



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü



**AYVA (*Cydonia oblonga*), KİVİ (*Actinidia deliciosa*) ve
BALKABAĞI (*Cucurbita moschata*) PÜRELERİNE
MALTODEKSTRİN EKLENEREK FARKLI
KURUTMA YÖNTEMLERİ ve BU YÖNTEMLERİN
KOMBİNASYONLARI ile KURUTULMASI**

Yüksek Lisans Tezi

Özle ÜNLÜEROĞLUGİL

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

İzmir
2020

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

**AYVA (*Cydonia oblonga*), KIVI (*Actinidia
deliciosa*) ve BALKABAĞI (*Cucurbita moschata*)
PÜRELERİNE MALTODEKSTRİN
EKLENEREK FARKLI KURUTMA
YÖNTEMLERİ ve BU YÖNTEMLERİN
KOMBİNASYONLARI ile KURUTULMASI**

Özle ÜNLÜEROĞLUGİL

Danışman: Doç. Dr. Safiye Nur DİRİM

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Yüksek Lisans Programı

İzmir

2020

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “**Ayva (*Cydonia oblonga*), kivi (*Actinidia deliciosa*) ve balkabağı (*Cucurbita moschata*) pürelerine maltodekstrin eklenerek farklı kurutma yöntemleri ve bu yöntemlerin kombinasyonları ile kurutulması**” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

23/12/2020

İmza

Özle ÜNLÜEROĞLUGİL

ÖZET**Ayva (*Cydonia oblonga*), Kivi (*Actinidia deliciosa*) ve Balkabağı (*Cucurbita moschata*) Pürelerine Maltodekstrin Eklenerek Farklı Kurutma Yöntemleri ve Bu Yöntemlerin Kombinasyonları ile Kurutulması**

ÜNLÜEROĞLUGİL, Özle

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Safiye Nur DİRİM

Aralık 2020, 145 sayfa

Yapılan bu tez çalışmasında hasat ve tüketim zamanı oldukça kısa olan ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin farklı kurutma yöntemleriyle toz haline getirilmesi hedeflenmiştir. Ürünlerin raf ömrünün artırılması sağlanacak böylece tatlılarda, yoğurt/süt/kefir gibi süt ürünlerine karıştırılarak ara öğünlerde ya da hazır toz gıda karışımlarında yeni kullanım alanları yaratılacak, depolanması ve taşınması kolaylaşacaktır. Bu hedef doğrultusunda, çalışmada kullanılan ayva, balkabağı ve kivinin yenilebilir kısımları ev tipi öğütücü yardımıyla püre haline getirilmiş ve %10 maltodekstrin (ağırlık: ağırlık) eklenerek örnek standardizasyonu için 5 mm kalınlığındaki cam tepsilere konularak -24 °C'deki dondurucuda dondurulmuştur. Ayva, balkabağı ve kivi püreleri üç farklı kurutucuda [mikrodalga fırında kurutma 'MFK' (180, 360, 540, 720, 900 W mikrodalga güçlerinde), tepsili kurutucuda 'TKK' (70 ± 5 °C'de 0.5, 1, 1.5 m/s hava hızlarında), ve dondurarak kurutucuda 'DK' (-48 ± 2 °C'de, 10°C plaka sıcaklığında, 13.33 kPa mutlak basınçta)] ve bu üç kurutma yönteminin ikili ve sıralı kombinasyonlarında kurutulmuştur. Ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin kurutma sırasındaki kuruma eğrileri çizilmiş ve kurutma işleminin enerji tüketimi üzerinden verimliliği hesaplanmıştır. Kurutulmuş örnekler seramik havanda toz forma dönüştürülmüştür. Tozların; fiziksel özellikleri (nem içeriği, su aktivitesi, renk), fonksiyonel özelliği (su tutma kapasitesi) ve toz ürün özellikleri (çözünübilirlik, ıslanabilirlik, higroskopite, yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu, akabilirlik ve yapışkanlık) incelenmiştir. Ayrıca

seçilen ayva, balkabağı ve kivi tozlarının SEM görüntüleri alınmış ve ayrıca DSC analizi ile camsı geçiş sıcaklığı değerleri belirlenmiştir.

Seçilen üç kurutma yönteminin kurutma sırasında gözlemlenen olumsuz özelliklerini iyileştirebilmek için kombinasyon kurutmalar (MFK + TTK, MFK + DK, TTK + MFK, TTK + DK, DK + MFK ve DK + TTK) denenmiştir. Ayva, balkabağı ve kivi püreleri kurutma süreleri MFK'ya göre sırasıyla en az MFK + TTK kombinasyonunda 35.5, 40.2 ve 69.6 kat ve MFK + DK kombinasyonunda ise 24.8, 25.03 ve 18.6 kat artmış; TTK'ya göre sırasıyla en az TTK + MFK kombinasyonunda 2.3, 2.7 ve 5.03 kat artarken TTK + DK kombinasyonunda 1.9 kat azalıp 1.5 ve 1.09 kat artmıştır; DK'ya göre sırasıyla en az DK + MFK kombinasyonunda 2.9, 2.2 ve 2.2 kat azalmış ve DK + TTK kombinasyonunda da 1.3 ve 1.2 kat azalırken 1.1 kat artmıştır. Genel olarak bakıldığında ayva ve balkabağı püresi kurutulması için kombinasyon kurutmalarının kurutma sürelerini uzattığı, kivi püresi kurutulması için ise kuruma süresinin kullanılan yöntemlere bağlı olarak arttığı ya da azaldığı gözlenmiştir. Kombine kurutmalar sonucu MFK ve MFK kombinasyonları ile kurutulan, MFK + TTK kombinasyonu hariç, pürelere öğütülmeye uygun olmayan yapışkanlık ve yanma gözlemlenmiştir. DK, TTK, DK + TTK kombinasyonları, 0.5 m/s TTK + 180 W MFK kombinasyonu, 1 m/s TTK + 180 W MFK kombinasyonu ve 1 m/s TTK + 900 W MFK kombinasyonunda ise öğütülmeye uygun toz ürünler elde edilmiştir.

Kurutma denemeleri sonucunda elde edilen ayva, balkabağı ve kivi püre tozlarının %nem içeriği değerleri (kuru bazda) sırasıyla %2.11 - 10.62, %5.15 - 14.99 ve %6.83 - 13.30 arasında kombinasyon koşullarına göre değişim göstermektedir. Renk analizi sonuçlarına bakıldığında ayva, balkabağı ve kivi püre tozları için en yüksek L* değerleri sırasıyla 74.53, 86.28 ve 85.96 olarak ölçülmüş ve en düşük BI değerleri sırasıyla 43.05, 72.95 ve 21.05 olarak hesaplanmıştır. Toz ürünlerde istenmeyen bir özellik olan topaklanma hakkında fikir veren higroskopite değerleri ayva, balkabağı ve kivi püre tozları için sırasıyla en düşük olarak 540 W MFK + 1 m/s TTK, 720 W MFK + 1.5 m/s TTK ve 1.5 m/s TTK yöntemlerinde hesaplanmıştır. Ayva, balkabağı ve kivi püre tozlarının sırasıyla yığın yoğunluğu değerleri en yüksek 180 W MFK + 1 m/s TTK, 1 m/s TTK + 180 W MFK ve DK + 1 m/s TTK kombinasyonlarında bulunmuştur.

Ayva ve balkabağı pürelerinin kurutulması için DK ve DK + 0.5 m/s TTK kombinasyonu nem içeriği, renk, toz ürün özellikleri ve enerji sarfiyatı bakımından diğer kurutmalara kıyasla önerilebilir. Kivi püresinin kurutulması için de DK ve DK + 1 m/s TTK kombinasyonu toz ürün özellikleri, renk, nem içeriği ve enerji sarfiyatı bakımından daha avantajlı kurutmalardır.

Anahtar kelime: ayva, balkabağı, kivi, püre, mikrodalga fırında kurutma, tepsili kurutucuda kurutma, dondurarak kurutma, kombine kurutma, toz ürün özellikleri



ABSTRACT**Drying of The Quince (*Cydonia oblonga*), Kiwi (*Actinidia deliciosa*) and Pumpkin (*Cucurbita moschata*) with The Addition of Maltodextrin and by Different Drying Methods and Combinations of These Methods**

ÜNLÜEROĞLUGİL, Özle

MSc in Food Eng.

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Safiye Nur DİRİM

December 2020, 145 pages

In this thesis study, it was aimed to apply different drying methods in order to obtain the powdered products from quince, pumpkin and kiwi puree which have short harvest and consumable time. By this way, new usage areas will be created in desserts, dairy products such as yoghurt / milk / kefir in snack foods or ready-made powdered food mixtures, the shelf life of the product will be increased and it will be easier to store and transport them. In line with this objective, the edible parts of quince, pumpkin and kiwi fruits were mashed with the help of a household grinder and 10% maltodextrin (weight: weight) was added, then the samples were frozen in 5 mm thick glass trays for sample standardization and kept at -24°C . Quince, pumpkin and kiwi puree samples were dried in three different dryers [microwave oven 'Microwave Oven Drying, MOD' (180, 360, 540, 720, 900 W microwave power), tray dryer 'TD' ($70 \pm 5^{\circ}\text{C}$ and 0.5, 1, 1.5 m/s air velocities) and freeze dryer 'FD' (at $-48 \pm 2^{\circ}\text{C}$, 10°C plate temperature, 13.33 kPa absolute pressure)] and in two, sequential combinations of these three drying methods. The drying curves of the quince, pumpkin and kiwi puree were prepared by using the drying data and the efficiency of the drying process was calculated by using the energy consumption. The dried samples were powdered in a ceramic mortar and physical properties (moisture content, water activity, color), functional properties (water holding capacity) and powder product properties (solubility, wettability,

hygroscopicity, bulk density, tapped density, flowability and cohesiveness) of the powders were examined. SEM images of selected quince, pumpkin and kiwi powders were taken and the glass transition temperature values were determined by using DSC.

Combination dryings (MOD + TD, MOD + FD, TD + MOD, TD + FD, FD + MOD and FD + TD) have been tried to improve the undesirable properties of the three selected drying methods observed during drying. Drying times of quince, pumpkin and kiwi puree according to MOD increased at least 35.5, 40.2 and 69.6 times in combination of MOD + TD and 24.8, 25.03 and 18.6 times in MOD + FD combination; according to TD, it increased at least 2.3, 2.7 and 5.03 times in the combination of TD + MOD, while it decreased 1.9 and increased 1.5 and 1.09 times in the combination of TD + FD; compared to FD, it decreased at least 2.9, 2.2 and 2.2 times in the combination of FD + MOD, respectively, and it decreased by 1.3 and 1.2 times and increased by 1.1 times in the combination of FD + TD, respectively. In general, it was determined that the combination drying of quince and pumpkin puree extends the drying time and some combination methods reduce or increase the drying time of kiwi puree. As a result of the combinations, some purees samples that were dried with MOD and MOD combinations were not suitable for grinding and burning. Powder products suitable for grinding were obtained in TD, FD methods and some combinations of these.

The moisture content (on dry basis) values of the quince, pumpkin and kiwi puree powder obtained as a result of drying varies between 2.11 - 10.62%, 5.15 - 14.99% and 6.83 - 13.30%, respectively, according to different combination conditions. According to the color analysis results, the highest L* values for quince, pumpkin and kiwi puree powders were measured as 74.53, 86.28 and 85.96, respectively, and the lowest BI values were calculated as 43.05, 72.95 and 21.05, respectively. In the drying process, caking is undesirable in powder products and the lowest hygroscopicity values as an indication for caking were calculated for the quince, pumpkin and kiwi puree powders at 540 W MOD + 1 m/s TD, 720 W MOD + 1.5 m/s TD and 1.5 m/s TD methods, respectively. The highest bulk density of quince, pumpkin and kiwi puree powders was found in combinations of 180 W MOD + 1 m/s TD, 1 m/s TD + 180 W MOD and FD + 1 m/s TD, respectively.

For drying quince and pumpkin puree, FD and FD + 0.5 m / s TD combination can be recommended compared to other drying methods in terms of moisture content, color, powder product properties and energy consumption. For kiwi puree powder, both FD and FD + 1 m / s TD combination are more advantageous drying in terms of powder product properties, color, moisture content and energy consumption.

Key words: quince, pumpkin, kiwi, puree, microwave oven drying, tray drying, freeze drying, combined drying, powder product properties





ÖNSÖZ

Danışman hocam Sayın Doç Dr. Safiye Nur Dirim ve ekip arkadaşlarımızla Valensiya/İspanya’ da Uluslararası Kurutma Sempozyomu (IDS 2018) kapsamında ayvanın dondurarak kurutulmasına ilişkin bir çalışma yayınlamış ve sözlü sununumuzu gerçekleştirmiştik. Bu doğrultuda ilgi gören konulardan biri olan dondurarak kurutma ve ayva ile daha ayrıntılı çalışmayı istedim.

Yapılan bu tez kapsamında ise ayva hammaddesi balkabağı ve kivi hammaddeleri ile birleştirilerek literatüre katkı amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda kurutma yöntemleri seçilmiştir. Seçilen kurutma yöntemleri eğer kombine edilirlerse nasıl sonuçlarla karşılaşılacağı merak edilmiştir. Bu merak ve amaç doğrultusunda yapılan tezin farklı çalışmalara ışık tutması, alternatif gıda katkı maddeleri oluşturarak ürün yelpazesini genişletmek adına bir ön çalışma olması ve taze tüketimi kısıtlı olan bu gıdaların raf ömrünün arttırılması amaçlanmıştır.

Özle ÜNLÜEROĞLUGİL



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	vii
ABSTRACT	xi
ÖNSÖZ	xv
İÇİNDEKİLER	xvii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xx
TABLolar DİZİNİ	xxv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xxix
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1 Ayva	4
<u>2.1.1 Ayvanın fiziksel özellikleri ve kimyasal kompozisyonu</u>	<u>4</u>
<u>2.1.2 Ayva ile ilgili literatürde yer alan bazı çalışmalar</u>	<u>5</u>
2.2 Balkabağı	10
<u>2.2.1 . Balkabağının fiziksel özellikleri ve kimyasal kompozisyonu</u>	<u>11</u>
<u>2.2.2 Balkabağı ile ilgili literatürde yer alan bazı çalışmalar</u>	<u>12</u>
2.3 Kivi	17
<u>2.3.1 Kivinin fiziksel özellikleri ve kimyasal kompozisyonu</u>	<u>18</u>
<u>2.3.2 Kivi ile ilgili literatürde yer alan bazı çalışmalar</u>	<u>19</u>
2.4 Kurutma İşlemi	23
<u>2.4.1 Tünel kurutucular</u>	<u>24</u>
<u>2.4.2 Flaş kurutma</u>	<u>24</u>
<u>2.4.3 Karıştırmalı yatak kurutucular</u>	<u>24</u>
<u>2.4.4 Akışkan yatak kurutucular</u>	<u>25</u>
<u>2.4.5 Vakum kurutma</u>	<u>25</u>
<u>2.4.6 Püskürtmeli kurutucu ile kurutma</u>	<u>26</u>
<u>2.4.7 Mikrodalga fırında kurutma</u>	<u>26</u>
<u>2.4.8 Tepsili (Kabin) kurutucular</u>	<u>27</u>

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

2.4.9	<u>Dondurarak kurutma</u>	28
3.	GEREÇ VE YÖNTEM	31
3.1	Gereç.....	31
3.2	Yöntem	31
3.2.1	<u>Ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin hazırlanması.....</u>	32
3.2.2	<u>Mikrodalga fırında kurutma işlemi</u>	33
3.2.3	<u>Tepsili kurutucuda kurutma işlemi.....</u>	35
3.2.4	<u>Dondurarak kurutma işlemi.....</u>	36
3.2.5	<u>Kombine kurutmalar</u>	38
3.2.6	<u>Analiz yöntemleri.....</u>	43
3.2.7	<u>Toz ürün analizleri</u>	45
3.2.8	<u>Fonksiyonel özelliklerin belirlenmesi</u>	47
3.2.9	<u>Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) ölçümü</u>	48
3.2.10	<u>Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ölçümü</u>	48
3.2.11	<u>Kurutma işlemlerinde enerji verimliliği hesaplaması</u>	48
3.2.12	<u>İstatistiksel analiz</u>	49
4.	BULGULAR VE TARTIŞMA	50
4.1	Kuruma Davranışının Belirlenmesi	50
4.2	Kombine Kurutmaların Ürünlerin Kuruma Davranışı Üzerine Etkileri	55
4.3	Nem Tayini Sonuçları.....	72
4.4	Su Aktivitesi Tayini Sonuçları	80
4.5	Renk Analizi Sonuçları.....	82
4.6	Toz Ürün Analizi Sonuçları.....	95
4.6.1	<u>Higroskopite analizi sonuçları.....</u>	95
4.6.2	<u>Çözünübilirlik analizi sonuçları</u>	101
4.6.3	<u>Islanabilirlik analizi sonuçları</u>	102
4.6.4	<u>Yığın özelliklerinin belirlenmesi ile ilgili analizlerin sonuçları</u>	104

İÇİNDEKİLER (devam)**Sayfa**

<u>4.6.5 Su tutma kapasitesi analizi sonuçları</u>	108
4.7 DSC Ölçüm Sonuçları	112
4.8 SEM Sonuçları.....	116
4.9 Kurutma İşlemlerinde Enerji Verimliliği Ölçümünün Sonuçları.....	120
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	126
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	133
TEŞEKKÜR	144
ÖZGEÇMİŞ.....	145



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Balkabağı örneklerini kurutmak için kullanılan deneysel cihazların şematik gösterimi: a) MÇFK ve MVK; b) İÇFK; c) DK; ve d) HK (Monteiro et al., 2018).....	16
Şekil 2.2. Sıcak hava kurutma için kullanılan deneysel kurutma sisteminin şematik gösterimi (Orikasa et al., 2008).	20
Şekil 2.3. Saldamlı ve Saldamlı'ya (1990) göre püskürtmeli kurutucu bölümlerinin şematik gösterimi (Talih, 2018).	26
Şekil 2.4. Kabin (Tepsili) kurutucu örneğinin şematik gösterimi (Kırmacı, 2008).	28
Şekil 2.5. Şematik olarak dondurarak kurutma sisteminin gösterimi (Kırmacı, 2008).....	29
Şekil 3.1. Ayva (a), Balkabağı (b) ve Kivi (c) ve 35×35×0.5 cm'lik cam tepsi (d).	31
Şekil 3.2. Balkabağı püresinin yapım aşamaları; balkabağı dilimi (a), doğranmış balkabağı parçaları (b), püre haline getirilmiş balkabağı (c), maltodekstrin ilavesi (d), streç film kaplı cam tepsi (e), püre dökülmüş cam tepsi (f), cam tepsiye yayılmış püre (g), -24 °C'de muhafaza edilen balkabağı püre tabakası (h).....	32
Şekil 3.3. Numune hazırlama aşamaları için akış şeması.	33
Şekil 3.4. Arçelik, MD595 markalı mikrodalga fırın kurutucu.	33
Şekil 3.5. Ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin mikrodalga fırın kurutucu ile kurutulması ve toz eldesi.	34
Şekil 3.6. Armfield Lim., Ringwood, Hampshire markalı pilot ölçekli tepsili kurutucu.	35
Şekil 3.7. Ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin tepsili kurutucu ile kurutulması ve toz eldesi.	35
Şekil 3.8. Armfield FT 33 Vacuum Freeze Drier markalı pilot ölçekli dondurarak kurutucu.	36
Şekil 3.9. Ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin dondurarak kurutucu ile kurutulması ve toz eldesi.	37

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Sayfa

Şekil 4.1. Ayva püresinin farklı mikrodalga güçleriyle kurutulmasında nem oranı-zaman grafiği.....	51
Şekil 4.2. Balkabağı püresinin farklı mikrodalga güçleriyle kurutulmasında nem oranı-zaman grafiği.	52
Şekil 4.3. Kivi püresinin farklı mikrodalga güçleriyle kurutulmasında nem oranı-zaman grafiği.....	52
Şekil 4.4. Ayva püresinin farklı hava hızlarıyla kurutulmasında nem oranı-zaman grafiği.	53
Şekil 4.5. Balkabağı püresinin farklı hava hızlarıyla kurutulmasında nem oranı-zaman grafiği.....	53
Şekil 4.6. Kivi püresinin farklı hava hızlarıyla kurutulmasında nem oranı-zaman grafiği.	53
Şekil 4.7. Ayva, Balkabağı ve Kivi pürelerinin dondurarak kurutulmasında nem oranı-zaman grafiği.	54
Şekil 4.8. Ayva püresinin 180 W mikrodalga gücünde MFK, MFK + TTK kombinasyonları ve MFK + DK kombinasyonu nem oranı-zaman grafiği.	56
Şekil 4.9. Ayva püresinin 360 W mikrodalga gücünde MFK, MFK + TTK kombinasyonları ve MFK + DK kombinasyonlarında nem oranı-zaman grafiği.	57
Şekil 4.10. Ayva püresinin 540 W mikrodalga gücünde MFK, MFK + TTK kombinasyonları ve MFK + DK kombinasyonlarında nem oranı-zaman grafiği.	57
Şekil 4.11. Ayva püresinin 720 W mikrodalga gücünde MFK, MFK + TTK kombinasyonları ve MFK + DK kombinasyonlarında nem oranı-zaman grafiği.	57
Şekil 4.12. Ayva püresinin 900 W mikrodalga gücünde MFK, MFK + TTK kombinasyonları ve MFK + DK kombinasyonlarında nem oranı-zaman grafiği.	58

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)**Sayfa**

Şekil 4.13. Ayva püresinin 0.5 m/s hava hızında TKK, TKK + MFK kombinasyonları ve TKK + DK kombinasyonu nem oranı-zaman grafiği.	59
Şekil 4.14. Ayva püresinin 1 m/s hava hızında TKK, TKK + MFK kombinasyonları ve TKK + DK kombinasyonu nem oranı-zaman grafiği.	59
Şekil 4.15. Ayva püresinin 1.5 m/s hava hızında TKK, TKK + MFK kombinasyonları ve TKK + DK kombinasyonu nem oranı-zaman grafiği.	60
Şekil 4.16. Ayva püresinin DK, DK + MFK ve DK + TKK kombinasyonları nem oranı-zaman grafiği.	61
Şekil 4.17. Balkabağı püresinin 180 W mikrodalga gücünde MFK, MFK+TKK kombinasyonları ve MFK+DK kombinasyonu nem oranı-zaman grafiği.	62
Şekil 4.18. Balkabağı püresinin 360 W mikrodalga gücünde MFK, MFK + TKK kombinasyonları ve MFK + DK kombinasyonlarında nem oranı-zaman grafiği.	62
Şekil 4.19. Balkabağı püresinin 540 W mikrodalga gücünde MFK, MFK + TKK kombinasyonları ve MFK + DK kombinasyonlarında nem oranı-zaman grafiği.	63
Şekil 4.20. Balkabağı püresinin 720 W mikrodalga gücünde MFK, MFK + TKK kombinasyonları ve MFK + DK kombinasyonlarında nem oranı-zaman grafiği.	63
Şekil 4.21. Balkabağı püresinin 900 W mikrodalga gücünde MFK, MFK + TKK kombinasyonları ve MFK + DK kombinasyonlarında nem oranı-zaman grafiği.	63
Şekil 4.22. Balkabağı püresinin 0.5 m/s hava hızında TKK, TKK + MFK kombinasyonları ve TKK + DK kombinasyonu nem oranı-zaman grafiği.	64
Şekil 4.23. Balkabağı püresinin 1 m/s hava hızında TKK, TKK + MFK kombinasyonları ve TKK + DK kombinasyonu nem oranı-zaman grafiği.	65

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)**Sayfa**

Şekil 4.24. Balkabağı püresinin 1.5 m/s hava hızında TTK, TTK + MFK kombinasyonları ve TTK + DK kombinasyonu nem oranı-zaman grafiği.	66
Şekil 4.25. Balkabağı püresinin DK, DK + MFK ve DK + TTK kombinasyonları nem oranı-zaman grafiği.	67
Şekil 4.26. Kivi püresinin 180 W mikrodalga gücünde MFK, MFK + TTK kombinasyonları ve MFK + DK kombinasyonu nem oranı-zaman grafiği.	68
Şekil 4.27. Kivi püresinin 360 W mikrodalga gücünde MFK, MFK + TTK kombinasyonları ve MFK + DK kombinasyonlarında nem oranı-zaman grafiği.	68
Şekil 4.28. Kivi püresinin 540 W mikrodalga gücünde MFK, MFK + TTK kombinasyonları ve MFK + DK kombinasyonlarında nem oranı-zaman grafiği.	69
Şekil 4.29. Kivi püresinin 720 W mikrodalga gücünde MFK, MFK + TTK kombinasyonları ve MFK + DK kombinasyonlarında nem oranı-zaman grafiği.	69
Şekil 4.30. Kivi püresinin 900 W mikrodalga gücünde MFK, MFK + TTK kombinasyonları ve MFK + DK kombinasyonlarında nem oranı-zaman grafiği.	69
Şekil 4.31. Kivi püresinin 1 m/s hava hızında TTK, TTK + MFK kombinasyonları ve TTK + DK kombinasyonu nem oranı-zaman grafiği.	70
Şekil 4.32. Kivi püresinin DK, DK + MFK ve DK + TTK kombinasyonları nem oranı-zaman grafiği.	71
Şekil 4.33. Ayva püresinin (a) DK ve (b) 720 W MFK + 1 m/s TTK kombinasyonunda kurutma işlemleriyle elde edilen toz örneklerinin DSC analiz grafiği.	113
Şekil 4.34. Balkabağı püresinin (a) DK ve (b) 360 W MFK + 1 m/s TTK kombinasyonunda kurutma işlemleriyle elde edilen toz örneklerinin DSC analiz grafiği.	114

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)**Sayfa**

- Şekil 4.35. Kivi püresinin (a) DK ve (b) 720 W MFK + 1 m/s TKK kombinasyonunda kurutma işlemleriyle elde edilen toz örneklerinin DSC analiz grafiği..... 114
- Şekil 4.36. SEM hazırlık (a) kaplama öncesi örnekler (b) kaplama cihazı (c) kaplama sonrası örnekler..... 116
- Şekil 4.37. Ayva püresi tozlarının SEM görüntüleri (a) 360 W MFK + 1 m/s TKK kombinasyon kurutma sonrası ayva püresi tozu 49 x büyütme (b) 360 W MFK + 1 m/s TKK kombinasyon kurutma sonrası ayva püresi tozu 500 x büyütme (c) 360 W MFK + 1.5 m/s TKK kombinasyon kurutma sonrası ayva püresi tozu 49 x büyütme (d) 360 W MFK + 1.5 m/s TKK kombinasyon kurutma sonrası ayva püresi tozu 500 x büyütme (e) DK + 1.5 m/s TKK kombinasyon kurutma sonrası ayva püresi tozu 50 x büyütme (f) DK + 1.5 m/s TKK kombinasyon kurutma sonrası ayva püresi tozu 500 x büyütme. 117
- Şekil 4.38. Balkabağı püresi tozlarının SEM görüntüleri (a) DK + 0.5 m/s TKK kombinasyon kurutma sonrası balkabağı püresi tozu 50 x büyütme (b) DK + 0.5 m/s TKK kombinasyon kurutma sonrası balkabağı püresi tozu 500 x büyütme (c) DK + 1 m/s TKK kombinasyon kurutma sonrası balkabağı püresi tozu 50 x (d) DK + 1 m/s TKK kombinasyon kurutma sonrası balkabağı püresi tozu 500 x büyütme (e) 360 W MFK +1 m/s TKK kombinasyon kurutma sonrası balkabağı püresi tozu 50 x büyütme (f) 360 W MFK +1 m/s TKK kombinasyon kurutma sonrası balkabağı püresi tozu 500 x büyütme. 118
- Şekil 4.39. Kivi püresi tozlarının SEM görüntüleri (a) 540 W MFK + 1 m/s TKK kombinasyon kurutma sonrası kivi püresi tozu 49 x büyütme (b) 540 W MFK + 1 m/s TKK kombinasyon kurutma sonrası kivi püresi tozu 500 x büyütme (c) DK + 1 m/s TKK kombinasyon kurutma sonrası kivi püresi tozu 50 x büyütme (d) DK + 1 m/s TKK kombinasyon kurutma sonrası kivi püresi tozu 500 x büyütme. 119

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1. Son yıllarda Dünya ayva üretim miktarı (FAO, 2020).....	4
Tablo 2.2. Ayva meyvesinin kimyasal bileşimi (100g taze ağırlıkta) (USDA, 2019a).....	5
Tablo 2.3. Son yıllarda Dünya balkabağı, kabak ve su kabağı üretim miktarları (FAO, 2020).	10
Tablo 2.4. Balkabağının kimyasal bileşimi (100g taze ağırlıkta) (USDA, 2019b).	11
Tablo 2.5. Son yıllarda Dünya kivi üretim miktarları (FAO, 2020).....	18
Tablo 2.6. Kivi meyvesinin kimyasal bileşimi (100g taze ağırlıkta) (USDA, 2020).	19
Tablo 3.1. Akabilirlik ve Yapışkanlık değerlerinin CI ve HR değerlerine göre belirlenmesi (Jinapong et al., 2008).	47
Tablo 4.1. Ayva püresi tozunun nem, kuru madde ve su aktivitesi (a_w) analiz sonuçları.	74
Tablo 4.2. Balkabağı püresi tozunun nem, kuru madde ve su aktivitesi (a_w) analiz sonuçları.	75
Tablo 4.3. Kivi püresi tozunun nem, kuru madde ve su aktivitesi (a_w) analiz sonuçları.	76
Tablo 4.4. Mikroorganizmaların gıdalarda faaliyet gösterebilecekleri minimum su aktivitesi (a_w) değerleri (Kırımcı, 2008).....	80
Tablo 4.5. Ayva püresi tozunun L^* , a^* ve b^* renk değerleri ölçüm sonuçları....	84
Tablo 4.6. Balkabağı püresi tozunun L^* , a^* ve b^* renk değerleri ölçüm sonuçları.	85
Tablo 4.7. Kivi püresi tozunun L^* , a^* ve b^* renk değerleri ölçüm sonuçları.	86
Tablo 4.8. Maltodekstrin ilavesinden sonra ayva, balkabağı ve kivi pürelerinde L^* , a^* , b^* değerleri.....	89
Tablo 4.9. Ayva püresi tozunun renk ölçümüne dayalı ΔE , C^* ve BI değerlerinin hesaplanan sonuçları.	90
Tablo 4.10. Balkabağı püresi tozunun renk ölçümüne dayalı ΔE , C^* ve BI değerlerinin hesaplanan sonuçları.	91

TABLolar DİZİNİ (devam)**Sayfa**

Tablo 4.11. Kivi püresi tozunun renk ölçümüne dayalı ΔE , C^* ve BI değerlerinin hesaplanan sonuçları.....	92
Tablo 4.12. Ayva püresi tozunun higroskopite, çözünebilirlik ve ıslanabilirlik analizlerinin sonuçları.	97
Tablo 4.13. Balkabağı püresi tozunun higroskopite, çözünebilirlik ve ıslanabilirlik analizlerinin sonuçları.	98
Tablo 4.14. Kivi püresi tozunun higroskopite, çözünebilirlik ve ıslanabilirlik analizlerinin sonuçları.	99
Tablo 4.15. Ayva püresi tozunun yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu, yapışkanlık ve akabilirlik analizlerinin sonuçları.....	105
Tablo 4.16. Balkabağı püresi tozunun yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu, yapışkanlık, akabilirlik analizlerinin sonuçları.	106
Tablo 4.17. Kivi püresi tozunun yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu, yapışkanlık, akabilirlik analizlerinin sonuçları.....	107
Tablo 4.18. Ayva püresi tozunun su tutma kapasitesi analiz sonuçları.	109
Tablo 4.19. Balkabağı püresi tozunun su tutma kapasitesi analiz sonuçları.....	110
Tablo 4.20. Kivi püresi tozunun su tutma kapasitesi analiz sonuçları.....	111
Tablo 4.21. Ayva püresinde farklı işlem koşulları olan kurutucularda kurutma boyunca uzaklaşan su kütlesi, kuruma süreleri ve enerji sarfiyatları.121	
Tablo 4.22. Balkabağı püresinde farklı işlem koşulları olan kurutucularda kurutma boyunca uzaklaşan su kütlesi, kuruma süreleri ve enerji sarfiyatları.122	
Tablo 4.23. Kivi püresinde farklı işlem koşulları olan kurutucularda kurutma boyunca uzaklaşan su kütlesi, kuruma süreleri ve enerji sarfiyatları.122	
Tablo 4.24. Ayva püresinin farklı kurutma koşullarında hesaplanan nem alma hızı (MER), özgül nem alma hızı (SMER) ve özgül enerji tüketimi (SEC) değerleri.....	123
Tablo 4.25. Balkabağı püresinin farklı kurutma koşullarında hesaplanan nem alma hızı (MER), özgül nem alma hızı (SMER) ve özgül enerji tüketimi (SEC) değerleri.....	124

TABLolar DİZİNİ (devam)**Sayfa**

Tablo 4.26. Kivi püresinin farklı kurutma koşullarında hesaplanan nem alma hızı (MER), özgül nem alma hızı (SMER) ve özgül enerji tüketimi (SEC) değerleri.....	125
---	-----





SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
a_w	Su Aktivitesi
L^*	Parlaklık (L=100 beyaz, L=0 siyah renk)
a^*	(+a) kırmızılık, (-a) yeşillik
b^*	(+b) sarılık, (-a) mavilik
BI	Esmerleşme Derecesi (Browning Index)
ΔE	Toplam Renk Değişimi
CI	Carr indeks (Carr Index)
HR	Hausner oranı (Hausner Ratio)
<u>Kısaltmalar</u>	
MFK	Mikrodalga Fırında Kurutma
TK/TKK	Tepsili Kurutucu/Tepsili Kurutucuda Kurutma
DK	Dondurarak Kurutma
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization)
USDA	Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı (United States Department of Agriculture)
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
DSC	Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (Differential Scanning Calorimeter)
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope)
MR	Nem Oranı (Moisture Rate)
MER	Nem Alma Hızı (Moisture Extraction Rate)
SMER	Özgül Nem Alma Hızı (Specific Moisture Extraction Rate)
SEC	Özgül Enerji Tüketimi (Specific Energy Consumption)
R^2	Regresyon Katsayısı
RMSE	Hesaplanan tahmini standart hata
χ^2	Ki Kare
ANOVA	Varyans Analizi



1. GİRİŞ

Ayva (*Cydonia oblonga* Miller) *Rosaceae* familyasından, yüksek miktarda tanene sahip, asimetrik ve yumuşak çekirdekli bir meyvedir (Silva et al., 2004). Polifenoller, vitaminler (A, B ve C vitaminleri) ve mineraller (kalsiyum, demir, fosfor, selenyum, magnezyum ve potasyum) bakımından zengin bir meyve olan ayva aynı zamanda yüksek antioksidan aktivite ve lif içermektedir (Trigueros et al., 2011). Çeşidine bağlı olarak kekremsi ve buruk bir tada sahip, sert bir meyve olan ayvanın taze meyve olarak tüketimi diğer çekirdekli meyvelere kıyasla daha düşüktür. Karakteristik özellikleri ve buruk tadından dolayı pek çok ülkede/bölgede taze tüketimi yerine tatlı yapımında, jel, marmelat, reçel ve meyve suyu formlarında tüketimi mevcut olmasına rağmen ülkemizde taze tüketimi de tercih edilmektedir. İyi bir pektin kaynağı olduğu bilinen ayvanın jelleştirici, kıvam arttırıcı ve stabilize edici özellikleri ona diğer diyet lifi kaynaklarına göre teknolojik açıdan bir üstünlük kazandırmaktadır (Dirim vd., 2015). Son yıllarda ayva üretim miktarlarına bakıldığında Türkiye ilk sırada yer almaktadır. TÜİK verilerine göre ülkemizdeki ayva üretim miktarı yaklaşık 181 000 tona ulaşmaktadır (TÜİK, 2020).

Balkabağı (*Cucurbita moschata*) kabakgiller (*Cucurbitaceae*) familyasına ait meyvelerinin kabuk rengi grimsi, yeşilimsi, beyazımsı ve sarımtraktan turuncuya kadar değişen armut, uzun silindirik veya basık yuvarlak şekillere benzer yapıya sahip bir sebzedir (Rakcejeva et al., 2011). Karoten, pektin, mineraller (potasyum, fosfor, magnezyum, demir ve selenyum.), vitaminler (B₆, K, tiamin ve riboflavin), fenolik maddeler ve terpenoidlerce zengindir (Que et al., 2008; Wang et al., 2007). Yüksek oranda mineral ve vitamin, protein ve karbonhidrat içeriğine sahip besleyici bir gıdadır. Bu nedenle bebek mamalarında çokça kullanılmaktadır. Dünyada genellikle çorba, meyve suyu, kek, reçel, ekmek, makarna ve tart gibi gıdalarda kullanımının yanı sıra; balkabağının kıvam verici, renk maddesi ve lezzet ajanı olarak da kullanıldığı bilinmektedir (El-Adawy and Taha., 2001). Türk mutfağında kabak tatlısı olarak yaygın tüketimi mevcuttur. Ayrıca; balkabağının cips ve kahvaltılık gevreklerde kullanımı üzerine yapılmış çalışmalar literatürde mevcuttur (Norfezah et al., 2011). Türkiye balkabağı üretim miktarında 9. sırada (616 777 ton) yer almaktayken son yıllarda üretim miktarı olarak Çin ilk sırada yerini korumuştur.

Ülkemizde istatistiksel ve üretim açısından kestane kabağı ve balkabağı ayrımı net yapılmadığından veriler iki türü de içermektedir.

Kivi (*Actinidia deliciosa*) dışı kahverengi ve ince tüylü yapıda içi ise yeşil renkli ve siyah çekirdekli bir meyvedir (Alp, 2017). A, B₂, C ve E vitaminleri, mineraller (kalsiyum, demir, bakır, fosfor, magnezyum ve potasyum), karotenoidler (beta karoten, lutein ve ksantofil), fenolik bileşikler (flavanoidler ve antosiyaninler) ve antioksidan bileşenler yönünden zengindir (Cassano et al., 2006). Kivi, nem içeriğinin yüksek olmasından dolayı meyve olarak kısa bir raf ömrüne sahiptir. Meyve suyu, dondurulmuş gıda, şarap, reçel, marmelat, konserve ve dilimlenerek kurutulmuş ürün gibi birçok şekilde değerlendirilmektedir. Ülkemizde Doğu Karadeniz bölgesinde üretim olarak üçüncü sırada yer alan kivi dünya çapında 7. sıradadır (61 920 ton). 2018 yılı verilerinde yaklaşık 2 milyar ton ile Çin kivi üretim miktarında ilk sırada yer almaktadır (FAO, 2020).

Meyveler ve sebzeler gibi tarım ürünleri, belirli zamanlarda olgunlaşmakta ve hasat edilmektedir. Çoğunluk olarak olgunlaşma dönemlerinde toplanılan ve tüketime sunulan ürünlerin oldukça az bir bölümü, tüketim süresince taze olarak tüketilmektedir. Taze tüketilen kısımdan geriye kalanların ise uzun süre tüketilebilir şekilde olması için muhafaza edilmesi gerekmektedir. Meyve ve sebzelerin tüketilme zamanına kadar geçen sürede, besin özelliklerinin olabildiğince muhafaza edilmesi ve tüketilebilir zamanının artmasını sağlayan işlemlerin başında kurutma gelmektedir (Özgen, 2014). Kurutma yöntemi bilinen en eski saklama yöntemlerinin başında gelmekte ve en eski kurutma yöntemi güneş ışınlarından faydalanılarak gerçekleştirilse de günümüzde farklı kurutucular sayesinde kurutma yöntemleri çeşitlenmiştir. Bu kurutma yöntemleri üründe mevcut olan suyun uzaklaştırılması esasına dayanmaktadır. Üründen uzaklaştırılan su sayesinde gıdada oluşabilecek mikrobiyal ve enzimatik bozulmaların önüne geçilerek ürünün raf ömrü arttırılabilmektedir. Ürünlerin kurutulmasıyla kapladıkları alanlar ters orantılı olarak değişmektedir. Taze ürünlerin saklama ve depolama koşullarını iyileştirmek adına kurutma yöntemleri en çok tercih edilen yöntemlerdir.

Bu tez çalışmasında, ayva, balkabağı ve kivi kullanım alanlarını çeşitlendirmek, kullanım ve depolama kolaylığı yapabilmek adına farklı kurutma

yöntemleri incelenmiştir. Bu kurutma yöntemleri; mikrodalga fırında kurutma (MFK), tepsili kurutucuda kurutma (TKK), dondurarak kurutma (DK) ve bu kurutmaların uygun şartlarda belirlenmiş kombinasyonlarıdır. Tez kapsamında ayva, balkabağı ve kivi bitkilerinin meyveleri püre haline getirilerek kurutulmuş ve elde edilen toz ürünler incelenmiştir. Kurutma süreleri boyunca mikrodalga fırında kurutma, tepsili kurutucuda kurutma ve dondurarak kurutma yöntemlerinin kuruma davranışı, kuruma süresi ve harcanan enerji miktarları tespit edilmiştir. Bu veriler doğrultusunda kombine kurutma koşulları belirlenmiştir.

Yapılan bu araştırma ile literatüre katkı sağlaması hedeflenmiş ve değişik bitkilerin meyvelerinden elde edilen püre tozlarının çeşitli gıdalara alternatif gıda katkı maddesi olarak eklenebilmesi adına bir ön çalışma olabileceği düşünülmüştür.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Ayva

Ayvannın anavatanı İran, Kafkasya'nın kuzeyi, Hazar Denizi civarı ve Kuzey Anadolu olarak geçmektedir. Ayva yetiştiriciliğinde Türkiye, ekolojik olarak uygun konumda olduğundan hemen hemen her bölgede yetiştirilebilmektedir. Ayva, tüketimi uzun yıllardır var olan lezzetli bir meyvedir. (Kaya et al., 2007; Şirikçi ve Gül, 2017).

Wojdyło et al. (2014)'nın çalışmasına göre, son yıllarda dünya ayva üretimi yaklaşık olarak 340 000 ton olarak belirtilmiş ve en büyük ayva üreticileri Türkiye, Çin, İran ve Fas olarak verilmiştir. Tablo 2.1 verilerine bakıldığında zaman son yıllarda Türkiye 176 479 ton ile dünya ayva üretiminde başta (1. sırada) gelmektedir (FAO, 2020). 2019 yılı TÜİK verilerine göre Türkiye'de 180 542 ton ayva üretimi gerçekleşmiştir (TÜİK, 2020).

Tablo 2.1. Son yıllarda Dünya ayva üretim miktarı (FAO, 2020).

Ülke	Üretim Miktarı (ton)	
	2017 Yılı	2018 Yılı
Türkiye	174 038	176 479
Çin	116 655	118 593
Özbekistan	109 516	76 865
İran	79 736	76 508
Fas	45 746	59 444

2.1.1 Ayvannın fiziksel özellikleri ve kimyasal kompozisyonu

Ayva (*Cydonia oblonga* Miller) *Rosaceae* familyasının çok tohumlu (5-20) yumuşak çekirdekli meyvelerindedir. Meyveler büyük (10-12 cm çapında), değişken boyutlarda ve asimetric yapıya sahiptir. Karakteristik güzel bir koku yaymaktadır. Ayva kabuğu, meyve olgunlaşması ile kaybolan bol miktarda tüylerle kaplıdır. Meyve eti, soyma, kesme, mekanik zararlanma vb. ile havaya maruz kaldığı zaman kolayca okside olan beyaz-sarı etli kısmı sert, genellikle asidik ve kekremsidir (Silva et al., 2004). Kekremsi buruk tadı ayvannın yüksek miktarda

tanen içeriğine sahip olmasından kaynaklanmakta ve bu özelliği taze tüketilebilirlik açısından olumsuz bir etkiye neden olmaktadır. Taze olarak tüketimi diğer ülkelerde tercih edilmezken ülkemizde tercih edilmektedir (Şahin ve Mısırlı, 2016).

A, C ve B₂ vitaminlerinin iyi bir kaynağı olan ayva uzun süreler bitkisel ilaç olarak kullanılmıştır (Adhami et al., 2013). Ayva meyvesinin kimyasal bileşimi Tablo 2.2’de görülmektedir (USDA, 2019a).

Tablo 2.2. Ayva meyvesinin kimyasal bileşimi (100g taze ağırlıkta) (USDA, 2019a).

Bileşenler	Birim	Miktar (100 g)	Bileşenler	Birim	Miktar (100 g)
Su	g	83.80	Potasyum, K	mg	197
Enerji	kcal	57	Sodyum, Na	mg	4
Protein	g	0.40	Çinko, Zn	mg	0.04
Yağ	g	0.10	Vitamin C	mg	15
Karbohidrat	g	15.30	Tiamin	mg	0.020
Lif	g	1.9	Riboflavin	mg	0.030
Kalsiyum, Ca	mg	11	Niasin	mg	0.200
Demir, Fe	mg	0.70	Vitamin B ₆	mg	0.040
Magnezyum, Mg	mg	8	Vitamin A	µg	2
Fosfor, P	mg	17			

2.1.2 Ayva ile ilgili literatürde yer alan bazı çalışmalar

Ayva dilimlerinin kurutma kinetiğinin incelendiği bir çalışmada, 4 mm kalınlığındaki ayva dilimlerinin ilk nem içerikleri ağırlıkça %82.5 (yaş bazda) olarak ölçülmüştür. Çalışmada hava sıcaklıkları 35, 45 ve 55 °C, ortalama hava hızları 0.2, 0.4 ve 0.6 m/s ve bağıl nem değerleri %40, 55 ve 70 olacak şekilde parametreler seçilmiştir. Kurutma, denge nem içeriğine ulaşana kadar devam ettirilmiştir. Sabit su aktivitesinde artan sıcaklıkla denge nem içeriğinin ters orantılı olarak ve sabit sıcaklıkta ise artan su aktivitesiyle denge nem içeriğinin doğru orantılı olarak değiştiği belirtilmiştir. Kuruma havasının sıcaklığını veya hızını arttırmanın toplam kuruma süresini azaltırken bağıl nemi de düşürdüğü vurgulanmıştır. Deneysel nem verilerinin literatürde geçen Henderson ve Pabis, Lewis ve Eksponansiyel modeller ile iyi bir uyum gösterdiği gözlenmiştir. Arrhenius tipi sıcaklık ilişkisi ve kurutulmuş ayva dilimlerinin sorpsiyon izotermleri belirlenmiştir (Kaya et al., 2007).

Literatürdeki bir diğer çalışmada, kurutma yönteminin kütle yoğunluğu, partikül yoğunluğu, gözeneklilik ve çeşitli nem içeriklerinde ayvaların büzüşmesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Ayva örnekleri enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarını önlemek adına yaklaşık 11×11×11 mm'lik küp şeklinde kesilmiş ve 5 dakika boyunca %1 sodyum metabisülfat çözeltisine daldırılmıştır. Örnekler akışkan yatak ve tepsili kurutucularda geleneksel kurutma (her ikisinde de 70 °C sıcaklıkta ve 1.4 m/s hava hızında kurutma), kızılötesi destekli hava kurutma (metal çubuk ısıtıcılı laboratuvar ölçekli masaüstü kızılötesi kurutucuda 70 °C sıcaklıkta kurutma), geleneksel hava kurutmasıyla birlikte ozmotik kurutma (40 °C'de %50 ağırlık/ağırlık sakkaroz çözeltisine 6 saat daldırma ardından 70 °C sıcaklıkta ve 1.4 m/s hava hızında kurutma) ve dondurarak kurutma (30 °C oda sıcaklığı ve -50 °C kondansör sıcaklığı ile 0.014 mbar vakum altında kurutma) olmak üzere dört farklı kurutma yöntemi ile kurutulmuştur. Partikül yoğunluğu dışındaki tüm özellikler kurutma yöntemlerinden etkilenmiştir. Yığın yoğunluğu ve gözeneklilik, geleneksel akışkan yatak ve tepsili kurutma, kızılötesi kurutma ve geleneksel hava kurutmasıyla birlikte ozmotik kurutma yöntemlerinde nem oranının azalmasıyla artmıştır. Bununla birlikte, dondurarak kurutulmuş ayvaların yığın yoğunluğu, nem içeriği azaldıkça azalmıştır. Dondurarak kurutulmuş ayvalar en düşük kütle yoğunluğuna ve en yüksek gözenekliliğe sahipken osmotik olarak dehidre olanlar en yüksek kütle yoğunluğuna ve en düşük gözeneklilik değerlerine sahip olarak belirtilmiştir. Büzülme katsayısı, nem içeriği azaldıkça azalmıştır (Koç et al., 2008).

Ayva meyvesinin ezilmiş formda (bir termokupl tamamen malzeme içine yerleştirilecek şekilde tabanın 1.5 cm'sine kadar olan kaba kıyılmış ayvanın doldurulmuş hali) kurutma kinetiğinin pilot ölçekli dondurarak kurutucuda incelendiği çalışmada denemeler yapılmıştır. Bu çalışmada ısı yükü gücü, ısı uygulamasının başlama zamanı ve başlangıç nem içeriğinin kurutmanın kuruma hızı ve performansı üzerine etkileri incelenmiştir. Kabin tabanı, bir ısıtma sistemi ve 13 ila 266 W arasında farklı ısı yükleri kullanılarak ısıtılmıştır. Örneklerin başlangıçtaki nem içeriği, 24 saat boyunca 110 °C'de bir elektrikli fırında kurutulmasıyla belirlenmiştir. Bu çalışmada, ısı doğrudan kapların tabanına uygulanmış ve raftan ürüne yapılan ısı transferinin dehidrasyon oranını azaltmada önemli bir parametre olduğu belirtilmiştir. Böylece, sıcak plaka ve örnekler arasında doğrudan bir temas olması bu direnci etkili bir şekilde azaltmıştır. Nem

değişimlerinin deneysel verileri doğrusal olmayan regresyon ile ilişkilendirilmiştir. Örneklerin kurutma kinetiği, çalışma parametrelerinin bir fonksiyonu olarak önceden tanımlanmış matematiksel modeller ile belirlenmiştir. Birincil ve ikincil kurutma aşamalarının kinetik modelleri için elde edilen ortalama bağıl yüzde sapma değerleri sırasıyla %7.47 ve %5.94 olarak verilmiştir. Deney sonucunda ısı yükünün kurutma hızı üzerinde en etkili parametre olduğu belirtilmiştir. İşlemin başında yüksek bir ısı yükü gücü (133 W/kg) uygulanarak kuruma süresinin önemli ölçüde azaldığı ortaya çıkmıştır. Ek olarak, birincil ve ikincil kurutma aşamalarının kurutma kinetiğini ilişkilendirmek için bir dondurarak kurutucuda kurutma işleminin kavramsal olarak anlaşılmasına dayalı iki model önerilmiştir. Deneysel veriler ile hesaplanan değerler arasındaki iyi uyum, ayvanın birincil ve ikincil kurutma aşamalarının kurutma kinetiği için önerilen modeller ile elde edilen korelasyonların geçerliliğini doğrulamaktadır (Adhami et al., 2013).

Ayva dilimlerinin (12 mm) ince tabaka kuruma davranışını kurutma koşullarının bir fonksiyonu olarak inceleyen bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada kullanılan ayva dilimlerinin başlangıç nem içeriği %81.04 (yaş bazda) olarak belirlenmiştir. Laboratuvar ölçekli bir termal konvektif kurutucu kullanılmış ve kurutma hava akışının istenilen değerde sabit kalabilmesi için her deneyden 2 saat önce başlatılmıştır. Bu çalışmada 40, 50 ve 60 °C hava sıcaklıklarında ve ortalama 1, 2 ve 3 m/s hava hızlarında deneyler yapılmıştır. Deneyde bağıl nem %10'da sabit tutulmuştur. Artan hava sıcaklığı ve hava hızının toplam kuruma süresinde bir azalmaya neden olduğu görülmüştür (Tzempelikos et al., 2014).

Silindirik ayva dilimlerinin konvektif kurutulması sırasında hava akışına paralel eksenli sabit ısı ve kütle transferi için sayısal bir model geliştirmek ve konvektif kurutma sırasında ayva dilimlerinin kurutma kinetiğinin detaylarını belirlemek için yapılan bir çalışma incelenmiştir. Model, Fick'in difüzyonundan kaynaklanan nem taşınımını varsayarak elde edilen etkili bir nem difüzyon katsayısı ile birleştirilmiş bir boyutlu ısı ve kütle taşınım denklemlerinin sayısal çözümüne dayanmaktadır. Model, farklı hava akımı hızları (1 ve 2 m/s) ve sıcaklıklar (40, 50 ve 60 °C) için deneysel verilere karşı onaylanmıştır. Tüm proses azalan bölgede gerçekleşmiştir. Sonuçlar, hava akımının sıcaklığının kurutma eğrileri üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermiştir. Özellikle 40 °C'den 60 °C'ye kadar bir

sıcaklık artışı, toplam kuruma süresinde yaklaşık %54'lük bir azalma sağlamıştır. Modelin sağlam, hesaplama açısından verimli olduğu ve sıcaklık ve nem kaybının zaman içindeki gelişimini, minimum deneysel ayarlama ihtiyacı duyan ve dolayısıyla bir mühendislik bakış açısına uygun kabul ettiği yeterli bir doğrulukla yakalayabildiği bulunmuştur (Tzempelikos et al., 2015a; 2015b).

Kurutma yönteminden etkilenen ayvaların kurutma kinetikleri, biyolojik bileşikleri, antioksidan aktivitesi ve duyuşal özelliklerini belirleyen bir çalışma incelenmiştir. Toplam en yüksek polifenol içeriği, dondurularak kurutulduktan ve 50 °C'de konvektif kurutmada sonra elde edilen kurutulmuş örneklerde gözlenmiştir. Sadece duyuşal özellikleri göz önünde bulundurarak en iyi kurutma işlemleri, 480 W'da vakumlu mikrodalga kurutmada görülmüştür. Çünkü orta koyu renk ve yüksek yoğunlukta bazı tatlar ve ana lezzet özellikleri ortaya çıkarmıştır. Çalışılan parametreler arasında 60 °C'de konvektif kurutma, ayvalar için önerilen en uygun kurutma yöntemi olarak kullanılmıştır. 60 °C'de konvektif kurutmanın yüksek bir toplam fenolik bileşik içeriği içerdiği, iyi bir duyuşal profilde olduğu, ucuz bir yöntem olduğu, beslenme veya duyuşal parametreler üzerinde olumsuz etkilere neden olmadığı belirtilmiştir. Bu kurutmanın tek dezavantajı uzun kuruma süresi olarak belirtilmiştir (Szychowski et al., 2018).

2 mm kalınlığında ayva dilimlerinin elektrohidrodinamik (Electrohydrodynamic (EHD) iki elektrot arasındaki gaz ortamında çok sayıda iyon üretimine dayanmaktadır) ve sıcak hava kurutma yöntemleriyle kalite değerlendirmesi yapılan bir çalışmada incelenmiştir. Elektrohidrodinamik kurutma (70 °C sabit sıcaklıkta 5, 7 ve 9 kV voltaj seviyeleri) ve sıcak hava kurutma (1 m/s hava hızında 50, 60 ve 70 °C hava sıcaklıkları) yöntemleriyle kurutulmuş ayva dilimlerinin kuruma etkisini değerlendirmek için, kalan nem içeriği, büzülme, su emme kapasitesi, kesme mukavemeti (Tekstür cihazı kullanılarak ayva dilimlerinin dokusunu değerlendirmek için örnek üzerinde delinme testi yapılmıştır.) ve kurutulmuş ayva rengi ölçülmüştür. Kurutulmuş ürünlerin kalitesinin önemli özelliklerinden biri olan yumuşaklık ve çiğneme özelliği miktarını belirlemek için kurutulmuş ürünlerin sertliği ölçülmüştür. Ayva dilimlerinin kesme dayanımının 3 kN/cm² 'den (işlemin başlangıcı) 17 kN/cm² 'ye (işlemin sonu) değiştirildiği belirtilmiştir. Genel olarak sonuçlar, kurutma işlemleri sırasında ayva dilimlerinin

kesme dayanımının arttığını göstermiştir. Kurutma işlemi sırasında örneklerin kesme mukavemetindeki artış, nem içeriğinin azalması ve mineral tuzun su ile buharlaşma seviyesine göç etmesi ile ilişkili olabileceği; sonuç olarak dokunun katılığının ve sertliğinin artacağı belirtilmiştir. Sıcak hava yöntemiyle kurutulan ayva dilimleri, elektrohidrodinamik kurutmaya göre yüksek çekme ve kaliteli renge sahip olmakla birlikte, sıcak hava yöntemi ve elektrohidrodinamik kurutma işlemi ile kurutulmuş ayva dilimlerinin kesme dayanımı ve su emme kapasitesinde önemli bir farklılık görülmemiştir. Artan gerilim, kurutulmuş ayva dilimlerinin su emme kapasitesinin artmasına, renk kalitesine ve kesme mukavemetinin azalmasına neden olmuştur (Elmizadeh et al., 2018).

Son yıllarda, gıda maddelerini kurutmak için aralıklı mikrodalganın (intermittent microwave (IM); gıda endüstrisindeki yeni kurutma yöntemlerinden biri) kullanıldığı bir çalışma incelenmiştir. Bu araştırmanın amacı, önceden işlenmiş ayva meyvelerinin kübik parçalarını, düşük sıcaklıkta (40 °C) IM-sıcak hava (hot air; HA) kurutma kullanarak sakkaroz ozmotik çözeltisiyle kurutmak ve bu işlemin kurutulmuş ürün kalitesi üzerindeki etkilerini araştırmaktır. İşlemin değişkenleri, %0 (kontrol), 10, 30, 50 ve 70 (ağırlık / ağırlık) sakkaroz ozmotik çözeltisinin konsantrasyon seviyelerini, 0 (kontrol), 360, 600 ve 900 W'daki mikrodalga güçlerini ve 1, 2, 3 ve 4 darbe oranlarını içermektedir. Bulguların, kontrol örnekleri ile karşılaştırılmasında, ozmotik çözelti ile ön işleme tabi tutulan örneklerin daha düşük etkili nem difüzyon katsayısına (D_{eff}) sahip olduğu belirtilmiştir. Ozmotik çözelti konsantrasyonunun, mikrodalga gücünün ve darbe oranının arttırılması, büzülmede önemli azalmalara yol açmıştır. Ayrıca, düşük güçte IM ile kurutulan örnekler en yüksek rehidrasyonu göstermiş ve bunu yüksek güçte IM ile kurutulanlar izlemiştir; ancak sadece sıcak hava ile kurutulan kontrol örneklerinin en düşük rehidrasyona sahip olduğu gözlenmiştir. Ayrıca mikrodalga gücünün artırılmasıyla özgül enerji tüketiminde önemli bir azalma fark edilmiştir (Dehghannya et al., 2018).

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde ayva meyvesinin posa, kabuk ve çekirdek kısımları, ayva reçeli ve en çok da ayva dilimlerinin ince tabaka kurutma, dondurarak kurutma, mikrodalga fırında kurutma ve tepsili kurutucuda kurutma gibi kurutma şekillerinin uygulandığı görülmüştür.

2.2 Balkabağı

Balkabağı ilk olarak Batı Meksika daha sonrasında ABD'nin güneybatısında yetiştirilmiştir. Keşifler sonrasında balkabağı, Japonya ve oradan da Asya ülkelerine götürülmüştür. Özellikle de Çin'de yaygın olarak üretimi yapılmaya başlanmıştır (Kaya, 2006).

2007 FAO bilgilerine göre dünya balkabağı, kabak ve su kabağı üretimlerinde ilk sırada 6 309 623 ton ile Çin yer almakta onu sırasıyla Rusya, Amerika, Mısır ve Ukrayna izlemektedirken Türkiye'nin toplam balkabağı, kabak ve su kabağı üretim miktarları 337 882 ton olup 2007 yılında dünyada 12. sırada bulunduğu belirtilmiştir (Balkaya vd., 2010).

FAO 2020 verilerine göre Tablo 2.3'te de görüldüğü üzere balkabağı, kabak ve su kabağı üretim miktarlarınca Çin'nin ilk sırada yer aldığı görülürken Türkiye 580 624 ton ile 9. sırada görülmektedir. 2019 TÜİK verilerine göre balkabağı üretim miktarınının 92 319 ton olduğu görülmektedir (TÜİK, 2020). Türkiye'de hem üretici hem istatistikçiler tarafından kestane kabağı ve balkabağı arasındaki farklılıklar tam olarak ayırt edilemediği için veriler iki türü de içermektedir (Balkaya vd., 2010).

Tablo 2.3. Son yıllarda Dünya balkabağı, kabak ve su kabağı üretim miktarları (FAO, 2020).

Ülke	Üretim Miktarı (ton)	
	2017 Yılı	2018 Yılı
Çin	8 012 249	8 186 851
Hindistan	5 450 214	5 569 809
Rusya	1 165 150	1 189 539
Ukrayna	1 164 660	1 338 000
Amerika	722 101	683 038
Meksika	710 632	776 073
İspanya	702 278	717 645
İtalya	589 208	596 397
Türkiye	580 624	616 777
Küba	491 894	452 264
Mısır	466 073	477 283
Bangladeş	340 908	303 073
Güney Kore	312 690	321 591

2.2.1 . Balkabağının fiziksel özellikleri ve kimyasal kompozisyonu

Balkabağının (*Cucurbita moschata*) kabakgiller (*Cucurbitacea*) familyasına dahil uzun silindirik, basık yuvarlak ve armut şekillerinde olabildiği belirtilmiştir. Saplarının dokusu ve şekline göre kabaklar *Cucurbita pepo*, *Cucurbita moschata*, *Cucurbita maxima* ve *Cucurbita mixta* olarak sınıflandırılırlar. Balkabağının kabuk rengi turuncu, turuncu sarı ve sarı olup etli kısmı açık turuncudan koyu turuncuya değişiklik gösterebilmektedir. Ağırlıkları ortalama 5 ila 60 kg arasında olmaktadır. Balkabakları toprağın 6.5 ile 7.5 pH aralıklarında olduğu durumlarda en verimli ve iyi şekilde meyve vermektedir. Ilıman iklim şartları ve 18 ile 27 °C arası değişen sıcaklıklarda yaklaşık 3.5 ayda olgunlaşırlar (Özel, 2010; Rakcejeva et al., 2011; Şalk et al., 2008).

Balkabağı, karbonhidrat ve protein bileşimi ile yüksek oranda vitamin ve mineral içeriğine sahip ve besleyicidir. Yağ bileşenlerinin büyük bir kısmı doymuş ve tekli doymuş yağlardan olsa da balkabağının yağ içeriği oldukça düşüktür. İçeriğinde yüksek miktarda kalsiyum, fosfor, potasyum ve magnezyum gibi mineraller, karotenoid maddeler ve A, C ve B₂ vitaminleri bulunmaktadır (Özel, 2010). Tablo 2.4’de 100 g taze ağırlıktaki balkabağının kimyasal bileşimleri görülmektedir (USDA, 2019b).

Tablo 2.4. Balkabağının kimyasal bileşimi (100g taze ağırlıkta) (USDA, 2019b).

Bileşenler	Birim	Miktar (100 g)	Bileşenler	Birim	Miktar (100 g)
Su	g	91.60	Potasyum, K	mg	340
Enerji	kcal	26	Sodyum, Na	mg	1
Protein	g	1.00	Çinko, Zn	mg	0.32
Yağ	g	0.10	Vitamin C	mg	9.0
Karbohidrat	g	6.50	Tiamin	mg	0.050
Lif	g	0.5	Riboflavin	mg	0.110
Kalsiyum, Ca	mg	21	Niasin	mg	0.600
Demir, Fe	mg	0.80	Vitamin B6	mg	0.061
Magnezyum, Mg	mg	12	Vitamin A	µg	426
Fosfor, P	mg	44			

2.2.2 Balkabağı ile ilgili literatürde yer alan bazı çalışmalar

Polonya'da fizyolojik olgunlaşma döneminde hasat edilen iki kabak türü (Kestane kabağı *C.maxima* ve yazlık kabak *C.pepo*) için yapılan çalışmanın amacı, kurutmadan önce dilimlerin nem içeriğini, spesifik yoğunluğunu, kesme kuvvetini ayrıca konvektif ve vakum-mikrodalga yöntemleriyle dehidrasyon kinetiğini oluşturmaktır. Bu amaç doğrultusunda kurutma kinetiği ve farklı yöntemler kullanılarak dehidre edilmiş balkabağı dilimlerinin kalite parametreleri üzerine balkabağı dilimlerinin kurutulması incelenmiştir. Bu çalışmada sıcak hava kurutma (60 °C sıcaklıkta ve 1 m/s hava hızında), vakumlu mikrodalga kurutma (örnek 6 devir/dakika hızda dönen bir silindire yerleştirilmiş, silindirdeki basınç 4-6 kPa ve mikrodalga gücü 480 W), vakum kurutma (tek yönlü kuruma, 60 °C'de sıcaklıkta) ve dondurarak kurutma (65 Pa ve -60 °C sıcaklıkta ve 30 °C plaka sıcaklığında) olmak üzere 4 farklı kurutma yöntemi kullanılmıştır. Vakumlu mikrodalga kurutma yönteminin uygulanması, sıcak hava kurutma yöntemine kıyasla, kabak dilimi kurutma süresini yaklaşık on kat kısaltmıştır. Sıcak hava akımında, *C.pepo* türünün dilimleri, *C.maxima* türünün dilimlerinden daha hızlı bir şekilde dehidre edilmiştir. Vakumlu mikrodalga işleminden yararlandığında, *C.maxima* dilimleri daha hızlı kurutulmuş ve kullanılan kurutma yöntemlerinin her birinin, sıcak hava kurutma yönteminden daha etkili olduğu görülmüştür (Nawirska et al., 2009).

Balkabağının kuruma kinetiği, bir ince tabaka kurutma tasarlanıp deneysel olarak Özel (2010)'in çalışmasında incelenmiştir. Nem içeriği %93,48 (yaş bazda) olan balkabağı kullanılmıştır. Kurutma havası 50, 60 ve 70 °C sıcaklıklarda, hava hızı 0.5, 1 ve 2 m/s ve bağıl nemi de %5, 10 ve 20 olacak şekilde kurutma koşulları belirtilmiştir. Balkabağı 30x30x4 mm şeklinde (kabuksuz) dilimlenerek kurutulmuştur. Balkabağına ait kuruma eğrileri çizilmiş ve on farklı model ile sonuçlar karşılaştırılmıştır. Deneysel sonuçlara en yakın modelin Midilli modeli olduğu belirtilmiştir.

Yapılan bir çalışmada temel amaç mikrodalga vakum kurutma ile kurutulmuş balkabaklarının kalite parametrelerini değerlendirmek ve buğday ekmeği üretiminde uygunluğunu belirlemek şeklindedir. Balkabağının ve balkabağı ilaveli buğday ekmeğinin kalite parametreleri değerlendirilmiştir. Nem içeriği (fırın

kurutma methodu), C vitamini içeriği (iodometrik), karotenoid içeriği (spektrofotometrik), indirgen şeker (LVS 252:2000), renk değişiklikleri (ColorTec-PCM), toplam yağ içeriği (ISO 6492:1999), ekmek pişirme kaybı ve kuruması gibi analizlerin sonuçları incelenmiştir. Kurutulmamış balkabağının kalite parametreleri indirgen şeker içeriği 2.40 g/100g, C vitamini 0.26 g/100g, karotenoidler 0.50 mg %kuru madde olarak belirtilmiştir. Vakum mikrodalga kurutucuda kurutulmuş balkabağı parametreleri ise basınç (50-70 mmHg), tambur hızı 6 rpm, 1 çalışma döngüsü ve 3 aşama olarak belirtilmiştir. Balkabaklarının kurutulması işlemi sırasında bazı parametreler (nem içeriği % 10.5, C vitamini içeriği % 2.0, b* (sarılık) değeri % 1.5) azalma göstermiştir. Buğday hamuruna katılacak olan balkabağı tozunun %10 oranında en uygun kurutmayı verdiği belirtilmiştir. Kurutulmuş balkabağı katkı maddesi içeren buğday ekmeği örneği karotenoidlerce daha zengin ve kontrol örneği olan buğday ekmeği ile kıyaslandığında şeker miktarı daha düşük bulunmuştur (Rakcejeva et al., 2011).

Dirim and Çalışkan (2012) çalışmasında dondurarak kurutma işlemiyle balkabağı püresi tozu üretimi ve toz ürün özellikleri üzerine etkilerini belirlemişlerdir. Bu kapsamda pilot ölçekli dondurarak kurutucuda (-48 °C 'de 9 saat, 13.33 kPa mutlak basınç) balkabağı püreleri kurutulmuştur. Kurutma işlemiyle toplam fenolik madde içeriğinde (%3), C vitamini içeriğinde (%18) ve karotenoit içeriğinde (%26) azalma olduğu belirtilmiştir. Toz ürün özelliklerinden yığın yoğunluğu, ıslanabilirlik, çözünürlük süreleri ölçülmüş ve akabilirlik ve yapışkanlık değerleri hesaplanmış, orta seviye olarak belirtilmiştir.

Bakırcı (2014)'nın çalışmasında amaç inek sütünün standardize edilmiş (yağ oranı % 1.55) haline % 0.5, 1.0 ve 1.5 oranlarında balkabağı lifi eklenmiş ve yarım yağlı yoğurt üretimi gerçekleştirilmiştir. Balkabağı lifi dilimlenip posa haline getirilerek 1:1 oranında saf su ile yıkanmış ve süzülerek suyu uzaklaştırılmış posa sabit tartıma kadar 60 °C'de kurutulmuştur. Kurutma sonunda elde edilen balkabağı lifi toz haline getirilmiş ve üretimde kullanılıncaya kadar toz haliyle saklanmıştır. Üretilen yoğurtlarda depolamanın 1., 7. ve 14. günlerinde fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal analizler gerçekleştirilerek kontrol örneği olan yoğurt (balkabağı lifsiz) ile kıyaslanmıştır. Bunun sonucunda içeriğinde balkabağı lifi olan yoğurtların kurumadde, viskozite, su tutma kapasitesi, renk değerleri ve titrasyon

asitliği üzerinde kayda değer bir etki bıraktığı; yağ, protein ve pH değerlerini etkilemediği belirtilmiştir. Depolama boyunca balkabağı lifi içeren yoğurt örneklerinde L değerinde artma, a ve b değerlerinde ise azalma olduğu görülmüştür. Kontrol rneği ile balkabağı lifi içeren örneklerin SEM görüntüleri incelendiğinde yapısal farklılıkların belirgin olduğu görülmüştür. Duyusal analiz sonucunda genel değerlendirme olarak balkabağı lifi ilaveli yarım yağlı yoğurtların tekstürel ve kalite özellikleri bakımında arttırılabileceği ve ikame olarak kullanılabileceği belirtilmiştir.

“Kurutma yönteminin ve metabisülfit n işleminin renk üzerine etkisi, fonksiyonel özellikleri, fenolik asit içerikleri ve balkabağı unu biyolojik olarak işlenebilirliği” isimli çalışmada balkabağı unu, metabisülfit ile ön işleme tabii tutularak, ön işlem olmadan sıcak hava fırınında kurutularak ve dondurarak kurutularak üretilmiştir. Dondurarak kurutulmuş balkabağı unu, koyu portakal rengine sahipken, metabisülfit ile taze balkabağında renk kaybına neden olduğu belirtilmiştir. Dondurarak kurutmanın daha iyi fonksiyonel özellik sağladığı ve daha yüksek su tutma kapasitesi (92 ml/100 g) ve yağ bağlama kapasitesi (314 ml/100 g) sağladığı belirtilmiştir. Fırın kuruması ve metabisülfit n işlemi hem fenolik içeriği hem de biyolojik olarak erişilebilir fenolikleri arttırtığı görülmüştür (Aydin and Gocmen, 2015).

Seremet et al. (2016) yaptıkları çalışmada, sıcak havayla kurutma işleminin ve kombine yöntemlerinin, balkabağı örneklerinin fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkisini belirlemişlerdir. Bu alışma için Romanya’da yetişen balkabağı (*C. moschata*) eşidinin, karoten yüzdesinin içeriğine bağlı olarak sarı ile koyu turuncu renklerinde değişen, ince kabuklu ve armut şeklinde karakterize edildiği belirtilmiştir. Balkabakları 5 mm kalınlığında ve 25 mm çapında ortalama 50 g ağırlığa sahip silindirler halinde kesilmiş ve kabuğun yakınındaki bölge (<10 mm) farklı dokusundan dolayı ayrılmıştır. Sıcak hava odasındaki deneyler 50 ile 70 C arasında ve %30.6 ile 47.1 arasında değişen relatif rutubet değerlerinde gerçekleştirilmiştir. Kombine yöntemin, ana kurutma tekniklerinin üçlü bir kombinasyonundan oluştuğu belirtilmiştir. Bu nedenle kombine kurutmanın ilk aşamasında örnekler, 60 C’de sıcak hava konveksiyonunda, ardından 40 C’de mikrodalga ile farklı glerde (105 W mikrodalga gücü 30 dakika, 210 W

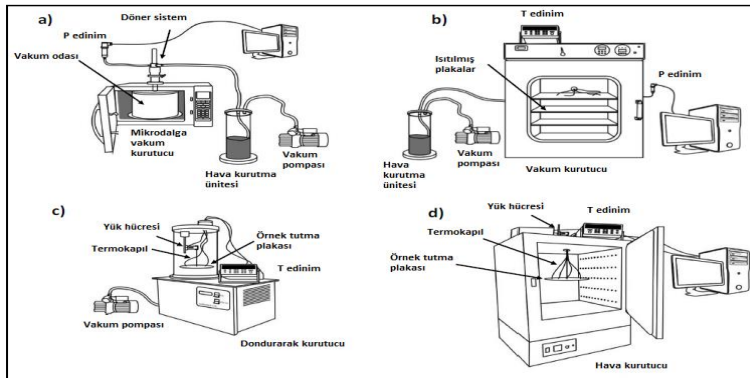
mikrodalga gücünde 15 dakika, 315 W mikrodalga gücünde 9 dakika) eş zamanlı olarak kurutulmuştur. Nem içeriğini herhangi bir seviyeye düşürmek için gereken sürenin kurutma koşullarına bağlı olduğu belirtilmiştir. Sıcak havadaki en yüksek kuruma süresi 50 °C’de 540 dakika, en düşük süre 40 °C’de mikrodalga (315 W mikrodalga gücünde) ile birleştirilen sıcak havada 189 dakika olarak hesaplanmıştır. Rehidrasyon kapasitesinin kombine yöntemle kurutulan örneklerde daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Sıcak hava ve dondurarak kurutucuda balkabağı (*C. moschata*) dilimlerinin (0.5 × 3.5 × 0.5 cm) kurutma özelliklerinin incelendiği çalışma; örneklerin kurutma ve rehidrasyon kinetiğini belirlemek için yapılmıştır. Kurutma deneylerinde 80 °C giriş sıcaklığında 1 m/s hava hızında pilot ölçekli kurutucu ve 13.33 kPa mutlak basınçta -48 °C kondansatör sıcaklığında dondurarak kurutucu kullanılmıştır. Kuruma eğrileri için altı tane ince tabaka kurutma modeli uygulanmıştır. Dondurarak kurutma işleminde spesifik nem ekstraksiyon oranı, nem ekstraksiyon oranı ve spesifik enerji tüketimi değerlerinin neredeyse iki katı değerler gösterdiği verilmiştir. Sonuçlara bağlı olarak, balkabağı dilimlerinin nem içeriği ve su aktivitesi değerleri ürünlerin güvenli depolanması için kabul edilebilir değerler arasında belirtilmiştir. Kurutulmuş balkabağı dilimlerinin (1:25, 1:75, 1:100 ve 1:125 katı: sıvı oranlarında (ağırlık: ağırlık) 18 ve 100 °C sıcaklıklarda) rehidrasyon davranışı en yüksek R² değerine sahip Peleg modeli ile belirlenmiştir. Dondurarak kurutulmuş dilimlerin rehidrasyon oranı, konvektif kurutulmuş dilimlere göre 2-3 kat daha yüksek bulunmuştur (Caliskan and Dirim, 2017).

Mikrodalga vakumlu kurutma ve balkabağı dilimlerinin çoklu flaşlı kurutulması (ÇFK; kurutma sırasında art arda ısıtma-vakum-darbe çevrimlerinin bir gıdaya uygulanması işlemidir.) isimli çalışmada farklı kurutma yöntemlerinin kurutma kinetiği, ürün yapıları, rehidrasyon kinetiği ve rehidrasyon endeksleri üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Taze balkabakları tekdüzelik için, silindirik kısım (balkabağı boynu) seçilmiştir. Uzunlamasına doğrultuda iki yarıya kesilmiş ve dilimlenmiş, yarım ay şeklinde dilimler elde edilmiştir. Bu da 5.9 ± 0.9 mm kalınlığında (t), 30.0 ± 3.3 mm yarıçap (r) ve 60.2 ± 5.0mm çap (d) hazırlanmıştır. Daha sonra dilimler haşlanmış (3 dakika boyunca 97 ± 2 °C) ve damıtılmış suya batırılarak soğutulmuştur (2 dakika boyunca 11 ± 3 °C). Bunun için balkabağı

dilimleri beş farklı kurutma [mikrodalga çoklu flaşlı kurutma (MÇFK), mikrodalga vakumlu kurutma (MVK), iletken çoklu flaşlı kurutma (İÇFK), dondurarak kurutma (DK) ve hava ile kurutma (HK)] yöntemiyle dehidre edilmiştir (Şekil 2.1). Ürünün atmosferik basınçta istenen sıcaklığa (örneğin 60 °C) kadar ısıtıldığı, sonra ani bir dekompresyon (vakum darbesi) uygulandığı ve bu durumunda flaş buharlaşmasına neden olduğu belirtilmiştir. 0.022 g/g (kuru bazda, kb) nem oranına ve 0.438 su aktivitesi değerine ulaşmak için kurutma süreleri MVK için 1.28 sa, MÇFK için 1.32 sa, İÇFK için 3.50 sa, HK için 16.33 sa ve DK için 16.67 sa olarak belirtilmiştir. Tüm kurutma yöntemleri sabit bir kuruma süresi ve bir düşme oranı süresi sunmuştur. En yüksek sabit kurutma hızı olan MVK, sırasıyla MÇFK, İÇFK, HK ve DK için 1.3, 8, 22 ve 53 kat daha yüksek gözlenmiştir. Çoklu flaşlı kurutma işlemlerinden (İÇFK ve MÇFK) ve MVK'dan alınan örneklerin stereo mikrografları aracılığıyla oldukça gözenekli bir yapı gösterdiği belirtilmiştir (Monteiro et al., 2018).

25 ve 80 °C sıcaklıklarda kurutulmuş balkabağı dilimlerinin rehidrasyonu çalışılmıştır. Su sıcaklığı örneklerin rehidrasyon oranlarını (rehydration ratio (RR)); rehidre edilmiş örneğin kütlesi/ kurutulmuş örneğin kütlesi) etkilemiştir. 25 °C'de yaklaşık 15 olan rehidrasyon oranı, 80 °C'de yaklaşık 12 olarak hesaplanmıştır. 25 °C'de rehidre edilmiş MÇFK ve MVK örnekleri rehidrasyondan sonra HK, DK ve İÇFK örneklerinden gözlemlenen daha yüksek nem değeri göstermiştir. Tüm sonuçlardan yola çıkarak MVK ve MÇFK'nın çok kısa kuruma sürelerinde kurutulmuş balkabağı dilimleri üretmek için uygun işlemler olduğu belirtilmiştir (Monteiro et al., 2018).



Şekil 2.1. Balkabağı örneklerini kurutmak için kullanılan deneysel cihazların şematik gösterimi: a) MÇFK ve MVK; b) İÇFK; c) DK; ve d) HK (Monteiro et al., 2018).

Farklı kurutulmuş balkabağı dilimlerinin rehidrasyon işleminde ampirik ve difüzyon modelleri üzerine yapılan çalışmada elde edilen kurutulmuş balkabağı dilimlerinin rehidrasyon kinetiği incelenmiştir. Kurutma yöntemleri; hava akımlı kurutma (HK), dondurarak kurutma (DK), vakumlu çoklu flaş kurutma (VÇFK) ve HK'nın iki aşaması arasına anlık kontrollü basınç düşüşü (AKBD) ekleyerek kabarmalı kurutma (KK) olmak üzere 4 farklı yöntem verilmiştir. Rehidrasyon işleminin dehidrasyon yöntemlerine bağlı olduğu belirtilmiştir. VÇFK, DK ve KK'nın kısa rehidrasyon süresinin önüne geçerken HK için en yavaş rehidrasyon işleminin gözlemlendiği fark edilmiştir. Deneysel rehidrasyon eğrileri ampirik ve difüzyon modelleri ile yapılarak Weibull'un en iyi rehidrasyon uydurma eğrisini sağladığı görülmüştür. Diğer taraftan, Fick'in difüzyon modelleri de rehidrasyon işleminin kinetiğini tanımlamak için kullanılmıştır. Difüzyon katsayılarının sıcaklık bağımlılığı, Arrhenius tipi ilişki ile ilişkilendirilmiştir (Benseddik et al., 2019).

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde balkabağı dilimleri, silindir halinde kesilmiş balkabağı, balkabağı püresi vb. şekillerde hammadde ile dondurarak kurutma, mikrodalga fırında kurutma ve tepsili kurutucuda kurutma gibi kurutma şekilleriyle tekli bir kombinasyon kurutma uygulandığı görülmüştür.

2.3 Kivi

Çin menşeli ve Yeni Zelanda'da geliştirilen kivi meyvesi İtalya, Şili, Güney Afrika, Japonya, İspanya gibi bölgelerde 1970'li yıllardan itibaren yetiştirilmeye başlanmıştır (Orikasa et al., 2008; Ekşi ve Türkmen Özen, 2012).

Türkiye'ye bakıldığında ilk olarak 1994 yılında kivi üretiminin başladığı ve 1994 TÜİK verilerine göre 7 ton üretim yapıldığı belirtilmiştir. Doğu Karadeniz bölgesinde çay ve fındık üretiminden sonra kivi üretimi üçüncü sırada en önemli ürünlerden biri haline gelmiştir (Ekşi ve Türkmen Özen, 2012).

FAO 2020 verilerine göre Tablo 2.5'de de görüldüğü üzere kivi meyvesinin 2018 yılı üretim miktarlarında 2 035 158 ton ile Çin'nin ilk sırada yer aldığı

görülürken Türkiye 61 920 ton ile 7. sırada görülmektedir. 2019 TÜİK verilerine göre kivi üretim miktarının 63 798 ton olduğu belirtilmiştir (TÜİK, 2020).

Tablo 2.5. Son yıllarda Dünya kivi üretim miktarları (FAO, 2020).

Ülke	Üretim Miktarı (ton)	
	2017 Yılı	2018 Yılı
Çin	1 986 368	2 035 158
İtalya	541 150	562 188
Yeni Zelanda	410 772	414 261
İran	274 474	266 319
Yunanistan	202 462	265 280
Şili	227 694	230 267
Türkiye	56 164	61 920
Fransa	54 416	53 201

2.3.1 Kivinin fiziksel özellikleri ve kimyasal kompozisyonu

Kivi (*Actinidia deliciosa*) sarmaşık gibi sarılarak büyüyen bir bitkidir fakat sarmaşık gibi sülükleri bulunmamaktadır. İki evcikli (dioik) ve tek düze yapıda bitkilerden olduğundan türlerin ayrımı çiçek rengi, yaprak şekli, tüylülüğü gibi özelliklerine göre olmaktadır. Meyvelerinin dışı kahverengi ve ince tüylü yapıda içi ise yeşil renkli ve siyah çekirdeklidir (Alp, 2017).

Kivi meyvesi yüksek miktarda vitaminler (C, A, B₂ ve E vitamini), mineraller (kalsiyum, demir, fosfor, magnezyum ve potasyum), karotenoidler (beta karoten, lutein ve ksantofil), fenolik bileşikler (flavonoidler ve antosiyaninler) ve antioksidan bileşikler içermektedir. Kivi, yüksek nem içeriği nedeniyle mikrobiyal bozulma ve yumuşamaya karşı hassastır. Kivinin raf ömrünü uzatmak için kurutma uygun bir teknik olabilir (Ergun et al., 2014). Tablo 2.6'da 100 gram taze kivi meyvesinin kimyasal bileşimleri görülmektedir (USDA, 2020).

Tablo 2.6. Kivi meyvesinin kimyasal bileşimi (100g taze ağırlıkta) (USDA, 2020).

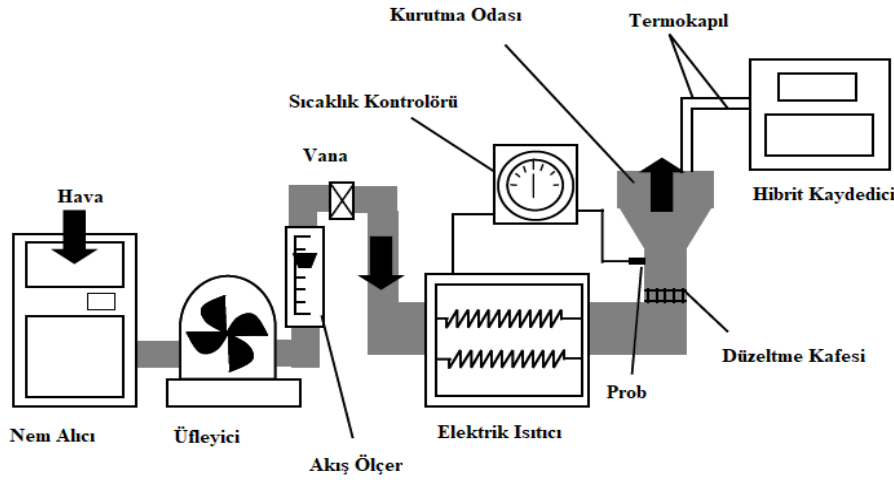
Bileşenler	Birim	Miktar (100 g)	Bileşenler	Birim	Miktar (100 g)
Su	g	83.07	Potasyum, K	mg	312
Enerji	kcal	61	Sodyum, Na	mg	3
Protein	g	1.14	Çinko, Zn	mg	0.14
Yağ	g	0.52	Vitamin C	mg	92.7
Karbohidrat	g	14.66	Tiamin	mg	0.027
Lif	g	3.0	Riboflavin	mg	0.025
Kalsiyum, Ca	mg	34	Niasin	mg	0.341
Demir, Fe	mg	0.31	Vitamin B6	mg	0.063
Magnezyum, Mg	mg	17	Vitamin A	µg	4
Fosfor, P	mg	34			

2.3.2 Kivi ile ilgili literatürde yer alan bazı çalışmalar

Kivi meyvesinin kurutma kinetiğini modellemek için Ekspansiyel, Page ve Difüzyonel modellerin kullanılması isimli çalışmada matematiksel modelleme kullanılmıştır. Page ve Ekspansiyel modeller ampirik yollarla çözümlenirken difüzyonel model değişkenlerin ayrılması ile çözülebilmektedir. Kivi meyvesi 6×10^{-3} m kalınlığında dilimlenerek 30 - 90 °C sıcaklık aralığında ısıtılmış hava ve 4.65 ile 0.15 kg su/ kg kuru madde aralığında ortalama nem içeriklerinde kurutma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Kurutma kinetiği bir azalan bölge periyodu sergilemiştir. Hava sıcaklığının, kurutma eğrilerini etkileyerek örneklerin kuruma süresini düşürdüğü belirtilmiştir. Page modeli, kivi kurutma eğrilerinin en iyi simülasyonunu sağlamış (ortalama % varyans = %99.6 ± 0.2), Ekspansiyel model daha az bir uyum sağlamıştır (ortalama % varyans = %98.0 ± 1.4). Bununla birlikte, yalnızca difüzyonel model, farklı sıcaklık ve örnek geometrisi koşullarında yapılan ve model parametrelerinin tanımlanmasında kullanılan deneylerle uyum sağlamıştır (Simal et al., 2005).

Sıcak havayla kurutma sırasında kivi meyvesinin kuruma özellikleri ve 10 mm kalınlığında kivi meyvesi diliminin L-askorbik asit değişiklikleri incelenmiştir. Bu çalışmada, 40 ile 70 °C arasındaki dört sıcaklıkta sıcak havada kurutma (Şekil 2.2) parametreleri belirlenmiştir. Örnek yüzeyinin sertleşmesi (kabuk oluşumu) ile kuruma hızı arasındaki ilişki incelenmiştir. Ayrıca, ölçülen verileri kullanarak, ilk kuruma süresi için ekspansiyel bir model ve ikinci kuruma süresi için difüzyon

denklemleri için sonsuz bir düzlem levha modeline doğrusal olmayan en küçük kareler yöntemi uygulanmıştır. Nem içeriği değişiklikleri her iki ampirik modelde de aynı belirtilmiştir. Difüzyon katsayıları için belirlenen değerler $3.79 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ olarak verilmiştir. Kivi meyvesinin difüzyon katsayısını sıcaklıkla ilişkilendirmek için Arrhenius tipi denklem kullanılmış ve kivi meyvesinin sıcak havada kurutulması için aktivasyon enerjisi tahmin edilmiştir. Ek olarak, kivi meyvesinin kuruma hızının, örnek yüzeyinin sertleşmesini önleyerek artabileceği tahmin edilmiştir. Sıcak hava kurutması sırasında kivi meyvesindeki besin değişimlerini incelemek için, kurutma sırasında L-askorbik asit içeriğinin bozulmasındaki değişikliklere birinci dereceden oran denklemi uygulanmıştır (Orikasa et al., 2008).



Şekil 2.2. Sıcak hava kurutma için kullanılan deneysel kurutma sisteminin şematik gösterimi (Orikasa et al., 2008).

Ergün (2012)'nin yaptığı çalışmada C vitamini miktarı yüksek olan kivilerin tüketimi sık olan kek formülasyonuna ilave edilerek daha yararlı bir fonksiyonel ürün yapımı amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda farklı pişirme yöntemleri ve kek formülasyonlarının üretilen yeni ürünlerdeki nem, renk, su aktivitesi, pişirme verimi, özgül hacim, simetri gibi kalite özelliklerine etkisi incelenmiştir. Bu yeni formülasyonda kullanılacak olan kivi pürelerine %10 oranında maltodekstrin ilave edilmiştir. 3 mm kalınlıkta petrilere koyulan kivi püreleri 2 sa boyunca $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıkta dondurulmuştur. Donmuş kivi pürelerine plaka sıcaklığı $30 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de, $-48 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıkta, mutlak basıncı 13.33 kPa olan vakumlu dondurucuda 9 saat boyunca dondurularak kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kurutulan kivi püreleri homojen

olması açısından bir öğütücü ile toz hale getirilmiştir. %5, 10 ve 20 oranlarında dondurarak kurutulmuş kivi tozları ve aroma arttırmak amacıyla taze kivi parçaları kek formülasyonuna eklenmiş ve 175 °C'de 20 dakika konveksiyonel fırında (KF), 720 W mikrodalga gücünde 6 dakika mikrodalga fırında (MF) pişirildiği belirtilmiştir. Kekler duyusal olarak değerlendirildiğinde %5 oranında dondurarak kurutulmuş kivi tozu içeren ve KF'da pişirilmiş örneklerin panelistlerce tercih edildiği belirtilmiştir. Ayrıca maltodekstrin ilaveli kivi pürelерinin kurutma sonrasında C vitamini miktarı yaklaşık %80 oranında korunmuştur. MF'da pişmiş kek örneklerinin C vitamini değerlerini KF'da pişmiş kek örneklerine göre daha çok koruduğu ve C vitamini miktarının sırasıyla yaklaşık %79 ve %76 oranında pişmiş keklerde korunduğu belirtilmiştir.

Sıcak havanın ve vakumla kurutmanın kivi dilimlerinin kalite özellikleri üzerine etkilerinin çalışıldığı bir çalışma incelendiğinde kivi örneklerinin nem içeriği, sertlik, L-askorbik asit (AsA) içeriği, antioksidan aktivite ve yüzey rengindeki değişiklikleri araştırmak için sıcak hava (50, 60 ve 70 °C sıcaklıklarda) ve vakumla kurutma (3.00 kPa) yapılmıştır. Kurutulmuş kivi örneklerinde kalan L-askorbik asit içeriğinin ve antioksidan aktivitesinin sırasıyla 0.75- 0.99 ve 4.3- 5.5 olduğu belirtilmiştir. Sıcak hava kurutma işlemi sırasında kivi örneklerinde L-askorbik asit azalmış ve ardından birinci dereceden reaksiyon kinetiği elde edilmiştir. Örnek sertliği ve antioksidan aktivitedeki değişiklikler, sıfırıncı dereceden reaksiyon kinetiği ile temsil edilmiştir. Kurutmadan sonra örnek yüzey rengi değişiklikleri de ölçülmüş ve örneklerin tüm sıcaklıklarda ve her kurutma işleminde toplam renk değişimi (ΔE) 12'den büyük olmuştur. Her sıcaklık seviyesinde vakumla kurutma sonra örnek renk değişikliklerinin (a^*), sıcak hava kurutması ile ilişkili olanlardan önemli ölçüde daha düşük olduğu verilmiştir (Orikasa et al., 2014).

Dondurarak kurutulmuş 3 mm kalınlığındaki kivi püresinin (sade ve maltodekstrin (MD) ilaveli) kurutma kinetiğinin belirlenmesinin amaçlandığı bir çalışma incelenmiştir. Dondurarak kurutma işleminin kurutma davranışı, bilinen başlangıç nem içeriğine sahip örneklerdeki kütle kaybından belirlenmiştir. Kivi püresi örnekleri 10 sa ve MD ilaveli kivi püresi örnekleri 9 sa kurutulmuştur. Belirlenen nem içeriği değerleri kullanılarak nem oranı hesaplanmış ve veriler on

ince tabaka kurutma modeline (Lewis, Page, Modifiye edilmiş Page I, Henderson ve Pabis, Logaritmik, Midilli, Modifiye edilmiş Midilli, İki-terimli, İki-terimli Eksponansiyel ve Wang ve Singh) yerleştirilmiştir. Sade kivi püresinin dondurarak kurutma işlemi için en yüksek R^2 değeri (0.994) ve en düşük RMSE (0.0246) ve χ^2 (0.00083) değerleri Logaritmik modelden elde edilmiştir. Kivi püresinin MD ile dondurarak kurutulması için en iyi uygunluk Wang ve Singh modelinden elde edilmiştir ($R^2 = 0.999$, RMSE = 0.0129, $\chi^2 = 0.00021$). Kivi pürelerinin etkin nem difüzyon katsayısının (D_{eff}), sade için 7.30×10^{-10} m²/s ve MD ilaveli kivi püresi için 1.33×10^{-6} m²/s olarak bulunduğu belirtilmiştir. Gıdalarda D_{eff} değerlerinin 10^{-12} ile 10^{-6} m²/s aralığında değiştiği belirtilmiştir (Ergun et al., 2014).

Kivi püresinin dondurarak kurutulması ve toz özellikleri üzerine yapılan bir çalışmada dondurularak kurutulmuş kivi püresinin, puding, hazır çay ve soslar gibi gıda ürünlerinde lezzetlerini arttırmak için kullanılan sentetik katkı maddelerine doğal bir alternatif olarak kullanılabilir toz üretilmesinin araştırılması amaçlanmıştır. Toz ürünü elde etmek için kivi püresi olarak sade ve maltodekstrin (MD; Dekstroz Eşdeğeri 10-12, ağırlıkça %10 olarak) ilavesi ile dondurarak kurutulmuştur. Sade kivi püresi ve kivi püresinin MD ile kuruma davranışı sırasıyla Logaritmik model ($R^2 = 0.994$, RMSE = 0.024, $\chi^2 = 0.0008$) ve Wang ve Singh modeli ($R^2 = 0.999$, RMSE = 0.012, $\chi^2 = 0.0002$) ile açıklanmıştır. Etkili nem yayılma (D_{eff}) değeri 7.3×10^{-10} m²/s olarak hesaplanmış ve MD ilavesinden etkilenmediği gözlenmiştir. Taze kivi meyvesinin C vitamini içeriği 66.3 mg / 100 g kivi olarak değerlendirilmiş ve dondurarak kurutulduktan sonra sade kivi püresi için %17.1 ve MD içeren tozlar için %19.8 kayıp olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, maltodekstrin ilavesinin yapışkanlığı azalttığı, öte yandan, artan yığın ve sıkıştırılmış yığın yoğunluklarının, ıslanabilirlik ve çözünürlük için ortalama zaman değerlerinin ve camsı geçiş sıcaklığı gibi toz ürün özelliklerinin arttığı gözlenmiştir (Caliskan et al., 2015).

Dondurarak kurutulmuş kivi dilimlerinin kurutma ve rehidrasyon kinetiğinin belirlenmesi üzerine yapılmış çalışmada amacın dondurarak kurutulmuş kivi dilimlerinin kurutma ve rehidrasyon kinetiğinin olduğu verilmiştir. İyi bilinen ince tabaka kurutma modelleri (Lewis, Page, Modifiye Page I, Henderson ve Pabis, Modifiye Henderson ve Pabis, Logaritmik, Midilli, Modifiye Midilli, İki Terimli,

İki Terimli Üssel, Modifiye İki Terimli Ekspansiyel ve Wang ve Singh) deneysel verilere uydurulmuştur. Kivi dilimlerinin dondurarak kurutulması için, en yüksek R^2 değeri (0.997) ve en düşük RMSE (0.018) ve χ^2 (0.0004) değerleri İki terimli Ekspansiyel modelden elde edilmiştir. Dondurarak kurutulmuş kivi dilimlerinin etkili nem dağılımı (D_{eff}), Fick'in difüzyon modelinde 7.302×10^{-10} m²/s olarak hesaplanmıştır. Rehidrasyon davranışı, Peleg modeli kullanılarak oda sıcaklığında (18 ± 1 °C) farklı katı-sıvı oranlarında damıtılmış su kullanılarak belirlenmiştir. Toplam çözünür katı kaybın kinetiği de yapılan çalışmada belirlenmiştir (Ergün et al., 2016).

Konvektif-kızılötesi kivi kurutma işleminin modellenmesi üzerine yapılan bir çalışma farklı kurutma sıcaklıklarında (40, 45, 50 ve 55 °C) ve 0.5 m/s hava hızında ısı geri kazanımlı konvektif-kızılötesi bir sistemin deneysel performansını değerlendirmeyi ve sistemin enerji üzerindeki performansını, yapay sinir ağları (YSA) kullanarak dilimlenmiş kivin tüketilmesini, kurutma kinetiğini tartışmayı ve tahmin etmeyi amaçlamıştır. Nemin üründen buharlaşması için kullanılan enerjinin toplam enerji tüketimine oranı olarak tanımlanan enerji verimliliği değerleri %2.85 ile 32.17 arasında elde edilmiştir. YSA modeli, sistemin enerji tüketimini ve kivi sağlayıcısının nem içeriğini tahmin etmek için kullanılmıştır. Ağda Levenberge-Marquardt (LM) ve Fermi transfer fonksiyonu ile geri yayılma öğrenme algoritması kullanılmıştır. Belirleme katsayısı (R^2), kök ortalama kare hatası (RMSE) ve ortalama mutlak yüzde hatasının (MAPE) sırasıyla 0.99, 0.001 ve 0.34 olarak hesaplandığı verilmiştir. Tahmin edilen değerlerin deneysel sonuçlarla iyi bir uyum içinde olduğu sonucuna varılmıştır (Özdemir et al., 2017).

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde kivi dilimleri ve kivi püresi şeklinde hammadde ile dondurarak kurutma, mikrodalga fırında kurutma ve tepsili kurutucuda kurutma gibi kurutma şekillerinin uygulandığı görülmüştür.

2.4 Kurutma İşlemi

Yüksek nem içeriklerinden dolayı taze meyve ve sebzeler bozulmaya yatkındır. Gıdalardaki bu bozulma durumu nedeniyle daha uzun dayanım sağlamak için çeşitli koruma yöntemlerine başvurulmuştur. Bu koruma yöntemlerinden bir

tanesi gıdaların kurutulması olarak geçmektedir. Öncelikle güneşte kurutma işlemi kullanılmaya başlanmış, fakat uzun kurutma süresi ve ürünlerde bir standardizasyonun sağlanamaması yüzünden endüstride farklı kurutma işlemlerinin ve kurutucuların geliştirildiği görülmüştür (Talih, 2018). Bazı kurutucu çeşitleri alt başlıklarda verilmiştir.

2.4.1 Tünel kurutucular

Tünel kurutucular sürekli ve yarı sürekli olmak üzere modifiye edilmiş bir kurutucu çeşidir. Kurutma işlemi süresince tünel kurutucularda kullanılan raflar hareketli bir bant sistemi üzerinde olduğundan sabit konumda kurutulan tepsili kurutuculara (Bkz. Bölüm 2.4.8) kıyasla daha gelişmiş özelliktedirler. Rafların bu hareketliliği sayesinde tünele bir uçtan taze olarak sisteme beslenen ürün, diğer uçtan kuru halde alınmaktadır. Tünel kurutucular, platformların taşındığı arabaların ve sıcak havanın hareket yönü olmak üzere iki şekilde sınıflandırılmaktadır. Sistemde paralel akış tünel kurutucu olarak adlandırılan kurutucuların sıcak hava ile arabaların hareket yönlerinin aynı yönde olduğu, tam tersi hareket yönlerinin zıt olduğu durumlar ise zıt akış tünel kurutucu olarak adlandırılmaktadır. Paralel akış tünel kurutucularda kuruma hızı ilk adımda yüksektir. Ürünün sistem girişinden ilerlemesiyle birlikte kurutma havasının sıcaklığı azalmaya başlar ve bununla doğru orantılı olarak kuruma hızı da azalmaktadır (Cemeroğlu, 2004).

2.4.2 Flaş kurutma

Katı parçalar (düzgün bölünmüş), sıcak gaz içerisinde yayılarak hızlı ve etkili bir şekilde kurutma işlemi gerçekleştirebilir. Pigment, yiyecek maddeleri, sentetik reçineler, sulu bileşikler, kil, alçı ve tahta gibi materyallerin ticari uygulamalarda kurutulması görülmektedir (Günerkan, 2005).

2.4.3 Karıştırmalı yatak kurutucular

Titreşimli bölme veya konveyör kullanımı ile sürekli ve aralıklı olarak ürünün karıştırılması ve homojen bir kurumayla elde edilmektedir. Buna alternatif olarak delikli bölme veya konveyör üzerindeki yatak kısmının kısmi akışkanlaştırılması

sonucunda da tekdüze bir kuruma sağlanmaktadır. Genellikle tahıl ürünlerinin kurutulmasına uygundur (Özel, 2010).

2.4.4 Akışkan yatak kurutucular

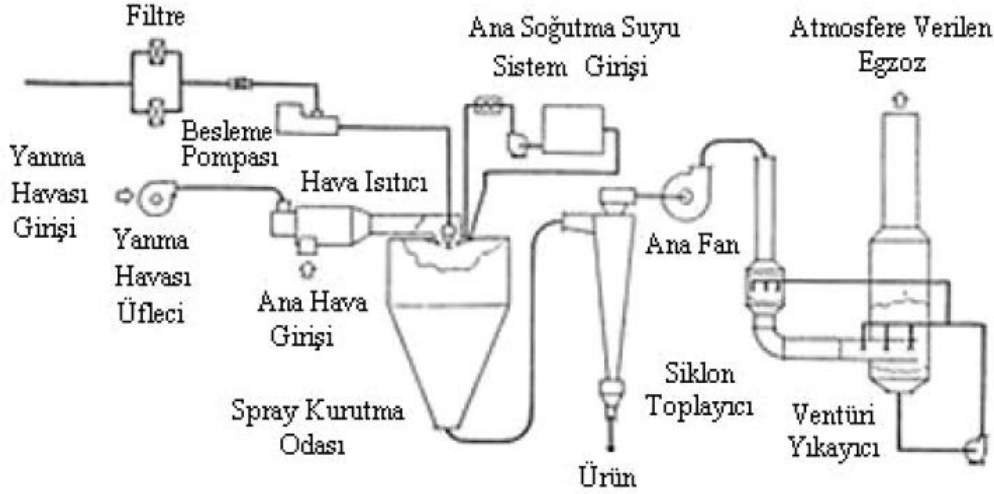
Gıdaların kurutulmasında akışkan yatak kurutma tekniği önemli bir yere sahiptir. Yaygın olarak tanecikli yapıdaki ürünlerin kurutulmasında kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra, akışkan yatak sisteminin içerisine pulvarize edilebilen sıvımsı ürünlerin ve pürelerin kurutulmasında da kullanılabilir. Kurutma işleminde taneli yapıya sahip ürünler akışkanlaştırılmakta ve bir kurutma gazı ile yapıdaki fazla nem uzaklaştırılmaktadır. Kurutma gazı olarak genellikle sıcak havadan faydalanılmaktadır. Bu nedenle kurutmada kullanılan kurutma gazının hızı sistemdeki en önemli parametredir (Dirim ve Talih, 2018).

2.4.5 Vakum kurutma

Atmosferik koşullarda yapılan diğer kurutma yöntemlerine göre, düşük sıcaklıklarda gıdaların hızlı şekilde kurutulması vakum kurutma tekniği ile sağlanmaktadır. Bu sistem genel olarak katı ürünlerin kurutulmasında kullanılıyor olsa da püre veya sıvı haldeki gıdaların kurutulmasında da kullanılabilir. Bununla birlikte yapıları ve özellikleri yüksek sıcaklık uygulamalarından etkilenen gıdalar bozulmadan kurutulabilir. Yoğurturucu yardımıyla sıvı haline dönüştürülüp ürün yapısından uzaklaştırılan nem, vakum hücresinin dışına atılmaktadır. Vakum hücresinde az hava bulunması, kurutma sırasında oksidasyonu engelleyebilir. Kurutulacak ürünün neminin önce sıcak havalı bir kurutucuda %20 - 25 seviyelerine indirilmesi ve daha sonra vakum kurutma yöntemi ile istenilen nem düzeyine getirilmesi daha ekonomik bir uygulama olabilir. Uygulanan sıcaklık vakum ortamında düşük seviyelerde olduğu için ürün yüzeyinde nem difüzyonu kuruma tamamen oluncaya kadar devam etmekte ve sert bir kabuk oluşmamaktadır (Hastürk Şahin, 2010; Yıldız Turgut, 2019).

2.4.6 Püskürtmeli kurutucu ile kurutma

Gıda endüstrisinde püskürtmeli kurutucuda kurutma tekniği; kısa sürede sıvı ürünlerin toz ürüne dönüştürülmesinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Püskürtmeli kurutucunun bölümleri Şekil 2.3'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Saldamlı ve Saldamlı'ya (1990) göre püskürtmeli kurutucu bölümlerinin şematik gösterimi (Talih, 2018).

2.4.7 Mikrodalga fırında kurutma

Mikrodalga fırında kurutulacak olan üründeki su moleküllerinin titreşmesini sağlayarak bu hareketten doğan sürtünme sonucu ısı açığa çıkarmak kurutma tekniğinin prensibidir (Alibaş, 2001). Mikrodalga, 300 MHz - 300 GHz arasında elektromanyetik dalga boylarında çalışmaktadır. Gıda sanayinde kullanılan mikrodalga ışınlar; sanayide ise 915 MHz, ev tipi fırınlarda 2450 MHz frekanslardadır. Enerji, mikrodalga kurutma ile kurutulacak ürünlerde ürünün derinliği boyunca etkileyebilmelidir. Eğer derinlik boyunca enerji iletilmezse kurutulan ürünün sadece yüzeyi enerjiye maruz kalır. Mikrodalga ışınlarının etkilediği derinlik belirli faktörlere göre değişmektedir. Bu faktörler; dielektrik sabiti, dalga boyu ve kayıp faktörüdür. Dalga boyu ve frekans ters orantılı olarak derinliği etkilemektedir. Derinlik frekans artmasıyla azalmaktadır. Mikrodalga sisteminin gıda işlemlerinde sıklıkla kullanıldığı alanlar; ön ısıtma, haşlama,

pastörizasyon, pişirme, çözündürme, enzimlerin inaktive edilmesi ve kurutma işlemleridir (Alibas, 2007; Talih, 2018; Yıldız Turgut, 2019).

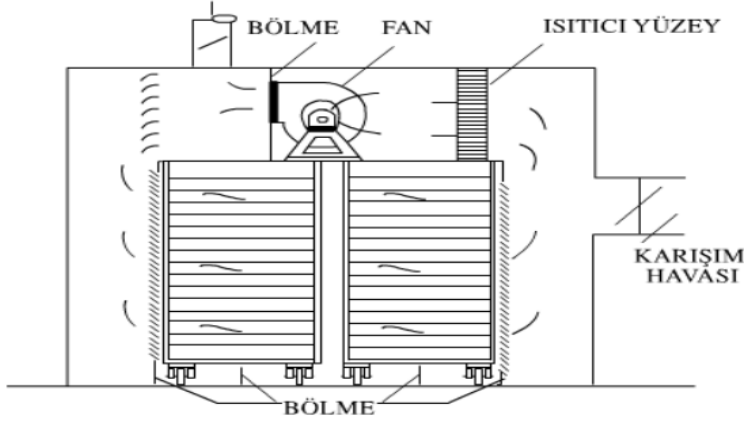
Kurutulan materyalde mevcut olan suyun çok ani ısınması nedeniyle oluşan buhar basıncı hücresel gözenek boyutunu arttırarak nem difüzyonunun daha kolay gerçekleşmesini dolayısıyla kuruma hızının artmasını sağlamaktadır. Kurutma süresinin kısa olması, enerji tasarrufunun sağlanabilmesi, işlem kontrolünün kolay şekilde yapılabilmesi özelliklerinden dolayı diğer kurutma yöntemlerine nazaran avantajlı bir kurutma yöntemidir. (Alibaş, 2001; Talih, 2018; Yıldız Turgut, 2019). Dezavantaj olarak bazı kaynaklarda yüksek enerji tüketiminden kaynaklı maliyetin arttığı belirtilmiştir (Ergün, 2012).

2.4.8 Tepsili (Kabin) kurutucular

Kurutulacak olan ürünler belirli kalınlıklarda kurutma işlemi boyunca sabit konumda, hareket etmeyen ve alt kısmı ızgara şeklinde tasarlanmış tepsilerle platforma yerleştirilmektedir. Kurutma işleminde kabinin yan duvarlarından girip ısıtıcıya ulaşan ve tepsilerin arasından geçen sıcak hava mevcuttur. Kurutma işleminde kullanılan sıcak hava bir termostat tarafından ölçülür ve bu termostat genellikle 50-70 °C sıcaklıklar arasında çalışmaktadır. Bu sistemlerde genellikle doğal taşınım, zorlamalı taşınım ve bazı ürünler için özel olarak tasarlanmış çok bölmeli karmaşık birçok modeli literatürde geçmektedir (Cemeroğlu, 2004; Kırmacı, 2008; Ergün, 2012; Talih, 2018).

Tepsili kurutucularda kurutma işlemi süresince ürünlerin kurutulma hızının değişken olması sıcak havanın sıcaklığının hızının,ve neminin sabit olmamasından kaynaklanmaktadır. Tepsili kurutucularda ürün ile sıcak havanın ilk karşılaştığı alanda daha hızlı kuruma meydana gelirken diğer alanlarda ise giderek azalan bir kuruma hızı mevcuttur. Kurutulacak ürünün özelliklerine ve kurutma sonucunda istenilen nem oranına göre kurutma işlem süresi 10-20 saat aralığında değişim göstermektedir. Tepsili kurutucuda kurutulan gıdalar sebze, meyve, kırmızı et, beyaz et ve şekerlemeler olmak üzere çeşitlilik göstermektedir (Ergün, 2012; Talih, 2018).

Diğer kurutma sistemlerine kıyasla küçük ve orta ölçekli işletmeler için maliyet ve elde edilen ürün açısından tepsili kurutmalar daha avantajlı görülmektedir. Buna rağmen, kesikli bir sistem olduğu için otomasyonun yapılamaması ve kapasitesinin düşük olması dezavantaj olarak sayılabilmektedir (Ergün, 2012). Çok tepsili bir kabin kurutucu Şekil 2.4’de görülmektedir.



Şekil 2.4. Kabin (Tepsili) kurutucu örneğinin şematik gösterimi (Kırmacı, 2008).

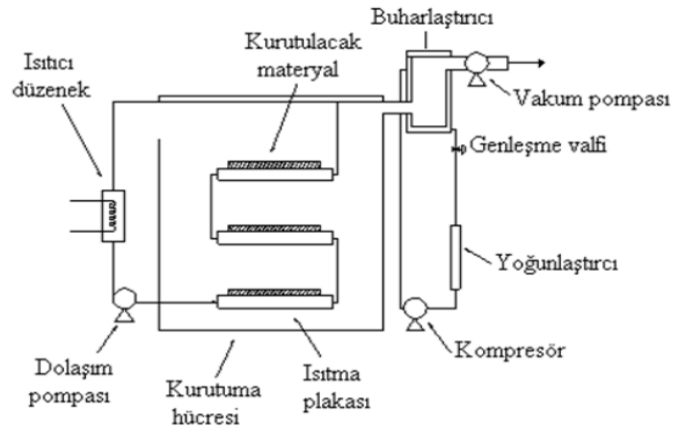
2.4.9 Dondurarak kurutma

Dondurarak kurutma işlemi canlılığı askıya alma ‘liyofilizasyon’ olarak da bilinmektedir. Düşük basınç altında dondurulmuş ürünlerdeki buz halindeki serbest suyun süblimasyonu ve bağlı suyun desorpsiyonla uzaklaştırılması olarak tanımlanabilir. Bu sayede ürünlerdeki mevcut nem uzaklaştırılarak kurutma sağlanmaktadır. Ürün neminin düşürülmesi soğuk havada vakum yardımıyla süblimleşme olduğu için ürünün şekli ve dokusu sıcaklık kullanılarak kurutma işlemi gerçekleştirilen yöntemlere kıyasla daha az zarar görmektedir. Bu nedenle dondurarak kurutma hassas ve ısıya duyarlı ürünlerin kullanılması için avantajlı bir yöntemdir. Ürünün aroması, içerisinde mevcut bulunan mineral ve vitaminler daha az kaybedilmektedir (Kırmacı, 2008; Ergün, 2012; Talih, 2018).

Diğer kurutma yöntemleri ile kıyaslandığında dondurarak kurutma yöntemi daha farklı prensiplere bağlıdır. Dondurarak kurutma işlemi dondurma işlemi, süblimasyon işlemi (birincil kurutma), desorpsiyon işlemi (ikincil kurutma) olmak üzere üç basamaktan oluşmaktadır (Ratti, 2001).

İlk basamak olarak ürünün dondurulması dondurarak kurutma işleminin başlangıcı olarak geçmektedir. Herhangi bir geleneksel dondurma yöntemi ile ürünler dondurulabilmektedir. Gıdanın rekonstitüsyon özellikleri dondurma hızına bağlı olarak etkilenmektedir. Dondurma işlemi ne kadar hızlı yapılırsa üründe oluşacak buz kristalleri o kadar fazla sayıda ve küçük boyutta olacağından kurutulmuş ürünlerin gözenekleri bu duruma bağlı olarak fazla oluşur. Fakat gözenekler küçük olduğunda bu durum kuruma hızının yavaş gerçekleşmesine neden olmaktadır. Dondurulan gıdaların yapısal farklılıklarından dolayı donma süresi ve sıcaklıkları da farklılık göstermektedir. Gıdanın yapısal bileşenlerinden dolayı saf suyun donma sıcaklığından daha düşük donma sıcaklığı mevcuttur (Ergün, 2012; Talih, 2018).

Vakum pompası, kurutma hücresi, ısıtma ve soğutma üniteleri olmak üzere dört ana kısım dondurarak kurutma sistemini oluşturmaktadır. Dondurarak kurutma sistemi Şekil 2.5'te şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Şematik olarak dondurarak kurutma sisteminin gösterimi (Kırmacı, 2008).

Literatürde ayva, balkabağı ve kivi için dilim, püre, farklı ölçülerle kesilmiş parça formları ve bunların mikrodalga, tepsili ve dondurarak kurutma yöntemleri ile çalışmalar mevcuttur. Fakat ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin kombine kurutmalarla kurutulması ve toz ürün özelliklerinin belirlenmesine ilişkin literatürde bir açık olduğu anlaşılmıştır. Bu nedenle bu tez çalışmasında daha iyi kurutma yapabilmek için pürelere kuruma ajanı olarak %10 maltodekstrin (ağırlık: ağırlık) eklenip mikrodalga fırında kurutma, tepsili kurutucuda kurutma,

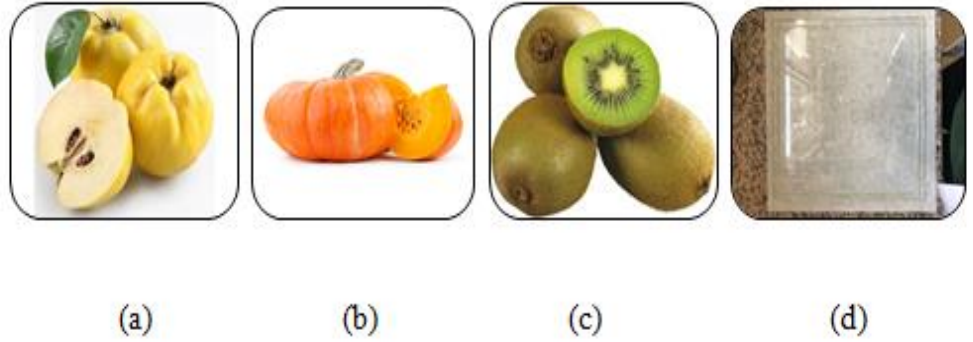
dondurarak kurutma ve bunların kombinasyonları uyarlanarak 9 farklı kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu kurutmalar sonucu elde edilen veriler ışığında literatüre katkı sağlamanın tezin amaçlarından bir tanesi olduğu söylenebilmektedir.

Bu tez çalışmasında; sonbahar-kış meyve/sebzelerinden olan ayva, balkabağı ve kivi seçilmiştir. Seçilen ayva, balkabağı ve kivi örneklerinin tüketim zamanının daha uzun olabilmesi, raf ömrünün arttırılabilmesi ve gelecek çalışmalar için gıdaya eklenebilir bir doğal katkı maddesi olabilmesi için kurutulması planlanmıştır. Çalışmada kullanılacak hammadde olan ayva, balkabağı ve kivi püre haline getirilmiş ve mikrodalga fırında kurutma (MFK), tepsili kurutucuda kurutma (TKK) ve dondurarak kurutma (DK) yöntemleriyle bu yöntemlerin kombinasyonları (MFK + TKK, MFK + DK, TKK + MFK, TKK + DK, DK + MFK ve DK + TKK) kullanılarak kurutulmuş ayva, balkabağı ve kivi tozları elde edilmiştir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 Gereç

Tez çalışmasında kullanılacak olan ayva, balkabağı ve kivi meyveleri 2018 yılında İzmir’de bulunan yerel bir marketten temin edilmiş ve +4 °C’de muhafaza edilmiştir. Ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin kurutulması için kurutma ajanı olarak kullanılan maltodekstrin (17-19,9 DE) yerel bir firmadan (Kimbiotek Kimyevi Maddeler Sanayi ve Ticaret A.Ş.) temin edilmiştir. İzmir’deki yerel bir cam atölyesine 35 × 35 boyutlarında ve 0.5 cm derinliğinde cam tepsiler yaptırılmıştır. Mikrodalga fırında kurutmada kullanılmak üzere Koroplast markalı mikrodalga pişirme torbaları örneklere uygun olarak kesilmiştir. Şekil 3.1’de ayva, balkabağı ve kivi meyvelerinin ve 35×35×0.5 cm ölçülerinde yaptırılmış cam tepsinin resimleri verilmiştir.



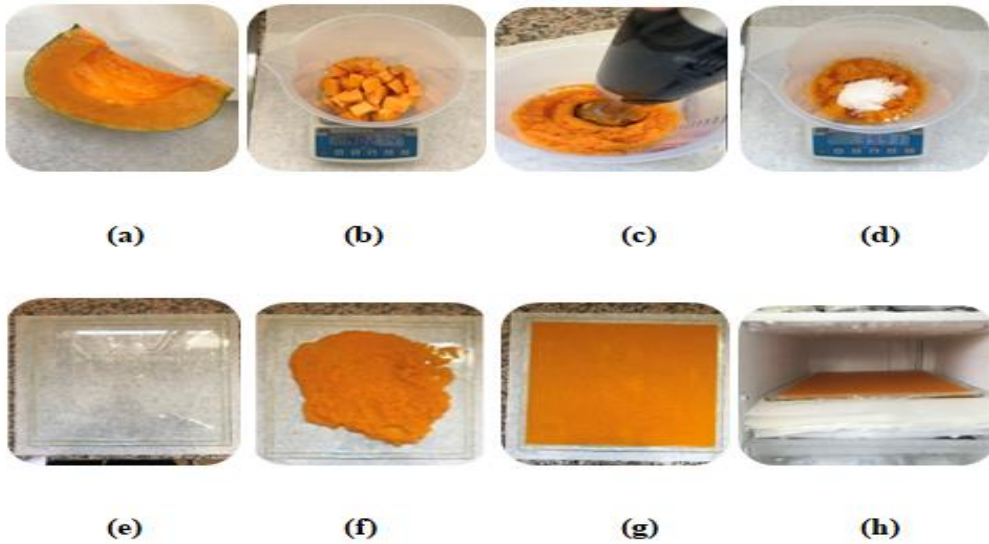
Şekil 3.1. Ayva (a), Balkabağı (b) ve Kivi (c) ve 35×35×0.5 cm'lik cam tepsi (d).

3.2 Yöntem

Tez çalışmasında uygulanan yöntemler ve analizler alt başlıklar halinde aşağıda sunulmuştur. Her kurutma yöntemi ve analizi, ayva, balkabağı ve kivi püreleri için de yapılmıştır. Kurutulmuş ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin öğütülmüş toz hallerinin eldesi ve kuruma eğrilerinin hazırlanması 2’şer tekrar ve analizler en az iki paralel olacak şekilde yapılmıştır. Elde edilen sonuçların ortalama değerleri ve standart sapmaları verilmiştir.

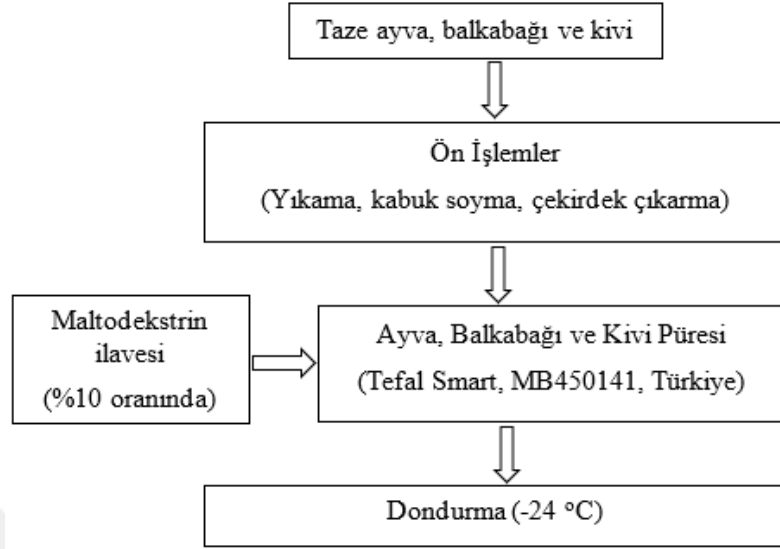
3.2.1 Ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin hazırlanması

Yerel bir marketten alınan taze ayva, balkabağı ve kivi Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Pilot Tesisi Temel İşlemler Laboratuvarı'na getirilmiş ardından yıkama, kabuk soyma ve çekirdek çıkarma işlemleri yapılmıştır. Ayva, balkabağı ve kivi meyvelerinin taze yenilebilir kısımları ayrılmış +4 °C'de muhafaza edilmiştir. Ayva, balkabağı ve kivi ev tipi öğütücü (Tefal Smart, MB450141, Türkiye) ile parçalanarak püre haline getirilmiştir. Ayva, balkabağı ve kivi pürelerine %10 (ağırlık: ağırlık) oranında maltodekstrin ilave edilmiş ve homojen karışım için 1 dk ev tipi öğütücü ile karıştırılmıştır. Yerel bir cam atölyesinde 35x35x0.5 cm ölçülerinde kare cam tepsiler yaptırılmış ve bu tepsiler dondurulacak pürelerin rahatça çıkarılabilmesi için streç film ile kaplanmıştır. Elde edilen püreler standart olması için yaklaşık 400 gram tartılıp 5 mm derinliği olan cam tepsilere aktarılmıştır. Örnekler -24 °C'deki dondurucuda (Vestel Model No: 2451) 2 saat boyunca dondurulup sonrasında cam tepsilerden çıkartılmış streç film ve filtre kağıtları arasında plaka şeklinde saklanmıştır. Ayva, balkabağı ve kivi püreleri kurutma işlemlerine kadar dondurucuda (-24 °C) muhafaza edilmiştir. Şekil 3.2'de örnek teşkil etmesi adına balkabağı püresinin hazırlanışı verilmiştir.



Şekil 3.2. Balkabağı püresinin yapım aşamaları; balkabağı dilimi (a), doğranmış balkabağı parçaları (b), püre haline getirilmiş balkabağı (c), maltodekstrin ilavesi (d), streç film kaplı cam tepsi (e), püre dökülmüş cam tepsi (f), cam tepsiye yayılmış püre (g), -24 °C'de muhafaza edilen balkabağı püre tabakası (h).

Şekil 3.3'te örnek hazırlamanın akım şeması verilmiştir.



Şekil 3.3. Numune hazırlama aşamaları için akış şeması.

3.2.2 Mikrodalga fırında kurutma işlemi

Ayva, balkabağı ve kivi püreleri Gıda Mühendisliği Bölümü Pilot Tesisinde bulunan mikrodalga fırın kurutucuda (Arçelik, MD595) kurutulmuştur (Şekil 3.4).

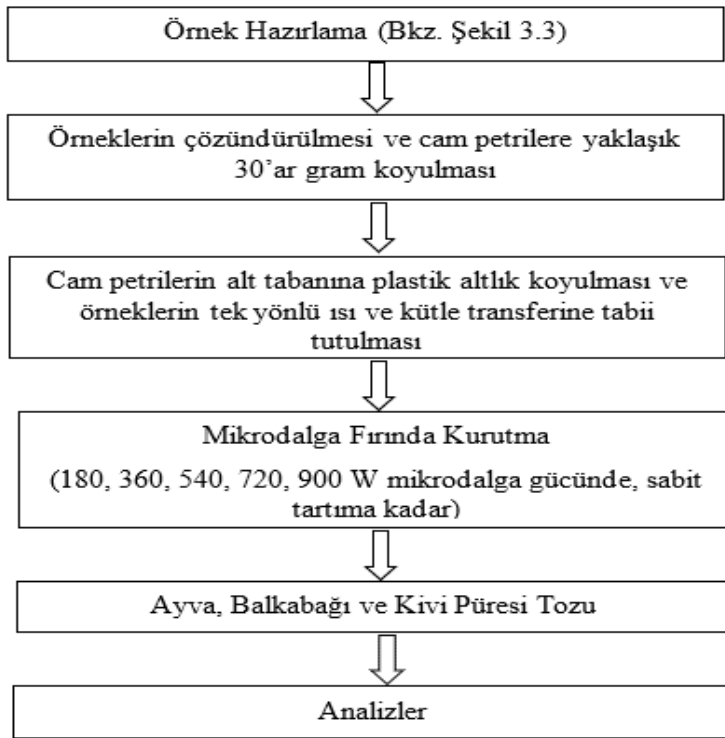


Şekil 3.4. Arçelik, MD595 markalı mikrodalga fırın kurutucu.

Dondurucuda (-24 °C) bekleyen ayva, balkabağı ve kivi püreleri kurutma işlemi öncesi çözündürülmüş ve yaklaşık ağırlığı 30 gram olacak şekilde cam petrilere koyulmuştur. Ön denemelerde ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin kurutma sonunda cam petrilere yapışmasından dolayı her örnek için cam petrinin tabanına

mikrodalga fırın pişirme için ticari olarak üretilmiş olan plastik torbalardan (koroplast) altlıklar kesilmiş ve kurutma tek taraflı olacak şekilde işlemler gerçekleştirilmiştir. Mikrodalga fırın kurutucuda (Arçelik, MD595) 5 farklı mikrodalga gücünde (180, 360, 540, 720, 900 W) kurutma işlemi yapılmıştır. Ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin kurutulması için gerekli olan işlem süresinin belirlenmesi ağırlık değişimlerinin 0.01g olduğu zamana kadar tartılarak takip edilmiştir. Kuruma eğrileri için 30 saniye aralıklarla örneklerde ağırlık takibi yapılmıştır. Mikrodalga fırın kurutucuda kurutulmuş ayva, balkabağı ve kivi püreleri laboratuvar tipi seramik havan ile toz haline getirilmiştir. Ayva, balkabağı ve kivi tozları ısıl kapatıcı (Impulse Sealer PFS-300, Çin) ile kapatılmış analizlerin yapılacağı zamana kadar ve analizler boyunca nem kapmaması açısından alüminyum polietilen ambalajlarda (ALPE) oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

Şekil 3.5'te ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin mikrodalga fırın kurutucuda kurutulması sırasında izlenen basamaklar gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin mikrodalga fırın kurutucu ile kurutulması ve toz eldesi.

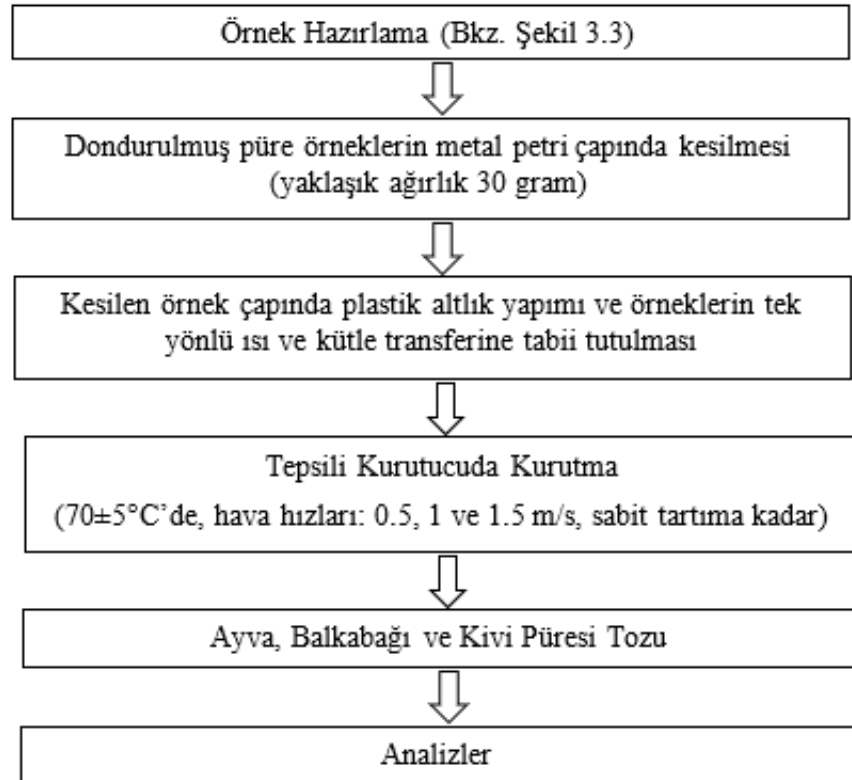
3.2.3 Tepsili kurutucuda kurutma işlemi

Hazırlanmış ayva, balkabağı ve kivi püreleri Gıda Mühendisliği Bölümü Pilot Tesisinde bulunan pilot ölçekli tepsili kurutucuda (Armfield Lim., Ringwood, Hampshire, UK) kurutulmuştur (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Armfield Lim., Ringwood, Hampshire markalı pilot ölçekli tepsili kurutucu.

Şekil 3.7’de ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin tepsili kurutucuda kurutulması sırasında izlenen basamaklar gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin tepsili kurutucu ile kurutulması ve toz eldesi.

-24 °C dondurucuda bekleyen ayva, balkabağı ve kivi püreleri kurutma işlemi öncesi yaklaşık ağırlığı 30 ± 2 gram olacak şekilde metal petrilerle kesilerek ayarlanmış ve özel olarak boyutlandırılmış mikrodalga fırında kurutma için de kullanılan plastik torbalar ile kurutma tek taraflı olacak şekilde aktarılmıştır. Pilot ölçekli tepsili kurutucuda (Armfield Lim., Ringwood, Hampshire, UK) 70 ± 5 °C sabit sıcaklıkta ve 3 farklı (0.5, 1, 1.5 m/s; Deney no 6-8 arası) hava akış hızında kuruma yapılmıştır. Ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin kurutulmasında gerekli olan işlem süresinin belirlenmesi için örnekler analitik terazide (Ohaus AR2140, ABD) tartılarak ağırlık değişimleri 0.01 g olduğu zamana kadar takip edilmiştir. Kuruma eğrileri için 10 dakika aralıklarla örneklerde ağırlık takibi yapılmış ve nem oranına karşı zaman grafikleriyle kuruma eğrileri elde edilmiştir. Tepsili kurutucuda kurutulmuş ayva, balkabağı ve kivi püreleri laboratuvar tipi seramik havan ile toz haline getirilmiştir. Örnek tozları ısıl kapatıcı (Impulse Sealer PFS-300, Çin) ile kapatılmış analizlerin yapılacağı zamana kadar ve analizler boyunca nem kapmaması açısından alüminyum polietilen ambalajlarda (ALPE) oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

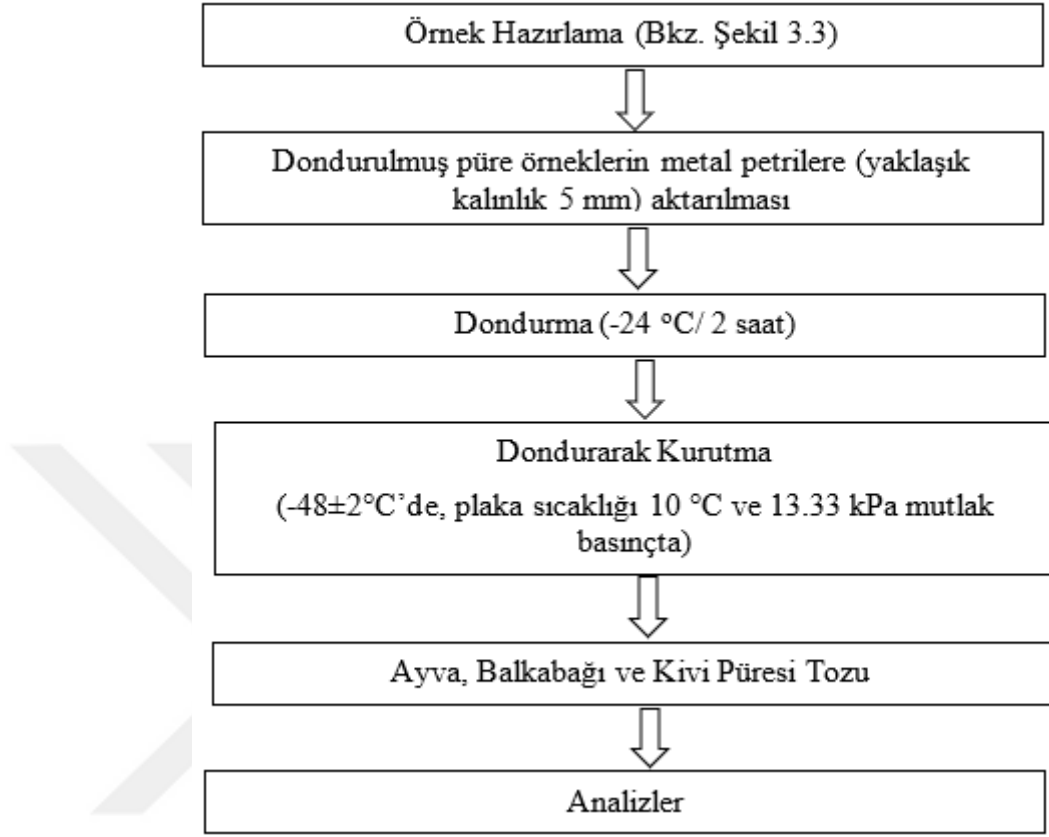
3.2.4 Dondurarak kurutma işlemi

Çalışmada kullanılan ayva, balkabağı ve kivi püreleri Gıda Mühendisliği Bölümü Pilot Tesisinde bulunan -48 ± 2 °C'de, plaka sıcaklığı 10 °C ve 13.33 kPa mutlak basınçlı vakumlu dondurarak kurutucuda (Armfield, FT 33 Vacuum Freeze Drier, İngiltere) kurutulmuştur (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Armfield FT 33 Vacuum Freeze Drier markalı pilot ölçekli dondurarak kurutucu.

Şekil 3.9’da ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin dondurarak kurutucuda kurutulması sırasında izlenen basamaklar gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin dondurarak kurutucu ile kurutulması ve toz eldesi.

Ayva, balkabağı ve kivi püreleri kurutma işlemi öncesinde -24 °C’deki dondurucuda, yaklaşık 2 saat boyunca dondurulduktan sonra Armfield, FT 33 Vacuum Freeze Drier (İngiltere) markalı dondurarak kurutucuda, -48 °C sıcaklık ve 13 kPa mutlak basınç altında kurutulmuştur. Kurutma işlemi boyunca plaka sıcaklığı 10 °C’de tutulmuştur. Ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin kurutulması için gerekli olan işlem süresinin belirlenmesi için örnekler ağırlık değişimleri 0.01 g olduğu zamana kadar analitik terazide (Ohaus AR2140, ABD) tartılarak takip edilmiştir. Kuruma eğrileri için 1 saat aralıklarla örneklerde ağırlık takibi yapılmış ve her bir saat için aynı koşullarda yeni örnek hazırlanarak nem oranı-zaman grafikleriyle kuruma eğrileri elde edilmiştir. Dondurarak kurutulmuş ayva, balkabağı ve kivi püreleri laboratuvar tipi seramik havan ile toz haline getirilmiştir. Örnek tozları ısıt kapatıcı (Impulse Sealer PFS-300, Çin) ile kapatılmış analizlerin

yapılacağı zamana kadar ve analizler boyunca nem kapmaması açısından alüminyum polietilen ambalajlarda (ALPE) cam desikatör içerisinde oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

3.2.5 Kombine kurutmalar

Çalışma koşullarının belirlenmesi için mikrodalga fırında kurutma, tepsili kurutucuda kurutma ve dondurarak kurutma denemeleri tamamlanmış ve nem oranı-zaman grafikleriyle kuruma davranışları belirlenmiştir. Kuruma davranışları sonucu çizilen kuruma eğrilerinde tepsili kurutucuda kurutma (TKK) ve dondurarak kurutma (DK) için azalan bölge sonundaki ve mikrodalga fırında kurutmada (MFK) ise yanma noktasındaki süreler belirlenmiştir. Bu sürelerde kurutma işleminin durdurulacağı hesaplanmıştır. Yapılan tüm kombinasyonlarda ilk kurutma sonrasında yarı kurutulmuş örnekler farklı bir kurutma yöntemlerine kombine edilmiştir. Alt başlıklarda verilen kombine kurutmalar ayva, balkabağı ve kivi püreleri için de aynı olacak şekilde uygulanmıştır. MFK ve TKK işlemlerinin hepsinde tek yönlü ısı transferi ile kurutma gerçekleşmiştir. Her kurutmada ağırlık kaybı takibi yapılmıştır. Kombine kurutmalar sırasında yanma görüldüğünde kurutma işlemleri sonlandırılmıştır. Yapılan her kombine kurutma sonrasında elde edilen son ürünler laboratuvar tipi seramik havan ile toz haline getirilmiştir. Örnek tozları ısıl kapatıcı (Impulse Sealer PFS-300, Çin) ile kapatılmış analizlerin yapılacağı zamana kadar ve analizler boyunca nem kapmaması açısından alüminyum polietilen ambalajlarda (ALPE) oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

3.2.5.1 Mikrodalga fırında kurutma + tepsili kurutucuda kurutma kombinasyonu (MFK + TKK)

Ayva, balkabağı ve kivi pürelerinde yanma başlangıcının görüldüğü süreler ön işlemler ile belirlenmiştir. Belirlenmiş olan süreye kadar mikrodalga fırında kurutma (MFK) işlemi uygulanmış ardından yarı kurutulmuş örnekler tepsili kurutucuya (TKK) alınarak sabit tartıma gelene kadar kurutma işlemine devam edilmiştir.

- 180 W mikrodalga gücünde MFK + 0.5 m/s hava hızında 70 °C’de TKK,
- 360 W mikrodalga gücünde MFK + 0.5 m/s hava hızında 70 °C’de TKK,
- 540 W mikrodalga gücünde MFK + 0.5 m/s hava hızında 70 °C’de TKK,
- 720 W mikrodalga gücünde MFK + 0.5 m/s hava hızında 70 °C’de TKK,
- 900 W mikrodalga gücünde MFK + 0.5 m/s hava hızında 70 °C’de TKK’da olmak üzere ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin ağırlıkları sabit tartıma gelene kadar işlemler gerçekleştirilmiştir (SET1).

- 180 W mikrodalga gücünde MFK + 1 m/s hava hızında 70 °C’de TKK,
- 360 W mikrodalga gücünde MFK + 1 m/s hava hızında 70 °C’de TKK,
- 540 W mikrodalga gücünde MFK + 1 m/s hava hızında 70 °C’de TKK,
- 720 W mikrodalga gücünde MFK + 1 m/s hava hızında 70 °C’de TKK,
- 900 W mikrodalga gücünde MFK + 1 m/s hava hızında 70 °C’de TKK’da olmak üzere ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin ağırlıkları sabit tartıma gelene kadar işlemler gerçekleştirilmiştir (SET2).

- 180 W mikrodalga gücünde MFK + 1.5 m/s hava hızında 70 °C’de TKK,
- 360 W mikrodalga gücünde MFK + 1.5 m/s hava hızında 70 °C’de TKK,
- 540 W mikrodalga gücünde MFK + 1.5 m/s hava hızında 70 °C’de TKK,
- 720 W mikrodalga gücünde MFK + 1.5 m/s hava hızında 70 °C’de TKK,
- 900 W mikrodalga gücünde MFK + 1.5 m/s hava hızında 70 °C’de TKK’da olmak üzere ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin ağırlıkları sabit tartıma gelene kadar işlemler gerçekleştirilmiştir (SET3).

SET1, SET2, SET3’te gösterilen işlem koşulları ayva ve balkabağı pürelerinin kurutulmasında kullanılan parametrelerdir. Sadece SET2’de gösterilen işlem koşulları kivi püresinin kurutulmasında kullanılan parametrelerdir. Kivi püresi için TKK sırasında nem oranı-zaman grafikleriyle belirlenen kuruma eğrilerine bakılarak hava hızlarındaki değişimin ihmal edilebilir olduğu ve 0.5, 1 ve 1.5 m/s hava hızları ile kurutmak yerine kombine kurutmalarda sadece 1 m/s hava hızı ile kurutmanın yapılması belirlenmiştir.

3.2.5.2 Mikrodalga fırında kurutma + dondurarak kurutma kombinasyonu (MFK + DK)

Ayva, balkabağı ve kivi pürelerinde yanma başlangıcının görüldüğü süreler ön işlemler ile belirlenmiştir. Belirlenmiş olan süreye kadar mikrodalga fırında kurutma (MFK) işlemi uygulanmış ardından yarı kurutulmuş örnekler dondurarak kurutucuya (DK) alınarak kuruma eğrilerinde hesaplanmış olan 9 saat kurutmayı tamamlayacak süreye kadar kurutma işlemine devam edilmiştir.

- 180 W mikrodalga gücünde MFK + 13.33 kPa mutlak basınç -48 °C’de DK,
- 360 W mikrodalga gücünde MFK + 13.33 kPa mutlak basınç -48 °C’de DK,
- 540 W mikrodalga gücünde MFK + 13.33 kPa mutlak basınç -48 °C’de DK,
- 720 W mikrodalga gücünde MFK + 13.33 kPa mutlak basınç -48 °C’de DK,
- 900 W mikrodalga gücünde MFK + 13.33 kPa mutlak basınç -48 °C’de DK’da olmak üzere ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin ağırlıkları sabit tartıma gelene kadar işlemler gerçekleştirilmiştir (SET4).

3.2.5.3 Tepsili kurutucuda kurutma + mikrodalga fırında kurutma kombinasyonu (TKK + MFK)

Ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin kombine olmayan kurutmalarındaki (MFK, TKK ve DK) çizilen kuruma eğrilerinde azalan bölge sonundaki süreler belirlenmiştir. Belirlenen süre boyunca tepsili kurutucuda kurutma (TKK) işlemi uygulanmış ardından yarı kurutulmuş örnekler mikrodalga fırın kurutucuya (MFK) alınarak sabit tartıma gelene kadar kurutma işlemine devam edilmiştir. Sabit tartıma gelmeden MFK’da yanma görülen örneklerde işlem durdurulmuştur.

- 0.5 m/s hava hızında 70 °C’de TKK + 180 W mikrodalga gücünde MFK,
- 0.5 m/s hava hızında 70 °C’de TKK + 360 W mikrodalga gücünde MFK,
- 0.5 m/s hava hızında 70 °C’de TKK + 540 W mikrodalga gücünde MFK,
- 0.5 m/s hava hızında 70 °C’de TKK + 720 W mikrodalga gücünde MFK,
- 0.5 m/s hava hızında 70 °C’de TKK + 900 W mikrodalga gücünde MFK’da olmak üzere ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin ağırlıkları sabit tartıma gelene kadar işlemler gerçekleştirilmiştir (SET5).

- 1 m/s hava hızında 70 °C'de TKK + 180 W mikrodalga gücünde MFK,
- 1 m/s hava hızında 70 °C'de TKK + 360 W mikrodalga gücünde MFK,
- 1 m/s hava hızında 70 °C'de TKK + 540 W mikrodalga gücünde MFK,
- 1 m/s hava hızında 70 °C'de TKK + 720 W mikrodalga gücünde MFK,
- 1 m/s hava hızında 70 °C'de TKK + 900 W mikrodalga gücünde MFK'da olmak üzere ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin ağırlıkları sabit tartıma gelene kadar işlemler gerçekleştirilmiştir (SET6).

- 1.5 m/s hava hızında 70 °C'de TKK + 180 W mikrodalga gücünde MFK,
- 1.5 m/s hava hızında 70 °C'de TKK + 360 W mikrodalga gücünde MFK,
- 1.5 m/s hava hızında 70 °C'de TKK + 540 W mikrodalga gücünde MFK,
- 1.5 m/s hava hızında 70 °C'de TKK + 720 W mikrodalga gücünde MFK,
- 1.5 m/s hava hızında 70 °C'de TKK + 900 W mikrodalga gücünde MFK'da olmak üzere ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin ağırlıkları sabit tartıma gelene kadar işlemler gerçekleştirilmiştir (SET7).

SET5, SET6, SET7'de gösterilen işlem koşulları ayva ve balkabağı pürelerinin kurutulmasında kullanılan parametrelerdir. Sadece SET6'da gösterilen işlem koşulları kivi püresinin kurutulmasında kullanılan parametrelerdir. Kivi püresi için TKK sırasında belirlenen kuruma eğrilerine bakılarak hava hızlarındaki değişimin ihmal edilebilir olduğu ve 0.5, 1 ve 1.5 m/s hava hızları ile kurutmak yerine sadece 1 m/s hava hızı ile kurutmanın kombine kurutmalarda yapılması belirlenmiştir.

3.2.5.4 Tepsili kurutucuda kurutma + dondurarak kurutma kombinasyonu (TKK + DK)

Ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin kombine olmayan kurutmalarındaki (MFK, TKK, DK) çizilen kuruma eğrilerinde azalan bölge sonundaki süreler belirlenmiştir. Belirlenen süre boyunca tepsili kurutucuda kurutma (TKK) işlemi uygulanmış ardından yarı kurutulmuş örnekler dondurarak kurutucuya (DK) alınarak kuruma eğrilerinde hesaplanmış olan 9 saat kurutmayı tamamlayacak süreye kadar kurutma işlemine devam edilmiştir.

- 0.5 m/s hava hızında 70 °C'de TKK + 13.33 kPa mutlak basınç -48 °C'de DK,
- 1 m/s hava hızında 70 °C'de TKK + 13.33 kPa mutlak basınç -48 °C'de DK,
- 1.5 m/s hava hızında 70 °C'de TKK + 13.33 kPa mutlak basınç -48 °C'de DK'da olmak üzere ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin ağırlıkları sabit tartıma gelene kadar işlemler gerçekleştirilmiştir (SET8).

SET8 içerisindeki 0.5 m/s hava hızında 70 °C'de TKK + 13.33 kPa mutlak basınç -48 °C'de DK ve 1.5 m/s hava hızında 70 °C'de TKK + 13.33 kPa mutlak basınç -48 °C'de DK parametreleri sadece kivi püresi için dikkate alınmamıştır. Kivi püresi için TKK sırasında nem oranı-zaman grafiklerinden belirlenen kuruma eğrilerine bakılarak hava hızlarındaki değişimin ihmal edilebilir olduğu ve 0.5, 1 ve 1.5 m/s hava hızları ile kurutmak yerine sadece 1 m/s hava hızı ile kurutmanın kombine kurutmalarda yapılması belirlenmiştir.

3.2.5.5 Dondurarak kurutma + mikrodalga fırında kurutma kombinasyonu (DK + MFK)

Ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin kombine olmayan kurutmalarındaki (MFK, TKK, DK) çizilen kuruma eğrilerinde azalan bölge sonundaki süreler belirlenmiştir. Belirlenen süre boyunca dondurarak kurutucuda kurutma (DK) işlemi uygulanmış ardından yarı kurutulmuş örnekler mikrodalga fırın kurutucuya (MFK) alınarak sabit tartıma gelene kadar kurutma işlemine devam edilmiştir. Sabit tartıma gelmeden MFK'da yanma görülen örneklerde işlem durdurulmuştur.

- 13.33 kPa mutlak basınç -48 °C'de DK + 180 W mikrodalga gücünde MFK,
- 13.33 kPa mutlak basınç -48 °C'de DK + 360 W mikrodalga gücünde MFK,
- 13.33 kPa mutlak basınç -48 °C'de DK + 540 W mikrodalga gücünde MFK,
- 13.33 kPa mutlak basınç -48 °C'de DK + 720 W mikrodalga gücünde MFK,
- 13.33 kPa mutlak basınç -48 °C'de DK + 900 W mikrodalga gücünde MFK'da olmak üzere ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin ağırlıkları sabit tartıma gelene kadar işlemler gerçekleştirilmiştir (SET9).

3.2.5.6 Dondurarak kurutma + tepsili kurutucuda kurutma kombinasyonu (DK + TKK)

Ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin kombine olmayan kurutmalarındaki (MFK, TKK, DK) çizilen kuruma eğrilerinde azalan bölge sonundaki süreler belirlenmiştir. Belirlenen süre boyunca dondurarak kurutucuda kurutma (DK) işlemi uygulanmış ardından yarı kurutulmuş örnekler mikrodalga fırın kurutucuya (MFK) alınarak sabit tartıma gelene kadar kurutma işlemine devam edilmiştir.

- 13.33 kPa mutlak basınç -48 °C'de DK + 0.5 m/s hava hızında 70 °C'de TKK,
- 13.33 kPa mutlak basınç -48 °C'de DK + 1 m/s hava hızında 70 °C'de TKK,
- 13.33 kPa mutlak basınç -48 °C'de DK + 1.5 m/s hava hızında 70 °C'de TKK'da olmak üzere ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin ağırlıkları sabit tartıma gelene kadar işlemler gerçekleştirilmiştir (SET10).

SET 10'da sadece kivi püresi kurutma için DK + 1 m/s TKK işlemindeki parametreler dikkate alınmıştır. Kivi püresi için TKK sırasında belirlenen kuruma eğrilerine bakılarak hava hızlarındaki değişimin ihmal edilebilir olduğu ve 0.5, 1 ve 1.5 m/s hava hızları ile kurutmak yerine sadece 1 m/s hava hızı ile kurutmanın kombine kurutmalarda yapılması belirlenmiştir.

3.2.6 Analiz yöntemleri

Mikrodalga fırında kurutma, tepsili kurutucuda kurutma, dondurarak kurutma ve bu kurutmaların kombinasyonları ile elde edilen ayva, balkabağı ve kivi püresi tozlarında en az iki paralel olacak şekilde analizler gerçekleştirilmiştir. Ayva, balkabağı ve kivi püreleri ve tozlarında nem, su aktivitesi ve renk analizleri yapılmıştır. Elde edilen ayva, balkabağı ve kivi püre tozlarında ise çözünürlük, ıslanabilirlik, higroskopite, yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu, akabilirlik, yapışkanlık gibi toz ürün analizleri yapılmış ve seçilmiş bazı ayva, balkabağı ve kivi tozlarının camsı geçiş sıcaklıkları (DSC) belirlenmiştir. Ayrıca ayva, balkabağı ve kivi püre tozlarında fonksiyonel özellik analizlerinden biri olan su tutma kapasitesi belirlenmiş ve seçilen ayva, balkabağı ve kivi tozlarının Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile morfolojik yapıları değerlendirilmiştir.

3.2.6.1 Nem tayini

Ayva, balkabağı ve kivi püreleri ve elde edilen ayva, balkabağı ve kivi püresi tozlarının nem tayini 105 °C'deki etüvde (Ecocell 222., Almanya) gravimetrik yöntemle yapılmıştır (AOAC 2000).

$$Nem (\%) = \frac{(W_1 - W_2)}{W_1} * 100 \quad (1)$$

W₁: Örneğin etüve koyulmadan önceki ağırlığı (g)

W₂: Örneğin işlem sonrası ağırlığı (g)

3.2.6.2 Su aktivitesi tayini (a_w)

Ayva, balkabağı ve kivi püreleri ve elde edilen ayva, balkabağı ve kivi püresi tozlarının su aktivitesi değerleri, ± 0.001 hassasiyete sahip su aktivitesi ölçüm cihazı (Testo AG 400, Almanya) kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.6.3 Renk analizi (L*, a*, b*)

Ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin ve tozlarının renk değerlerinin ölçümü renk ölçüm cihazı (Konica Minolta Chroma Meter CR- 400, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin ve tozlarının farklı noktalarında renk değerleri okunmuş ve ölçümler altı paralel olacak şekilde okunarak ölçülen değerlerin ortalamaları alınmıştır. Örneklerde; L* (parlaklık), a* (+ kırmızı, - yeşil), b* (+ sarı, - mavi) renk değerleri ölçülmüştür. Ayrıca Toplam Renk Değişimi (ΔE), Kroma (C*) ve Esmerleşme İndeksi (BI) değerleri aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (Eşitlik 2-5) (Demirhan and Özbek, 2011).

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

$$Kroma = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (3)$$

$$BI = \frac{[100(x-0.31)]}{0.17} \quad (4)$$

$$x = \frac{(a^* + 1.75L^*)}{(5.645L^* + a^* - 3.01b^*)} \quad (5)$$

3.2.7 Toz ürün analizleri

3.2.7.1 Higroskopite

Analitik terazide tartılan 1 g ayva, balkabağı ve kivi püresi tozları aşırı doymuş amonyum klorür çözeltisinin bulunduğu %75.3 RH'ye sahip bir desikatörde karanlık ortamda ve oda sıcaklığında bir hafta boyunca bekletilmiş ve toz ürünlerde meydana gelen kütleli artış tartılmıştır. Bu kütleli artışa bağlı olarak ayva, balkabağı ve kivi tozlarının higroskopite değerleri Eşitlik 6'ya göre hesaplanmıştır (Dirim ve Talih, 2018).

$$\text{Higroskopite (\%)} = \frac{\frac{b+W_i}{a}}{1+\frac{b}{a}} \quad (6)$$

b: ayva, balkabağı ve kivi püresi tozunun ağırlığındaki artış miktarı (g)

a: ayva, balkabağı ve kivi püresi tozunun miktarı (g)

W_i : ölçümden önce ayva, balkabağı ve kivi püresi tozunda bulunan serbest su miktarı (g)

3.2.7.2 Cözünabilirlik

Elde edilen ayva, balkabağı ve kivi püresi tozlarından 0.5 gram tartılarak 50 ml saf su içerisine ilave edilmiştir. 5 dakika MSH-20A, Wisestir markalı manyetik karıştırıcıda karıştırılmış ve santrifüj tüpüne alınarak 5 dakika boyunca 3000 rpm'de santrifüj işlemi yapılmıştır. Santrifüjden çıkan örneklerin üst fazı olan çözeltiden 25 ml alınarak 105 °C'deki (Ecocell 222, Almanya) etüvde 5 saat boyunca kurutulmuştur. Çözünabilirlik sonuçları yüzde olarak hesaplanmıştır (Cano-Chauca et al., 2005).

3.2.7.3 Islanabilirlik

10 ml 25 °C'deki saf su konulan beherin üzerine 1 g ayva, balkabağı ve kivi püre tozunun yayıldıktan sonra tamamen ıslanması için geçen sürenin kaydedilmesi ile tozun ıslanabilirlik özelliği saniye olarak kaydedilmiştir (Gong et al., 2007).

3.2.7.4 Yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu tayini

Jinapong et al. (2008) bir çalışmada geçen yöntemin modifiye edilmesiyle yığın ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu tayini yapılmıştır. 1 gram ayva, balkabağı ve kivi püre tozunun, 10 ml'lik mezüre konularak kapladığı hacim kaydedilmiş ve kütlenin hacme oranından yığın yoğunluğu belirlenmiştir. 1 gram örnek konulmuş olan aynı mezür 15 cm yükseklikten 1 dk boyunca yumuşak bir yüzeye 50 kez vurulduktan sonra kapladığı hacme bölünerek sıkıştırılmış yığın yoğunluğu hesaplanmıştır.

3.2.7.5 Akabilirlik ve yapışkanlık

Ayva, balkabağı ve kivi püre tozlarının hesaplanan yığın ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerleri kullanılarak akabilirlik ve yapışkanlık değerleri hesaplanmış ve hesaplanan sonuçlar Hausner Oranı (Hausner Ratio: HR) ve Carr İndeks (Carr İndeks: CI) değerlerine göre belirlenmiştir (Jinapong et al., 2008). HR ve CI değerlerinin hesaplanması Eşitlik 7 ve 8'de sırasıyla verilmiş ve Çizelge 3.1'de verilen değerlere göre değerlendirilmiştir.

$$HR = \frac{\rho_{\text{sıkıştırılmış yığın}}}{\rho_{\text{yığın}}} \quad (7)$$

$$CI = \frac{(\rho_{\text{sıkıştırılmış yığın}} - \rho_{\text{yığın}})}{\rho_{\text{sıkıştırılmış yığın}}} \times 100 \quad (8)$$

Tablo 3.1. Akabilirlik ve Yapışkanlık değerlerinin CI ve HR değerlerine göre belirlenmesi (Jinapong et al., 2008).

CI (%)	Akabilirlik	HR	Yapışkanlık
<15	Çok İyi		
15-20	İyi	<1.2	Düşük
20-35	Orta	1.2-1.4	Orta
35-45	Kötü	>1.4	Yüksek
45>	Çok Kötü		

3.2.8 Fonksiyonel özelliklerin belirlenmesi

3.2.8.1 Su tutma kapasitesi

Elde edilen ayva, balkabağı ve kivi püre tozlarının fonksiyonel özelliklerden biri olan su tutma kapasitesi Gong et al. (2016) yöntemiyle belirlenmiştir. Analiz için yaklaşık 1 gram (W_0) örnek santrifüj tüpünün içerisine tartılmış ve içerisinde örnek olan santrifüj tüpünün ağırlığı (W_1) kaydedilmiştir. Santrifüj tüpünün içerisine 10 ml saf su ilave edilerek 1 dakika boyunca MaXshake VM30 DAIHAN Scientific (Kore) markalı vorteks karıştırıcı kullanılarak karıştırılmıştır. Hazırlanan örnekler iyice ıslatıldıktan sonra 30 dakika boyunca oda sıcaklığında bekletilmiş ve ardından 20 dakika boyunca 3000 g'de santrifüj işlemi yapılmıştır. Santrifüj sonunda ayrılan üst faz dökülerek çökelti tartılmıştır (W_2). Su tutma kapasitesi (gram su/ gram toz ürün) Eşitlik 9'da verilmiştir.

$$WHC = \frac{W_2 - W_1}{W_0} \quad (9)$$

W_0 : Ayva, balkabağı ve kivi tozunun ağırlığı (g)

W_1 : Santrifüj tüpü ve ayva, balkabağı ve kivi tozunun ağırlığı (g)

W_2 : Santrifüj işlemi sonunda çökeltinin ve santrifüj tüpünün ağırlığı (g)

3.2.9 Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) ölçümü

Camsı geçiş sıcaklığı analizi DSC (Perkin Elmer DSC-8000) cihazı ile Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde gerçekleştirilmiştir.

Ayva, balkabağı ve kivi püre tozlarının diferansiyel taramalı kalorimetre (Differential Scanning Calorimeter, DSC) ile camsı geçiş sıcaklıkları belirlenmiştir. Boş bir alüminyum pen referans olarak kullanılmıştır. Temizleme gazı olarak azot gazı dakikada 50 ml'lik akış hızında örneklerin etrafında su yoğunlaşmasını önlemek için kullanılmıştır. Ayva, balkabağı ve kivi püre tozları yaklaşık 10 mg tartılmış alüminyum penlere aktarılmıştır. Camsı durum oluşumu amacıyla örnekler dakikada 10 °C'lik sıcaklık değişimi ile ilk aşamada oda sıcaklığından -40 °C'ye soğutulmuş, sonraki aşamada ise -40 °C'den ısıtılarak 120 °C'ye getirilmiştir. Cam geçişinin başlangıç, orta ve son noktalarını analiz etmek için TA Instruments Universal Analysis 2000 analitik yazılımı kullanılmıştır. Başlangıç ve son noktaların ortalaması alınarak camsı geçiş sıcaklığı (T_g) hesaplanmıştır (Caliskan et al., 2015; Caliskan and Dirim, 2017).

3.2.10 Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ölçümü

Kuruma işlemlerinde farklı koşullarda uygulanan kurutmaların ayva, balkabağı ve kivi püresi tozlarının dokularında meydana getirdiği değişimleri gözlemlemek için ayva, balkabağı ve kivi püresi tozlarından seçilen örneklerin Ege Üniversitesi Merkezi Araştırma Test ve Analiz Laboratuvarında (MATAL) bulunan Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) yardımıyla 3 ile 5kV voltajlarda görüntüleri çekilmiş ve parçacıkların morfolojik yapısı belirlenmiştir.

3.2.11 Kurutma işlemlerinde enerji verimliliği hesaplaması

Ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin MFK, TKK ve DK'da kurutulmasında harcanan enerji miktarı seyyar bir elektrik sayacıyla kWh cinsinden ölçülmüştür. Kurutucuların enerji verimliliğini hesaplamada ise kullanılan ölçütler nem alma hızı (MER), özgül nem alma hızı (SMER) ve özgül enerji tüketimidir (SEC). Bu

ölçütlerin hesaplanmasında kullanılan denklemler Eşitlik 10-12'da verilmiştir (Baysal et al., 2015)

$$\text{MER} = \frac{\text{Kurutma boyunca üründen uzaklaştırılan su kütlesi (kg)}}{\text{Kuruma süresi (saat)}} \quad (10)$$

$$\text{SMER} = \frac{\text{Kurutma boyunca üründen uzaklaştırılan su kütlesi (kg)}}{\text{Kuruma işlemi süresince toplam enerji tüketimi (kWh)}} \quad (11)$$

$$\text{SEC} = \frac{\text{Sisteme giren toplam enerji (kJ)}}{\text{Kurutma boyunca üründen uzaklaşan su kütlesi (kg)}} \quad (12)$$

Eşitlik 10'da verilen MER değeri kurutucudan birim zamanda uzaklaşan suyun kütlesini (kg/saat), Eşitlik 11'de verilen SMER değeri, birim enerji kullanımıyla birlikte üründen uzaklaşan suyun kütlesini (kg/kWh) ve Eşitlik 12'de verilen SEC değeri ise ürünün kurutulması sırasında örnekten birim miktardaki suyu uzaklaştırmak için gerekli olan enerji miktarını (kJ/kg) ifade etmektedir. SEC değeri MJ/kg olarak da bazı literatürlerde yer almaktadır.

3.2.12 İstatistiksel analiz

Yapılan tüm analizlerin sonuçları ortalama \pm standart sapma olacak şekilde kaydedilerek SPSS 20.0 paket programı (SPSS Inc., USA) ile % 95 güven aralığında ANOVA ile test edilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan çalışmada taze ayva, balkabağı ve kivi pürelerine ağırlıkça %10 maltodekstrin eklenmiş ve kurutma işlemlerinde kullanılıncaya kadar 5 mm kalınlığında cam plakalara doldurularak -24 °C sıcaklıkta dondurulmuştur.

Hazırlanan ayva, balkabağı ve kivi pürelerine mikrodalga fırında kurutma (MFK), tepsili kurutucuda kurutma (TKK) ve dondurarak kurutma (DK) olmak üzere 3 farklı kurutma yöntemi uygulanmış ve kuruma davranışları incelenmiştir. Kuruma davranışları sonucunda çizilen kuruma eğrileri (Bkz. Başlık 4.1) referans alınarak kombine kurutma yöntemleri oluşturulmuştur. MFK işleminde mikrodalga gücüne bağlı olarak nem oranı 0.20 ile 0.26 aralığındayken yanma görülmüştür. Bu nedenle ayva, balkabağı ve kivi pürelerinde MFK kombinasyonları için yanma görülmeyecek şekilde mikrodalga gücüne göre değişen süreler seçilmiştir. Kombinasyon kurutma çalışmalarında seçilen değerler baz alınmıştır. Diğer kombine kurutmalarda (TKK ve DK) kurutma işlemlerinin sonlandırılma zamanı kuruma eğrilerindeki azalan bölge sonu olarak belirlenmiştir (Şekil 4.4 – Şekil 4.7).

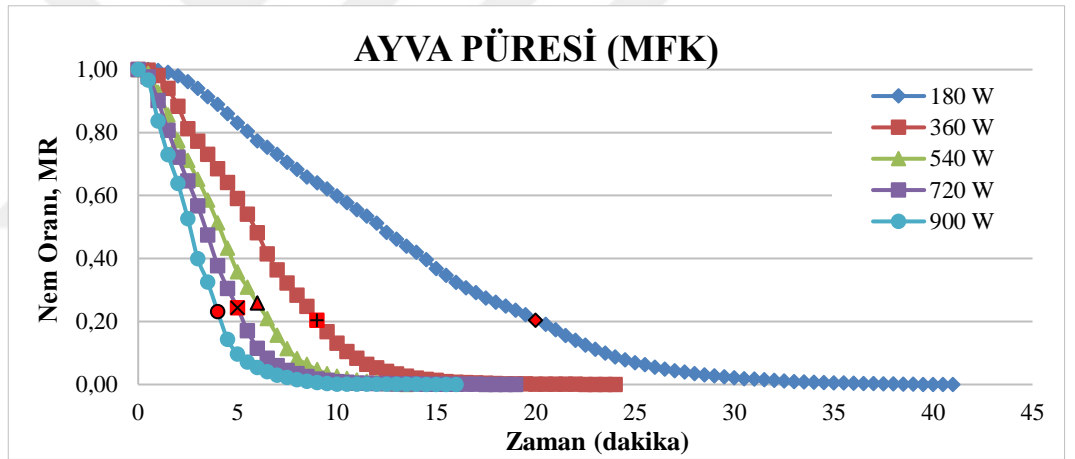
Örneklerin belirtilen 3 farklı kurutma yöntemi ve bunların kombinasyonlarında toplam kuruma sürelerinin belirlenmesi için ağırlık takibi yapılmış ve son 4 ağırlık ölçümü arasındaki fark yaklaşık 0.01 olduğunda kuruma işlemleri sonlandırılmıştır. İşlem süreleri yöntemlere göre; ayva, balkabağı ve kivi püreleri için sırasıyla MFK’da 17-41, 14.5-32 ve 13-44.5 dk, TKK’da 280-340, 330-380 ve 690-820 dk aralığında ve DK’da her 3 püre örneği için de süre 540 dk olarak bulunmuştur. Kombinasyon kurutmalar dahil olmak üzere 9 farklı kurutma işlemi yapılmış ve elde edilen toz ürünlere belirlenen analizler uygulanarak en iyi enerji verimini ve toz ürünü veren örnekler saptanmıştır.

4.1 Kuruma Davranışının Belirlenmesi

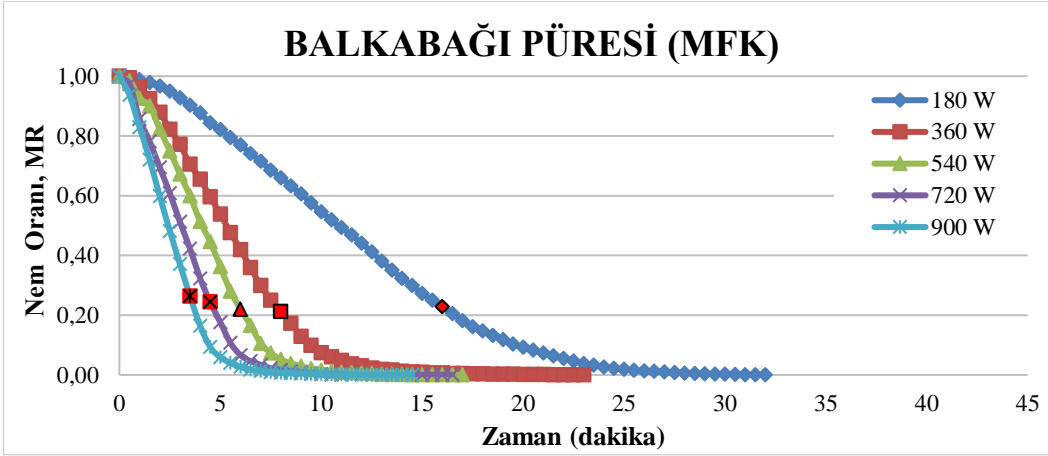
Kurutma işlemlerinde kurutma parametrelerine bağlı olarak gerekli işlem süresinin saptanması kuruma eğrilerinin çizilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Örneklerin kuruma eğrilerinin çizilmesinde MFK, TKK ve DK için sırasıyla her 30 sn, her 10 dk ve her 1 saatte bir tartımlar alınmış, ağırlık takibi yapılmıştır. MFK

ve TKK işlemleri için ağırlık takibinde kurutma başından sonuna kadar aynı örnek kullanılmışken DK işlemi için her saat için aynı şartlarda hazırlanmış yeni bir örnek kullanılmıştır. Kuruma eğrilerinin çıkarılmasında MFK işleminde ürünler yanmış olsalar bile toplam sürenin belirlenebilmesi için ağırlık değişimleri 0.01g farka indirildiğinde kurutma işlemi sonlandırılmıştır. Grafiklerde verilen değerler ağırlık değişimlerinden hesaplanan nem oranı (Moisture ratio; MR) değerleridir. Anlaşılır olması ve verilerin kullanım kolaylığı açısından sonuçlar 'nem oranı' cinsinden verilmiştir.

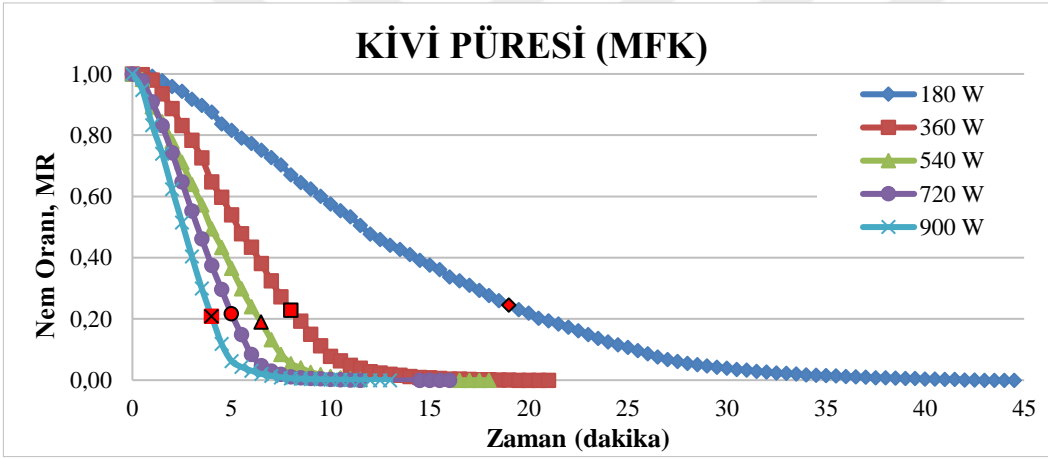
MFK işleminde ayva, balkabağı ve kivi püresinin 5 farklı (180, 360, 540, 720 ve 900 W) mikrodalga gücünde kurutulması sonucu elde edilen kuruma eğrileri Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te verilmiştir. Grafiklerde kırmızı ile işaretlenmiş noktalar yanmanın görüldüğü zamanı ve nem oranını göstermektedir.



Şekil 4.1. Ayva püresinin farklı mikrodalga güçleriyle kurutulmasında nem oranı-zaman grafiği.

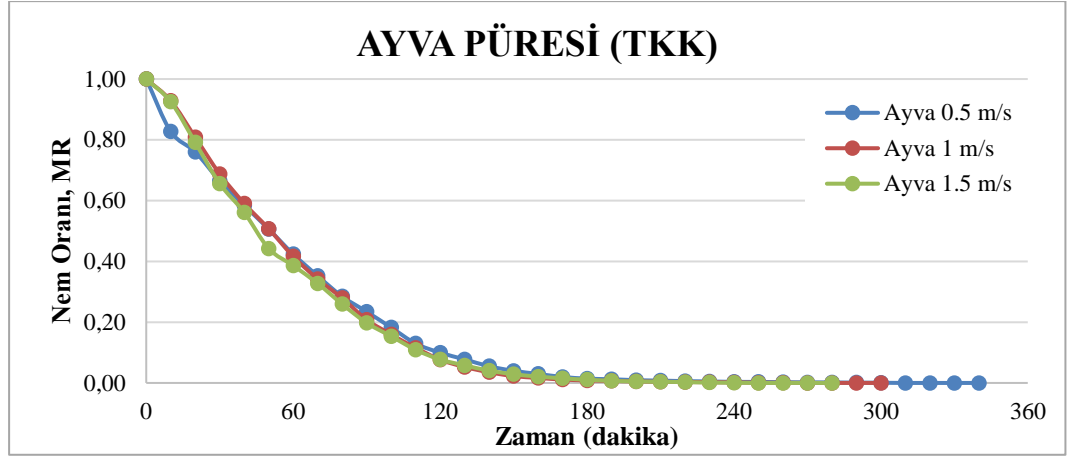


Şekil 4.2. Balkabağı püresinin farklı mikrodalga güçleriyle kurutulmasında nem oranı-zaman grafiği.

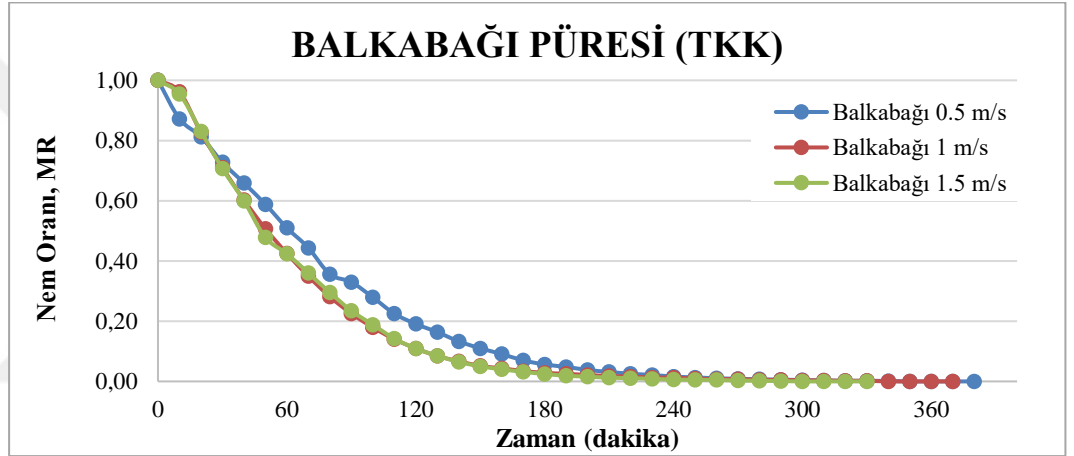


Şekil 4.3. Kivi püresinin farklı mikrodalga güçleriyle kurutulmasında nem oranı-zaman grafiği.

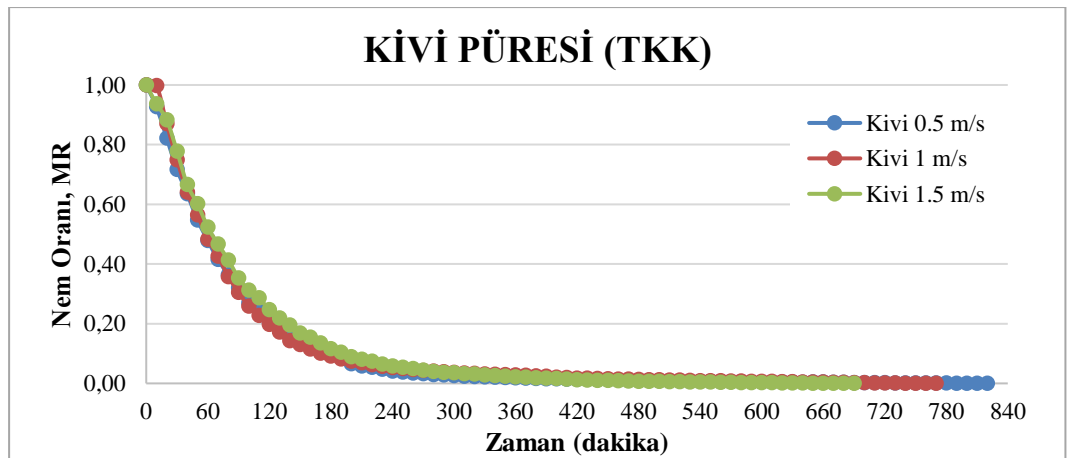
TKK işleminde ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin 70 ± 5 °C'de 3 farklı (0.5, 1, 1.5 m/s) hava hızında kurutulması sonucu elde edilen kuruma eğrileri Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.4. Ayva püresinin farklı hava hızlarıyla kurutulmasında nem oranı-zaman grafiği.

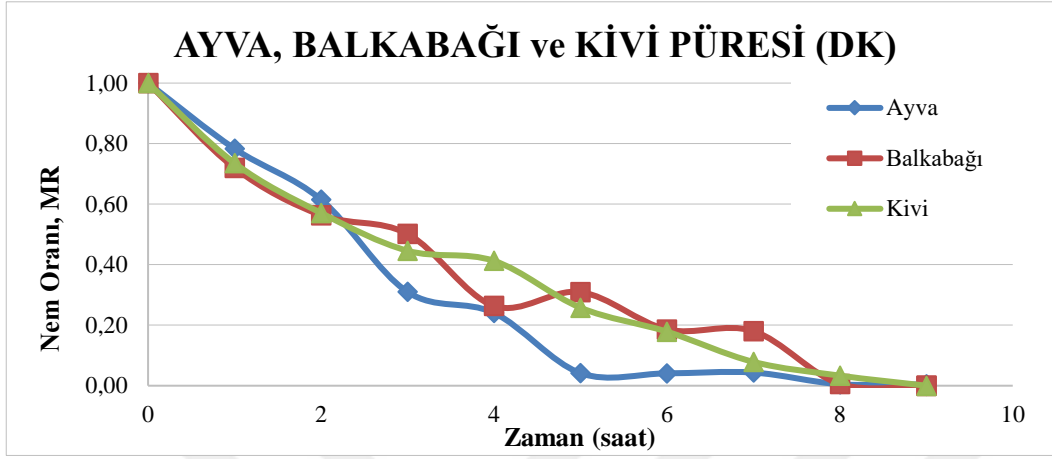


Şekil 4.5. Balkabağı püresinin farklı hava hızlarıyla kurutulmasında nem oranı-zaman grafiği.



Şekil 4.6. Kivi püresinin farklı hava hızlarıyla kurutulmasında nem oranı-zaman grafiği.

Dondurarak kurutma işlemi için ayva, balkabağı ve kivi pürelерinin plaka sıcaklığı 10 °C’de, -48 ± 2 °C sıcaklık ve 13.33 kPa mutlak basınçta 9 saat kurutulması sonucu elde edilen kuruma eğrileri Şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.7. Ayva, Balkabağı ve Kivi pürelерinin dondurarak kurutulmasında nem oranı-zaman grafiğı.

Genel olarak nem oranı-zaman grafiklerine bakıldığında MFK için en uzun kuruma süresini 180 W mikrodalga gücünde kurutma vermiştir. Her bir örnek için de MFK işleminde yanma görülmüştür. Meyve ve sebze pürelерinin içerisine kurumayı kolaylaştırması açısından ağırlıkça %10 maltodekstrin eklenmiştir. Maltodekstrin yüzdesini arttırmak kuru madde içeriğini arttırarak kurutmaya yardımcı olsa da katkı maddesi olduğundan %10’dan daha yüksek değerleri denemek bu tez kapsamında tercih edilmemiştir. Nem oranı (MR) değerleri yaklaşık 0.20 civarında örnekler yanmıştır. Bu nedenle hızlı bir kurutma yöntemi olan MFK yönteminden faydalanmak için örnekler yanmadan başka kurutma yöntemleri ile kombinasyonlar denenmiştir.

TKK işleminde kivi püresi ayva ve balkabağı pürelерinden yaklaşık 2 kat daha uzun sürede kurumuştur Ayva ve balkabağı püre kurutmaları sırasıyla 180 ve 120 dk boyunca neredeyse sabit nem oranı değerine sahipken kivi püresi 540 dk boyunca neredeyse sabit bir nem oranında ilerlemiştir. Kivi püresi için yaklaşık 300. dakikadan sonra kurutma sonlandırılmıştır.

DK işleminde ise her örnek için de 9 saat kurutma yeterli gelmiştir. DK işlemi sırasında ilk 2 saat benzer şekilde azalma gösteren nem oranı değerleri 3 – 7 saatleri

aralığında ayva püresinin ağırlık değişimi balkabağı ve kivi püresine göre daha fazla olmuş ve bu da nem oranı değerlerine yansımıştır.

4.2 Kombine Kurutmaların Ürünlerin Kuruma Davranışı Üzerine Etkileri

Tez kapsamında yapılan mikrodalga fırında kurutma (MFK), tepsili kurutucuda kurutma (TKK), dondurarak kurutma (DK) ve kombine kurutmalar sonucunda ayva, balkabağı ve kivi püreleri için zamana karşı nem oranı grafikleri çizilmiştir.

Bu başlık altında sırasıyla ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin MFK, TKK ve DK kombinasyonları incelenmiştir.

Ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin MFK ve MFK kombinasyonları sonucu kurutulmasında zamana karşı nem oranı grafikleri Şekil 4.8 - Şekil 4.12'de, Şekil 4.17 – Şekil 4.21'de ve Şekil 4.26 – Şekil 4.30'da, TKK ve TKK kombinasyonları sırasıyla Şekil 4.13 - Şekil 4.15'te, Şekil 4.22 - Şekil 4.24'de ve Şekil 4.31'de, DK ve DK kombinasyonları Şekil 4.16'da, Şekil 4.25'te ve Şekil 4.32'de verilmektedir.

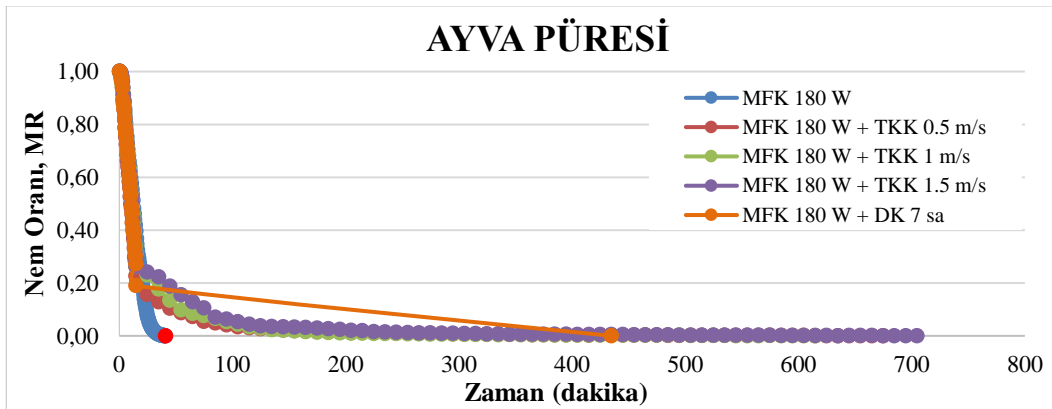
Şekil 4.8 – Şekil 4.32 aralığında olan MFK işlemlerinde görülen kırmızı noktalar yanmanın görüldüğü nem oranını ve zamanı belirtmektedir.

Ayva püresi için MFK'da 5 farklı mikrodalga gücünde (180, 360, 540, 720 ve 900 W) kurutmalar gerçekleştirilmiştir. Her bir mikrodalga gücü için kurutma kombinasyonları ayrı ayrı yapılmıştır.

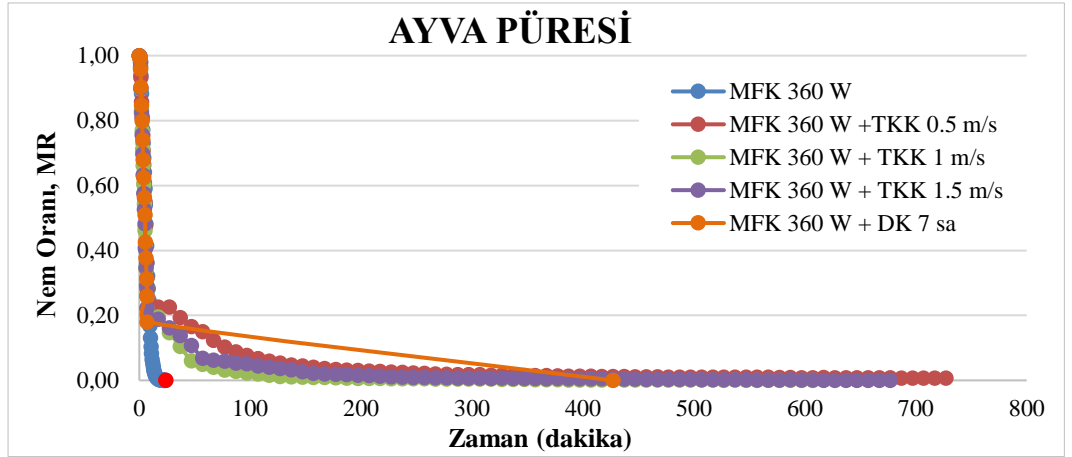
MFK işleminde 5 farklı mikrodalga gücünde (180, 360, 540, 720 ve 900 W) ayva püresi örneği sabit tartıma gelene kadar sırasıyla 41, 24, 18.5, 18 ve 17 dakika kurutulmuş ve elde edilen nem oranı verileri ile kuruma eğrileri oluşturulmuştur. Kuruma eğrilerinin belirlenmesi için yapılan kurutmalar sırasında 180, 360, 540, 720 ve 900 W mikrodalga güçlerinde nem oranları (%nem içerikleri) sırasıyla 0.20 (%39.34), 0.20 (%38.97), 0.26 (%44.61), 0.24 (%43.26) ve 0.24 (%41.20) olarak hesaplanmış olup 20., 9., 6., 5. ve 4. dakikalarda yanma görülmüştür. Yanma

olmadan kombine kurutma denemelerinin yapılabilmesi için 180 W'da 14.5 dk, 360 W'da 7 dk, 540 W'da 5 dk, 720 W'da 4 dk ve 900 W'da 3 dk sonunda (sırasıyla nem oranı (MR) 0.26-0.28, 0.22-0.32, 0.32-0.36, 0.33-0.38 ve 0.36-0.44 aralığında kalacak şekilde) MFK işlemleri sonlandırılmıştır. MFK işleminden alınan örnekler sırasıyla 0.5 m/s, 1 m/s ve 1.5 m/s hava hızlarında TKK ve DK işlemlerinde kurutulmaya devam edilmiştir.

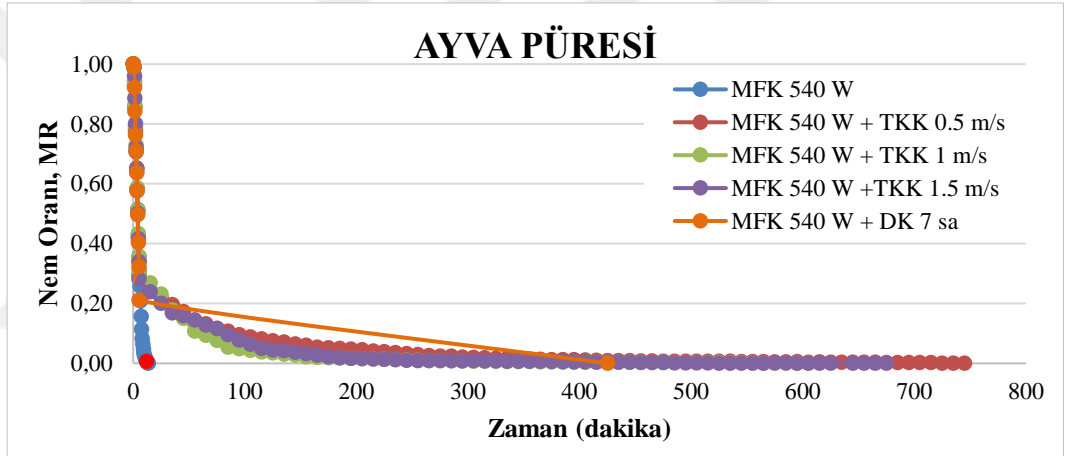
Ayva püresinin MFK işlemi ardından TKK kombinasyonlarında farklı hava hızlarında (0.5, 1, 1.5 m/s) kurutulmasında yaklaşık 250 ± 20 dakikada sabit bölgeye geçildiği görülsede tartımlar arasındaki ağırlık farkı 0.01 g oluncaya kadar kurutma işlemi devam ettirilmiştir. MFK işlemi ile kombinasyon yapılan örnekler 180 W mikrodalga gücü için 674.5, 614.5, 704.5 ve 434.5 dakika, 360 W mikrodalga gücü için 727, 607, 677 ve 427 dakika, 540 W mikrodalga gücü için 745, 605, 675 ve 425 dakika, 720 W mikrodalga gücü için 714, 634, 674 ve 424 dakika ve 900 W mikrodalga gücü için 703, 653, 673 ve 423.5 dakika toplam süreler olacak şekilde sırasıyla 0.5 m/s, 1 m/s ve 1.5 m/s hava hızlarında TKK ve DK işlemlerinde kurutulmaya devam edilmiştir. Şekil 4.8, Şekil 4.9, Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de MFK ve MFK kombinasyonlarının farklı mikrodalga güçlerinin verildiği zamana karşı nem oranı grafikleri incelenmiştir. MFK + DK ve TKK + DK kombinasyonlarının olduğu tüm grafiklerde MFK ve TKK işlemleri sonrasında yaklaşık 0.20 nem oranındaki örneklerden dondurarak kurutma işlemi boyunca iki veri (kurutma başında ve kurutma sonunda) alınmış ve grafikte uzun lineer çizgilerle görülmektedir.



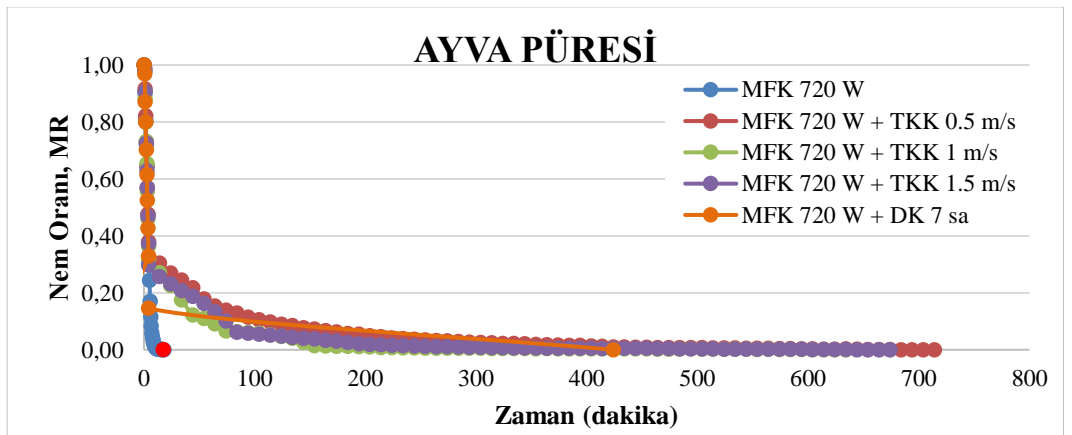
Şekil 4.8. Ayva püresinin 180 W mikrodalga gücünde MFK, MFK + TKK kombinasyonları ve MFK + DK kombinasyonu nem oranı-zaman grafiği.



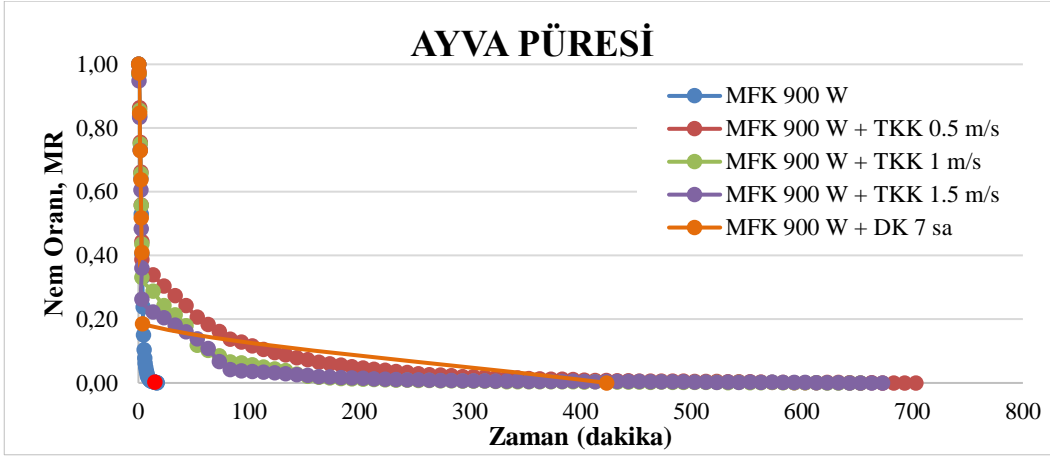
Şekil 4.9. Ayva püresinin 360 W mikrodalga gücünde MFK, MFK + TKK kombinasyonları ve MFK + DK kombinasyonlarında nem oranı-zaman grafiği.



Şekil 4.10. Ayva püresinin 540 W mikrodalga gücünde MFK, MFK + TKK kombinasyonları ve MFK + DK kombinasyonlarında nem oranı-zaman grafiği.



Şekil 4.11. Ayva püresinin 720 W mikrodalga gücünde MFK, MFK + TKK kombinasyonları ve MFK + DK kombinasyonlarında nem oranı-zaman grafiği.



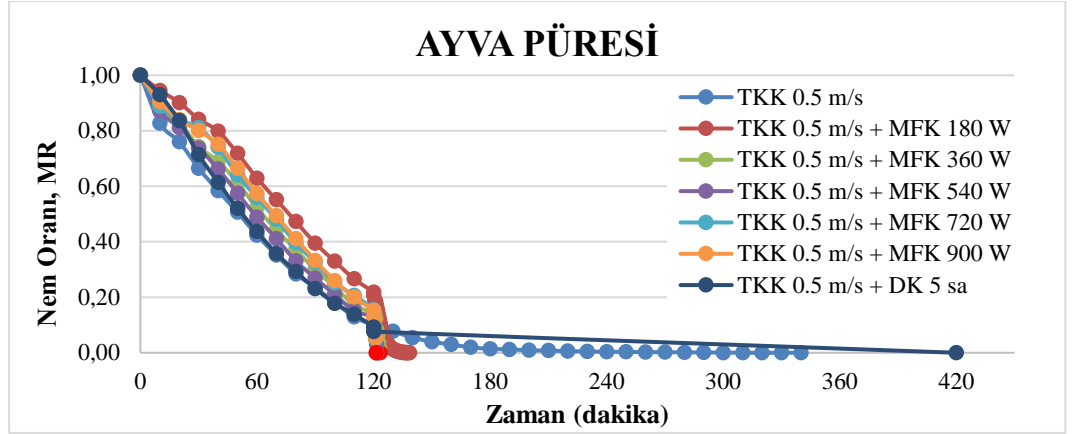
Şekil 4.12. Ayva püresinin 900 W mikrodalga gücünde MFK, MFK + TKK kombinasyonları ve MFK + DK kombinasyonlarında nem oranı-zaman grafiği.

Ayva püresi için TKK’da 3 farklı hava hızında (0.5, 1, 1.5 m/s) kurutmalar gerçekleştirilmiştir. Her bir hava hızı için kurutma kombinasyonları ayrı ayrı yapılmıştır.

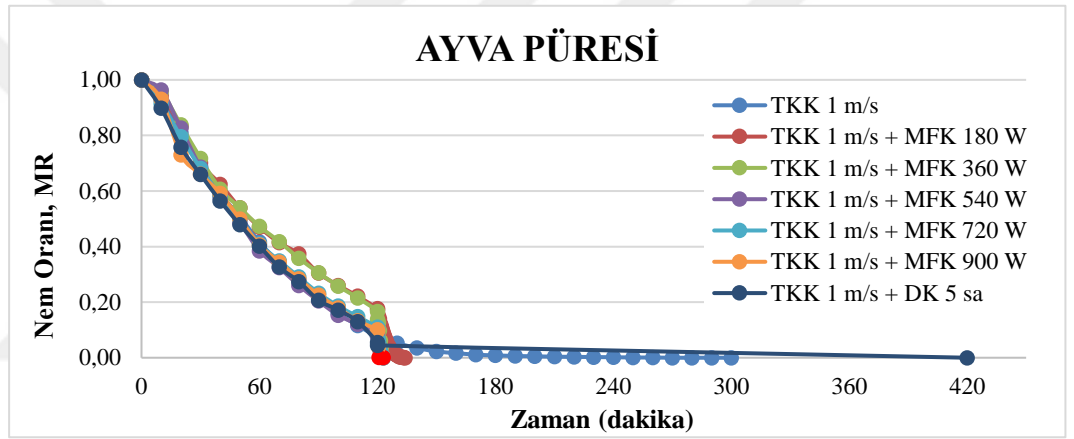
TKK 0.5, 1, 1.5 m/s hava hızlarında örnek ağırlığı sabit tartım olana kadar sırasıyla 340, 300 ve 280 dakika kurutulmuş ve nem oranı-zaman grafiği çizilerek kuruma eğrisi oluşturulmuştur. TKK işleminde 3 farklı hava hızı içinde kuruma eğrisi grafiğinde azalan bölge sonu ile sabit bölge aralığında özellikle sabit bölgenin kombinasyonlarla kısalması amacıyla 120. dakikada (sırasıyla nem oranları 0.10, 0.08 ve 0.07; nem içerikleri %24.18, 19.47 ve 22.90) TKK işleminin sonlandırılarak MFK veya DK işlemleri ile kurutmanın devamı gerçekleştirilmiştir.

0.5 m/s hava hızında TKK işleminden alınan örnekler 138.5, 123.5, 122, 121.5, 121.5 ve 420 dakika, 1 m/s hava hızında kurutulan örnekler 134, 123, 123, 123, 121 ve 420 dakika toplam süreler olacak şekilde sırasıyla 180, 360, 540, 720 ve 900 W mikrodalga güçlerinde MFK ve DK işlemlerinde kurutulmaya devam edilmiştir.

0.5 ve 1 m/s hava hızlarındaki TKK işleminin MFK işlemi ile kombinasyonunda 180 W mikrodalga gücü haricindeki işlemlerde yanma görülmüş ve grafikte kırmızı noktalarla yanmalar belirtilmiştir. Şekil 4.13 ve Şekil 4.14’de TKK ve TKK kombinasyonlarının farklı hava hızlarında zamana karşı nem oranı grafiği verilmiştir.

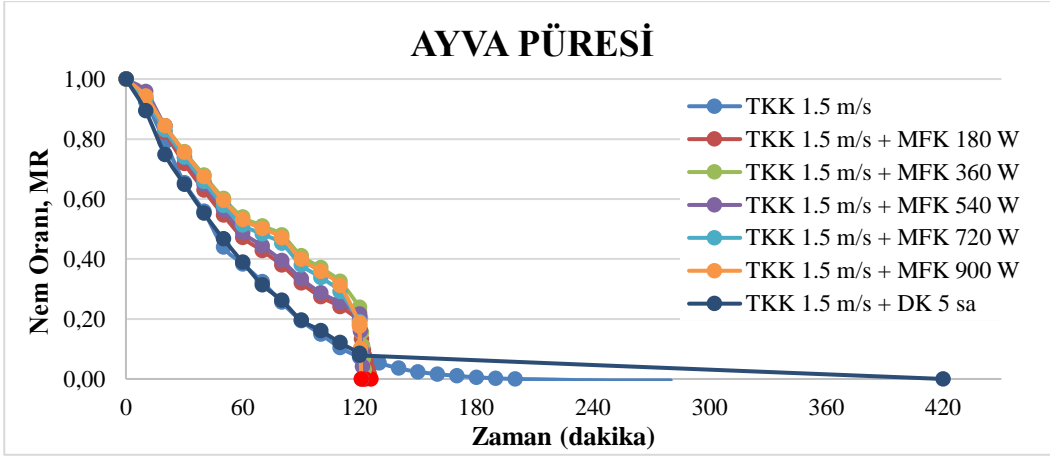


Şekil 4.13. Ayva püresinin 0.5 m/s hava hızında TKK, TKK + MFK kombinasyonları ve TKK + DK kombinasyonu nem oranı-zaman grafiği.



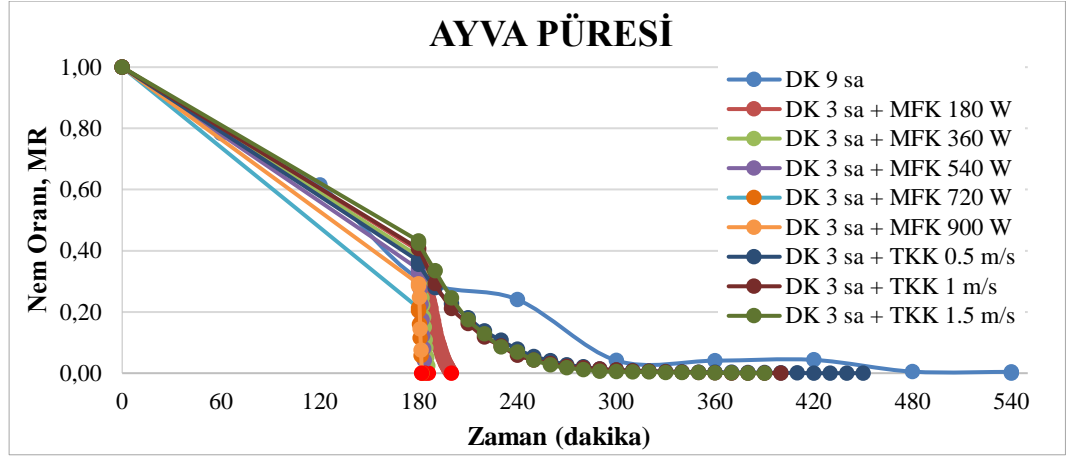
Şekil 4.14. Ayva püresinin 1 m/s hava hızında TKK, TKK + MFK kombinasyonları ve TKK + DK kombinasyonu nem oranı-zaman grafiği.

1.5 m/s hava hızında TKK işleminden alınan örnekler 126, 123, 122, 121, 121 ve 420 dakika toplam süreler olacak şekilde sırasıyla 180, 360, 540, 720 ve 900 W mikrodalga güçlerinde MFK ve DK işlemlerinde kurutulmaya devam edilmiştir. TKK + MFK kombinelerinde 5 farklı mikrodalga gücünde de yanma görülmüş ve grafikte kırmızı noktalarla yanmalar belirtilmiştir. Şekil 4.15'te TKK ve TKK kombinasyonlarının nem oranı-zaman grafiği verilmiştir.



Şekil 4.15. Ayva püresinin 1.5 m/s hava hızında TKK, TKK + MFK kombinasyonları ve TKK + DK kombinasyonu nem oranı-zaman grafiği.

DK işleminde kurutulan örneğin ağırlığı sabit tartıma gelene kadar 540 dakika kurutulmuş ve nem oranı-zaman grafiği çizilerek kuruma eğrisi oluşturulmuştur. DK işleminde kuruma eğrisinde azalan bölge ile sabit bölgenin aralığında özellikle uzun kuruma süresinin kombinasyonlarla kısalması amacıyla 180. dakikada (nem oranı 0.31 ve nem içeriği %49.82) DK işleminin kesilmesi kombinasyonlar için uygun görülmüştür. DK'dan alınan örnekler 200, 186, 184, 182, 182, 450, 400 ve 390 dakika toplam süreler olacak şekilde sırasıyla 180, 360, 540, 720 ve 900 W mikrodalga güçlerinde MFK ve 0.5, 1, 1.5 m/s hava hızlarında TKK işlemlerinde kurutmaya devam edilmiştir. DK + MFK kombinelerinde 5 farklı mikrodalga gücünde de yanma görülmüş olup grafikte kırmızı noktalarla yanmalar belirtilmiştir. Şekil 4.16'da DK ve DK kombinasyonlarının zamana karşı nem oranı grafiği verilmiştir.



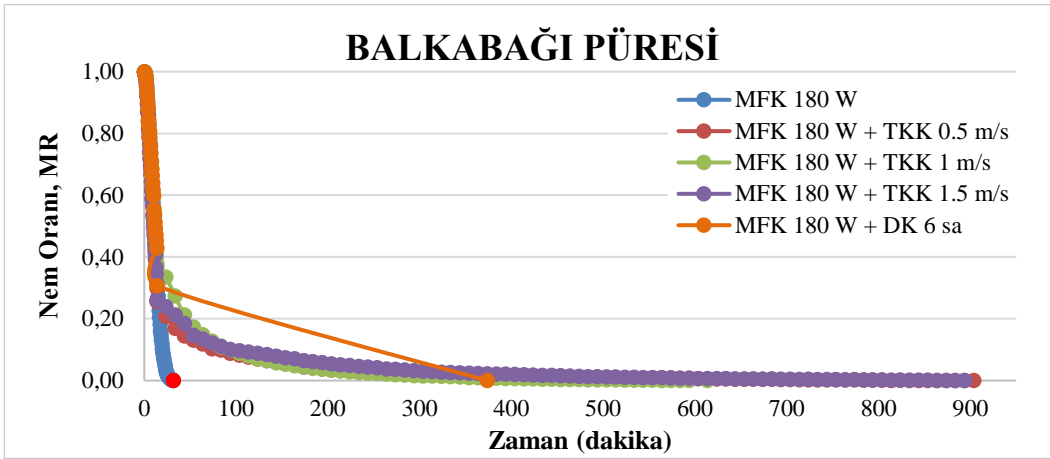
Şekil 4.16. Ayva püresinin DK, DK + MFK ve DK + TKK kombinasyonları nem oranı-zaman grafiği.

Balkabağı püresi için MFK’da 5 farklı mikrodalga gücünde (180, 360, 540, 720 ve 900 W) kurutmalar gerçekleştirilmiştir. Her bir mikrodalga gücü için kurutma kombinasyonları ayrı ayrı yapılmıştır.

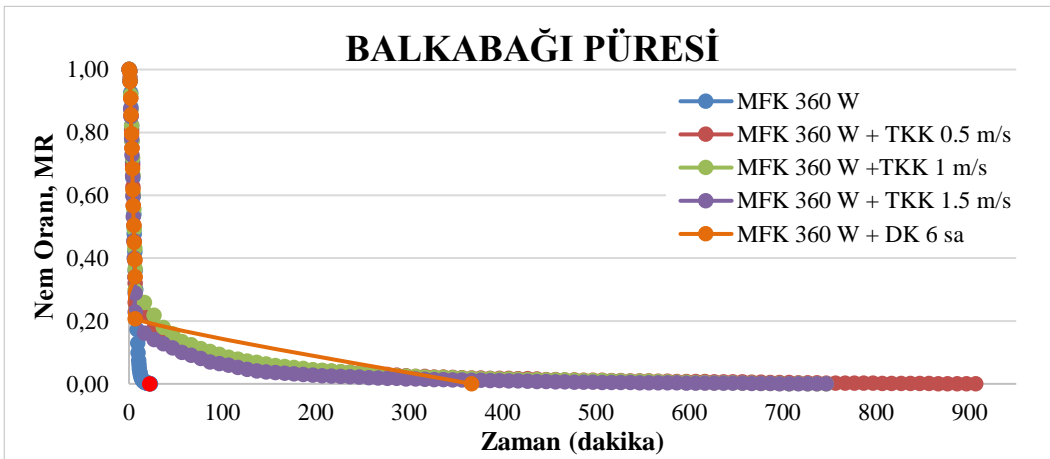
MFK işleminde 180, 360, 540, 720 ve 900 W mikrodalga güçlerinde balkabağı püresi sabit tartıma ulaşınca kadar sırasıyla 32, 23, 17, 16.5 ve 14.5 dakika kurutulmuş ve elde edilen nem oranı verileri ile kuruma eğrileri oluşturulmuştur. Kuruma eğrilerinin belirlenmesi için yapılan kurutmalar sırasında 5 farklı mikrodalga gücü için nem oranları (%nem içerikleri) sırasıyla 0.23 (%49.90), 0.21 (%47.60), 0.22 (%49.04), 0.24 (%50.79) ve 0.26 (%52.75) olarak hesaplanmış olup 16., 8., 6., 4.5. ve 3.5. dakikalarda yanma görülmüştür. Yanma olmadan kombine kurutma denemelerinin yapılabilmesi için 180 W’da 13.5 dk, 360 W’da 6.5 dk, 540 W’da 5 dk, 720 W’da 4 dk ve 900 W’da 3 dk sonunda (sırasıyla MR 0.30-0.43, 0.29-0.34, 0.29-0.36, 0.31-0.36 ve 0.39-0.42 aralığında kalacak şekilde) MFK işlemleri sonlandırılmıştır. MFK işleminin ardından kurutma işlemi 0.5 m/s, 1 m/s ve 1.5 m/s hava hızlarında TKK ve DK işlemleri ile devam etmiştir.

Balkabağı püresinin MFK işlemi ardından TKK kombinasyonlarında farklı hava hızlarında (0.5, 1, 1.5 m/s) kurutulmasında yaklaşık 300 ± 20 dakikada sabit bölgeye geçildiği görülsede tartımlar arasındaki ağırlık farkı 0.01 g oluncaya kadar kurutma işlemi devam ettirilmiştir. MFK işlemi ile kombinasyon yapılan örnekler 180 W mikrodalga gücü için 903.5, 613.5, 893.5 ve 373.5 dakika, 360 W

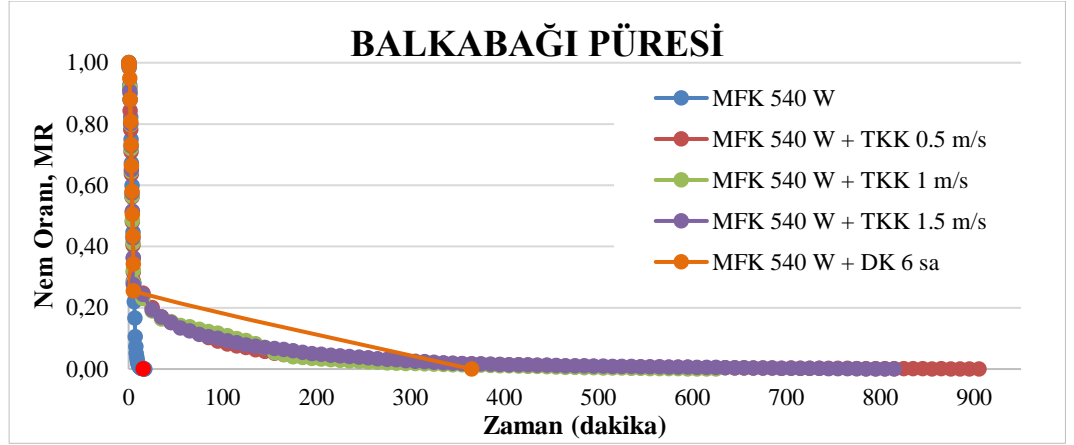
mikrodalga gücü için 906.5, 756.5, 746.5 ve 366.5 dakika, 540 W mikrodalga gücü için 905, 625, 815 ve 365 dakika, 720 W mikrodalga gücü için 914, 584, 804 ve 364 dakika ve 900 W mikrodalga gücü için 923, 613, 823 ve 363 dakika toplam süreler olacak şekilde sırasıyla 0.5 m/s, 1 m/s ve 1.5 m/s hava hızlarında TKK ve DK işlemlerinde kurutulmaya devam edilmiştir. Şekil 4.17, Şekil 4.18, Şekil 4.19, Şekil 4.20 ve Şekil 4.21’de MFK ve MFK kombinasyonlarının farklı mikrodalga güçlerinin verildiği zamana karşı nem oranı grafikleri incelenmiştir.



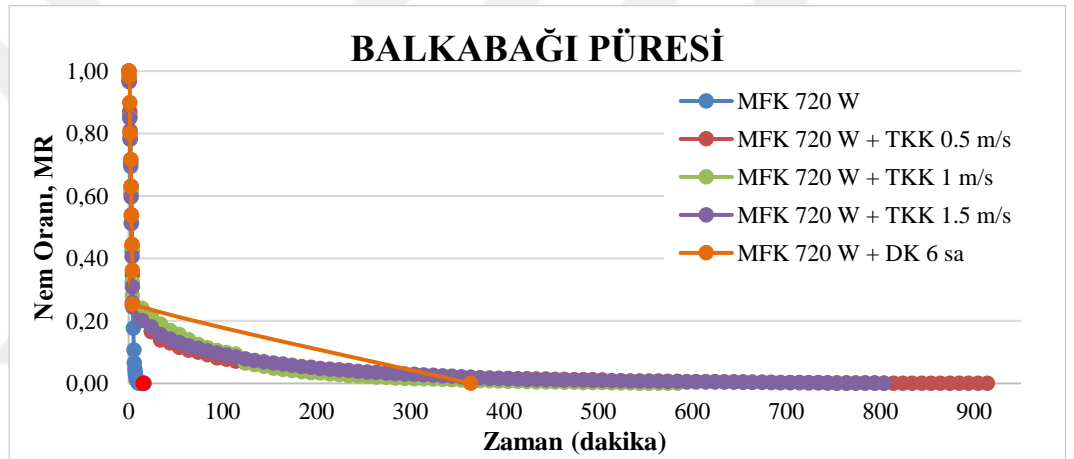
Şekil 4.17. Balkabağı püresinin 180 W mikrodalga gücünde MFK, MFK+TKK kombinasyonları ve MFK+DK kombinasyonu nem oranı-zaman grafiği.



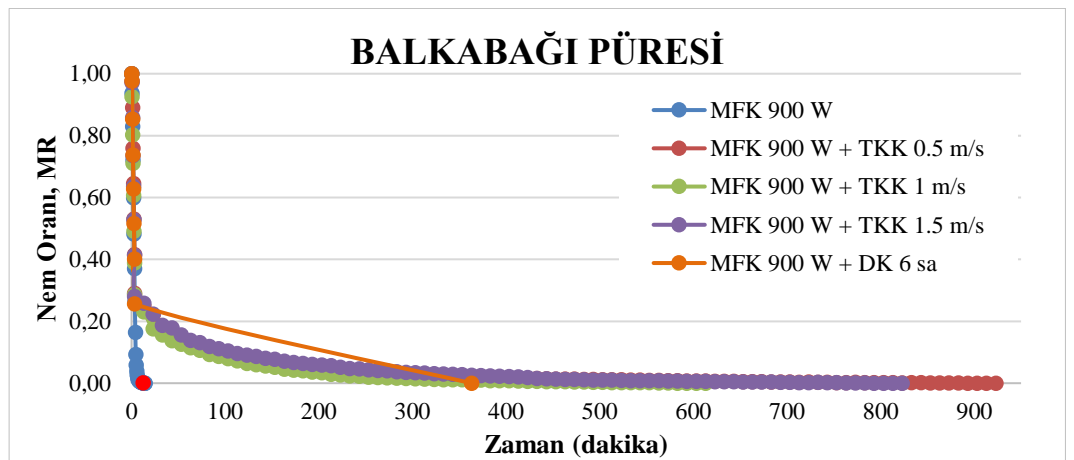
Şekil 4.18. Balkabağı püresinin 360 W mikrodalga gücünde MFK, MFK + TKK kombinasyonları ve MFK + DK kombinasyonlarında nem oranı-zaman grafiği.



Şekil 4.19. Balkabağı püresinin 540 W mikrodalga gücünde MFK, MFK + TKK kombinasyonları ve MFK + DK kombinasyonlarında nem oranı-zaman grafiği.



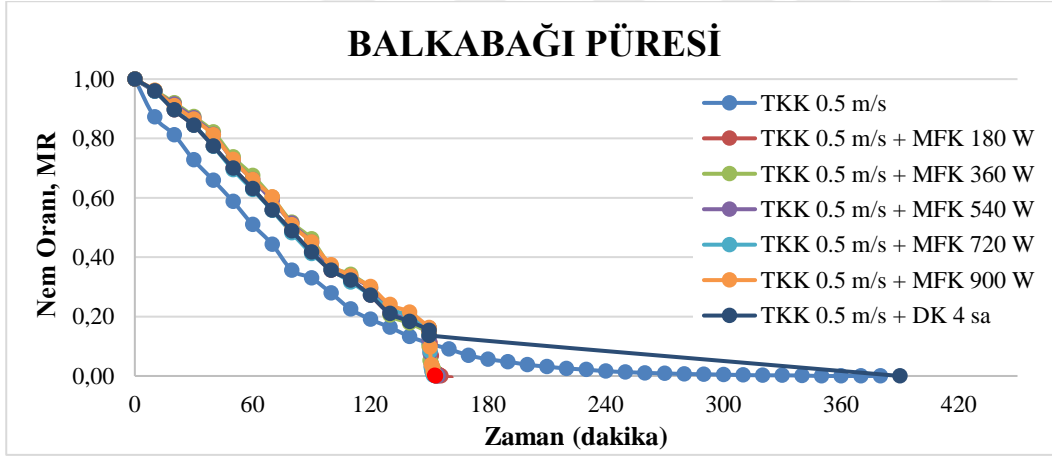
Şekil 4.20. Balkabağı püresinin 720 W mikrodalga gücünde MFK, MFK + TKK kombinasyonları ve MFK + DK kombinasyonlarında nem oranı-zaman grafiği.



Şekil 4.21. Balkabağı püresinin 900 W mikrodalga gücünde MFK, MFK + TKK kombinasyonları ve MFK + DK kombinasyonlarında nem oranı-zaman grafiği.

Balkabağı püresi için TKK'da 3 farklı hava hızında (0.5, 1, 1.5 m/s) kurutmalar gerçekleştirilmiştir. Her bir hava hızı için kurutma kombinasyonları ayrı ayrı yapılmıştır.

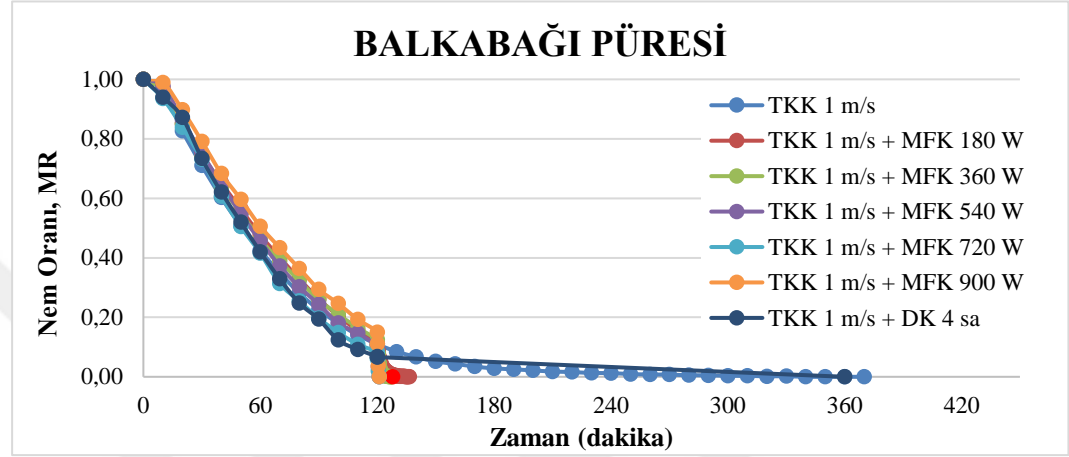
TKK 0.5 m/s hava hızında sabit tartıma kadar 380 dakika kurutulmuş ve nem oranı-zaman grafiği çizilerek kuruma eğrisi oluşturulmuştur. TKK 0.5 m/s hava hızında kuruma eğrisinde azalan bölge sonu ile sabit bölgenin aralığında özellikle sabit bölgenin kombinasyonlarla kısalması amacıyla 150. dakikada (nem oranı 0.11 ve nem içeriği %35.76) TKK işleminin kesilmesi kombinasyonlar için uygun görülmüştür. TKK'dan alınan örnekler 161.5, 154, 154.5, 153.5, 153.5 ve 390 dakika toplam süreler olacak şekilde sırasıyla 180, 360, 540, 720 ve 900 W mikrodalga güçlerinde MFK ve DK işlemlerinde kurutmaya devam edilmiştir. TKK+MFK kombinesinde 180 W mikrodalga gücü haricindeki işlemlerde yanma görülmüş ve grafikte kırmızı noktalarla yanmalar belirtilmiştir. Şekil 4.22'de TKK ve TKK kombinasyonlarının zamana karşı nem oranı grafiği verilmiştir.



Şekil 4.22. Balkabağı püresinin 0.5 m/s hava hızında TKK, TKK + MFK kombinasyonları ve TKK + DK kombinasyonu nem oranı-zaman grafiği.

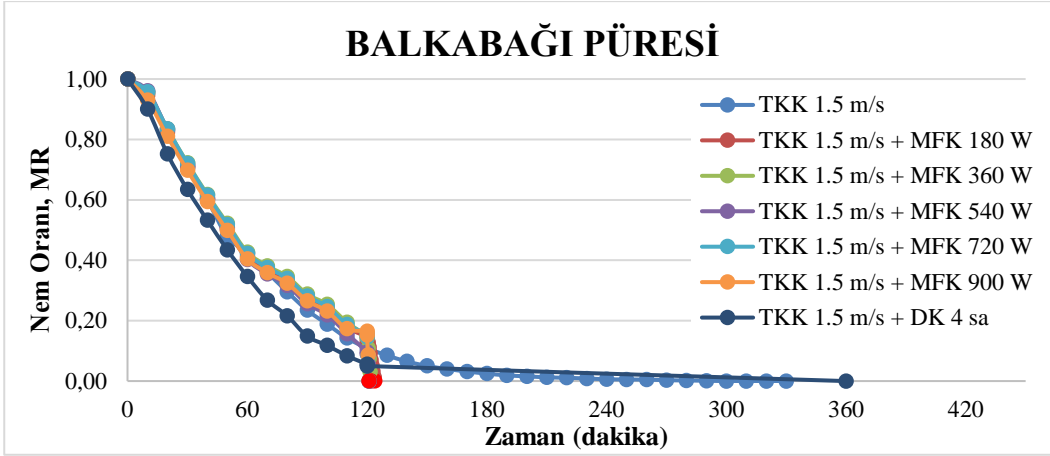
TKK 1 ve 1.5 m/s hava hızlarında sabit tartıma kadar 370 ve 330 dakika kurutulmuş ve nem oranı-zaman grafiği çizilerek kuruma eğrisi oluşturulmuştur. TKK 1 ve 1.5 m/s hava hızlarında kuruma eğrisinde azalan bölge sonu ile sabit bölgenin aralığında özellikle sabit bölgenin kombinasyonlarla kısalması amacıyla 120. dakikada (sırasıyla nem oranları 0.11 ve 0.11; nem içerikleri %37.01 ve 35.22) TKK işleminin kesilerek diğer kurutmalarla kombinasyonu devam ettirilmiştir.

1 m/s hava hızında TKK işleminden alınan örnekler 136,5, 128, 121, 121, 121 ve 360 dakika toplam süreler olacak şekilde sırasıyla 180, 360, 540, 720 ve 900 W mikrodalga güçlerinde MFK ve DK işlemlerinde kurutmaya devam edilmiştir. TKK+MFK kombinesinde 180 W mikrodalga gücü haricindeki işlemlerde yanma görülmüş ve grafikte kırmızı noktalarla yanmalar belirtilmiştir. Şekil 4.23'te TKK ve TKK kombinasyonlarının zamana karşı nem oranı grafiği verilmiştir.



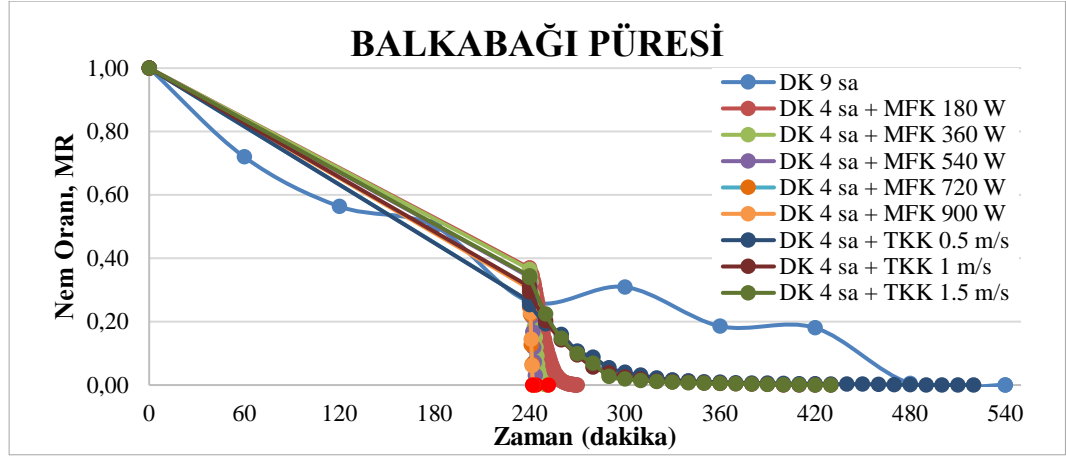
Şekil 4.23. Balkabağı püresinin 1 m/s hava hızında TKK, TKK + MFK kombinasyonları ve TKK + DK kombinasyonu nem oranı-zaman grafiği.

TKK (1.5 m/s hava hızında) işleminden alınan örnekler 124, 122, 121, 121, 121 ve 360 dakika toplam süreler olacak şekilde sırasıyla 180, 360, 540, 720 ve 900 W mikrodalga güçlerinde MFK ve DK işlemlerinde kurutmaya devam edilmiştir. TKK + MFK kombinelerinde 5 farklı mikrodalga gücünde de yanma görülmüş ve grafikte kırmızı noktalarla yanmalar belirtilmiştir. Şekil 4.24'de TKK ve TKK kombinasyonlarının zamana karşı nem oranı grafiği verilmiştir.



Şekil 4.24. Balkabağı püresinin 1.5 m/s hava hızında TKK, TKK + MFK kombinasyonları ve TKK + DK kombinasyonu nem oranı-zaman grafiği.

DK işleminde kurutulan örneğin ağırlığı sabit tartıma gelene kadar 540 dakika kurutulmuş ve nem oranı-zaman grafiği çizilerek kuruma eğrisi oluşturulmuştur. DK işleminde kuruma eğrisinde azalan bölge ile sabit bölgenin aralığında özellikle uzun kuruma süresinin kombinasyonlarla kısalması amacıyla 240. dakikada (nem oranı 0.26 ve nem içeriği %52.61) DK işleminin kesilmesi kombinasyonlar için uygun görülmüştür. DK'dan alınan örnekler 270, 252, 244, 242, 242, 520, 430 ve 430 dakika toplam süreler olacak şekilde sırasıyla 180, 360, 540, 720 ve 900 W mikrodalga güçlerinde MFK ve 0.5, 1, 1.5 m/s hava hızlarında TKK işlemlerinde kurutmaya devam edilmiştir. DK + MFK kombinelerinde 5 farklı mikrodalga gücünde de yanma görülmüş ve grafikte kırmızı noktalarla yanmalar belirtilmiştir. Şekil 4.25'te DK ve DK kombinasyonlarının zamana karşı nem oranı grafiği verilmiştir.



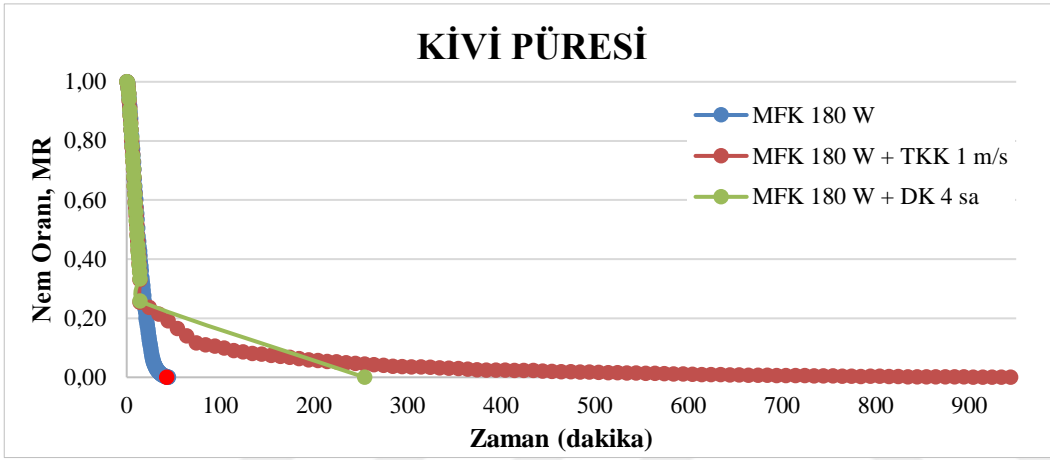
Şekil 4.25. Balkabağı püresinin DK, DK + MFK ve DK + TTK kombinasyonları nem oranı-zaman grafiği.

Kivi püresi için MFK'da 5 farklı mikrodalga gücünde (180, 360, 540, 720 ve 900 W) kurutmalar gerçekleştirilmiştir. Her bir mikrodalga gücü için kurutma kombinasyonları ayrı ayrı yapılmıştır.

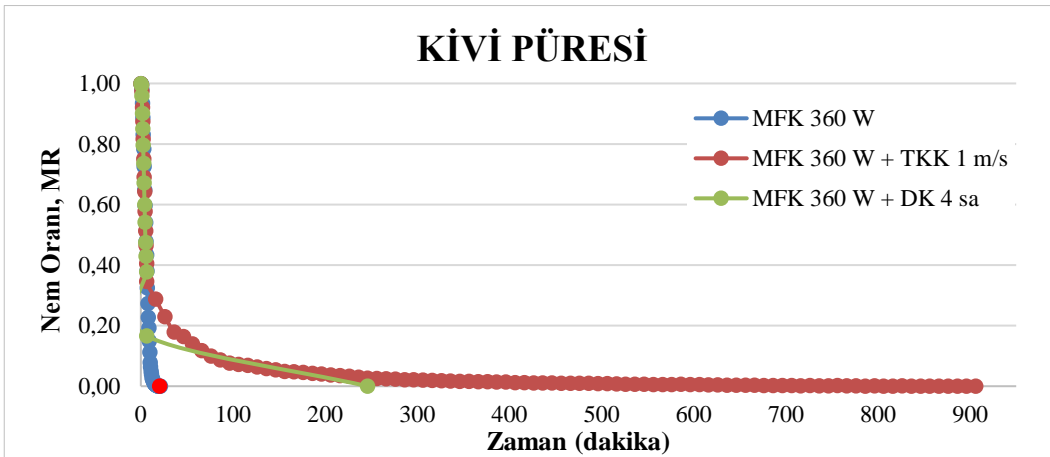
MFK 180, 360, 540, 720 ve 900 W mikrodalga güçlerinde gerçekleşen kurutma işleminde kivi püresi sabit tartıma gelene kadar sırasıyla 44.5, 21, 18, 16 ve 13 dakika kurutulmuş ve elde edilen nem oranı verileri ile kuruma eğrileri oluşturulmuştur. Kuruma eğrilerinin belirlenmesi için yapılan kurutmalar sırasında 180, 360, 540, 720 ve 900 W mikrodalga güçlerinde nem oranları (%nem içerikleri) sırasıyla 0.24 (%44.28), 0.23 (%41.33), 0.20 (%37.77), 0.22 (%40.05) ve 0.21 (%37.95) olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan nem oranlarına denk gelen 19., 8., 6.5., 5. ve 4. dakikalarda yanma görülmüştür. Yanma olmadan kombine kurutma denemelerinin yapılabilmesi için 180 W'da 14 dk, 360 W'da 6 dk, 540 W'da 4.5 dk, 720 W'da 3.5 dk ve 900 W'da 2.5 dk sonunda (sırasıyla MR 0.33-0.41, 0.38-0.43, 0.35-0.44, 0.38-0.46 ve 0.48-0.50 aralığında kalacak şekilde) MFK işlemleri sonlandırılmıştır. MFK işleminden alınan örnekler sırasıyla 0.5 m/s, 1 m/s ve 1.5 m/s hava hızlarında TTK ve DK işlemlerinde kurutulmaya devam edilmiştir.

Kivi püresinin kurutulmasında kombinasyon kurutmaları kullanmak için MFK işlemi ardından TTK kombinasyonlarında 1 m/s hava hızında yaklaşık 450±20 dakikada sabit bölgeye geçildiği görüldüğü takdirde tartımlar arasındaki ağırlık farkı 0.01 g oluncaya kadar kurutma işlemi devam ettirilmiştir. MFK işlemi ile

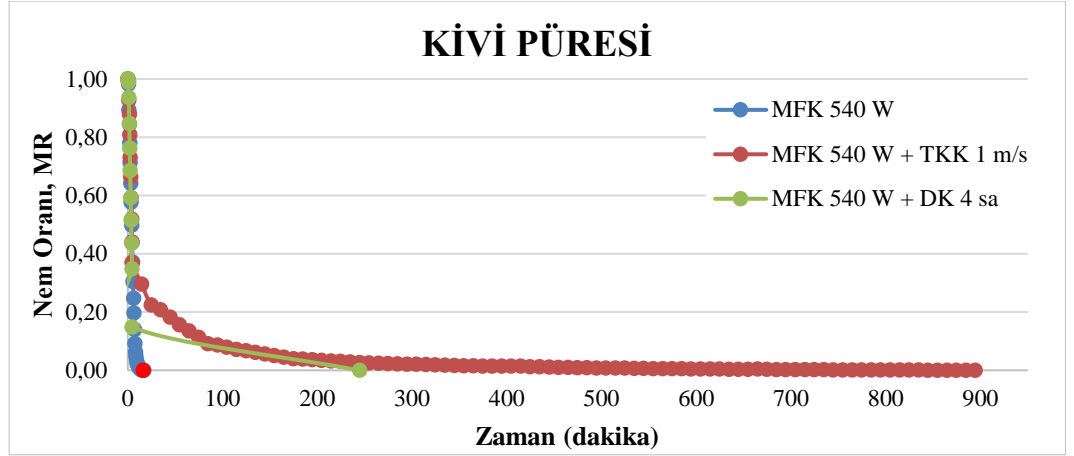
kombinasyon yapılan örnekler 180 W mikrodalga gücü için 944 ve 254 dakika, 360 W mikrodalga gücü için 906 ve 246 dakika, 540 W mikrodalga gücü için 894.5, ve 244.5 dakika, 720 W mikrodalga gücü için 933.5, ve 243.5 dakika ve 900 W mikrodalga gücü için 982.5, ve 242.5 dakika toplam süreler olacak şekilde sırasıyla 1 m/s hava hızında TKK ve DK işlemlerinde kurutulmaya devam edilmiştir. Şekil 4.26, Şekil 4.27, Şekil 4.28, Şekil 4.29 ve Şekil 4.30'da MFK ve MFK kombinasyonlarının farklı mikrodalga güçlerinin verildiği nem oranı-zaman grafikleri incelenmiştir.



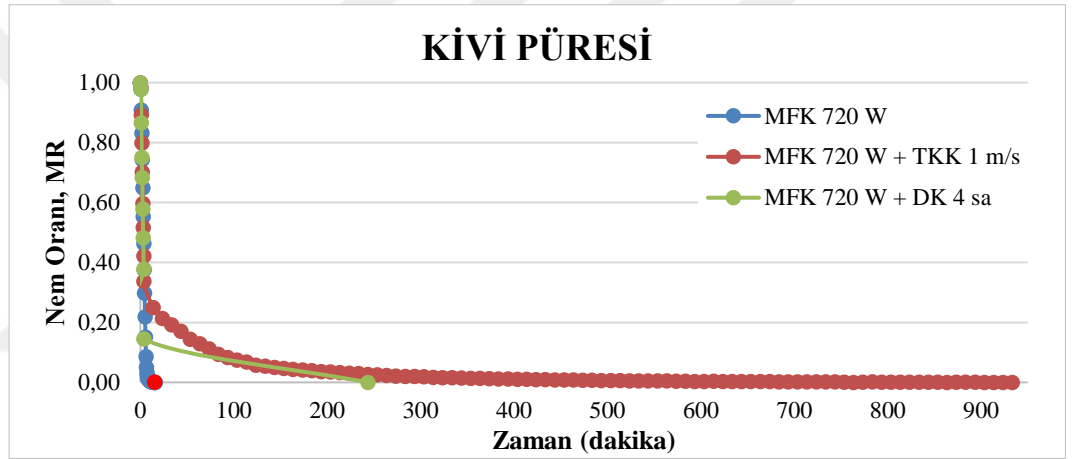
Şekil 4.26. Kivi püresinin 180 W mikrodalga gücünde MFK, MFK + TKK kombinasyonları ve MFK + DK kombinasyonu nem oranı-zaman grafiği.



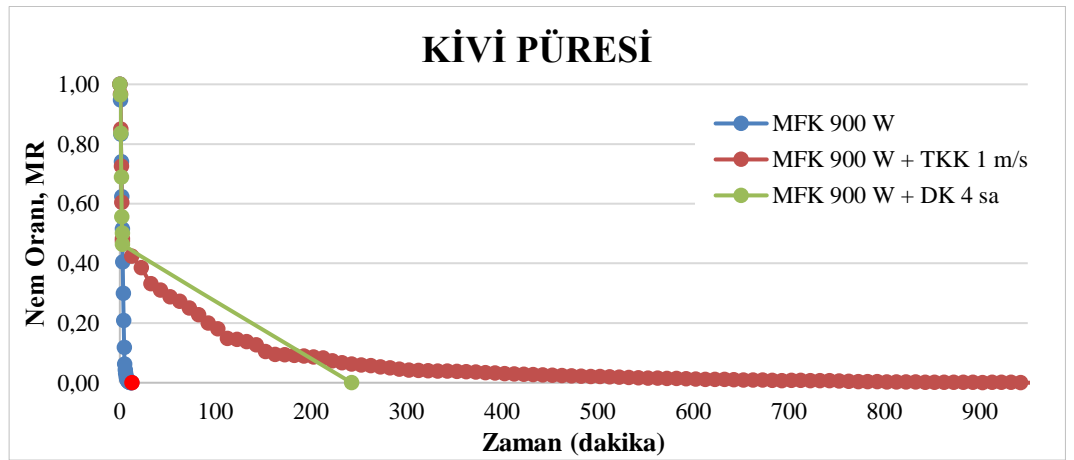
Şekil 4.27. Kivi püresinin 360 W mikrodalga gücünde MFK, MFK + TKK kombinasyonları ve MFK + DK kombinasyonlarında nem oranı-zaman grafiği.



Şekil 4.28. Kivi püresinin 540 W mikrodalga gücünde MFK, MFK + TKK kombinasyonları ve MFK + DK kombinasyonlarında nem oranı-zaman grafiği.



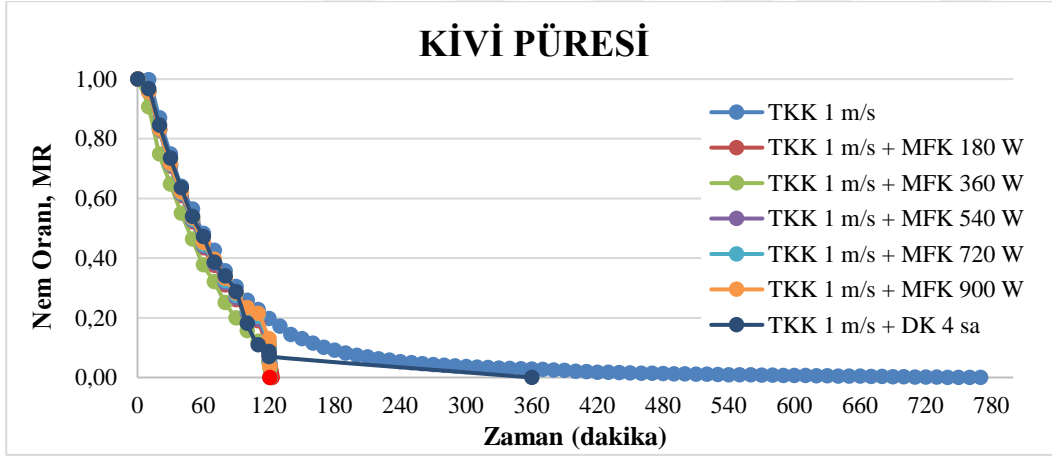
Şekil 4.29. Kivi püresinin 720 W mikrodalga gücünde MFK, MFK + TKK kombinasyonları ve MFK + DK kombinasyonlarında nem oranı-zaman grafiği.



Şekil 4.30. Kivi püresinin 900 W mikrodalga gücünde MFK, MFK + TKK kombinasyonları ve MFK + DK kombinasyonlarında nem oranı-zaman grafiği.

Kivi püresi TKK'da 3 farklı hava hızında (0.5, 1, 1.5 m/s) kurutmaların verisel benzerlikleri göz önüne alınarak sadece 1 m/s hava hızı seçilerek kombinasyonlar gerçekleştirilmiştir.

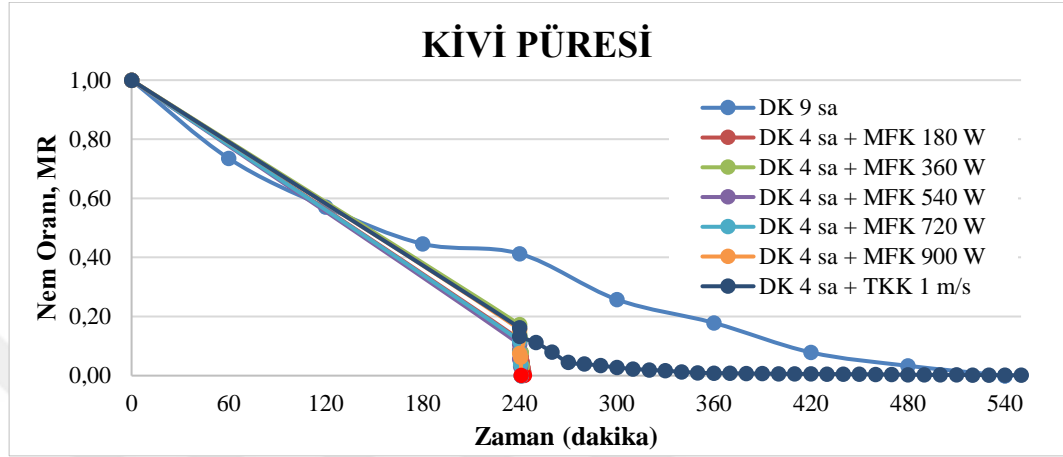
TKK 1 m/s hava hızında sabit tartıma kadar 770 dakika kurutulmuş ve nem oranı-zaman grafiği çizilerek kuruma eğrisi oluşturulmuştur. TKK 1 m/s hava hızında kuruma eğrisinde azalan bölge sonu ile sabit bölgenin aralığında özellikle sabit bölgenin kombinasyonlarla kısalması amacıyla 120. dakikada (nem oranı 0.20 ve nem içeriği %42.02) TKK işleminin kesilmesi kombinasyonlar için uygun görülmüştür. TKK'dan alınan örnekler 123, 121.5, 121, 121, 121 ve 360 dakika toplam süreler olacak şekilde sırasıyla 180, 360, 540, 720 ve 900 W mikrodalga güçlerinde MFK ve DK işlemlerinde kurutmaya devam edilmiştir. TKK + MFK kombinesinde yanma görülmüş ve grafikte kırmızı noktalarla yanmalar belirtilmiştir. Şekil 4.31'de TKK ve TKK kombinasyonlarının zamana karşı nem oranı grafiği verilmiştir.



Şekil 4.31. Kivi püresinin 1 m/s hava hızında TKK, TKK + MFK kombinasyonları ve TKK + DK kombinasyonu nem oranı-zaman grafiği.

DK işleminde kivi püresi sabit tartıma kadar 540 dakika kurutulmuş ve nem oranı-zaman grafiği çizilerek kuruma eğrisi oluşturulmuştur. DK işleminde kuruma eğrisinde azalan bölge ile sabit bölgenin aralığında özellikle uzun kuruma süresinin kombinasyonlarla kısalması amacıyla 240. dakikada (nem oranı 0.41 ve nem içeriği %56.41) DK işleminin kesilmesi kombinasyonlar için uygun görülmüştür. DK'dan alınan örnekler 243, 242, 241, 241, 241 ve 640 dakika toplam süreler olacak şekilde

sırasıyla 180, 360, 540, 720 ve 900 W mikrodalga güçlerinde MFK ve 1 m/s hava hızında TKK işlemlerinde kurutmaya devam edilmiştir. DK + MFK kombinelerinde 5 farklı mikrodalga gücünde de yanma görülmüş ve grafikte kırmızı noktalarla yanmalar belirtilmiştir. Şekil 4.32’de DK ve DK kombinasyonlarının zamana karşı nem oranı grafiği verilmiştir.



Şekil 4.32. Kivi püresinin DK, DK + MFK ve DK + TKK kombinasyonları nem oranı-zaman grafiği.

Genel olarak MFK ve MFK kombinasyon grafikleri ayva, balkabağı ve kivi püreleri kapsamında incelendiğinde süre bakımından en uygun kombinasyon mikrodalga gücü değişiminden bağımsız olarak MFK + DK kombinasyonu olarak görülse de kurutulmuş son üründe öğütülmeye uygun olmayan lastiksi ürün yapısı gerçekleşmiştir. MFK + TKK kombinasyonlarında ise süre bakımından TKK’da 1 m/s hava hızında yapılan kombinasyon diğerlerine kıyasla daha kısa sürmüştür. MFK işlemi ardından TKK kombinasyonlarında farklı hava hızlarında (0.5, 1, 1.5 m/s; kivi püresi için sadece 1 m/s) sırasıyla yaklaşık 250 ± 20 , 300 ± 20 ve 450 ± 20 dakikalarda sabit bölgeye geçildiği görülsede tartımlar arasındaki ağırlık farkı 0.01 g oluncaya kadar kurutma işlemi devam ettirilmiştir. MFK ve TKK kombinasyonlarında sıcaklığın etkisi ile örneklerde kabuklaşma meydana gelmiş olup bu durum ağırlığın uzun süreler sabit tartıma gelmesine engel olmuştur. Ayva, balkabağı ve kivi püreleri için sırasıyla Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6’da verilmiş olan TKK kuruma eğrilerinde son ağırlık sabit tartıma gelene kadar geçen süreler (min-max) 280-340, 330-380 ve 770 dakikalar arasında değişmekteyken öncelikle MFK (mikrodalga gücü değişiminden bağımsız olarak) ardından TKK

kombinasyonlarında kurutmanın kombine edildikten sonra daha uzun sürelerde sabit tartıma geldiği açıkça görülmektedir.

TKK ve TKK kombinasyon grafiklerinde süre bakımından en uygun kombinasyon TKK + MFK kombinasyonu olarak görülse de MFK kombinasyonu kısmında sırasıyla ayva ve balkabağı püresi için 0.5 ve 1 m/s hava hızlarında 180 W mikrodalga gücü hariç ve 1.5 m/s hava hızında, kivi püresi için ise 1 m/s hava hızında mikrodalga gücü farketmeksizin son ürünlerde yanma görülmüştür. TKK + DK kombinasyonlarında ise kurutulmuş son üründe öğütülmeye uygun olmayan lastiğimsi bir yapışma gerçekleşmiştir.

DK ve DK kombinasyon grafikleri ayva, balkabağı ve kivi püreleri kapsamında incelendiğinde süre bakımından en uygun kombinasyon DK + MFK kombinasyonu olarak görülmüştür fakat MFK kombinasyonlarında mikrodalga gücünden bağımsız olarak son ürünler yanmıştır. Sadece DK + TKK kombinasyonlarında öğütülmeye uygun son ürünlerle toz oluşumu gerçekleşmiştir.

4.3 Nem Tayini Sonuçları

Nem miktarı kurutulmuş gıdaların kalitesini, taşınabilirliğini, depolanmasını ve raf ömrünü etkileyen faktörlerden en önemlisidir. Nem miktarının azalması ile ürünün kapladığı yer azalarak taşıma ve depolamanın iyileştirilmesi sağlanmaktadır. Bu durum kurutma işleminin amaçlarından biridir (Gürlek vd., 2015). Ayrıca mikroorganizmaların gelişimi nem miktarının artmasına paralel olarak artış göstermekte ve gıdanın bozulmasına yol açmaktadır (Suiçmez, 2014). Düşük nem içeriği, mikroorganizmaların ve kimyasal reaksiyonların çoğalması için gerekli olan suyun azalması sebebiyle ürünün daha iyi korunmasına katkıda bulunur (Soquetta et al., 2016). Toz ürünlerin nem içerikleri ürünün akabilirliğini ve çözünürlüğünü de önemli derecede etkilemektedir (Çalışkan, 2011).

Bu çalışma içerisinde kullanılan ayva, balkabağı ve kivi püre haline getirildikten sonra ağırlıkça maltodekstrin ilave edilip kurutulacak olan örnekler hazırlanmış ve örneklerin %nem içerikleri (yaş bazda) sırasıyla 75.12 ± 0.68 , 80.80 ± 0.09 ve 75.44 ± 0.23 olarak hesaplanmıştır.

Ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin, mikrodalga fırında kurutma (MFK), tepsili kurutucuda kurutma (TKK), dondurarak kurutma (DK) ve kombinasyon kurutmalar (MFK + TKK, MFK + DK, TKK + MFK, TKK + DK, DK + MFK ve DK + TKK) olarak 9 farklı şekilde kurutma gerçekleştirilmiştir. Elde edilen toz ürünlerin %nem içerikleri Tablo 4.1, Tablo 4.2 ve Tablo 4.3'te verilmiştir. Tablolarda farklı kurutma yöntemlerinden bazılarında toz ürün oluşmadığı veya ürün toz haline gelmeden yandığı için sonuç verilmemiştir. Ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin 9 farklı kurutma ile kurutulması sonucunda elde edilen toz ürünlerin nem miktarları sırasıyla %2.11 ile 10.62, %5.15 ile 14.99 ve %6.83 ile 13.30 arasında değişim göstermektedir. Bu değişim aralıklarının fazla olmasının değişken parametrelere sahip kurutma koşullarından kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Literatür taramalarına bakıldığında ürünlerin mikrobiyal olarak daha uzun süre muhafaza edilebilmesi için nem içeriklerinin %10'dan düşük olması gerektiği belirtilmiştir (Quek et al., 2007). Ayva, balkabağı ve kivi püreleri için en düşük %nem içeriklerine sırasıyla; TKK, DK + TKK ve DK + TKK kombinasyonlarında kurutulan örneklerde rastlanmıştır. Ayrıca kurutulmak için hazırlanmış ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin başlangıç %kuru madde içerikleri (yaş bazda) sırasıyla 24.88 ± 0.68 , $19.20 \pm 0,09$ ve 24.56 ± 0.23 olarak belirlenmiş ve tablolarda kurutmalar sonucu değişen %kuru madde içerikleri de hesaplanıp verilmiştir.

Tablo 4.1. Ayva püresi tozunun nem, kuru madde ve su aktivitesi (a_w) analiz sonuçları.

Koşullar	Parametreler	Nem (%)	Kuru Madde (%)	Su aktivitesi (a_w)	
MFK	180W*	-	-	-	
	360W*	-	-	-	
	540W*	-	-	-	
	720W*	-	-	-	
	900W*	-	-	-	
TKK	0.5 m/s	4.84±0.11 ^a	95.16±0.11 ^b	0.369±0.00 ^a	
	1 m/s	2.11±0.05 ^a	97.89±0.05 ^c	0.374±0.00 ^b	
	1.5 m/s	5.77±0.09 ^a	94.23±0.09 ^a	0.407±0.00 ^c	
DK	DK	7.37±0.21	92.63±0.21	0.368±0.01	
MFK + TKK KOMBİNASYONU	180W 360W 540W 720W 900W	0.5 m/s	7.01±1.34 ^d	92.99±1.34 ^a	0.396±0.00 ^a
			6.37±1.01 ^c	93.63±1.01 ^b	0.409±0.02 ^b
			7.00±0.21 ^a	93.00±0.21 ^d	0.417±0.01 ^c
			8.35±0.71 ^a	91.65±0.71 ^d	0.439±0.00 ^e
			6.42±0.32 ^b	93.58±0.32 ^c	0.423±0.01 ^d
	180W 360W 540W 720W 900W	1 m/s	4.91±0.78 ^d	95.09±0.78 ^a	0.325±0.00 ^b
			3.90±0.37 ^c	96.10±0.37 ^b	0.315±0.00 ^a
			6.18±0.42 ^a	93.82±0.42 ^d	0.380±0.00 ^e
			4.57±0.06 ^a	95.43±0.06 ^d	0.326±0.00 ^c
			5.86±0.16 ^b	94.14±0.16 ^c	0.334±0.00 ^d
	180W 360W 540W 720W 900W	1.5 m/s	10.62±1.85 ^a	89.38±1.85 ^a	0.390±0.00 ^e
			6.94±0.29 ^a	93.06±0.29 ^b	0.360±0.00 ^a
			6.36±0.43 ^a	93.64±0.43 ^c	0.369±0.00 ^c
			6.35±0.15 ^a	93.65±0.15 ^d	0.366±0.01 ^b
			5.12±0.73 ^a	94.88±0.73 ^e	0.384±0.00 ^d
MFK+DK	180W 360W 540W 720W 900W	DK**	-	-	-
			-	-	-
			-	-	-
			-	-	-
			-	-	-
TKK+MFK KOMBİNASYONU	0.5 m/s	180W	3.93±0.14	96.07±0.14	0.278±0.02
		360W*	-	-	-
		540W*	-	-	-
		720W*	-	-	-
		900W*	-	-	-
	1 m/s	180W	4.71±0.50	95.29±0.50	0.383±0.01
		360W*	-	-	-
		540W*	-	-	-
		900W	6.35±0.18	93.65±0.18	0.365±0.001
1.5 m/s	180W*	-	-	-	
	360W*	-	-	-	
	540W*	-	-	-	
	720W*	-	-	-	
	900W*	-	-	-	
TKK + DK	0.5 m/s	-	-	-	
	1 m/s	-	-	-	
	1.5 m/s	-	-	-	
DK+MFK	DK	180W*	-	-	-
		360W*	-	-	-
		540W*	-	-	-
		720W*	-	-	-
		900W*	-	-	-
DK + TKK	DK	0.5 m/s	4.43±0.47 ^c	95.57±0.47 ^a	0.261±0.01 ^a
		1 m/s	6.55±0.53 ^b	93.45±0.53 ^a	0.296±0.01 ^a
		1.5 m/s	4.63±0.31 ^a	95.37±0.31 ^a	0.329±0.00 ^a

*Toz ürün haline gelemeyen ürünlerin sonuçlarıdır.

**Öğütülmeye uygun olmayan ürünlerin sonuçlarıdır.

a-e her bir kurutma yöntemi ve kombinasyon kurutma ile ilgili analiz sonuçları kendi koşulları içerisinde değerlendirilmiştir ($p < 0.05$).

Tablo 4.2. Balkabağı püresi tozunun nem, kuru madde ve su aktivitesi (aw) analiz sonuçları.

Koşullar	Parametreler	Nem (%)	Kuru madde (%)	Su aktivitesi (a _w)		
BALKABAĞI	MFK	180W* 360W* 540W* 720W* 900W*	- - - - -	- - - - -		
	TKK	0.5 m/s	9.73±0.14 ^a	90.27±0.14 ^b	0.615±0.02 ^a	
		1 m/s	10.89±0.40 ^a	89.11±0.40 ^c	0.579±0.04 ^b	
		1.5 m/s	10.39±0.37 ^a	89.61±0.37 ^a	0.548±0.01 ^c	
	DK	DK	7.67±0.46	92.33±0.46	0.384±0.03	
	MFK + TKK KOMBİNASYONU	0.5 m/s	180W	11.84±0.95 ^e	88.16±0.95 ^a	0.549±0.01 ^a
			360W	10.54±0.78 ^c	89.46±0.78 ^c	0.534±0.02 ^a
			540W	9.42±0.82 ^a	90.58±0.82 ^e	0.506±0.01 ^a
			720W	10.69±0.69 ^d	89.31±0.69 ^b	0.519±0.01 ^a
			900W	10.49±0.02 ^b	89.51±0.02 ^d	0.512±0.00 ^a
1 m/s		180W	10.77±0.99 ^c	89.23±0.99 ^c	0.519±0.02 ^b	
		360W	9.03±0.08 ^a	90.97±0.08 ^e	0.483±0.00 ^a	
		540W	9.97±0.09 ^b	90.03±0.09 ^d	0.542±0.01 ^c	
		720W	18.70±5.91 ^e	81.30±5.91 ^a	0.588±0.01 ^d	
		900W	11.96±0.64 ^d	88.04±0.64 ^b	0.606±0.03 ^e	
1.5 m/s		180W	11.98±0.90 ^a	88.02±0.90 ^e	0.590±0.00 ^a	
		360W	12.67±0.60 ^b	87.33±0.60 ^d	0.546±0.04 ^a	
	540W	13.43±1.28 ^c	86.57±1.28 ^c	0.549±0.05 ^a		
	720W	13.47±0.99 ^d	86.53±0.99 ^b	0.622±0.02 ^a		
900W	14.99±0.09 ^e	85.01±0.09 ^a	0.603±0.02 ^a			
MFK+DK	180W 360W 540W 720W 900W	DK**	- - - - -	- - - - -		
TKK+ MFK KOMBİNASYONU	0.5 m/s	180W	7.62±0.94	92.38±0.94	0.421±0.02	
		360W*	-	-	-	
		540W*	-	-	-	
		720W*	-	-	-	
		900W*	-	-	-	
	1 m/s	180W	8.00±0.03	92.00±0.03	0.495±0.02	
		360W*	-	-	-	
		540W*	-	-	-	
		720W*	-	-	-	
	900W	13.29±1.51	86.71±1.51	0.590±0.00		
	1.5 m/s	180W*	-	-	-	
		360W*	-	-	-	
540W*		-	-	-		
720W*		-	-	-		
900W*		-	-	-		
TKK + DK	0.5 m/s 1 m/s 1.5 m/s	DK**	- - -	- - -		
DK+MFK	DK	180W* 360W* 540W* 720W* 900W*	8.76±0.07 - - - -	91.24±0.07 - - - -	0.511±0.00 - - - -	
DK + TKK	DK	0.5 m/s	5.15±0.52 ^a	94.85±0.52 ^a	0.261±0.03 ^a	
		1 m/s	6.26±0.90 ^c	93.74±0.90 ^a	0.325±0.04 ^a	
		1.5 m/s	5.92±0.13 ^b	94.08±0.13 ^a	0.381±0.00 ^a	

*Toz ürün haline gelemeden yanan ürünlerin sonuçlarıdır.

**Öğütülmeye uygun olmayan ürünlerin sonuçlarıdır.

a-e her bir kurutma yöntemi ve kombinasyon kurutma ile ilgili analiz sonuçları kendi koşulları içerisinde değerlendirilmiştir (p<0.05).

Tablo 4.3. Kivi püresi tozunun nem, kuru madde ve su aktivitesi (aw) analiz sonuçları.

Koşullar	Parametreler	Nem (%)	Kuru madde (%)	Su aktivitesi (a _w)		
KIVI	MFK	180W*	-	-		
		360W*	-	-		
		540W*	-	-		
		720W*	-	-		
		900W*	-	-		
	TKK	0.5 m/s	10.26±0.05 ^a	89.74±0.05 ^a	0.488±0.00 ^a	
		1 m/s	12.16±0.12 ^a	87.84±0.12 ^a	0.581±0.04 ^a	
		1.5 m/s	13.30±0.49 ^a	86.70±0.49 ^a	0.569±0.00 ^a	
	DK	DK	8.35±1.38	91.65±1.38	0.261±0.00	
	MFK + TKK KOMBİNASYONU	180W 360W 540W 720W 900W	0.5 m/s***	-	-	
				-	-	
				-	-	
				-	-	
				-	-	
		180W 360W 540W 720W 900W	1 m/s	8.93±0.38 ^d	91.07±0.38 ^a	0.469±0.00 ^d
				7.90±0.13 ^c	92.10±0.13 ^b	0.434±0.01 ^c
				7.72±0.10 ^a	92.28±0.10 ^d	0.421±0.02 ^b
				8.02±0.12 ^a	91.98±0.12 ^d	0.400±0.00 ^a
				10.64±0.44 ^b	89.36±0.44 ^c	0.521±0.00 ^e
		180W 360W 540W 720W 900W	1.5 m/s***	-	-	-
-				-	-	
-				-	-	
-				-	-	
-				-	-	
MFK+DK	180W 360W 540W 720W 900W	DK**	-	-		
			-	-		
			-	-		
			-	-		
			-	-		
TKK+ MFK KOMBİNASYONU	0.5 m/s***	180W	-	-		
		360W	-	-		
		540W	-	-		
		720W	-	-		
		900W	-	-		
	1 m/s	180W*	-	-		
		360W*	-	-		
		540W*	-	-		
		720W*	-	-		
1.5 m/s***	180W	-	-			
	360W	-	-			
	540W	-	-			
	720W	-	-			
	900W	-	-			
TKK + DK	0.5 m/s	-	-			
	1 m/s	-	-			
	1.5 m/s	-	-			
DK+MFK	DK	180W*	-	-		
		360W*	-	-		
		540W*	-	-		
		720W*	-	-		
		900W*	-	-		
DK + TKK	DK	0.5 m/s***	-	-		
		1 m/s	6.83±0.00	93.17±0.00		
		1.5 m/s***	-	-		

*Toz ürün haline gelemeyen yanar ürünlerin sonuçlarıdır.

**Öğütülmeye uygun olmayan ürünlerin sonuçlarıdır.

***Tepsi kurutucuda kurutma sırasında kuruma eğrileri çok benzer çıktığı için sadece 1 m/s hava hızı ile kombine kurutmalar yapılmıştır.

a-e her bir kurutma yöntemi ve kombinasyon kurutma ile ilgili analiz sonuçları kendi koşulları içerisinde değerlendirilmiştir (p<0.05).

Denge (2011)'nin çalışmasında farklı kalınlıklardaki (1, 5 ve 10 mm) ayva dilimleri ön işlemsiz ve 6 farklı ön işlem (3 farklı şeker çözeltisi, 2 farklı sülfite çözeltisi ve yüzeye askorbik asit serpmesi) uygulaması ile farklı koşullarda kurutma işlemleri (farklı sıcaklıklarda etüvde, sabit basınçta vakumlu etüvde, sabit sıcaklıkta vakumlu etüvde ve mikrodalga kurutucuda 6 farklı mikrodalga gücünde) gerçekleştirilerek kurutulmuştur. Çalışmada 1 mm kalınlığındaki ayva dilimlerinde diğer kalınlıklara göre daha hızlı kurumanın sağlandığı ve daha fazla nem kaybı yaşandığı belirtilmiştir. Kuruma hızlarının, mikrodalga gücünün ya da sıcaklığın artması ile artmış olup nem kaybının daha çok olduğu görülmüştür. Bu tez kapsamında çalışılan ayva püresi 5 mm kalınlığında mikrodalga fırın ve tepsili kurutucuda kurutma işlemleri ile kurutulmuştur. Kalınlığın daha ince olması halinde daha hızlı kurumanın sağlanabileceği literatürde geçse de kalınlığın azalmasıyla yanmanın artacağı düşünülmektedir. Kuruma hızının sıcaklık ve mikrodalga gücü ile doğru orantılı artması literatür ile uyumludur.

Ünlüeroğlugil et al. (2018) yaptıkları bir çalışmada ayva püresine %4, 6, 8 ve 10 oranlarında maltodekstrin ilave edip dondurarak kurutma işlemi gerçekleştirmiştir. Farklı oranlarda eklenen maltodekstrinin dondurarak kurutma işlemi sonunda elde edilen tozların nem içeriklerini etkileyip etkilemediğine bakılmış ve istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır ($p < 0.05$). Dondurarak kurutulmuş ayva püresi örneklerinden %10 maltodekstrin içeriğine sahip olan toz ürünün nem içeriği %7.72 olarak verilmiştir. Bu tez çalışması kapsamında uygulanan kurutma yöntemlerinden biri olan DK sonucunda elde edilen ayva püresi tozunun nem içeriğinin de %7.37 olduğu görülmektedir.

Balkabağı püresinin dondurularak kurutulması üzerine yapılan çalışmada balkabağı püresi tozu ve toz ürün özellikleri araştırılmıştır. Başlangıç nem içeriği %92.34 olan taze balkabağının dondurarak kurutma işlemi (13.33 kPa mutlak basınç -48 °C kondansatör sıcaklığı) 9 saat sürmüş ve bu süre sonunda elde edilen balkabağı püresi tozunun nem içeriğinin %3.93 olarak bulunduğu belirtilmiştir (Dirim and Çalışkan, 2012). Buna göre bu tez kapsamında maltodekstrin ilaveli balkabağı püresi başlangıç nem içeriği %80.80 olarak hesaplanmıştır. Maltodekstrin ilavesiyle balkabağı püresinin kuru madde içeriği artmıştır. Bu nedenle literatürde geçen taze balkabağının nem içeriğinden daha düşük nem

içeriğinde püre örneği görülmektedir. Maltodekstrin ilavesinin nem içeriğini düşürdüğü görülmekte olup son ürün olarak elde edilen maltodekstrinli balkabağı püresi tozunun nem içeriği %7.67 olarak hesaplanmıştır. Son ürünlerdeki nem içeriğinin literatürle farklı olması; kurutma sırasında oluşan farklı hava koşullarına, deneyin gerçekleştiği zaman farklılığına ya da çalışmada kullanılan taze balkabağının farklı hasat zamanından olmasına bağlı olarak değerlendirilebilir.

Caliskan and Dirim (2017)'in balkabağı dilimlerinin konvektif ve dondurarak kurutmada kuruma davranışı çalışmasında $0.5 \times 3.5 \times 0.5$ cm ölçülerinde balkabağı dilimleri kullanılmış olup taze balkabağı diliminin nem içeriği %92.34 olarak verilmiştir. Uygulanan konvektif kurutma pilot ölçekli bir tepsili kurutucuda kurutma (80 °C giriş sıcaklığı ve 1 m/s hava hızı) ve dondurarak kurutma (13.33 kPa mutlak basınç -48 °C kondansatör sıcaklığı) yöntemleri sonunda elde edilen toz ürünlerin nem içeriği değerleri sırasıyla %10.81 ve %5.00 (yaş bazda, yb) olarak belirtilmiştir. Bu tez kapsamında balkabağı dilim yerine püre haline getirilerek içerisine ağırlıkça maltodekstrin ilavesi edilmiş (kalınlığı 5 mm olacak şekilde dondurulmuş ve sonra kuruma işlemlerine maruz bırakılmıştır) ve başlangıç nem içeriği %80.80 (yb) olarak hesaplanmıştır. Maltodekstrin içeriğinden dolayı literatürden daha düşük bir nem içeriği değeri bulunmuştur. Tablo 4.2'de verilmiş olan 1 m/s TKK ve DK için nem içerikleri sırasıyla %10.89 ve %7.67 olduğundan benzerlik göstermektedir. Buna göre tepsili kurutucuda kurutma ve dondurarak kurutma işlemlerinde balkabağı için dilim ya da püre olmasının bir önem içermediği söylenebilir. Ancak kurutulacak olan örneğin kuruma kalınlığını azaltmanın ve maltodekstrin ekleyerek kuru madde oranını arttırmanın kurutmada etkili olacağı söylenebilir.

Taze balkabaklarının uzunlamasına doğrultuda iki yarıya kesilip, yarım ay şeklinde dilimlerin (5.9 kalınlık \times 30.0 yarıçap \times 60.2 mm çap) elde edildiği bir çalışmada 5 farklı kurutma uygulanmıştır. Bunlardan en düşük nem içeriğine sahip olanı 0.014 g/g ile iletken çoklu flaş kurutma (İÇFK) yöntemi için 1000 g balkabağı kullanılmış ve 100 dm³ hazneli vakum pompasına bağlı bir düzenekte gerçekleştirilmiştir. Dondurarak kurutma yönteminde 0.017 g/g nem içeriği, hava kurutma yönteminde 0.021 g/g nem içeriği olduğu hesaplanmıştır (Monteiro et al., 2018). Tez kapsamında kullanılan kurutma yöntemlerinden tepsili kurutucuda

kurutma yöntemi ile araştırmada geçen hava kurutma yöntemi benzetilebilmektedir. Bu doğrultuda dondurarak kurutma ve tepsili kurutucuda kurutma yöntemleri düşük nem içeriklerinden dolayı literatür ile uyumludur.

Ergün (2012)'ün çalışmasında maltodekstrin ilaveli kivi püresinin dondurarak kurutulmasında kurutma öncesi %83.90 (yaş bazda, yb) olan nem içeriğinin maltodekstrin ilavesi ile kurutma sonrasında %4.20 (yb) olarak bulunduğu belirtilmiştir. Bu tez kapsamında ise dondurarak kurutma işlemi öncesi %75.44 (yb) olan nem içeriği kurutma ile %8.35'e düşürülmüştür. Kivi meyvesinin olgunluğuna, hasat zamanına ve hazırlama koşullarına bağlı olarak kurutma sonuçlarının değişebileceği düşünülmektedir.

Dondurarak kurutulmuş kivi püresinin ve toz ürün özelliklerinin incelendiği çalışmada 3 mm kalınlığında petrilere konulmuş ve dondurarak kurutulmuştur. Aynı şekilde kivi püresine kurumaya yardımcı olması için ağırlıkça %10 maltodekstrin ilave edilmiş ve aynı kalınlıkta petrilere konularak dondurarak kurutma işlemi uygulanmıştır. Taze kivi püresinin nem içeriği %81.19 (yb) ve maltodekstrin eklenmiş kivi püresinin nem içeriği %73.82 olarak bulunmuştur. Dondurarak kurutma işleminden sonra taze kivi püresinin ve maltodekstrin eklenmiş kivi püresinin nem içerikleri sırasıyla %9.55 ve %4.20 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara bakıldığında maltodekstrin ilavesinin kurumaya yardımcı olduğu görülmekle beraber maltodekstrin oranının %5, 10 ve 20 olarak denendiği ve en uygun sonuçların %10 maltodekstrin ilavesiyle olduğu belirtilmiştir (Caliskan et al., 2015). Bu tez kapsamında çalışılan taze kivi püresinin maltodekstrin ilavesinden sonra nem içeriği %75.44 olarak bulunmuş ve literatürdeki çalışmalarla benzer sonuçlar göstermesine rağmen son ürün olarak elde edilen 5mm kalınlığında dondurarak kurutulmuş kivi püresi tozu nem içeriği %8.35 olup iki katı yüksek bulunmuştur. Bu durumun literatürde 3 mm ürün kalınlığında kurutulmasıyla tez çalışmasında 5 mm ürün kalınlığında kurutulmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Literatürde ayva, balkabağı ve kivi ile ilgili yapılan çalışmalar neticesinde kurutulan örneklerin çeşitliliği, kuruma sırasındaki ürün kalınlığı ve kurutma için kullanılan kurutucu özelliklerinin nihai ürünün nem içeriğini değiştirebildiği

söylenbilir. Ürünün fiziksel olarak dilim veya püre halinde olmasının nem içeriği üzerine bir etki göstermediği fakat önemli olanın kurutulmuş ürünün kuruma kalınlığı olduğu belirtilebilir. Ayrıca literatürde maltodekstrin ilavesinin oransal artmasının örneklerde nem miktarı düşüşüne neden olduğu ve kurumaya yardımcı ajan olarak en uygun maltodekstrin oranının ise %10 (ağırlık/ağırlık) olduğu belirtilmiştir.

4.4 Su Aktivitesi Tayini Sonuçları

Gıdaların kurutulması ve depolanmaları süresince göz önünde bulundurulmuş en önemli değerlerden biri o gıdanın su aktivitesi değeridir.

Gıdaların bünyesinde bulunan su aktivitesi (a_w), mikrobiyolojik veya biyokimyasal yollarla gıdalarda bozulmalara ve kalite kaybının yaşanmasına neden olan bir değerdir. Taze sebze ve meyvelerin a_w değeri genellikle 0.970-0.996 arasında bulunmaktadır. Çeşitli kaynaklarda mikroorganizmaların faaliyette bulunduğu su aktivitesi değerleri değişiklik göstermektedir. Bu değişikliğin su aktivitesinin mikroorganizmalar üzerindeki inhibisyon etkisinin diğer koşullarla çok ilişkili olmasından kaynaklanabileceği ve bazı mikroorganizmaların düşük su aktivitesine uyum sağlaması sonucunda minimum su aktivitesi değerinin değişebileceği belirtilmiştir. Kurutulmuş gıdalarda a_w değerinin 0.20 ile 0.40 aralığında olması esmerleşme, enzimatik reaksiyonlar ve mikrobiyal üremenin azalmasına yol açmaktadır (Kırmacı, 2008; Suiçmez, 2014). Tablo 4.4’de mikroorganizmaların üreyebilecekleri en düşük su aktivitesi değerleri verilmiştir.

Tablo 4.4. Mikroorganizmaların gıdalarda faaliyet gösterebilecekleri minimum su aktivitesi (a_w) değerleri (Kırmacı, 2008).

Mikroorganizmalar	a_w
Bozulma yapan bakterilerin çoğu	0.90
Bozulma yapan mayaların çoğu	0.88
Bozulma yapan küflerin çoğu	0.80
Halofilik bakteriler	0.75
Ozmofilik mayalar	0.61

Kurutulmuş ürünlerde su aktivitesi değerinin 0.6’nın altında olması mikroorganizmaların gelişmesini inhibe etmektedir (Akdoğan, 2014). Tablo 4.1’de ayva püresi tozu için tüm kurutma koşullarında su aktivitesi değerlerinin 0.6’nın

altında olduğu görülmektedir. Ayva püresi tozu için en düşük su aktivitesi değeri DK + 0.5 m/s TTK kombinasyonu sonucu 0.261 ± 0.01 olarak ölçülmüştür. Tablo 4.2’de balkabağı püresi tozu için 0.5 m/s TTK ve MFK + TTK (720 W MFK + 1.5 m/s TTK, 900 W MFK + 1.5 m/s TTK ve 900 W MFK + 1 m/s TTK) kombinasyonunda belirtilen koşullar hariç diğer tüm koşulların su aktivitesi değeri 0.6’nın altında görülmektedir. Balkabağı püresi tozu için en düşük su aktivitesi değeri DK + 0.5 m/s TTK kombinasyonu sonucu 0.261 ± 0.03 olarak ölçülmüştür. Tablo 4.3’te kivi püresi tozu için tüm kurutma koşullarında su aktivitesi değerlerinin 0.6’nın altında olduğu görülmektedir. En düşük su aktivitesi değeri DK uygulanması sonucu 0.261 ± 0.00 olarak ölçülmüştür.

Dondurarak kurutulmuş bazı meyve tozlarının toz ürün özelliklerinin belirlenmesi başlıklı bir araştırmada kivi, ayva ve balkabağı püre haline getirilmiş ve %10 maltodekstrin eklenmiştir. Ürün kalınlığı 3 mm olacak şekilde petrilere aktarılan pürelere dondurarak kurutma işlemi uygulanmıştır. Kurutma sonucunda elde edilen kivi, ayva ve balkabağı tozlarında su aktivitesi değeri sırasıyla 0.225, 0.273 ve 0.241 bulunmuştur (Dirim vd., 2015). Ayva püresine farklı oranlarda (%4, 6, 8 ve 10) maltodekstrin eklenerek yapılan dondurarak kurutma sonrası su aktivitesi değerleri sırasıyla 0.430, 0.410, 0.410 ve 0.440 olarak verilmiştir (Ünlüeroğlugil et al., 2018). Bu değerler dikkate alındığında tez çalışmasında bulunan sonuçlar literatür ile uyumlu bulunmuştur.

Balkabağı kurutma üzerine yapılan literatür araştırmalarından bir çalışmada konvektif kurutma ve dondurarak kurutma işlemlerinin uygulandığı ve su aktivitesi değerlerinin sırasıyla 0.408 ile 0.239 olduğu verilmiştir (Caliskan and Dirim, 2017). Bir başka çalışmada ise 5 farklı kurutma yöntemi [mikrodalga çoklu flaşlı kurutma, mikrodalga vakumlu kurutma, iletken çoklu flaşlı kurutma, dondurarak kurutma ve hava ile kurutma] uygulanmıştır. Bunlardan en düşük ve en yüksek su aktivitesi değerleri sırasıyla 0.145 ile dondurarak kurutma yönteminde ve 0.438 ile hava ile kurutma yönteminde verilmiştir (Monteiro et al., 2018). Bu tez kapsamında çalışılan tepsili kurutucuda kurutmanın havayla kurutma ile işlem uygulamaları ve ürün çıktıları yönünden benzer olabileceği ve dondurarak kurutma içinde literatüre uygun sonuçlar verdiği görülmektedir.

Kivi püresi ve %10 maltodekstrin ilaveli kivi püresi örnekleri dondurarak kurutulduğunda son ürünlerin su aktivitesi değerleri sırasıyla 0.280 ve 0.220 olarak verilmiştir (Caliskan et al., 2015). Maltodekstrin ilavesinin su aktivitesi değerini düşürdüğü görülmekte olup bu tez çalışmasında yapılan dondurarak kurutma işlemi için su aktivitesi değeri bu değerler arasındadır. Taze kivi örneklerinin 3 mm kalınlığında üçgen dilimlerle dondurarak kurutulduğu bir çalışmada su aktivitesi değeri 0.301 olarak verilmiştir (Ergün et al., 2016).

4.5 Renk Analizi Sonuçları

Renk, gıda satın alımlarında tercih yönünden kritik bir kalite parametresi olduğundan, gıdanın görünümünde, işlenmesinde ve kabul edilebilirliğinde önemli bir rol oynar. Bu nedenle bir gıdanın tüketici üzerindeki ilk etkisinin görsel görünüm olduğu söylenebilmektedir. Bu etki satış noktasında gıdanın alım seviyesini gösterir (Demirhan and Özbek, 2011; Patras et al., 2011). Kurutma işlemlerinde elde edilen ürünlerin duyuşsal beğenisini ve kalitesini gösteren önemli kalite faktörlerinden biri renk ölçümüdür (Ergün, 2012; Talih, 2018).

Ayva, balkabağı ve kivi püresi ve tozlarının renk değerleri renk ölçüm cihazıyla L* (açıklık, koyuluk), a* [(+a) kırmızılık, (-a) yeşillik], b* [(+b) sarılık, (-b) mavilik] değerleri her paralel 6 ölçüm olacak şekilde iki paralel ölçülmüştür. Tablo 4.5, Tablo 4.6 ve Tablo 4.7’de ölçümler sonucu elde edilen L*, a* ve b* renk değerleri görülmektedir.

Ayva püresinin %10 maltodekstrin ilavesinden sonra ölçülen L*, a* ve b* renk değerleri sırasıyla 55.31 ± 1.32 , 4.00 ± 0.38 ve 24.22 ± 0.24 olarak ölçülmüştür. Tablo 4.5’e bakıldığı zaman dondurarak kurutma işlemi sonucunda L* ve a* değerlerinin arttığı, b* değerinin ise azaldığı görülmektedir. Kurutma işlemleri içerisinde en yüksek L* değerinin ve en düşük a* değerinin DK işleminde olduğu ve 720 W MFK + 1.5 m/s TTK kombinasyonunda ise en düşük L* ve b* değerleri göze çarpmaktadır.

Balkabağı püresinin %10 maltodekstrin ilavesinden sonra ölçülen L*, a* ve b* renk değerleri sırasıyla 48.75 ± 0.12 , 7.84 ± 0.19 ve 50.45 ± 0.34 olarak

ölçülmüştür. Tablo 4.6’da verilen verilere göre DK işlemi sonucunda L* ve a* değerlerinin arttığı, b* değerinin ise azaldığı görülmektedir. Kurutma işlemleri içerisinde en yüksek L* değerinin ve en düşük a* değerinin DK işleminde olduğu söylenebilmektedir. 360 W MFK + 1 m/s TTK kombinasyonunda ise en düşük L* ve b* değerleri göze çarpmaktadır.

Kivi püresinin %10 maltodekstrin ilavesinden sonra ölçülen L*, a* ve b* renk değerleri sırasıyla 38.61 ± 0.27 , -7.32 ± 0.10 ve 20.61 ± 0.25 olarak ölçülmüştür. Tablo 4.7’de verilen verilere göre DK işlemi sonucunda L* ve a* değerlerinin kuruma öncesine göre arttığı, b* değerinin ise azaldığı görülmektedir. Kurutma işlemleri içerisinde en yüksek L* değerinin (85.96 açıklık) ve en düşük a* değerinin (-7.16 yeşillik) DK işleminde olduğu söylenebilmektedir. 900 W MFK + 1 m/s TTK kombinasyonunda ise en düşük L* (37.65 koyuluk) ve b* (13.05 sarılık) değerleri göze çarpmaktadır.

Isıl işlem sırasında renk değişiminin gıda maddesinin içinde meydana gelen reaksiyonlardan dolayı gerçekleştiği belirtilmektedir. Bu reaksiyonlar pigmentin bozulması ve askorbik asidin oksidasyonu gibi esmerleşme reaksiyonları olabilmektedir. Bu nedenle, renk parametrelerinin nihai değerleri, ısıl işlemde kaynaklanan bozulmayı değerlendirmek için kalite göstergeleri olarak kullanılabilir. Gıda maddelerinin renk ölçümleri, kalite değişiminin belirlenmesi için dolaylı bir yol olarak kullanılabilir, çünkü renk ölçümlerinin tam bir fizikokimyasal analizden daha basit ve hızlı olduğu belirtilmiştir (Demirhan and Özbek, 2011). DK işleminde ürünün renginin açıldığı fakat MFK, TTK ve bunların kombinasyonları gibi sıcaklığın yüksek olduğu kurutmalarda rengin koyulaştığı ve hatta bazı mikrodalga fırında kurutma işlemlerinde ürünlerin renginin koyulaşmayı geçip yanma davranışı sergilediği görülmüştür.

Tablo 4.5. Ayva püresi tozunun L*, a* ve b* renk değerleri ölçüm sonuçları.

Koşullar		Parametreler	L*	a*	b*	
AYVA	MFK	180W*	-	-	-	
		360W*	-	-	-	
		540W*	-	-	-	
		720W*	-	-	-	
		900W*	-	-	-	
	TKK	0.5 m/s		49.72±0.02 ^a	13.45±0.03 ^b	26.26±0.02 ^a
		1 m/s		50.43±0.07 ^b	13.19±0.02 ^a	26.98±0.03 ^b
		1.5 m/s		51.60±0.09 ^c	14.09±0.05 ^c	28.25±0.05 ^c
	DK	DK		74.53±0.17	7.20±0.02	22.82±0.04
	MFK + TKK KOMBİNASYONU	180W 360W 540W 720W 900W	0.5 m/s	54.04±0.09 ^e	14.29±0.02 ^d	29.18±0.04 ^e
				49.25±0.08 ^b	13.39±0.04 ^e	25.73±0.06 ^b
				52.05±0.09 ^d	12.57±0.05 ^b	28.06±0.06 ^d
				48.78±0.10 ^a	12.09±0.05 ^a	24.88±0.15 ^a
				49.77±0.20 ^c	12.12±0.12 ^a	26.37±0.16 ^c
		180W 360W 540W 720W 900W	1 m/s	51.34±0.07 ^d	14.23±0.03 ^b	27.96±0.03 ^d
				53.09±0.02 ^e	14.13±0.03 ^b	28.92±0.02 ^e
				50.25±0.05 ^c	14.03±0.36 ^b	27.67±0.26 ^c
				49.60±0.04 ^b	12.31±0.02 ^a	25.59±0.02 ^a
48.19±0.03 ^a				14.72±0.06 ^c	26.61±0.01 ^b	
180W 360W 540W 720W 900W		1.5 m/s	44.15±0.15 ^b	12.87±0.10 ^d	21.81±0.15 ^b	
			46.43±0.13 ^c	12.21±0.05 ^c	24.36±0.07 ^d	
			47.48±0.10 ^d	11.70±0.07 ^b	22.79±0.13 ^c	
			39.80±0.22 ^a	10.92±0.13 ^a	18.30±0.14 ^a	
			49.55±0.14 ^e	13.57±0.02 ^e	28.40±0.09 ^e	
MFK+ DK	180W 360W 540W 720W 900W	DK**	-	-	-	
			-	-	-	
			-	-	-	
			-	-	-	
			-	-	-	
TKK+ MFK KOMBİNASYONU	0.5 m/s	180W	57.24±0.08	14.35±0.10	30.33±0.24	
		360W*	-	-	-	
		540W*	-	-	-	
		720W*	-	-	-	
		900W*	-	-	-	
	1 m/s	180W	50.48±0.03	14.72±0.03	27.55±0.06	
		360W*	-	-	-	
		540W*	-	-	-	
	1.5 m/s	180W*	-	-	-	
360W*		-	-	-		
540W*		-	-	-		
TKK + DK	0.5 m/s		-	-	-	
	1 m/s		-	-	-	
	1.5 m/s		-	-	-	
DK+ MFK	DK	180W*	-	-	-	
		360W*	-	-	-	
		540W*	-	-	-	
		720W*	-	-	-	
		900W*	-	-	-	
DK + TKK	DK	0.5 m/s	61.57±0.54 ^c	12.95±0.03 ^c	30.25±0.03 ^c	
		1 m/s	58.05±0.06 ^a	12.32±0.04 ^b	29.71±0.09 ^b	
		1.5 m/s	58.91±0.01 ^b	12.24±0.03 ^a	29.41±0.01 ^a	

*Toz ürün haline gelemeyen yanar ürünlerin sonuçlarıdır.

**Öğütülmeye uygun olmayan ürünlerin sonuçlarıdır.

a-e her bir kurutma yöntemi ve kombinasyon kurutma ile ilgili analiz sonuçları kendi koşulları içerisinde değerlendirilmiştir (p<0.05).

Tablo 4.6. Balkabağı püresi tozunun L*, a* ve b* renk değerleri ölçüm sonuçları.

Koşullar		Parametreler	L*	a*	b*	
BALKABAĞI	MFK	180W*	-	-	-	
		360W*	-	-	-	
		540W*	-	-	-	
		720W*	-	-	-	
		900W*	-	-	-	
	TKK	0.5 m/s		59.31±0.17 ^a	17.40±0.13 ^a	45.54±0.15 ^a
		1 m/s		62.43±0.36 ^c	19.61±0.15 ^c	49.75±0.35 ^b
		1.5 m/s		61.36±0.13 ^b	19.20±0.13 ^b	49.71±0.10 ^b
	DK	DK	86.28±0.27	9.00±0.17	42.30±0.43	
	MFK + TKK KOMBİNASYONU	0.5 m/s	180W	51.62±0.07 ^e	12.56±0.08 ^b	33.70±0.16 ^c
			360W	48.21±0.22 ^b	11.66±0.07 ^a	32.50±0.24 ^c
			540W	48.84±0.12 ^d	11.84±0.21 ^a	30.96±0.15 ^a
			720W	48.46±0.05 ^c	11.72±0.09 ^a	31.53±0.15 ^b
			900W	47.40±0.09 ^a	13.07±0.08 ^c	33.27±0.15 ^d
		1 m/s	180W	53.96±0.15 ^e	14.14±0.02 ^c	38.88±0.08 ^c
360W			46.03±0.18 ^a	11.90±0.05 ^b	29.86±0.15 ^a	
540W			51.56±0.17 ^d	12.14±0.17 ^c	35.13±0.21 ^d	
720W			49.42±0.12 ^b	10.45±0.10 ^a	32.67±0.17 ^b	
900W			50.77±0.08 ^c	12.70±0.16 ^d	33.91±0.17 ^c	
1.5 m/s		180W	51.37±0.07 ^c	12.76±0.08 ^c	35.92±0.31 ^b	
		360W	51.36±0.05 ^c	13.64±0.12 ^d	34.96±0.53 ^a	
		540W	50.98±0.11 ^a	11.63±0.22 ^b	36.36±0.39 ^b	
		720W	51.20±0.10 ^b	11.21±0.24 ^a	37.68±0.12 ^c	
		900W	53.81±0.03 ^d	11.42±0.05 ^{ab}	39.58±0.07 ^d	
MFK+DK	DK**	180W	-	-	-	
		360W	-	-	-	
		540W	-	-	-	
		720W	-	-	-	
		900W	-	-	-	
TKK+ MFK KOMBİNASYONU	0.5 m/s	180W	66.13±0.16	17.00±0.23	51.77±0.14	
		360W*	-	-	-	
		540W*	-	-	-	
		720W*	-	-	-	
		900W*	-	-	-	
	1 m/s	180W	62.14±0.03	16.66±0.05	52.27±0.05	
		360W*	-	-	-	
		540W*	-	-	-	
		720W*	-	-	-	
		900W	53.46±0.23	11.37±0.06	38.08±0.27	
	1.5 m/s	180W*	-	-	-	
		360W*	-	-	-	
		540W*	-	-	-	
		720W*	-	-	-	
		900W*	-	-	-	
TKK + DK	0.5 m/s		-	-	-	
	1 m/s		-	-	-	
	1.5 m/s		-	-	-	
DK+MFK	DK	180W*	64.63±0.39	14.33±0.19	46.23±0.30	
		360W*	-	-	-	
		540W*	-	-	-	
		720W*	-	-	-	
		900W*	-	-	-	
DK + TKK	DK	0.5 m/s	79.40±0.03 ^c	11.92±0.05 ^a	52.35±0.04 ^a	
		1 m/s	77.40±0.06 ^b	14.20±0.06 ^b	55.43±0.06 ^b	
		1.5 m/s	73.67±0.03 ^a	17.12±0.03 ^c	57.26±0.09 ^c	

*Toz ürün haline gelemeyen ürünlerin sonuçlarıdır.

**Öğütülmeye uygun olmayan ürünlerin sonuçlarıdır.

a-e her bir kurutma yöntemi ve kombinasyon kurutma ile ilgili analiz sonuçları kendi koşulları içerisinde değerlendirilmiştir (p<0.05).

Tablo 4.7. Kivi püresi tozunun L*, a* ve b* renk değerleri ölçüm sonuçları.

Koşullar		Parametreler	L*	a*	b*	
KIVI	MFK	180W*	-	-	-	
		360W*	-	-	-	
		540W*	-	-	-	
		720W*	-	-	-	
		900W	-	-	-	
	TKK	0.5 m/s	48.23±0.04 ^b	1.14±0.04 ^c	21.36±0.10 ^b	
		1 m/s	48.80±0.02 ^c	0.08±0.02 ^b	21.91±0.13 ^c	
		1.5 m/s	47.40±0.06 ^a	-0.39±0.02 ^a	19.84±0.11 ^a	
	DK	DK	85.96±0.15	-7.16±0.03	21.11±0.09	
	MFK + TKK KOMBİNASYONU	180W 360W 540W 720W 900W	0.5 m/s***	-	-	-
				-	-	-
				-	-	-
-				-	-	
-				-	-	
180W 360W 540W 720W 900W		1 m/s	38.39±0.10 ^b	3.05±0.04 ^d	13.37±0.07 ^b	
			44.98±0.11 ^d	2.76±0.03 ^c	18.93±0.14 ^d	
			41.35±0.16 ^c	3.45±0.04 ^e	15.48±0.18 ^c	
			45.29±0.06 ^d	2.48±0.04 ^b	21.35±0.07 ^e	
			37.65±0.37 ^a	2.36±0.04 ^a	13.05±0.13 ^a	
180W 360W 540W 720W 900W		1.5 m/s***	-	-	-	
			-	-	-	
			-	-	-	
			-	-	-	
			-	-	-	
MFK+ DK	180W 360W 540W 720W 900W	DK**	-	-	-	
			-	-	-	
			-	-	-	
			-	-	-	
			-	-	-	
TKK+ MFK KOMBİNASYONU	0.5 m/s***	180W	-	-	-	
		360W	-	-	-	
		540W	-	-	-	
		720W	-	-	-	
		900W	-	-	-	
	1 m/s	180W*	-	-	-	
		360W*	-	-	-	
		540W*	-	-	-	
		720W*	-	-	-	
		900W*	-	-	-	
	1.5 m/s***	180W	-	-	-	
		360W	-	-	-	
		540W	-	-	-	
		720W	-	-	-	
		900W	-	-	-	
TKK + DK	0.5 m/s	DK**	-	-	-	
	1 m/s	DK**	-	-	-	
	1.5 m/s	DK**	-	-	-	
DK+ MFK	DK	180W*	-	-	-	
		360W*	-	-	-	
		540W*	-	-	-	
		720W*	-	-	-	
		900W*	-	-	-	
DK + TKK	DK	0.5 m/s***	-	-	-	
		1 m/s	73.38±0.06	-2.49±0.02	23.22±0.02	
		1.5 m/s***	-	-	-	

*Toz ürün haline gelemeyen yanar ürünlerin sonuçlarıdır.

**Öğütülmeye uygun olmayan ürünlerin sonuçlarıdır.

***Tepsi kurutucuda kurutma sırasında kuruma eğrileri çok benzer çıktığı için sadece 1 m/s hava hızı ile kombine kurutmalar yapılmıştır.

a-e her bir kurutma yöntemi ve kombinasyon kurutma ile ilgili analiz sonuçları kendi koşulları içerisinde değerlendirilmiştir (p<0.05).

Yapılan bir çalışmada, kivi meyvelerinin sıcak havada ve mikrodalga kurutmada renk kinetiği araştırılmıştır. Kurutma işleminden önce, örnekler bir kesme makinesi ile 5 mm kalınlığında ve 40 mm çapında dilimler halinde kesilmiştir. Örnekler 210 W güçte mikrodalga fırın ve 60 °C'de 1.29 m/s hava hızında sıcak hava ile tepsili kurutucuda kurutulmuştur. Kombinasyon kurutma prosedüründe, kivi dilimleri önce 60 °C'de 135 dakika kurutulmuş ve sonra kurutma 210 W'da mikrodalga ile tamamlanmıştır. Bu noktanın, numunelerin ayrı ayrı mikrodalga ile kurutulduğunda renk parametrelerinde ani bir değişimin gözlemlendiği spesifik bir nem içeriğine denk geldiği belirtilmiştir. Amaç, sıcak hava ön kurutma işleminden sonra mikrodalganın kombine işleminden geçirilmesinin renk kalitesini koruyup koruyamadığını belirlemek şeklinde belirtilmiştir. Renk değerlerinin, 10 dakikalık mikrodalga ve 50 dakikalık sıcak hava kurutma işlemlerinde daha hızlı değişme eğiliminde olduğu ve bunun ardından değişim hızının oldukça yavaş olduğu belirtilmektedir. Bu değişim hızının eğrinin birinci fazında ısıya duyarlı reaksiyonların bulunmasından kaynaklanabileceği, ikinci fazında ise daha fazla ısıya dayanıklı pigmentleri azaltırken, parlaklığı azaltan koyu bileşiklerin oluşumuna yol açan ısıya duyarlı reaksiyonların varlığından kaynaklanabileceği belirtilmiştir. L, a, b değerleri, kivilerin renginin kurutma yönteminden bağımsız olarak etkilendiğini ortaya koymuş ve L değeri kuruma süresi ile azalmıştır. L değeri açık ± koyu eksenindeki rengin ölçüsü olduğundan, azalan L değeri örneklerin daha koyuya döndüğünü gösterir. Örneğin, L değerinin 40'a kadar ulaşma süresi mikrodalga kurutma için 5 dakika ve sıcak havayla kurutma için yaklaşık 325 dakika olmuştur. Bu nedenle mikrodalga kurutma, sıcak havadan (60 °C) 65 kat daha hızlı bir tahribat sağlamıştır. Kurutulmuş örneklerin parlaklığındaki değişimin esmerleşme ölçümü olarak alınabileceği belirtilmiştir (Maskan, 2001). Bu tez kapsamında yapılan kurutmalar sonucunda da MFK işleminin TTK'ya kıyasla çok daha önce parlaklığında değişim görülmüş ve L* değerleri koyuluk kısmına daha kısa sürede geçmiş ve hatta mikrodalga fırında kurutma işleminde yanma gözlenmiştir.

Çakmak vd. (2016) çalışmasında 1 cm kalınlığında dilimlenmiş dağ çileği meyvelerinin tepsili kurutma ve dondurarak kurutma işlemleri ile kuruma kinetiği incelenmiştir. Bu kapsamda 60 °C sıcaklıkta ve sabit 0.6 m/s hava hızında tepsili kurutucuda 16 saat ve -50 °C'deki dondurarak kurutucuda 12 saat kurutma işlemi

uygulanmıştır. Taze dağ çileğinin parlaklık değeri 49.62 olarak belirtilmiş ve kurutma sonucunda en yüksek L* değeri 83.68 ile dondurarak kurutulmuş dağ çileği örnekleri verilmiştir. En düşük parlaklık değerinin tepsili kurutucuda kurutma sonucu elde edildiği ve bunun nedeninin sıcak hava etkisi ile meyvede meydana gelen Maillard reaksiyonları olabileceği belirtilmiştir. Dondurarak kurutmada örneklerin L* parlaklık değerinin ve b* sarılık değerinin artış göstermesi sonucunda toplam renk değişimi ve beyazlama indeksi değerlerinde de artış gözlenmiştir. Orak et al., (2012)'ın yaptığı çalışmada benzer şekilde dondurarak kurutma ve tepsili kurutma yöntemleri karşılaştırıldığında L* parlaklık değerinin dondurarak kurutulan örneklerin taze örnekten ve tepsili kurutucu ile kurutulan örnekten daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Bu tez çalışmasında çalışılan ayva, balkabağı ve kivi püresi örneklerinin de dondurarak kurutmada kurutulması sonucu L* parlaklık değerleri taze örneklerden ve tepsili kurutucuda kurutulan örneklerden daha yüksek çıkmıştır.

Nem içeriği yaklaşık %88 olan Brezilya'dan ithal edilmiş mangolar 5 mm kalınlığında dilimler halinde dilimlenmiştir. Farklı kurutma işlemleri sırasında örneklerin nem dağılımı üzerindeki şekil etkisini araştırmak için, $16.64 \pm 0.13 \text{ cm}^2$ alana sahip mango dilimlerinin üç şekli (kare, yuvarlak ve üçgen) hazırlanmış ve sıcak hava kurutma (SHK), mikrodalga vakum kurutma (MVK) ve bunların kombinasyonu olan sıcak hava kurutma + mikrodalga vakum kurutma (SHK+MVK) çalışmaları yapılmıştır. SHK işlemi için konvektif bir fırının kullanıldığı, sıcaklığının $60 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de sabit tutulduğu ve aynı tabakaya 33 tane mango diliminin eşit konularak kurutulduğu belirtilmiştir. Kuruma sırasında renk değişimlerini anlamak için 7 farklı mango diliminin kullanıldığı ve renk ölçümünden sonra kurutmaya devam edildiği söylenmektedir. Çalışma kapsamında mikrodalga gücü ve vakum basıncı 250 W ve $20 \pm 5 \text{ mbar}$ olarak ayarlanmıştır. Numunenin aşırı ısınmasını önlemek için ısıtma işlemi aralıklı olarak gerçekleştirilmiş, mikrodalga gücü bir dakika süreyle açılmış ve iki dakika süreyle kapatılmıştır. Tüm renk parametrelerinin genel incelemesine dayanarak, renk kalitesini korumak için MVK uygulamasından önce dört saat sıcak hava kurutmanın tercih edilmesi önerilmiştir. Bu nedenle, çalışmadaki kombine kurutma işlemi (SHK+MVK) dört saat boyunca sürekli SHK ($60 \text{ }^\circ\text{C}$) ve ardından aralıklı mikrodalga-vakum kurutma (250 W, $20 \pm 5 \text{ mbar}$) olarak ayarlanmıştır (Pu and

Sun, 2017). Sıcak hava kurutma bu tez kapsamında tepsili kurutucuda kurutma ile benzerlik göstermektedir. TKK + MFK kombinasyonlarında 0.5 m/s TKK + 180 W MFK, 1 m/s TKK + 180 W MFK ve 1 m/s TKK + 900 W MFK olmak üzere üç koşul hariç son üründe yanma görülmüştür. Mikrodalga kurutma yönteminde renk değişimleri vakum altında yapılması ya da yapılmamasına bağlı farklılık gösterebilir.

Renk değişimleri, ilk renk değerleri ile gerçek renk koordinatları arasındaki mesafe vektörünün modülü olarak ölçülebilir ve buna toplam renk değişimi (ΔE) denir. Toplam renk değişimi, depolanan ve kontrol örnekleri arasındaki renk farkının büyüklüğünü gösterir (Pathare et al., 2012; Patras et al., 2011).

Ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin maltodekstrin ilavesinden sonra Minolta renk ölçüm cihazıyla ölçümler sonucu elde edilen ortalama L^* , a^* ve b^* ilk renk değerleri Tablo 4.8’de görülmektedir.

Tablo 4.8. Maltodekstrin ilavesinden sonra ayva, balkabağı ve kivi pürelerinde L^* , a^* , b^* değerleri.

Maltodekstrin ilaveli püreler	L^*	a^*	b^*
Ayva püresi	55.31 ± 1.32	4.00 ± 0.38	24.22 ± 0.24
Balkabağı püresi	48.75 ± 0.12	7.84 ± 0.19	50.45 ± 0.34
Kivi püresi	38.61 ± 0.27	-7.32 ± 0.10	20.61 ± 0.25

Ayva, balkabağı ve kivi püreleri için sırasıyla Tablo 4.5, Tablo 4.6 ve Tablo 4.7’de verilen kurutma işlemleri sonucunda ölçülen L^* , a^* ve b^* renk değerlerinden Tablo 4.8’de verilen ilk renk değerleri çıkarılıp elde edilen L^* , a^* ve b^* değerlerinin kareleri toplamının kökü alındığında toplam renk değişimleri hesaplanmıştır (Bkz. Eşitlik 2). Hesaplanan toplam renk değişimi (ΔE) sonuçları, Kroma (C^*) ve esmerleşme indeksi (BI) sonuçları ile birlikte ayva, balkabağı ve kivi püreleri için sırasıyla Tablo 4.9, Tablo 4.10 ve Tablo 4.11’de verilmiştir.

Tablo 4.9. Ayva püresi tozunun renk ölçümüne dayalı ΔE , C^* ve BI değerlerinin hesaplanan sonuçları.

Koşullar		Parametreler	ΔE	C^*	BI	
AYVA	MFK	180W*	-	-	-	
		360W*	-	-	-	
		540W*	-	-	-	
		720W*	-	-	-	
		900W*	-	-	-	
	TKK	0.5 m/s	11.36±1.00 ^a	29.51±0.02 ^a	92.44±0.06 ^a	
		1 m/s	10.99±0.95 ^a	30.04±0.04 ^b	93.17±0.03 ^b	
		1.5 m/s	12.01±0.81 ^a	31.57±0.06 ^c	96.25±0.05 ^c	
	DK	DK	19.55±1.35	23.93±0.04	43.05±0.07	
	MFK + TKK KOMBİNASYONU	0.5 m/s	180W	11.80±0.59 ^b	32.50±0.03 ^d	94.32±0.11 ^e
			360W	11.32±1.05 ^{ab}	29.01±0.07 ^b	91.49±0.09 ^c
			540W	10.12±0.78 ^a	30.75±0.08 ^c	92.48±0.10 ^d
			720W	10.96±1.10 ^{ab}	27.67±0.15 ^a	87.26±0.42 ^a
			900W	10.13±1.06 ^a	29.02±0.19 ^b	90.83±0.29 ^b
		1 m/s	180W	11.74±0.89 ^b	31.37±0.04 ^d	96.12±0.32 ^b
			360W	11.49±0.65 ^b	32.19±0.02 ^e	95.37±0.09 ^b
			540W	11.85±0.66 ^b	31.02±0.39 ^c	97.46±1.41 ^c
			720W	10.22±1.08 ^a	28.39±0.02 ^a	88.54±0.04 ^a
			900W	13.17±1.03 ^c	30.42±0.04 ^b	99.67±0.07 ^d
		1.5 m/s	180W	15.11±1.22 ^b	25.33±0.18 ^b	87.23±0.40 ^c
360W			14.39±1.06 ^b	27.27±0.08 ^d	90.43±0.11 ^d	
540W			11.22±1.20 ^a	25.62±0.015 ^c	81.89±0.37 ^b	
720W			18.10±1.41 ^c	21.32±0.19 ^a	80.21±0.30 ^a	
900W			12.01±1.01 ^a	31.47±0.08 ^e	101.60±0.10 ^e	
MFK+DK	DK**	180W	-	-	-	
		360W	-	-	-	
		540W	-	-	-	
		720W	-	-	-	
		900W	-	-	-	
TKK+MFK KOMBİNASYONU	0.5 m/s	180W	12.27±0.41	33.55±0.26	91.38±0.99	
		360W*	-	-	-	
		540W*	-	-	-	
		720W*	-	-	-	
		900W*	-	-	-	
	1 m/s	180W	12.64±0.83	31.26±0.05	97.40±0.20	
		360W*	-	-	-	
		540W*	-	-	-	
		720W*	-	-	-	
	1.5 m/s	180W*	-	-	-	
		360W*	-	-	-	
		540W*	-	-	-	
		720W*	-	-	-	
		900W*	-	-	-	
	TKK + DK	DK**	0.5 m/s	-	-	-
1 m/s			-	-	-	
1.5 m/s			-	-	-	
DK+MFK	DK	180W*	-	-	-	
		360W*	-	-	-	
		540W*	-	-	-	
		720W*	-	-	-	
		900W*	-	-	-	
DK + TKK	DK	0.5 m/s	12.73±0.54 ^b	32.91±0.02 ^c	81.36±0.88 ^a	
		1 m/s	10.53±0.16 ^a	32.16±0.09 ^b	85.15±0.19 ^c	
		1.5 m/s	10.49±0.20 ^a	31.85±0.02 ^a	82.46±0.06 ^b	

*Toz ürün haline gelemeden yanan ürünlerin sonuçlarıdır.

**Öğütülmeye uygun olmayan ürünlerin sonuçlarıdır.

a-e her bir kurutma yöntemi ve kombinasyon kurutma ile ilgili analiz sonuçları kendi koşulları içerisinde değerlendirilmiştir (p<0.05).

Tablo 4.10. Balkabağı püresi tozunun renk ölçümüne dayalı ΔE , C^* ve BI değerlerinin hesaplanan sonuçları.

Koşullar		Parametreler	ΔE	C^*	BI
BALKABAĞI	MFK	180W*	-	-	-
		360W*	-	-	-
		540W*	-	-	-
		720W*	-	-	-
		900W*	-	-	-
	TKK	0.5 m/s	15.11±0.22 ^a	48.75±0.18 ^a	149.26±0.18 ^a
		1 m/s	18.12±0.49 ^c	53.48±0.38 ^b	158.85±0.33 ^b
		1.5 m/s	17.02±0.34 ^b	53.29±0.14 ^b	162.68±0.08 ^c
	DK	DK	38.42±0.22	43.25±0.45	72.95±1.27
	MFK + TKK KOMBİNASYONU	0.5 m/s	180W	17.73±0.40 ^a	36.01±0.18 ^c
360W			18.39±0.50 ^b	34.53±0.25 ^c	121.45±0.47 ^c
540W			19.94±0.31 ^d	33.15±0.18 ^a	112.37±0.66 ^a
720W			19.36±0.44 ^c	33.64±0.17 ^b	115.95±0.66 ^b
900W			18.06±0.38 ^{ab}	35.75±0.14 ^d	130.87±0.47 ^d
1 m/s		180W	14.51±0.23 ^a	41.41±0.08 ^c	134.61±0.21 ^e
		360W	21.20±0.45 ^d	32.15±0.15 ^a	116.86±0.16 ^b
		540W	16.17±0.42 ^b	37.17±0.25 ^d	122.75±0.63 ^d
		720W	18.09±0.46 ^c	34.31±0.19 ^b	116.06±0.54 ^a
		900W	17.42±0.43 ^c	36.21±0.14 ^c	120.57±0.41 ^c
1.5 m/s		180W	15.58±0.54 ^d	38.13±0.32 ^b	128.29±1.44 ^b
		360W	16.78±0.74 ^e	37.56±0.54 ^a	124.98±2.59 ^a
		540W	14.79±0.59 ^c	38.19±0.42 ^b	130.59±2.04 ^c
		720W	13.47±0.33 ^b	39.31±0.17 ^c	135.19±1.10 ^d
		900W	12.62±0.31 ^a	41.19±0.08 ^d	134.59±0.25 ^d
MFK+DK	DK**	180W	-	-	-
		360W	-	-	-
		540W	-	-	-
		720W	-	-	-
		900W	-	-	-
TKK+MFK KOMBİNASYONU	0.5 m/s	180W	19.71±0.15	54.49±0.20	150.78±1.40
		360W*	-	-	-
		540W*	-	-	-
		720W*	-	-	-
		900W*	-	-	-
	1 m/s	180W	16.17±0.17	54.86±0.06	168.91±0.21
		360W*	-	-	-
		540W*	-	-	-
		720W*	-	-	-
		900W	13.78±0.11	39.76±0.27	128.98±0.67
	1.5 m/s	180W*	-	-	-
		360W*	-	-	-
		540W*	-	-	-
		720W*	-	-	-
		900W*	-	-	-
TKK + DK	DK**	0.5 m/s	-	-	-
		1 m/s	-	-	-
		1.5 m/s	-	-	-
DK+MFK	DK	180W*	17.71±0.45	48.40±0.28	130.10±1.59
		360W*	-	-	-
		540W*	-	-	-
		720W*	-	-	-
		900W*	-	-	-
DK + TKK	DK	0.5 m/s	31.00±0.16 ^c	53.69±0.04 ^a	111.15±0.11 ^a
		1 m/s	29.84±0.20 ^b	57.22±0.07 ^b	127.67±0.40 ^b
		1.5 m/s	27.53±0.24 ^a	59.79±0.09 ^c	147.41±0.32 ^c

*Toz ürün haline gelemeyen ürünlerin sonuçlarıdır.

**Öğütülmeye uygun olmayan ürünlerin sonuçlarıdır.

a-e her bir kurutma yöntemi ve kombinasyon kurutma ile ilgili analiz sonuçları kendi koşulları içerisinde değerlendirilmiştir (p<0.05).

Tablo 4.11. Kivi püresi tozunun renk ölçümüne dayalı ΔE , C^* ve BI değerlerinin hesaplanan sonuçları.

Koşullar	Parametreler	ΔE	C^*	BI		
KIVI	MFK	180W*	-	-	-	
		360W*	-	-	-	
		540W*	-	-	-	
		720W*	-	-	-	
		900W*	-	-	-	
	TKK	0.5 m/s	12.98±0.19 ^c	21.39±0.10 ^b	58.24±0.43 ^c	
		1 m/s	12.68±0.21 ^b	21.91±0.13 ^c	57.59±0.44 ^b	
		1.5 m/s	11.46±0.20 ^a	19.84±0.11 ^a	51.85±0.48 ^a	
	DK	DK	47.38±0.27	22.29±0.09	21.05±0.14	
	MFK + TKK KOMBİNASYONU	180W 360W 540W 720W 900W	0.5 m/s***	-	-	-
				-	-	-
				-	-	-
				-	-	-
				-	-	-
		180W 360W 540W 720W 900W	1 m/s	12.97±0.20 ^c	13.72±0.07 ^b	47.66±0.19 ^b
				12.76±0.10 ^c	19.14±0.14 ^d	57.48±0.36 ^d
				12.25±0.13 ^b	15.86±0.18 ^c	52.03±0.49 ^c
				11.93±0.16 ^a	21.50±0.07 ^e	65.73±0.20 ^e
				12.42±0.23 ^b	13.28±0.14 ^a	46.31±1.11 ^a
		180W 360W 540W 720W 900W	1.5 m/s***	-	-	-
-				-	-	
-				-	-	
-				-	-	
-				-	-	
MFK+ DK	180W 360W 540W 720W 900W	DK**	-	-	-	
			-	-	-	
			-	-	-	
			-	-	-	
			-	-	-	
TKK+ MFK KOMBİNASYONU	0.5 m/s***	180W	-	-	-	
		360W	-	-	-	
		540W	-	-	-	
		720W	-	-	-	
		900W	-	-	-	
	1 m/s	180W*	-	-	-	
		360W*	-	-	-	
		540W*	-	-	-	
		720W*	-	-	-	
1.5 m/s***	180W	-	-	-		
	360W	-	-	-		
	540W	-	-	-		
	720W	-	-	-		
	900W	-	-	-		
TKK + DK	0.5 m/s	-	-	-		
	1 m/s	-	-	-		
	1.5 m/s	-	-	-		
DK+ MFK	DK	180W*	-	-	-	
		360W*	-	-	-	
		540W*	-	-	-	
		720W*	-	-	-	
		900W*	-	-	-	
DK + TKK	DK	0.5 m/s***	-	-	-	
		1 m/s	35.20±0.28	23.35±0.02	34.36±0.02	
		1.5 m/s***	-	-	-	

*Toz ürün haline gelemeden yanan ürünlerin sonuçlarıdır.

**Öğütülmeye uygun olmayan ürünlerin sonuçlarıdır.

***Tepsi kurutucuda kurutma sırasında kuruma eğrileri çok benzer çıktığı için sadece 1 m/s hava hızı ile kombine kurutmalar yapılmıştır.

a-e her bir kurutma yöntemi ve kombinasyon kurutma ile ilgili analiz sonuçları kendi koşulları içerisinde değerlendirilmiştir (p<0.05).

Algılanabilir renkteki farklılıklar analitik olarak çok farklı ($\Delta E > 3$), farklı ($1.5 < \Delta E < 3$) ve az farklı ($1.5 < \Delta E$) olarak sınıflandırılabilir. Bir diğer deyişle ΔE değeri 3'ten büyük ise ürünün ilk rengi ile son rengi arasındaki farkın gözle görülebilir şekilde bariz olduğu söylenebilmektedir (Pathare et al., 2012). Buna göre bakıldığında Tablo 4.9, Tablo 4.10 ve Tablo 4.11'de verilmiş olan ayva, balkabağı ve kivi ΔE değerleri her bir sonuç için 3'ten büyük bulunmuştur. Bu da bize ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin kurutulması sonucu kurutma işlemi ne olursa olsun kuru üründe püreye kıyasla göz ile görülür bir renk değişimi olduğunu göstermektedir.

Taze kereviz yapraklarının mikrodalga ısıtma altında renk değişimlerini inceleyen bir çalışmada mikrodalga çıkış gücünün ve örnek miktarının kereviz yapraklarının renk değişim kinetiğine etkisi araştırılmıştır. Bu bağlamda 5 farklı mikrodalga fırın çıkış gücü (180, 360, 540, 720 ve 900 W) çalışılmıştır. Mikrodalga ısıtması sırasında deneysel verilerden elde edilen L, a, b ve ΔE değerleri bulunmuştur. L değerinin, kuruma süresi ile azaldığı, 180W için 36.14'ten 32.43'e ve 900W için 35.87'den 28.22'ye düştüğü belirtilmiştir. Örneklerin başlangıç rengi, yeşilliği ifade eden negatif a değerini (yaklaşık -13.2) göstermiştir. Mikrodalga çıkış gücü arttıkça son a değerleri -9.61'den -9.08'e değişmiştir. Bu nedenle, bütün kereviz örneklerinin mikrodalga ile kurutulmasında yeşilliğini koruduğu belirtilmiştir. Mikrodalga ısıtması sırasında b değerinde bir düşüş gözlenmiştir. Mikrodalga çıkış gücü arttıkça son b değerleri 12.28 ile 11.28 arasında değişmiştir. Bunun, nonenzimatik Maillard esmerleşmesi ve kahverengi pigmentlerin oluşumu ile klorofil ve karotenoid pigmentlerinin kısmen ayrışmasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Bir bütün olarak, kereviz yapraklarının ΔE değerleri, kurutma süresiyle mikrodalga ısınması sırasında önemli ölçüde artmıştır; mikrodalga çıkış gücü 180 W'dan 900 W'a yükselirken 5.99 ile 9.64 arasında değişmiştir (Demirhan and Özbek, 2011). Bu çalışma ile tez kapsamında yapılan mikrodalga fırında kurutma kıyaslandığında sadece mikrodalga fırında kurutma uygulanmasının örneklerin içeriğindeki şekerden dolayı yanma ile sonuçlandığı düşünülmektedir. Bu sebeple kombine kurutmalar yapıldığında mikrodalga fırında kurutma ile kombine olarak tepsili kurutucuda kurutma sonucu mikrodalga fırın gücü 180 W'dan 900 W'a yükselirken örneklerin ΔE değerleri 10.12 ile 21.20 aralığında değişim göstermektedir.

Pathare et al. (2012)'ye göre renkliliğin ölçülebilir özelliği olarak kabul edilen Kroma (C^*), aynı açıklığa sahip gri bir renge kıyasla renk tonunun fark derecesini belirlemek için kullanılır. Kroma değerleri ne kadar yüksek olursa, insanlar tarafından algılanan örneklerin renk yoğunluğu o kadar yüksek demektir. Toplam renk değişimi ve Kroma, renk ölçümü için en hassas parametreler kabul edilmektedir.

Ayva püresinin kurutulması sonucunda elde edilen Kroma değerleri 21.32 ± 0.19 ile 33.55 ± 0.26 arasında değişim göstermektedir. Buna göre ayva püresinin kurutulmasında algılanabilen en yüksek renk yoğunluğu Tablo 4.9'da görüldüğü gibi 0.5 m/s TTK + 180 W MFK kombinasyonları sonucu 33.55 ± 0.26 olarak bulunmuştur. Balkabağı püresinin kurutulması sonucunda elde edilen Kroma değerleri 32.15 ± 0.15 ile 59.79 ± 0.09 arasında değişim göstermektedir. Buna göre balkabağı püresinin kurutulmasında algılanabilen en yüksek renk yoğunluğu DK + 1.5 m/s TTK kombinasyonları sonucu 59.79 ± 0.09 olarak Tablo 4.10'da görülmektedir. Kivi püresinin kurutulması sonucunda elde edilen Kroma değerleri 13.28 ± 0.14 ile 23.35 ± 0.02 arasında değişim göstermektedir. Buna göre kivi püresinin kurutulmasında algılanabilen en yüksek renk yoğunluğu DK + 1.5 m/s TTK kombinasyonları sonucu 23.35 ± 0.02 olarak Tablo 4.11'de görülmektedir.

Esmerleşme indeksi (BI), kahverengi rengin saflığını temsil etmekle birlikte enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşmenin gerçekleştiği kurutma işlemlerinde önemli bir parametre olarak belirtilmiştir (Demirhan and Özbek, 2011). Esmerleşmenin pişirme, kurutma ve kızartma da dahil olmak üzere gıda işlemede önemli bir olgu olduğu çünkü görünüm kalitesini etkilediği belirtilmektedir. Bu nedenle, pazar gerekliliklerini karşılamak üzere sınıflandırma ve derecelendirme sırasında gıda araştırmalarında ve endüstriyel uygulamalarda esmerleşmenin ölçülmesi ve nicel olarak belirtilmesi önemli olmaktadır. Kurutulmuş meyvelerin rengi, çoğunlukla Maillard reaksiyonu ile ilişkilendirilen esmerleşme oluşumuna bağlı olarak değişmektedir ve kurutulmuş gıdalarda esmerleşme oluşumunun değerlendirilmesi, renk açısından kalitenin bozulmasını en aza indiren uygun bir kurutma tekniğinin seçimine yardımcı olur (Pathare et al., 2012).

Ayva püresinin kurutulması sonucunda elde edilen BI değerleri 43.05 ± 0.07 ile 101.60 ± 0.10 arasında değişim göstermektedir. Buna göre ayva püresinin kurutulması sonucu en yüksek esmerleşme indeksi 900 W MFK + 1.5 m/s TKK kombinasyonları sonucu bulunmuştur. Bu kombinasyon yüksek esmerleşme indeksi nedeniyle diğer kurutma koşullarına göre renk açısından kalitenin bozulduğunu göstermektedir. Balkabağı püresinin kurutulması sonucunda elde edilen BI değerleri 72.95 ± 1.27 ile 168.91 ± 0.21 arasında değişim göstermektedir. Buna göre balkabağı püresinin kurutulması sonucu en yüksek esmerleşme indeksi 1 m/s TKK + 180 W MFK kombinasyonları sonucu bulunmuştur. Bu kombinasyon yüksek esmerleşme indeksi nedeniyle diğer kurutma koşullarına göre renk açısından kalitenin bozulduğunu göstermektedir. Kivi püresinin kurutulması sonucunda elde edilen BI değerleri 21.05 ± 0.14 ile 65.73 ± 0.20 arasında değişim göstermektedir. Buna göre kivi püresinin kurutulması sonucu en yüksek esmerleşme indeksi 720 W MFK + 1 m/s TKK kombinasyonları sonucu bulunmuştur. Bu kombinasyon yüksek esmerleşme indeksi nedeniyle diğer kurutma koşullarına göre renk açısından kalitenin bozulduğunu göstermektedir.

Ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin kurutulmasında en düşük esmerleşme indeksi dondurarak kurutulmuş kurutma işleminde görülmektedir. Bu sonuçlar göz önüne alındığında dondurarak kurutma işleminde sıcak hava olmadığından ısı nedeni ile oluşan esmerleşme görülmemektedir.

Tez kapsamında incelenen L^* , a^* , b^* , ΔE , C^* ve BI renk analizi sonuçlarına bakıldığı zaman maltodekstrin ilaveli ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin kurutulması sonucu elde edilen ayva, balkabağı ve kivi tozları literatürle paralellik göstermektedir.

4.6 Toz Ürün Analizi Sonuçları

4.6.1 Higroskopite analizi sonuçları

Kurutulmuş ve toz ürünlerin higroskopite değerleri o ürünün depolanma koşullarını etkilemektedir (Kırmacı, 2008). Örneklerdeki higroskopite artışı depolanma süresince absorbe edilen nem miktarının artması ile doğru orantılı

olmakla birlikte toz ürünlerde artan higroskopite topaklanmaya sebebiyet vermektedir. Bu sebeple ürünlerin higroskopite değerleri kontrol altında tutulması gereken parametrelerden biridir (Eser, 2014). Bir başka deyişle toz ürünlerde higroskopite değerinin düşük olması beklenmektedir.

Ayva, balkabağı ve kivi pürelerrinin farklı koşullarda kurutulması sonucu elde edilen toz ürünlerin bir hafta boyunca karanlık ortamda, aşırı doymuş amonyum klorür çözeltilsinin bulunduğı %75.3 bağıl neme (RH) sahip bir desikatörde ve oda sıcaklığında bekletilmesine bağılı olarak kütleli artışlarının sonuçları tablolarda görölmektedir.

Tablo 4.12'ye göre ayva püresi tozu için higroskopite değerleri %19.44 ile 9.46 arasında değışmekte olup $\%9.46 \pm 2.92$ değıeriyle 540 W MFK + 1 m/s TTK kombinasyonunda en düşük higroskopite sonucu görölmektedir.

Tablo 4.13'te görölen balkabağı püre tozlarının higroskopite değerleri %16.59 ile 2.38 arasında değışmekte olup $\%2.38 \pm 0.45$ değıeriyle en düşük higroskopite sonucu 720 W MFK + 1.5 m/s TTK kombinasyonunda görölmektedir.

Tablo 4.14'e göre kivi püresi tozlarında higroskopite değerleri %18.00 ile 6.64 arasında değışmekte olup $\%6.64 \pm 0.98$ değıeriyle en düşük higroskopite sonucu 1.5 m/s TTK işleminde görölmektedir.

Tablo 4.12. Ayva püresi tozunun higroskopite, çözünübilirlik ve ıslanabilirlik analizlerinin sonuçları.

Koşullar	Parametreler	Higroskopite (%)	Çözünübilirlik (%)	Islanabilirlik (saniye)		
AYVA	MFK	180W*	-	-		
		360W*	-	-		
		540W*	-	-		
		720W*	-	-		
		900W*	-	-		
	TKK	0.5 m/s	15.87±1.44 ^c	99.09±0.00 ^b	34.32±3.73 ^a	
		1 m/s	15.05±1.46 ^b	99.07±0.00 ^c	14.17±1.87 ^a	
		1.5 m/s	14.84±0.55 ^a	99.08±0.02 ^a	17.49±0.79 ^a	
	DK	DK	18.83±1.36	99.14±0.04	6.10±0.63	
	MFK + TKK KOMBİNASYONU	0.5 m/s	180W	14.22±0.07 ^e	99.18±0.04 ^b	6.62±0.86 ^a
			360W	11.90±0.48 ^c	99.14±0.04 ^a	12.32±0.00 ^b
			540W	11.32±0.11 ^b	99.36±0.02 ^d	14.91±1.16 ^d
			720W	9.48±0.05 ^a	99.26±0.00 ^c	16.68±1.27 ^e
			900W	13.62±3.05 ^d	99.38±0.04 ^e	12.98±2.25 ^c
		1 m/s	180W	19.42±2.28 ^e	99.12±0.02 ^c	6.27±0.41 ^a
			360W	14.29±0.00 ^c	99.08±0.06 ^a	6.88±0.46 ^d
			540W	9.46±2.92 ^a	99.39±0.08 ^e	8.28±1.71 ^e
			720W	13.87±0.41 ^b	99.10±0.00 ^b	6.68±1.41 ^b
			900W	16.11±0.08 ^d	99.30±0.04 ^d	6.69±1.03 ^c
		1.5 m/s	180W	11.01±0.53 ^b	99.28±0.10 ^c	10.11±1.98 ^e
360W			12.98±1.44 ^c	99.36±0.02 ^e	6.29±0.62 ^b	
540W	13.46±0.96 ^d		99.24±0.15 ^b	7.91±2.41 ^c		
720W	10.74±0.37 ^a		99.32±0.06 ^d	9.52±2.52 ^d		
900W	13.87±0.28 ^e	99.12±0.14 ^a	4.62±0.65 ^a			
MFK+DK	DK**	180W	-	-		
		360W	-	-		
		540W	-	-		
		720W	-	-		
		900W	-	-		
TKK+MFK KOMBİNASYONU	0.5 m/s	180W	17.24±1.20	99.20±0.02	20.73±0.50 ^a	
		360W*	-	-	-	
		540W*	-	-	-	
		720W*	-	-	-	
		900W*	-	-	-	
	1 m/s	180W	15.42±1.40	99.10±0.12	25.35±0.14 ^a	
		360W*	-	-	-	
		540W*	-	-	-	
		720W*	-	-	-	
900W	19.44±1.85	99.16±0.06	18.39±0.17 ^a			
1.5 m/s	180W*	-	-	-		
	360W*	-	-	-		
	540W*	-	-	-		
	720W*	-	-	-		
	900W*	-	-	-		
TKK + DK	0.5 m/s	DK**	-	-		
	1 m/s	DK**	-	-		
	1.5 m/s	DK**	-	-		
DK+MFK	DK	180W*	-	-		
		360W*	-	-		
		540W*	-	-		
		720W*	-	-		
		900W*	-	-		
DK + TKK	DK	0.5 m/s	18.61±0.09 ^a	99.16±0.02 ^c	20.39±0.17	
		1 m/s	18.36±1.06 ^a	99.12±0.02 ^a	4.37±0.49	
		1.5 m/s	18.75±2.40 ^a	99.14±0.04 ^b	8.46±0.40	

*Toz ürün haline gelemeden yanan ürünlerin sonuçlarıdır.

**Öğütülmeye uygun olmayan ürünlerin sonuçlarıdır.

a-e her bir kurutma yöntemi ve kombinasyon kurutma ile ilgili analiz sonuçları kendi koşulları içerisinde değerlendirilmiştir (p<0.05).

Tablo 4.13. Balkabağı püresi tozunun higroskopite, çözünübilirlik ve ıslanabilirlik analizlerinin sonuçları.

Koşullar	Parametreler	Higroskopite (%)	Çözünübilirlik (%)	Islanabilirlik (saniye)	
MFK	180W*	-	-	-	
	360W*	-	-	-	
	540W*	-	-	-	
	720W*	-	-	-	
	900W*	-	-	-	
TKK	0.5 m/s	8.10±0.48 ^c	99.20±0.02 ^b	86.90±1.55 ^a	
	1 m/s	7.18±1.47 ^b	99.20±0.02 ^c	296.08±1.30 ^a	
	1.5 m/s	8.13±0.44 ^a	99.10±0.01 ^a	486.53±2.77 ^a	
DK	DK	11.48±0.06	99.11±0.02	78.10±0.43	
MFK + TKK KOMBİNASYONU	180W 360W 540W 720W 900W	0.5 m/s	11.00±1.00 ^d	99.12±0.02 ^b	1592.41±0.42 ^d
			10.79±0.11 ^c	99.20±0.02 ^c	1675.14±1.50 ^e
			13.16±1.40 ^e	99.28±0.19 ^e	980.13±3.85 ^b
			10.50±0.50 ^b	99.22±0.08 ^d	1084.24±3.49 ^c
			5.84±4.84 ^a	99.12±0.02 ^a	416.51±0.50 ^a
	180W 360W 540W 720W 900W	1 m/s	4.84±0.99 ^a	99.18±0.00 ^a	513.08±0.89 ^d
			8.66±1.05 ^a	99.18±0.00 ^b	604.17±1.75 ^e
			5.44±0.44 ^a	99.20±0.02 ^c	403.24±0.49 ^c
			8.85±0.85 ^a	99.24±0.10 ^d	349.03±0.46 ^a
			9.60±0.78 ^a	99.26±0.04 ^e	362.78±0.89 ^b
	180W 360W 540W 720W 900W	1.5 m/s	8.10±0.48 ^a	99.12±0.06 ^b	206.02±0.20 ^b
			6.54±0.00 ^a	99.13±0.00 ^c	303.32±2.71 ^c
			4.79±0.87 ^a	99.09±0.04 ^a	361.43±1.74 ^d
			2.38±0.45 ^a	99.36±0.02 ^e	519.05±0.31 ^e
			11.54±2.89 ^a	99.14±0.08 ^d	142.06±1.04 ^a
MFK+DK	180W 360W 540W 720W 900W	DK**	-	-	-
			-	-	-
			-	-	-
			-	-	-
			-	-	-
TKK+ MFK KOMBİNASYONU	0.5 m/s	180W	15.87±0.63	99.12±0.06	133.17±1.93
		360W*	-	-	-
		540W*	-	-	-
		720W*	-	-	-
		900W*	-	-	-
	1 m/s	180W	14.70±0.84	99.12±0.02	205.44±0.20
		360W*	-	-	-
		540W*	-	-	-
	1.5 m/s	180W*	-	-	-
360W*		-	-	-	
540W*		-	-	-	
TKK + DK	0.5 m/s 1 m/s 1.5 m/s	DK**	-	-	-
			-	-	-
			-	-	-
DK+MFK	DK	180W	14.02±0.00	99.09±0.00	237.64±0.83
		360W*	-	-	-
		540W*	-	-	-
		720W*	-	-	-
		900W*	-	-	-
DK + TKK	DK	0.5 m/s	16.59±0.40 ^c	99.13±0.04 ^b	129.58±0.53 ^a
		1 m/s	14.55±1.34 ^a	99.12±0.02 ^a	123.89±0.78 ^c
		1.5 m/s	11.08±2.51 ^b	99.13±0.04 ^c	152.22±0.98 ^b

*Toz ürün haline gelemeyen yanar ürünlerin sonuçlarıdır.

**Öğütülmeye uygun olmayan ürünlerin sonuçlarıdır.

a-e her bir kurutma yöntemi ve kombinasyon kurutma ile ilgili analiz sonuçları kendi koşulları içerisinde değerlendirilmiştir (p<0.05).

Tablo 4.14. Kivi püresi tozunun higroskopite, çözünübilirlik ve ıslanabilirlik analizlerinin sonuçları.

Koşullar		Parametreler	Higroskopite (%)	Çözünübilirlik (%)	Islanabilirlik (saniye)	
Kivi	MFK	180W*	-	-	-	
		360W*	-	-	-	
		540W*	-	-	-	
		720W*	-	-	-	
		900W*	-	-	-	
	TKK	0.5 m/s	10.48±0.00 ^b	99.13±0.00 ^b	42.99±0.78 ^a	
		1 m/s	8.57±0.95 ^a	99.12±0.06 ^c	25.40±0.90 ^b	
		1.5 m/s	6.64±0.98 ^c	99.01±0.04 ^a	44.51±0.87 ^c	
	DK	DK	18.00±0.000	99.13±0.041	30.29±0.575	
	MFK + TKK KOMBİNASYONU	0.5 m/s***	180W	-	-	-
			360W	-	-	-
			540W	-	-	-
			720W	-	-	-
			900W	-	-	-
		1 m/s	180W	11.67±2.06 ^b	99.07±0.02 ^c	33.80±0.70 ^b
			360W	13.11±0.49 ^d	99.01±0.21 ^a	20.81±0.38 ^a
540W			12.92±0.42 ^c	99.12±0.02 ^e	34.87±0.37 ^c	
720W			15.93±3.31 ^e	99.07±0.02 ^d	37.05±0.89 ^d	
900W			8.02±1.42 ^a	99.04±0.06 ^b	68.55±0.73 ^e	
1.5 m/s***		180W	-	-	-	
		360W	-	-	-	
		540W	-	-	-	
		720W	-	-	-	
		900W	-	-	-	
MFK+DK	DK**	180W	-	-	-	
		360W	-	-	-	
		540W	-	-	-	
		720W	-	-	-	
		900W	-	-	-	
TKK+MFK KOMBİNASYONU	0.5 m/s***	180W	-	-	-	
		360W	-	-	-	
		540W	-	-	-	
		720W	-	-	-	
		900W	-	-	-	
	1 m/s	180W*	-	-	-	
		360W*	-	-	-	
		540W*	-	-	-	
		720W*	-	-	-	
1.5 m/s***	180W	-	-	-		
	360W	-	-	-		
	540W	-	-	-		
TKK + DK	DK**	0.5 m/s	-	-	-	
		1 m/s	-	-	-	
		1.5 m/s	-	-	-	
DK+MFK	DK	180W*	-	-	-	
		360W*	-	-	-	
		540W*	-	-	-	
		720W*	-	-	-	
		900W*	-	-	-	
DK + TKK	DK	0.5 m/s***	-	-	-	
		1 m/s	16.27±0.23	98.97±0.04	6.13±0.80	
		1.5 m/s***	-	-	-	

*Toz ürün haline gelemeden yanan ürünlerin sonuçlarıdır.

**Öğütülmeye uygun olmayan ürünlerin sonuçlarıdır.

***Tepsili kurutucuda kurutma sırasında kuruma eğrileri çok benzer çıktığı için sadece 1 m/s hava hızı ile kombine kurutmalar yapılmıştır.

a-e her bir kurutma yöntemi ve kombinasyon kurutma ile ilgili analiz sonuçları kendi koşulları içerisinde değerlendirilmiştir (p<0.05).

Eser (2014) domates tozunun valsli kurutucuda ve püskürtmeli kurutucuda kurutularak toz ürün elde edilmesi sonucu higroskopite değerlerini incelemiştir. Bu çalışmada püskürtmeli kurutucudan elde edilen örneklerin daha yüksek higroskopite değerlerine sahip olduğu belirtilmiştir. Higroskopite değeri ve yüzey alanı arasında bir ilişki olduğu ve püskürtmeli kurutucuda elde edilen domates tozlarının partikül çaplarının küçük bundan dolayı yüzey alanlarının ise valsli kurutucuda elde edilen tozlara kıyasla fazla olmasından dolayı yüksek higroskopiteye sahip olduğu belirtilmiştir. Higroskopite sonuçları değerlendirilirken o ürünlerin nem içeriklerinin de hesaba katılmasının önemi vurgulanmıştır. Buna göre en düşük higroskopite değerlerinin Tablo 4.1, Tablo 4.2 ve Tablo 4.3'te karşılık gelen nem değerlerine bakıldığında ayva püresi tozu için en düşük nem ve en düşük higroskopitenin ilişkili olduğu görülmektedir. Fakat balkabağı ve kivi püresi tozları için aynı durumun söz konusu olmadığı görülmektedir. Bunun nedeni olarak farklı koşullarda kurutmalar sonucu elde edilen tozların yüzey alanlarında oluşabilecek bir farklılıktan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Koç (2015)'a göre püskürtmeli kurutucuda farklı işlem koşullarına göre elde edilen bal tozları, balın yapısında bulunan şekerlerin düşük molekül ağırlıklarından dolayı higroskopite ve çözünürlük değerlerinin yüksek çıktığı ve bunun sonucu bal partiküllerinin birbirine yapışarak toz formunu koruyamadıkları belirtilmiştir. Tez çalışması kapsamında yapılan farklı kurutma işlemleri sonucu higroskopite değerleri arttıkça püre tozlarından özellikle ayva püresi tozunun bal tozuna benzer şekilde yapışkanlık gösterdiği gözlenmiştir.

Taflan tozlarının kurutma yardımcı maddelerinin (gam arabik, maltodekstrin ve peyniraltı suyu tozu) kullanılmasıyla kurutulması sonucu higroskopite değerlerinin katkısız taflan tozlarına göre % 7.17'den %2.05-6.28 aralığına azaldığı belirtilmiştir. Maltodekstrin ve peyniraltı suyu tozu katkılı tozlara göre gam arabik katkılı taflan tozlarının higroskopite değerinin daha yüksek olduğu bunun sonucunun ise gam arabığın higroskopite değerlerinin kurutma yardımcı maddeler arasında daha yüksek değerde olması şeklinde belirtilmiştir (Dirim ve Talih, 2018). Bu tez çalışması kapsamında ayva, balkabağı ve kivi püreleri aynı oranda

maltodekstrin içerdiğinden higroskopite değerleri üzerine maltodekstrinin olumlu ya da olumsuz etkisi değerlendirilmemiştir.

4.6.2 Çözünürlük analizi sonuçları

Ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin farklı koşullarda kurutulmaları sonucu elde edilen püre tozları, % çözünürlük şeklinde Tablo 4.12, Tablo 4.13 ve Tablo 4.14'de görülmektedir. Tablolarda görüldüğü üzere ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin tozları her kurutma koşulunda da oldukça yüksek (> %98) çözünürlükte bulunmuştur.

Balkabağının etli kısmının 50x20x10 mm ölçülerinde kesilerek vakumlu dondurarak kurutucu (-50 °C ila -45 °C sıcaklık aralığında ve 2.3 mbar vakum altında) ve sıcak hava kurutma (54 saat boyunca 70 °C) ile kurutulduğu bir çalışmada kaba öğütücüde öğütülerek balkabağı unları elde edilmiştir. Sıcak havada kurutulmuş balkabağı unlarında (%34.90), dondurarak kurutulmuş unlara (%30.71) kıyasla daha yüksek bir suda çözünürlük gözlenmiştir. Bu sonucun yam (*Dioscorea* spp.) unu ile benzerlik gösterdiği ve sıcak hava ile kurutma sırasında daha fazla nişastanın alınacağını göstermiştir, çünkü suda çözünürlüğün nişasta parçalanma derecesini yansıttığı belirtilmiştir (Que et al., 2008). Bu tez kapsamında çalışılan balkabağı püresi tozlarının suda çözünürlük değerleri %99.09 ile 99.36 aralığında değişmektedir. Literatür ile bu tez çalışmasındaki çözünürlük değerleri arasındaki farklılığın ağırlıkça %10 maltodekstrin ilavesinden, toz ürünlerin öğütülme şekline, kurutma koşullarının ve kurutulacak hammaddenin hasat zamanının farklı olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Salçadan domates tozu elde edilen bir çalışmada ağırlıkça %10 maltodekstrin ilave edilerek valsli ve püskürtmeli kurutma yöntemleri ile kurutulmuştur. Valsli ve püskürtmeli kurutma yöntemleri ile elde edilmiş domates tozunun çözünürlük sonuçları sırasıyla %22 ile 49 ve %36 ile 42 aralığında olduğu belirtilmiştir (Eser, 2014).

Bal tozunun çalışıldığı bir araştırmada; bal tozunun şeker içeriğinin yüksek olması, ortamda bulunan nemin hızlı bir biçimde toz bünyesine alınmasına neden

olmaktadır. Bu durumun bal tozunun çözünebilirlik ve ıslanabilirlik değerlerini iyileştirdiği belirtilmiştir (Koç, 2015). Bu tez kapsamında çalışılan ayva, balkabağı ve kivi püre tozlarının içeriğinde mevcut halde bulunan şeker miktarı ve eklenen maltodekstrin sonucunda şeker oranının nispeten yüksek olduğu ve bu durumun çözünebilirlik sonuçlarını iyi yönde etkilediği düşünülmektedir.

4.6.3 Islanabilirlik analizi sonuçları

Terimsel olarak ‘ıslanabilirlik’, numune partiküllerinin yüzeylerindeki suyu absorbe ederek o partiküllerin yeniden yapılandırılmasında ‘başlatma kapasitesi’ olarak literatürde geçmektedir. Islanabilirlik, tozun içerisine sıvının (suyun) nüfuz etmesi veya kılcal etki kabiliyetiyle gözenekli bir yapıya penetrayonu olarak tanımlanmışken, ıslanabilirlik süresi, yeniden yapılandırma (sulandırma) işlemi sırasında parçacıkların tamamının ne kadar sürede ıslanacağı olarak belirtilmiştir (Nguyen et al., 2015).

Bu tanımlamalar ışığında tez kapsamında her bir numuneden yaklaşık 1'er gram alınarak 10 ml saf su içerisine konulan örneklerin tamamen suyu absorbe edip tozların bütünüyle ıslandıkları zaman dilimleri saniye cinsinden kaydedilmiş olup Tablo 4.12, 4.13 ve 4.14'de sırasıyla ayva, balkabağı ve kivi püre tozları için sonuçlar görülmektedir.

Toz ürünler için literatürde ıslanabilirlik özelliklerinin belirli durumlara bağlı olarak değiştiği belirtilmiştir. Bu durumlar ıslanan numunenin partikül yoğunluğu, büyüklüğü, yapısında bulunan higroskopik madde içerikleri ve yüzey alanı şeklinde sıralanabilmektedir (Schuck, 2011; Yıldız Turgut ve Bayır Yeğ'in'den, 2019).

Ayva püresi tozu için yapılan ıslanabilirlik analizi sonucuna göre Tablo 4.12'de de görüldüğü üzere 4.37 ± 0.49 saniye ile DK + 1 m/s TTK kombinasyonu en düşük ıslanabilirlik sonucunu vermekteyken 34.32 ± 3.73 saniye ile 0.5 m/s TTK en yüksek ıslanabilirlik sonucunu vermektedir.

Balkabağı püresi tozu için yapılan ıslanabilirlik analizi sonucuna göre Tablo 4.13'te de görüldüğü üzere ıslanabilirlik sonuçlarında en düşük değer 78.10 ± 0.43

saniye ile DK ve en yüksek değer 1675.14 ± 1.50 saniye ile $360W$ MFK + 0.5 m/s TTK kombinasyonunda görölmektedir.

Kivi püresi tozu için yapılan ıslanabilirlik analizi sonucuna göre Tablo 4.14'de de görüldüğü üzere 6.13 ± 0.80 saniye ile DK + 1 m/s TTK kombinasyonu ile en düşük ıslanabilirlik süresi ve 68.55 ± 0.73 saniye ile $900 W$ MFK + 1 m/s TTK kombinasyonu ile ise en yüksek ıslanabilirlik sonucu bulunmuştur.

Sumak ekstraktı tozunun püskürtmeli kurutma sonucu elde edilen ıslanabilirlik sonuçları 4 ile 3263 s aralığında olup kurutma cihazının giriş-çıkış sıcaklıklarına ve beslemenin briks değerine bağlı olarak çeşitlilik gösterdiği belirtilmiştir (Çalışkan, 2011). Bezelye kabuğundan toz ürün eldesinde mikrodalga fırında kurutma için ıslanabilirlik sonuçları 21.67 ile 92.67 saniye arasında değişim gösterirken tepsili kurutucuda değişen sıcaklıklarda ıslanabilirlik değerleri 25.33 ile 74.33 saniye aralığında değişim göstermiştir (Akdoğan, 2014). Bal tozu üretmek için farklı kurutma yöntemlerinin kullanıldığı bir çalışmada ıslanabilirlik değerleri 0.1 saniyeden bile daha düşük olarak bulunmuştur (Koç, 2015). Dondurarak kurutma işlemi kullanılarak taflan tozu elde edilen bir diğer çalışmada ise ıslanabilirlik sonuçlarının 2.82 - 35.47 saniye aralığında olduğu ve tozların iyi bir ıslanabilirlik özelliği gösterdiği belirtilmiştir (Dirim ve Talih, 2018). Farklı oranlarda maltodekstrin ilave edilmiş ayva pürelerinin dondurarak kurutulması sonucunda ıslanabilirlik değerleri 5 saniyenin altında çıkmış olup tozların çok hızlı bir şekilde ıslanabilirlik özelliği gösterdiği belirtilmiştir (Ünlüeroğlül et al., 2018). Kamkat tozu üzerine yapılan bir çalışmada tozların ıslanabilirlik değerlerinin 196 ile 450 saniye aralığında değiştiiği ve maltodekstrin ilaveli kamkat tozlarının daha yüksek ıslanabilirlik sürelerine sahip olduğu belirtilmiştir (Yıldız Turgut ve Bayır Yeğin, 2019).

Ayva, balkabağı ve kivi püre tozlarında en düşük ıslanabilirlik değerleri sırasıyla DK + 1 m/s TTK kombinasyonu, DK ve DK + 1 m/s TTK kombinasyonunda görölmektedir. Gözeneklilik ile doğrudan alakalı olan ıslanabilirlik sonuçlarına göre düşük ıslanabilirlikteki toz örneklerinin diğer toz örneklerine kıyasla daha gözenekli yapıda olduğu söylenebilmektedir.

4.6.4 Yığın özelliklerinin belirlenmesi ile ilgili analizlerin sonuçları

Toz ürünlerde ürünün partikül boyut dağılımı ve çapına bağlı olarak yığın özellikleri değişmektedir. Yığın ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu, yapışkanlık (HR) ve akabilirlik (CI) değerleri incelenerek toz ürünlerin yığın özellikleri belirlenmektedir. Paketlenmiş toz ürünün hacmini arttırmamak için toz ürünlerde yüksek yığın yoğunluğu; ambalajlama, depolama ve taşıma gibi durumlarda dikkate alınan önemli bir parametredir. Yığın yoğunluğu düşük bir toz ürün içerisinde hava boşlukları barındırdığı için oksidasyon sonucu bozulmalar görülebilmektedir. Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu toz partiküllerinin sıkıştırılarak ne kadar hava boşluğuyla dolu olduğu ve ürünün stabilitesi hakkında bilgi verir (Koç, 2015; Talih, 2018; Türker vd., 2018).

Toz ürünler için önemli kalite parametrelerinin başında nem içeriği, çözünübilirlik ve yığın yoğunluğu değerleri gelmektedir. Azalan nem içeriği ile çözünübilirlik ve yığın yoğunluğu değerleri ters orantılı olan ürünler seçilmektedir (Eser, 2014). Buna göre Tablo 4.15, Tablo 4.16 ve Tablo 4.17'ye bakıldığında ayva, balkabağı ve kivi püre tozları için en yüksek yığın yoğunluğuna sahip değerleri sırasıyla; 180 W MFK + 1 m/s TTK kombinasyonunda $623.53 \pm 0.00 \text{ kg/m}^3$, 1 m/s TTK + 180 W MFK kombinasyonunda $656.98 \pm 16.35 \text{ kg/m}^3$ ve DK + 1 m/s TTK kombinasyonunda $477.27 \pm 4.54 \text{ kg/m}^3$ olarak hesaplanmıştır. Bu kombinasyonlara baktığımızda ayva, balkabağı ve kivi püre tozlarının nem değerlerinin %10'dan küçük ve çözünürlük değerlerinin %98'den büyük olduğu görülmektedir.

Ayva püresi tozu için Tablo 4.15'e bakıldığı zaman yapışkanlık (HR) değerleri 1.05 ± 0.00 ile 1.41 ± 0.05 arasında değişim gösterse de sadece 1.41 ± 0.05 değeri ile 720 W MFK + 0.5 m/s TTK kombinasyonunda yüksek yapışkanlık, 1.29 ± 0.04 ve 1.28 ± 0.05 değerleri ile MFK + TTK (180 W MFK + 0.5 m/s TTK ve 540 W MFK + 1.5 m/s TTK) kombinasyonlarında orta yapışkanlık değerleri gözlemlenmiştir. Bu kombinasyonlar dışında kalan tüm değerler 1.2'den küçük olduğu için Jinapong et al. (2008)'a göre düşük yapışkanlık göstermişlerdir (Bkz. Tablo 3.1).

Tablo 4.15. Ayva püresi tozunun yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu, yapışkanlık ve akabilirlik analizlerinin sonuçları.

Koşullar	Parametreler	pyığın (kg/m ³)	psıkıştırılmış (kg/m ³)	Yapışkanlık (HR)	Akabilirlik (CI)	
MFK	180W*	-	-	-	-	
	360W*	-	-	-	-	
	540W*	-	-	-	-	
	720W*	-	-	-	-	
	900W*	-	-	-	-	
TKK	0.5 m/s	520.0±0.00 ^b	577.8±0.00 ^a	1.11±0.00 ^a	10.00±0.00 ^b	
	1 m/s	520.0±0.00 ^b	562.6±15.21 ^a	1.08±0.03 ^a	7.50±2.50 ^a	
	1.5 m/s	475.0±2.27 ^a	510.0±10.00 ^a	1.07±0.02 ^a	6.82±1.71 ^c	
DK	DK	178.5±0.86	203.0±4.96	1.14±0.02	12.07±1.72	
MFK + TKK KOMBİNASYONU	180W 360W 540W 720W 900W	0.5 m/s	530.0±0.02 ^a	684.6±22.08 ^e	1.29±0.04 ^c	22.50±2.50 ^c
			477.3±0.00 ^a	567.9±15.35 ^d	1.19±0.03 ^d	15.91±2.27 ^d
			484.1±2.27 ^a	560.5±2.63 ^c	1.16±0.00 ^a	13.64±0.06 ^a
			278.9±2.63 ^a	392.9±10.85 ^a	1.41±0.05 ^e	28.95±2.63 ^e
			446.9±5.25 ^a	525.0±5.01 ^b	1.18±0.03 ^b	14.86±1.81 ^b
	180W 360W 540W 720W 900W	1 m/s	623.5±0.00 ^e	662.5±0.00 ^a	1.06±0.00 ^a	5.88±0.00 ^a
			517.3±7.74 ^b	588.9±5.56 ^a	1.14±0.03 ^a	12.14±2.14 ^a
			486.4±4.54 ^a	522.1±7.85 ^a	1.07±0.02 ^a	6.82±2.27 ^a
			538.7±8.68 ^d	619.4±3.55 ^a	1.15±0.04 ^a	12.89±2.90 ^a
			530.0±0.00 ^c	588.9±0.00 ^a	1.11±0.00 ^a	10.00±0.00 ^a
	180W 360W 540W 720W 900W	1.5 m/s	348.3±1.66 ^a	404.5±33.03 ^c	1.16±0.08	13.33±6.66 ^e
			341.1±5.59 ^c	385.7±14.28 ^a	1.13±0.01 ^a	11.51±1.83 ^b
			328.1±0.00 ^d	420.7±16.82 ^d	1.28±0.05 ^a	21.88±3.12 ^c
			331.3±9.37 ^b	393.5±25.68 ^b	1.19±0.04 ^a	15.63±3.12 ^d
			468.9±3.75 ^e	527.5±7.50 ^e	1.13±0.05 ^a	11.07±1.97 ^a
MFK + DK	180W 360W 540W 720W 900W	DK**	-	-	-	-
			-	-	-	-
			-	-	-	-
			-	-	-	-
			-	-	-	-
TKK+ MFK KOMBİNASYONU	0.5 m/s	180W	605.6±0.00	681.3±0.00	1.13±0.00	11.11±0.00
		360W*	-	-	-	-
		540W*	-	-	-	-
		720W*	-	-	-	-
		900W*	-	-	-	-
	1 m/s	180W	583.3±0.02	636.9±19.30	1.09±0.03	8.33±2.78
		360W*	-	-	-	-
		540W*	-	-	-	-
		720W*	-	-	-	-
1.5 m/s	180W*	-	-	-	-	
	360W*	-	-	-	-	
	540W*	-	-	-	-	
	720W*	-	-	-	-	
	900W*	-	-	-	-	
TKK + DK	0.5 m/s 1 m/s 1.5 m/s	DK**	-	-	-	-
			-	-	-	-
			-	-	-	-
DK + MFK	DK	180W*	-	-	-	-
		360W*	-	-	-	-
		540W*	-	-	-	-
		720W*	-	-	-	-
		900W*	-	-	-	-
DK + TKK	DK	0.5 m/s	486.4±0.00 ^a	535.0±0.00 ^a	1.10±0.00 ^a	9.09±0.00 ^c
		1 m/s	436.9±8.91 ^a	466.1±20.26 ^a	1.07±0.02 ^a	6.17±2.16 ^b
		1.5 m/s	490.9±0.00 ^a	514.3±0.00 ^a	1.05±0.00 ^a	4.55±0.00 ^a

*Toz ürün haline gelemeden yanan ürünlerin sonuçlarıdır.

**Öğütülmeye uygun olmayan ürünlerin sonuçlarıdır.

a-e her bir kurutma yöntemi ve kombinasyon kurutma ile ilgili analiz sonuçları kendi koşulları içerisinde değerlendirilmiştir (p<0.05).

Tablo 4.16. Balkabağı püresi tozunun yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu, yapışkanlık, akabilirlik analizlerinin sonuçları.

Koşullar	Parametreler	pyığın (kg/m ³)	psıkıştırılmış (kg/m ³)	Yapışkanlık (HR)	Akabilirlik (CI)	
MFK	180W*	-	-	-	-	
	360W*	-	-	-	-	
	540W*	-	-	-	-	
	720W*	-	-	-	-	
	900W*	-	-	-	-	
TKK	0.5 m/s	250.57±11.93 ^b	320.83±29.17 ^a	1.28±0.06 ^a	21.59±3.41 ^b	
	1 m/s	202.08±14.58 ^b	277.94±27.94 ^a	1.37±0.04 ^a	27.08±2.08 ^a	
	1.5 m/s	243.13±4.05 ^a	307.35±1.47 ^a	1.26±0.03 ^a	20.89±1.84 ^c	
DK	DK	232.31±4.05	255.00±5.01	1.10±0.00	8.89±0.20	
MFK + TKK KOMBİNASYONU	180W 360W 540W 720W 900W	0.5 m/s	376.37±12.08 ^a	406.57±14.26 ^a	1.08±0.03 ^a	7.42±0.27 ^e
			329.48±13.85 ^a	408.49±12.34 ^b	1.24±0.09 ^a	19.17±5.83 ^c
			359.05±12.38 ^a	433.33±0.00 ^d	1.21±0.04 ^a	17.14±2.85 ^a
			376.37±12.09 ^a	484.32±20.68 ^e	1.29±0.01 ^a	22.25±0.82 ^d
			394.35±26.49 ^a	463.64±4.55 ^c	1.18±0.09 ^a	14.88±6.55 ^b
	180W 360W 540W 720W 900W	1 m/s	345.00±1.67 ^a	414.74±18.59 ^d	1.20±0.05 ^a	16.67±3.33 ^a
			359.17±15.82 ^a	453.22±24.05 ^c	1.26±0.01 ^a	20.71±0.71 ^a
			369.64±1.78 ^a	431.25±2.08 ^e	1.17±0.00 ^a	14.29±0.00 ^a
			329.27±7.39 ^a	408.49±12.34 ^a	1.24±0.01 ^a	19.38±0.63 ^a
			357.14±7.14 ^a	433.74±29.89 ^b	1.21±0.06 ^a	17.38±4.05 ^a
	180W 360W 540W 720W 900W	1.5 m/s	283.99±7.67 ^a	375.00±0.00 ^d	1.32±0.04 ^a	24.27±2.05 ^e
			291.10±23.60 ^a	382.14±0.00 ^e	1.32±0.11 ^a	23.82±6.18 ^d
			310.85±7.90 ^a	341.67±1.66 ^b	1.10±0.03 ^a	9.01±2.76 ^a
			276.32±2.63 ^a	338.96±7.71 ^a	1.23±0.04 ^a	18.42±2.63 ^b
			289.78±16.09 ^a	371.43±0.00 ^c	1.29±0.07 ^a	21.98±4.33 ^c
MFK + DK	DK**	-	-	-	-	
		-	-	-	-	
		-	-	-	-	
		-	-	-	-	
		-	-	-	-	
TKK+ MFK KOMBİNASYONU	0.5 m/s	180W	609.56±15.44	681.49±8.16	1.12±0.03	10.57±1.19
		360W*	-	-	-	-
		540W*	-	-	-	-
		720W*	-	-	-	-
		900W*	-	-	-	-
	1 m/s	180W	656.98±16.35	702.38±19.05	1.07±0.00	6.46±0.21
		360W*	-	-	-	-
		540W*	-	-	-	-
		720W*	-	-	-	-
		900W	244.90±26.15	335.73±7.60	1.38±0.12	27.19±6.14
	1.5 m/s	180W*	-	-	-	-
		360W*	-	-	-	-
		540W*	-	-	-	-
		720W*	-	-	-	-
		900W*	-	-	-	-
TKK + DK	DK**	0.5 m/s	-	-	-	
		1 m/s	-	-	-	
		1.5 m/s	-	-	-	
DK+ MFK	DK	180W	597.22±2.78	671.88±3.12	1.13±0.00	11.11±0.00
		360W*	-	-	-	-
		540W*	-	-	-	-
		720W*	-	-	-	-
		900W*	-	-	-	-
DK + TKK	DK	0.5 m/s	398.76±16.62 ^a	468.37±22.54 ^c	1.17±0.01 ^a	14.84±0.55 ^a
		1 m/s	453.44±11.77 ^a	532.50±2.50 ^a	1.18±0.02 ^c	14.86±1.81 ^c
		1.5 m/s	522.50±2.50 ^a	597.71±19.93 ^b	1.14±0.03 ^b	12.50±2.50 ^b

*Toz ürün haline gelemeyen yanar ürünlerin sonuçlarıdır.

**Öğütülmeye uygun olmayan ürünlerin sonuçlarıdır.

a-e her bir kurutma yöntemi ve kombinasyon kurutma ile ilgili analiz sonuçları kendi koşulları içerisinde değerlendirilmiştir (p<0.05).

Tablo 4.17. Kivi püresi tozunun yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu, yapışkanlık, akabilirlik analizlerinin sonuçları.

Koşullar	Parametreler	pyığın (kg/m ³)	psıkıştırılmış (kg/m ³)	Yapışkanlık (HR)	Akabilirlik (CI)	
KIVI	MFK	180W*	-	-	-	
		360W*	-	-	-	
		540W*	-	-	-	
		720W*	-	-	-	
		900W*	-	-	-	
	TKK	0.5 m/s	304.5±7.27 ^b	343.8±9.48 ^a	1.13±0.03 ^b	11.44±0.32 ^b
		1 m/s	276.3±0.00 ^a	375.0±0.00 ^a	1.36±0.00 ^a	26.32±0.00 ^a
		1.5 m/s	195.4±0.92 ^c	229.4±1.08 ^a	1.17±0.03 ^c	14.81±0.02 ^c
	DK	DK	230.0±10.5	306.3±9.28	1.34±0.10	24.74±5.69
	MFK + TKK KOMBİNASYONU	0.5 m/s***	180W	-	-	-
			360W	-	-	-
			540W	-	-	-
			720W	-	-	-
			900W	-	-	-
		1 m/s	180W	313.9±11.0 ^a	414.7±18.59 ^b	1.32±0.01 ^e
360W			383.9±16.1 ^c	470.5±2.27 ^c	1.23±0.05 ^d	18.41±3.02 ^d
540W			420.7±16.8 ^d	501.1±23.86 ^d	1.19±0.04 ^b	16.03±0.64 ^b
720W			457.2±15.5 ^e	500.9±19.09 ^e	1.10±0.07 ^c	8.71±0.38 ^c
900W			323.0±11.3 ^b	367.7±14.40 ^a	1.14±0.01 ^a	12.13±0.37 ^a
1.5 m/s***		180W	-	-	-	-
		360W	-	-	-	-
		540W	-	-	-	-
		720W	-	-	-	-
		900W	-	-	-	-
MFK + DK	DK**	180W	-	-	-	
		360W	-	-	-	
		540W	-	-	-	
		720W	-	-	-	
		900W	-	-	-	
TKK+ MFK KOMBİNASYONU	0.5 m/s***	180W	-	-	-	
		360W	-	-	-	
		540W	-	-	-	
		720W	-	-	-	
		900W	-	-	-	
	1 m/s	180W*	-	-	-	-
		360W*	-	-	-	-
		540W*	-	-	-	-
		720W*	-	-	-	-
		900W*	-	-	-	-
	1.5 m/s***	180W	-	-	-	-
		360W	-	-	-	-
		540W	-	-	-	-
		720W	-	-	-	-
		900W	-	-	-	-
TKK + DK	0.5 m/s	-	-	-	-	
	1 m/s	-	-	-	-	
	1.5 m/s	-	-	-	-	
DK + MFK	DK	180W*	-	-	-	
		360W*	-	-	-	
		540W*	-	-	-	
		720W*	-	-	-	
		900W*	-	-	-	
DK + TKK	DK	0.5 m/s***	-	-	-	
		1 m/s	477.3±4.54	525.0±5.00	1.10±0.000	9.09±0.000
		1.5 m/s**	-	-	-	-

*Toz ürün haline gelemeden yanan ürünlerin sonuçlarıdır.

**Öğütülmeye uygun olmayan ürünlerin sonuçlarıdır.

***Tepsi kurutucuda kurutma sırasında kuruma eğrileri çok benzer çıktığı için sadece 1 m/s hava hızı ile kombine kurutmalar yapılmıştır.

a-e her bir kurutma yöntemi ve kombinasyon kurutma ile ilgili analiz sonuçları kendi koşulları içerisinde değerlendirilmiştir (p<0.05).

Tablo 4.16’da görülen balkabağı püresi tozunda DK + TKK kombinasyonlarının tümünde, DK işleminde, DK + 180 W MFK, 1 m/s TKK + 180 W MFK, 0.5 m/s TKK + 180 W MFK, 540 W MFK + 1.5 m/s TKK, 540 W MFK + 1 m/s TKK, 900 W MFK + 0.5 m/s TKK ve 180 W MFK + 0.5 m/s TKK kombinasyonlarında yapışkanlık değeri 1.2’den küçük olarak hesaplanmış ve düşük düzeyde yapışkanlık gözlemlenmiştir. Bunlar dışında kalan kurutma yöntemlerinde orta ve yüksek düzeyde yapışkanlık değerleri bulunmuştur.

Tablo 4.17’de ise kivi püresi tozunun yapışkanlık değerleri verilmektedir. Bu değerler incelendiğinde 1 m/s TKK ve DK işlemleriyle 180 W MFK + 1 m/s TKK ve 360 W MFK + 1 m/s TKK kombinasyonları HR değerleri 1.2-1.4 aralığında olup orta düzeyde yapışkanlık göstermiştir. Bunların dışında kalan kurutma işlemleri ve kombinasyonları sonucu HR değerleri 1.2’den küçük düşük düzeyde yapışkanlık göstermiştir.

Akabilirlik sonuçlarına bakıldığı zaman ayva, balkabağı ve kivi püre tozları için sırasıyla en düşük CI değerleri ; 4.55 ± 0.00 değeriyle DK + 1.5 m/s TKK kombinasyonu, 6.46 ± 0.21 değeriyle 1 m/s TKK + 180 W MFK kombinasyonu ve 8.71 ± 0.38 değeriyle 720 W MFK + 1 m/s TKK kombinasyonudur. Bu kombinasyonlar çok iyi akabilirlik seviyelerine sahiptir. Tablolara bakıldığı zaman ayva, balkabağı ve kivi püre tozları için akabilirlik değerleri çok iyi akabilirlikten orta akabilirliğe değişim göstermektedir. En yüksek CI değerleri sonucu 3 püre tozunda da en kötü akabilirlik orta seviyede çıkmıştır.

4.6.5 Su tutma kapasitesi analizi sonuçları

Su tutma kapasitesi (water holding capacity, WHC) suyu emme ve tutma yeteneğidir. Daha yüksek su tutma kapasitesine sahip gıda maddelerinin fonksiyonel bileşenler olarak işlev görebileceği belirtilmiştir. Tutulan suyun, gıdanın hacmini arttırabileceği ve ürünlerin viskozitesini ve dokusunu değiştirebileceği literatürde belirtilmiştir. Formüle edilmiş bu gıdalardaki viskozite ve dokunun modifikasyonu, yüksek su tutma kapasitesine sahip bileşenlerin ilavesi ile elde edilebilmektedir. Ortaya çıkan değişiklikler, bileşenlerin su tutma kapasitesinden kaynaklanan jelleşme, hacim ve kalınlaşma etkilerine bağlanmaktadır (Aydın and Gocmen, 2015; Qin et al., 2019). Ekmek gibi fırıncılık

ürünlerinde yüksek su tutma kapasitesine sahip fonksiyonel maddeler, bayatlamayı azaltmaya yardımcı olmakta, böylece fırın ürünlerinde gıdanın stabilitesini arttırmaktadır. Yüksek su emme özelliğine sahip unlar daha hidrofilik bileşenlere sahip olabilmektedir. Gıda ürünlerinde büzülme, yüksek su tutma kapasiteli gıda bileşenleri eklenerek kontrol edilmektedir (Aydin and Gocmen, 2015).

Kek gibi gıda ürünlerinde fonksiyonel bir katkı maddesi olarak farklı koşullarda kurutulmuş püre tozları kullanılacağı zaman istenilen viskozite ve hacim için toz ürünlerin yüksek su tutma kapasitesine sahip olması istenilen bir özelliktir.

Tablo 4.18, 4.19 ve 4.20’de ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin farklı kurutma işlemleri sonrasında yapılan su tutma analizi sonuçları görülmektedir.

Tablo 4.18. Ayva püresi tozunun su tutma kapasitesi analiz sonuçları.

	Su tutma kapasitesi (g su/g kuru madde)			Su tutma kapasitesi (g su/g kuru madde)				
	Koşullar	Parametreler		Koşullar	Parametreler			
AYVA	MFK	180W*	-	DK+ MFK	180W*	-		
		360W*	-		360W*	-		
		540W*	-		540W*	-		
		720W*	-		720W*	-		
		900W*	-		900W*	-		
	TKKK	0.5 m/s	2.38±0.21 ^a	TKKK + DK	0.5 m/s	-		
		1 m/s	2.63±0.04 ^a		1 m/s	-		
		1.5 m/s	2.27±0.01 ^a		1.5 m/s	-		
	MFK + TKKK KOMBİNASYONU	0.5 m/s	180W	2.90±0.21 ^a	TKKK+ MFK KOMBİNASYONU	0.5 m/s	180W	2.35±0.03
			360W	2.59±0.46 ^a			360W*	-
			540W	2.25±0.03 ^a			540W*	-
			720W	1.79±0.00 ^a			720W*	-
900W			2.27±0.07 ^a	900W*			-	
1 m/s		180W	1.60±0.15 ^a	1 m/s		180W	1.76±0.44	
		360W	2.58±0.25 ^a			360W*	-	
		540W	2.10±0.05 ^a			540W*	-	
		720W	2.42±0.32 ^a			720W*	-	
		900W	2.39±0.17 ^a			900W	2.50±0.26	
1.5 m/s		180W	2.01±0.05 ^a	1.5 m/s		180W*	-	
		360W	2.67±0.32 ^a			360W*	-	
	540W	2.03±0.19 ^a	540W*		-			
	720W	2.57±0.23 ^a	720W*		-			
	900W	2.40±0.19 ^a	900W*		-			
MFK+ DK	DK**	180W	-	DK + TKKK	DK	0.5 m/s	1.94±0.10 ^a	
		360W	-			1 m/s	2.19±0.06 ^b	
		540W	-			1.5 m/s	2.34±0.07 ^c	
		720W	-					
		900W	-			DK	DK	2.17±0.03

*Toz ürün haline gelemeden yanan ürünlerin sonuçlarıdır.

**Öğütülmeye uygun olmayan ürünlerin sonuçlarıdır.

a-e her bir kurutma yöntemi ve kombinasyon kurutma ile ilgili analiz sonuçları kendi koşulları içerisinde değerlendirilmiştir (p<0.05).

Tablo 4.19. Balkabağı püresi tozunun su tutma kapasitesi analiz sonuçları.

Koşullar	Su tutma kapasitesi (g su/g kuru madde)		Koşullar	Su tutma kapasitesi (g su/g kuru madde)		
	Parametreler			Parametreler		
MFK	180W*	-	DK+ MFK	DK	180W	2.69±0.13
	360W*	-			360W*	-
	540W*	-			540W*	-
	720W*	-			720W*	-
	900W*	-			900W*	-
TKK	0.5 m/s	2.85±0.01 ^a	TKK + DK	0.5 m/s	-	
	1 m/s	2.78±0.09 ^a		1 m/s	-	
	1.5 m/s	2.98±0.14 ^a		1.5 m/s	-	
BALKABAĞI	180W 360W 540W 720W 900W	0.5 m/s	TKK+ MFK KOMBİNASYONU	0.5 m/s	180W	4.19±0.37
					360W*	-
					540W*	-
					720W*	-
					900W*	-
	180W 360W 540W 720W 900W	1 m/s		180W	3.10±0.48	
				360W*	-	
				540W*	-	
				720W*	-	
				900W	2.26±0.00	
	180W 360W 540W 720W 900W	1.5 m/s		180W	-	
				360W	-	
				540W	-	
				720W	-	
				900W	-	
MFK+ DK	DK**	-	DK + TKK	DK	0.5 m/s	4.36±0.28 ^a
		-			1 m/s	4.66±0.16 ^a
		-			1.5 m/s	4.78±0.04 ^a
		-			DK	1.29±0.04
		-			DK	1.29±0.04

*Toz ürün haline gelemeden yanan ürünlerin sonuçlarıdır.

**Öğütülmeye uygun olmayan ürünlerin sonuçlarıdır.

a-e her bir kurutma yöntemi ve kombinasyon kurutma ile ilgili analiz sonuçları kendi koşulları içerisinde değerlendirilmiştir (p<0.05).

Tablo 4.18, Tablo 4.19 ve Tablo 4.20'de görüldüğü gibi sırasıyla ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin farklı kurutma koşulları altında 180 W MFK + 0.5 m/s TKK, DK + 1.5 m/s TKK ve 720 W MFK + 1 m/s TKK kombinasyonları en yüksek su tutma kapasitesi değerini vermektedir.

Tablo 4.20. Kivi püresi tozunun su tutma kapasitesi analiz sonuçları.

	Su tutma kapasitesi (g su/g kuru madde)			Su tutma kapasitesi (g su/g kuru madde)				
	Koşullar	Parametreler		Koşullar	Parametreler			
KIVI	MFK	180W*	-	DK+ MFK	DK	180W*	-	
		360W*	-			360W*	-	
		540W*	-			540W*	-	
		720W*	-			720W*	-	
		900W*	-			900W*	-	
	TKK	0.5 m/s	1.08±0.00 ^b	TKK + DK	0.5 m/s	DK**	-	
		1 m/s	1.17±0.02 ^a		1 m/s		-	
		1.5 m/s	1.07±0.06 ^c		1.5 m/s		-	
	MFK + TKK KOMBİNASYONU	180W 360W 540W 720W 900W	0.5 m/s***	-	TKK+ MFK KOMBİNASYONU	0.5 m/s***	180W	-
				-			360W	-
				-			540W	-
				-			720W	-
-				900W			-	
180W 360W 540W 720W 900W		1 m/s	1.03±0.08 ^c	1 m/s		180W*	-	
			0.97±0.02 ^b			360W*	-	
			1.09±0.04 ^d			540W*	-	
			1.18±0.00 ^e			720W*	-	
			0.84±0.11 ^a			900W*	-	
180W 360W 540W 720W 900W		1.5 m/s***	-	1.5 m/s***		180W	-	
			-			360W	-	
	-		540W		-			
	-		720W		-			
	-		900W		-			
MFK+ DK	DK**	-	DK + TKK	DK	0.5 m/s***	-		
		-			1 m/s	0.72±0.031		
		-			1.5 m/s***	-		
		-			-	-		
		-			-	-		
			DK	DK	0.60±0.084			

*Toz ürün haline gelemeden yanan ürünlerin sonuçlarıdır.

**Öğütülmeye uygun olmayan ürünlerin sonuçlarıdır.

***Tepsili kurutucuda kurutma sırasında kuruma eğrileri çok benzer çıktığı için sadece 1 m/s hava hızı ile kombine kurutmalar yapılmıştır.

a-e her bir kurutma yöntemi ve kombinasyon kurutma ile ilgili analiz sonuçları kendi koşulları içerisinde değerlendirilmiştir (p<0.05).

Bu tez kapsamında elde edilen bazı son ürünler öğütülmeye uygun toz formunda olmaktadır. Fakat olası bir fonksiyonel katkı maddesi özelliğinde oldukları için gıdaya eklenildiğinde yüksek su tutma kapasitesi kurutma işlemleri için ayırt edici bir hal alabilmektedir.

Genel olarak, çözünür liflerin yüksek bir hidrasyon kabiliyetine sahip olduğu ve yapışkan çözeltiler oluşturdukları literatürde belirtilmiştir. Bu nedenle, yüksek suda çözünürlüğü ve su tutma kapasitesine sahip toz ürünler, içecekler, fırınlanmış ürünler, yoğurt ve dondurma gibi gıda sistemleri için koyulaştırıcı veya fonksiyonel bir ajan olarak yararlı olabileceği belirtilmiştir (Aydın and Gocmen, 2015).

Yapılan bir literatür çalışmasında sıcak hava fırın kurutma ve dondurarak kurutma işlemlerinin sonucunda balkabağı unu elde edilmiş ve su tutma kapasiteleri sırasıyla 83 ± 3.6 ve 92 ± 1.6 ml su/100 g balkabağı unu olarak verilmiştir. En yüksek su tutma kapasitesi 92 ± 1.6 ml su/100 g balkabağı unu olarak dondurarak kurutma işlemi sonucu elde edilen balkabağı ununda bulunmuştur (Aydin and Gocmen 2015). Bu tez kapsamında balkabağı püresi tozunu en yüksek su tutma kapasitesine göre incelediğimizde DK + 1.5 m/s TTK kombinasyonunda 4.78 ± 0.04 g su/ g kuru madde bulunmuştur.

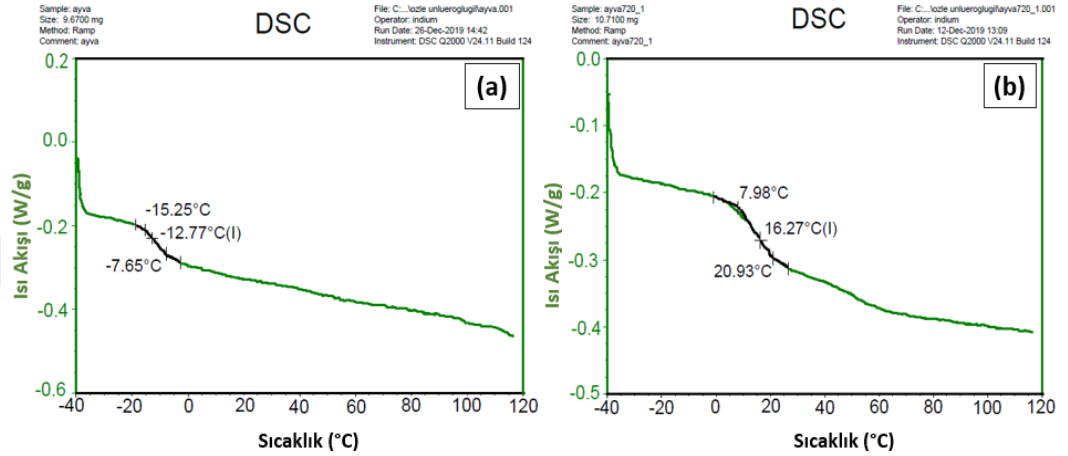
4.7 DSC Ölçüm Sonuçları

Gıda sistemlerindeki termal özellikleri karakterize etmek ve yeni bir ürün tasarlamak için termal analiz kullanma yönelimi artmaktadır. Termal analiz kullanımına örnek olarak saklama süresi tahmini ve kurutma, termo-fiziksel özellikler, protein denatürasyonu, soğutma ve ısıtma işleminin değerlendirilmesi gibi işlemler verilebilmektedir. Termal analiz, işlenmiş gıda ürünlerinin güvenliğinin, kalitesinin ve stabilitesinin belirlenmesine ayrıca iyileştirilmesine olanak sağlayarak katkıda bulunur, bu amaçla diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) kullanılır (Mehditabar et al., 2020).

Çeşitli gıdalardaki katılar, sıcaklık ve nem içeriğindeki değişikliklere çok duyarlı olan amorf bir yarı kararlı durumdadır. Camsı geçiş sıcaklığı, amorf yapının camsı halden lastiksi hale veya bu durumun tam tersi lastiksi halden camsı hale geçtiği sıcaklık olarak literatürde geçmektedir. Camsı geçiş sıcaklığı (T_g) bir gıdanın su aktivitesine, sıcaklığa, zamana ve termal özelliklerine bağlı olarak oluşan, süreklilik gerektirmeyen bir geçiş olarak da tanımlanabilir. DSC yöntemi ile gıdaların camsı geçiş sıcaklıkları belirlenmektedir. Gıdanın moleküler değişimlerinin artması ve viskozitesindeki hızlı değişimin sonucu olarak gevreklik, yapışkanlık, enzimatik olmayan reaksiyonlar gibi değişikliklerin çoğunu camsı geçiş sıcaklığı etkilemektedir. Nem içeriği yüksek olan sebze ve meyvelerin çok düşük camsı geçiş sıcaklıkları mevcuttur. Kurutmada uygulanan sıcaklıklara bağlı olarak gerçekleşen yapışkanlık gibi istenmeyen durumlar endüstride çokça kullanılan maltodekstrin ve arabik gam gibi taşıyıcı ajanların örneklere eklenmesi

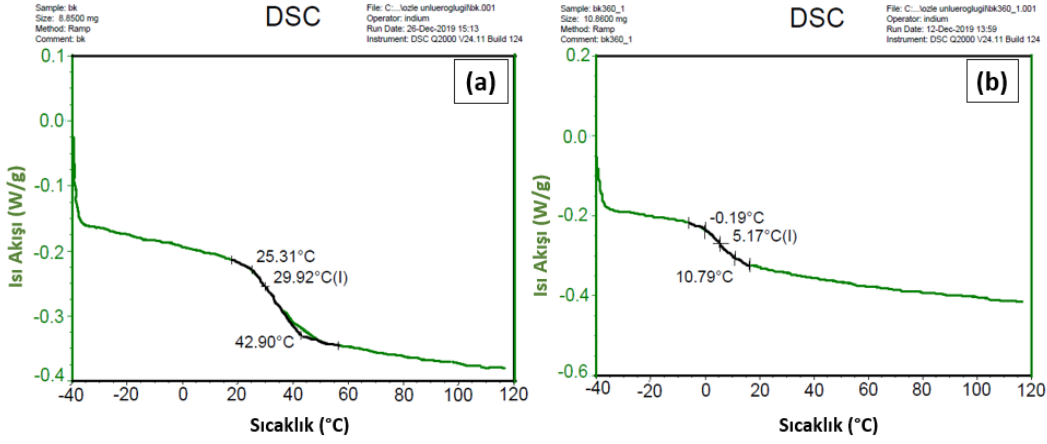
ile camsı geçiş sıcaklığı arttırılmaktadır. (Marques et al., 2007; Karaoğlu vd., 2009; Denge, 2011; Koç ve Kaymak Ertekin, 2016; Yıldız Turgut ve Bayır Yeğin, 2019).

Ayva, balkabağı ve kivi pürelerinden farklı kurutma yollarıyla elde edilmiş, düşük nem ve su aktivitesi değerlerine göre kurutulmuş ürünler arasından seçilen olan toz örneklerinin camsı geçiş sıcaklıkları sırasıyla Şekil 4.33, Şekil 4.34 ve Şekil 4.35'te verilmiştir.



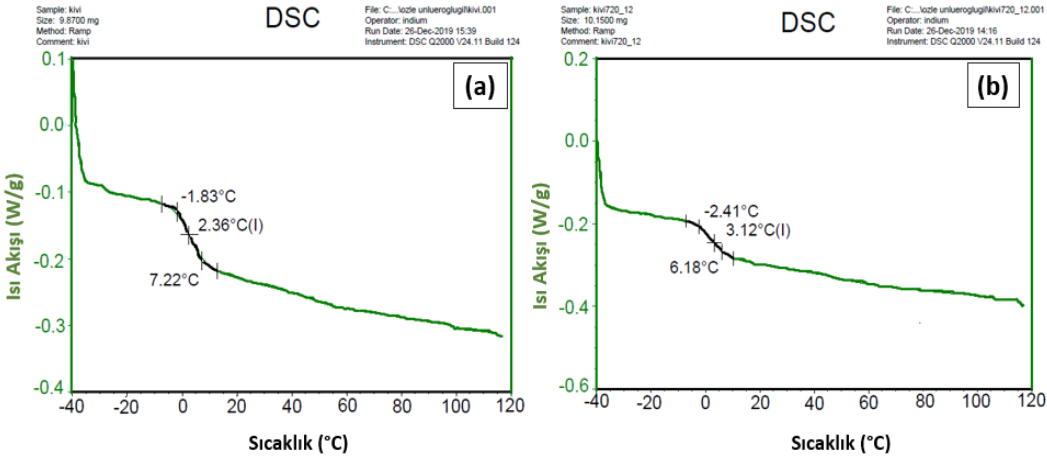
Şekil 4.33. Ayva püresinin (a) DK ve (b) 720 W MFK + 1 m/s TTK kombinasyonunda kurutma işlemleriyle elde edilen toz örneklerinin DSC analiz grafiği.

Ayva püresi tozlarının DSC analiz sonuçları incelendiğinde düşük sıcaklıklarda kurutulmuş olan toz örneklerinin camsı geçiş sıcaklığı $-12.77\text{ }^{\circ}\text{C}$ iken sıcak havanın etkisi ile kurutulmuş toz örneklerinin camsı geçiş sıcaklığı $16.27\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak belirlenmiştir. DK sonucu daha tanecikli toz partikülleri elde edilirken 720 W MFK + 1 m/s TTK kombinasyonu sonucu elde edilen ayva püresi tozları daha lastiğimsi yapışık bir yapı göstermiştir. Literatürde ayva çekirdeği üzerine yapılan çalışmalarda camsı geçiş sıcaklıkları belirlenmişken ayva ve ayva püresi hakkında bir araştırmaya rastlanmamıştır.



Şekil 4.34. Balkabağı püresinin (a) DK ve (b) 360 W MFK + 1 m/s TTK kombinasyonunda kurutma işlemleriyle elde edilen toz örneklerinin DSC analiz grafiği.

Şekil 4.34’de görüldüğü üzere balkabağı püresinin dondurarak kurutma sonucu camsı geçiş sıcaklığı 29.92 °C olarak belirlenmiştir. Bu sıcaklıktan düşük sıcaklıklarda kurutma işlemi yapıldığı için tanecikli bir toz ürün meydana gelmiştir. 360 W MFK + 1 m/s TTK kombinasyonu sonucu balkabağı püresi tozunun camsı geçiş sıcaklığı 5.17 °C olarak Şekil 4. 34 (b) kısmında görülmektedir.



Şekil 4.35. Kivi püresinin (a) DK ve (b) 720 W MFK + 1 m/s TTK kombinasyonunda kurutma işlemleriyle elde edilen toz örneklerinin DSC analiz grafiği.

Kivi püresi tozunun DSC termogramlarına bakıldığında dondurarak kurutulmuş toz örneğin camsı geçiş sıcaklığı 2.36 °C olarak bulunmuş ve 720 W MFK + 1 m/s TTK kombinasyonu ile elde edilmiş tozun camsı geçiş sıcaklığı 3.12 °C olarak bulunmuştur. Kivi püresinin ve maltodekstrin (MD) ilaveli kivi püresinin

DSC termogramlarının incelendiği bir çalışmada camsı geçiş sıcaklıkları sırasıyla -18.31 °C ve -5.49 °C olarak bulunmuştur (Caliskan et al., 2015).

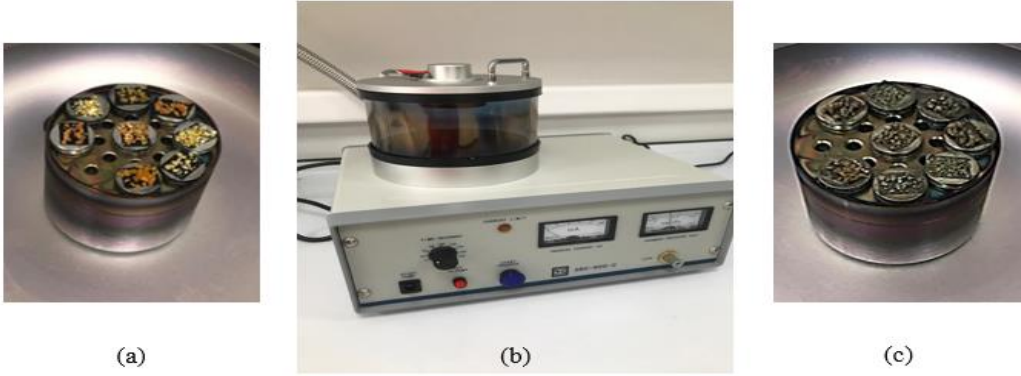
Bu tez kapsamında yapılan çalışma ile DK sonuçlarının farklı çıkmasının kullanılan MD'nin ve kivi meyvesinin farklılıklarından, eklenen miktarlara ve kivinin hasat zamanına kadar geniş bir yelpazede farklılık göstermesinden kaynaklanabilir. Kivi püresi örneklerinde düşük sıcaklıklarda kurutulan örneklerin açık renkli ve toz formuna uygun tanecikli yapı gösterdiği görülmüştür. Kombinasyon kurutmalardan MFK + TKK işlemi sonucu elde edilen daha koyu yeşil renkli ve hafif lastiksi yapı gözlemlenmiştir.

Bazı kurutma denemelerinin sonucunda ayva, balkabağı ve kivi püre örnekleri toz hale öğütülemeden lastiğimsi, yapışkan bir hal almıştır. Bunun nedeni olarak ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin kimyasal bileşimi, kurutma sıcaklığı, gıdanın nemi ve sıcaklığa bağlı kabuk oluşumları sayılabilir.

Maltodekstrinin (18-20 DE) 149-151 °C aralığında değişen camsı geçiş sıcaklığı olduğu belirtilmiştir (Goula and Adamopoulos, 2008). Eser (2014) yaptığı bir çalışmada domates salçasının camsı geçiş sıcaklığının nem içeriği ve domatesin içerdiği organik asitlerle ilgili olduğunu belirtmiştir. Valsli kurutma ve püskürtmeli kurutma yöntemleri ile elde edilmiş domates tozlarının yapısında bulunan domates salçası ve kullanılan maltodekstrinin camsı geçiş sıcaklıklarını ayrı ayrı yansıtması nedeniyle 3 noktada camsı geçiş değeri bulunduğunu belirtmiştir. Kurutulmuş domates tozu örneklerinin camsı geçiş sıcaklığı üzerine kullanılan hammadde, kurutma ajanı (maltodekstrin ve dekstroz eşdeğer aralığı) ve nem içeriği gibi işlem parametrelerinin etkili olduğu vurgulanmıştır. Bu tez çalışmasında kullanılan maltodekstrin, hammaddelerin organik asit içerikleri ve son ürün nem içerikleri de literatürle uyumlu olarak camsı geçiş sıcaklığı üzerine etkilidir. Ayrıca Eser (2014) çalışmasında, toz ürünlerin topaklanması ve kekleşmesinin önlenmesi için ürünlerin camsı geçiş sıcaklığından daha düşük bir sıcaklıkta depolamasının en kolay yöntem olduğunu belirtmiştir.

4.8 SEM Sonuçları

Kurutma işlemleri sonucu kombinasyon kurutmalardan düşük nem içeriği yüzdesi ve düşük ıslanabilirlik sonuçları göz önüne alınarak seçilen örnekler görüntülemenin net ve daha iyi olması için Şekil 4.36'da da görüldüğü üzere altın kaplamaya maruz bırakılmıştır. Örneklerin morfolojik yapılarının incelenip kıyaslanabilir olması da göz önüne alınarak ayva püresi tozlarından ve balkabağı püresi tozlarından 3'er örnek ile kivi püresi tozundan 2 örnek seçilmiş olup Ege Üniversitesi Merkezi Araştırma Test ve Analiz Laboratuvarı (EGE MATAL)'nda incelenmiştir.



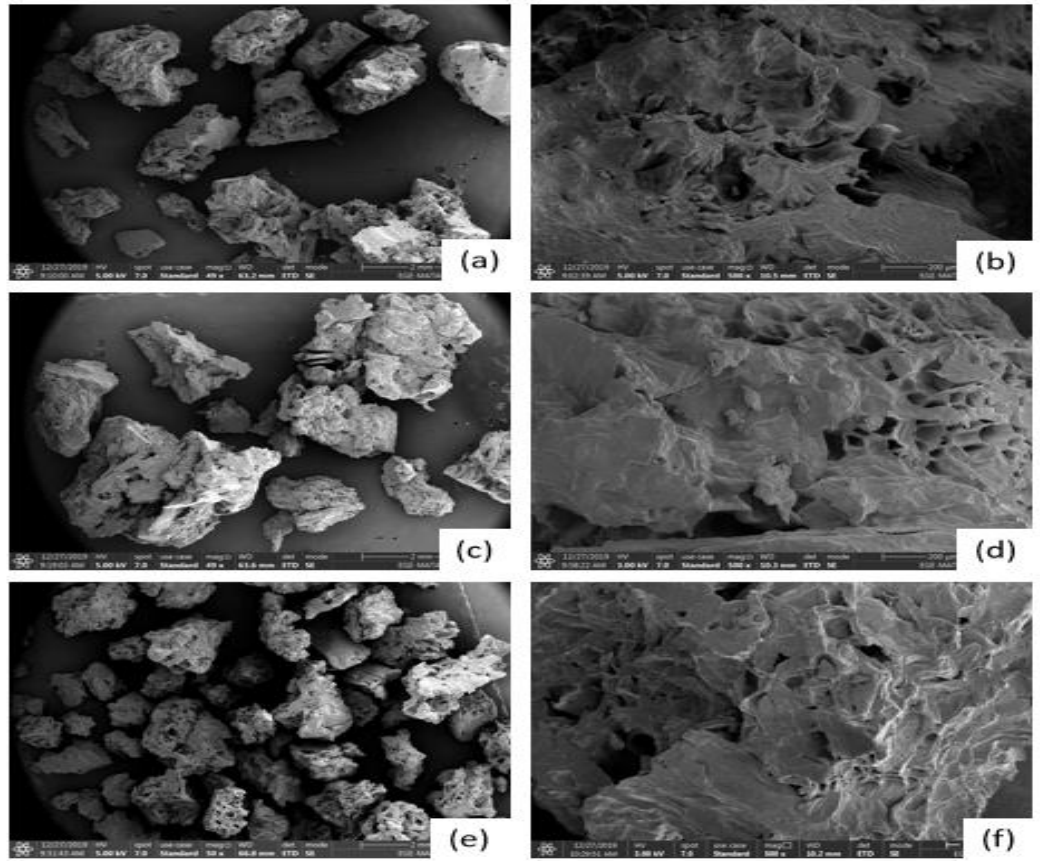
Şekil 4.36. SEM hazırlık (a) kaplama öncesi örnekler (b) kaplama cihazı (c) kaplama sonrası örnekler.

Ayva ve balkabağı püre tozlarında örnekler seçilirken, Kuruma hızının parçacık morfolojisine etkisi olup olmadığı incelenmiştir. Kivi püresi tozunda örnekler seçilirken ise kurutma kombinasyonlarından ikinci kurutma sabit tutulmuş ilk kurutmanın ise kurutma yöntemi 540 W MFK'dan DK'ya değiştirilmiştir.

Ayva, balkabağı ve kivi püresi tozu için seçilen örneklerin SEM görüntüleri sırasıyla Şekil 4.37, Şekil 4.38 ve Şekil 4.39'da görülmektedir. (a), (c), (e) kodlu resimlerde parçacıkların 49-50 x büyütme ve (b), (d), (f) kodlu resimlerde 500 x büyütme patikül yapıları görülebilmektedir.

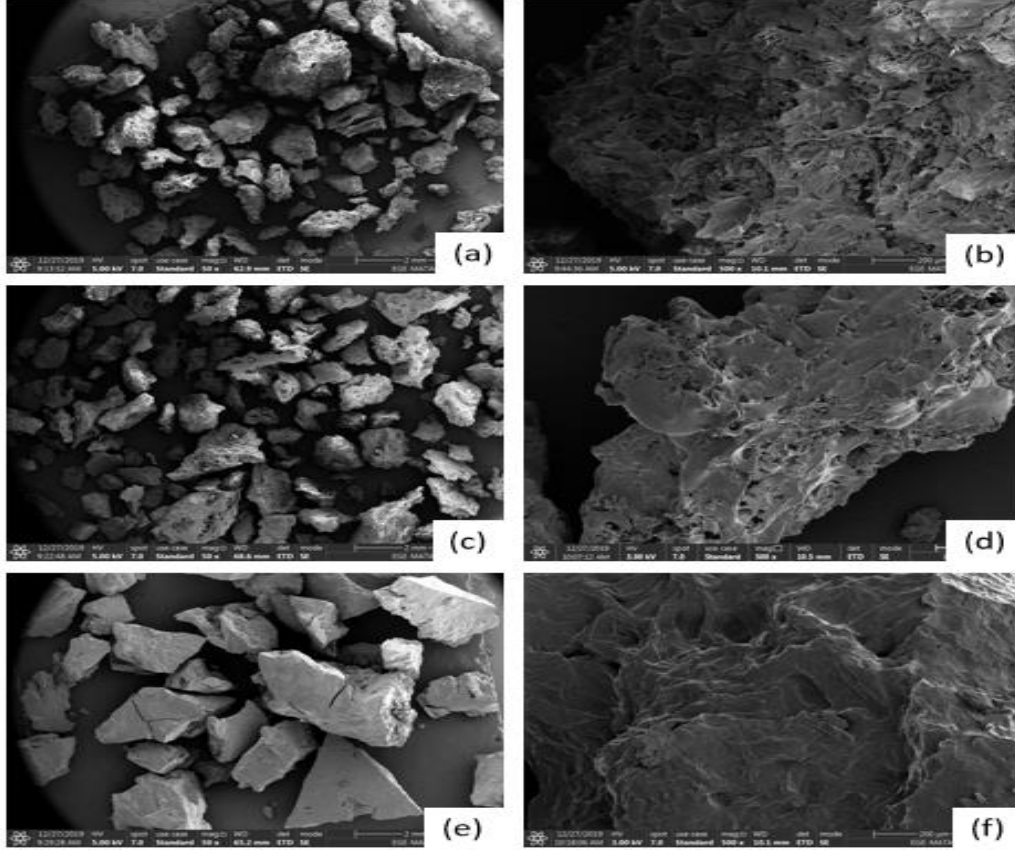
Ayva püresinde 360 W MFK sabit tutulup 1 m/s TKK işlemi 1.5 m/s TKK olarak ((a)'dan (c)'ye ve (b)'den (d)'ye) değişmiştir. Bu TKK işlemindeki hava hızı değişimi mikro boyutta gözeneklerin daha yuvarlağımsı görülmelerine neden

olmuştur. 360 W MFK + 1 m/s TTK kombinasyon kurutması sonucu elde edilen toz parçacıkları düz ve levhaya benzer görünümle beraber kırçilli bir gözeneklenmeye sahipken 360 W MFK + 1.5 m/s TTK kombinasyon kurutması sonucu elde edilen toz parçacıklarının daha düz ve levha benzeri alanların daha net olduğu ve gözeneklerin kırçıl yapıdan yuvarlaklı yapıya değiştiği Şekil 4.37-b ve Şekil 4.37-d'de görülmektedir. Aynı zamanda kurutma kombinasyonlarından ikinci kurutma olan 1.5 m/s TTK işlemleri sabit tutulup kombinasyonların ilk kurutmaları 360 W MFK ve DK ((c)'den (e)'ye ve (d)'den (f)'ye) olarak seçilmiştir. Buna bağlı olarak MFK işleminin ilk kurutma olduğu durum (Şekil 4.37-d) DK işleminin ilk kurutma olduğu duruma (Şekil 4.37-f) kıyasla daha düz ve levha benzeri yapılar gösterdiği söylenebilmektedir.



Şekil 4.37. Ayva püresi tozlarının SEM görüntüleri (a) 360 W MFK + 1 m/s TTK kombinasyon kurutma sonrası ayva püresi tozu 49 x büyütme (b) 360 W MFK + 1 m/s TTK kombinasyon kurutma sonrası ayva püresi tozu 500 x büyütme (c) 360 W MFK + 1.5 m/s TTK kombinasyon kurutma sonrası ayva püresi tozu 49 x büyütme (d) 360 W MFK + 1.5 m/s TTK kombinasyon kurutma sonrası ayva püresi tozu 500 x büyütme (e) DK + 1.5 m/s TTK kombinasyon kurutma sonrası ayva püresi tozu 50 x büyütme (f) DK + 1.5 m/s TTK kombinasyon kurutma sonrası ayva püresi tozu 500 x büyütme.

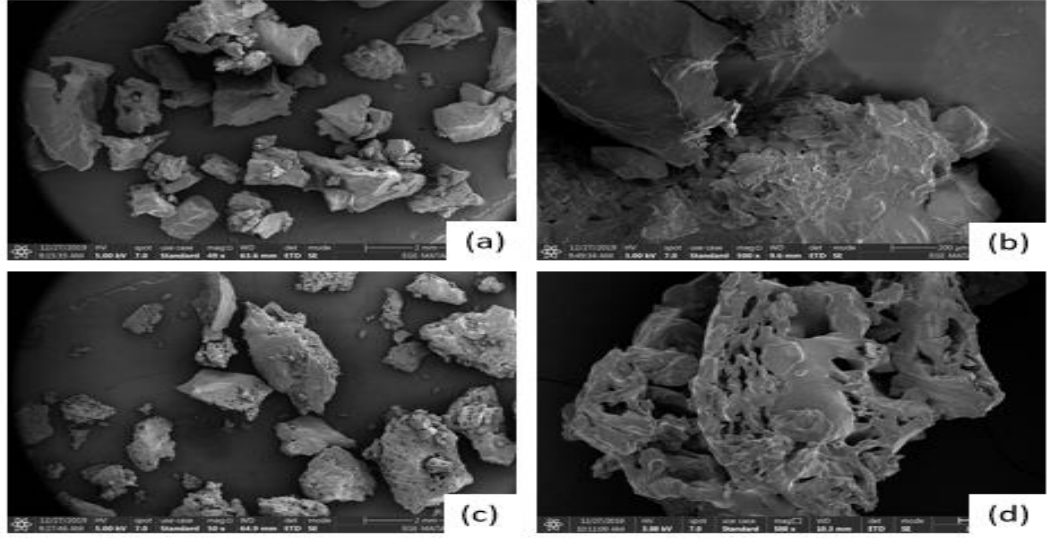
Balkabağı püresi tozunun oluşumunda DK sabit tutulup TKK da kurutucu hızının (0.5 m/s hava hızından 1 m/s hava hızına) değişimi mikro boyutta daha az gözenek oluşumuna neden olmuştur .



Şekil 4.38. Balkabağı püresi tozlarının SEM görüntüleri (a) DK + 0.5 m/s TKK kombinasyon kurutma sonrası balkabağı püresi tozu 50 x büyütme (b) DK + 0.5 m/s TKK kombinasyon kurutma sonrası balkabağı püresi tozu 500 x büyütme (c) DK + 1 m/s TKK kombinasyon kurutma sonrası balkabağı püresi tozu 50 x (d) DK + 1 m/s TKK kombinasyon kurutma sonrası balkabağı püresi tozu 500 x büyütme (e) 360 W MFK + 1 m/s TKK kombinasyon kurutma sonrası balkabağı püresi tozu 50 x büyütme (f) 360 W MFK + 1 m/s TKK kombinasyon kurutma sonrası balkabağı püresi tozu 500 x büyütme.

Şekil 4.38-b'de DK + 0.5 m/s TKK kombinasyon kurutması sonucu elde edilen toz parçacıkları çok kırçillı bir gözeneklenmeye sahip olarak görülmektedir. DK + 1 m/s TKK kombinasyon kurutması sonucu elde edilen toz parçacıklarının daha düz ve levha benzeri alanların daha net olduğu, gözeneklerin kırçıl yapıdan daha yuvarlaklı yapıya değiştigi (Şekil 4.38-d) söylenebilir.

Aynı zamanda kurutma kombinasyonlarından ikinci kurutma olan 1 m/s TTK işlemleri sabit tutulup kombinasyonların ilk kurutmaları DK ve 360 W MFK olarak seçilmiştir. Buna bağlı olarak DK işleminin ilk kurutma olduğu durum (Şekil 4.38-d) 360 W MFK işleminin ilk kurutma olduğu duruma (Şekil 4.38-f) kıyasla daha gözenekli yapılar gösterdiği söylenebilmektedir.



Şekil 4.39. Kivi püresi tozlarının SEM görüntüleri (a) 540 W MFK + 1 m/s TTK kombinasyon kurutma sonrası kivi püresi tozu 49 x büyütme (b) 540 W MFK + 1 m/s TTK kombinasyon kurutma sonrası kivi püresi tozu 500 x büyütme (c) DK + 1 m/s TTK kombinasyon kurutma sonrası kivi püresi tozu 50 x büyütme (d) DK + 1 m/s TTK kombinasyon kurutma sonrası kivi püresi tozu 500 x büyütme.

540 W MFK + 1 m/s TTK kombinasyon kurutması sonucu elde edilen toz parçacıkları daha çok düz ve levha benzeri bir yapıya ve daha az gözeneklenmeye (Şekil 4.39-b) sahiptir. DK + 1 m/s TTK kombinasyon kurutması sonucu elde edilen toz parçacıklarının daha gözenekli bir yapıda olduğu (Şekil 4.39-d) görülmektedir.

Literatüre bakıldığında dondurarak kurutulmuş maltodekstrin ilaveli kivi püre tozu (Caliskan et al., 2015) ile benzerlikler görülmüş kırçilli ve gözenekli yapı gözlemlenmiştir. Vakum ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı dilimlerinin ise daha levha benzeri yapıda olduğu (Yıldız, 2019) belirtilen bir başka çalışma ile de benzer sonuçlar yakalanmıştır. Bal ile ilgili yapılan bir çalışmada püskürtmeli kurutma ve dondurarak kurutma uygulanmıştır. Bal örnekleri yüksek kurutma sıcaklıklarına maruz kaldığında hızlı bir kabuk oluşturması nedeniyle püskürtmeli

kurutmada pürüzsüz ve yuvarlak homojen yapı görülmüştür. Dondurarak kurutulmuş bal örneklerinin SEM görüntülerinde ise daha pürüzlü, girinti çıkıntılara sahip kırçilli ve gözenekli yapıda olduğu belirtilmiştir (Koç, 2015). Ayva, balkabağı ve kivi püre tozlarının SEM analiz sonuçlarına genel olarak bakıldığında DK işleminin yapıya daha çok gözeneklilik kazandırmış olması tozların daha hava boşluklu ve kabarık olmasını sağlarken MFK ve TKK işlemlerinin parçacıkların bütünleşip öbikleşmesine, kurutma esnasında örneklerde kabuk benzeri yapıların oluşmasına ve daha az gözenekli yapıda olmasına neden olduğu söylenebilmektedir.

4.9 Kurutma İşlemlerinde Enerji Verimliliği Ölçümünün Sonuçları

Kurutma işlemleri sırasında kullanılan her bir kurutma cihazının elektrik tüketimi seyyar bir elektrik sayacıyla kurutma boyunca kWh cinsinden ölçülerek saat başına harcanılan enerji kaydedilmiştir. Ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin kurutma işlemlerine kadar geçen sürede -24 °C'de donmaları sırasında harcanan enerji hesaplamalara dahil edilmemiştir. Kurutmalar boyunca ürünlerden uzaklaşan su miktarları, kuruma süreleri ve enerji sarfiyatları (Tablo 4.21, Tablo 4.22 ve Tablo 4.23) hesaba katılarak Tablo 4.24, Tablo 4.25 ve Tablo 4.26'da görülen nem alma hızı (MER), özgül nem alma hızı (SMER) ve özgül enerji tüketimi (SEC) değerleri hesaplanmıştır. Hesaplamalar sadece kurutmanın başarı ile gerçekleştirildiği ve toz ürün elde edilebilen kurutma koşullarında gerçekleştirilmiştir.

Ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin farklı koşullarda kurutulmalarından önce hazırlanmış püre örneklerinden her seferinde 30.23 ± 0.2 gram püre tartılarak kurutmalara başlanmıştır.

Ayva püresinin kurutulması sırasında 1 m/s TKK + 900 W MFK kombinasyonunda 0.0216 kg ile en düşük uzaklaşan su kütlesi ve DK'da ise 0.0247 kg ile en yüksek uzaklaşan su kütlesi Tablo 4.21'de görülmektedir.

Balkabağı püresinin kurutulması sırasında 1 m/s TKK'da 0.0238 kg ile en düşük uzaklaşan su kütlesi ve DK'da ise 0.0273 kg ile en yüksek uzaklaşan su kütlesi Tablo 4.22'de görülmektedir.

Tablo 4.21. Ayva püresinde farklı işlem koşulları olan kurutucularda kurutma boyunca uzaklaşan su kütlesi, kuruma süreleri ve enerji sarfiyatları.

KOŞULLAR			Üründen uzaklaştırılan su (kg)	Kuruma Süresi (h)	Enerji sarfiyatı (kWh)	
AYVA	TKK	0.5 m/s	0.0226	5.67	27.86	
		1 m/s	0.0226	5.00	33.99	
		1.5 m/s	0.0222	4.67	48.79	
	DK	DK	0.0247	9.00	5.03	
	MFK + TKK KOMBİNASYONU	0.5 m/s	180W	0.0223	11.24	50.13
			360W	0.0226	12.28	51.02
			540W	0.0226	12.42	52.08
			720W	0.0225	11.90	52.09
			900W	0.0225	11.72	50.68
			1 m/s	180W	0.0219	10.24
		360W		0.0223	10.12	53.73
		540W		0.0220	10.08	53.12
		720W		0.0221	10.57	57.37
		900W		0.0217	10.88	57.36
		1.5 m/s		180W	0.0217	11.74
			360W	0.0218	11.28	64.17
	540W		0.0219	11.25	64.36	
	720W		0.0221	11.23	65.53	
	900W		0.0224	11.22	65.63	
	DK + TKK		DK	0.5 m/s	0.0235	7.50
		1 m/s		0.0222	6.67	26.09
		1.5 m/s		0.0229	6.50	34.63
	TKK + MFK	0.5 m/s	180W	0.0228	2.31	10.44
		1 m/s	180W	0.0226	2.23	11.36
1 m/s		900W	0.0216	2.02	17.83	

Kivi püresinin kurutulması sırasında 180 W MFK + 1 m/s TKK kombinasyonunda 0.0209 kg ile en düşük uzaklaşan su kütlesi ve DK + 1 m/s TKK kombinasyonunda ise 0.0228 kg ile en yüksek uzaklaşan su kütlesi Tablo 4.23'te görülmektedir.

Tablo 4.21 ve Tablo 4.22'ye bakıldığı zaman ayva ve balkabağı pürelerinin en düşük kuruma süreleri TKK + MFK kombinasyonunun bazı parametrelerinde olduğu görülmektedir. Tablo 4.23'te ise en düşük kuruma süresi DK yönteminde elde edilmiştir.

Ayva, balkabağı ve kivi püreleri için de MFK + TKK kombinasyonlarının TKK yöntemine kıyasla kuruma sürelerini arttırdığı görülmektedir. Örneklerin ilk olarak MFK ile kurutulmasında yüksek ve hızlı kurutma sebebiyle yüzeyde kuru bir tabaka alt taraflarda ise daha nemli kalan bir bölge oluşmuş ve bu nedenle TKK ile kombine edildiğinde çok daha uzun sürelerde kuruma meydana gelmiştir.

Tablo 4.22. Balkabağı püresinde farklı işlem koşulları olan kurutucularda kurutma boyunca uzaklaşan su kütlesi, kuruma süreleri ve enerji sarfiyatları.

KOŞULLAR			Üründen uzaklaştırılan su (kg)	Kuruma Süresi (h)	Enerji sarfiyatı (kWh)	
BALKABAĞI	TKK	0.5 m/s	0.0238	6.33	31.14	
		1 m/s	0.0238	6.17	41.33	
		1.5 m/s	0.0239	5.50	54.13	
	DK	DK		0.0273	9.00	5.03
		MFK + TKK KOMBİNASYONU	180W	0.5 m/s	0.0242	15.06
	360W		0.0239		15.11	69.12
	540W		0.0239		15.08	70.31
	720W		0.0240		15.23	70.71
	900W		0.0239		15.38	71.46
	180W		1 m/s		0.0242	10.23
	360W	0.0243		12.61	73.13	
	540W	0.0243		10.42	63.68	
	720W	0.0243		9.73	62.88	
	900W	0.0243		10.22	38.57	
	180W	1.5 m/s		0.0241	14.89	85.36
	360W		0.0242	12.44	73.46	
	540W		0.0242	13.58	78.59	
	720W		0.0241	13.40	78.17	
	900W		0.0240	13.72	78.24	
	DK+MFK		DK	180W	0.0245	4.50
	DK + TKK	DK	0.5 m/s	0.0249	8.67	24.79
			1 m/s	0.0249	7.17	22.44
			1.5 m/s	0.0248	7.17	33.45
	TKK + MFK	0.5 m/s	180W	0.0246	2.69	14.48
1 m/s		180W	0.0246	2.28	13.95	
1 m/s		900W	0.0242	2.02	10.28	

Tablo 4.23. Kivi püresinde farklı işlem koşulları olan kurutucularda kurutma boyunca uzaklaşan su kütlesi, kuruma süreleri ve enerji sarfiyatları.

KOŞULLAR			Üründen uzaklaştırılan su (kg)	Kuruma Süresi (h)	Enerji sarfiyatı (kWh)	
KIVI	TKK	0.5 m/s	0.0218	13.67	64.99	
		1 m/s	0.0217	12.83	74.16	
		1.5 m/s	0.0218	11.50	65.98	
	DK	DK		0.0225	9.00	5.03
		MFK + TKK	180W	1 m/s	0.0209	15.73
	360W		0.0216		15.10	79.08
	540W		0.0226		14.91	75.6
	720W		0.0221		15.56	78.45
	900W		0.0214		16.38	87.49
	DK + TKK	DK	1 m/s	0.0228	10.67	35.74

Tablo 4.24, Tablo 4.25 ve Tablo 4.26’da verilen MER değeri kurutucudan birim zamanda uzaklaşan suyun kütlesini (kg/saat), SMER değeri, birim enerji kullanımıyla birlikte üründen uzaklaşan suyun kütlesini (kg/kWh) ve SEC değeri ise ürünün kurutulması sırasında örnekten birim miktardaki suyu uzaklaştırmak için

gerekli olan enerji miktarını (kJ/kg) ifade etmektedir. SEC değeri bazı literatürlerde MJ/kg olarak da verilmiştir (Baysal et al., 2015).

Tablo 4.24. Ayva püresinin farklı kurutma koşullarında hesaplanan nem alma hızı (MER), özgül nem alma hızı (SMER) ve özgül enerji tüketimi (SEC) değerleri.

KOŞULLAR			MER (kg/h)	SMER (kg/kWh)	SEC (kJ/kg)	
AYVA	TKK	0.5 m/s	0.0040	0.0008	4441806.909	
		1 m/s	0.0045	0.0007	5404770.318	
		1.5 m/s	0.0048	0.0005	7915457.413	
	DK	DK	0.0027	0.0049	732524.272	
	MFK + TKK KOMBİNASYONU	0.5 m/s	180W	0.0020	0.0004	8110921.348
			360W	0.0018	0.0004	8123485.184
			540W	0.0018	0.0004	8295929.204
			720W	0.0019	0.0004	8341814.947
			900W	0.0019	0.0004	8126859.688
		1 m/s	180W	0.0021	0.0004	8834719.050
			360W	0.0022	0.0004	8689487.871
			540W	0.0022	0.0004	8696316.508
			720W	0.0021	0.0004	9353804.348
			900W	0.0020	0.0004	9507182.320
		1.5 m/s	180W	0.0019	0.0003	10589599.632
			360W	0.0019	0.0003	10601743.919
	540W		0.0019	0.0003	10589396.709	
	720W		0.0020	0.0003	10679402.445	
	DK + TKK	DK	0.5 m/s	0.0031	0.0010	3526593.033
			1 m/s	0.0033	0.0009	4228905.898
			1.5 m/s	0.0035	0.0007	5434524.847
TKK + MFK	0.5 m/s	180W	0.0099	0.0022	1646976.337	
	1 m/s	180W	0.0101	0.0020	1809557.522	
	1 m/s	900W	0.0107	0.0012	2975799.722	

Tablo 4.24’de görüldüğü üzere ayva püresinin kurutulması sırasında kurutucudan 1 saatte uzaklaşan su miktarı (MER, kg/h) en yüksek 1 m/s TKK + 900 W MFK kombinasyonunda, birim enerji kullanımıyla birlikte üründen uzaklaşan suyun kütlesi (SMER, kg/kWh) en yüksek DK’da ve ürünün kurutulması sırasında örnekten birim miktardaki suyu uzaklaştırmak için gerekli olan enerji miktarı (SEC, kJ/kg) en düşük DK işleminde görülmüştür.

Tablo 4.25. Balkabağı püresinin farklı kurutma koşullarında hesaplanan nem alma hızı (MER), özgül nem alma hızı (SMER) ve özgül enerji tüketimi (SEC) değerleri.

KOŞULLAR			MER (kg/h)	SMER (kg/kWh)	SEC (kJ/kg)	
BALKABAĞI	TKK	0.5 m/s	0.0038	0.0008	4706297.229	
		1 m/s	0.0039	0.0006	6262121.212	
		1.5 m/s	0.0043	0.0004	8160301.508	
	DK	DK	0.0030	0.0054	663296.703	
	MFK + TKK KOMBİNASYONU	180W 360W 540W 720W 900W	0.5 m/s	0.0016	0.0004	10184132.231
				0.0016	0.0003	10402675.585
				0.0016	0.0003	10572932.331
				0.0016	0.0003	10602082.466
				0.0016	0.0003	10772864.322
		180W 360W 540W 720W 900W	1 m/s	0.0024	0.0004	9196039.604
				0.0019	0.0003	10825164.474
				0.0023	0.0004	9445735.476
				0.0025	0.0004	9307894.737
				0.0024	0.0006	5716426.513
		180W 360W 540W 720W 900W	1.5 m/s	0.0016	0.0003	12756164.384
				0.0019	0.0003	10927933.884
	0.0018			0.0003	11705585.436	
	0.0018			0.0003	11691400.083	
	0.0017			0.0003	11750688.360	
	DK + MFK	DK	180W	0.0054	0.0104	347200.654
	DK + TKK	DK	0.5 m/s	0.0029	0.0010	3582657.567
1 m/s			0.0035	0.0011	3250865.191	
1.5 m/s			0.0035	0.0007	4849778.494	
TKK + MFK	0.5 m/s	180W	0.0091	0.0017	2121611.722	
	1 m/s	180W	0.0108	0.0018	2041463.415	
	1 m/s	900W	0.0120	0.0023	1532422.360	

Tablo 4.25’de görüldüğü üzere balkabağı püresinin kurutulması sırasında kurutucudan 1 saatte uzaklaşan su miktarı (MER, kg/h) en yüksek 1 m/s TKK + 900 W MFK kombinasyonunda, birim enerji kullanımıyla birlikte üründen uzaklaşan suyun kütlesi (SMER, kg/kWh) en yüksek DK + 180 W MFK kombinasyonunda ve ürünün kurutulması sırasında örnekten birim miktardaki suyu uzaklaştırmak için gerekli olan enerji miktarı (SEC, kJ/kg) en düşük DK + 180 W MFK kombinasyonunda görülmüştür.

Tablo 4.26. Kivi püresinin farklı kurutma koşullarında hesaplanan nem alma hızı (MER), özgül nem alma hızı (SMER) ve özgül enerji tüketimi (SEC) değerleri

KOŞULLAR			MER (kg/h)	SMER (kg/kWh)	SEC (kJ/kg)	
KIVI	TKK	0.5 m/s	0.0016	0.0003	10727372.765	
		1 m/s	0.0017	0.0003	12286056.144	
		1.5 m/s	0.0019	0.0003	10890784.044	
	DK	DK	0.0025	0.0045	805157.848	
	MFK + TKK	180W 360W 540W 720W 900W	1 m/s	0.0013	0.0003	14384527.221
				0.0014	0.0003	13210580.046
				0.0015	0.0003	12063829.787
				0.0014	0.0003	12756097.561
				0.0013	0.0002	14697340.177
	DK + TKK	DK	1 m/s	0.0021	0.0006	5633274.956

Tablo 4.26’da görüldüğü üzere kivi püresinin kurutulması sırasında kurutucudan 1 saatte uzaklaşan su miktarı (MER, kg/h) en yüksek DK’da, birim enerji kullanımıyla birlikte üründen uzaklaşan suyun kütlesi (SMER, kg/kWh) en yüksek DK’da ve ürünün kurutulması sırasında örnekten birim miktardaki suyu uzaklaştırmak için gerekli olan enerji miktarı (SEC, kJ/kg) en düşük DK’da görülmüştür.

Elma dilimlerinin kurutulması sonucu kalite özellikleri ve enerji verimliliği çalışılmıştır. Tepsili kurutma, dondurarak kurutma, ısı pompalı kurutucu ve mikrodalga kurutma için sırasıyla SMER değerleri 0.045, 0.014, 2.261 ve 0.580 kg/kWh, MER değerleri ise sırasıyla 0.154, 0.015, 0.541 ve 0.209 kg/h aralığında olduğu verilmiştir. Kurutma yöntemlerinden ısı pompalı kurutucuda kurutma işleminin en yüksek SMER ve MER değerlerine en düşük enerji verimliliğine sahip olduğu belirtilmiştir (Baysal et al., 2015). Bu tez çalışmasında elma dilimi yerine ayva, balkabağı ve kivi püreleri kullanılmış ve SMER değerleri 0.0003 ile 0.0054 kg/kWh aralığında hesaplanmıştır. Ayva, balkabağı ve kivi püreleri için MER değerleri 0.0016 ile 0.0039 kg/h aralığında değişmektedir.

Bu sonuçlara bakıldığında ayva, balkabağı ve kivi pürelerinin kurutulması sırasında enerji verimliliği olarak en uygun kurutma işlemleri sırasıyla DK, DK ardından 180 W mikrodalga gücünde MFK ve DK olarak tablolarda görülmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ayva, balkabağı ve kivi üretiminde Türkiye dünyada ilk 10'da yer almasına rağmen kullanım alanlarının az olması ve taze tüketilebilirliğinin kısa sürmesi bir dezavantaj sağlamaktadır. Bu dezavantajların önüne geçmek, kullanım alanlarını çeşitlendirmek, raf ömrünü arttırmak, taşıma ve depolama kolaylığı sağlamak için bu tez çalışması yürütülmüştür.

Ayva, balkabağı ve kivi püre halinde mikrodalga fırında kurutma (MFK), tepsili kurutucuda kurutma (TKK), dondurarak kurutma (DK) ve bu yöntemlerin kombinasyonlarıyla kurutulmuştur. Kurutma yöntemleri arasında fark olup olmadığı da tez kapsamında incelenmiştir. Buna göre;

- Kuruma süresi,
- Kurutulmuş son ürünün öğütülmesiyle toz oluşumu,
- Kuruma boyunca enerji tüketimi ve
- Son ürün rengi bakımından farklar gözlemlenmiştir.

Kurutma işlemleri kombine edilerek gözlemlenen farkların nasıl bir sonuç alacağı merak edilmiş ve literatüre katkı sağlaması amaçlanmıştır.

MFK yöntemi diğer kurutmalara kıyasla süre bakımından avantajlı olsa da bazı koşullarda ürünlerde yanmalar meydana gelmiştir. TKK yönteminde ise uzun kuruma süreleri ve örneklerin kuruma yüzeylerinde kabuk oluşumu görülmüştür. DK yönteminin ise işletme maliyeti diğer kurutma yöntemlerine göre daha yüksektir. Bu dezavantajlardan yola çıkarak farklı kombinasyonlar (MFK + TKK, MFK + DK, TKK + MFK, TKK + DK, DK + MFK ve DK + TKK) denenmiştir. Kombinasyon kurutmaların amacı tek bir kurutma sürecinde birkaç kurutma işlemini deneyerek kurutma verimliliğinde gelişme sağlamaktır. Kombine kurutmalarla ürün kalitesinin iyileştirilmeye çalışılması avantaj olarak düşünülmektedir. Fakat doğru olarak yapılmayan kombinasyonlar hem zaman hem de sermaye kaybı olarak değerlendirilebilir. Doğru kombinasyonları belirlemek adına bir çok farklı koşulda denemeler yapılmıştır. Yapılan denemelerden MFK + DK ve TKK + DK kombinasyonları lastiğimsi ve öğütülüp toz ürün elde

edilemeyen yapıda bir son ürün oluşturmuştur. Bu kombinasyonlar ayva, balkabağı ve kivi püre tozu üretiminde uygun bulunmamıştır.

MFK için 180, 360, 540, 720 ve 900 W mikrodalga güçlerinde; TKK için 70°C sabit sıcaklıkta 0.5, 1 ve 1.5 m/s hava hızlarında; DK için -48 °C'de 10 °C plaka sıcaklığında ve 13.33 kPa mutlak basınç altında kurutma işlemleri gerçekleştirilmiştir. MFK işleminde mikrodalga gücüne bağlı olarak nem oranı 0.20 ile 0.26 aralığındayken yanma görülmüştür. Bu nedenle ayva, balkabağı ve kivi pürelerinde MFK kombinasyonları için yanma görülmeyecek şekilde çalışma parametreleri seçilmiştir. Diğer kombine kurutmalarda (TKK ve DK) kurutma işlemlerinin sonlandırılma zamanı kuruma eğrilerindeki azalan bölge sonu olarak belirlenmiştir.

Sırasıyla ayva, balkabağı ve kivi püreleri için MFK, TKK ve DK işlemlerinin süreleri;

- MFK'da (min-max) 17-41, 14.5-32 ve 13-44.5 dk,
- TKK'da (min-max) 280-340, 330-380 ve 690-820 dk ve
- DK'da 540 dk olarak belirlenmiştir.

Sırasıyla ayva, balkabağı ve kivi püreleri için kombinasyon kurutma yöntemleri MFK ve TKK işlem koşullarındaki (MFK'da 5 farklı mikrodalga gücünü ve TKK'da 3 farklı hava hızını) değişimi de kapsayacak şekilde;

- MFK + TKK'da (min-max) 605-745, 584-923 ve 906-983.5 dk,
- MFK + DK'da (min-max) 423.5-434.5, 363-373.5 ve 242.5-254 dk,
- TKK + MFK'da (min-max) 121-138.5, 121-161.5 ve 121-123 dk,
- TKK + DK'da (min-max) 420, 360-390 ve 360 dk,
- DK + MFK'da (min-max) 182-200, 242-270 ve 241-243 dk ve
- DK + TKK'da (min-max) 390-450, 430-520 ve 640 dk olarak kombinasyon süreleri belirlenmiştir.

MFK kısa sürerken her kombinasyon süreyi uzatıyor gibi görünse de MFK sonucunda ürünlerde yanmalar görülmüştür. Bu problem yanma görülmeye

başlanmadan başka bir kurutma işlemine kombine edildiğinde ortadan kaldırılmıştır. MFK + DK kombinasyonu TKK kombinasyonuna kıyasla kısa sürüyor gibi görülse de kurutulmuş son üründe pestil kıvamında, lastiğimsi bir yapı elde edilmiştir.

TKK işleminin MFK ile kombinasyonunda yanmalar görüldüğünden uygun bir kombinasyon olmamıştır. TKK işlemi DK ile kombine edildiğinde ayva ve balkabağı püresi için kuruma süresini uzatırken kivi püresi için kuruma süresini etkin bir şekilde azaltmıştır. TKK + DK kombinasyonlarında ayva, balkabağı ve kivi pürelerinde kurutulmuş son üründe lastiğimsi yapışkan bir yapı meydana gelmiştir.

DK + MFK kombinasyonu DK işleme göre süreyi daha da kısaltmış görülmektedir fakat MFK kısmında yanma olduğundan uygun bir kombinasyon oluşturulamamıştır. DK + TKK kombinasyonunda ayva ve balkabağı püreleri için kuruma süresi DK işleme kıyasla biraz azalmış olsa da kivi püresinde kuruma süresi artış göstermiştir. Süre bakımından bir miktar değişim göstermiş ancak bu kombinasyon sonucu kurutulmuş son üründen öğütülmüş toz oluşumu görülmüştür.

Ayva, balkabağı ve kivi püreleri kurutma süreleri MFK'ya göre sırasıyla en az MFK + TKK kombinasyonunda %35.5, 40.2 ve 69.6 ve MFK + DK kombinasyonunda ise %24.8, 25.03 ve 18.6 artmış; TKK'ya göre sırasıyla en az TKK + MFK kombinasyonunda %2.3, 2.7 ve 5.03 artarken TKK + DK kombinasyonunda %1.5 ve 1.09 artış %1.9 azalmış; DK'ya göre sırasıyla en az DK + MFK kombinasyonunda %2.9, 2.2 ve 2.2 azalmış ve DK + TKK kombinasyonunda da %1.3 ve 1.2 azalırken %1.1 artmıştır. Genel olarak bakıldığında ayva ve balkabağı püre kurutması için kombinasyon kurutmaları kurutma sürelerini uzattığı kivi püre kurutması içinse bazı kombinasyon yöntemlerinin süreyi azalttığı belirlenmiştir.

Uygulanan farklı kombinasyon koşulları sayesinde hangi koşul ve şartta öğütülmüş toz eldesinin, lastikleşmenin ve hatta yanmanın gerçekleştiği belirlenmiştir. Ayva, balkabağı ve kivi püreleri için TKK, DK, MFK + TKK ve DK + TKK işlemlerine ek olarak ayva ve balkabağı püresinde TKK + MFK

kombinasyonunun bazı koşullarında kurutulmuş son üründen elde edilen toz oluşumları görülmüştür. Öğütülen toz ürünlerle analizler gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma içerisinde kullanılan ayva, balkabağı ve kivi püresi örneklerinin %nem içerikleri (yaş bazda) sırasıyla 75.12 ± 0.68 , 80.80 ± 0.09 ve 75.44 ± 0.23 olarak hesaplanmıştır. Kurutmalar sonucunda elde edilen ayva, balkabağı ve kivi püre tozlarının % nem içerikleri (kuru bazda) sırasıyla $2.11 - 10.62$, $5.15 - 14.99$ ve $6.83 - 13.30$ arasında farklı kombinasyon koşullarına göre değişim göstermektedir. %10'dan düşük nem içeren ürünlerin mikrobiyal olarak daha uzun süre muhafaza edilebilir olduğu literatür taramalarında geçmektedir. Su aktivitesi tayini sonucunda en düşük değerleri ayva ve balkabağı püre tozları için $DK + 0.5$ m/s TKK, kivi püresi tozu için DK işlemi vermiştir. Renk analizi sonuçlarına bakıldığında DK işleminin ayva, balkabağı ve kivi püre tozları için en yüksek L^* ve en düşük BI değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Sıcaklık ve ısının etkisiyle gerçekleşen MFK ve TKK işlemlerinde ise en düşük L^* , b^* ve en yüksek BI değerlerine rastlanmıştır. Maltodekstrin ilavesinin nem içeriği, su aktivitesi ve renk değerleri üzerinde olumlu bir etkisi olduğu söylenebilmektedir.

Toz ürün analiz sonuçlarına bakıldığında toz ürünlerde düşük beklenen higroskopite değerleri ürünlerin nem içerikleriyle doğru orantılı bir şekilde değişmiştir. Ayva, balkabağı ve kivi püre tozları için en düşük higroskopite değerlerini veren kurutma işlemleri sırasıyla; 540 W MFK + 1 m/s TKK, 720 W MFK + 1.5 m/s TKK ve 1.5 m/s TKK'dır. Çözünürlük analizi sonuçlarına göre ayva, balkabağı ve kivi püresi tozları her kurutma koşulunda da oldukça yüksek (> 98) çözünürlük değerleri göstermiştir. Ayva ve kivi püre tozları ıslanabilirlik süreleri açısından sırasıyla yaklaşık 30, 60 saniye ve altında sonuçlar vermiştir. Daha yüksek su tutma kapasitesine sahip gıda maddelerinin fonksiyonel bileşenler olarak işlev görebileceği belirtilmiştir. Tutulan suyun, gıdanın hacmini arttırabileceği, ürünlerin viskozitesini ve dokusunu değiştirebileceği literatürde geçmektedir. Ayva püresi tozunun 180 W MFK + 0.5 m/s TKK kombinasyonunda, balkabağı püresi tozunun $DK + 1.5$ m/s TKK kombinasyonunda ve kivi püresi tozunun 720 W MFK + 1 m/s TKK kombinasyonunda en yüksek su tutma kapasitesi değerleri bulunmuştur. Kek gibi gıda ürünlerinde fonksiyonel bir katkı maddesi olarak farklı

koşullarda kurutulmuş püre tozları kullanılacağı zaman uygun viskozite ve hacim için toz ürünlerin yüksek su tutma kapasitesine sahip olması istenilen bir özelliktir.

Tez kapsamında sonuçlara bakıldığında ayva püresinin kurutulması için nem içeriği, su aktivitesi değerleri her yöntem için de benzer aralıklarda görülmektedir. Balkabağı ve kivi pürelerinin kurutulması için MFK + TTK kombinasyonları nem içeriği bakımından diğer kurutmalara göre nispeten daha fazladır. Balkabağı ve kivi püre tozunda en düşük nem içeriği sırasıyla DK + 0.5 m/s TTK (%5.15) ve DK + 1 m/s TTK (%6.83) kombinasyonunda görülmüştür. Renk açısından bakıldığında ayva, balkabağı ve kivi püre tozları için sırasıyla L* (74.53, 86.28 ve 85.96) parlaklık değeri en yüksek ve esmerleşme indeksi (43.05, 72.95 ve 21.05) en düşük olan işlem DK olarak görülmektedir. İnsanlar tarafından algılanan örneklerin renk yoğunluğu olan Kroma değeri en yüksek ayva için 0.5 m/s TTK + 180 W MFK, balkabağı için DK + 1.5 m/s TTK ve kivi için DK + 1 m/s TTK kombinasyonunda elde edilmiştir. Topaklanma istenmeyen bir durum olduğu için higroskopite değeri ayva, balkabağı ve kivi püre tozları için sırasıyla en düşük (%9.46, 2.38 ve 6.64) 540 W MFK + 1 m/s TTK, 720 W MFK + 1.5 m/s TTK ve 1.5 m/s TTK yöntemlerinde hesaplanmıştır. Ürün hacminin artmaması, ambalajlama, depolama ve taşıma için paketlenmiş ürünlerin az yer kaplaması için ayva, balkabağı ve kivi püre tozlarının sırasıyla yığın yoğunluğu en yüksek (623.5, 656.98 ve 477.3 kg/m³) 180 W MFK + 1 m/s TTK, 1 m/s TTK + 180 W MFK ve DK + 1 m/s TTK kombinasyonlarında bulunmuştur. Ayva, balkabağı ve kivi püre tozları için sırasıyla kuruma süreleri (2.02, 2.02 ve 9 sa) ve enerji sarfiyatları (17.83, 10.28 ve 5.03 kWh) en düşük 1 m/s TTK + 900 W MFK, 1 m/s TTK + 900 W MFK ve DK yöntemlerinde ölçülmüştür.

Ayva ve balkabağı pürelerini kurutmak için DK ve DK + 0.5 m/s TTK kombinasyonu nem içeriği, renk, toz ürün özellikleri ve enerji sarfiyatı bakımından diğer kurutmalara kıyasla önerilebilir. Her iki kurutma yöntemi de hem ayva hem de balkabağı püre tozu için uygun seçilmiştir. Kivi püresi tozu için ise hem DK hem de DK + 1 m/s TTK kombinasyonu toz ürün özellikleri, renk, nem içeriği ve enerji sarfiyatı bakımından daha avantajlı kurutmalardır.

MFK +TKK kombinasyonlarında ayva, balkabağı ve kivi püre tozları elde edilse de kuruma süresi bakımından diğer kurutmalara göre dezavantajlıdır. Bütün bu değerlere ve kombinasyonlara bakıldığında her bir değer için farklı bir sonuç elde edilebilmektedir. Son üründe istenilen özelliklere bağlı olarak kombinasyonlar değiştirilebilir. Seçilen ayva, balkabağı ve kivi püre hammaddeleri özellikle MFK yandığı için bu kurutma çeşidine uygun bulunmamıştır. Eğer kurumaya yardımcı olan maltodekstrinin oranı daha da arttırılırsa yanmaya etkisi olup olmayacağı bir soru işaretidir. Eğer maltodekstrin fazlalığı bu kurutma işlemi için iyileştirici etki gösteriyor olsa da fazla maltodekstrin ilavesi katkı maddesi oranını arttıracığı için istenmeyen bir özelliktir. TKK işleminde ise her hammadde için de kabuk oluşumu görülmüştür. Kullanılan bu hammaddeler için kombinasyonlar hariç en uygun kurutma yöntemi DK işlemidir.

Genel olarak bakıldığında kurutma işlemleri gıda alanında en çok çalışılmış konulardan olsa bile halen literatürde eksik olduğu tespit edilmiş olup bu tez çalışmasının gelecek çalışmalara katkı oluşturması istenilmiştir. Ek olarak farklı kurutma koşullarıyla geliştirilen gıdaların toz formlarının daha kullanılabilir olması beklenmektedir. Sentetik katkı maddeleri yerine sektörde toz ürünlerin gıdalara işlenmesi ve farklı gıda formülasyonlarının oluşturulması hem tüketici açısından daha sağlıklı bir beslenme için hem de sektörel bakımdan avantajlı bir durum olabilir. Gelecek çalışmalar adına daha farklı koşulların ve analizlerin denenmesi; gıdanın hasat zamanına, işleniş biçimine ve kurutma ortamına bağlı olarak sonuçların değişebileceğinin unutulmaması önerilebilir.



KAYNAKLAR DİZİNİ

- Adhami, S., Rahimi, A., and Hatamipour, M. S.**, 2013, Freeze drying of quince (*Cydonia oblonga*): Modelling of drying kinetics and characteristics, *Korean Journal of Chemical Engineering*, 30(6), 1201-1206pp.
- Akdoğan, A.**, 2014, Bezelye kabuğunun farklı sistemlerdeki kuruma kinetiğinin ve kurutulmuş ürünün öğütülmesiyle elde edilen toz ürünün özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 114s.
- Alibas, I.**, 2007, Microwave, air and combined microwave–air-drying parameters of pumpkin slices, *LWT-Food Science and Technology*, 40(8), 1445-1451pp.
- Alibaş, İ.**, 2001, Bazı sebze ve meyvelerin mikrodalga ışınlarla kurutulmasında kurutma parametrelerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 64s.
- Alp, T.**, 2017, Kivi, *Ordu Ticaret Borsası Yayını*, 25s.
- AOAC.**, 2000, Official methods of analysis (17th ed.). Gaithersburg, MD, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- Aydin, E., and Gocmen, D.**, 2015, The influences of drying method and metabisulfite pre-treatment on the color, functional properties and phenolic acids contents and bioaccessibility of pumpkin flour, *LWT-Food Science and Technology*, 60(1), 385-392pp.
- Bakırcı, S.**, 2014, Balkabağı lifi kullanımının yarım yağlı yoğurdun kalitesi ve depolama stabilitesi üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 103s.
- Balkaya, A., Özbakır, M., ve Karaağaç, O.**, 2010, Karadeniz bölgesinden toplanan bal kabağı (*Cucurbita moschata* Duch.) populasyonlarındaki meyve özelliklerinin karakterizasyonu ve varyasyonun değerlendirilmesi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 16: 17-25ss.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Baysal, T., Ozbalta, N., Gokbulut, S., Capar, B., Tastan, O., and Gurlek, G.,** 2015, Investigation of effects of various drying methods on the quality characteristics of apple slices and energy efficiency, *Journal of Thermal Science and Technology*, 35(1), 135-144pp.
- Benseddik, A., Azzi, A., Zidoune, M. N., Khanniche, R., and Besombes, C.,** 2019, Empirical and diffusion models of rehydration process of differently dried pumpkin slices, *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18(4), 401-410pp.
- Caliskan, G., Ergun, K., and Dirim, S. N.,** 2015, Freeze drying of kiwi (*Actinidia deliciosa*) puree and the powder properties, *Italian Journal of Food Science*, 27(3), 385-396pp
- Caliskan, G., and Dirim, S. N.,** 2013, The effects of the different drying conditions and the amounts of maltodextrin addition during spray drying of sumac extract, *Food and Bioprocess Processing*, 91(4), 539-548pp.
- Caliskan, G., and Dirim, S. N.,** 2017, Drying characteristics of pumpkin (*Cucurbita moschata*) slices in convective and freeze dryer, *Heat and Mass Transfer*, 53(6), 2129-2141pp.
- Cano-Chauca, M., Stringheta, P. C., Ramos, A. M., and Cal-Vidal, J.,** 2005, Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 6(4), 420-428pp.
- Cemeroğlu, B.,** 2004, Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, 67-94ss, 538-574ss, 610-613ss.
- Cassano, A., Figoli, A., Tagarelli, A., Sindona, G., and Drioli, E.,** 2006, Integrated membrane process for the production of highly nutritional kiwi fruit juice, *Desalination*, 189(1-3), 21-30pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Çakmak, H., Bozdoğan, N., Turkut, G. M., Kumcuoğlu, S., ve Tavman, Ş.,** 2016, Dağ çileğinin (*Arbutus unedo* L.) kuruma kinetiğinin incelenmesi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi, *Gıda Teknoloji Dergisi*, 41(4): 227-234ss.
- Çalışkan, G.,** 2011, Sumak ekstraktı tozu eldesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 117s.
- Dehghannya, J., Hosseinlar, S. H., and Heshmati, M. K.,** 2018, Multi-stage continuous and intermittent microwave drying of quince fruit coupled with osmotic dehydration and low temperature hot air drying, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 45, 132-151pp.
- Demirhan, E., and Özbek, B.,** 2011, Color change kinetics of celery leaves undergoing microwave heating, *Chemical Engineering Communications*, 198(10), 1189-1205pp.
- Denge, A.,** 2011, Ayvanın kuruması sırasında yapısında meydana gelen fiziksel değişimlerin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 128s.
- Dirim, S. N., and Çalışkan, G.,** 2012, Determination of the effect of freeze drying process on the production of pumpkin (*Cucurbita moschata*) puree powder and the powder properties, *Gıda J Food*, 37(4), 203-210pp.
- Dirim, S. N., Çalışkan, G., ve Ergün, K.,** 2015, Dondurularak kurutulmuş bazı meyve tozlarının toz ürün özelliklerinin belirlenmesi, *Gıda*, 40(2), 85-92ss.
- Dirim, S. N., ve Talih, M.,** 2018, Kurutma yardımcı maddelerinin dondurarak kurutulmuş taflan tozlarının özellikleri üzerine etkisi, *Gıda/The Journal of Food*, 43(3):461-475ss.
- Ekşi, A., ve Türkmen Özen, İ.,** 2012, Kivi meyvesinin kimyasal bileşenleri ve fonksiyonel özellikleri, *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(2):54-67ss.
- El-Adawy, T. A., and Taha, K. M.,** 2001, Characteristics and composition of different seed oils and flours, *Food chemistry*, 74(1), 47-54pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Elmizadeh, A., Shahedi, M., and Hamdami, N.,** 2018, Quality assessment of electrohydrodynamic and hot-air drying of quince slice, *Industrial Crops and Products*, 116, 35-40pp.
- Ergun, K., Caliskan, G., and Dirim, S. N.,** 2014, Determination of the freeze drying kinetics of kiwi (*Actinidia deliciosa*) puree with and without the addition of maltodextrin, 19th International Drying Symposium (Ids):19–22pp, Spain.
- Ergün, K.,** 2012, Dondurularak kurutulmuş kivi püresi tozu kullanılarak hazırlanan keklerde pişirme yöntemi ve formülasyonun kalite kriterlerine etkisinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 170s.
- Ergün, K., Çalışkan, G., and Dirim, S. N.,** 2016, Determination of the drying and rehydration kinetics of freeze dried kiwi (*Actinidia deliciosa*) slices, *Heat and Mass Transfer*, 52(12), 2697-2705pp.
- Eser, M.,** 2014, Domates Tozu Üretiminde Farklı Yöntem ve İşlem Koşullarının Toz Ürün Özellikleri Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 119s.
- FAO,** 2020, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Erişim Tarihi: 17.04.2020)
- Gong, K. J., Shi, A. M., Liu, H. Z., Liu, L., Hu, H., Adhikari, B., & Wang, Q.,** 2016, Emulsifying properties and structure changes of spray and freeze-dried peanut protein isolate, *Journal of Food Engineering*, 170, 33-40pp.
- Gong, Z., Zhang, M., Mujumdar, A. S., & Sun, J.,** 2007, Spray drying and agglomeration of instant bayberry powder, *Drying Technology*, 26(1), 116-121pp.
- Günerkan, H.,** 2005, Endüstriyel kurutma sistemleri, *Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Dergisi*, 36(13), 1-10ss.
- Gürlek, G., Akdemir, Ö., ve Güngör, A.,** 2015, Gıda kurutulmasında ısı pompalı kurutucuların kullanımı ve elma kurutmada uygulanması. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(9), 398-403ss.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Hastürk Şahin, F.**, 2010, Domates kurutmada farklı yöntemlerin karşılaştırması, Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 154s.
- Jinapong, N., Suphantharika, M., and Jamnong, P.**, 2008, Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration, *Journal of Food Engineering*, 84(2), 194-205pp.
- Karaoğlu, M. M., Boz, H., Kotancılar, H. G., ve Gerçekaslan, K. E.**, 2009, Tahıl ürünlerinde camsı yapıya geçiş sıcaklığı ve önemi, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40(2), 93-99ss.
- Kaya, A., Aydın, O., Demirtas, C., and Akgün, M.**, 2007, An experimental study on the drying kinetics of quince, *Desalination*, 212(1-3), 328-343pp.
- Kaya, D.**, 2006, Balkabağı suyu üretim teknolojisinin geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 71s.
- Kırmaç, V.**, 2008, Dondurarak kurutma sisteminin tasarımı, imalatı ve performans deneylerinin yapılması, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 136s.
- Koç, B., Eren, I., and Kaymak Ertekin, F.**, 2008, Modelling bulk density, porosity and shrinkage of quince during drying: The effect of drying method, *Journal of food engineering*, 85(3), 340-349pp.
- Koç, M.**, 2015, Farklı kurutma yöntemleri ile bal tozu üretim koşullarının optimize edilmesi ve depolama stabilitesinin belirlenmesi, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 202s.
- Koç, M., ve Ertekin Kaymak, F.**, 2016, Şeker içeriği yüksek gıdaların püskürtülerek kurutulması: ürün kazanımı ve toz ürün özelliklerinin geliştirilmesi, *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(5), 336-344ss.
- Marques, L. G., Ferreira, M. C., and Freire, J. T.**, 2007, Freeze-drying of acerola (*Malpighia glabra* L.), *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 46(5), 451-457pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Maskan, M.**, 2001, Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying, *Journal of food engineering*, 48(2), 169-175pp.
- Mehditabar, H., Razavi, S. M., and Javidi, F.**, 2020 Influence of pumpkin puree and guar gum on the bioactive, rheological, thermal and sensory properties of ice cream, *International Journal of Dairy Technology*, 73(2), 447-458pp.
- Monteiro, R. L., Link, J. V., Tribuzi, G., Carciofi, B. A., and Laurindo, J. B.**, 2018, Microwave vacuum drying and multi-flash drying of pumpkin slices, *Journal of food engineering*, 232, 1-10pp.
- Nawirska, A., Figiel, A., Kucharska, A. Z., Sokół-Lętowska, A., and Biesiada, A.**, 2009, Drying kinetics and quality parameters of pumpkin slices dehydrated using different methods, *Journal of Food Engineering*, 94(1), 14-20pp.
- Nguyen, D. Q., Mounir, S., and Allaf, K.**, 2015, Functional properties of water holding capacity, oil holding capacity, wettability, and sedimentation of swell-dried soybean powder, *Scholars Journal of Engineering and Technology* 3(4B):402–412pp.
- Norfezah, M. N., Hardacre, A., and Brennan, C. S.**, 2011, Comparison of waste pumpkin material and its potential use in extruded snack foods, *Food science and technology international*, 17(4), 367-373pp.
- Orak, H. H., Aktas, T., Yagar, H., Isbilir, S. S., Ekinci, N., and Sahin, F. H.**, 2012, Effects of hot air and freeze drying methods on antioxidant activity, colour and some nutritional characteristics of strawberry tree (*Arbutus unedo* L) fruit. *Food Science and Technology International*, 18(4), 391-402pp.
- Orikasa, T., Koide, S., Okamoto, S., Imaizumi, T., Muramatsu, Y., Takeda, J. I., Shiina, T., and Tagawa, A.**, 2014, Impacts of hot air and vacuum drying on the quality attributes of kiwifruit slices, *Journal of Food Engineering*, 125, 51-58pp.
- Orikasa, T., Wu, L., Shiina, T., and Tagawa, A.**, 2008, Drying characteristics of kiwifruit during hot air drying, *Journal of Food Engineering*, 85(2), 303-308pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Özdemir, M. B., Aktaş, M., Şevik, S., and Khanlari, A.,** 2017, Modeling of a convective-infrared kiwifruit drying process, *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(28), 18005-18013pp.
- Özel, Ö. F.,** 2010, Balkabağının farklı kurutma şartlarındaki kuruma karakteristiklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 96s.
- Özgen, F.,** 2014, Elma kurutulmasında kullanılan konvektif tip bir kurutma sisteminin tasarımı, *Engineer & the Machinery Magazine*, (656).
- Pathare, P. B., Opara, U. L., and Al-Said, F. A. J.,** 2012, Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review, *Food and bioprocess technology*, 6(1), 36-60pp.
- Patras, A., Brunton, N. P., Tiwari, B. K., and Butler, F.,** 2011, Stability and degradation kinetics of bioactive compounds and colour in strawberry jam during storage, *Food and Bioprocess Technology*, 4(7), 1245-1252pp.
- Pu, Y. Y., and Sun, D. W.,** 2017, Combined hot-air and microwave-vacuum drying for improving drying uniformity of mango slices based on hyperspectral imaging visualisation of moisture content distribution, *Biosystems Engineering*, 156, 108-119pp.
- Qin, Z., Liu, H. M., Cheng, X. C., and Wang, X. D.,** 2019, Effect of drying pretreatment methods on structure and properties of pectins extracted from Chinese quince fruit, *International journal of biological macromolecules*, 137, 801-808pp.
- Que, F., Mao, L., Fang, X., and Wu, T.,** 2008, Comparison of hot air-drying and freeze-drying on the physicochemical properties and antioxidant activities of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) flours, *International journal of food science & technology*, 43(7), 1195-1201pp.
- Quek, Y.S., Chok, N.K., Swedlund, P.,** 2007, The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders, *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 46(5), 386– 392pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Rakcejeva, T., Galoburda, R., Cude, L., and Strautniece, E.,** 2011, Use of dried pumpkins in wheat bread production, *Procedia Food Science*, 1, 441-447pp.
- Ratti, C.,** 2001, Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review, *Journal of food engineering*, 49(4), 311-319pp.
- Saldamlı, İ. ve Saldamlı E.,** 1990, Gıda Endüstrileri Makinaları, Reyhan Basım, Ankara, 267s.
- Schuck, P.,** 2011, Milk Powder: Physical and Functional Properties of Milk Powders, 2: 117-124, Encyclopedia of Dairy Sciences, J.W.Fuquay, P.F.Fox and P.L.H.McSweeney (Eds.), 2nd Edition, Elsevier Academic Press, London, UK
- Seremet, L., Botez, E., Nistor, O. V., Andronoiu, D. G., and Mocanu, G. D.,** 2016, Effect of different drying methods on moisture ratio and rehydration of pumpkin slices, *Food chemistry*, 195, 104-109pp.
- Silva, B. M., Andrade, P. B., Valentão, P., Ferreres, F., Seabra, R. M., and Ferreira, M. A.,** 2004, Quince (*Cydonia oblonga* Miller) fruit (pulp, peel, and seed) and jam: antioxidant activity, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(15), 4705-4712pp.
- Simal, S., Femenia, A., Garau, M. C., and Rosselló, C.,** 2005, Use of exponential, Page's and diffusional models to simulate the drying kinetics of kiwi fruit, *Journal of food engineering*, 66(3), 323-328pp.
- Soquetta, M. B., Stefanello, F. S., da Mota Huerta, K., Monteiro, S. S., da Rosa, C. S., and Terra, N. N.,** 2016, Characterization of physiochemical and microbiological properties, and bioactive compounds, of flour made from the skin and bagasse of kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*), *Food chemistry*, 199, 471-478pp.
- Suiçmez, A. O.,** 2014, Dondurarak Kurutma Sistemlerinde Kurutma Parametrelerinin Deneysel İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 55s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Szychowski, P. J., Lech, K., Sendra-Nadal, E., Hernández, F., Figiel, A., Wojdyło, A., and Carbonell-Barrachina, Á. A.,** 2018, Kinetics, biocompounds, antioxidant activity, and sensory attributes of quinces as affected by drying method, *Food chemistry*, 255, 157-164pp.
- Şahin, M., ve Mısırlı, A.,** 2016, Ülkemizde ve Dünyada Ayva Islahı Çalışmaları, *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5, 286-294ss.
- Şalk, A., Arın, L., Deveci, M., ve Polat, S.,** 2008, Özel sebzeçilik, Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi.
- Şirikçi, B. S., ve Gül, M.,** 2017, Türkiye ve Dünyada Ayva Piyasası, *Türk Tarım–Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(6), 600-606ss.
- Talih, M.,** 2018, Dondurarak kurutma yöntemi ile taflan (karayemiş) meyvesinin kurutulması ve örnek gıda sisteminde denenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 150s.
- Trigueros, L., Pérez-Alvarez, J. A., Viuda-Martos, M., and Sendra, E.,** 2011, Production of low-fat yogurt with quince (*Cydonia oblonga* Mill.) scalding water, *LWT-Food Science and Technology*, 44(6), 1388-1395pp.
- TÜİK,** 2020, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (Erişim Tarihi: 12.06.2020)
- Türker, İ., Koç, B., ve İşleroğlu, H.,** 2018, Püskürtmeli-dondurarak kurutma işleminin maltodekstrinin fiziksel özellikleri üzerine etkisi, *Gıda*, 43(2), 197-210ss.
- Tzempelikos, D. A., Vouros, A. P., Bardakas, A. V., Filios, A. E., and Margaris, D. P.,** 2014, Case studies on the effect of the air drying conditions on the convective drying of quinces, *Case Studies in Thermal Engineering*, 3, 79-85pp.
- Tzempelikos, D. A., Vouros, A. P., Bardakas, A. V., Filios, A. E., and Margaris, D. P.,** 2015a, Experimental study on convective drying of quince slices and evaluation of thin-layer drying models, *Engineering in agriculture, environment and food*, 8(3), 169-177pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Tzempelikos, D. A., Mitrakos, D., Vouros, A. P., Bardakas, A. V., Filios, A. E., and Margaritis, D. P.**, 2015b, Numerical modeling of heat and mass transfer during convective drying of cylindrical quince slices, *Journal of Food Engineering*, 156, 10-21pp.
- USDA**, 2019a, <https://ndb.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/168163/nutrients> (Erişim Tarihi: 05.02.2020).
- USDA**, 2019b, <https://ndb.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/168448/nutrients> (Erişim Tarihi: 05.02.2020).
- USDA**, 2020, <https://ndb.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/786693/nutrients> (Erişim Tarihi: 05.02.2020).
- Ünlüeroğlugil, Ö., Yüksel, H., Çalışkan Koç, G., and Dirim, S.**, 2018, Freeze dried quince (*Cydonia oblonga*) puree with the addition of different amounts of maltodextrin: physical and powder properties, 21st International Drying Symposium Proceedings, Editorial Universitat Politècnica de València, 1293-1300pp.
- Wang, J., Wang, J. S., and Yu, Y.**, 2007, Microwave drying characteristics and dried quality of pumpkin, *International journal of food science & technology*, 42(2), 148-156pp.
- Wojdyło, A., Teleszko, M., and Oszmiański, J.**, 2014, Antioxidant property and storage stability of quince juice phenolic compounds, *Food chemistry*, 152, 261-270pp.
- Yıldız, D.**, 2019, Balkabağı dilimlerinin farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmasında ön işlem olarak ultrases destekli ozmotik kurutma kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 106s.
- Yıldız Turgut, D.**, 2019, Farklı yöntemlerle kurutulmuş kamkatın (*Fortunella margarita* Swing.) bazı kalite özellikleri ve depolamaya bağlı değişimi, Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 113s.
- Yıldız Turgut, D., ve Bayır Yeğin, A.**, 2019, Kamkat tozunun fizikokimyasal özellikleri üzerine kurutma uygulamalarının etkisi, *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 23(4), 477-488ss.



TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimim ve tez çalışmam boyunca tecrübesi, bilgi birikimi ve yardımları ile bana yol gösteren, gerek bilgi gerek motivasyon konularında desteğini her zaman hissettiğim yeri geldiğinde tez haricinde bile manevi desteğini eksik etmeyen saygıdeğer danışman hocam Doç Dr. Safiye Nur DİRİM'e bana kattığı her değer için,

Bu yaşıma kadar benden hiçbir desteğini esirgemeyen, her şartta okumam için bana dayanak sağlayan, maddi manevi tüm desteğini sunan öncelikle dedem Necati POLAT, anneannem Kafiye POLAT, annem Tülay ÜNLÜEROĞLUGİL, teyzem Nurhayat POLAT, kardeşim Buse ÜNLÜEROĞLUGİL, babam Osman ÜNLÜEROĞLUGİL, amcam Orhan ÜNLÜEROĞLUGİL, dayım Serdar POLAT ve geri kalan tüm aileme,

Lisansüstü eğitimim boyunca bana inancını belli eden, her anımda yanımda olan ve benden desteklerini hiç esirgemeyen çok kıymetli arkadaşlarım Ebru ORMANLI, Nergiz HAYATIOĞLU ve laboratuvar arkadaşlarım Tuğçe ERBAKAN, Hira YÜKSEL, Sevcihan BOYACI, Canan EKİNCİ ve tüm yüksek lisans arkadaşlarıma,

Lisans ve Lisansüstü hayatımda her soruma cevap verip manevi desteklerini esirgemeyen Dr. Gülşah ÇALIŞKAN KOÇ'a ve Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği bünyesinde yer alan, bilgi ve tecrübeleriyle hayatımda mutlaka bir noktaya değinmiş olan tüm hocalarıma teşekkürü borç bilip saygılarımı sunarım.

23/12/2020

İmza

Özle ÜNLÜEROĞLUGİL

ÖZGEÇMİŞ

Fevzi akmak İlköğretim Okulu'nda ilk ve orta öğrenimi tamamlayıp 2 sene Behçet Uz Anadolu Lisesi ardından puan yükseltme ile Tuğba Özbek (eski Milli Piyango) Anadolu Lisesi'nde lise eğitimini tamamlamıştır. İlk senesini geçirdiği Manisa Celal Bayar Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünden yatay geçiş yaptığı Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde 2017 yılında Lisans eğitimini tamamlamıştır. 2015 yılında Lisans eğitimi süresince zorunlu olan stajını Çolakoğlu Et İşleme Tesislerinde üretim alanında gerçekleştirmiştir. Aynı yılın devamında ERASMUS+ hareketliliği kapsamında bir dönem boyunca Szeged Üniversitesinde (Szeged/Macaristan) eğitime devam etmiştir. 2016 yılında Baltalı Gıda'da üretim, lojistik ve laboratuvar alanlarında gönüllü staj yapmıştır. 2017-2018 Eğitim yılında Lisansüstü eğitimine Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Temel İşlemler Bölümü'nde başlamıştır. Lisansüstü öğrenimi sırasında 2018 yılında 21. Uluslararası Kurutma Sempozyumu'nda (IDS 2018, Valensiya/İspanya) sözlü sunumu (yayını) ve Antalya'da 1. Uluslararası Gıda Mühendisliği Kongresi'nde (tam metini yayınlanmış – poster sunumu) olmak üzere 2 yayını mevcuttur.