerin su aktivitesi değerlerinin ölçümünde dijital su aktivitesi ölçer (NovasinaLabMASTER, Lachen, İsviçre) kullanılmıştır.

3.5.1.3. pH

Kızılcık tozları saf su ile rehidre edilerek hazır hale getirilmiş ve hazırlanan örneklerin değerleri Ph metre (WTW, Almanya) ile belirlenmiştir.

3.5.1.4. Toplam çözünür kuru madde tayini

Oda sıcaklığında bulunan (20°C sıcaklıkta) 11 gr su ile 1 gr kızılcık tozu, 10 dk boyunca karıştırılarak çözdürülmüş, 30 dk süre boyunca filtre kağıdından süzülmesi beklenmiştir. Rehidre edilmiş örneklerde dijital refraktometre (Hanna Inst. Almanya) ile ölçülmüştür.

3.5.1.5. Renk tayini

Kızılcık tozlarının Hunter L, a, b değerleri renk ölçüm cihazı ile (Minolta CR 400 model Osaka, Japan) belirlenmiştir. Renk ölçümünde L değeri aydınlık ya da karanlık değerini (0:Siyah, 100:Beyaz) ifade ederken, +a değeri kırmızı, -a değeri ise yeşil rengin bir göstergesidir. +b değerinin olması sarı rengin, -b değerinin olması ise mavi rengin bir göstergesidir (Viuda vd., 2012).

Toplam renk farkı (ΔE), taze kızılcık püresinin değerleri baz alınarak belirlenmiştir (Demirhan vd., 2011).

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (3.5.1.5)$$

$$\Delta L = L_{\text{kızılcık püresi}} - L_{\text{kızılcık tozu}}$$

$$\Delta a = a_{\text{kızılcık püresi}} - a_{\text{kızılcık tozu}}$$

$$\Delta b = b_{\text{kızılcık püresi}} - b_{\text{kızılcık tozu}}$$

3.5.2. Kızılcık Tozlarının Toz Özellikleri

3.5.2.1. Rehidrasyon oranı tayini

Üç farklı sıcaklıkta (4, 20 ve 100 °C) 11 gr ağırlığında olan sulara kızılcık tozlarının rehidrasyon oranlarını belirlemek amacıyla 1 gr kızılcık tozu tartılarak 10 dakika boyunca çözünmesi beklenerek, filtre kağıdından süzölmüştür. (30 dk) Süre sonunda filtre kağıdından süzölen örnek ağırlığı dehidre örnek ağırlığına oranlanarak rehidrasyon oranı belirlenmiştir (Ng ve Sulaiman, 2018).

3.5.2.2. Higroskopisite

Kızılılık tozu örnekleri 25 °C sıcaklıkta bir hafta süreyle içerisinde NaCl çözeltisi içeren desikatör içinde bırakılmıştır. Bir hafta sonra tartılarak, 100 gr kuru madde tarafından absorbe edilen nem miktarı hesaplanmıştır (Ng ve Sulaiman, 2018).

3.5.2.3. Yığın yoğunluk ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu

Yığın yoğunluğu ($\rho_b, \text{kg/m}^3$) için, toz örnekler 10 ml hacme sahip ölçüm kabı içerisine herhangi bir basınç uygulamadan, hava boşluğu kalmayacak şekilde doldurulmuş ve tartılarak kütle/ hacim oranından hesaplanmıştır. Sıkıştırılmış yoğunluk ($\rho_t, \text{kg/m}^3$) için ise, aynı miktardaki toz örnek 10 ml hacme sahip ölçüm kabına sıkıştırılarak doldurularak hacminin ölçülmesi ile belirlenmiştir (Türker vd., 2018).

3.5.2.4. Akabilirlik

Yığın ve sıkıştırılmış yoğunluk değerlerinden yararlanılarak Carr indeks (CI) değerleri ve Hausner oranları (HO) ile hesaplanmıştır (Carr, 1965; Hausner, 1967).

$$CI = [(\rho_t - \rho_b) / \rho_t] * 100 \quad (3.5.2.4)$$

$$HO = \rho_t / \rho_b$$

$$\rho_b = \text{yığın yoğunluk}$$

$$\rho_t = \text{sıkıştırılmış yoğunluk}$$

3.5.2.5. Partikül yoğunluğu

Piknometrelerin önce darası alınmış ardından kızılılık tozu örnekleri ile doldurulduktan sonra tartılmış, alabildiği kadar tolüen ile doldurulmuştur. Daha sonra toz örneklerin partikül yoğunluğu ($\rho_p, \text{kg/m}^3$), aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır (Türker vd., 2018).

$$\rho_p = (m_s - m_0) \rho / (m_1 - m_0) - (m_{s1} - m_s)$$

$$m_s = \text{toz ürünle dolu piknometre ağırlığı (gr)}$$

$$m_0 = \text{boş piknometre ağırlığı (gr)}$$

$$m_1 = \text{tolüen dolu piknometre ağırlığı (gr)}$$

$$m_{s1} = \text{toz ürün ve tolüen dolu piknometre ağırlığı (gr)}$$

ρ = toluen yoğunluğu

3.5.2.6. Dağılabilirlik

Oda sıcaklığında (20 °C) olan 10 ml saf su, kızılçık tozu örneklerine ilave edilmiştir. Rekonstitute edilen örnek 212 µm'lik elekten süzölmüştür. Elde edilen süzöntöden 1 ml örnek alındıktan sonra 105°C'de 4 saat bekletilmiş, süre sonunda süzöntünün kuru madde (KM) miktarı belirlenmiştir (Türker vd., 2018).

$$\text{Dağılabilirlik (\%)} = ((10+a) * \%KM) / (a * ((100-b)/100)) \quad (3.5.2.6)$$

a: Rekonstitue edilen toz kızılçık miktarı

b: Kızılçık tozunun nem içeriğı

KM: Elekten geçen rekonstitue örneğın kuru maddesi

3.5.2.7. Kekleşme derecesi

Kızılçık tozları 102 °C sıcaklığa ayarlanmış etövde 1 saat bekletilmiş, ardından desikatöre koyularak soğuması beklenmiştir. Soğutulan tozlar 500 µm'lik elek ile 5 dakika boyunca elenmiş, üzerinde kalan toz miktarı tartılmıştır. Değerler formölde yerine koyularak kekleşme derecesi hesaplanmıştır (Türker vd., 2018).

$$\text{Kekleşme Derecesi (\%)} = ((b*100))/a \quad (3.5.2.7)$$

a: Başlangıçta kullanılan toz örnek miktarı

b: Elekte kalan örnek miktarı

3.5.2.8. Çözünabilirlik

1 g tartılarak 25 mL saf su ile seyreltilen örnekler 3000 rpm'de 5 dakika boyunca karıştırılmış, santrifüjleme işlemi sonrasında ependorf tüplerine alınmıştır. Santrifüjleme işlemi sonrasında üstte kalan sıvı kısım, metal petri kaplarına alınmak suretiyle 105 °C sıcaklığa ayarlanmış etövde 4 saat kurutulmuştur. Çözünabilirlik (%) değeri kütle farkından hesaplanmıştır (Cano-Chauca vd., 2005).

3.5.3. Kızılık tozlarının biyoaktif özellikleri

3.5.3.1. Toplam fenolik madde analizi

Toplam fenolik madde analizi için Folin-Ciocalteu yöntemi kullanılmıştır (Singleton vd., 1999). 100 kat seyreltilen örnekler %20'lik sodyum karbonat çözeltisi ve Folin ayracı ilave edildikten sonra 90 dk reaksiyon süresinin tamamlanması beklenmiştir. 760 nm dalga boyunda spektrofotometrede (Shimadzu Scientific Instruments, Inc., Japonya) örneklerin absorbans değerleri belirlenmiştir. Belirlenen absorbans değerleri gallik asit standart eğrisinden elde edilen denklemde yerine yerleştirilerek örneklerin toplam fenolik madde miktarları mg GAE (gallik asit eşdeğeri)/100 g cinsinden hesaplanmıştır.

3.5.3.2. ABTS + radikal katyon yakalama aktivitesi

Örneklerin antioksidan kapasitesi, ABTS⁺ radikal katyon yakalama kabiliyetine dayanılarak ölçülmüştür. 0,0384 gr ABTS 10 ml'lik koyu renkli ölçü balonuna alınmıştır. Üzerine 2 ml Potasyum persülfat (12,25 mM'lık K₂S₂O₈) ilave edilerek 1 gece karanlıkta bekletilmiştir. Böylece reaksiyonda kullanılacak ve 2-3 gün stabil kalabilen ABTS (7 mM) çözeltisi elde edilmiştir. Fosfat tampon (13,359 gr Na₂HPO₄.2H₂O/1L) ile ABTS çözeltisinin absorbansı 0,700 nm'ye ayarlanmıştır. Konsantrasyonları ayarlanan örneklerden 20 µl mikroküvetlere alındıktan sonra üzerine 2 ml ABTS çözeltisi ilave edilmiştir. 6 dk boyunca 30°C de reaksiyonun tamamlanmasının ardından absorbans değeri 734 nm'de spektrofotometrede (Shimadzu Scientific Instruments, Inc., Japonya) okunmuştur. Standart bir eğri oluşturmak için farklı trolox konsantrasyonları hazırlanarak % inhibisyon denklemi elde edilmiş ve sonuçlar mmol TE (trolox eşdeğeri)/100 gr olarak ifade edilmiştir.

3.5.3.3. DPPH radikali yakalama aktivitesi

Toz örnekler 5 ml metanol- su karışımı (80:20) ilave edildikten sonra 1 dk boyunca vorteks cihazı ile karışması sağlanmıştır. Kaba filtre kağıdından geçirilen örnekler uygun oranda seyreltildikten sonra Tris çözeltisi (50 mM ve 7.4 pH) ve DPPH çözeltisi (0.001 gr/25 ml metanol) eklenerek 30 dk reaksiyonun tamamlanması için karanlıkta

bekletilmiştir. 517 nm dalga boyunda spektrofotometre (Shimadzu Scientific Instruments, Inc., Japonya) cihazında absorbans değerleri belirlenmiştir (Ünsal, 2022).
% İnhibisyon (DPPH)=[(Abs Kontrol – Abs Örnek)/Abs Kontrol]*100 (3.5.3.3)

3.5.3.4. Toplam antosiyanin analizi (pH diferansiyel metodu)

Uygun oranda seyreltilmiş örneklerden 1 ml alınarak pH =1 olan tampon çözelti (1.86 gr KCl/1L) ile 25 ml hacme tamamlanmıştır. Daha sonra aynı miktar örnek pH =4.5 olan tampon çözelti (54.43 gr CH₃CO₂Na3H₂O/1L) ile 25 ml hacme tamamlanmıştır. 520 ve 700 nm dalga boylarında ölçüm yapılmış (Shimadzu Scientific Instruments, Inc., Japonya) ve aşağıdaki formülde yerlerine yazılarak toplam antosiyanin miktarı belirlenmiştir.

$$\text{Absorbans(A)} = (\text{Abs}_{520} - \text{Abs}_{700})_{\text{pH } 1.0} - (\text{A}_{520} - \text{A}_{700})_{\text{pH } 4.5} \quad (3.5.3.4)$$

$$\text{Konsantrasyon (mg Ant/L)} = (A * 10^3 * MW * DF) / (\epsilon * L)$$

ϵ : Siyanidin-3-glikozitin molar absorpsivitesi = 29.600

D.F: Seyreltme faktörü

L: Küvet uzunluğu = 1 cm

MW: Siyanidin-3-glikozitin molekül ağırlığı = 445.2

3.5.3.5. Kromatografik Askorbik Asit Tayini

Süpelco C18 katı faz kartuşu önce 3 mL metanol ile şartlanır daha sonra 10 mL saf su ile yıkanır. Numuneler -0,5 gr olarak tartılır, üzerine 10 mL %2' lik H₃PO₄ çözeltisi eklenerek homojenize edilir ve süzülür. Süzüntünün 1 mL' si, 1 mL ekstraksiyon çözeltisi ile seyreltilir (Ekstraksiyon çözeltisi olarak pH'sı 8,00'e ayarlanmış olan 0,01 M KH₂PO₄ çözeltisi kullanılır). Daha sonra bu çözeltinin 1 mL' si, kartuştan geçirilir ve eluat bir tüpe alınır. Kartuş, 1 mL ekstraksiyon çözeltisi ile yıkanır. Eluatlar birleştirilir ve enjeksiyon hacmi 20 µL olacak şekilde HPLC'ye enjekte edilir.

3.5.3.6. Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope - SEM) İle Kızılçık Tozlarının Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi

Süleyman Demirel Üniversitesi, Yenilikçi Teknolojiler Uygulama ve Araştırma Merkezinde yer alan taramalı elektron mikroskobu (FEI Quanta 250 FEG, Oregon

USA) ile kızılıık tozlarının yapısal özellikleri incelenmiştir. Düşük vakum altında kızılıık tozlarının farklı oranlarda büyütölmüş SEM görüntöleri elde edilmiştir.

3.7. Renklendirici Olarak Kızılıık Tozunun Model Gıdalarda Kullanımı

60 °C sıcaklıkta köpük kurutma işlemine tabii tutularak elde edilen kızılıık tozlarının doğal bir gıda maddesi olarak kullanılabilirliğinin ölçölmesi amaçlanarak yumuşak şeker ve kurabiye yapımında kullanılmak üzere ürün formölasyonlarına ilave edilmiştir. Gıdada renklendirici olarak kullanımında renk değeri, toz özellikleri ve biyoaktif analiz sonuçları değeriendirilmiş ve sonucunda FMD-60 örneğinin kullanılmıştır.

3.7.1. Kızılıık tozu ile Yumuşak şeker üretimi

Yumuşak şeker formölasyonu ön denemeler sonucunda duyusal nitelikleri ve renk özellikleri değeriendirilerek belirlenmiştir. Yumuşak şeker yapımında 125 ml su içerişine kristal sofr şeker (20g) ilave edilerek ısıtıcı üzerinde şekerin erimesi sağlanmışır. Üzerine jelatin (12.5 g, Katkı Dünyası, Türkiye) eklenerek karışırılmış ve jelatinin eriyerek kıvam alması sağlanmışır. Sıcak suda seyreltilmiş (%5) kızılıık tozu örnekleri yaklaşık 17 ml ilave edilerek renklendirilmesi sağlanmış ve üzerine asitlik düzenleyici olarak birkaç damla limon suyu damlatıldıktan sonra kalıplara dökölerek soğuması beklenmiştir.

Kontrol örneğı olarak hazır toz gıda boyaları (Ferma 1200 ve Dr. Gusto, kırmızı renklendirici) kullanılarak ayrı bir yumuşak şeker yapılmıştır. 100 mL suda 0.1 g kırmızı renklendirici çözdürölmüştür. Elde edilen iki renklendiricinin kızılıık tozu rengine yakın bir renkte olması sağlanmaya çalışılmışır. Jelatin kıvam aldıktan sonra içerişine bu karışım ilave edilmiştir. Üzerine birkaç damla limon suyu damlatıldıktan sonra kalıplara alınarak soğuması bekletilmiştir.

3.7.2. Kızılıık tozu ile kurabiye üretimi

Kurabiye üretiminde kızılıık tozunun ısıl olarak stabilitesi yapay gıda boyası ile kıyaslanması amaçlanmıştır. Kurabiye yapımı için pudra şeker (40 g), margarin (62.5 g), ayçiçek yağı (55 mL), nişasta (15 g), un (140 g) ve kızılıık tozu (5 g) kullanılmışır.

40 g pudra şekeri üzerine 15 g nişasta 140 g un ilave edilmiştir.

62.5 g margarin ve 55 mL ayçiçekyağı ısıtılarak içerisinde 5 g kızılcık tozu ilavesi yapılmıştır.

-Hamur elde edilmesi için ürünler yoğrulmuş her biri 17 g olacak şekilde kurabiyeler hazırlanmıştır.

Kurabiye hamurları ev tipi fırında 150 °C sıcaklıkta yaklaşık 10 dk pişirilmiştir.

Kızılcık tozlarının renklendirici olarak kullanımını değerlendirmek amacıyla bir diğer model olarak kurabiye kullanılmıştır. Kontrol örneği olması açısından 100 ml suda 0,1 gr kırmızı renklendirici çözdürülerek kızılcık tozlarına yakın bir renk sağlanmaya çalışılmış ve kontrol örneği olarak kurabiyelerde kullanılmıştır.

3.8. Kızılcık Tozu İlave Edilen Gıdaların Duyusal Değerlendirmesi

Kızılcık tozları ve gıda boyası kullanılarak yapılan yumuşak şeker ve kurabiye örnekleri duyusal değerlendirme amacıyla 10 kişilik eğitimli panelist gruba tanımlayıcı duyusal analiz olarak yaptırılmıştır. Duyusal parametreler bu değerlendirmeler sonucu belirlenmiş tat, koku, yapı, görünüş ve genel beğenme açısından duyusal değerlendirme formları (EK-1) oluşturulmuştur. Yumuşak şeker ve kurabiye örnekleri beyaz tabaklara konularak, su eşliğinde ayrı zamanlarda panelistlere sunulmuş panelistler genel beğenme bölümünde 1 (beğenmedim) ve 10 (beğendim)’a kadar farklı puanlar vererek değerlendirmişlerdir. Renk, koku, tat ve yapı özelliklerinde ise 1 (zayıf) ve 10 (kuvvetli)’a kadar puan vererek duyusal değerlendirme analizi yapmışlardır.



Şekil 3.8. Yumuşak şeker duyusal değerlendirme a) kıızılcık tozlu yumuşak şeker b) gıda boyalı yumuşak şeker



Şekil 3.9. Kurabiye duyusal değerlendirme a) kıızılcık tozlu kurabiye b) gıda boyalı kurabiye

3.9. İstatistik Analiz

2 tekerrür ve 2 paralel olarak gerçekleştirilen çalışmada örnekler arasındaki farklılıkların istatistiksel analizi için istatistik SPSS paket programı (IBM SPSS Ver 22) kullanılmıştır. ONEWAY Anova testi ile kıızılcık tozlarının toz özellikleri, biyoaktif özellik ve kalite özelliklerindeki farklar belirlenmiş, Duncan çoklu karşılaştırma testleri ile de gruplar arasındaki farklılıklar belirlenmiştir. Model gıda örneği olan kurabiye ve yumuşak şekerlerin duyusal ve antioksidan özellikleri arasındaki farklılıklar bağımsız örnekler için t testi ile değerlendirilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Köpük Özellikleri

Kızılcık meyvesinden köpük oluşumu için en uygun köpürtme ajanı belirlenmesi için ön deneme sonuçları Çizelge 4.1.'de gösterilmektedir. Ön denemelerde CMC, yumurta akı (YA) tozu ve MD kullanılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda CMC ve MD ile yapılan köpürme işleminde istenilen verime ulaşamadığı ve uygun köpük stabilitesinin, istenilen köpük yoğunluğu ve köpük kıvamı sağlanamaması, CMC ile yapılan ön denemeler sonucu ürünün kıvam alıp köpürmediği, MD ile yapılan denemelerde ise köpük yoğunluğunun istenilen oranlarda olmaması sebebiyle uygun olmadığı ulaşılmıştır. Yumurta akı tozu kullanılan deneme çalışmalarında ise istenilen köpük veriminin elde edilebildiği görülmüştür.

Çizelge 4.1.Farklı köpürtücü ajanlarla elde edilen kızılcıkların köpük özellikleri

ÖRNEKLER (%)		Köpük Ağırlığı	Köpük Yoğunluğu (g/cm ³)	Köpük Stabilitesi(%)	Köpük Genleşmesi (%)	Briks
Maltodektrin	%1	9,5	0,19	-	-	6
	%1	38,76	0,78	-	-	6,9
Karboksimetilselüloz	%5	-	-	-	-	4,6
CMC + Yumurta Akı	%0,5: %1	37,7	0,75	-	0,46	9,1
	%1	17,49	0,34	70	0,23	6
Yumurta Akı	%0,50	24,4	0,58	70	0,77	6
	%0,50	29,34	0,58	70,05	0,53	5

Köpük yoğunluğu ve köpük stabilitesi köpük kurutma metodu açısından önemli parametrelerdir. Oluşan köpüğün kurutma süresince sabit kalması ve çökme olmaması istenmektedir. Yapılan köpük oluşturma denemeleri sonucunda istenilen köpük verimini ve köpük özelliklerini veren çalışmanın YA (% 0.5) ilave edilmesi ile elde edilen sonuçlarda olduğu görülmüştür. Literatürde kızılcık meyvesi ile ilgili köpük kurutma çalışması olmamasına karşın, köpük kurutma yöntemiyle kurutulan meyve çalışmaları dikkate alınmıştır.Yapılan analizler sonucunda CMC ve MD kullanılan örneklerde yeterli köpük yoğunluğu ve köpük stabilitesi sağlanamamış olduğundan, %0,5 yumurta akı kullanılarak devam edilmesine karar verilmiştir.

Kadam ve Balasubramanian (2011), çalışmalarında domates tozu üretmek amacıyla yumurta albümini kullanarak köpük kurutma işlemi uygulamışlar ve köpük kurutma işleminin domates tozu üretimine etkilerini incelemişlerdir. Farklı oranlarda yumurta albümini (%0, %5, %10, %15 ve %20 w/w) denemişler, brix oranını ise 4 olarak belirlemişlerdir. 2,5 mm kalınlığında tepsilere yayılarak 60°, 65° ve 70°'de sıcak hava ile kurutma işlemi yapılmış, stabil köpük oluşumu için %10 yumurta albümininin 5 dakika çırpma süresi sonucu optimum verimi elde edildiği sonucuna ulaşılmıştır.

Çakıroğlu (2022) çalışmasında köpük kurutma yöntemini havuç sebzesinde liyofilizasyon ile köpük kurutma ve konvektif tabaka köpük kurutma yöntemleri ile kullanarak havuç tozu elde etmeyi amaçlamıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda uygun olan köpürtme ajanının %1 yumurta akı tozu (YA) ve %10 maltodekstrin (MD) olduğunu belirlemiştir. Üç farklı sıcaklıkta kurutulan havuçlarda nem içeriği %3,06 - % 4,90 değerleri aralığına kadar düşürülmüştür. Çalışmada en yüksek higroskopisite değeri FMFD kurutulmuş örneklerde bulunmuştur. FMD kurutma örneklerinde pH değerleri birbirine yakın bulunmuşken, en yüksek pH değeri FMFD kurutulmuş örnekte olduğunu belirlemiştir.

Korkmaz (2022) siyah havuçtan dondurarak köpük kurutma tekniği (FMFD) ve konvansiyonel köpük kurutma (FMD) tekniğini kullanarak siyah havuç tozu elde etmiştir. Üç farklı sıcaklık kullanılarak yapılan çalışmada köpürtücü ajan olarak karboksimetilselüloz (%0,5 CMC) ve yumurta akı (%1-YA) kullanılmış ve optimum verilerin elde edilmiştir.

Erafşar (2019) kırmızı pancar tozu elde etmek amaçlı yaptığı çalışmasında, köpük stabilizatörü olarak farklı oranlarda karboksimetilselüloz ve çövenotu kullanmış, elde ettiği veriler sonucunda %10 çövenotu ve %1,5 karboksimetilselüloz kullanılarak elde edilen köpüğün kurutma için uygun olduğunu belirlemiştir. 60°, 70° ve 80° kurutma sıcaklıklarında kurutma çalışmaları yapılmış, elde edilen köpüğün, köpük özelliklerini belirleyerek kırmızı pancar tozu elde etmiştir.

Abbasi ve Azizpour (2016), köpük kurutma yöntemiyle kurutulan vişne tozunun fizikokimyasal özelliklerini belirlemeye çalışmışlar, etkin bir köpük oluşumu için farklı oranlarda (%1, %2 ve %3) yumurta akı ve metilselüloz (%1, %1,5 ve %2)

denemişler ve üç farklı sıcaklıklarda kurutmuşlardır. Metilselüloz konsantrasyonun artmasıyla beraber, köpük yoğunluğu ve kuruma süresinin azaldığını fakat numunelerde çözünürlüğün ve pH'nın arttığını belirtmişlerdir. 65°C kurutma sıcaklığında vişne tozlarının maksimum çözünürlüğe ve pH'a sahip olduğu belirlenmiştir.

Chandrasekar vd. (2015), karışık sebze (acı kabak, domates ve salatalık) suyu tozu elde etmeyi amaçlamışlar, köpürtme ajanı olarak farklı oranlarda yumurta albümini (%10, %20 ve %30) kullanmışlardır. Üç farklı sıcaklıkta kurutulan örneklerde, albümin konsantrasyonundaki artışla beraber köpük genişmesi ve köpük stabilitesinin arttığını ancak köpük yoğunluğunun azaldığını belirtmişler, en iyi sonucun ise %30 yumurta albümini ve 50°C'de kurutulan örneklerden elde etmişlerdir.

Sangamithara vd. (2016) çalışmalarında kavun tozu elde etmek amacıyla farklı oranlarda karboksimetilselüloz (%0, %0,5 %1) ve soya proteini izolatu (%5, %7,5, %10) kullanmışlardır. Farklı çırpma süreleri (2, 4, 6 dk) kullanılarak elde edilen köpükleri, üç farklı kurutma sıcaklığında (50°, 60° 70°C) kurutmuşlardır. Sonuç olarak 70°C hava sıcaklığı, 5.7 dk çırpma süresi, %8.71 soya proteini izolatu ve %0.54 karboksimetilselülozun optimum koşulları sağladığını belirtmişlerdir.

Kandasamy vd. (2014) köpük kurutma işlemini papaya meyvesi için denemişler, köpük oluşumu için farklı oranlarda metil selüloz (%0.25, 0.5, 0.75 ve 1), yumurta albümini (%5, 10, 15 ve 20), gliserol monostearat (%1, 2, 3 ve 4) kullanmışlar ve farklı brikslerde (7, 8, 9, 10, 11, 12 ve 13) denemeler yapmışlardır. Farklı sıcaklıklarda yapılan çalışmada en stabil köpüğü 9 briks'li pulpta %15 yumurta albümini, %0.75 metil selüloz ve % 3 gliserol monostearat kullandıkları çalışmada olduğunu söylemişlerdir. Çalışmada köpük kalınlığının artmasıyla kuruma süreside artmıştır. Literatürde çalışmalar incelendiğinde meyvelerin köpük kurutulmasında yaygın olarak MD, CMC ve YA köpürtme ajanları kullanılmaktadır.

4.2. Kızılılık Tozlarının Fizkokimyasal Özellikleri

Toz özellikler, depolama koşullarının belirlenmesi, yapısına katılacağı ürünün formülasyonu açısından ve ürünün hazırlanma şeklini belirleyeceğinden gıda

endüstrisindeki çoğu kurutulmuş toz için nem, maksimum % 3-4 civarındadır (Pellicer vd.,2019).

Kızılılık tozlarının toplam çözünür kuru madde, su aktivitesi, pH ve nem değerleri Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Kızılılık Tozlarının Fizikokimyasal Özellikleri

Örnek	Nem (%)	Su aktivitesi (aw)	Toplam Çözünür KM (%)	pH
FD	6,25±0	0,097±0	6,5±0	3,58±0
FMD-60°C	3,04±0,72	0,069±0,03	5,95±0,63	3,56±0,21
FMD-65°C	3,11±0,12	0,06±0,04	6,45±0,35	3,55±0,28
FMD-70°C	3,15±0,24	0,088±0,001	6,15±0,35	3,7±0,19
FMFD	6,38±1,2	0,179±0,02	6,15±0,35	3,51±0,05

FD: Dondurarak kurutma FMD: Konveksiyonel köpük kurutma FMFD: Dondurarak köpük kurutma

Bu çalışmada FMD kurutulan örneklerle, FMFD kurutulan örneklerin nem değerleri karşılaştırıldığında, FMD kurutulan örneklerin nem değerleri daha düşük bulunmuştur. Örneklerde kurutma işlemi yapılırken genel olarak benzer nem düzeylerine indirilmeye çalışılmıştır. Bu nedenle 60°, 65° ve 70° C’lerde nem düzeyleri %3 civarındadır ve dar bir alanda değişme göstermiştir. FMFD örneklerin nem değerleri en yüksek olmakla birlikte, yumurta akı ilavesiz dondurarak kurutulan örnek daha düşük nem düzeyine, FMD örneklerden en düşük nem içeriği FMD-60°C’de kurutulan örneğe aittir.

Polatoğlu ve Beşe (2017) çalışmalarında kızılılık meyvesinin kuruma kinetiğini belirlemek amacıyla, bütün haldeki meyveyi konvektif olarak kurutmuşlar, meyvenin başlangıç nem içeriğini %75,4 olarak belirlemişlerdir. Polatoğlu ve Beşe (2017) çalışmalarında 50, 60 ve 70°C sıcaklıkları kullanmışlar, kuruma süresi ile nem oranını belirlemişlerdir. Denge nem içeriğine ulaşmak için gereken süreleri 50°C için 4260, 3600, 3180 dk, 60°C için 2760, 2400, 2040 dk ve 70°C için 500, 1260, 1080 dk olarak belirlemişlerdir. Sonuç olarak artan kuruma sıcaklıklarıyla beraber kuruma süresinin azaldığını tespit etmişlerdir. Kuruma süresindeki bu azalış, yüksek sıcaklıkla beraber meyvenin buhar basıncının artarak suyun hızlı bir şekilde göç etmesine bağlanabilir.

Özgen 2021, çalışmasında kızılcık meyvesini konvektif tip bir kurutucuda kurutmuştur. Meyvenin kuruma kinetiğini incelediği çalışmada taze kızılcık meyvesini 35°C’de 1 ve 1,5 m/s kuruma havası hızında kurutmuştur. Meyvenin %68 olan ilk nem içeriğini %10’a ulaşıncaya kadar devam etmiştir. 1 m/s hava hızı için kuruma süresini 67 saat olarak belirlerken, en düşük kuruma zamanı ise 1,5 m/s ile 64 saat olduğunu belirtmiştir. Sonuç olarak kuruma havası hızı arttıkça kızılcığın kuruma süresinin azaldığını gözlemlemiştir.

Kaya ve Aydın (2008) kızılcığın kuruma süresine kurutma havası sıcaklığının etkilerini araştırmışlardır. Kızılcığın ilk nem içeriğini %68,8 olarak belirlemişler, sabit bir kuruma havası hızı (0.9 m/s) belirleyerek üç farklı sıcaklıkta (30,40 ve 50°C) deneylerini gerçekleştirmişlerdir. Deney sonucunda kurutma havası sıcaklığının 30°C’den 50°C’ye çıkarılmasıyla beraber toplam kurutma süresinin %34 oranında azaldığını tespit etmişlerdir. Kurutma havası sıcaklığının yükselmesiyle hem difüzyon hem de kütle transferinin hızlandığı bilinmektedir (Kaya vd., 2007b,c, d; Kaya 2008). Meyvenin daha hızlı kurummasının sebeplerini bu etkilere bağlamışlardır.

Su aktivitesi gıdalarda kolayca ölçülebilen bir fizikokimyasal bir özellik olup, gıda teknolojisinde önemli bir parametredir (Güner vd., 1993). FMFD kurutulan tozlara göre, FMD kurutulan tozlarda nem içeriği incelendiğinde FMFD kurutulan örneklerin nem içeriği daha yüksek bulunmuştur. 60°, 65° ve 70°C sıcaklıklarda kurutma sonucu nem içeriği %3 nem civarına kadar indirilmesi sağlanmıştır.

Su aktivitesi kurutulmuş ürünlerin depolama stabilitesi açısından önemli bir kalite faktörüdür. 0.20-0.40 arasındaki su aktivitesi değerlerinde esmerleşme ve hidrolitik reaksiyonlar, lipit oksidasyonu, enzimatik aktiviteye karşı ürün stabilitesi sağlanabilmektedir (Dirim ve Çalışkan, 2012). Genel olarak su aktivitesi değerinin 0.60’ın altında olması durumunda gıda maddelerinin mikrobiyolojik olarak stabil olduğu kabul edilmektedir (Quek vd., 2007). Su aktivitesi değeri 0.30’dan düşük olan toz ürünler kimyasal ve mikrobiyolojik stabilite açısından güvenli olarak kabul edilmektedir (Tontul ve Topuz, 2017). Kurutma işlemi ile gıdanın su aktivitesi düşürülerek bozulmasına sebep olan mikroorganizma faaliyetleri engellenmekte ve aynı zamanda gıdada kimyasal değişimlere sebep olan çoğu enzim işlevini yerine getirememektedir. Böylece kurutulan gıdalar daha uzun süre depolanabilmektedir

(Geankoplis, 2015). Çoğunlukla meyve ve sebze ürünlerinde tercih edilen kurutma işlemi ile gıdalar daha konsantre hale gelmekte ve taşıma işlemleri kolaylaşmaktadır (Erbay ve Küçüköner, 2008).

Üretilen kızılcık tozların aw değerleri 0,066-0,179 aralığında bulunmuştur. Bulunan su aktivitesi değerleri literatür ile uyumlu olup, mikrobiyolojik açıdan güvenlidir. Yumurta akı tozu katkılı örneklerin köpük kurutulması sonucu köpük başlangıç nem içeriği %92.26 olarak bulunmuştur. Kızılcık tozlarının nem içeriği 3.04-6.38 aralığında bulunmuş, sonuçlar arasındaki farklılık istatistik olarak farklı bulunmuştur ($p < 0.05$).

Sangamithara vd. (2016) kavun tozu elde etmek için yaptıkları çalışmaların sonunda köpürtülmeden direkt kuruttukların kavun pulplarının, köpürtülerek kurutulan kavun pulplarının efektif nem düzeyi katsayılarını hesaplamışlar, köpük haline getirilerek kurutulan kavun pulplarının daha kısa sürede kurudukları sonucuna ulaşmışlardır.

Rajkumar vd. (2007), mango pulpunu üç farklı sıcaklıkta köpük haline getirilerek kurutmuşlar, köpük haline getirilmeden kurutulan mango pulpunun kuruma süresini 75 dk Kprterek kuruttukları mango pulpunun kuruma süresinin ise 35 dk olduğunu belirtmişlerdir. Aynı zamanda kuruma hızı sabitinin (k), köpük haline getirilmiş mango pulpu örneklerinde daha yüksek olduğu çalışmalarında kanıtlanmıştır.

Franco vd. (2016) köpük kurutma çalışmalarında yakon suyu tozu eldesi için 8 ve 24 brikslerde, köpürtme ajanı olarak yumurta albümini kullanarak ve oluşan köpükleri 0.5, 1 ve 1.5 cm kalınlıklarda yayarak, üç farklı sıcaklıkta (50°, 60° ve 70°C) kurutmuşlar, sonuç olarak elde edilen tozların fizikokimyasal yapılarını incelediklerinde nem ve su aktivitesi değerlerinin 70°C ve 1.5 cm yayma kalınlığına sahip olan örneklerde kuruma süresinin en düşük olduğunu belirlemişlerdir.

Turgut ve Yeğin (2019) kamkat tozunun fizikokimyasal özelliklerini inceledikleri çalışmalarında maltodekstrinsiz ve %10 maltodekstrin ilaveli örnekleri sıcak hava ile ve dondurarak kurutmuşlar, örneklerin nem düzeyleri incelendiğinde en yüksek nem değerinin maltodekstrinsiz dondurarak kurutma yöntemi ile kurutulan örnekte olduğu, en düşük nem içeriğinin ise maltodekstrin ilaveli dondurarak kuruttukları örnekte

olduğunu belirtmişlerdir. İki kurutma yöntemini de incelediklerinde maltodekstrin ilaveli örneklerin daha düşük nem içeriğine sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Kızılcık meyvesinin pH değerini 2,87 ile 3,12 aralığında olduğu bildirilmiştir (Karadeniz 2019). FMD kurutulan örneklerle, FMFD kurutulan örneklerin pH değerleri incelendiğinde önemli bir fark ($p>0.05$) bulunmamıştır. Taşkın vd., (2019) çalışmalarında dondurarak kuruttukları gilaburu meyvesinden meyve tozu üretmeyi ve tozun özelliklerini belirlemeyi amaçlamışlar ve taze gilaburu meyvelerinin pH değerini 2,937 olarak belirlemişlerdir.

Çalışmamızda kızılcık tozu örneklerinin toplam çözünür kuru madde içerikleri 5,95-6,5 aralığında bulunmuş; örnekler arasında önemli bir fark bulunmamıştır.

4.3. Kızılcık Tozunun Renk Özellikleri

Renk tüketici algısı bakımından önemli bir kalite parametresidir. Gıda işleme yöntemleri ve koşulları renk üzerinde önemli etki gösterirler.

Uzun kuruma süreleri ve yüksek sıcaklıklar pigmentlerin daha çok bozunmasına yol açarlar. Bu bozunmalar ise renk değişikliklerine neden olurlar. Kurutulmuş ürünlerde en önemli kalite parametrelerinden biri de renktir.

Kızılcık tozlarının renk değerleri Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Örneklerde en yüksek L değerine sahip kızılcık tozu, FMFD kurutulan örnekte görülmüş, FMD kurutulan örneklerle arasındaki fark önemli($p<0.05$) bulunmuştur. Örneklerin renk sonuçları incelendiğinde köpük kurutulmuş örneklerin L değeri, dondurarak kurutulan FD örneğine göre yüksek bulunmuştur. En yüksek L değeri FMFD örneğinde bulunmuş, bu farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Genel olarak köpük kurutma yöntemi ile elde edilen tozlar klasik yöntemle dondurarak kurutulmuş toz örneklerle göre daha yüksek aydınlık, parlaklık değerine sahip bulunmuştur.

En yüksek a değeri FMFD kurutulan örneğinde bulunmuştur. Örnekte gözlemlenmiş ve FMD kurutulan örneklerle arasında fark önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. FMD-60 ve FMD-70 örnekleri arasında fark önemli ($p<0.05$) bulunmuştur.

Hunter b değerlerinde ise en yüksek değer FMFD örnekte olurken FMD örneklerle arasındaki fark önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. FMD kurutulan örnekler arasında ise önemli bir fark gözlemlenmemiştir.

Uzun kuruma süreleri ve yüksek sıcaklıklar pigmentlerin daha çok bozunmasına yol açarlar. Bu bozunmalar ise renk değişikliklerine neden olurlar. Kurutulmuş ürünlerde en önemli kalite parametrelerinden biri de renktir.

Çizelge 4.3. Kızılçık Tozlarının Renk Özellikleri

Örnek	L	Renk Değerleri		ΔE
		a	b	
FD	28,56 ^c ±0,22	31,73 ^b ±0,96	8,16 ^b ±0,21	43,4691
FMD 60 °C	40,82 ^b ±4,2	27,81 ^c ±3,34	7,63 ^b ±1,95	12,88
FMD 65°C	41,8 ^b ±0,52	25,51 ^b ±4,25	7,41 ^b ±1,29	14,31
FMD 70°C	42,74 ^b ±1,74	23,02 ^c ±2,55	6,82 ^c ±0,47	16,70
FMFD	50,45 ^a ±0,48	35,74 ^a ±0,09	10,01 ^a ±0,16	22,33

Örnekler incelendiğinde FMD kurutulan ve FMFD kurutulan örneklerin L değeri köpürtücü ajan katkısız örneğe göre yüksek bulunmuştur. Renk değişimlerinin belirlenebilmesi hesaplanması amacıyla kızılçık püresi ve elde edilen kızılçık tozları ile karşılaştırılması yapılmıştır. Hesaplanan delta E değerleri Çizelge 4.3.'de verilmiştir. Bu amaçla en düşük ΔE değeri FMD-60 örneğinde bulunmuştur.

Gupta ve Alam (2014) üzüm konsantrelerini köpük haline getirilerek kuruttukları çalışmalarında, kurutma sonrası köpürtülmemiş örneklerin L değerlerinde önemli bir düşüş gözlemlenmişler, renkte koyulaşmanın olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarında sıcaklığın artmasıyla köpük haline getirilmiş örneklerin b değerinin arttığı ve sıcaklığın artışıyla köpük haline getirilmemiş örneklerin b değerinin azaldığını belirtmişlerdir.

Banı 2014 kızılcık meyvesini infrared ısısı ile kuruttuğu çalışmasında renk değişimlerini de gözlemlemeyi amaçlamıştır. Farklı infrared kurutma güçlerinde (250-600 W arası), infrared gücünün artmasıyla renk parametrelerinde düşüş gözlemlemiştir.

Özçelik vd. (2019) çalışmalarında ahududu meyvesini dondurarak köpük kurutma işlemi uygulamışlar, köpürtme işleminin açıklık ve kırmızılık değerlerini artırdığını, sarılık değerini ise azalttığını belirlemişlerdir. Bu durumun sebebinin ise karıştırma işlemiyle köpük yapısına hapsolan hava kabarcıklarının daha parlak olması ve bu şekilde açıklık değerinin artmasını sağladığını belirtmişlerdir.

Polatoğlu ve Beşe (2017) çalışmalarında kızılcık meyvesini konvektif olarak kurutmuşlar, kızılcık meyvesinin kuruma kinetiğini incelemişlerdir. 50, 60 ve 70°C’de üç farklı sıcaklık kullanmışlar, artan hava sıcaklığıyla, kuruma süresinin azaldığını gözlemlemişlerdir. 100 g meyveyi kurutma tepsilerine alarak yaymışlar ve kuruma süresini kuruma koşullarına bağlı olarak ortalama 18 ile 71 saat arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Özgen ve Çelik (2018) çalışmalarında kivi meyvesini konvektif bir kurutucuda kurutmuşlardır. Kurutma işlemi sırasında kuruma süresi, kuruma hava hızı ve dilim kalınlığı parametrelerini belirlemişlerdir. Çalışmalarının sonucunda ise konvektif bir kurutucuda farklı hızlarda çalışmanın üründe parlaklık ve renk kalitesinin korunması açısından avantajlı bir yöntem olduğu sonucuna varmışlardır.

Gao vd. (2022) çalışmalarında, mikrodalga destekli köpük kurutma yöntemiyle yabanmersini tozu üretmişler ve kuruma özelliklerini ve fizikokimyasal özelliklerini incelemişlerdir. Çalışma için farklı oranlarda yumurta akı tozu, maltodekstrin ve karboksimetilselüloz kullanmışlardır. Çalışmalarının sonunda yumurta akı tozu eklenmemiş köpürtülmüş yabanmersini özü ve yabanmersini tozunun, yumurta akı tozu eklenmiş örneklerle göre renginin daha koyu olduğunu tespit etmişlerdir. L*, a*, b* ve C* değerlerinde farkların önemli olduğunu belirterek, yumurta akı tozunun yabanmersini özü üzerine seyreltici bir etkiye sahip olabileceğini söylemişlerdir. Karboksimetilselülozun renk üzerine etkilerine baktıklarında %8 yumurta akı tozu, %10 maltodekstrin %0 karboksimetilselüloz içeren örnekle, %8 yumurta akı, %10

maltodekstrin ve %1 karboksimetilselüloz içeren örnekleri karşılaştırmışlardır. Karboksimetilselüloz konsantrasyonunun 0'dan 1'e çıkarılmasıyla L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değerlerinde önce bir artış sonra azalış gözlemlemiştir. Ayrıca yüksek sıcaklıkların Maillard reaksiyonuna sebep olabileceğini de vurgulamışlardır.

Tan vd. (2019) köpük kurutma yöntemini kullanarak *Hibiscus sabdariffa* L. bitkisinden kırmızı renkte toz elde etmişlerdir. Köpürtme maddesi olarak farklı oranlarda (%5-20) yumurta akı kullanmışlar, örnekleri 6 saat boyunca 50°C'de kurutmuşlardır. Sonuç olarak yumurta akı konsantrasyonu arttıkça L^* ve a^* değerlerinde önemli ölçüde artış gözlemlemişler, b^* değerinde ise önemli bir fark gözlemlemişlerdir. L^* değerindeki artışın beyaz renkli yumurta akı konsantrasyonunun artışı ve üründe hava bulunmasından kaynaklanmış olabileceğini belirtmişlerdir.

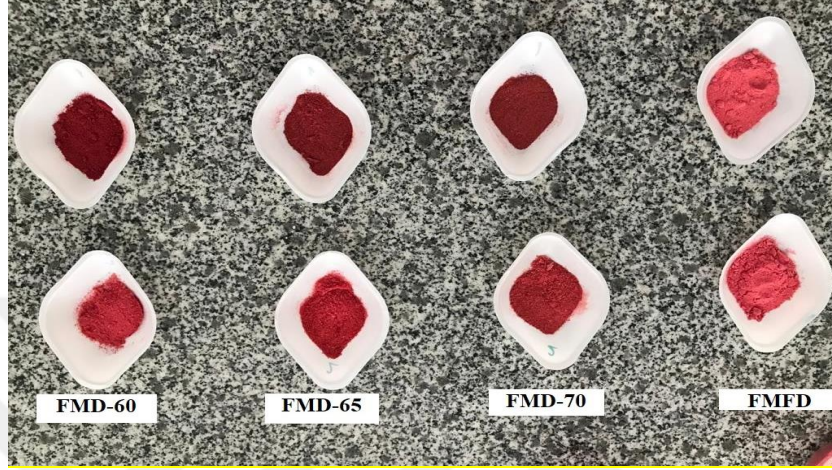
Kara (2021) köpük kurutma yöntemiyle nar suyu tozu üretiminde saponinlerin kullanılabilirliğini araştırmıştır. Çalışmasında çöven ekstraktı ve karboksimetilselüloz kullanmış ve üç farklı sıcaklıkta kurutmuştur. L^* değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkilerini araştırmış 50 ve 60°C sıcaklıklar için önemli bir fark gözlemlememişken 70°C'de kurutulan örnek için farkı önemli bulmuş L^* değerinde azalış gözlemlemiştir. Sonuç olarak çalışmasında serme kalınlığının toplam renk değişimi değerine önemli bir farklılığa neden olmadığını, ancak kurutma sıcaklığının önemli farklılıklara neden olduğunu belirtmiştir.

Banı (2014) kıvılcık meyvesini infrared ısı ile kuruttuğu çalışmasında renk değişimlerini de gözlemlemeyi amaçlamıştır. Farklı infrared kurutma güçlerinde (250-600 W arası), infrared gücünün artmasıyla renk parametrelerinde düşüş gözlemlemiştir.

Renk değişimlerinin belirlenebilmesi amacıyla kıvılcık püresi FD olarak kurutulmuş ve elde edilen kıvılcık tozları ile karşılaştırılması yapılmıştır. Bu amaçla en düşük ΔE değeri FMD-60 örneğinde bulunmuş, bu rengin kıvılcık püresine en yakın renk olduğu düşünüldüğünden çalışmaya 60°C'de kurutulan örneklerle devam edilmiştir.

4.4. Kızılıcık Tozunun Toz Özellikleri

Köpükleştirici ajan olarak %0.5 yumurta akı tozu kullanılan ve farklı kurutma yöntemleri kullanılarak ve farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılıcık tozları Şekil 4.1’de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.1. Köpük kurutulmuş Kızılıcık tozları

Toz gıdaların üretiminde akış davranışlarının belirlenmesi teknolojik uygulamalar açısından oldukça önemlidir. Toz akış davranışı verilerinin kullanıldığı bir uygulama, depo ünitesi dizaynıdır. Toz gıdaların akış davranışları partikül boyutu, dağılımı, parçacık şekli, parçacıkların kimyasal bileşimi, nem ve sıcaklık gibi parametrelere bağlı olduğundan bu parametrelerin belirlenmesi gereklidir (Ermiş vd., 2018).

Yığın yoğunluğu değerlerini etkileyen ana parametre tozların yapısı ve bileşimidir. Pürüzsüz ve tekdüze bir yapı yığın yoğunluğunu artırırken, toz yapıda tutunan havayı artıran gözeneklilik ise yığın yoğunluğunu azaltır (Kelly vd., 2002).

Yığın yoğunluğunun yüksek olması, ambalajlama malzemelerinde de avantaj sağlamakla beraber, toz yoğunluğu ambalajlama malzemesinin gereksinimine ve kap hacmi gibi parametreler için önemlidir.

Gıda ürünlerinde topaklaşmaya da kekleşmeye olan hassasiyetin bir göstergesi olduğundan düşük yığın yoğunluğu özellikle instant gıda tozlarının dikkate alınması gereken önemli bir özelliğidir (Sharma vd., 2012).

Çizelge 4.4. Kızılılık Tozlarının Toz Ürün Özellikleri

Örne k	Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)	Sıkıştırıl mış Yığın Yoğunlu ğu (kg/m ³)	Akabilirlik (%)		Partikül yoğunluğu (kg/m ³)	Dağılıbilirli k (%)	Kekleşme derecesi (%)	Rehidras yon oranı	Higroskopi site (%)
			Carr Index	Hausner Ratio					
FD	0,24 ^b ±0,01	0,45 ^b ±0,01	45 ^a ±0,01 (kötü)	1,81 ^a ±0,01 (yüksek)	1,64 ^b ±0,01	0,621 ^a ±0,01	13,34 ^a ±0,01	1,89±0,01	35,06 ^b ±0,01
FMD 60°C	0,467 ^a ±0,099	0,62 ^a ±0,07	24,99 ^b ±7,07 (zayıf)	1,33 ^b ±0,12 (orta)	1,26 ^b ±0,21	0,602 ^a ±0,01	3,09 ^b ±0,27	1,62±0,26	34,24 ^b ±3,31
FMD 65°C	0,482 ^a ±0,06	0,68 ^a ±0,09	29,99 ^b ±0,000 6 (zayıf)	1,42 ^b ±0,13 (düşük)	1,26 ^b ±0,13	0,64 ^a ±0,01	3,58 ^b ±0,40	1,65±0,27	35,29 ^b ±4,84
FMD 70°C	0,544 ^a ±0,1	0,7 ^a ±0,1	22,49 ^b ±3,53 (zayıf)	1,29 ^b ±0,05 (orta)	1,71 ^b ±0,34	0,61 ^a ±0,001	2,7 ^b ±0,65	1,8±0,13	34,84 ^b ±1,24
FMF D	0,25 ^b ±0,07	0,43 ^b ±0,09	42,49 ^a ±3,53 (kötü)	1,74 ^a ±0,10 (düşük)	2,92 ^a ±0,65	0,32 ^b ±0,1	16,67 ^a ±0,15	1,52±0,56	45,1 ^a ±1,69

^{a, b} Farklı küçük harfler örnekler arasındaki farkın istatistik olarak önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05)

Liyofilize kurutulmuş örneklerde (FD ve FMFD) sıkıştırılmış ve yığın yoğunlukları daha düşük bulunmuş bu farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılığın sebebi olarak liyofilize örneklerin daha hafif ve uçucu olması olduğu düşünülmektedir.

Daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde Turgut ve Yeğin (2019) kamkat tozunun fizikokimyasal özelliklerini inceledikleri çalışmalarında, kamkat meyvesini %10 maltodekstrin ilaveli ve maltodekstrinsiz olarak sıcak havayla ve dondurarak kurutmuşlar, çalışma sonucunda kamkat tozlarının yığın ve sıkıştırılmış yığın yoğunluklarını sırasıyla $0.27-0.70 \text{ g ml}^{-1}$ ve $0.39-0.77 \text{ g ml}^{-1}$ olarak belirlemişlerdir. Çalışmalarında en yüksek değerlerin sıcak havayla kurutulan örneklerde olduğu sonucuna varmışlardır.

Örneklerin Carr indeks (CI) ve Hausner Ratio (HR) değerleri incelendiğinde FMD kurutulan örnekler ile dondurarak kurutulan örnekler arasında fark ($p<0,05$) önemli bulunmuştur. Sıkıştırılmış yoğunluk ve yığın yoğunluk değerleri arasındaki farklılık CI ve HR değerlerine de yansıdığı düşünülmüştür. En yüksek değerlerin köpürtücü ajan ilavesiz dondurarak kurutulan örnekte olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara göre FMD kurutulan örneklerin, dondurarak kurutulan örneklere göre daha iyi bir akış davranışı gösterdiği söylenilmektedir.

Carr index değeri toz ürünlerin akışı hakkında bilgi veren, sıkıştırılmış yoğunluk ve yığın yoğunluk değerleri ile hesaplanan bir parametredir. Toz ürünlerde Carr indeks değeri %15'den küçük ise çok iyi, %15-20 aralığında ise iyi, %20-35 orta, %35-45 kötü ve %45'den büyük değerlerde ise çok kötü akış tanımlaması yapılmaktadır (Santhalakshmy vd., 2015).

Jinapong vd. (2008) Yapışkanlık değerlerini (HR) ise düşük (<1.2), orta ($1.2-1.4$) ve yüksek (>1.4) olarak sınıflandırmıştır. Bu sınıflandırma doğrultusunda ise FMD kurutulan örneklerin orta yapışkanlık değerine, FMFD kurutulan örneklerin ise yüksek yapışkanlık değerlerine sahip olduğu görülmektedir. En yüksek yapışkanlık değeri ise yumurta akı ilavesiz, FMFD kurutulan örnekte olduğu görülmektedir.

Taşkın vd. (2019) gilaburu meyvesini dondurarak kurutmuş ve meyve tozu üretimi sağlayarak, toz özellerini belirlemişlerdir. Tüm gilaburu tozlarının düşük yapışkanlık ve orta akabilirlik seviyesinde olduğunu tespit etmişlerdir.

Turgut ve Yeğin (2019) kamkat tozunun fizikokimyasal özellikleri üzerine kurutma uygulamalarının etkisini araştırmışlar, püre haline getirdikleri kamkat meyvesini maltodekstrinsiz ve %10 maltodekstrin ilaveli olarak dondurarak kurutma ve sıcak havayla kurutma yöntemleriyle kurutmuşlardır. Elde ettikleri sonuçlar doğrultusunda sıcak hava yöntemiyle kurutulan, maltodekstrin ilaveli toz örneklerinin çok iyi akabilirlik ve düşük yapışkanlık özelliği gösterdiğini belirtmişlerdir.

Higroskopisite, gıda tozlarının ortam nemini absorblaması olarak tanımlanır ve yüksek higroskopisite yapışkanlık artışı ve stabilite sorunları oluşturacağından, düşük olması istenmektedir (Tontul ve Topuz, 2017). Higroskopisitesi yüksek ürünler daha çok nem alacağı için fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik açıdan bozulmaya daha yatkındırlar. Higroskopisite toz ürünlerde depolama sırasında ürünün nemden ne kadar etkileneceğini belirleme ve ambalajlama malzemesinin seçiminde etkili olmaktadır. Toz ürünlerin çözünürlüğü, nem miktarı, partikül boyutu, partiküllerin fiziksel durumu gibi toz ürün özellikleri ile kullanılan hammadde ve taşıyıcı ajan gibi faktörlerden etkilenmektedir (Tontul ve Topuz, 2017).

Çizelge 4.4'den de görüleceği gibi kızılıçık tozlarının higroskopisite değerleri 34.24 ile 45.1 aralığında bulunmuştur. Çalışmamız incelendiğinde FMFD örneği diğer örneklerden önemli düzeyde yüksek higroskopisite değerine sahip ($p<0.05$) bulunmuştur. İçerisine yumurta akı tozu konulmayan FMFD kurutulan örnek, FMD kurutulan örneklerle benzer değerler göstermesine karşın, FMFD kurutulan örnekler arasında önemli fark bulunmuştur.

Higroskopisite toz ürünlerde depolama sırasında ürünün nemden ne kadar etkileneceğini belirleme ve ambalajlama malzemesinin seçiminde etkili olmaktadır.

Atacan ve Yanık (2017) çalışmalarında yaban mersini suyu konsantresini püskürtmeli kurutucuda kurutarak, meyve tozu elde etmişlerdir. Kurutma ajanı olarak maltodekstrin kullanmışlar, maltodekstrin oranını (%20-80) olarak belirlemişlerdir.

Nemin %3.51 nem düzeyine kadar düşürülen çalışmada, yaban mersini meyve tozunun higroskopisitesi (%14.49) bulunarak, literatürdeki çalışmalarla karşılaştırıldığında higroskopisitesi düşük olanlar arasına girmiştir.

Aquilar vd. (2011) çalışmalarında püskürterek kuruttukları yabanmersini ekstratı tozunun renk ve kimyasal stabilitesini belirlemişler, higroskopisite değerini %26.5 bulmuşlardır.

Santhalakshmy vd. (2015) çalışmalarında java eriği meyvesini püskürterek kurutmuşlar, elde edilen tozun fizikokimyasal özelliklerini incelemişlerdir. Maltodekstin (%25) kullanılan çalışmada, higroskopisite değeri %17-25 aralığında bulunmuştur.

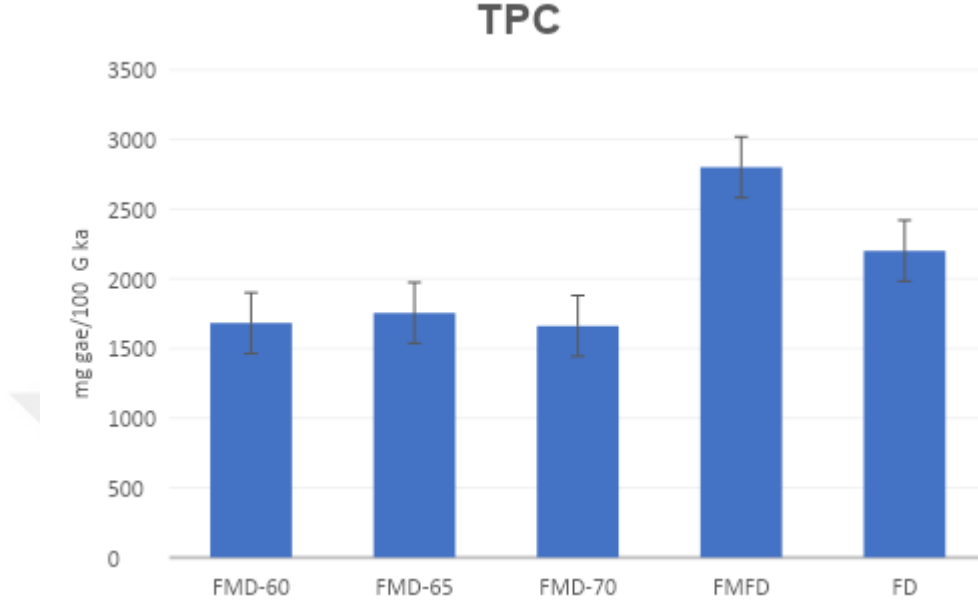
Toz ürünün dağılılabirliği, ürünün hafifçe karıştırarak suda dağıldığında, ayrı ayrı parçacıklara ayrılma yeteneğidir. Bu değer, gıda işleme endüstrisi için önemli bir indekstir. Yüksek dağılılabirlik değeri, daha az topaklanmanın ortaya çıkması anlamına gelmektedir (Laokuldilok vd., 2015). Aynı zamanda dağılılabirlik değeri partikül boyutu, yoğunluğu, gözenekliliği ve yüzey alanına bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Dağılılabirlik değeri literatürde mango tozu için %68.7; çözünebilir kahve için %99.97; domates çorbası karışımı için %69.2 olarak verilmiştir (Jaya vd.; 2005)

Rehidrasyon kapasitesi değerleri 1,52 ile 2,80 aralığında bulunmuştur. FMFD kurutulan örnekler ve FMD kurutulan örnekler arasında fark önemli ($p<0.05$) bulunmuştur ancak rehidrasyon oranı değerinde önemli bir fark gözlemlenmemiştir.

Kekleşme değerleri 2,74 ile 16,67 aralığında bulunmuş, en yüksek değer liyofilize örnek olurken, en düşük değer FMD-70 olmuştur. Kekleşme değerleri arasındaki fark önemsiz bulunmasına karşın en yüksek değer, FMFD kurutulmuş örneklerde görülmüştür. FMD kurutulan örneklerin kekleşme değerleri ise birbirine yakın çıkmıştır.

4.5. Kızılıcık Tozlarının Biyoaktif Özellikleri

4.5.1. Toplam Fenolik Madde Miktarı İçeriği



Şekil 4.2. Kızılıcık tozlarının Toplam Fenolik Madde İçeriği (mg GAE/100 g k.a.)

Şekil 4.2 de kızılıcık tozlarının Folin Cioceltaou yöntemiyle elde edilen toplam fenolik madde (TPC) miktarları verilmiştir. Örneklerin TPC içeriği 1662-2801 mg GAE/100 g kuru ağırlık aralığında bulunmuştur. FMFD örneği en yüksek, FMD-70 örneği en düşük TPC içeriğine sahip bulunmuştur.

Çalışmada elde edilen sonuçlara göre FMFD kurutulan kızılıcık tozlarının toplam fenolik madde değerleri yüksek olsa da istatistiksel olarak önemli bir fark bulunamamıştır. FMFD örneğinin TPC içeriği diğer örneklerden önemli düzeyde yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). Köpük kurutma yönteminin dondurarak kurutma yöntemi ile beraber uygulandığında, yüksek Fenolik içeriği hem köpük kurutulmuş örneklerden hem de köpük haline getirilmemiş pulptan dondurarak kurutma uygulanmış örneklerden yüksek çıkması uygulamanın biyoaktif özellikleri koruması bakımından avantajlı olduğunu göstermiştir.

Çalışmamızda kıızılcık meyvesi köpük forma getirildikten sonra 60, 65 ve 70°C’lerde kurutulmuştur. İstatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamasına rağmen en yüksek fenolik madde değeri FMD-65 örneğinde görülmüştür.

Hassanpour vd. (2011) İran’daki kıızılcık genotiplerinin antioksidan kapasitesi ve fizyokimyasal özelliklerini incelediği çalışmada toplam fenolik içeriğini 2695.75 mg GAE/ 100 g taze ağırlık olarak bulmuşlardır. Sonuç olarak çalışmalarında toplam fenol, toplam flavonoid, Askorbik asit ve antioksidan kapasiteleri arasında doğrusal bir ilişki olduğunu belirlemişlerdir. Pantelidis vd. (2007) çalışmalarında ahududu, böğürtlen, kırmızı kuş üzümü, Bektaş üzümü ve kıızılcıkta antioksidan kapasite, fenolik madde, antosiyanin ve askorbik asit içeriklerini incelemişlerdir. Kıızılcık meyvesi için toplam fenolik madde içeriği 657 ila 2611 mg GAE/ 100 g taze ağırlık arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

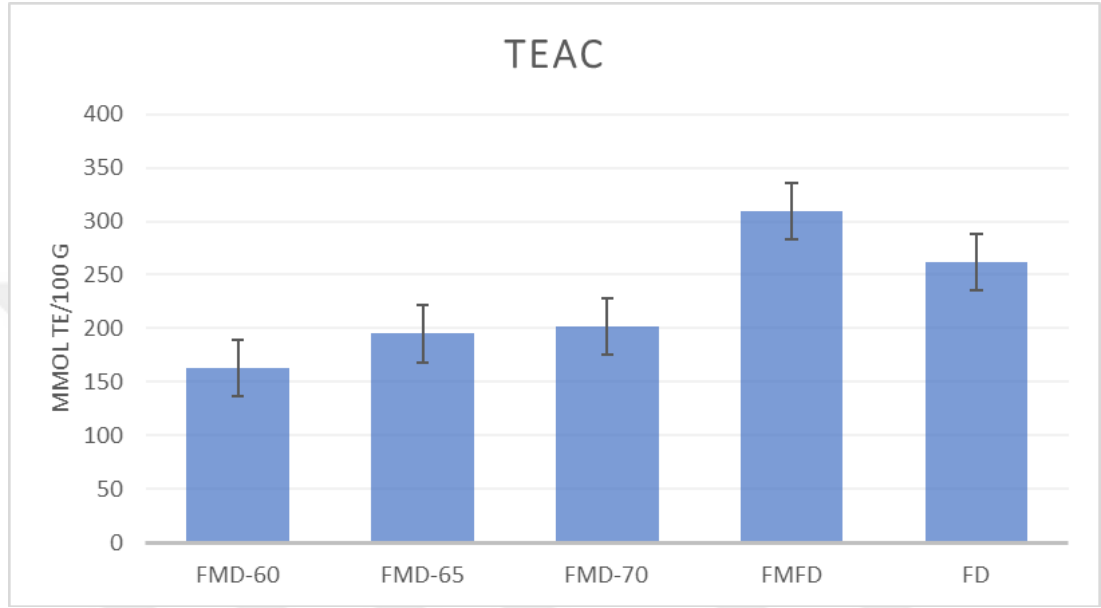
Erafşar (2019), kırmızı pancarı köpük kurutma yöntemiyle kurutup toz haline getirdiği çalışmasında kurutma sıcaklığındaki artışla fenolik madde miktarında düşüş olduğunu tespit etmiştir. Kara (2021) köpük kurutma yöntemiyle ürettiği nar suyu tozlarında toplam fenolik madde üzerine farklı sıcaklıkların ve serme kalınlıklarının etkisini araştırmış, sonucunda sıcaklığın toplam fenolik madde miktarı üzerinde önemli bir parametre olduğunu, serme kalınlığının ise önemli bir etkisinin olmadığını belirlemiştir. Kurutulan toz ürünlere ait toplam fenolik madde miktarının ise 44704.1-52172.3 mg GAE/ 100 g taze ağırlık aralığında değiştiğini tespit etmiştir. Kılıç (2022) köpük kurutma yöntemiyle elde ettiği balkabağı tozlarının bisküvi ve kek üretiminde kullanım olanaklarını araştırdığı çalışmasında farklı şartlarda köpük kurutma yöntemi ile elde ettiği balkabağı tozlarında toplam fenolik madde değerinin 995-2403 mg GAE/ 100 g taze ağırlık aralığında olduğunu tespit etmiştir.

4.5.2. TEAC ve DPPH yöntemi ile belirlenen Antioksidan Kapasite Değerleri

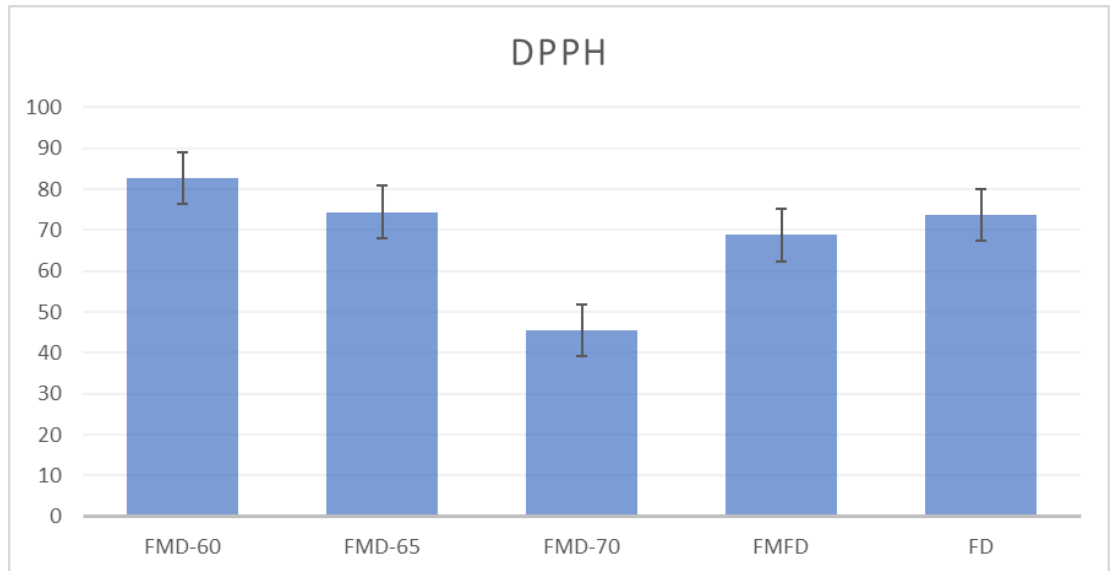
Kızılcık tozlarının TEAC ve DPPH yöntemleri ile belirlenen antioksidan kapasite değerleri Şekil 4.3. ve 4.4’de verilmiştir. Örneklerin TEAC değerleri 162.53-309.75 aralığında, DPPH değerleri 45.399-82.713 Aralığında bulunmuştur. Çalışmamızda FMD kurutulan örneklerle, FMFD kurutulan örnekler arasındaki fark ($p<0.05$) önemli bulunmuştur. Çalışmamızda elde edilen sonuçlara göre FD örneğinin TEAC değeri

diğer örneklerden önemli düzeyde düşük ($p<0.05$) bulunmuştur. En yüksek TEAC değeri FMFD örneğinde bulunmuştur ($p<0.05$).

FMD-60 örneğinin DPPH değeri en yüksek bulunmuştur. FMD örneklerinde En düşük değerler FMD-70°C’de kurutulan örnekte olduğu görülmektedir.



Şekil 4.3. Kızılcık Tozlarının TEAC Yöntemi ile Belirlenen Antioksidan Kapasite Değeri (Mmol TEAC/100g)



Şekil 4.4. Kızılcık tozlarının DPPH Yöntemi ile Belirlenen Antioksidan Kapasite Değeri (% İnhibisyon)

Hassanpour vd. (2011) İran'daki kıvılcık genotiplerinin antioksidan kapasitesi ve fizikokimyasal özelliklerini incelediği çalışmada en yüksek antioksidan içeriği taze ağırlıkta 82.37/100 g olarak tespit etmişlerdir.

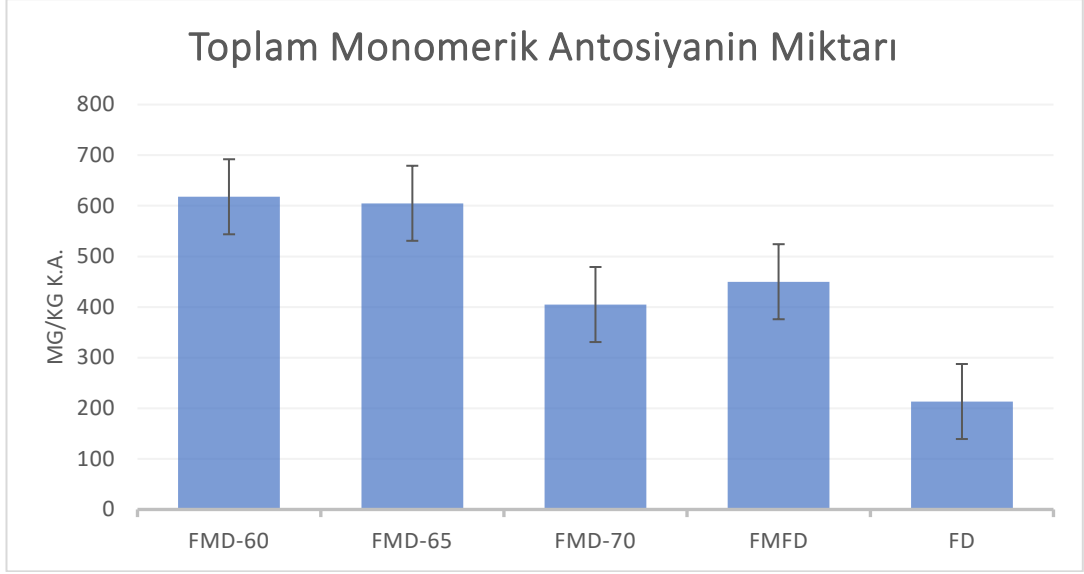
Sritongtae vd. (2017) köpük kurutma çalışmalarında çimlendirilmemiş pirinç hidrolizatlarının ve kurutulan çimlendirilmiş pirinç hidrolizatlarını, iki farklı sıcaklıkta (60 ve 70°C) kurutarak antioksidan aktivite ve fizikokimyasal özellikleri hakkında yorum yapmışlardır. %1 karboksimetilselüloz kullanılan çalışmada, köpük sıcak hava kurutucuda kurutulmuş, 60 ve 70°C'de kurutulan çimlendirilmiş pirinçlerin antioksidan değerleri sırasıyla 12.5 ve 10.74 µmol'dür. Çimlendirilmemiş örneklerde ise bu değerler, 8.24, 7.93 µmol'dür. Fenolik madde içeriği ise çimlendirilmiş pirinçlerde 4.14 ve 3.83 mg iken bu değerler çimlendirilmemiş pirinçlerde 2.84 ve 2.63 mg 'dir. Çalışmanın sonucunda ise fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivite değerlerinin kurutma sıcaklığının artması sonucunda azaldığını belirtmişlerdir.

4.5.3. Toplam Monomerik Antosiyanin (TMA) İçeriği

Antosiyaninler meyve sebzelere karakteristik rengini veren önemli pigmentlerdir. Antosiyaninler fonksiyonel bileşikler olarak isimlendirilmekte ve yapılan çalışmalar bu maddelerin insan sağlığını olumlu yönde etkiledikleri ortaya koymaktadır. Antosiyanin stabilitesi sıcaklık artışından ve oksijen varlığından olumsuz yönde etkilenebilmektedir (Verbeyst vd., 2010).

Antosiyaninler, flavonoidlere ait olan ve meyve, sebze ve çiçeklerde yaygın olarak bulunan kırmızı renkli bileşenlerdir. Kıvılcık antosiyaninlerden siyanidin ve pelargonidin türevlerini içerir. Du ve Francis, (1973) çalışmalarına göre kıvılcık meyvelerinde beş antosiyanin bulunmaktadır. Ancak daha sonra yapılan çalışmalar, kıvılcık antosiyaninlerinin üç bileşiğin karışımı olduğunu göstermiştir (Pawlowska vd., 2010).

Şekil 4.5' de kıvılcık tozlarının toplam monomerik antosiyanin miktarları (mg /kg k.a.) olarak verilmiştir.



Şekil 4.5. Kızılcık Tozlarının Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarı

Kızılcık tozlarının toplam monomerik antosiyanin değerleri 213 ile 625 mg/kg k.a. aralığında bulunmuştur. Köpük kurutma uygulanarak 60 ve 65 °C sıcaklıkta kurutulan örneklerin TMA miktarı, diğer örneklerle göre yüksek olduğu görülmektedir. Farklılık önemli bulunmamıştır.

Bu 60 ve 65°C sıcaklıkta köpük kurutulan kıızılcık tozlarının antosiyanin değerlerinin 70°C sıcaklıkta köpük kurutulan kıızılcık tozlarına göre yüksek olmasının sebebinin antosiyaninlerin sıcaklığa karşı duyarlı olmalarının sebep olduğu düşünülmektedir.

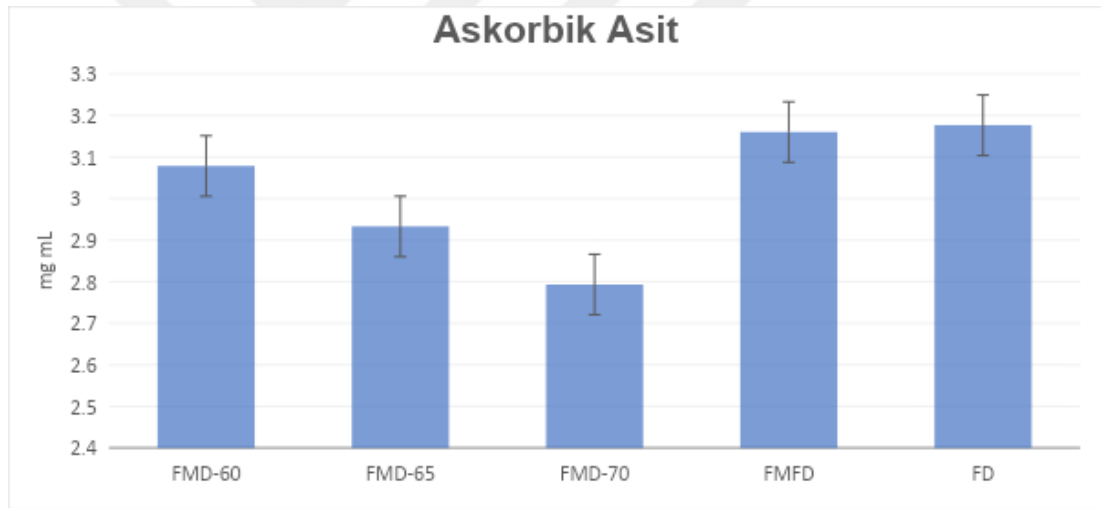
Kızılcık kaynaklı antosiyaninler araştırıldığında siyanidin-3-ramnosilgalaktozit izole edilmiş ve tanımlanmış, siyanidin-3-galaktozid ve delfinidin-3-galaktozit de tanımlanmıştır (Thanh Du ve Francis 1973). Çeşitli çalışmalarda Taze kıızılcık meyvesinde antosiyanin içeriği 341.18 mg/100 g (t.a.) (Kucharska vd.) (2015); 442.11 mg siyanidin-3-glikozit eşdeğerleri/100 g taze ağırlık (Hassanpour vd. (2011); 223 mg siyanidin-3-glikozit eşdeğeri 100 g⁻¹ t.a. (Pantelidis vd. (2007) olarak bildirilmiştir.

4.5.4. Askorbik Asit İçeriği

4.5.4.1. Spektrofotometrik Yöntem

Askorbik asit (C vitamini) ışığa, ısıya, oksijene ve pH'a duyarlı olduğu için işleme ve saklama koşulları önemlidir ve bu koşullar vitaminin bozulmasını etkiler. Askorbik asit besinin kalitesi açısından önemli bir gösterge olup, genellikle meyve ve sebzelerde bulunan diğer besin öğelerine oranla daha kararsızdırlar. (Polatoğlu ve Beşe 2017)

Vitaminler gıdalarda farklı miktarlarda bulunurlar ve kurutma işlemi sırasında oluşan oksidasyon ürünleri gıdaların yapılarında bulunan vitaminler ile reaksiyona girmeleri sonucunda gıdada vitamin kayıplarına neden olmaktadır. Bunların en önemlisi C vitaminindeki kayıplar olarak bilinmektedir (Dadalı 2007).



Şekil 4.6. Kızılıcık Tozlarının Askorbik Asit Miktarı (mg mL)

Kızılıcık tozlarının Askorbik asit içeriği 2,79 ile 3,17 mg mL aralığında bulunmuştur. FMD ve FMFD kurutulan örnekler arasında önemli bir fark bulunmamıştır. Dondurarak kurutulmuş örneklerde ısı hasasiyeti nedeniyle askorbik asidin daha fazla korunduğu düşünülmüştür.

Çalışmamızda FMD ve FMFD kurutulan örnekler arasında önemli bir fark bulunmamıştır.

Karadeniz (2002), taze kıvılcık meyvesinin C vitamini içeriğini 106.3 mg C vitamini/100 g olarak belirlemişlerdir.

Polatoğlu ve Beşe (2017) kıvılcık meyvesini konvektif olarak kurutup kuruma kinetiğini inceledikleri çalışmalarında, taze ve kurutulmuş halde kıvılcık meyvelerinin C vitamini içeriğini incelemişlerdir. Konvektif kurutmada kurutma koşullarına bağlı olarak C vitamini içeriğinin %42 ile %54 aralığında değiştiğini gözlemlemişlerdir. Artan kurutma hava sıcaklığının C vitaminin daha fazla parçalanmasına sebep olduğu görölmüş, ürünlerde C vitamini tutunma oranının 50°C sıcaklıkta %54.3-57.8 aralığında değişirken 70°C için bu değerlerin %45.2 - 50.9 değiştiğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak en az C vitamini bozulmasının 50°C’de 1.0 m/s hava hızında meydana geldiğini, artan hava sıcaklıklarıyla beraber kıvılcık meyvesinde C vitamini bozulmasının arttığını belirlemişlerdir.

Banı (2014) alışmasında kıvılcık meyvesinin infrared ısısı ile kurutulmasında kütle transfer katsayılarını ve vitamin kayıplarını incelemiştir. C vitamini kayıpları ve bazı renk değişimlerini gözlemek için çalışmasını 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600 W infrared kurutma güçlerinde yapmıştır. Son ürün nemini %10 olarak belirlemiş ve kuruma sürelerinin sırasıyla 275, 235, 185, 135, 105, 85, 67 ve 50 dk arasında değiştiğini gözlemlemiştir. İnfrared gücünün kuruma hızıyla doğru orantılı olduğunu tespit etmiş, Kurutulmuş kıvılcık örneklerinin C vitamini değerlerini ise taze örneklere kıyasla daha düşük olduğunu belirtmiş, infrared gücünün kıvılcık meyvesinde C vitamini kayıplarında önemli rol oynadığını tespit etmiştir.

Hassanpour vd. (2011) İran’daki kıvılcık genotiplerinin aktioksidan kapasitesi ve fizikokimyasal özelliklerini incelediği çalışmada genotiplerin Askorbik içeriğinin 183.25–299.5 mg/100 g t.a. değerlerinde değiştiğini tespit etmişlerdir.

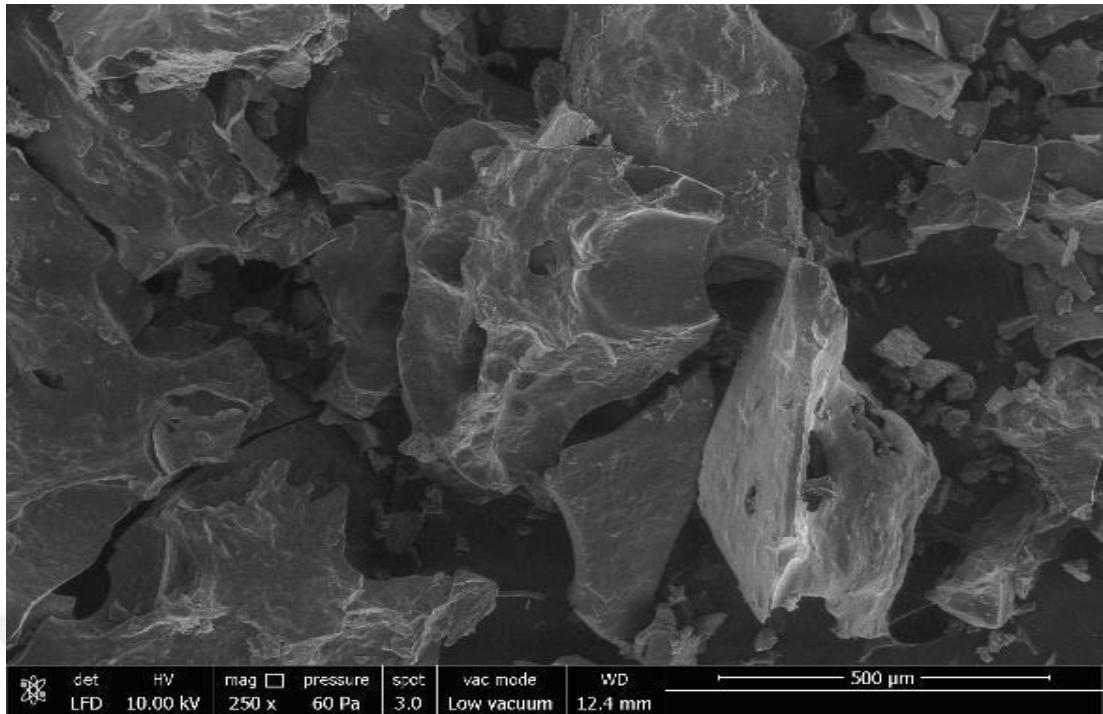
Pantelidis vd. (2007) alışmalarında ahududu, böğürtlen, kırmızı kuş üzümü, Bektaşi üzümü ve kıvılcıkta antioksidan kapasite, fenolik madde, antosiyanin ve Askorbik asit içeriklerini incelemişlerdir. Kıvılcık meyvesi için Askorbik asit içeriği 14 ila 103 mg 100 g⁻¹ t.a. arasında değişmiştir.

4.6. Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope (SEM)) ile Kızılçık Tozlarının Morfolojik Özellikleri

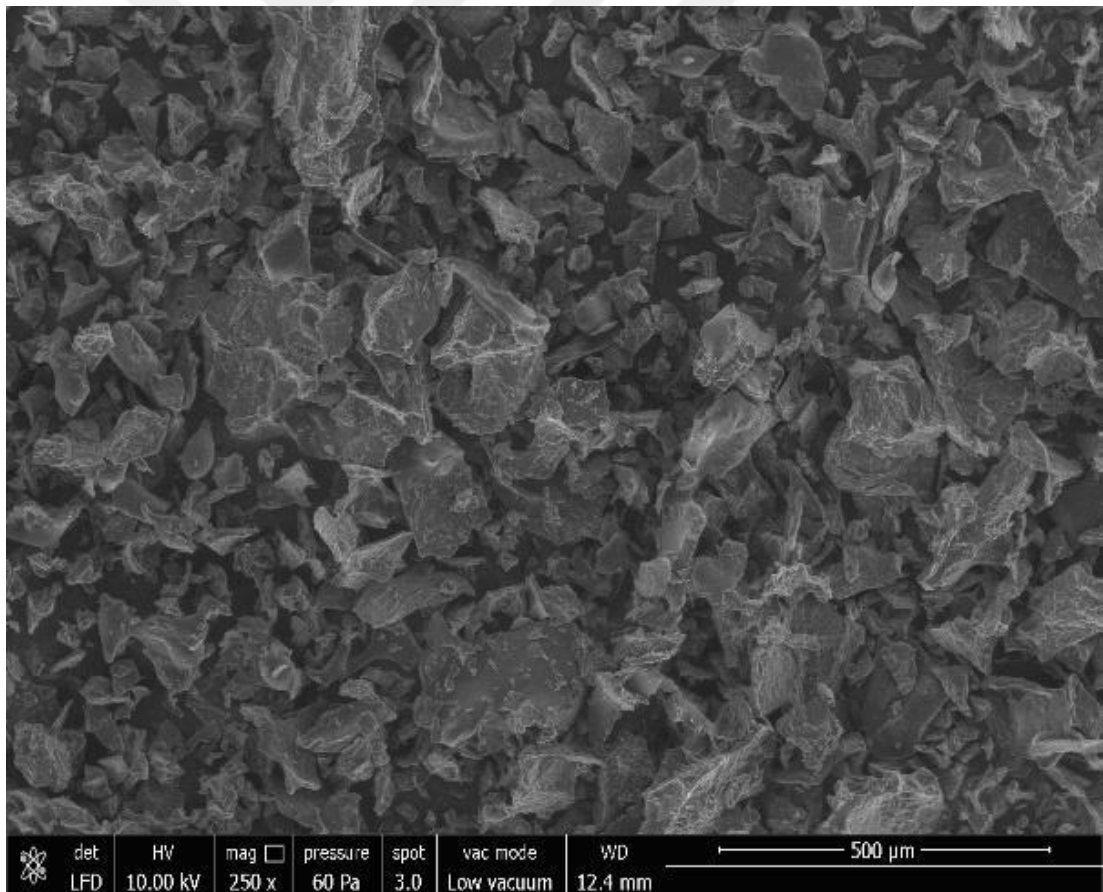
Kurutulan örneklerde SEM sayesinde görüntüler yüksek oranda büyütülerek, uygulanan prosesler doğrultusunda hücre duvarında meydana gelen bozulmalar ve yapısal özelliklerdeki değişiklikler tespit edilebilmektedir.

Köpük kurutma işlemi sırasında uygulanan köpürtme işlemi ve farklı kurutma yönteminin son ürün yapısında değişikliklere neden olacağı düşünülmekte ve bu durumun görüntülenmesi önem taşımaktadır. Literatürde bulunan çalışmalarda dondurarak kurutma tekniğinin kurutma başarısı ve potansiyeli bilinmektedir. Çalışmamızda ise FMFD, FMD toz örneklerin kıyaslanmasını sağlamak amacıyla kızılçık toz örneklerinin SEM görüntüleri görüntülenmiştir.

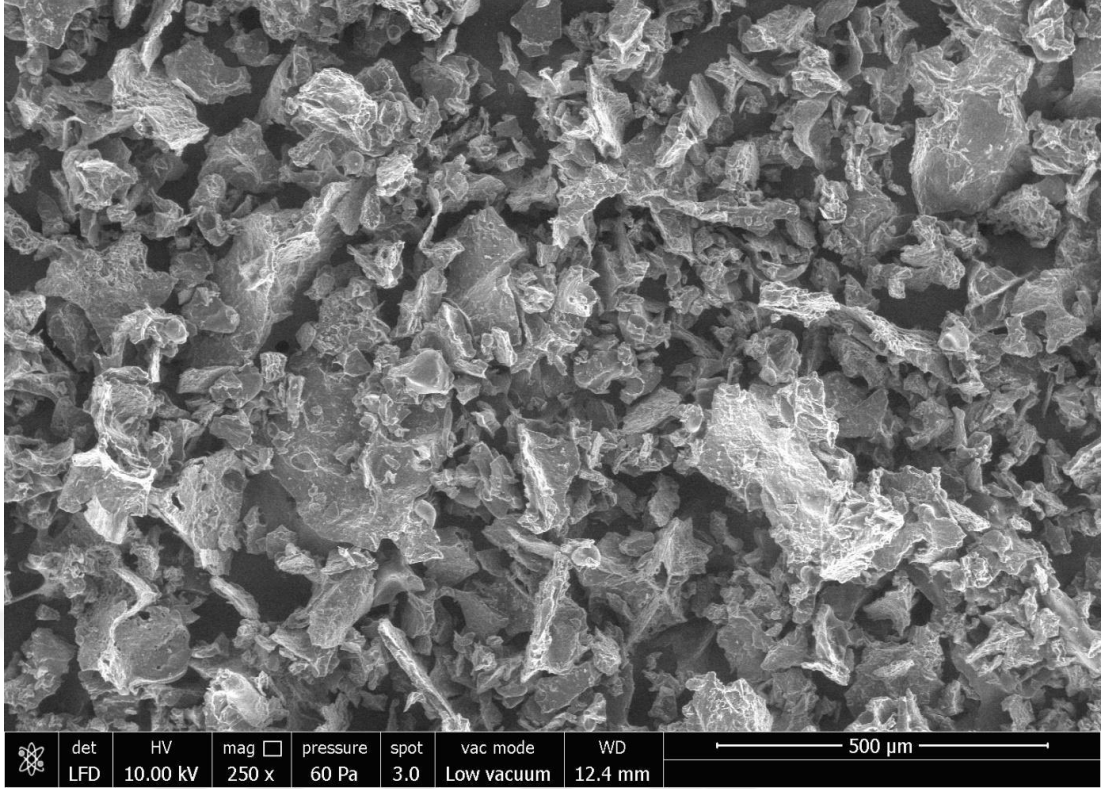
SEM görüntüleri (1000x büyütülmüş), Şekil 4.7’de verilmiştir. SEM görüntüleri incelendiğinde FMD kurutma ile elde edilmiş olan toz partiküllerinin, köpürtücü ajan katkılı FMFD ve köpürtücü ajan katılmadan FMFD kurutma yapılan örneklerle oranla daha büyük partiküller oluşturduğu gözlemlenmiştir. SEM görüntülerinde görüldüğü gibi FMFD toz örneklerin vakum ve düşük sıcaklıklarda çalışılmasından dolayı doku ve hücrelerin büzüşmesi ve birbiri üzerine katlanması FMD toz örneklerle göre daha az seviyededir ve daha iyi parçalanmış ve camsı yapıdadırlar. FMD örneklerde yüksek sıcaklıklardan dolayı suyun da uzaklaşmasıyla birlikte dokularda farklı katlanmalar ve kırılmalar beklenebilmektedir. FMD kurutulan toz örnekleri ve köpürtücü ajan katkılı FMFD kurutulmuş olan toz örneklerin, köpürtücü ajan katkısı olmadan dondurarak kurutulan toz örneklerle oranla daha büyük ve yapışkan parçalara sahip olmasının sebebi olarak yumurta akı tozu görülmektedir. FMFD kurutulmuş toz örnekler ise kendi aralarında kıyaslandığında ise köpürtücü ajan katkısı olmadan kurutulan örneğin daha küçük yapıda olduğu görülmektedir.



a)



b)



Şekil 4.7. Kızılıçık tozlarının SEM görüntüleri (X250) a) FMD-65 b) Liyofilize Sade c) Liyofilize köpük kurutma

Dobooğlu (2012) liyofilizasyonun karadut kurutmadaki potansiyelinin konveksiyonel ve vakumlu kurutma teknikleriyle kıyasladığı çalışmasında, konveksiyonel kurutmada yüksek ısı işlemin etkisiyle birlikte suyun uzaklaşması nedeniyle bu örneklerde yapısal bozulmaların liyofilizasyonla kurutulan örneklerle göre daha fazla olduğunu tespit etmiştir.

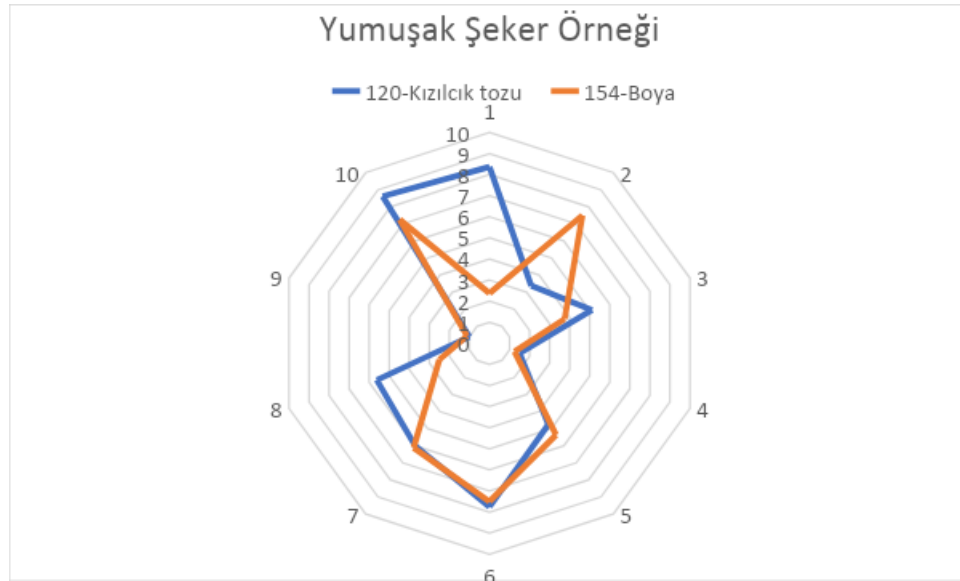
Akar (2017) farklı kurutma teknikleriyle kuruttuğu kivi meyvesinde meydana gelen değişimleri incelediği çalışmasında dondurarak kurutulan örneklerde gözenekli yapının, sıcak hava ve vakumda kurutulan örneklerle oranla daha fazla olduğunu tespit etmiştir. Bunun sebebini dondurarak kuruttukları örneklerde rehidrasyonun ilk anında hızla su çekmesi ile açıklamıştır. Sıcak hava ve vakumda kurutulan kivi örneklerinde ise kivilerin mikro yapılarının benzerlik gösterdiğini belirtmiştir.

4.7. Kızılıcık Tozunun Renklendirici olarak kullanıldığı Model Gıdaların Renk, Antioksidan Analiz ve Duyusal Değerlendirme sonuçları

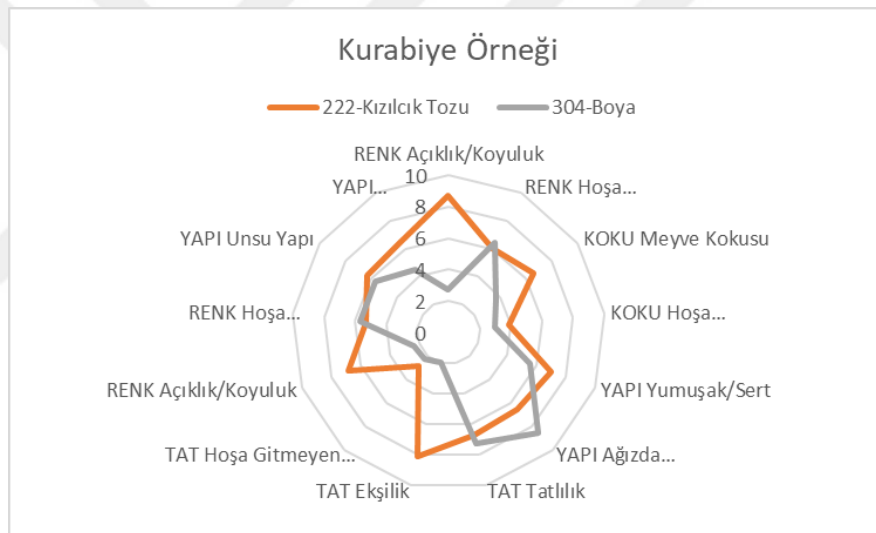
Bu çalışmada farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılıcık tozlarından elde edilen yumuşak şeker ve kurabiye örneklerinde renk, koku, tat ve genel beğenme parametreleri olarak hedonik skala yöntemine göre Ek 1.'de verilen duyusal değerlendirme formu panelistler tarafından değerlendirilmiştir. Panelistler genel beğenme bölümünde 1 (beğenmedim) ve 10 (beğendim)'a kadar farklı puanlar vererek değerlendirmişlerdir. Renk, koku, tat ve yapı özelliklerinde ise 1 (zayıf) ve 10 (kuvvetli)'a kadar puan vererek duyusal değerlendirme analizi yapmışlardır. Yumuşak şeker ve kurabiye örnekleri duyusal açıdan genel beğenme parametrelerine göre değerlendirildiğinde, kontrol örneği olan boyalı yumuşak şeker ve kurabiye örneklerine oranla beğenildiği Şekil 4.8 ve Şekil 4.9 'da görülebilmektedir. Gıda boyası kullanılan örnek berraklık özelliği bakımından yüksek değer alırken, kızılıcık tozu örneğinde meyve kokusu hissedilmiş ve genel beğeni den daha yüksek puan almıştır. Berraklık, Ekşilik, Açıklık-Koyuluk ve Genel Beğeni bakımından örnekler arası farklılık önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Kurabiye örneklerinde ise açıklık/koyuluk, hoş a giden meyve kokusu, yumuşaklık, ağızda dağılabilirlik, tatlılık, ekşilik,

İç kesitte ise açıklık-koyuluk, homojenlik-gözeneklilik gibi duyusal değerlendirme sonuçları istatistik olarak farklı bulunmuştur ($p<0.05$).

Üretilen yumuşak şeker ve kurabiyede kızılıcık tozlarının amacı renk verme olduğundan kullanımı açısından bir sınırlama yoktur. Ancak kızılıcık meyvesinin bileşiminden kaynaklanan ekşi tadın, kullanım oranı arttıkça son üründe daha baskın olarak görülebileceği düşünülmektedir. Bu nedenle duyusal değerlendirmelerde tat, görüntü ve yapı değerlendirmeleri sonucu yumuşak şekerlerde 2 gr, kurabiye de ise 5 gr kızılıcık tozu kullanılmasına karar verilmiştir.



Şekil 4.8. Yumuşak Şeker Örneği Duyusal Analiz Sonuçları



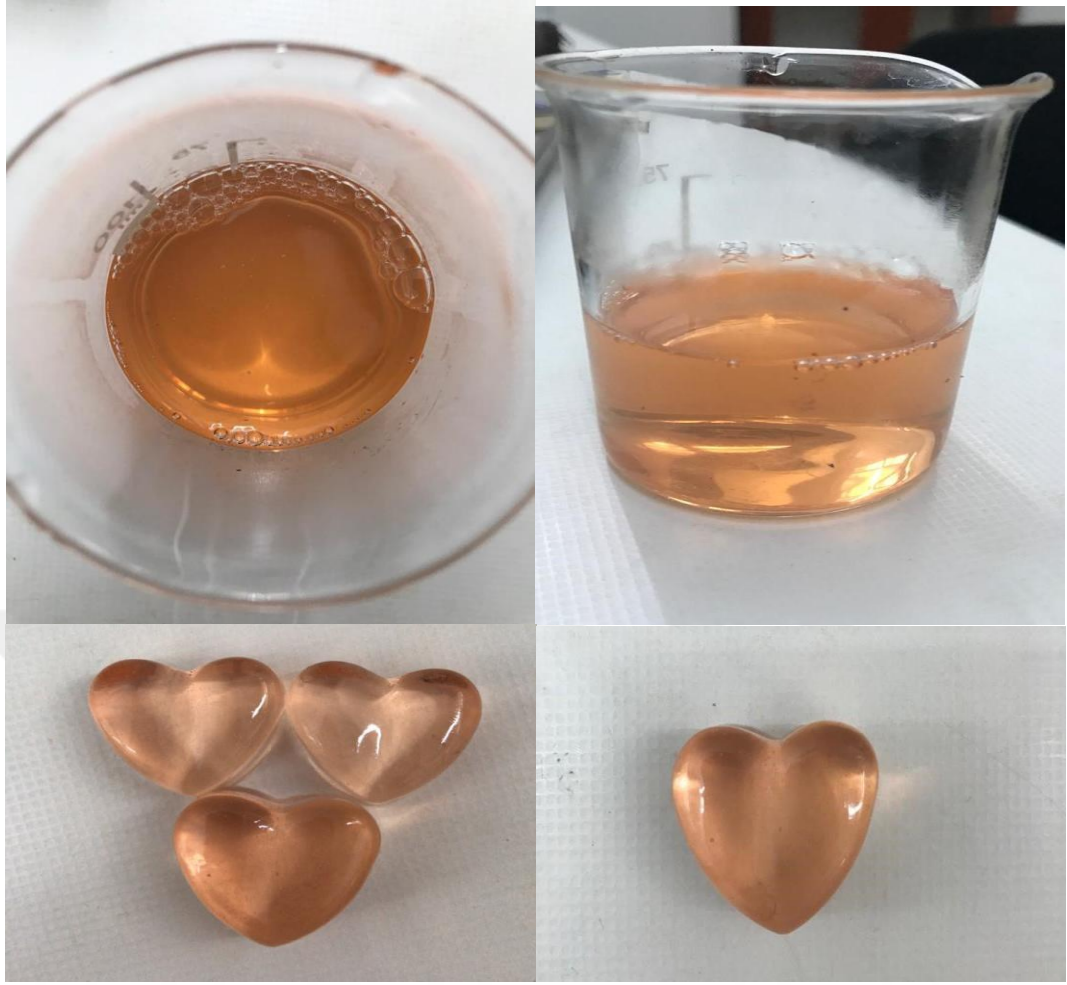
Şekil 4.9. Kurabiye Örneği Duyusal Analiz Sonuçları

4.8. Kızılıkcık Tozlarının Model Gıdada Renklendirici Olarak Kullanımı

Model gıda örnekleri olarak seçilen yumuşak şeker ve kurabiyede kullanılmasının ölçülmesi amaçlanarak 60°C sıcaklıkta köpük kurutma işlemine tabii tutularak elde edilen kızılıkcık tozları renklendirici olarak ilave edilmiştir. Şekil 4.10'da kızılıkcık tozları ilave edilerek elde edilen yumuşak şekerler ve Şekil 4.11'de ise ticari gıda boyası (GB) ilave edilerek elde edilen yumuşak şekerler gözükmemektedir.



Şekil 4.10. Kızılıcıklı Yumuşak Şeker Üretimi



Şekil 4.11. Gıda boyalı (GB) yumuşak şeker üretimi

Şekerlerin L değerleri arasındaki fark önemsiz bulunmuşken, a ve b değerleri arasındaki fark önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Kurabiyelerin dış ve iç kesitleri arasında L ve b değerleri arasındaki fark önemli ($p<0.05$) bulunmuş, a değerleri arasındaki fark önemsiz bulunmuştur.



Şekil 4.12. a) Kızılıcıklı kurabiye üretimi



b) Boyalı Kurabiye Üretimi

Şekil 4.13. Kurabiye Üretimi Örneği

Çalışmamızda gıda boyası içeren yumuşak şekerin TEAC değeri 6,2468 mM TE/g, kıvılcık tozu katkılı yumuşak şekerin TEAC değeri ise 146 mM TE/g bulunmuştur. Gıda boyalı kurabiyelerin TEAC değeri 2,07 mM TE/g, kıvılcık tozu ilaveli kurabiyelerin TEAC değeri 1529 mM TE/g olarak bulunmuştur.

Akpınar (2015) çalışmasında renklendirici olarak kıvılcık meyvesini kullanmış ve Türk lokumu üretimini denemiştir. Bu amaçla ağırlıkça %4.4 ve %12.2 oranlarında kıvılcık pulpu kullanmış, kontrol numunesinde ise sade (katkılandırılmamış) lokumu fabrika şartlarında üretmiştir. Duyusal analizler sonucunda %12.2 kıvılcık pulpu katkılı örneklerin beğenildiğini, bir meyve ile katkılandırılarak doğal tat ve renk kazandırılmış Türk lokumu üretimi gerçekleştirmiştir.

Koç vd. (2012) çalışmalarında siyah havuç suyu konsantresini, akide şekerinde renklendirici olarak kullanmışlar ve monomerik antosiyaninlerin depolama stabilitesini belirlemişlerdir. Üç farklı sıcaklıkta (10, 20 ve 30°C) saklanan renkli şekerlerin monomerik antosiyanin içeriği üzerine depolama sıcaklığı ve süresinin önemsiz bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebini ise siyah havuç suyu konsantresinin yüksek sükröz içeriği, düşük su aktivitesi, düşük pH ve siyah havucun yüksek antosiyanin içeriğine sahip olmasına bağlamışlardır. Sonucunda siyah havuç

suyu konsantresinin akide şekerinde renklendirici olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Özarda (2009) üzüksü meyvelerden elde edilen ekstraktların antioksidan aktivitelerini belirleyerek, meyveli içeceklerde raf ömrüne etkilerini araştırmıştır. Bu amaçla çilek, kuşburnu ve yaban mersini üzümü kullanmış, bu meyve ekstraktlarının meyveli içeceklerin raf ömrüne ve duysal özelliklerine olumlu etkilerinin olduğunu belirlemiştir. Toplam antioksidan aktivite açısından en zengin türün yaban mersini olduğu, meyve ekstrakt ilaveli içeceklerin raf ömrü boyunca yapay koruyucu ilaveli örneklere oranla tercih edilebilirliğinin yüksek olduğunu duysal testlerce tespit etmiştir.

Girgin (2017) çalışmasında ayı üzümünün gıda renklendirici olarak kullanımını araştırmış, bu amaçla ayı üzümü antosiyaninlerinin demir ile şelatlanıp, püskürtmeli kurutucuda kurutarak mavi/mor bir doğal renk maddesi elde etmişlerdir. Depolama boyunca ölçülen renk değişimleri sonucunda sıcaklık ve pH arttıkça renk kaybının arttığını belirlemiştir. Sonuç olarak ayı üzümünden mavi/mor renkli doğal bir renklendirici elde edilip, sentetik esaslı gıda boyalarına bir alternatif olabileceği belirtilmiştir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada köpük kurutma yöntemi ile kızılçık tozu üretimi yapılmıştır. Çalışma kapsamında ilk olarak uygun köpürtme koşulları ve stabilizasyon şartları belirlenmiştir. Yapılan denemeler sonucu en uygun köpürtücü ajanın %0.5 oranında yumurta akı tozu olduğuna karar verilmiştir. Kurutma çalışmaları 60, 65 ve 70°C sıcaklıklarda yapılmıştır. Elde edilen kızılçık tozlarının nem içeriği, su aktivitesi, dağılıbilirlik değeri, rehidrasyon oranı, higroskopisite değerleri, pH, akabilirlik, yığın ve sıkıştırılmış yığın yoğunluk, toplam çözünür kuru madde, kekleşme derecesi ve renk değerlerine bakılmış aynı zamanda biyoaktif özellikleri (toplam fenolik madde içeriği, antioksidan aktivite, toplam monomerik antosiyanin içeriği, askorbik asit içeriği) belirlenmiştir. Elde edilen tozlardan yumuşak şeker ve kurabiye ürünleri elde edilmiştir. Başlangıç yumurta akı tozu katkılı köpük nem içeriği %92.26 olan kızılçık köpüğü, kızılçık tozu olarak %3 nem civarına kadar düşürülmüştür. Kızılçık tozlarının nem içeriği %3.04-6.38 aralığında değişmektedir. En düşük nem içeriği FMD-60°C’de kurutulan toz örneklerde görülmüştür. En yüksek nem içeriğine FMFD kurutulan toz örneklerde rastlanılmıştır. Kızılçık tozlarının su aktivitesi değerleri %0.066-0.179 aralığında değişmektedir. En yüksek su aktivitesi değeri FMFD kurutulan örneklerde görülmüştür. Çalışmamız incelendiğinde elde edilen tozların su aktivitesi değeri literatür ile uyumlu olup, mikrobiyolojik açıdan güvenlidir. Kızılçık tozlarının pH değerlerinin %3 civarında olduğu tespit edilmiştir. Yüksek higroskopisite değerlerine sahip olduğu belirlenen kızılçık tozlarında en yüksek higroskopisite değerlerine FMFD örneklerde rastlanılmıştır. FMD kurutulan toz örneklerle oranla en yüksek L değeri FMFD kurutulan örneklerde görülmüş ve daha yüksek toplam renk değişimi (ΔE) değerine sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Örneklerde toplam fenolik madde miktarı 1662-2801 mg GAE/kg kuru ağırlık aralığında değişmektedir. En yüksek toplam fenolik madde miktarı FMFD örnekte en düşük değer ise FMD-70 örneğinde tespit edilmiştir. En yüksek antioksidan kapasite değerinin FMFD örnekte olduğu görülmüş, FMD örneklerin FMFD kurutulan örneğin antioksidan kapasite değerlerine yakın olduğu tespit edilmiştir. En yüksek DPPH değeri 60°C sıcaklıkta köpük kurutulan örneklerde görülmüş, en düşük DPPH değeri ise FMD-70’de görülmüştür. Toplam monomerik antosiyanin miktarı en düşük FMFD kurutulan örnekte olmakla birlikte en yüksek FMD-65°C kurutulan örnekte olduğu

belirlenmiştir. En yüksek askorbik asit miktarı FMFD kurutulan örnekte olmasına rağmen 60° C sıcaklıkta köpük kurutulan örneğin askorbik asit miktarının FD kurutulan örneğe oldukça yakın olduğu görülmektedir. FMD örneklerde sıcaklığın artmasıyla beraber askorbik asit miktarında düşüş olduğu tespit edilmiştir. Kızılılık tozlarına ait SEM görüntülerine bakıldığında FD olarak kurutulan toz örneklerin vakum ve düşük sıcaklıklarda çalışılmasından dolayı doku ve hücrelerin büzüşmesi ve birbirine üzerine katlanması FMD kurutulan toz örneklerle göre daha az seviyede ve daha iyi parçalanmış ve camsı yapıda olduğu görülmektedir.

FMD kurutulan toz örnekler renk değerleri, toz özellikleri ve biyoaktif özellikler göz önüne alınarak değerlendirildiğinde 60°C’de kurutulan tozlar model gıda örneği olan yumuşak şekerler ve kurabiye yapımına belirli oranlarda eklenerek gıdalarda renklendirici olarak kullanımı değerlendirilmiştir. Gıda boyası içeren yumuşak şekerin TEAC değeri 6,2468 mM TE/g, kızılılık tozu katkılı yumuşak şekerin TEAC değeri ise 146 mM TE/g bulunmuştur. Gıda boyalı kurabiyelerin TEAC değeri 2.07 mM TE/g, kızılılık tozu ilaveli kurabiyelerin TEAC değeri 1529 mM TE/g olarak bulunmuştur. Şekerlerde L değerleri arasındaki fark önemsiz bulunmuşken a ve b değerleri arasındaki fark önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Kurabiye örneklerinin iç ve dış kesitlerinde ise L ve b değerleri arasındaki fark önemli ($p<0.05$) bulunmuştur.

Türkiye’nin anavatanı olduğu ve yabancı ya da kültüre edilmiş olarak üretilen kızılılık meyvesi ve bundan elde edilen kızılılık tozları antosiyanince zengin doğal renk maddesi olarak kullanılabilir yapay gıda boylarına alternatif oluşturabilir. Özellikle kızılılık tozlarını kullanıma uygun olan ürünlerde kullanılarak yapay renk maddesi kullanımı azaltılabilir. Yumuşak şeker ve kurabiye yapımında görüldüğü gibi yüksek renk verme kabiliyeti, yüksek biyoaktif ve fizikokimyasal özellikler ile kızılılık tozları, gıda endüstrisinde fırıncılık ürünlerinde veya çeşitli ürünlerde ara ürün olarak kullanılabilir, doğal renk verme amacıyla renk vermesi sebebiyle kullanılabilir. Kızılılık tozlarının tüketici için alternatif bir doğal renk verme maddesi olmasının yanında, kolay kullanılabilirliği ve fonksiyonel bir ürün olması sebebiyle tercih edilebileceği düşünülmektedir.

Çalışmada elde edilen sonuçlar doğrultusunda FMD kurutma yöntemlerine kıyasla çok sayıda avantajı olan köpük kurutma yöntemi bütün halde kurutulması zor ve uzun

süren kıvılcık meyvesinin toz haline getirilmesi amacıyla uygulanmış ve kıvılcık tozu üretiminde renk, fiziksel özellikler ve biyoaktif içerik bakımından üstün özellikli tozlar kısa kurutma süreleri sonunda elde edilmiştir. Bu sebeple diğer geleneksel yöntemlere kıyasla bu yöntemin işletme maliyeti açısından da avantajlı olacağı düşünülmektedir. Yapılacak ileri çalışmalarda maliyet hesaplamaları yapılabilir, farklı köpürtme ajanları ve kurutma yöntemleri ile ürün kalitesini geliştirmek hedeflenebilir.

Bu tez çalışması kıvılcık meyvesinin köpük kurutulması ile ilgili ilk çalışmadır. Kıvılcık meyvesinden köpük kurutma yöntemiyle üretilen kıvılcık tozunun, çeşitli gıdalarda renklendirici olarak kullanılmasıyla sağlıklı gıda arayışında olan tüketici tarafından tercih edilebilecek, duysal özellikleri yüksek fonksiyonel bir bileşen ile zenginleştirilmiş ürünler geliştirilebilir. Endüstriyel uygulamalarda bu yöntemlerle üretilen kıvılcık tozu farklı gıda ürünlerinde renklendirici olarak kullanılabilir, aynı zamanda bu ürünün kıvılcık meyvesinin biyoaktif içeriği açısından gıda teknolojisinde ve eczacılık sektöründe değerli olabileceği düşünülmektedir.

Yapılan bu çalışmayla biyoaktif özellikler bakımından üstün, yapay gıda renklendiricilerine duysal özellikler bakımından alternatif olabilecek tozlar üretilmiştir. Köpük kurutma yöntemi kıvılcık tozu üretiminde dondurarak kurutma yöntemine göre kısa kurutma süreleriyle daha ekonomik ve kolay uygulanabilen bir yöntem olarak önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Abbasi, E., & Azizpour, M. (2016). Evaluation of physicochemical properties of foam mat dried sour cherry powder. *LWT-Food Science and Technology*, 68, 105-110.
- Adamenko, K., Kawa-Rygielska, J., Kucharska, AZ ve Piórecki, N. (2018). Kızılcık meadlerinde biyolojik olarak aktif bileşiklerin özellikleri. *Moleküller* , 23 (8), 2024.
- Akar, G. (2017). Farklı Kurutma Teknikleri İle Kurutulan Kivi Meyvesinin Bazı Kalite Özellikleri İle Askorbik Asit ve Renk Değişim Kinetiğinin Belirlenmesi (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Akpınar, E. (2015). Türk lokumu üretiminde kıızılcık (ergen) meyvesinin doğal renklendirici olarak kullanılması ve depolama stabilitesinin araştırılması (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Aktaş, A. (2012). LC-ESI-MS and On-line HPLC-ABTS yöntemleriyle belirlenen gilaburu, kıızılcık, kokulu üzüm ve karayemiş meyvelerinin biyoaktif fenolik bileşimi (Doctoral dissertation, Karadeniz Teknik Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü/Kimya Bölümü/Kimya Anabilim Dalı).
- Anttonen, MJ ve Karjalainen, RO (2005). Kırmızı ahudududaki fenolik bileşiklerin çevresel ve genetik varyasyonu. *Journal of Food Bileşimi ve Analizi* , 18 (8), 759-769.
- Arzhavitina, A., & Steckel, H. (2010). Foams for pharmaceutical and cosmetic application. *International Journal of Pharmaceutics*, 394(1-2), 1-17.
- Auisakchaiyoung, T. ve Rojanakorn, T. (2015). Köpük-mat kurutma koşullarının kurutulmuş Gac meyvesi (*Momordica cochinchinensis*) aril kalitesine etkisi. *Uluslararası Gıda Araştırmaları Dergisi* , 22 (5), 2025.
- Aydın, S. (2012). Elazığ yöresinde yetişen dut, kıızılcık, kiraz ve ceviz meyvelerinin antioksidan kapasiteleri ve bazı deney modellerinde oluşturulan oksidatif stres üzerine etkilerinin incelenmesi.
- Azizpour, M., Mohebbi, M., Khodaparast, MHH ve Varidi, M. (2013). Karideslerin köpük mat kurutma: köpüğün karakterizasyonu ve kuruma kinetiği. *Ziraat Mühendisliği Uluslararası: CIGR Dergisi* , 15 (3), 159-165.
- Ballistreri, G., Continella, A., Gentile, A., Amenta, M., Fabroni, S., & Rapisarda, P. (2013). Fruit quality and bioactive compounds relevant to human health of sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars grown in Italy. *Food chemistry*, 140(4), 630-638.
- Banı, A. (2014). Kızılcığın infrared ısısı ile muhafazasında kütle transfer katsayılarının ve vitamin kayıplarının incelenmesi (Yüksek lisans tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).

- Bendary, E., Francis, RR, Ali, HMG, Sarwat, MI ve El Hady, S. (2013). Bazı fenolik ve anilin bileşiklerinin antioksidan ve yapı-aktivite ilişkileri (SAR). *Tarım Bilimleri Annals* , 58 (2), 173-181.
- Bobinaitė, R., Viškelis, P., & Venskutonis, P. R. (2012). Variation of total phenolics, anthocyanins, ellagic acid and radical scavenging capacity in various raspberry (*Rubus* spp.) cultivars. *Food Chemistry*, 132(3), 1495-1501.
- Branco, I. G., Kikuchi, T. T., Argandoña, E. J. S., Moraes, I. C. F., & Haminiuk, C. W. I. (2016). Drying kinetics and quality of uvaia (*Hexachlamys edulis* (O. Berg)) powder obtained by foam-mat drying. *International Journal of Food Science & Technology*, 51(7), 1703-1710.
- Brar, A. S. (2018). *Optimization of Foam-mat Drying process for Peaches* (Doctoral dissertation, University of Guelph).
- Brindza, P., Brindza, J., Tóth, D., Klimenko, S. V., & Grigorieva, O. (2006, October). Biological and commercial characteristics of cornelian cherry (*Cornus mas* L.) population in the Gemer region of Slovakia. In *I International Symposium on Pomegranate and Minor Mediterranean Fruits 818* (pp. 85-94).
- Cakmakci, S., & Tosun, M. (2010). Characteristics of mulberry pekmez with Cornelian cherry. *International Journal of Food Properties*, 13(4), 713-722.
- Carmen Recio, M., Giner, RM, Manez, S., & Ríos, JL (1994). Anti-inflamatuar ajanlar olarak iridoidler üzerine yapısal düşünceler. *Planta medica* , 60 (03), 232-234.
- Celik, S., Bakırcı, I., & Şat, I. G. (2006). Physicochemical and organoleptic properties of yogurt with cornelian cherry paste. *International Journal of Food Properties*, 9(3), 401-408.
- Cemeroğlu, B., & Özkan, M. (2009). Kurutma teknolojisi, Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. *Cemeroğlu ve Özkan (ed), Bizim Grup Basımevi*, 479-620.
- Cosmulescu, SN, Trandafir, I., & Cornescu, F. (2019). Kızılcık (*Cornus mas* L.) yabani genotiplerinin antioksidan kapasitesi, toplam fenoller, toplam flavonoidler ve renk bileşenleri. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* , 47 (2), 390-394.
- Czerwinska, M. E., & Melzig, M. F. *Cornus mas* and *Cornus officinalis*-Analogies and Differences of Two Medicinal Plants Traditionally Used. *Front Pharmacol.* 2018; 9.
- Çınar, İ., & Erafşar, F. K. (2018). Köpük Kurutma Tekniğinin Meyve ve Sebze İşlemede Kullanımı. *Trakya Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(2), 89-100.
- De B, M., Donno, D., Mellano, MG, Riondato, I., Rakotoniaina, EN ve Beccaro, GL (2018). Doğal sağlığı geliştirici bileşiklerin potansiyel bir kaynağı olarak *Cornus mas* (L.) meyvesi: Biyoaktif bileşenlerin fiziko-kimyasal karakterizasyonu. *İnsan Beslenmesi için Bitkisel Besinler* , 73 (2), 89-94.

- Dehghannya, J., Pourahmad, M., Ghanbarzadeh, B., & Ghaffari, H. (2018). Heat and mass transfer modeling during foam-mat drying of lime juice as affected by different ovalbumin concentrations. *Journal of Food Engineering*, 238, 164-177.
- Demir, F., & Kalyoncu, I. H. (2003). Some nutritional, pomological and physical properties of cornelian cherry (*Cornus mas* L.). *Journal of Food Engineering*, 60(3), 335-341.
- Demir, H. (2002). Bazı yabancı meyve türlerinin besin değerlerinin belirlenmesi üzerinde bir araştırma. *Bahçe*, 31(1).
- Didin, M., Kızılaslan, A., & Fenercioğlu, H. (2000). Malatya'da Yetiştirilen Bazı Kızılcık Çeşitlerinin Nektara İşlenmeye Uygunluklarının Belirlenmesi Üzerinde bir Araştırma. *Gıda*, 25(6).
- Djaeni, M., Prasetyaningrum, A., Sasongko, SB, Widayat, W., & Hii, CL (2015). Karagenan için yumurta akı ile köpük mat kurutma uygulaması: kuruma hızı ve ürün kalitesi yönleri. *Gıda bilimi ve teknolojisi dergisi*, 52 (2), 1170-1175.
- Dobooğlu, H. (2012). *Liyofilizasyonun karadut (Morus nigra) kurutmadaki potansiyelinin konveksiyonel ve vakumlu kurutma teknikleriyle kıyaslanarak belirlenmesi* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Dokoupil, L. ve Řezníček, V. (2012). Kızılcık kirazının üretimi ve kullanımı – *Cornus mas* L. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 60 (8), 49-58.
- Du, C. T., & Francis, F. J. (1973). Anthocyanins from *Cornus mas*. *Phytochemistry*, 12(10), 2487-2489.
- Elgin, Ş. (2019). Kızılcık (*cornus mas*) ekstresi ilaveli pişirilmiş köftelerin donmuş muhafazası içinde fizikokimyasal özelliklerinin incelenmesi (Yüksek Lisans tezi)
- Erbay, B., Küçüköner, E., 2008. Gıda Endüstrisinde Kullanılan Farklı Kurutma Sistemleri. Türkiye 10. Gıda Kongresi Erzurum. 1045-1046.
- Ergezer, H., Gökçe, R., Elgin, Ş., & Akcan, T. (2018). Kızılcık (*Cornus mas* L.) ekstraktı kullanımının sucuk kalite karakteristikleri üzerine etkisi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(7), 1376-1381.
- Ermiş, E., Güneş, R., & Zent, İ. (2018). Bazı Model Toz Gıdaların Akışkanlığına ve Sıkıştırılabilirliğine Partikül Boyutunun Etkisinin PFT Toz Akışı Test Cihazı Kullanılarak Belirlenmesi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji dergisi*.
- Ersoy, N., Bağcı, Y., & Gök, V. (2011). Antioxidant properties of 12 cornelian cherry fruit types (*Cornus mas* L.) selected from Turkey. *Scientific Research and Essays*, 6(1), 98-102.
- Falade, KO ve Okocha, JO (2012). Muzun köpükle kurutulması ve muzun pişirilmesi (*Musa spp.*). *Gıda ve Biyoproses Teknolojisi*, 5 (4), 1173-1180

- Fernandes, SS, Coelho, MS ve de las Mercedes Salas-Mellado, M. (2019). Fonksiyonel gıdaların bileşenleri olarak biyoaktif bileşikler: polifenoller, karotenoidler, hayvan ve bitki kaynaklarından yeni peptitler. *Biyoaktif bileşiklerde* (s . 129-142). Woodhead Yayıncılık.
- Gao, R., Xue, L., Zhang, Y., Liu, Y., Shen, L., & Zheng, X. (2022). Production of blueberry pulp powder by microwave-assisted foam-mat drying: Effects of formulations of foaming agents on drying characteristics and physicochemical properties. *LWT*, 154, 112811.
- Gaštoł, M., Krośniak, M., Derwisz, M., & Dobrowolska-Iwanek, J. (2013). Cornelian cherry (*Cornus mas* L.) juice as a potential source of biological compounds. *Journal of Medicinal Food*, 16(8), 728-732.
- Geankoplis, C. J., 2015. Taşınma Süreçleri ve Ayırma Süreci İlkeleri. İzmir Cüven Kitabevi Ltd. Şti. 1052 s,İzmir
- Gülçin, İ., Beydemir, Ş., Şat, G., & Küfrevioğlu, Ö. İ. (2005). Evaluation of antioxidant activity of cornelian cherry (*Cornus mas* L.). *Acta alimentaria*, 34(2), 193-202.
- Gündüz, K., Saraçoğlu, O., Özgen, M., & Serçe, S. (2013). Kızılcık meyvelerinin (*Cornus mas* L.) farklı olgunluk aşamalarında antioksidan, fiziksel ve kimyasal özellikleri. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus* , 12 (4), 59-66.
- Güngör, A., & Özbalt, N. (1997). Endüstriyel kurutma sistemleri. *Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*, 14.
- Hardy, Z., & Jideani, V. A. (2017). Foam-mat drying technology: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(12), 2560-2572.
- Hassanpour, H., Hamidoghli, Y., & Samizadeh, H. (2013). Estimation of genetic diversity in some Iranian cornelian cherries (*Cornus mas* L.) accessions using ISSR markers. *Biochemical systematics and ecology*, 48, 257-262.
- Holdsworth, S. M. (1986). Advances in the dehydration of fruits and vegetables, Concentration and Drying of Foods (D. Mac Carthy ed.).
- Hoskin, RT, Xiong, J., Esposito, DA ve Lila, MA (2019). Yaban mersini polifenol-protein gıda bileşenleri: spre kurutmanın in vitro antioksidan aktivite, anti-inflamatuar belirteçler, glikoz metabolizması ve fibroblast göçü üzerindeki etkisi. *Gıda kimyası* , 280 , 187-194.
- Ivanova, M., Petkova, N., Balabanova, T., Ognyanov, M., & Vlaseva, R. (2018). Food Design Of Dairy Desserts With Encapsulated Cornelian Cherry, Chokeberry and Blackberry Juices. *Annals of the University Dunarea de Jos of Galati Fascicle VI--Food Technology*, 42(1).
- Pellicer, J. A., Fortea, M. I., Trabal, J., M. I. RodríguezLópez, J. A. Gabaldon, and E. Núñez-Delicado, Stability of microencapsulated strawberry flavour by spray drying, freeze drying and fluid bed. *Powder Technology*, 347, 179–185,

- Jaya, S., Das, H. 2005. Accelerated storage, shelf life and color of mango powder. *J. Food Processing and Preservation* 29: 45–62.
- Jiang, WL, Zhang, SP, Hou, J., & Zhu, HB (2012). Loganinin deneysel diyabetik nefropati üzerine etkisi. *Bitkisel Tıp* , 19 (3-4), 217-222.
- Jiménez-Aguilar, D. M., Ortega-Regules, A. E., Lozada-Ramírez, J. D., Pérez-Pérez, M. C. I., Vernon-Carter, E. J., & Welte-Chanes, J. (2011). Color and chemical stability of spray-dried blueberry extract using mesquite gum as wall material. *Journal of food composition and analysis*, 24(6), 889-894.
- Kadam, D. M., & Balasubramanian, S. (2011). Foam mat drying of tomato juice. *Journal of food processing and preservation*, 35(4), 488-495.
- Kandasamy, P., Varadharaju, N., Kalemullah, S., & Maladhi, D. (2014). Papaya hamurunun köpükle kurutulması için proses parametrelerinin optimizasyonu. *Gıda bilimi ve teknolojisi dergisi* , 51 (10), 2526-2534.
- Kara, R. N. (2021). *Köpük Kurutma Yöntemiyle Nar Suyu Tozu Üretiminde Saponinlerin Kullanılabilirliğinin Araştırılması* (Doctoral dissertation, Necmettin Erbakan University (Turkey)).
- Karadeniz, T. (2019). Ordu Yöresinde Yetişen Kızılcıkların (*Cornus mas L.*) Seleksiyon Yoluyla Islahı Üzerine Araştırmalar . *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi* , 1 (2) , 1-5 . Retrieved from
- Karagül, M. S., & Altuntaş, B. (2018). Liyofilizasyon: genel proses değerlendirmesi. *Etlik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi*, 29(1), 62-69
- Karınca, M. (2011). *Vitamin ve mineraller ile zenginleştirilmiş yumuşak şekerleme (jelly) üretiminin optimizasyonu* (Doctoral dissertation, Bursa Uludag University (Turkey)).
- Karim, A. ve Wai, CC (1999). Yıldız meyvesi (*Averrhoa carambola L.*) püresinin köpükle kurutulması. Kararlılık ve hava kurutma özellikleri. *Gıda Kimyası* , 64 (3), 337-343.
- Khamjae, T. ve Rojanakorn, T. (2018). Çarkıfelek meyvesinin köpük mat kurutması. *Uluslararası Gıda Araştırmaları Dergisi* , 25 (1), 204-212
- Kılıç, F. (2022). Köpük ve Konvektif Kurutma Yöntemleri ile Elde Edilen Balkabağı (*Cucurbita Moschata*) Tozlarının Bisküvi ve Kek Üretiminde Kullanım Olanaklarının Araştırılması (Master's thesis, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Kilmanoğlu, S. (2010). *Kızılcık ve karayemişin fenolik madde içeriği ve antimikrobiyel aktiviteleri üzerine bir çalışma* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Koç, B. E., Türkyılmaz, M., & Özkan, M. (2012). Siyah Havuç Suyu Konsantresinin Akide Şekerlerinde Renklendirici Olarak Kullanılması ve Monomerik Antosiyaninlerin Depolama Stabilitésinin Belirlenmesi. *Academic Food Journal/Akademik GIDA*.

- Krośniak, M., Gąstoł, M., Szałkowski, M., Zagrodzki, P., & Derwisz, M. (2010). Kızılcık (*Cornus mas* L.) insan diyetinde mineral kaynağı olarak meyve suları. *Toksikoloji ve Çevre Sağlığı Dergisi, Bölüm A* , 73 (17-18), 1155-1158.
- Kucharska, A. Z., Kowalczyk, K., Nawirska-Olszanska, A., Solol-Letowska, A., & Przyrodniczy, U. W. U. (2010). Effect of chokeberry, strawberry, and raspberry added to cornelian cherry purée on its physical and chemical composition. *Zywnosc Nauka Technologia Jakosc (Poland)*.
- Li, TS, Sulaiman, R., Rukayadi, Y., & Ramli, S. (2021). Arap zmkı konsantrasyonlarının, kavun köpük mat kurutmasının köpük özellikleri, kuruma kinetiğı ve fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi. *Gıda Hidrokolloidleri* , 116 , 106492.
- Lomakina, K., Mikova, K., 2006. A study of the Factors Affecting the Foaming Properties of Egg White - A Review. *Czech Journal of Food Sciences*, 24(3), 110–118.
- Mamedov, N., & Craker, LE (2002, Ağustos). Kızılcık kirazı: bitki tıbbı için olası bir kaynak. XXVI Uluslararası Bahçivanlık Kongresinde : *Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Geleceğı* 629 (s. 83-86).
- Milenkovic-Andjelkovic, A., Andjelkovic, M., Radovanovic, A., Radovanovic, B., & Nikolic, V. (2015). Phenol composition, DPPH radical scavenging and antimicrobial activity of cornelian cherry (*Cornus mas*) fruit and leaf extracts. *Hem Ind* 69: 331–337. doi. org/10.2298/HEMIN D, 1402, 16046.
- Nawirska-Olszanska, A., Kucharska, A., Sokol-Letowska, A., & Biesiada, A. (2010). Quality assessment of pumpkin jams enriched with japanese quince, cornelian cherry and strawberries. *Zywnosc Nauka Technologia Jakosc (Poland)*.
- Ng, M. L., & Sulaiman, R. (2018). Development of beetroot (*Beta vulgaris*) powder using foam mat drying. *Lwt*, 88, 80-86.
- Okan, O. T., Varlıbaş, H., Mehmet, Ö. Z., & Deniz, İ. (2013). Antioksidan analiz yöntemleri ve doğu karadeniz bölgesinde antioksidan kaynağı olarak kullanılabilecek odun dışı bazı bitkisel ürünler. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 13(1), 48-59.
- Osama, K., Younis, K., Qadri, OS, Parveen, S., & Siddiqui, MH (2022). Köpük mat kurutma kullanılarak az kullanılan kadam (*Neolamarkia cadamba*) tozunun geliştirilmesi. *LWT* , 154 , 112782.
- Özarda, Ö. (2009). Üzümsü meyvelerden elde edilen ekstraktların antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi ve meyveli içeceklerdeki raf ömrüne etkisi (Master's thesis, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Özçelik, M., Heigl, A., Kulozik, U., Ambros, S., 2019. Effect of Hydrocolloid Addition and Microwave Assisted Freeze Drying on the Characteristics of Foamed Raspberry Puree. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2-10

- Pantelidis, G. E., Vasilakakis, M., Manganaris, G. A., & Diamantidis, G. R. (2007). Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and Cornelian cherries. *Food chemistry*, 102(3), 777-783.
- Poschner, S., Maier-Salamon, A., Thalhammer, T., & Jäger, W. (2019). Resveratrol ve diğer diyet polifenolleri, insan meme kanseri hücrelerinde östrojen metabolizmasının inhibitörleridir. *Steroid Biyokimya ve Moleküler Biyoloji Dergisi* , 190 , 11-18.
- Raharitsifa, N., Genovese, DB ve Ratti, C. (2006). Yumurta akı proteini ve metilselüloz ile hazırlanan köpük mat kurutma için elma suyu köpüklerinin karakterizasyonu. *Gıda Bilimi Dergisi* , 71 (3), E142-E151.
- Ribarova, F., Atanassova, M., Marinova, D., Ribarova, F., & Atanassova, M. (2005). Total phenolics and flavonoids in Bulgarian fruits and vegetables. *JU Chem. Metal*, 40, 255-260.
- Rop, O., Mlcek, J., Kramarova, D., & Jurikova, T. (2010). İnsan beslenmesi için yeni bir besin kaynağı olarak seçilmiş kıvılcık çeşitleri (Cornus mas L.). *Afrika Biyoteknoloji Dergisi* , 9 (8).
- Rosu, CM, Olteanu, Z., Truta, E., Ciornea, E., Manzu, C., & Zamfirache, MM (2011). Rosa spp.'nin besin değeri. L. ve Cornus mas L. meyveleri, depolama koşullarından etkilenir. *Deneysel ve Moleküler Biyoloji Dergisi* , 12 (4), 147.
- Sagar, V. R., & Suresh Kumar, P. (2010). Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review. *Journal of food science and technology*, 47(1), 15-26.
- Salahi, MR, Mohebbi, M., & Taghizadeh, M. (2015). Kavun (Cucumis melo) Köpük-Mat Kurutma: Köpürme Parametrelerinin Optimizasyonu ve Kuruma Özelliklerinin Araştırılması. *Gıda işleme ve muhafaza dergisi* , 39 (6), 1798-1808.
- Sankat, C. K., & Castaigne, F. (2004). Foaming and drying behaviour of ripe bananas. *LWT-Food Science and Technology*, 37(5), 517-525.
- Santhalakshmy, S., Bosco, S. J. D., Francis, S., & Sabeena, M. (2015). Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. *Powder Technology*, 274, 37-43.
- Shaari, NA, Sulaiman, R., Rahman, RA ve Bakar, J. (2018). Köpük mat kurutma kullanılarak ananas meyvesi (Ananas comosus) tozu üretimi: Çırpma süresi ve yumurta ak konsantrasyonunun etkisi. *Gıda işleme ve muhafaza dergisi* , 42 (2), e13467
- Sochor, J., Jurikova, T., Ercisli, S., Mlcek, J., Baron, M., Balla, S., ... & Necas, T. (2014). Characterization of cornelian cherry (Cornus mas L.) genotypes-genetic resources for food production in Czech Republic. *Genetika*, 46(3), 915-924.

- Sozański, T., Kucharska, AZ, Rapak, A., Szumny, D., Trocha, M., Merwid-Ląd, A., ... & Szeląg, A. (2016). Cornus mas meyvelerinden (kızılcık kirazı) antosiyaninlere karşı iridoid-loganik asit: diyetle ilgili ateroskleroz, PPAR ekspresyonu ve iltihaplanma üzerinde ortak ve farklı etkiler. *Ateroskleroz* , 254 , 151-160
- Szczepaniak, O., Cielecka-Piontek, J., & Kobus-Cisowska, J. (2021). Cornus mas çeşitlerinin hipoglisemik, antioksidan ve fitokimyasal değerlendirilmesi. *Avrupa Gıda Araştırma ve Teknolojisi* , 247 (1), 183-191.
- Szczepaniak, OM, Kobus-Cisowska, J., Kusek, W., & Przeor, M. (2019). Kızılcık kirazının (Cornus mas L.) fonksiyonel özellikleri: Kapsamlı bir inceleme. *Avrupa Gıda Araştırma ve Teknolojisi* , 245 (10), 2071-2087.
- Tan, S. L., & Sulaiman, R. (2020). Color and rehydration characteristics of natural red colorant of foam mat dried Hibiscus sabdariffa L. powder. *International Journal of Fruit Science*, 20(1), 89-105.
- Tontul, İ., F. Ergin, E. Eroğlu, A. Küçükçetin, and A. Topuz, Physical and microbiological properties of yoghurt powder produced by refractance window drying. *International Dairy Journal*, 85, 169–176, 2018.
- Tural, S., & Koca, I. (2008). Physico-chemical and antioxidant properties of cornelian cherry fruits (Cornus mas L.) grown in Turkey. *Scientia Horticulturae*, 116(4), 362-366.
- Varhan, E., Elmas, F., & Koç, M. (2019). İncir meyvesinin köpük matla kurutulması: İncir tozunun köpük bileşiminin ve fizikokimyasal özelliklerinin optimizasyonu. *Gıda İşleme Mühendisliği Dergisi* , 42 (4), e13022.
- Yılmaz, KU, Ercişli, S., Zengin, Y., Şengül, M., & Kafkas, EY (2009). Kızılcık (Cornus mas L.) genotiplerinin fiziko-kimyasal özellikleri için ön karakterizasyonu. *Gıda kimyası* , 114 (2), 408-412.
- Zayas, J. F. (1997). Foaming properties of proteins. In *Functionality of proteins in food* (pp. 260-309). Springer, Berlin, Heidelberg.

EKLER

EK A. Duyusal Değerlendirme Formları



Panelist Adı:

Tarih:

Duyusal Değerlendirme Formu

Deney Adı: Farklı renklendiriciler kullanılarak üretilen kurabiyeler için duyusal değerlendirmesi

1. Testimiz; tanımlayıcı analiz testidir. Testimizde ürün ile ilgili tat, koku, görünüş, renk ve aroma başlıkları altında spesifik tanımlayıcı kelimeler yer almaktadır.
2. Her başlığın altında ürün için **tanımlayıcı kelime** belirtilmiştir. Aşağıda 10 puanlı skala kullanılmıştır. Örnek üzerindeki kodları kullanarak skala üzerinde belirtiniz.
3. Örnekler arasında ağzınızı su ile çalkayınız ve bekleyiniz.

RENK/GÖRÜNÜŞ – KURABIYENİN DIŞI İÇİN

Renk

Açık

Koyu

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

KOKU

Meyve Kokusu

Zayıf

Kuvvetli

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Hoşa Gitmeyen Koku

Zayıf

Kuvvetli

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

YAPI

Yumuşak

Sert

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Çiğnenebilirlik

Zayıf

Kuvvetli

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

TAT

Tatlılık
Zayıf
Kuvvetli

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Ekşilik
Zayıf
Kuvvetli

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Hoşa Gitmeyen Tat
Zayıf
Kuvvetli

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

RENK/GÖRÜNÜŞ – KURABIYENİN İÇİ İÇİN

Renk
Açık
Koyu

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

YAPI

Unsu Yapı
Sert

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Homojenlik
Zayıf
Kuvvetli

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

GENEL DEĞERLENDİRME

Beğenmedim
Beğendim

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Panelist Adı:

Tarih:

Duyusal Değerlendirme Formu

Deney Adı: Farklı renklendiriciler kullanılarak üretilen jelly şekerlerin duyusal değerlendirmesi

1. Testimiz; tanımlayıcı analiz testidir. Testimizde ürün ile ilgili tat, koku, görünüş, renk ve aroma başlıkları altında spesifik tanımlayıcı kelimeler yer almaktadır.
2. Her başlığın altında ürün için **tanımlayıcı kelime** belirtilmiştir. Aşağıda 10 puanlı skala kullanılmıştır. Örnek üzerindeki kodları kullanarak skala üzerinde belirtiniz.
3. Örnekler arasında ağzınızı su ile çalkayınız ve bekleyiniz.

RENK/GÖRÜNÜŞ

Renk

Açık

Koyu

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Berraklık

Bulanık

Berrak

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

KOKU

Meyve Kokusu

Zayıf

Kuvvetli

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Hoşagitmeyen Koku

Zayıf

Kuvvetli

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

YAPI

Yumuşak

Sert

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Çiğnenebilirlik

Zayıf

Kuvvetli

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

TAT

Tatlılık
Zayıf
Kuvvetli

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Ekşilik
Zayıf
Kuvvetli

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Hoşsa Gitmeyen Tat
Zayıf
Kuvvetli

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

GENEL DEĞERLENDİRME

Beğenmedim
Beğendim

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10