



**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜLERİ  
ORTAK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**



**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Merve DARICI**

**FARKLI BİBER ÇEŞİTLERİNİN  
MİKRODALGA İLE KURUTULMASI**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**OSMANİYE – 2021**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜLERİ  
ORTAK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**FARKLI BİBER ÇEŞİTLERİNİN MİKRODALGA İLE  
KURUTULMASI**

**Merve DARICI**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI**

**OSMANİYE  
HAZİRAN-2021**

## TEZ ONAYI

### FARKLI BİBER ÇEŞİTLERİNİN MİKRODALGA İLE KURUTULMASI

Merve DARICI tarafından Dr. Öğr. Üyesi Meriç ŞİMŞEK ASLANOĞLU ve Arş. Gör. Dr. Özge SÜFER danışmanlığında Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği** Anabilim Dalı'nda hazırlanan bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği/çokluğu ile **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Dr. Öğr. Üyesi Meriç ŞİMŞEK ASLANOĞLU .....  
Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, OKÜ

**Üye:** Prof. Dr. Özlem TURGAY .....  
Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, KSÜ

**Üye:** Doç. Dr. Sezin TUTA ŞİMŞEK .....  
Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, ÇAKÜ

Yukarıdaki jüri kararı Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ...../...../..... tarih ve ..... /..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Bülent YANIKTEPE .....  
Enstitü Müdürü, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

Bu çalışma OKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.

Proje No: OKÜBAP-2020-PT3-001

*Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.*

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, bu çalışma sonucunda elde edilmeyen her türlü bilgi ve ifade için ilgili kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını ve bu tezin Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlandığını bildiririm.

Merve DARICI



## ÖZET

### FARKLI BİBER ÇEŞİTLERİNİN MİKRODALGA İLE KURUTULMASI

Merve DARICI

Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Meriç ŞİMŞEK ASLANOĞLU

İkinci Danışman: Arş. Gör. Dr. Özge SÜFER

Haziran 2021, 81 sayfa

Bu çalışmanın amacı, mikrodalganın yeşil biber çeşitlerinin (çarliston, sivri ve dolmalık) kurutma ve rehidrasyon kinetiğine ve aynı zamanda kurutulmuş ve rehidre edilmiş biberlerin biyoaktif ve tekstürel özelliklerine etkisini araştırmaktır. Mikrodalga kurutma; 90, 180 ve 90 + 180 W güç seviyelerinde gerçekleştirilmiş ve kurutulmuş biberler 25, 50 ve 70 °C’de su banyosunda rehidre edilmiştir. Kurutma için en uygun modeller, Sigmoid ve Hii vd. tarafından tanımlanan denklemler kullanılarak elde edilmiştir. İki terimli üssel bozunma model ise rehidrasyon için en uygun eşitlik olarak saptanmıştır. En düşük ve en yüksek final rehidrasyon oranı değerleri sırasıyla her sıcaklıkta 180 W ve 90 W’ta kurutulan biberlerde bulunmuştur. Kurutma sonucunda en düşük renk değişimi ( $\Delta E$ ) dolmalık biber çeşidinde gözlenmiştir. Biberler hem kurutma hem de rehidrasyon işleminde daha yumuşak bir tekstüre sahip olmuştur. Kurutulmuş biberlerin toplam fenolik içeriği taze bibere kıyasla yaklaşık olarak %56-65 azalmış ve bu azalma rehidre edilmiş biberlerde %87’ye kadar ulaşmıştır. Kurutulmuş biberler arasında antioksidan aktivitesinde önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Sonuç olarak, 180 W’ta kurutma ve 70 °C rehidrasyon sıcaklığı, yeşil biberlerin kalite özelliklerinin en iyi şekilde korunduğu optimum koşullar olarak tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kurutma, biber, rehidrasyon, tekstür, fenolik, antioksidan

## ABSTRACT

### DRYING OF DIFFERENT PEPPER VARIETIES BY MICROWAVE

Merve DARICI

M. Sc., Department of Food Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Meriç ŞİMŞEK ASLANOĞLU

Co-supervisor: Res. Assist. Dr. Özge SÜFER

June 2021, 81 pages

The objective of this study was to investigate the effect of microwave on the drying and rehydration kinetics of green pepper varieties (sweet, green and bell) and the bioactive and textural properties of dried and rehydrated peppers. Microwave drying was carried out at 90, 180 and 90 + 180 W and dried peppers were rehydrated at 25, 50 and 70 °C in a water bath. The most appropriate model for drying were obtained using the equations defined by Sigmoid and Hii et al. Two term exponential decay model was determined as the most appropriate one for rehydration. The lowest and highest final rehydration ratio values were found for the peppers dried at 180 W and 90 W, respectively at each temperature and pepper variety. Bell pepper indicated the lowest color change ( $\Delta E$ ) among peppers. The peppers had softer texture in both drying and rehydration treatment. Total phenolic content of dried peppers was around 56-65% lower compared to the fresh pepper and this decrement was reached up to 87% in rehydrated peppers. No significant change was observed in antioxidant activity of dried peppers. As a result, drying at 180 W and rehydration at 70 °C provided faster drying and rehydration while maintaining the quality properties of green peppers.

**Key words:** Drying, pepper, rehydration, texture, phenolic, antioxidant

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisansım boyunca danışmanım olan ve bana her anlamda destek gösteren, değerli bilgi ve tecrübesiyle beni yönlendiren, her zaman çalışmaktan onur duyduğum saygıdeğer hocam Dr. Öğr. Üyesi Meriç ŞİMŞEK ASLANOĞLU'na ve ikinci danışmanım Arş. Gör. Dr. Özge SÜFER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim boyunca yanımda olan her zaman beni destekleyen ve yardımlarını esirgemeyen kıymetli arkadaşlarım Gülşah YILDIRIM, Belma EKE ve Rabia KOŞAY'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her döneminde yanımda olup yüzümü güldüren, beni her zaman destekleyen, yüksek lisans eğitimim boyunca yanımda olan eşime ve aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

|                                                 |      |
|-------------------------------------------------|------|
| TEZ ONAYI                                       |      |
| TEZ BİLDİRİMİ                                   |      |
| ÖZET.....                                       | i    |
| ABSTRACT .....                                  | ii   |
| TEŞEKKÜR.....                                   | ii   |
| İÇİNDEKİLER .....                               | iv   |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                         | vi   |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                            | vii  |
| SİMGELER ve KISALTMALAR .....                   | viii |
| 1. GİRİŞ .....                                  | 1    |
| 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....                       | 4    |
| 2.1 Biber .....                                 | 4    |
| 2.2 Biberin Biyoaktif İçeriği.....              | 5    |
| 2.3 Gıdalara Uygulanan Kurutma Yöntemleri ..... | 6    |
| 2.3.1 Sıcak Hava Kurutma .....                  | 6    |
| 2.3.2 Mikrodalga Kurutma.....                   | 7    |
| 2.4 İnce Tabaka Kurutma Modelleri .....         | 9    |
| 2.5 Rehidrasyon.....                            | 10   |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM.....                      | 13   |
| 3.1 Materyaller .....                           | 13   |
| 3.2 Mikrodalga Kurutma .....                    | 13   |
| 3.3 Kurutmanın Matematiksel Modellenmesi .....  | 14   |
| 3.4 Etkin Difüzyon Katsayısı.....               | 15   |
| 3.5 Rehidrasyon ve Matematiksel Modelleme ..... | 16   |
| 3.6 Renk.....                                   | 18   |
| 3.7 Tekstür Profil Analizi .....                | 18   |
| 3.8 Biyoaktif Maddelerin Ekstraksiyonu .....    | 19   |
| 3.9 Toplam Fenolik Madde .....                  | 19   |
| 3.10 FRAP Yöntemiyle Antioksidan Aktivite.....  | 19   |
| 3.11 ABTS Yöntemiyle Antioksidan Aktivite ..... | 20   |
| 3.12 İstatistiksel Analiz .....                 | 20   |

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....  | 21 |
| 4.1 Kurutma .....              | 21 |
| 4.2 Rehidrasyon .....          | 25 |
| 4.3 Renk .....                 | 30 |
| 4.4 Tekstür .....              | 33 |
| 4.5 Biyoaktif Özellikler ..... | 33 |
| 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....  | 38 |
| KAYNAKLAR .....                | 39 |
| ÖZGEÇMİŞ .....                 | 49 |
| EKLER .....                    | 50 |



## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 2.1 Çarliston biberde mikro besinlerin içeriği.....                       | 4  |
| Çizelge 2.2 Çarliston biberde ana biyoaktif bileşiklerin içeriği.....             | 5  |
| Çizelge 3.1 Kurutma verileri için kullanılan matematiksel modeller .....          | 15 |
| Çizelge 3.2 Rehidrasyon verileri için kullanılan matematiksel modeller .....      | 17 |
| Çizelge 4.1 Sigmoid ve Hii ve diğerlerinin kurutma modellerine göre sonuçlar..... | 24 |
| Çizelge 4.2 Kurutulmuş örneklerin etkin nem difüzyon katsayıları .....            | 25 |
| Çizelge 4.3 İki terimli üssel bozunma modelinin regresyon sonuçları .....         | 29 |
| Çizelge 4.4 Fiziksel analiz sonuçları .....                                       | 31 |
| Çizelge 4.5 Antioksidan testlerin sonuçları .....                                 | 36 |
| Çizelge A.1 Kurutulmuş çarliston bibere ait modelleme sonuçları (90 W).....       | 50 |
| Çizelge A.2 Kurutulmuş çarliston bibere ait modelleme sonuçları (90 + 180 W)..... | 51 |
| Çizelge A.3 Kurutulmuş çarliston bibere ait modelleme sonuçları (180 W).....      | 52 |
| Çizelge A.4 Kurutulmuş sivri bibere ait modelleme sonuçları (90W).....            | 54 |
| Çizelge A.5 Kurutulmuş sivri bibere ait modelleme sonuçları (90 + 180 W) .....    | 55 |
| Çizelge A.6 Kurutulmuş sivri bibere ait modelleme sonuçları (180 W).....          | 56 |
| Çizelge A.7 Kurutulmuş dolma bibere ait modelleme sonuçları (90 W).....           | 57 |
| Çizelge A.8 Kurutulmuş dolma bibere ait modelleme sonuçları (90 + 180 W) .....    | 58 |
| Çizelge A.9 Kurutulmuş dolma bibere ait modelleme sonuçları (180 W).....          | 59 |
| Çizelge A.10 Çarliston bibere ait rehidrasyon modelleri sonuçları (25 °C) .....   | 60 |
| Çizelge A.11 Çarliston bibere ait rehidrasyon modelleri sonuçları (50 °C) .....   | 61 |
| Çizelge A.12 Çarliston bibere ait rehidrasyon modelleri sonuçları (70 °C) .....   | 62 |
| Çizelge A.13 Sivri bibere ait rehidrasyon modelleri sonuçları (25 °C) .....       | 63 |
| Çizelge A.14 Sivri bibere ait rehidrasyon modelleri sonuçları (50 °C).....        | 64 |
| Çizelge A.15 Sivri bibere ait rehidrasyon modelleri sonuçları (70 °C).....        | 65 |
| Çizelge A.16 Dolma bibere ait rehidrasyon modelleri sonuçları (25 °C).....        | 66 |
| Çizelge A.17 Dolma bibere ait rehidrasyon modelleri sonuçları (50 °C).....        | 67 |
| Çizelge A.18 Dolma bibere ait rehidrasyon modelleri sonuçları (70 °C).....        | 68 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 4.1 Zamana göre nem oranındaki değişimler.....                   | 23 |
| Şekil 4.2 Mikrodalgada kurutulmuş biber örnekleri .....                | 23 |
| Şekil 4.3 Rehidrasyon oranı değerleri.....                             | 27 |
| Şekil 4.4 Taze, kurutulmuş ve rehidrate biberlerde TFM değerleri ..... | 34 |



## SİMGELER ve KISALTMALAR

|                 |                                                                       |                                |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| a*              | Kırmızılık-yeşillik                                                   |                                |
| ABTS            | 2,2'-Azino-bis (3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit)                  |                                |
| AA              | Antioksidan aktivite                                                  |                                |
| b*              | Sarılık-mavilik                                                       |                                |
| D <sub>ef</sub> | Efektif difüzyon katsayısı                                            | (m <sup>2</sup> /s)            |
| DPPH            | 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil                                          |                                |
| ΔE              | Toplam renk değişimi                                                  |                                |
| ΔE <sub>f</sub> | Rehidrasyon sonrası ürünün, tazesinin rengiyle arasındaki farklılık   |                                |
| ΔE <sub>k</sub> | Kurutulmuş biberin toplam renk değişimi                               |                                |
| ΔE <sub>r</sub> | Rehidre edilmiş biberin toplam renk değişimi                          |                                |
| FA              | Fraksiyonel alım                                                      |                                |
| FAOSTAT         | Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Organizasyonu İstatistik Veritabanı |                                |
| FRAP            | Demir iyonu indirgeyici antioksidan gücü                              |                                |
| GAE             | Gallik asit eşdeğeri                                                  |                                |
| KM              | Kuru madde                                                            |                                |
| L*              | Beyazlık-siyahlık                                                     |                                |
| M <sub>t</sub>  | Herhangi bir t anındaki nem içeriği                                   | (kg H <sub>2</sub> O/kg örnek) |
| M <sub>0</sub>  | Başlangıç nem içeriği                                                 | (kg H <sub>2</sub> O/kg örnek) |
| N               | DeneySEL veri sayısı                                                  |                                |
| NO              | Nem oranı                                                             |                                |
| r               | Yarı çap                                                              | (m)                            |
| R <sup>2</sup>  | Determinasyon katsayısı                                               |                                |
| RO              | Rehidrasyon oranı                                                     |                                |
| RO <sub>e</sub> | Denge rehidrasyon oranı                                               |                                |
| KOKH            | Kök ortalama kare hatası                                              |                                |
| t               | Zaman                                                                 | (s)                            |
| TFM             | Toplam fenolik madde                                                  |                                |
| TEAC            | Trolox eşdeğeri antioksidan kapasite                                  |                                |
| W               | Watt                                                                  |                                |
| W <sub>r</sub>  | Rehidre edilmiş numunenin ağırlığı                                    | (g)                            |
| W <sub>k</sub>  | Kurutulmuş ürün ağırlığı                                              | (g)                            |

|          |                                                |     |
|----------|------------------------------------------------|-----|
| $W_t$    | t zamanında rehidre edilmiş numunenin ağırlığı | (g) |
| $W_0$    | Numunenin ilk ağırlığı                         | (g) |
| $\chi^2$ | İndirgenmiş ki kare                            |     |
| $z$      | Sabit sayısı                                   |     |



# 1.GİRİŞ

Biber (*Capsicum annuum* L.), Asya, Kuzey Amerika, Güney ve Orta Avrupa ve Afrika gibi dünya çapında sıcak iklim bölgelerinde yetiştirilen Solanaceae familyasına ait yıllık otsu bir bitkidir (Baenas, vd., 2019).

Yeşil dolmalık biber, Solanaceae familyasından *Capsicum* cinsinin kalın etli, çan şeklinde keskin olmayan bir çeşididir. Ilıman veya tropik bölgelerde çeşni, sebze ve hatta tıbbi amaçla yetiştirilir (Kumar ve Shrivastava, 2017). Farklı biber türleri için farklı tüketim yöntemleri bulunmaktadır. Örneğin, dolma biber bir Türk geleneksel yemeği olan dolmanın hazırlanmasında kullanılır. Sivri ve çarliston biber çeşitleri ise taze, pişirilerek veya salamura olarak tüketilir (Keleş, vd., 2015). Yeşil biber olarak da bilinen uzun sivri biber, Türkiye’de önemli bir ihracat ürünü olan ve domatesten sonra dünyada en önemli ikinci sebze olan biber çeşididir. Biber, C ve E vitaminleri, provitamin A, karotenoidler ve fenolik bileşikler dahil olmak üzere tüketiciler için sağlık yararları sunan önemli biyoaktif bileşiklerin kaynağıdır (Baenas, vd., 2019).

Biber, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de oldukça fazla tüketilen bir sebze türüdür. Dünya biber ekim alanı yaklaşık olarak 2 milyon hektardır ve Türkiye bu alanın yaklaşık olarak %5’ini oluşturmaktadır (FAO, 2020). TÜİK (2020) sebze ürünleri üretim miktarları 2019 yılı verileri ile kıyaslandığında, dolmalık biber, sivri ve çarliston biberlerde %4.9, %7.0 ve %0.1 oranında bir artış görülmüştür.

Kurutma, gıdaları fiziksel, kimyasal ve mikrobiyal bozulmalardan korumak ve depolama süresini uzatmak için kullanılan en eski gıda koruma ve işleme yöntemlerinden biridir (Rybak, vd., 2020). Gıda endüstrisinde en çok tercih edilen kurutma metotları; güneşte kurutma, dondurarak kurutma, sıcak hava ile kurutma, akışkan yatakta kurutma, vakum altında kurutma, mikrodalga ile kurutma ve radyo frekans kurutmadır (Kutlu, vd., 2015).

İleri bir teknoloji olan mikrodalga kurutma, su moleküllerinin sürtünmesinin ve çarpışmasının uyarıldığı elektromanyetik bir alana gıda materyalinin yerleştirilmesi ile gerçekleştirilir, böylece materyalin sıcaklığı artırılır ve suyun buharlaşması hızlanır

(Chahbani, vd., 2018). Sıcak havayla kurutmanın aksine, mikrodalga kurutma; işlem süresini kısaltır, enerji açısından daha verimlidir ve bunların yanı sıra, besin değerlerini koruyarak iyileştirilmiş aroma, renk ve rehidrasyon özelliklerine sahip ürünlerin elde edilmesini sağlar (Wang, vd., 2019). Mikrodalga kurutma, son ürünün kalitesine zarar vermeden kurutma sürecini iyileştirir ve kritik nem içeriğini azaltarak kurutma sabit hız periyodunu uzatır. Ayrıca, sıcak hava ile kurutma ürünün yüzeyinden veya yüzeye yakın yerlerinden serbest suyun uzaklaştırılmasını sağlarken, mikrodalga kurutma ise hacimsel ısınma mekanizması nedeniyle iç serbest suyun uzaklaştırılmasında etkilidir. Bu yüzden mikrodalga ile kurutulan gıda materyalleri gözenekli yapının oluşması nedeniyle daha hızlı rehidre olurlar. Ancak mikrodalga kurutmanın homojen olmayan ısıtma dezavantajından dolayı kurutulan üründe sıcak ve soğuk bölgeler oluşabilmektedir (Dehghannya, vd., 2018).

Rehidrasyon, kurutulmuş gıdaların yeniden ıslatılması işlemidir. Rehidrasyon işlemi; ağartma, kurutma yöntemi, fiziksel yapı, kimyasal kompozisyon özellikleri, örneklerin hacmi ve yoğunluğu ve sudaki tuz içeriği gibi çeşitli faktörlerden etkilenir (Dadali, vd., 2008). Ayrıca, gıdanın gözenekliliğine ve gözeneklerin dağılımına, rehidrasyon için kullanılan suyun sıcaklığına ve pH'sına ve kurutma kaynaklı kabuk oluşumuna bağlıdır (Tamarit-Pino, vd., 2020). Rehidrasyon, kurutulmuş ürünlerin kalitesini ve uygulanan kurutma yönteminin neden olduğu hasarı değerlendirmede önemli bir araçtır.

Tarımsal gıda ürünleri tarafından su emilimini ve çözünür katıların kaybını tahmin etmek için çeşitli modeller önerilmiştir. Farklı gıda ürünlerinin rehidrasyon davranışı; teorik, yarı empirik ve empirik modellerle tanımlanmaktadır (Zielinska ve Markowski, 2016). Kurutulmuş bitki dokularının rehidrasyon kinetiğinin incelenmesi üç eş zamanlı işlemden oluşur: suyun kurutulmuş materyal tarafından emilmesi, çözünür maddelerin şişmesi ve süzülmesi işlemleridir (Dadali, vd., 2008).

Kurutulmuş ürünlerin kalitesini değerlendirmek için büzülme, renk ve rehidrasyon kapasitesi sıkça kullanılır. Kurutma boyunca örneğin hacmi azalır ve nem kaybından dolayı yüzey alanı da eş zamanlı küçülür, bu durum rehidrasyon kapasitesini ve tekstür gibi kalite özelliklerini önemli ölçüde etkiler (Wang, vd., 2018).

Bu çalışmanın amacı; mikrodalga kurutmanın üç farklı yeşil biber çeşidinin (arliston, sivri ve dolma) kurutma ve rehidrasyon kinetiği üzerine etkilerini araştırmak, ek olarak kurutulmuş ve rehidre ürünlerde biyoaktif ve tekstürel özellikleri incelemektir. Taze biberler, mikrodalgada 90 W, 180 W ve 90 + 180W kombinasyonuyla kurutulmuş ve kurutulan biberler farklı rehidrasyon sıcaklıkları (25°C, 50°C, 70°C) uygulanarak rehidre edilmiştir.



## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

### 2.1 Biber

Biber meyvesi (*C. annuum* L.) insan beslenmesinde önemli olan karotenoid, karbonhidrat, flavonoid, fenol ve antioksidanların en iyi kaynaklarından biridir (Sarafı, vd., 2018).

Biberler mikro (Çizelge 2.1) ve makro besin maddelerine ek olarak biyoaktif bileşik açısından (Çizelge 2.2) oldukça zengindir (Mendes, vd., 2020).

Çizelge 2.1. Çarliston biberde mikro besinlerin içeriği (100 g taze ağırlık üzerinden)  
(Baenas, vd., 2019)

| <b>Mineraller</b>                 | <b>Miktar (mg)</b> |
|-----------------------------------|--------------------|
| Kalsiyum                          | 7–18               |
| Demir                             | 0.3–1.2            |
| Magnezyum                         | 12–25              |
| Fosfor                            | 26–46              |
| Potasyum                          | 211–340            |
| Sodyum                            | 4–7                |
| Çinko                             | 0.2–0.7            |
| Bakır                             | 0.015–0.07         |
| Manganez                          | 0.05–0.16          |
| Bor                               | 0.05–0.16          |
| Selenyum                          | 0.0001–0.001       |
| <b>Vitaminler</b>                 | <b>Miktar (mg)</b> |
| C vitamini (toplam askorbik asit) | 127–300            |
| Tiamin                            | 0.03–0.09          |
| Riboflavin                        | 0.03–0.09          |
| Niasin                            | 0.9                |
| Pantotenik asit                   | 0.317              |
| B6 Vitamini                       | 0.17–0.29          |
| Toplam folat                      | 0.02–0.06          |
| Kolin                             | 5.6                |
| Betain                            | 0.1                |
| A vitamini                        | 0.01–0.16          |
| E vitamini ( $\alpha$ -tokoferol) | 0.7–1.6            |
| K vitamini                        | 0.005–0.014        |

Çizelge 2.2 Charleston biberde ana biyoaktif bileşiklerin içeriği (100 g taze ağırlık üzerinden) (Baenas, vd., 2019)

| Biyoaktif madde        | Miktar (mg) |
|------------------------|-------------|
| $\alpha$ -karoten      | 0.020       |
| $\beta$ -karoten       | 0.5–1.64    |
| $\beta$ -kriptoksantin | 0.5–1.2     |
| Lutein + Zeaksantin    | 6–51        |
| Luteolin               | 0.6         |
| Kuarsetin              | 0.2         |
| Fenolik asit türevleri | 50-500      |
| Antosiyaninler         | 0.5-28      |
| Kapsaisin              | 0.07–0.1    |
| Dihidro-kapsaisin      | 0.07–0.1    |
| Kapsinoidler           | 3–50        |

## 2.2 Biberin Biyoaktif İçeriği

*Capsicum* cinsi tüm biber türleri, biyotik ve abiyotik strese adaptasyonlarının sonucu olarak bitkilerde bulunan fenolik bileşikler bakımından zengindir (Mendes, vd., 2020). Biberlerde en baskın fenolik bileşikler; luteolin *O*-(apiosylmalonyl) glukozit, luteolin 6-C-hekzosit ve kaempferol pentosildiheksosit olarak rapor edilmiştir (Guçlu, vd., 2021). Literatürde daha önce bildirildiği gibi flavonoidler, biberde bulunan fenolik bileşiklerin ana sınıflarından birini oluşturmaktadır (Mendes, vd., 2020).

Cortés-Estrada, vd. (2020)'nin dört çeşit dolmalık biber suyunun biyoaktif özelliklerini kıyasladıkları çalışmalarında, toplam fenolik içeriğini yeşil dolmalık biberin suyunda  $55.3 \pm 16.8$  mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/50 mL, sarı dolmalık biberin suyunda  $123.7 \pm 26.0$  mg GAE/50 mL, turuncu dolmalık biberin suyunda  $120.8 \pm 26.0$  mg GAE/50 mL ve kırmızı dolmalık biber suyunda  $108.1 \pm 15.5$  mg GAE/50 mL olarak bulmuşlardır.

Materska (2014) yaptığı çalışmada, dört farklı biber çeşidinin perikarp ve plesentasının taze ve dondurularak kurutulmuş halini kıyaslamıştır. Bu çalışma sonucuna göre liyofilize meyvelerden elde edilen ekstraktlarda daha düşük seviyelerde fenolik asit türevleri bulunmuştur, DPPH yöntemi ile ölçülen antioksidan aktivite, taze meyve örneklerinde dondurularak kurutulmuş örneklerle göre daha yüksek saptanmıştır.

Zhuang, vd. (2012) dokuz çeşit kırmızı ve yeşil taze biberin antioksidan aktivitelerini ve biyoaktif içeriklerini kıyasladıkları çalışmalarında, yeşil biberler arasında en yüksek C vitaminini sivri biberde ( $2.53 \pm 0.16$  mg/g taze ağırlık), en yüksek karotenoid içeriğini uzun yeşil sivri biberde ( $203.49 \pm 3.39$  µg/g taze ağırlık) ve en yüksek toplam fenolik içeriğini buruşuk yeşil biberde ( $2294.29 \pm 33.97$  µg gallik asit eşdeğeri/g taze ağırlık, TA) gözlemlemişlerdir. Ayrıca en yüksek DPPH süpürme aktivitesi ise yeşil sivri biberde ( $286.67 \pm 11.87$  µg/ml) tespit edilmiştir.

Isabelle, vd. (2010)'nin yaptıkları çalışmada, yeşil dolmalık biberlerde ve yeşil sivri biberlerde sırasıyla, hidrofilik oksijen radikal emme kapasiteleri (H-ORAC) 5.35 ve 18.39 µmol TE/g TA, toplam fenolik içeriklerini 0.59 ve 1.07 mg GAE/g TA ve askorbik asit (AA) miktarlarını 611.6 ve 650.0 µg AA/g TA olarak bulmuşlardır.

### **2.3 Gıdalara Uygulanan Kurutma Yöntemleri**

Kurutma, su içeriğinin azalması yoluyla su aktivitesini azaltan, uzun depolama dönemlerinde potansiyel bozulma ve kontaminasyonu önleyen önemli bir gıda koruma prosesidir. Buna ek olarak, kurutma ile gıdada ağırlık ve hacim azalmasına bağlı olarak nakliye ve depolama maliyetlerinde düşüş gözlenir (Darvishi, vd., 2014).

Güneşte kurutma en yaygın yöntemlerden biridir, ancak açık alanda yapılması nedeniyle çevresel kontaminasyon riski ve uzun kurutma süreleri dezavantajları arasında gösterilebilir (Arslan ve Özcan 2010). Geleneksel kurutma yöntemlerinin çeşitli dezavantajlarından dolayı, farklı kurutma yöntemleri geliştirilmiştir. Sıcak hava ile kurutma, vakum kurutma, dondurarak kurutma, sprey kurutma, kırımım pencereci kurutma ve mikrodalga kurutma geliştirilmiş kurutma yöntemlerinin en önemli örneklerindendir.

#### **2.3.1 Sıcak Hava Kurutma**

Sıcak havayla kurutma, bugüne kadar biber ve diğer tüm gıda maddeleri için kullanılan en yaygın kurutma yöntemi olmuştur. Ancak sıcak havayla kurutma hem uzun kuruma süresi, hem de düşük kalitede ürün eldesi gibi olumsuzluklara sahiptir. Kalite kaybını

önemli ölçüde önlemek ve etkili bir ısıtım işlem sağlamak için, biber kurutmada mikrodalga kullanımı son yıllarda artmaktadır (Darvishi, vd., 2014).

Yang, vd. (2018) kırmızı biberin sıcak hava ile kurutma (60, 70 ve 80°C) sırasındaki davranışlarına göre Weibull modelinin, kurutma kinetiğine en iyi uyumu sağladığını belirtmişlerdir.

Kırmızı biberin sıcak hava ve infrared yöntemiyle 60, 70 ve 80°C’de kurutulduğu bir araştırmada, başlangıç toplam fenolik miktarının kuru ağırlığın gramı başına 7.06 mg gallik asit eşdeğeri olduğu tespit edilmiş ve bu değerin her iki kurutma yönteminde de kuruma süresi arttıkça azaldığı gözlenmiştir. Kurutma sırasında toplam fenolik bileşiklerin miktarındaki azalmalar, polifenollerin ısıya karşı duyarlılığına ve uzun süreli ısıtım işlemin geri dönüşümsüz kimyasal değişikliklere neden olmasına bağlanmıştır (Zhou, vd., 2016).

Kavak Akpınar, vd. (2003) kırmızı biber dilimlerinin konvektif kurutucudaki (55, 60 ve 70°C) ince tabaka kuruma davranışını, literatürdeki ince tabaka kurutma modellerini kullanarak matematiksel olarak modellemişlerdir. Farklı kurutma sıcaklıklarında başlangıç neminden %10’luk bir nem oranına ulaşma süresinin, 160 ila 300 dakika arasında değiştiği ifade edilmiştir.

### **2.3.2 Mikrodalga Kurutma**

Mikrodalga kurutma, çeşitli higroskopik ve gözenekli malzemeleri kurutmak için başarıyla uygulanan hızlı kurutma tekniklerinden biridir (Gulati, vd., 2016). Bir mikrodalga kurutma sisteminde, mikrodalga enerjisi dahili bir ısı üretme kapasitesine sahiptir ve örnekdeki nemi doğrudan emmek için iç katmanlara kolayca nüfuz edebilir. Hızlı enerji Emilimi, suyun hızlı buharlaşmasına neden olarak dışarıya doğru hızla kaçan buhar akışı yaratır, dolayısıyla hem termal gradyan hem de nem gradyanı aynı yöndedir (Darvishi, vd., 2014).

Keser, vd. (2020) havuç kurutmada farklı mikrodalga güçlerinin (150-450 W) havucun aroma, fenolik ve antioksidan özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Aroma

bileşikleri incelendiğinde, taze havuç örneklerinde terpenlerin çok baskın olduğu, kuru örneklerde ise uygulanan mikrodalga güç düzeyine bağlı olarak aldehit, furan, alkol, asitler ve pirazin düzeylerinin arttığı belirlenmiştir. Kurutma işlemi ile taze havuç örneklerinde belirlenen fenolik bileşikler önemli ölçüde azalmıştır. Toplam fenolik madde içeriğinin, düşük mikrodalga güç seviyelerinde (150 ve 200 W) kurutulan örneklerde daha iyi korunduğu bulunmuştur.

Cuccurullo, vd. (2019) sıcak hava (35, 55, 65 ve 75°C), mikrodalga (35, 55 ve 65°C) ve sıcak hava-mikrodalga hibrit kurutma (65°C) yöntemiyle kurutulan elma dilimlerinin kurutma eğrilerini, enerji verimliliğini ve renk değişimlerini karşılaştırmışlardır. Hibrit kurutmanın mikrodalgaya kıyasla daha düşük kurutma hızına sahip olduğu söylenmiştir. Ayrıca, en düşük renk farklılığı 65°C’de gerçekleştirilen mikrodalga kurutmada bulunmuştur. Enerji tüketimi açısından ise kurutma metotları arasında anlamlı bir değişiklik saptanmamıştır.

Yeşil biberde konvektif kurutmanın mikrodalga ve kızılötesi kurutmaya kombine edildiği bir çalışmada hem mikrodalga hem de kızılötesi radyasyonla desteklenen konvektif kurutmanın, kurutma süresini önemli ölçüde kısalttığı, C vitamini içeriğinde daha iyi koruma sağladığı, ürün rengini iyileştirdiği ve konvektif kurutmaya kıyasla enerji tüketimini azalttığı bulunmuştur (Łechtańska, vd., 2015).

Maurya, vd. (2018) beş çeşit biberde farklı kurutma yöntemlerinin (mikrodalga-vakum (MV), dondurarak (D), sıcak hava (SH) ve güneşte (G) kurutma) fiziksel, kimyasal ve besinsel özellikler üzerine etkilerini karşılaştırmışlardır. Çalışmada D yönteminin, kapsaisin içeriğini korumada en etkili kurutma yöntemi olduğu gözlenirken, MV’nin tüm incelenen biber çeşitlerinde besinsel özelliklerde kaybı en aza indiren yöntem olduğu ifade edilmiştir.

Darvishi, vd. (2014) mikrodalga kurutmada mikrodalga gücünün (180-540 W) yeşil biberin kurutma kinetiği ve enerji tüketim üzerinde etkisini incelemişlerdir. Kurutma davranışını için en iyi uyumu Midilli modelinin sağladığını bulmuşlardır. Ortalama etkin nem difüzyon katsayısı  $8.315 \times 10^{-8}$  ila  $2.363 \times 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s arasında bulunmuştur. Enerji tüketimi (4.99 MJ/kg su) ve kurutma verimliliği (%45.20) açısından biber

diliminin mikrodalga ile kurutulmasında, 240 W'ın optimum mikrodalga güç seviyesi olduğu sonucuna varılmıştır.

Arslan ve Özcan (2011) kırmızı dolmalık biber dilimlerinin güneş, etüv (50 ve 70°C) ve mikrodalga fırında (210 ve 700 W) kurutma davranışlarını incelemişlerdir. Midilli ve Küçük modeli, uygulanan tüm kurutma yöntemleri için yüksek  $R^2$  değerleri sergilemiştir. Ancak, Page ve Modifiye Page modellerinin 70°C'de etüvde kurutmaya daha uygun olduğu bulunmuştur. Kurutma işlemleri için biber dilimlerinin etkin difüzyon katsayısı ( $D_{et}$ ) değerleri 0.31 ila  $87.39 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$  arasında değişmiştir. Güneşte kurutmadan sonra mikrodalga fırında (700 W) kurutulmuş örnekler, diğer kurutulmuş örneklerle göre en yüksek  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  renk değerlerini göstermiştir. Mikrodalga fırında (210 W) ve konvektif fırında kurutulmuş (50°C) örneklerin, en düşük TEAC ve DPPH radikal süpürme aktivitesine sahip olduğu bildirilmiştir.

Soysal, vd. (2009) kırmızı biberde mikrodalga kurutma işlemlerini mikrodalga-konvektif kurutucu kullanarak iki farklı mikrodalga gücünde (597.20 ve 697.87 W) hem kesikli hem de sürekli modda yapmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre, sürekli sistem mikrodalga-konvektif kurutma tüm kurutma işlemleri arasında en kısa kurutma süresini sağlarken, düşük ürün kalitesine yol açmıştır. Kesikli mikrodalga-konvektif kurutma işlemleri, sürekli sisteme göre daha iyi duyuşal özelliklere, görünüme, renge ve tekstüre sahip bir ürün ortaya çıkarmıştır. Kesikli mikrodalga konvektif kurutma (597.20 W, 3.0 pals oranı ve 35°C) kuruma süresini önemli ölçüde azaltmış ve daha iyi fiziksel (renk ve tekstür) ve duyuşal özelliklere sahip, yüksek kaliteli kurutulmuş kırmızı biber üretimini sağlamıştır.

## 2.4 İnce Tabaka Kurutma Modelleri

İnce tabaka kurutma, genel anlamı ile örneklerin bir tabaka halinde kurutulmasıdır. Malzemeler dilimler halinde kurutulduğunda ince bir tabakaya sahip olacaklarından dolayı, bu kurutma ince tabaka kurutma olarak adlandırılır. Bir malzemenin ince tabakasının boyutu, kalınlığı veya derinliği kuruma oranını etkiler (Agbede, vd., 2020). İnce tabaka eşitlikleri teorik, yarı empirik ve empirik modeller olarak sınıflandırılabilir (Kutlu, vd., 2015).

Rabha, vd. (2017) zorlamalı konveksiyonla çalışan güneş tünel kurutucu ve güneş altında kurutulmuş acı biberin (*Capsicum Chinense* Jacq.) ince tabaka kurutma kinetiğini araştırmışlardır. Midilli ve Küçük modeli, solar kurutucudaki acı biber kurutma işlemini en iyi tanımlamaktadır. Güneşte kurutmada en iyi model Page ve modifiye Page olarak bulunurken, güneş tüneli kurutucuda ise Midilli ve Küçük modeli en uygun eşitlik olarak belirlenmiştir.

Şili biberin güneş enerjisiyle çalışan sistemde ve direkt güneş ışığı altında kurutulduğu bir araştırmada, kurutma öncesinde biberler buharda veya suda haşlanmış ya da 60-70°B'ye sahip olan çözeltiler içerisinde ozmotik dehidrasyona tabi tutulmuştur. Ön işlem gören örneklerin, kontrole göre daha çabuk kuruduğu ve kuruma davranışlarını en iyi açıklayan matematiksel eşitliklerin 4 model arasında, Page model olduğu ifade edilmiştir. Diğer 3 modelin ise Newton, Henderson ve Pabis ve logaritmik model olduğu rapor edilmiştir (Tunde-Akintunde, 2011).

Kavak Akpınar ve Bicer (2008), uzun yeşil biberlerin güneş enerjisiyle çalışan sistemde ve direkt güneş ışığı altında kurutulmasını incelemişler ve kurutma verilerini 13 farklı kurutma modeline uydurmuşlardır. Güneş enerjili zorlamalı sistemde logaritmik modelin, direkt güneş ışığı altında kurutmada ise Midilli ve Küçük modelin kuruma davranışlarını en iyi betimleyen eşitlikler olduğunu bildirmişlerdir.

## 2.5 Rehidrasyon

Rehidrasyon kapasitesi, kurutma sonrasında elde edilen ürünün kalite ölçütlerinden biridir ve kurutma koşulları, ön işlem, suyun sıcaklığı, süre ve örnek yapısına bağlı olarak değişiklik gösterir. Kurutulmuş gıda maddesinin rehidrasyon kapasitesi, su içerisinde belirli bir sıcaklık ve sürede bekletilmesi sonucu kazanılan su miktarı ile belirlenir (Kılıç ve Calam, 2020). Rehidrasyon sırasında, su emiliminde başlangıçta ani bir artış ve dengeye erişildikten sonra rehidrasyon oranında bir düşüş görülür. Bu asimptotik davranış, rehidrasyon ilerledikçe ve sistem dengeye yaklaştıkça su transferi için itici gücün azalmasıyla ilgilidir (Moreira, vd., 2008). Bu nedenle, ürünlerin rehidrasyon kinetiğinin incelenmesi, proses optimizasyonu için yararlıdır; kinetiğin

işleme değişkenlerinden nasıl etkileneceğini ve verilen koşullar altında ıslatma süresinin nasıl tahmin edilebileceğinin bilinmesini sağlar (Cunningham, vd., 2008).

Rehidrasyon işlemi sırasında kütle transfer kinetiğinin modellenmesi için kullanılan ve sürecin optimizasyonu için yararlı olan birkaç empirik denklem bulunmaktadır. Rehidrasyon sürecini tanımlamak için kullanılan eşitliklerin çoğu, farklı geometriler için Fick'in ikinci yasasından türetilmiştir.

Kılıç ve Calam (2020) kapyra biber dilimlerinin kuruma karakteristiklerini konvektif kurutucu (50 ve 60°C) yardımıyla incelemişlerdir. Biberler kurutma işleminden önce NaOH çözeltisi ve zeytinyağı/K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> karışımı ile ön işleme tabi tutulmuştur. Ön işlem uygulamasının ve kurutma sıcaklığındaki artışın, kuruma süresini azalttığı ve rehidrasyon kapasitesini arttırdığı görülmüştür.

Lopez-Quiroga, vd. (2019) yaptıkları çalışmada, dondurarak kuruttukları taze domatesleri farklı sıcaklıklarda (20, 40 ve 50°C) rehidre etmişlerdir. Rehidrasyon ortamı sıcaklığının artmasıyla birlikte rehidrasyon kapasiteleri de artmıştır. Rehidrasyon kapasitesi 20°C'de %37 olarak ölçülürken, 50°C'de ise %52 oranına ulaşılmıştır. Ayrıca, sonuçlara göre üssel ve Weibull modelleri, rehidrasyon davranışlarını en iyi tanımlayan modeller olmuştur.

Zielinska ve Markowski (2016) mikrodalga destekli kurutmanın yaban mersininin rehidrasyonu üzerindeki etkisi incelemişlerdir. Çalışmada mikrodalga destekli kurutmanın yaban mersininden yüksek miktarda katı madde kaybını önleyebildiğine dair sonuçlara varılmıştır. Peleg ve birinci dereceden kinetik modeller deneysel verilerle iyi uyum sağlamış ve yaban mersininin rehidrasyon davranışını etkili bir şekilde tanımlamıştır.

Bir diğer çalışmada ise kurutulmuş yeşil dolmalık biberlerin su emme özellikleri 25, 50 ve 75°C rehidrasyon sıcaklıklarında incelenmiştir. Rehidrasyon işlemi 1:40 oranında uygulanmıştır. Yeşil dolmalık biberler, etil oleat (EO) ve sitrik asit (SA) çözeltileri ile ön işleme maruz bırakıldıktan sonra 65°C'de kurutulmuştur. Tüm örneklerde başlangıç

rehidrasyon oranları rehidrasyon sıcaklığı ile artmış ve EO ön işlemleri için bu oranların en yüksek olduğu kaydedilmiştir. (Doymaz ve İsmail, 2013).

Vega-Alvez, vd. (2009a) 60°C’de kurutulan aloe veraları (*Aloe barbadensis* Miller), rehidrasyon olayı sırasında sıcaklığın kütle transferi kinetiği üzerindeki etkisini incelemek için üç farklı sıcaklıkta (20, 40 ve 60°C) rehidre etmişlerdir. Tüm deneyler için katı-sıvı oranları 1:50’de tutulmuştur. Rehidrasyon davranışının karakterize edilebilmesi için Fick, Peleg ve Weibull modelleri uygulanmıştır. Weibull modeli ve önerilen yeni bir model, her bir rehidrasyon eğrisi için en iyi uyumu sağlayan eşitlikler olarak gösterilmiştir. Ayrıca, sıcaklık artmasıyla azalan iki rehidrasyon indeksi (rehidrasyon hızı ve su tutma kapasitesi) kurutma işlemi boyunca *A. barbadensis*’in hücresel ve yapısal bozulmaya bağlı olarak, rehidrasyon kabiliyetini azalttığını doğrulamaktadır.

Patates silindirlerinin rehidrasyon özelliklerinin incelendiği başka bir çalışmada örnekler, konvektif (60°C) ve mikrodalga fırında (250, 440 veya 600 W) önceden ayrı ayrı kurutulmuş ve ardından 20 ila 80°C arasındaki sıcaklıklarda su banyosunda rehidre edilmiştir. En yüksek rehidrasyon oranı 20°C’de 5.97 olarak ölçülmüştür. Fick’in ikinci difüzyon yasası, rehidrasyon kinetiğini tanımlamak için kullanılmıştır. Rehidrasyon hızı, sürecin ilk aşamalarında daha hızlı olmakla birlikte, 60°C’ye kadar sıcaklıkla artmıştır. 60°C’den sonraki sıcaklıklarda ise, katı kaybından dolayı final rehidrasyon oranları azalmıştır. Mikrodalga kurutma örneklerde gözenekli yapının artmasına ve böylece rehidrasyon özelliklerinin iyileştirilmesini sağlamıştır (Cunningham, vd., 2008).

Kaymak-Ertekin (2002) hava sıcaklığı, hava hızı ve çeşitli ön işlemlerin, akışkan yataklı kurutucu ile kurutulan yeşil ve kırmızı biber dilimlerinin 25 ve 45°C’de rehidrasyon oranları üzerine etkisini araştırmışlardır. Rehidrasyon oranlarının kurutma koşullarından ve rehidrasyon sıcaklığından bağımsız olduğu bulunmuştur. Kurutulmuş biberlerin rehidrasyon kapasitesinin düşük ve rehidrasyon süresinin uzun olduğu kaydedilmiştir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1 Materyal

Çarliston (Do=2.90 cm; lo=0.37 cm), sivri (Do=1.90 cm; lo=0.20 cm) ve dolmalık (Do=5.07 cm; lo=0.33 cm) biberler, Eylül 2019'da Osmaniye meyve ve sebze halinden tedarik edilmiş ve +4°C'de kurutma deneylerine kadar muhafaza edilmiştir. Biber örneklerinin nem ve kalite kayıplarını önlemek için birkaç gün içinde deneyler yapılmıştır. Biberlerin sapları ve tohumları kurutulmadan hemen önce manuel olarak çıkarılmış ve sonrasında örnekler bütün olarak kurutulmuştur. Çarliston, sivri ve dolmalık biberlerin nem içerikleri sırasıyla  $94.07 \pm 5.93$ ,  $92.42 \pm 7.58$  ve  $93.63 \pm 6.37$  olarak belirlenmiştir (AOAC, 1990).

#### 3.2 Mikrodalga Kurutma

Temizlenen ve tartılan taze biberler öncelikle sıcak hava ve vakum altında kurutma teknikleri ile de kurutulmaya çalışılmış ancak, biberlerde pişme, homojen kurumama ve sulanma gibi olumsuz sonuçlarla karşılaşıldığından dolayı mikrodalga kurutma tercih edilmiştir. Biber miktarları; çarliston biber için  $38.03 \pm 2.24$  g, sivri biber için  $35.95 \pm 2.50$  g ve dolmalık biber için  $38.49 \pm 1.55$  g olarak belirlenmiştir. Kurutma deneyleri, olası bir yanmayı önleme amacıyla sabit tartıma ulaşana kadar mutfak tipi mikrodalga fırında (Bosch, HMT84G, Almanya) düşük mikrodalga güç seviyelerinde (90, 180 ve 90 + 180 W) gerçekleştirilmiştir. Biberler kombine uygulamada (90 + 180 W) suyun hızlı buharlaşması ve sıcak noktaların oluşmaması için önce 180 W'ta daha sonra 90 W'ta tutulmuştur. 25 L iç hacme sahip olan mikrodalga fırının boyutları 513 mm × 408 mm × 305 mm'dir. Biberler mikrodalga içerisinde bulunan döner tablaya (D=245 mm) yerleştirilmiş ve kurutma işlemi kesikli olarak gerçekleştirilmiştir. Mikrodalga fırının yakınında bulunan dijital bir terazi (OHAUS, Pioneer™, PA 114, ABD) kullanılarak 90 W'ta 5 dakika aralıklarla, ve 180 ve 90 + 180 W'ta ise 3 dakika aralıklarla ağırlık ölçümleri yapılmıştır. Kurutma deneyleri en az on defa tekrarlanmıştır. Çarliston, sivri ve dolmalık biberin son nem içerikleri sırasıyla  $8.49 \pm 0.09$ ,  $7.33 \pm 1.40$  ve  $7.21 \pm 1.05$  olarak belirlenmiştir. Kurutulan ürünler, sonraki analizlere kadar +4°C'de kilitli plastik torbalarda muhafaza edilmiştir.

### 3.3 Kurutmanın Matematiksel Modellemesi

Boyutsuz nem oranı (NO), denge nem içeriğinin sıfır olduğu varsayılarak denklem (3.1) ile hesaplanmıştır (Akgün ve Doymaz, 2005).

$$NO = \frac{M}{M_0} \quad (3.1)$$

M herhangi bir zamandaki nem içeriği ( $\text{kg}_{\text{su}} \text{ kg}^{-1}_{\text{kuru madde}}$ ) ve  $M_0$  başlangıç nem içeriğidir ( $\text{kg}_{\text{su}} \text{ kg}^{-1}_{\text{kuru madde}}$ ).

İnce tabaka kurutmaya ilişkin literatürde bulunan 25 matematik model (Çizelge 3.1) deneysel verilerin uygunluğunu test etmek için kullanılmıştır. Determinasyon katsayısı ( $R^2$ , denklem (3.2)), indirgenmiş ki-kare ( $\chi^2$ , denklem (3.3)) ve kök ortalama kare hatası (KOKH, denklem (3.4)) hesaplanmış ve en yüksek  $R^2$  ve en düşük  $\chi^2$  ve KOKH değerleri en iyi modelleri göstermiştir (Akgün ve Doymaz, 2005).

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (NO_{tah,i} - MRNO_{den,i})^2}{\sum_{i=1}^N (NO_{tah} - NO_{den,i})^2} \quad (3.2)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (NO_{den,i} - NO_{tah,i})^2}{N - z} \quad (3.3)$$

$$KOKH = \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (NO_{expden,i} - NO_{tah,i})^2 \right]^{1/2} \quad (3.4)$$

$NO_{den,i}$ : i'deki deneysel NO,

$NO_{tah,i}$ : i'deki tahmini NO,

N: deneysel veri sayısı,

z: sabit sayısı.

Çizelge 3.1 Kurutma verileri için kullanılan matematiksel modeller

| Model Adı                   | Eşitlik                                        | Kaynak                           |
|-----------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------|
| Lewis                       | $NO = \exp(-kt)$                               | Bruce, 1985                      |
| Page                        | $NO = \exp(-kt^n)$                             | Page, 1949                       |
| Modifiye Page               | $NO = \exp(-kt)^n$                             | Overhults, vd., 1973             |
| Sigmoid                     | $NO = a + \frac{b}{1 + e^{k(t-c)}}$            | Antal, vd., 2011                 |
| Midilli ve ark.             | $NO = a \exp(-kt^n) + bt$                      | Midilli, vd., 2002               |
| Modifiye Midilli 1          | $NO = \exp(-kt^n) + bt$                        | Ghazanfari, vd., 2006            |
| Modifiye Midilli 2          | $NO = \exp(-kt) + bt$                          | Erbay ve Icier, 2010             |
| Modifiye Midilli 3          | $NO = a \exp(-kt) + bt$                        | Erbay ve Icier, 2010             |
| Henderson ve Pabis          | $NO = a \exp(-kt)$                             | Henderson ve Pabis, 1961         |
| Modifiye Henderson ve Pabis | $NO = a \exp(-kt) + b \exp(-gt) + c \exp(-ht)$ | Karathanos, 1999                 |
| Logaritmik                  | $NO = a \exp(-kt) + c$                         | Togrul ve Pehlivan, 2004         |
| İki terimli                 | $NO = a \exp(-kt) + b \exp(-k_0t)$             | Henderson, 1974                  |
| Wang-Singh                  | $NO = 1 + at + bt^2$                           | Wang ve Singh, 1978              |
| Weibull                     | $NO = \exp(-(\frac{t}{b})^a)$                  | Corzo, vd., 2008                 |
| Parabolik                   | $NO = a + bt + ct^2$                           | Sharma ve Prasad, 2004           |
| Kübik                       | $NO = a + bt + ct^2 + dt^3$                    | Dalvand, vd., 2012               |
| Thompson                    | $t = a \ln(NO) + b[\ln(NO)^2]$                 | Thompson, vd., 1968              |
| Vega Lemus                  | $NO = (a + bt)^2$                              | Vega-Gálvez, vd., 2009           |
| Rasyonel                    | $NO = \frac{a + bt}{1 + ct + dt^2}$            | Haghi ve Angiz, 2007             |
| Vega Galvez 1               | $NO = n + k\sqrt{t}$                           | Vega-Gálvez, vd., 2008           |
| Vega Galvez 2               | $NO = \exp(n + kt)$                            | Vega-Gálvez, vd., 2008           |
| Hii ve ark.                 | $NO = a \exp(-k_0t^n) + b \exp(-k_1t^n)$       | Hii, vd., 2009                   |
| Sripinyowanich ve Noomhorn  | $NO = \exp(-kt^n) + bt + c$                    | Sripinyowanich ve Noomhorn, 2011 |
| Noomhorn ve Verma           | $NO = a \exp(-k_0t) + b \exp(-k_1t) + c$       | Noomhorn ve Verma, 1986          |
| Difüzyon yaklaşımı          | $NO = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-kbt)$          | Togrul ve Pehlivan, 2004         |

NO: Nem oranı; a, b, c, d, k, k<sub>0</sub>, k<sub>1</sub>, n: model parametreleri; t: zaman (s)

### 3.4 Etkin Difüzyon Katsayısı (D<sub>et</sub>)

Çarliston, sivri ve dolmalık biberlerin şekilleri, sonsuz levha ve sonsuz içi boş silindir olmak üzere iki farklı şeklin kombinasyonu olarak kabul edilmiştir. Etkin difüzyon katsayısı (D<sub>ef</sub>), Fick'in difüzyon denkleminin (denklem (3.5)), levha (denklem 3.6) ve silindir geometrileri için (denklem 3.7) birkaç varsayım yapılarak, analitik olarak çözülmesiyle hesaplanmıştır. Bu varsayımlar; (i) nem difüzyonunun kararsız halde gerçekleşmesi, (ii) ihmal edilebilir dış direnç ve büzülme, (iii) sabit D<sub>et</sub> ve (iv) homojen başlangıç nem dağılımıdır (Doymaz, 2011; Doymaz ve İsmail, 2010).

$$\frac{\partial M}{\partial t} = D_{\text{eff}} \nabla^2 M \quad (3.5)$$

$$NO = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^2} \times \exp \left[ -\frac{(2n-1)^2 \pi^2 D_{\text{eff}}}{L^2} t \right] \quad (3.6)$$

$$NO = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4}{(\beta_n)^2} \times \exp \left[ -\frac{(\beta_n)^2 D_{\text{eff}}}{(b-a)^2} t \right] \quad (3.7)$$

L: Levhanın yarı kalınlığı (m)

a: Silindirin iç yarıçapı (m)

b: Silindirin dış yarıçapı (m)

$\beta_n$ : Bessel fonksiyonu

t: Zaman (s)

Denklem (3.6) ve (3.7), uzun kuruma süreleri için ( $NO < 0,6$ ) sadece ilk terimler dikkate alınarak basitleştirilebilir. Denklem (3.6)'nın basitleşmiş formu denklem (3.8) ve eşitlik (3.7)'nin sadeleşmiş hali ise (3.9)'da gösterilmiştir. Bu 2 denklemin çarpılmış hali doğrusallaştırılarak  $D_{\text{et}}$  hesabında kullanılmıştır (Moon, vd., 2014).

$$NO = \frac{8}{\pi^2} \exp \left[ -\frac{\pi^2 D_{\text{eff}}}{L^2} t \right] \quad (3.8)$$

$$NO = \frac{4}{(\beta_1)^2} \exp \left[ -\frac{(\beta_1)^2 D_{\text{eff}}}{(b-a)^2} t \right] \quad (3.9)$$

### 3.5 Rehidrasyon ve Matematiksel Modelleme

Kurutulmuş örnekler bir su banyosuna (Wisebath, WB-11, Almanya) yerleştirilmiş ve 25, 50 ve 70°C'de distile su içinde rehidre edilmiştir. Yaklaşık  $2.43 \pm 0.07$  g kurutulmuş çarliston biber,  $1.70 \pm 0.08$  g kurutulmuş sivri biber ve  $2.52 \pm 0.23$  g kurutulmuş dolmalık biber sırasıyla 1:220, 1:260 ve 1:220 (kütle/kütle) oranında su ortamına konulmuştur. Rehidrasyon işleminden sonra biberler su banyosundan çıkarılmış, süzölmüş, yüzeydeki fazla su kurutma kâğıdı ile uzaklaştırılmış ve ardından dijital bir terazi (OHAUS, Pioneer, PA 114, ABD) yardımı ile tartılmıştır. Tüm biberlerin tartım prosedürü sırasıyla 25, 50 ve 70°C'de 50, 40 ve 15 dakika aralıklarla tekrarlanmıştır. Rehidrasyon, denge nem içeriği elde edilene kadar devam etmiştir. Her rehidrasyon deneyi, üç tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

Rehidrasyon oranı (RO) ve fraksiyonel alım (FA) (Peppas, vd., 1980) denklem (3.10) ve denklem (3.11) ile hesaplanmıştır.

$$RO = \frac{W_r}{W_k} \quad (3.10)$$

$W_r$ : Rehidre edilmiş örneğin ağırlığı (g),

$W_k$ : Kurutulmuş ürün ağırlığı (g),

$$FA = \frac{W_t - W_0}{W - W_0} \quad (3.11)$$

$W_t$ : t zamanında rehidre edilmiş örneğin ağırlığı (g),

$W_0$ : Örneğin ilk ağırlığı (g),

$W$ : Örneğin son ağırlığı (g)

DeneySEL RO ve FA, Çizelge 3.2’de listelenen beş yarı empirik modele uygulanmış ve en iyi modeller, kurutmadaki gibi en yüksek  $R^2$ , en düşük indirgenmiş  $\chi^2$  ve KOKH değerlerine göre belirlenmiştir.

Çizelge 3.2 Rehidrasyon verileri için kullanılan matematiksel modeller

| Model Adı                  | Eşitlik                                       | Kaynak                                       |
|----------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 0. dereceden kinetik model | $RO = RO_e + kt$                              | Ergün, vd., 2016                             |
| 1. dereceden kinetik model | $RO = RO_e - (RO_e - 1)\exp(-kt)$             | Krokida ve Marinos-Kouris, 2003              |
| İki terimli üssel bozunma  | $RO = y_0 + a \exp(-bt) + c \exp(-dt)$        | Lee ve Rhim, 2010                            |
| Peleg                      | $RO = (RO_e - 1/k_2) + \frac{t}{k_1 + k_2 t}$ | Peleg, 1988                                  |
| Peppas                     | $FA = k t^n$                                  | Peppas, vd., 1980;<br>Doymaz ve Ismail, 2013 |

FA: Fraksiyonel alım, RO: Rehidrasyon oranı;  $RO_e$ : Denge rehidrasyon oranı; a, b, c, d, k,

$k_1, k_2, n, y_0$ : model parametreleri; t: zaman (s)

### 3.6 Renk

Taze, kurutulmuş ve rehidre edilmiş biberlerin renk değerleri ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), portatif renk cihazı (Konica Minolta Chroma Meter, CR 400, Japonya) kullanılarak aynı örnek üzerinde üç farklı noktada belirlenmiştir. Toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ) denklem (3.12) ile hesaplanmıştır.

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_{ref})^2 + (a^* - a_{ref})^2 + (b^* - b_{ref})^2} \quad (3.12)$$

$L^*$ : parlaklık

$a^*$ : kırmızılık-yeşillik

$b^*$ : sarılık-mavilik

Ref değerleri kurutulan biberlerin taze formdaki renk parametrelerini temsil etmektedir, ancak rehidre edilmiş biberlerde ise bu değerler kurutulmuş biberlere aittir. Rehidre ürünün orijinal rengine ne kadar yakın olduğu konusunda fikir verecek olan  $\Delta E_f$ 'yi belirlemek için denklem (3.13) türetilmiştir;

$$\Delta E_f = \Delta E_k - \Delta E_r \quad (3.13)$$

$\Delta E_k$ : Kurutulmuş biberin toplam renk değişimi

$\Delta E_r$ : Rehidre edilmiş biberin toplam renk değişimi

### 3.7 Tekstür Profili Analizi (TPA)

Tüm örneklerin sertlikleri, Texture Pro CT V1.4 Build 17 yazılımını kullanan tekstür cihazı (Brookfield, CT3, ABD, yükleme hücresi 4500 g) ile belirlenmiştir. Wang, vd. (2017) tarafından modifiye edilen TPA prosedüründe analiz koşulları şu şekildedir; deformasyon hedefi %15, ön test ve test hızları 1 mm/s ve tetikleyici güç 1.5 N'dur. Ölçüm sırasında silindir uç (TA5, D=12.7 mm, L=35 mm) kullanılmıştır.

### 3.8 Biyoaktif Maddelerin Ekstraksiyonu

Biber örneklerinden biyoaktif maddelerin özütlenmesi Bennett, vd. (2011) tarafından önerilen metotta bazı modifikasyonlar yapılarak gerçekleştirilmiştir. 1 g doğranmış taze veya rehidre biber örneği ya da 1 g kurutulmuş ve öğütülmüş toz biber örneği santrifüj tüpünde 15 ml distile su ile karıştırılmış, 10 s vortekslenmiş (Wisd, VM-10, Almanya) ve ardından oda sıcaklığında ( $25 \pm 1$  °C) ultrasonik su banyosunda (JP Selecta Ultrasons HD, İspanya) 20 dakika bekletilmiştir. Karışım 15 dakika boyunca 3500 rpm'de santrifüjlenmiştir (Hettich Zentrifugen, Almanya). Ekstraktlar Whatman No.1 kağıdı ile süzildükten sonra elde edilmiş ve 24 saat içinde analizlere tabi tutulmuştur.

### 3.9 Toplam Fenolik Madde (TFM)

Örneklerin TFM değerleri Li, vd. (2015) tarafından belirtilen Folin-Ciocalteu prosedüründe yapılan bazı değişikliklerle belirlenmiştir. Eşit miktarda (0.5 ml) ekstrakt ve Folin-Ciocalteu reaktifi karıştırılmış ve ardından 3 ml sodyum karbonat (%10, kütle/hacim) ilave edilmiştir. Karışımın toplam hacmi, distile su ile 50 ml'ye tamamlanmış, karışım karanlıkta 30 dakika bekletilmiş ve daha sonra spektrofotometre (Shimadzu, UV 1800, Japonya) ile absorbansları 760 nm'de okunmuştur. Sonuçlar, mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/g kuru madde (KM) olarak verilmiştir. Her deney, üç tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

### 3.10 FRAP Yöntemiyle Antioksidan Aktivite (AA)

FRAP prosedürü, Szydlowska-Czerniak, vd. (2008)'nin kullandığı metottan modifiye edilmiştir. İlk olarak, 20 mM FeCl<sub>3</sub> ve 10 mM TPTZ (40 mM HCl içinde) solüsyonundan bir hacim ve on hacim 0.1 M asetat tamponu (pH = 3.6) içeren bir FRAP reaktifi hazırlanmıştır. Ekstrakt (0.3 ml), FRAP reaktifi (2 ml) ile karıştırılmış ve toplam hacim distile su ile 10 ml'ye tamamlanmıştır. Karanlıkta 10 dakika bekletildikten sonra, spektrofotometrede (Shimadzu, UV 1800, Japonya) 593 nm'de absorbanslar kaydedilmiştir. Sonuçlar, g KM başına µmol troloks eşdeğeri (TE) olarak verilmiştir. Her deney, üç tekrar halinde gerçekleştirilmiştir.

### 3.11 ABTS Yöntemiyle Antioksidan Aktivite

2,2'-Azino-bis (3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit) diamonyum tuzu (ABTS) testi için, Arnao, vd. (2001)'nin yöntemi bazı modifikasyonlarla kullanılmıştır. Eşit hacimde 7.4 mM ABTS' ve 2.6 mM potasyum persülfat ile stok çözelti hazırlanmış ve bu karışım karanlık ortamda saklanmıştır. Stok çözelti 12 saat sonra 734 nm'de absorbansının  $1.1 \pm 0.02$ 'ye ulaşması için 1:60 (hacim/hacim) oranında etanol ile seyreltilmiştir. Antioksidan testi için 0.15 ml ekstrakt, 2.85 ml seyreltilmiş stok ABTS' solüsyonu ile reaksiyona bırakılmış ve 2 saat karanlık ortamda bekletilmiştir. Spektrofotometre (Shimadzu, UV 1800, Japonya), 734 nm'de absorbansları okumak için kullanılmıştır. Sonuçlar,  $\mu\text{mol TE/g KM}$  olarak verilmiştir. Her deney, üç tekrar halinde gerçekleştirilmiştir.

### 3.12 İstatistiksel Analiz

Kurutma ve rehidrasyon kinetiğinin doğrusal olmayan regresyon analizi, Origin Pro 2016 (Origin-Lab, ABD) yazılımı (deneme sürümü) ile yapılmıştır. Fiziksel ve kimyasal analizler için, örnekler arasındaki farklılıkları %95 güven aralığında Duncan testi yardımıyla karşılaştırmak için SPSS programı (IBM-SPSS Inc., ABD, deneme sürümü) kullanılmıştır.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1 Kurutma

Çarliston, sivri ve dolmalık biberler için 90, 180 ve 90 + 180 W güç seviyelerinde kuruma süreleri sırasıyla 60, 36, 45 dakika (ortalama final NO=0.066); 60, 36, 48 dakika (ortalama final NO= 0.091) ve 60, 33, 36 dakika (ortalama final NO=0.066) olarak kaydedilmiştir. 90 + 180 kombinasyonunda çarliston ve dolmalık bibere 21 dakika, sivri bibere 24 dakika 180 W'lık güç uygulanmıştır. 90 W uygulamasına ait süre, ön denemeler ve NO değerlerinin değişimine göre belirlenmiştir. İki güç seviyesinin kombinasyonu, tüm örneklerin kuruma sürelerinde 90 W'a göre bir azalmaya neden olmuş ve güç seviyesi 90 W'dan 180 W'a değiştiğinde, kuruma süresi beklendiği gibi azalmıştır. Mikrodalgalar hacimsel ısıtma sağladığından, buhar basıncındaki daha büyük fark nedeniyle daha yüksek mikrodalga güç seviyesinde üründe daha fazla ısı üretimi meydana gelir (Zarein, vd., 2015; Movagharnejad, vd., 2019). Önceki çalışmalar dikkate alındığında, belirli bir mikrodalga gücünün başka bir seviyeyle kombinasyonunu konu edinmiş bir araştırmaya rastlanılamamıştır. 25 ince tabaka kurutma modeli arasında (Çizelge 3.1), Sigmoid (Antal, vd., 2011) (denklem 4.1) ve Hii, vd., (1980) (denklem 4.2) modellerinin biberlerin deneysel kurutma verileri için en iyi sonuçları sağladığı görülmüştür.

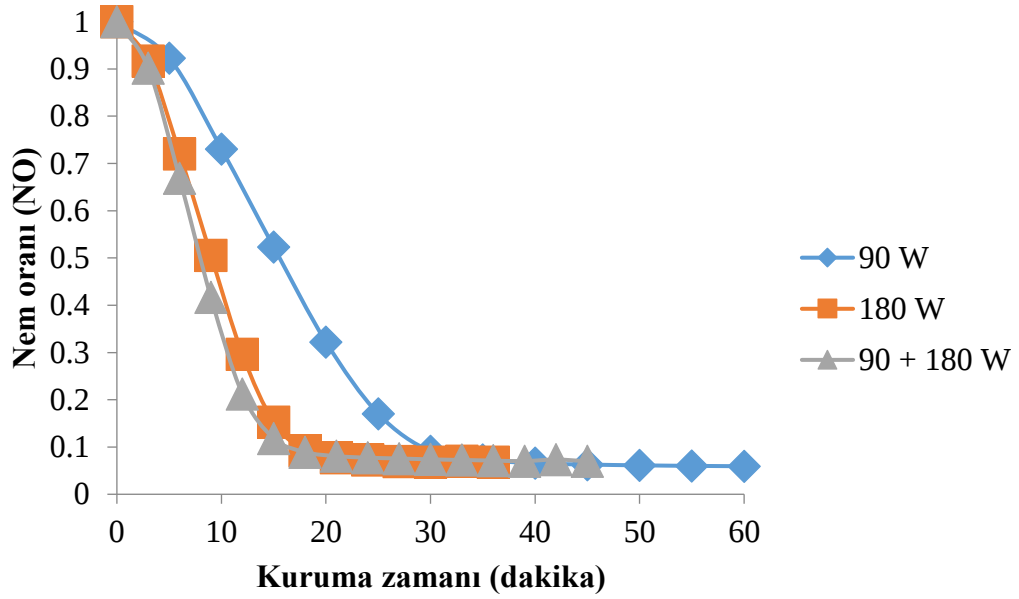
$$NO = a + \frac{b}{1 + e^{k(t-c)}} \quad (4.1)$$

$$NO = a \exp(-k_0 t^n) + b \exp(-k_1 t^n) \quad (4.2)$$

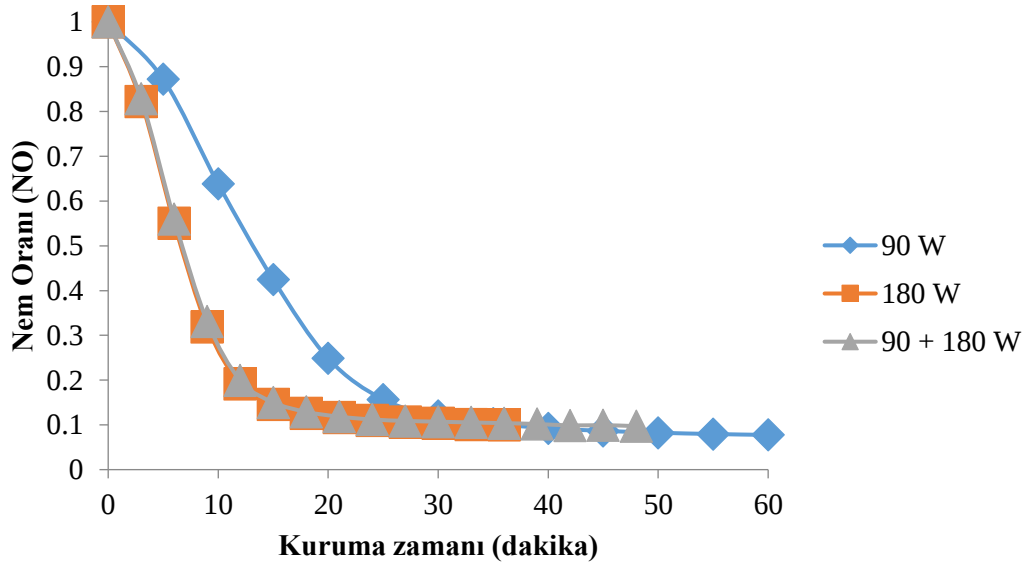
Yukarıdaki denklemlerde; a, b, c, k, k<sub>0</sub> ve k<sub>1</sub> model parametrelerini, t saniye cinsinden süreyi göstermektedir ve bu değerler Çizelge 4.1'de R<sup>2</sup>, χ<sup>2</sup> ve KOKH değerleri ile gösterilmiştir. Genel olarak, Hii, vd., (1980), Sigmoid modeliyle kıyaslandığında biberlerin kuruma davranışını açıklamada daha başarılı olmuştur. Fakat, dolmalık biberin NO değerleri Sigmoid denklemine daha iyi uyum sağlamıştır. Çarliston biber hariç diğer biberlerde k (her iki model için) c ile birlikte, mikrodalga güç seviyesine bağlı olarak değişmiştir. R<sup>2</sup>, Sigmoid ve Hii, vd., modelleri için sırasıyla 0.99943-

0.99992 ile 0.99960-0.99989 arasında yer almıştır (Çizelge 4.1). Thompson, vd. (1968) ve Vega Galvez, vd. (2008) (Çizelge 3.1) tarafından önerilen matematiksel ifadeler, örneklerin kuruma özelliklerini açıklamada başarısız olmuştur. Ekler kısmında yer alan A1-A9 arasındaki tablolar, Çizelge 3.1'deki tüm matematiksel eşitliklerin sonuçlarını göstermektedir. Biberlerin kuruma eğrileri Şekil 4.1'de, kuruduklarından sonraki görüntülerine ise Şekil 4.2'de yer verilmiştir.

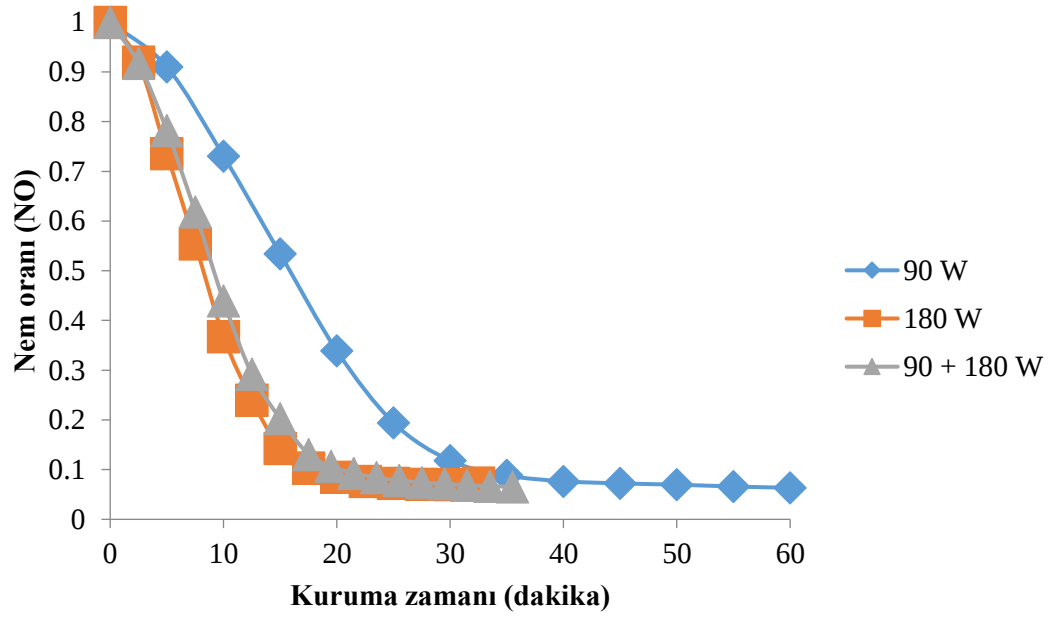
A)



B)

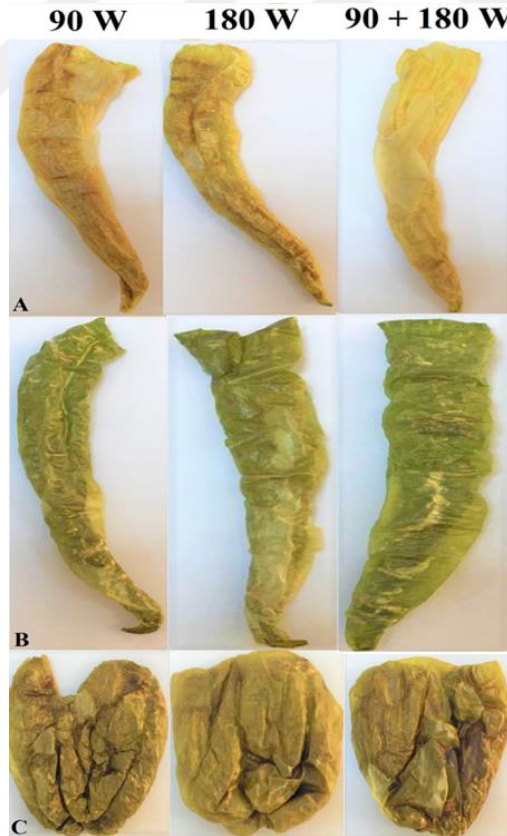


C)



Şekil 4.1 Zamana göre nem oranındaki değişimler

A) Çarliston biber, B) Sivri biber, C) Dolmalık biber



Şekil 4.2 Mikrodalgada kurutulmuş biber örnekleri

A) Çarliston biber, B) Sivri biber, C) Dolmalık biber

Çizelge 4.1 Sigmoid ve Hii ve diğerlerinin kurutma modellerine göre sonuçlar

| Sigmoid         |          |                |                |         |         |         |          |                |         |
|-----------------|----------|----------------|----------------|---------|---------|---------|----------|----------------|---------|
| Örnek           | Güç (W)  | R <sup>2</sup> | χ <sup>2</sup> | KOKH    | a       | b       | c        | k              |         |
| Çarliston biber | 90       | 0.99943        | 0.00010        | 0.00815 | 0.05620 | 1.01671 | 14.04081 | 0.18495        |         |
|                 | 180      | 0.99953        | 0.00009        | 0.00752 | 0.06294 | 1.00496 | 8.16518  | 0.32375        |         |
|                 | 90 + 180 | 0.99980        | 0.00003        | 0.00435 | 0.07234 | 0.99387 | 7.19633  | 0.37306        |         |
| Sivri biber     | 90       | 0.99963        | 0.00005        | 0.00580 | 0.08366 | 1.05055 | 10.81795 | 0.18093        |         |
|                 | 180      | 0.99974        | 0.00003        | 0.00470 | 0.10721 | 1.03735 | 5.19516  | 0.35390        |         |
|                 | 90 + 180 | 0.99954        | 0.00004        | 0.00565 | 0.10516 | 1.04928 | 5.25127  | 0.33974        |         |
| Dolmalık biber  | 90       | 0.99978        | 0.00004        | 0.00500 | 0.06398 | 1.02275 | 13.94443 | 0.17100        |         |
|                 | 180      | 0.99961        | 0.00006        | 0.00659 | 0.06697 | 1.04778 | 7.02144  | 0.30670        |         |
|                 | 90 + 180 | 0.99992        | 0.00001        | 0.00288 | 0.06792 | 1.03728 | 7.90939  | 0.27675        |         |
| Hii vd.         |          |                |                |         |         |         |          |                |         |
| Örnek           | Güç (W)  | R <sup>2</sup> | χ <sup>2</sup> | KOKH    | a       | b       | k        | k <sub>1</sub> | n       |
| Çarliston biber | 90       | 0.99960        | 0.00007        | 0.00685 | 0.94655 | 0.04889 | 0.00294  | -0.00006       | 2.02791 |
|                 | 180      | 0.99962        | 0.00008        | 0.00679 | 0.94481 | 0.04999 | 0.00856  | -0.00035       | 2.04147 |
|                 | 90 + 180 | 0.99986        | 0.00002        | 0.00365 | 0.91933 | 0.07709 | 0.01027  | 0.00003        | 2.09391 |
| Sivri biber     | 90       | 0.99968        | 0.00004        | 0.00535 | 0.90907 | 0.08974 | 0.00864  | 0.00006        | 1.76312 |
|                 | 180      | 0.99989        | 0.00002        | 0.00304 | 0.87219 | 0.12615 | 0.03200  | 0.00048        | 1.74670 |
|                 | 90 + 180 | 0.99989        | 0.00001        | 0.00283 | 0.87878 | 0.12047 | 0.03179  | 0.00028        | 1.72656 |
| Dolmalık biber  | 90       | 0.99965        | 0.00006        | 0.00624 | 0.93107 | 0.06198 | 0.00370  | -0.00003       | 1.93819 |
|                 | 180      | 0.99978        | 0.00004        | 0.00491 | 0.94033 | 0.05800 | 0.01668  | -0.00043       | 1.82530 |
|                 | 90 + 180 | 0.99970        | 0.00004        | 0.00547 | 0.91418 | 0.07640 | 0.01229  | 0.00016        | 1.87775 |

R<sup>2</sup>: Determinasyon katsayısı; χ<sup>2</sup>: İndirgenmiş ki-kare; KOKH: Kök ortalama kare hatası; a, b, c, k, k<sub>1</sub>, n: model parametreleri

Çizelge 4.2 çarliston biber için  $2.70233 \times 10^{-8}$ - $4.66859 \times 10^{-8}$  m<sup>2</sup>/s, sivri biber için  $6.09910 \times 10^{-9}$ - $1.08721 \times 10^{-8}$  m<sup>2</sup>/s ve dolmalık biber için  $1.64051 \times 10^{-8}$ - $3.06943 \times 10^{-8}$  m<sup>2</sup>/s aralığında olan D<sub>et</sub> değerlerini göstermektedir. Çarliston biberin D<sub>et</sub>'i, tüm güç seviyelerinde diğerlerinden karşılaştırılabilir derecede daha yüksektir ve maksimum D<sub>et</sub> her zaman 180 W'ta gözlenmiştir. Arslan ve Özcan (2011) kırmızı biberler için D<sub>et</sub>'i (210 ve 700 W'da kurutulmuş)  $55.97 \times 10^{-9}$  ve  $87.39 \times 10^{-9}$  m<sup>2</sup>/s olarak, bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlardan daha düşük değerlerde belirtmişlerdir; ancak Darvishi, vd. (2014)'nin bulguları bu tez çalışmasındaki sonuçlara yakındır. 180-450 W mikrodalga güç aralığında biberin D<sub>et</sub> değerlerini  $8.315 \times 10^{-8}$  m<sup>2</sup>/s ile  $2.363 \times 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s arasında bildirmişlerdir. Bu farklılıklar, örneğin geometrisi ve çeşidinden kaynaklanıyor olabilir.

Çizelge 4.2 Kurutulmuş örneklerin etkin nem difüziviteleri

| Örnek           | Güç (W)  | D <sub>et</sub> (m <sup>2</sup> /s) | R <sup>2</sup> |
|-----------------|----------|-------------------------------------|----------------|
| Çarliston biber | 90       | $2.70233 \times 10^{-8}$            | 0.96369        |
|                 | 180      | $4.66859 \times 10^{-8}$            | 0.96339        |
|                 | 90 + 180 | $3.50949 \times 10^{-8}$            | 0.93679        |
| Sivri biber     | 90       | $6.09910 \times 10^{-9}$            | 0.98005        |
|                 | 180      | $1.08721 \times 10^{-8}$            | 0.98336        |
|                 | 90 + 180 | $1.06753 \times 10^{-8}$            | 0.98362        |
| Dolmalık biber  | 90       | $1.64051 \times 10^{-8}$            | 0.97304        |
|                 | 180      | $3.06943 \times 10^{-8}$            | 0.97715        |
|                 | 90 + 180 | $2.68178 \times 10^{-8}$            | 0.97966        |

D<sub>et</sub>: Etkin nem difüzivitesi, R<sup>2</sup>: Determinasyon katsayısı

## 4.2 Rehidrasyon

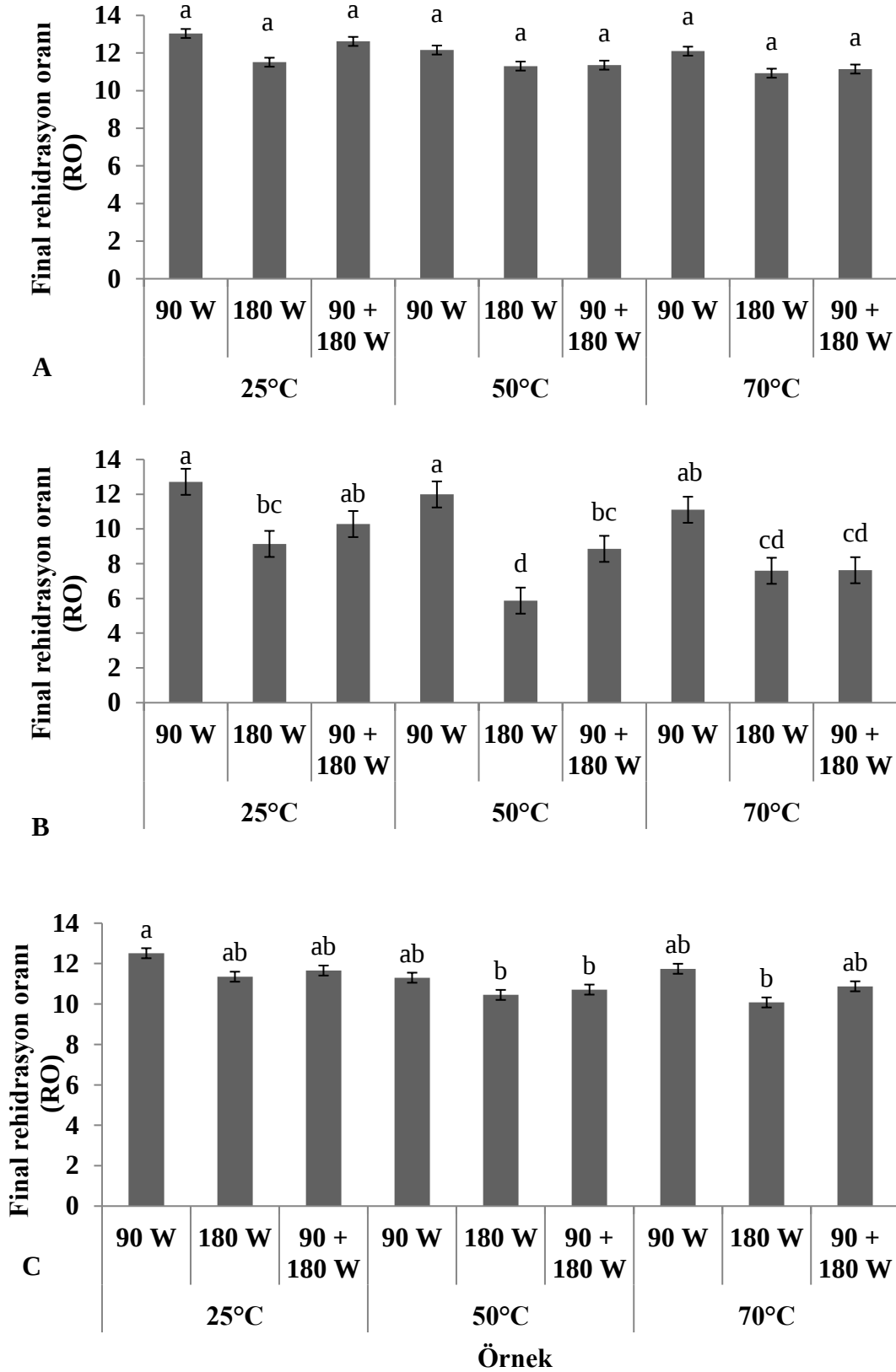
Kurutulmuş biberlerin 25, 50 ve 70°C'deki rehidrasyon süreleri Çizelge 4.3'de gösterilmiştir. Rehidrasyon süresi, rehidrasyon sıcaklığı ile ters orantılıdır, ancak mikrodalga güç seviyesi ile arasında herhangi bir ilişki gözlenmemiştir. Tüm biber çeşitleri için 70°C rehidrasyon sıcaklığı 25°C'ye kıyasla artan rehidrasyon hızı nedeniyle yaklaşık %65 daha kısa rehidrasyon süresi sağlamıştır. Benzer bulgular, üç farklı sıcaklıkta (25, 35 ve 45°C) güneşte kurutulmuş kırmızı biberin rehidrasyonunda Demiray ve Tulek (2017) tarafından bildirilmiştir.

Örneklerin nihai RO değerleri Şekil 4.2'de gösterilmiştir ve en yüksek değerler her koşulda çarliston bibere aittir. RO'lar sırasıyla çarliston, sivri ve dolmalık biber için

10.93-13.04 ( $p>0.05$ ), 5.87-12.71 ( $p<0.05$ ) ve 10.07-12.51 ( $p<0.05$ ) arasında hesaplanmıştır. Kurutma işlemi, yüksek iç basınca neden olan mikrodalgalar tarafından gerçekleştirildiğinden, biberlerin gövdesinde genişlemeler ve şişlikler meydana gelmiştir. Bu yüzden, yapı yoğunluğu azalmış ve hücreler arası boşluklar artmıştır ve bu durum geleneksel olarak kurutulmuş gıdalara kıyasla mikrodalgada kurutulmuş ürünlerde daha yüksek RO gözlemlenmesine sebep olmuştur (Sumnu, vd., 2005; Tepe ve Tepe, 2020). Doymaz ve İsmail (2010) sıcak hava ile kurutulmuş yeşil dolmalık biberlerin RO'larını 25, 50 ve 75 °C'lik rehidrasyon sıcaklıkları için yaklaşık 2.5, 4.5 ve 7 olarak bildirmişlerdir. Bu sonuçlar kurutma tekniği farklılığı nedeniyle tez çalışmasının sonuçlarından daha düşüktür.

Mikrodalga gücünde 90 W'tan 180 W'a olan artış, tüm biber çeşitleri için belirli bir rehidrasyon sıcaklığında final RO seviyelerini azaltmıştır. Daha yüksek mikrodalga güç seviyesinde kurutma, doku bütünlüğünün kaybına ve kılcal damarlarda daha fazla küçülmeye neden olmuştur (Horuz, vd., 2017). Bu bulgu, Tepe ve Tepe (2020) ile İzli ve Polat (2019) çalışmalarıyla benzerlik göstermektedir. Diğer bir yandan, biberlerin final RO'ları genellikle rehidrasyon sıcaklığının artmasıyla azalmıştır, ancak 180 W'ta kurutulmuş sivri biber ve 90 W'ta kurutulmuş dolmalık biber için RO bu trendi izlememiştir.

Rehidrasyon sıcaklığı 25°C'den 50°C'ye değiştiğinde, su emilimi azalmış ve ardından 70°C'de yükselmiştir. Aynı şekilde, Zura-Bravo, vd. (2013), Macar kırmızı biberinin hücresel ve yapısal hasarlardan dolayı final RO'larının 40°C > 20°C > 60°C olduğunu bildirmiştir. Artan rehidrasyon sıcaklığı ile RO'nun düşmesinin nedeni, rehidrasyon işlemi sırasında süzülen katıların kaybına bağlanabilir. Muhtemelen, çözünür katıların difüzyon hızını arttırmaya katkıda bulunan daha yüksek rehidrasyon sıcaklıklarında, zayıf hücre duvarları ortaya çıkmaktadır (Djomdi, vd., 2007).



Şekil 4.3 Rehidrasyon oranı (RO) değerleri A) Çarliston biber, B) Sivri biber, C) Dolmalık biber

Her bir grafikteki aynı küçük harfler, örnekler arasında önemli bir fark olmadığını gösterir ( $p>0.05$ ).

İki terimli üssel bozunma modeli (denklem 4.3) (Lee ve Rhim, 2010), tüm çalışılan sıcaklıklarda biberlerin, özellikle çarliston biberlerin, rehidrasyon davranışını çok iyi tanımlamıştır ve  $R^2$ ,  $\chi^2$ , KOKH ve a, b, c, d ve  $y_0$  parametreleri, Çizelge 4.3'te gösterilmiştir.  $R^2$  ve indirgenmiş  $\chi^2$ , sırasıyla 25°C'de 0.99230-0.99930 ve 0.01021-0.07808, 50°C'de 0.99710-0.99970 ve 0.00438-0.04822, 70°C'de ise 0.97760-0.99890 ve 0.02768-0.03007 arasında değişmektedir. Ekler kısmında yer alan A10-A18 arasındaki tablolar, Çizelge 3.2'deki tüm matematiksel eşitliklerin sonuçlarını göstermektedir.

$$RO = y_0 + a \exp(-bt) + c \exp(-dt) \quad (4.3)$$

25°C rehidrasyon sıcaklığında  $y_0$ , mikrodalga güç seviyesi ile ters orantılıdır; ancak, 50 ve 70°C'de  $y_0$  için spesifik bir eğilim bulunamamıştır. Aksine, çarliston biber çeşidi için, rehidrasyon sıcaklığının  $y_0$  üzerinde arttırıcı bir etkisi olmuştur. Lee ve Rhim (2010) *Salicornia herbacea*'nın rehidrasyon davranışının modellendiği çalışmalarında  $y_0$ 'da aynı sıcaklık etkisini (30°C'den 60°C'ye) gözlemlemişlerdir.

Çizelge 4.3 İki terimli üssel bozunma modelinin regresyon sonuçları

| Sıcaklık (°C) | Örnek           | Güç (W)  | Zaman (dak) | R <sup>2</sup> | $\chi^2$ | KOKH    | y <sub>0</sub> | a        | b        | c         | d        |
|---------------|-----------------|----------|-------------|----------------|----------|---------|----------------|----------|----------|-----------|----------|
| 25            | Çarliston biber | 90       | 500         | 0.99860        | 0.03489  | 0.13794 | 14.20060       | -1.73960 | 0.03550  | -11.46400 | 0.00501  |
|               |                 | 180      | 550         | 0.99920        | 0.01226  | 0.08455 | 12.76040       | -4.10230 | 0.03120  | -7.66130  | 0.00350  |
|               |                 | 90 + 180 | 500         | 0.99760        | 0.05306  | 0.17012 | 13.20230       | -2.59970 | 0.56240  | -9.64200  | 0.00610  |
|               | Sivri biber     | 90       | 500         | 0.99320        | 0.11409  | 0.24950 | 12.58140       | -2.41360 | 1.51580  | -9.17340  | 0.00440  |
|               |                 | 180      | 500         | 0.99230        | 0.07808  | 0.20640 | 9.44020        | -2.51990 | 1.77650  | -5.94830  | 0.00730  |
|               |                 | 90 + 180 | 500         | 0.99930        | 0.01021  | 0.07460 | 10.38100       | -0.97040 | 1.60320  | -8.41020  | 0.00820  |
|               | Dolmalık Biber  | 90       | 500         | 0.99870        | 0.02654  | 0.12033 | 13.96700       | -4.18070 | 0.03460  | -8.78960  | 0.00390  |
|               |                 | 180      | 500         | 0.99830        | 0.02889  | 0.12552 | 11.67050       | -1.58690 | 0.64530  | -9.08350  | 0.00740  |
|               |                 | 90 + 180 | 550         | 0.99740        | 0.04602  | 0.16384 | 12.98470       | -4.09420 | 0.01790  | -7.99840  | 0.00400  |
| 50            | Çarliston biber | 90       | 480         | 0.99710        | 0.04822  | 0.17227 | 13.11840       | -3.77850 | 1.82930  | -8.37740  | 0.00710  |
|               |                 | 180      | 520         | 0.99850        | 0.02226  | 0.11704 | 14.68700       | -4.82280 | 0.06250  | -8.86420  | 0.00290  |
|               |                 | 90 + 180 | 480         | 0.99780        | 0.03763  | 0.14234 | 12.45100       | -4.45280 | 0.43250  | -7.97380  | 0.00730  |
|               | Sivri biber     | 90       | 400         | 0.99870        | 0.03685  | 0.12941 | 13.80720       | -3.84220 | 0.08180  | -9.41570  | 0.00860  |
|               |                 | 180      | 440         | 0.99940        | 0.00234  | 0.03698 | 6.00230        | -5.01630 | 0.01320  | 0.00970   | -0.00800 |
|               |                 | 90 + 180 | 440         | 0.99820        | 0.01753  | 0.10112 | 9.62110        | -3.30730 | 0.04370  | -5.31690  | 0.00770  |
|               | Dolmalık Biber  | 90       | 440         | 0.99870        | 0.01763  | 0.10140 | 12.80320       | -4.28650 | 0.05860  | -7.51680  | 0.00380  |
|               |                 | 180      | 440         | 0.99900        | 0.01861  | 0.10074 | 13.59480       | -5.35910 | 0.03750  | -7.23340  | 0.00400  |
|               |                 | 90 + 180 | 440         | 0.99970        | 0.00438  | 0.05052 | 12.18080       | -3.02990 | 0.11650  | -8.15090  | 0.00490  |
| 70            | Çarliston biber | 90       | 165         | 0.99800        | 0.03506  | 0.14301 | 15.63090       | -4.84230 | 0.18170  | -9.78940  | 0.00800  |
|               |                 | 180      | 180         | 0.99760        | 0.03007  | 0.13604 | 11.83440       | -4.16250 | 0.17150  | -6.67260  | 0.01540  |
|               |                 | 90 + 180 | 195         | 0.99890        | 0.02768  | 0.12287 | 17.01280       | -6.96300 | 0.18630  | -9.04970  | 0.00870  |
|               | Sivri biber     | 90       | 165         | 0.99690        | 0.05176  | 0.17376 | 8.65680        | -8.48450 | 0.03440  | 0.72450   | -0.00930 |
|               |                 | 180      | 150         | 0.99870        | 0.01147  | 0.07221 | 8.29890        | -3.19370 | 0.22310  | -4.28100  | 0.02060  |
|               |                 | 90 + 180 | 180         | 0.97760        | 0.13054  | 0.28343 | 8.06950        | -3.29190 | 0.10010  | 3.32830   | 0.01210  |
|               | Dolmalık Biber  | 90       | 195         | 0.99650        | 0.06636  | 0.19474 | 14.03240       | -3.69860 | 0.21320  | -9.51270  | 0.01230  |
|               |                 | 180      | 195         | 0.99360        | 0.07138  | 0.20196 | 10.58980       | -3.63590 | 0.15570  | -6.02710  | 0.02350  |
|               |                 | 90 + 180 | 180         | 0.99700        | 0.04166  | 0.15995 | 11.72560       | -2.25750 | 14.28860 | -8.46810  | 0.02030  |

R<sup>2</sup>: Determinasyon katsayısı;  $\chi^2$ : Azaltılmış ki-kare; KOKH: Kök ortalama kare hatası; a, b, c, d, y<sub>0</sub>: model parametreler

### 4.3 Renk

Çizelge 4.4, taze, kurutulmuş ve rehidre edilmiş biber örneklerinin  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  ve  $\Delta E$  değerlerini göstermektedir. Kurutma işlemi ve mikrodalga güç seviyesinin 90 W'tan 180 W'a yükselmesi, taze olanlara göre  $L^*$  ve  $b^*$  değerlerinde düşüşe neden olurken,  $a^*$  değerinde önemli bir ( $p<0.05$ ) artışa neden olmuştur. Kurutmada, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları, pigmentlerin parçalanması ve/veya askorbik asit degradasyonu, daha düşük beyazlığa yol açabilir (Ibarz, vd., 1999; Swain, vd., 2014). Öte yandan, karotenoid izomerizasyonu  $b^*$ 'nin azalmasıyla (Swain, vd., 2014; Chen, vd., 1995) ilişkilendirilebilir ve var olan pigmentlerin yıkımıyla yeni kahverengi pigmentlerin oluşumu  $a^*$  parametresini artırabilir (Swain, vd., 2014; Weemaes, vd., 1999; Maskan, 2001). Ayrıca en düşük ve en yüksek  $\Delta E$  değerleri 90 W'ta kurutulmuş sivri biber için 13.97, 180 W'ta kurutulmuş çarliston biber için 19.82 olarak belirlenmiştir.

Kurutulmuş örneklerle rehidrasyon uygulaması, tüm çeşitler için sırasıyla renk pigmentlerinin ortam çözeltisine sızması (Mujaffar ve Lee Loy 2017) ve kurutma işleminde meydana gelen esmerleşme reaksiyonlarının tamamlanması (Zhang ve Chen 2006) nedeniyle kurutulmuş olanlara kıyasla genellikle  $b^*$ 'de daha yüksek bir düşüş ve  $a^*$ 'da artış ile sonuçlanmıştır. Ayrıca, rehidre edilmiş örneklerin  $L^*$ 'si, kurutulmuş örneklerinkiyle uyumludur. En düşük  $\Delta E_f$  değerleri hem çarliston hem de sivri biber için 90 W ve dolmalık biber için 180 W'ta elde edilmiştir; dolayısıyla ilgili biber çeşitlerinde bahsedilen mikrodalga güç seviyeleri, başlangıç rengini geri kazanmada etkili olmuştur.

Çizelge 4.4 Fiziksel analiz sonuçları

| İşlem       | Sıcaklık (°C) | Örnek           | Güç (W)  | $L^*$                     | $a^*$                     | $b^*$                     | $\Delta E$                | $\Delta E_f$ | Sertlik (N)              |
|-------------|---------------|-----------------|----------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------|--------------------------|
| Kurutma     | -             | Taze            | -        | 55.68 <sup>a</sup> ±1.91  | -16.73 <sup>b</sup> ±0.63 | 32.49 <sup>a</sup> ±1.18  | -                         | -            | 9.83 <sup>a</sup> ±0.71  |
|             |               | Çarliston biber | 90       | 50.53 <sup>b</sup> ±2.66  | -2.05 <sup>a</sup> ±1.17  | 27.88 <sup>b</sup> ±2.11  | 16.41 <sup>b</sup> ±2.29  | -            | 3.91 <sup>b</sup> ±1.22  |
|             |               |                 | 180      | 48.34 <sup>b</sup> ±2.75  | -1.07 <sup>a</sup> ±0.83  | 23.09 <sup>c</sup> ±2.30  | 19.82 <sup>a</sup> ±2.60  | -            | 5.10 <sup>b</sup> ±2.90  |
|             |               |                 | 90 + 180 | 49.01 <sup>b</sup> ±1.79  | -1.22 <sup>a</sup> ±0.56  | 23.78 <sup>c</sup> ±0.98  | 19.00 <sup>ab</sup> ±1.01 | -            | 4.41 <sup>b</sup> ±1.31  |
|             |               | Taze            | -        | 43.22 <sup>a</sup> ±1.31  | -16.25 <sup>b</sup> ±0.79 | 23.23 <sup>a</sup> ±1.42  | -                         | -            | 9.09 <sup>a</sup> ±1.50  |
|             |               | Sivri biber     | 90       | 40.73 <sup>b</sup> ±0.75  | -2.70 <sup>a</sup> ±1.45  | 21.06 <sup>ab</sup> ±0.53 | 13.97 <sup>b</sup> ±1.35  | -            | 4.68 <sup>b</sup> ±0.50  |
|             |               |                 | 180      | 39.30 <sup>b</sup> ±1.07  | -1.34 <sup>a</sup> ±0.92  | 18.20 <sup>c</sup> ±0.74  | 16.24 <sup>a</sup> ±1.24  | -            | 7.89 <sup>a</sup> ±3.06  |
|             |               |                 | 90 + 180 | 40.54 <sup>b</sup> ±0.43  | -2.37 <sup>a</sup> ±0.03  | 19.55 <sup>bc</sup> ±0.46 | 14.61 <sup>b</sup> ±0.22  | -            | 4.75 <sup>b</sup> ±1.77  |
|             |               | Taze            | -        | 45.80 <sup>a</sup> ±2.93  | -14.90 <sup>b</sup> ±1.32 | 23.77 <sup>a</sup> ±3.21  | -                         | -            | 10.53 <sup>a</sup> ±3.16 |
|             |               | Dolmalık biber  | 90       | 43.19 <sup>ab</sup> ±3.29 | -0.37 <sup>a</sup> ±0.57  | 22.48 <sup>a</sup> ±1.16  | 15.09 <sup>a</sup> ±0.20  | -            | 9.07 <sup>a</sup> ±3.55  |
|             |               |                 | 180      | 40.06 <sup>b</sup> ±1.78  | -2.21 <sup>a</sup> ±0.57  | 21.52 <sup>a</sup> ±0.84  | 14.21 <sup>c</sup> ±0.07  | -            | 10.03 <sup>a</sup> ±2.74 |
|             |               |                 | 90 + 180 | 42.70 <sup>ab</sup> ±1.72 | -0.65 <sup>a</sup> ±0.89  | 21.97 <sup>a</sup> ±1.26  | 14.78 <sup>b</sup> ±0.35  | -            | 9.33 <sup>a</sup> ±1.60  |
| Rehidrasyon | 25            |                 | 90       | 47.07 <sup>a</sup> ±3.21  | -1.18 <sup>a</sup> ±0.51  | 13.91 <sup>a</sup> ±1.54  | 14.62 <sup>a</sup> ±2.03  | 1.79         | 2.70 <sup>a</sup> ±0.55  |
|             |               |                 | 180      | 43.20 <sup>a</sup> ±0.50  | 0.28 <sup>a</sup> ±0.74   | 13.19 <sup>a</sup> ±0.40  | 11.26 <sup>b</sup> ±0.29  | 8.56         | 2.62 <sup>a</sup> ±0.55  |
|             |               |                 | 90 + 180 | 45.84 <sup>a</sup> ±0.17  | -0.29 <sup>a</sup> ±1.34  | 13.77 <sup>a</sup> ±0.48  | 10.58 <sup>b</sup> ±0.62  | 8.42         | 2.49 <sup>a</sup> ±0.63  |
|             |               |                 | Ortalama | 45.37 <sup>A</sup> ±1.98  | -0.40 <sup>A</sup> ±0.74  | 13.62 <sup>AB</sup> ±0.38 | 12.15 <sup>A</sup> ±2.16  | -            | 2.60 <sup>A</sup> ±0.11  |
|             | 50            | Çarliston biber | 90       | 46.94 <sup>a</sup> ±2.18  | -2.06 <sup>a</sup> ±1.27  | 16.58 <sup>a</sup> ±2.96  | 11.88 <sup>a</sup> ±2.30  | 4.53         | 2.53 <sup>a</sup> ±0.54  |
|             |               |                 | 180      | 43.08 <sup>b</sup> ±1.19  | -0.28 <sup>a</sup> ±0.99  | 13.77 <sup>a</sup> ±1.30  | 10.75 <sup>a</sup> ±1.78  | 9.07         | 2.52 <sup>a</sup> ±0.33  |
|             |               |                 | 90 + 180 | 44.66 <sup>ab</sup> ±1.41 | -1.04 <sup>a</sup> ±0.31  | 16.01 <sup>a</sup> ±1.07  | 8.94 <sup>a</sup> ±1.56   | 10.06        | 2.44 <sup>a</sup> ±0.33  |
|             |               |                 | Ortalama | 44.89 <sup>A</sup> ±1.94  | -1.13 <sup>A</sup> ±0.89  | 15.45 <sup>A</sup> ±1.49  | 10.52 <sup>A</sup> ±1.48  | -            | 2.50 <sup>A</sup> ±0.05  |
|             | 70            |                 | 90       | 46.23 <sup>a</sup> ±2.48  | -2.10 <sup>a</sup> ±1.02  | 12.81 <sup>a</sup> ±0.39  | 15.77 <sup>a</sup> ±1.04  | 0.64         | 2.33 <sup>a</sup> ±0.43  |
|             |               |                 | 180      | 43.63 <sup>a</sup> ±2.10  | 0.19 <sup>a</sup> ±1.19   | 11.44 <sup>a</sup> ±2.85  | 12.67 <sup>a</sup> ±3.54  | 7.15         | 2.29 <sup>a</sup> ±0.25  |
|             |               |                 | 90 + 180 | 44.81 <sup>a</sup> ±3.42  | -0.59 <sup>a</sup> ±1.44  | 12.46 <sup>a</sup> ±2.84  | 12.32 <sup>a</sup> ±3.65  | 6.68         | 2.23 <sup>a</sup> ±0.25  |
|             |               |                 | Ortalama | 44.89 <sup>A</sup> ±1.30  | -0.83 <sup>A</sup> ±1.16  | 12.24 <sup>B</sup> ±0.71  | 13.59 <sup>A</sup> ±1.90  | -            | 2.28 <sup>B</sup> ±0.05  |

|    |                |          |                          |                           |                           |                          |       |                          |
|----|----------------|----------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-------|--------------------------|
| 25 | Sivri biber    | 90       | 36.89 <sup>b</sup> ±1.56 | -0.52 <sup>a</sup> ±0.28  | 12.55 <sup>a</sup> ±1.96  | 9.75 <sup>a</sup> ±1.28  | 4.22  | 2.09 <sup>b</sup> ±0.10  |
|    |                | 180      | 40.46 <sup>a</sup> ±1.06 | -1.38 <sup>b</sup> ±0.30  | 13.80 <sup>a</sup> ±0.41  | 4.64 <sup>b</sup> ±0.49  | 11.60 | 2.20 <sup>b</sup> ±0.07  |
|    |                | 90 + 180 | 39.54 <sup>a</sup> ±0.57 | -1.05 <sup>b</sup> ±0.20  | 12.92 <sup>a</sup> ±1.95  | 6.88 <sup>b</sup> ±1.83  | 7.73  | 2.62 <sup>a</sup> ±0.15  |
|    |                | Ortalama | 38.96 <sup>A</sup> ±1.85 | -0.98 <sup>A</sup> ±0.43  | 13.09 <sup>A</sup> ±0.64  | 7.09 <sup>A</sup> ±2.56  | -     | 2.30 <sup>B</sup> ±0.28  |
| 50 |                | 90       | 38.48 <sup>b</sup> ±0.57 | -0.66 <sup>a</sup> ±0.24  | 12.43 <sup>a</sup> ±0.39  | 9.16 <sup>a</sup> ±0.48  | 4.81  | 2.36 <sup>a</sup> ±0.62  |
|    |                | 180      | 41.09 <sup>a</sup> ±0.76 | -1.28 <sup>b</sup> ±0.26  | 14.58 <sup>a</sup> ±1.26  | 4.17 <sup>b</sup> ±0.77  | 12.07 | 2.69 <sup>a</sup> ±0.18  |
|    |                | 90 + 180 | 38.63 <sup>b</sup> ±3.55 | -0.80 <sup>ab</sup> ±0.87 | 12.68 <sup>a</sup> ±1.84  | 7.35 <sup>a</sup> ±1.93  | 7.26  | 2.78 <sup>a</sup> ±0.14  |
|    |                | Ortalama | 39.40 <sup>A</sup> ±1.46 | -0.91 <sup>A</sup> ±0.32  | 13.23 <sup>A</sup> ±1.18  | 6.89 <sup>A</sup> ±2.53  | -     | 2.61 <sup>AB</sup> ±0.22 |
| 70 |                | 90       | 38.17 <sup>a</sup> ±1.94 | -0.85 <sup>a</sup> ±0.13  | 11.52 <sup>a</sup> ±1.74  | 10.14 <sup>a</sup> ±2.04 | 3.83  | 2.63 <sup>a</sup> ±0.50  |
|    |                | 180      | 39.36 <sup>a</sup> ±1.88 | -0.58 <sup>a</sup> ±0.18  | 12.77 <sup>a</sup> ±0.57  | 5.70 <sup>b</sup> ±0.60  | 10.54 | 2.78 <sup>a</sup> ±0.49  |
|    |                | 90 + 180 | 39.13 <sup>a</sup> ±0.54 | -0.65 <sup>a</sup> ±0.45  | 12.16 <sup>a</sup> ±1.38  | 7.72 <sup>ab</sup> ±1.52 | 6.89  | 2.84 <sup>a</sup> ±0.53  |
|    |                | Ortalama | 38.89 <sup>A</sup> ±0.63 | -0.69 <sup>A</sup> ±0.14  | 12.15 <sup>A</sup> ±0.63  | 7.85 <sup>A</sup> ±2.22  | -     | 2.75 <sup>A</sup> ±0.11  |
| 25 | Dolmalık biber | 90       | 40.80 <sup>a</sup> ±0.39 | 0.42 <sup>a</sup> ±0.21   | 12.92 <sup>a</sup> ±1.55  | 9.90 <sup>a</sup> ±0.98  | 5.19  | 2.82 <sup>a</sup> ±0.40  |
|    |                | 180      | 38.31 <sup>a</sup> ±0.38 | 0.23 <sup>a</sup> ±0.22   | 10.14 <sup>a</sup> ±3.20  | 11.80 <sup>a</sup> ±2.98 | 2.41  | 2.64 <sup>ab</sup> ±0.28 |
|    |                | 90 + 180 | 40.78 <sup>a</sup> ±1.50 | 0.20 <sup>a</sup> ±0.06   | 12.68 <sup>a</sup> ±3.60  | 9.57 <sup>a</sup> ±3.71  | 5.21  | 2.47 <sup>b</sup> ±0.32  |
|    |                | Ortalama | 39.96 <sup>A</sup> ±1.43 | 0.28 <sup>A</sup> ±0.12   | 11.91 <sup>AB</sup> ±1.54 | 10.42 <sup>A</sup> ±1.20 | -     | 2.64 <sup>A</sup> ±0.18  |
| 50 |                | 90       | 41.15 <sup>a</sup> ±2.12 | -0.78 <sup>a</sup> ±0.01  | 15.67 <sup>a</sup> ±2.89  | 7.42 <sup>a</sup> ±2.07  | 7.67  | 2.70 <sup>a</sup> ±0.41  |
|    |                | 180      | 39.20 <sup>a</sup> ±1.53 | 0.29 <sup>a</sup> ±0.61   | 12.39 <sup>a</sup> ±0.42  | 9.64 <sup>a</sup> ±0.58  | 4.57  | 2.52 <sup>ab</sup> ±0.36 |
|    |                | 90 + 180 | 41.11 <sup>a</sup> ±0.18 | 0.31 <sup>a</sup> ±0.78   | 14.71 <sup>a</sup> ±0.77  | 7.51 <sup>a</sup> ±0.88  | 7.27  | 2.32 <sup>b</sup> ±0.34  |
|    |                | Ortalama | 40.49 <sup>A</sup> ±1.11 | -0.06 <sup>A</sup> ±0.62  | 14.26 <sup>A</sup> ±1.69  | 8.19 <sup>B</sup> ±1.26  | -     | 2.51 <sup>AB</sup> ±0.19 |
| 70 |                | 90       | 39.77 <sup>a</sup> ±0.24 | -0.78 <sup>a</sup> ±0.67  | 11.01 <sup>a</sup> ±0.14  | 11.99 <sup>a</sup> ±0.18 | 3.10  | 2.35 <sup>a</sup> ±0.41  |
|    |                | 180      | 37.95 <sup>a</sup> ±3.93 | 1.49 <sup>a</sup> ±1.07   | 9.93 <sup>a</sup> ±3.20   | 12.73 <sup>a</sup> ±3.55 | 1.48  | 2.30 <sup>ab</sup> ±0.19 |
|    |                | 90 + 180 | 39.43 <sup>a</sup> ±1.05 | 0.49 <sup>a</sup> ±1.54   | 10.96 <sup>a</sup> ±0.95  | 11.60 <sup>a</sup> ±2.06 | 3.18  | 2.07 <sup>b</sup> ±0.31  |
|    |                | Ortalama | 39.05 <sup>A</sup> ±0.97 | 0.40 <sup>A</sup> ±1.14   | 10.63 <sup>B</sup> ±0.61  | 12.11 <sup>A</sup> ±0.57 | -     | 2.24 <sup>B</sup> ±0.15  |

L\*: Parlaklık, a\*: kırmızılık-mavilik, b\*: sarılık-yeşillik, ΔE: toplam renk değişimi, ΔE<sub>f</sub>: kurutma ve rehidrasyon sonrası başlangıç rengine yakınlık

Farklı küçük harfler, her bir kurutulmuş/rehidre edilmiş biberin kendi sütunundaki güç seviyeleri arasındaki önemli farklılıkları gösterir. (p<0.05).

Farklı büyük harfler, aynı sütunda belirli bir sıcaklıktaki rehidrasyon için ortalama seviyeler arasındaki önemli farklılıkları gösterir (p<0.05).

#### 4.4 Tekstür

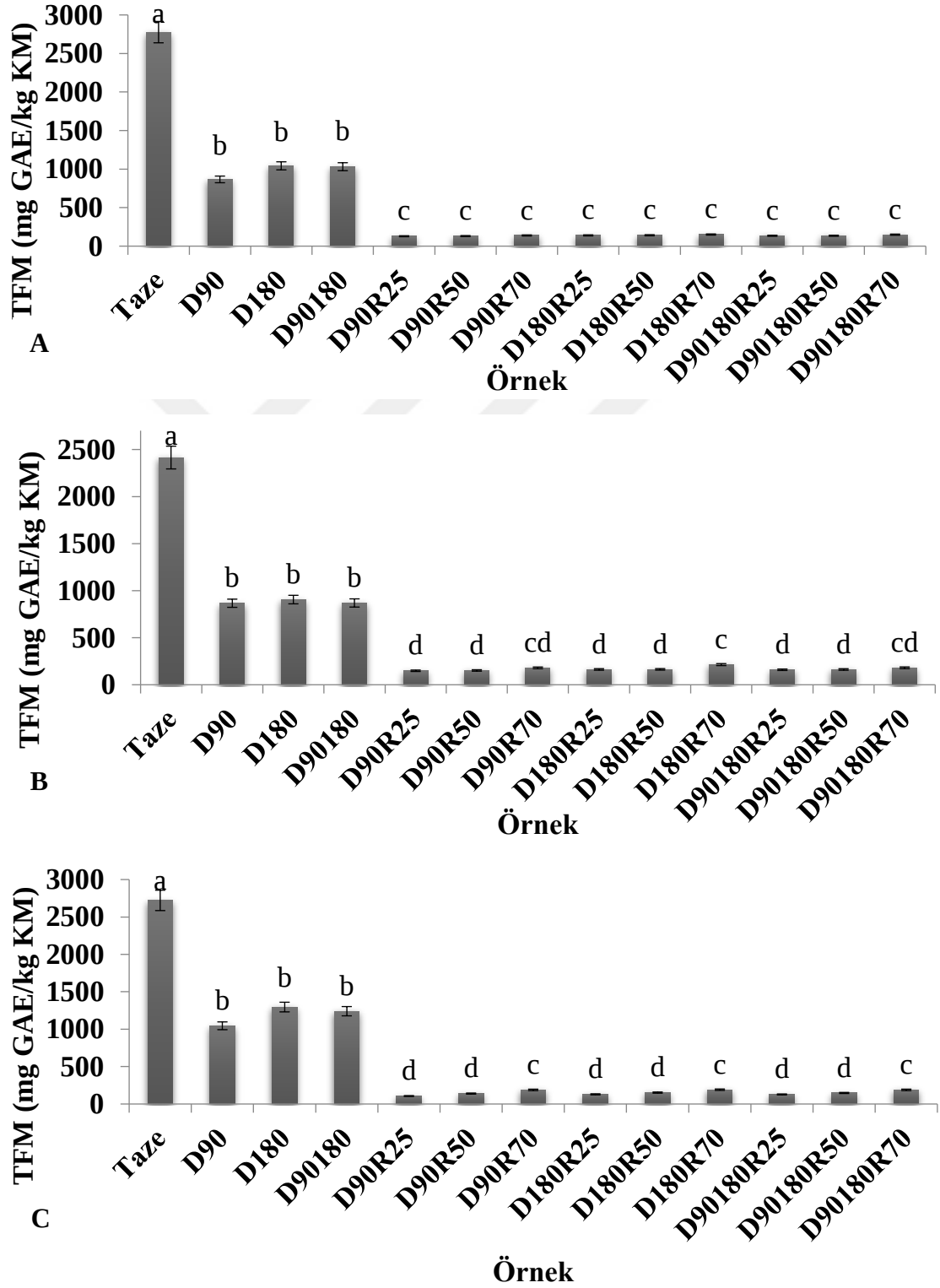
Mikrodalga güç seviyesinden ve rehidrasyon sıcaklığından etkilenen sertliğe ait veriler Çizelge 4.4'te gösterilmiştir. Her kurutma ve rehidrasyon işleminde biberlerin sertliği azalmış ve daha yumuşak ürünler ortaya çıkmıştır. Kuru dolma biberlerdeki tekstürel değişiklikler istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ( $p>0.05$ ), fakat kurutulmuş çarliston ve sivri biberlerin sertliklerinde taze olanlara göre önemli farklılıklar tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Her örnekte en yüksek sertlik 180 W kurutmada elde edilmiştir. Örneğin, 180 W'ta kurutulan çarliston ve dolmalık biberlerin sertliği, taze örneklerle göre yaklaşık %48 ve %5 daha azdır, ancak bu azalma 90 W'ta yaklaşık %60 ve %14'e karşılık gelmektedir.

Turgor basıncındaki düşüşler, pektik materyallerin çözünmesi ve hücre yapısındaki bozulmalar, rehidre edilmiş çarliston, sivri ve dolmalık biberlerde dokuyu yumuşatabilmektedir (Vega-Gálvez, vd., 2008). En yüksek değer 90 W'ta kurutulan ve 25 °C'de rehidre edilen dolmalık biber örneklerinde bulunmuştur. 60°C'de kurutulmuş Macar kırmızı biberinin 20, 40 ve 60 °C'de rehidrasyonu benzer sertlik eğilimi göstermiştir (Zura-Bravo, vd., 2013). Quintero-Ramos, vd. (1992) havuçları 50, 55, 60 ve 65°C'de haşlamış ve en yüksek sertliği 65°C'de kaydettiklerini bildirmişlerdir.

#### 4.5 Biyoaktif Özellikler

Taze, kurutma ve rehidrasyon işlemine tabi tutulan biberlerin TFM ve AA değerleri hem FRAP hem de ABTS testleri ile sırasıyla Şekil 4.4 ve Çizelge 4.5'te sunulmuştur. Taze örneklerin TFM'si 2414.51 ila 2777.05 mg GAE/kg KM aralığında olup, kurutma ve rehidrasyon işlemlerinde bu değerler azalmıştır. Mikrodalga güç seviyesi ve kurutma işlem süresine bağlı olarak, üründe artan sıcaklığın etkisiyle biyoaktif bileşikler bozunabilir. Rehidrasyon uygulamasında, katıların sulu ortama hareketliliği ve rehidrasyon sıcaklığı da biyoaktif maddelerin kaybını veya bozunmasını etkileyebilir. Yüksek mikrodalga güç seviyesinde fenolik madde kaybı daha düşüktür, çünkü polifenoller arasında bazı dönüşüm reaksiyonları meydana gelebilir ve yeni fenolikler oluşabilir (Vega-Gálvez, vd., 2009b). Bu tez çalışmasında, taze örneklerle

göre kurutma sırasında çarliston, sivri ve dolmalık biberlerin TFM değerlerinde sırasıyla yaklaşık %65, %64 ve %56 azalma kaydedilmiştir. Rehidrasyon işlemlerinde, kurutulmuş materyale göre TFM'deki düşüş yaklaşık %85, %82 ve %87 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.4 Taze, kurutulmuş ve rehidre biberlerde TFM

### A) Çarliston biber, B) Sivri biber, C) Dolmalık biber

(TFM: Toplam fenolik madde, GAE: Gallik asit eşdeğeri, KM: Kuru madde, D90: 90 W kurutma, D180: 180 W kurutma, D90180: 90 + 180 W kurutma, D90R25: 90 W kurutma ve 25°C rehidrasyon, D90R50: 90 W kurutma ve 50°C rehidrasyon, D90R70: 90 W kurutma ve 70°C rehidrasyon, D180R25: 180 W kurutma ve 25°C rehidrasyon, D180R50: 180 W kurutma ve 50°C rehidrasyon, D180R70: 180 W kurutma ve 70°C rehidrasyon, D90180R25: 90 + 180 W kurutma ve 25°C rehidrasyon, D90180R50: 90 + 180 W kurutma ve 50°C rehidrasyon, D90180R70: 90 + 180 W kurutma ve 70°C rehidrasyon.

*Her bir grafikteki aynı küçük harfler, örnekler arasında önemli bir fark olmadığını göstermektedir ( $p>0.05$ ).*

Kurutulmuş örneklerin AA değerleri arasında herhangi bir istatistiksel farklılık gözlenmemiştir ( $p>0.05$ ); ancak genel olarak mikrodalga güç seviyesi ve sıcaklık, rehidrasyonda önemli rol oynamıştır ( $p<0.05$ ). ABTS yöntemine göre taze örneklerin AA değerleri; çarliston, sivri ve dolmalık biberler için sırasıyla 148.54, 179.83 ve 121.45  $\mu\text{mol TE/g KM}$ 'dir ve bu değerler, FRAP yönteminin bulgularından daha yüksektir. Bunun nedeni, ABTS yönteminin redoks potansiyeli düşük çok fazla sayıdaki hem hidrofilik hem de lipofilik antioksidan molekülleri tanımlayabilme özelliğine sahip olmasıdır (Osman, vd., 2006). Bununla birlikte, FRAP sonuçları kurutulmuş ürünlerde her zaman ABTS'den daha yüksektir ve bu durum demir ile reaksiyona giren antioksidan moleküllerin işlem koşullarına daha dirençli olduğu anlamına gelmektedir. Mikrodalga güç seviyesi, FRAP ile belirlenen AA üzerinde bir etkiye sahipken (rehidrasyonda 90 + 180 W hariç), ABTS prosedüründe aynı eğilim gözlenmemiştir. Bu farklılıklar, antioksidan aktivite testlerinin mekanizmasından ve antioksidan reaksiyonlarında meydana gelen etkileşimlerden kaynaklanabilir (Vega-Gálvez, vd., 2009b). Zhou, vd. (2016) hava ile kurutulmuş kırmızı biber örneklerinde 60°C'de en yüksek FRAP değerlerini ve 80°C'de maksimum ABTS düzeylerini belirlemiştir. Bununla birlikte, Zura-Bravo, vd. (2013) rehidre edilmiş kırmızı biberlerin AA'larını DPPH testine göre 60°C > 20°C > 40°C şeklinde ifade etmişlerdir. Araştırmacıların sonuçları, rehidrasyon sıcaklığı ile uyumlu bir davranış (artış veya azalış) göstermemiş ve benzer bir eğilim bu tez çalışmasında da görülmüştür.

Çizelge 4.5 Antioksidan testlerin sonuçları

| İşlem       | Sıcaklık (°C) | Örnek           | Güç (W)  | FRAP sonuçları (μmol TE/g KM) | ABTS sonuçları (μmol TE/g KM) |
|-------------|---------------|-----------------|----------|-------------------------------|-------------------------------|
| Kurutma     | -             | Taze            | -        | 111.19 <sup>a</sup> ±3.72     | 148.54 <sup>a</sup> ±32.56    |
|             |               | Çarliston biber | 90       | 29.99 <sup>b</sup> ±0.25      | 22.37 <sup>b</sup> ±0.04      |
|             |               |                 | 180      | 35.25 <sup>b</sup> ±0.48      | 21.83 <sup>b</sup> ±0.44      |
|             |               |                 | 90 + 180 | 34.52 <sup>b</sup> ±1.50      | 22.03 <sup>b</sup> ±0.41      |
|             |               | Taze            | -        | 98.94 <sup>a</sup> ±2.91      | 179.83 <sup>a</sup> ±17.32    |
|             |               | Sivri biber     | 90       | 34.78 <sup>b</sup> ±0.09      | 22.84 <sup>b</sup> ±0.08      |
|             |               |                 | 180      | 37.05 <sup>b</sup> ±1.45      | 22.58 <sup>b</sup> ±0.45      |
|             |               |                 | 90 + 180 | 36.25 <sup>b</sup> ±2.82      | 22.64 <sup>b</sup> ±0.01      |
|             |               | Taze            | -        | 89.40 <sup>a</sup> ±7.47      | 121.45 <sup>a</sup> ±15.10    |
|             |               | Dolmalık biber  | 90       | 24.78 <sup>b</sup> ±12.77     | 22.45 <sup>b</sup> ±0.01      |
|             |               |                 | 180      | 30.39 <sup>b</sup> ±6.35      | 21.55 <sup>b</sup> ±0.44      |
|             |               |                 | 90 + 180 | 30.20 <sup>b</sup> ±1.60      | 22.37 <sup>b</sup> ±0.04      |
| Rehidrasyon | 25            | Çarliston biber | 90       | 2.65 <sup>c</sup> ±0.19       | 6.54 <sup>a</sup> ±0.34       |
|             |               |                 | 180      | 3.05 <sup>b</sup> ±0.04       | 1.77 <sup>c</sup> ±0.51       |
|             |               |                 | 90 + 180 | 3.23 <sup>a</sup> ±0.04       | 2.59 <sup>b</sup> ±1.02       |
|             |               |                 | Ortalama | 2.98 <sup>A</sup> ±0.30       | 3.63 <sup>A</sup> ±2.55       |
|             |               |                 | 90       | 3.08 <sup>b</sup> ±0.13       | 2.52 <sup>a</sup> ±0.11       |
|             |               |                 | 180      | 3.50 <sup>ab</sup> ±0.53      | 1.71 <sup>a</sup> ±0.01       |
|             |               |                 | 90 + 180 | 3.79 <sup>a</sup> ±0.19       | 1.84 <sup>a</sup> ±1.43       |
|             |               |                 | Ortalama | 3.46 <sup>A</sup> ±0.36       | 2.02 <sup>A</sup> ±0.44       |
|             | 50            | Çarliston biber | 90       | 3.17 <sup>c</sup> ±0.09       | 1.88 <sup>a</sup> ±0.49       |
|             |               |                 | 180      | 3.81 <sup>b</sup> ±0.34       | 1.67 <sup>a</sup> ±0.50       |
|             |               |                 | 90 + 180 | 4.08 <sup>a</sup> ±0.06       | 1.73 <sup>a</sup> ±0.01       |
|             |               |                 | Ortalama | 3.69 <sup>A</sup> ±0.47       | 1.76 <sup>A</sup> ±0.11       |
|             | 70            | Çarliston biber | 90       | 3.46 <sup>c</sup> ±0.30       | 9.19 <sup>a</sup> ±0.16       |
|             |               |                 | 180      | 3.59 <sup>b</sup> ±0.08       | 8.17 <sup>a</sup> ±0.38       |
|             |               |                 | 90 + 180 | 3.97 <sup>a</sup> ±0.04       | 9.15 <sup>a</sup> ±0.35       |
|             |               |                 | Ortalama | 3.67 <sup>B</sup> ±0.26       | 8.84 <sup>A</sup> ±0.58       |
|             |               | Sivri biber     | 90       | 3.64 <sup>b</sup> ±0.82       | 4.12 <sup>a</sup> ±2.46       |
|             |               |                 | 180      | 4.35 <sup>a</sup> ±0.87       | 3.25 <sup>a</sup> ±1.65       |
|             |               |                 | 90 + 180 | 4.49 <sup>a</sup> ±0.36       | 3.35 <sup>a</sup> ±0.16       |
|             |               |                 | Ortalama | 4.16 <sup>B</sup> ±0.46       | 3.57 <sup>B</sup> ±0.47       |
|             | 25            | Sivri biber     | 90       | 6.01 <sup>b</sup> ±1.60       | 3.39 <sup>b</sup> ±0.99       |
|             |               |                 | 180      | 8.06 <sup>a</sup> ±2.26       | 3.22 <sup>b</sup> ±0.01       |
|             |               |                 | 90 + 180 | 8.26 <sup>a</sup> ±2.46       | 7.96 <sup>a</sup> ±1.79       |
|             |               |                 | Ortalama | 7.44 <sup>A</sup> ±1.25       | 4.86 <sup>B</sup> ±2.69       |
|             | 70            | Sivri biber     | 90       | 3.22 <sup>c</sup> ±0.35       | 7.83 <sup>c</sup> ±0.49       |
|             |               |                 | 180      | 3.62 <sup>b</sup> ±0.10       | 4.71 <sup>a</sup> ±1.09       |

|    |                |                 |                         |                          |
|----|----------------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
|    |                | 90 + 180        | 3.95 <sup>a</sup> ±0.01 | 5.23 <sup>b</sup> ±0.97  |
|    |                | <i>Ortalama</i> | 3.60 <sup>A</sup> ±0.37 | 5.92 <sup>A</sup> ±1.67  |
|    |                | 90              | 3.81 <sup>a</sup> ±0.12 | 4.61 <sup>a</sup> ±1.28  |
|    |                | 180             | 3.98 <sup>a</sup> ±0.44 | 4.53 <sup>a</sup> ±1.81  |
| 50 | Dolmalık biber | 90 + 180        | 3.99 <sup>a</sup> ±0.40 | 4.55 <sup>a</sup> ±1.27  |
|    |                | <i>Ortalama</i> | 3.93 <sup>A</sup> ±0.10 | 4.56 <sup>AB</sup> ±0.04 |
|    |                | 90              | 3.82 <sup>a</sup> ±0.09 | 3.84 <sup>a</sup> ±1.11  |
|    |                | 180             | 4.01 <sup>a</sup> ±0.29 | 3.47 <sup>a</sup> ±0.77  |
| 70 |                | 90 + 180        | 4.02 <sup>a</sup> ±0.03 | 3.52 <sup>a</sup> ±1.41  |
|    |                | <i>Ortalama</i> | 3.95 <sup>A</sup> ±0.11 | 3.61 <sup>B</sup> ±0.20  |

FRAP: Demir indirgeyici antioksidan güç, ABTS: 2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diamonyum tuzu, TE: troloks eşdeğeri, KM: kuru madde.

*Farklı küçük harfler, her bir kurutulmuş / rehidre edilmiş biberin kendi sütunundaki güç seviyeleri arasındaki önemli farklılıkları gösterir. (p<0.05).*

*Farklı büyük harfler, aynı sütunda belirli bir sıcaklıktaki rehidrasyon için ortalama seviyeler arasındaki önemli farklılıkları gösterir (p<0.05).*

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, çarliston, sivri ve dolmalık biberlere mikrodalga kurutma ve kurutulmuş örneklerle de rehidrasyon işlemi uygulanmıştır. Mikrodalga güç seviyesi örneklerin kuruma süresini etkilemiştir. Mikrodalga güç seviyelerinin (90 + 180 W) kombinasyonu, 90 W'a kıyasla kurutma süresini kısaltmıştır, ancak 180 W'daki kurutma süresine oranla daha yüksek kalmıştır. Test edilen ince tabaka kurutma modelleri arasında, Sigmoid ve Hii vd. eşitlikleri kurutma verilerine en iyi uyumu sağlamıştır. Ayrıca, mikrodalga güç seviyesinin artmasıyla  $D_{et}$ 'de artmıştır. Belirli bir rehidrasyon sıcaklığı için, kurutma koşullarının rehidrasyon sürelerinde önemli bir değişikliğe neden olmadığı, ancak rehidrasyon sıcaklığındaki artışların işlem süresini kısalttığı tespit edilmiştir. Tüm biber çeşitleri için final RO değerleri, her sıcaklıkta sırasıyla 90 W > 90 + 180 W > 180 W'tır. İki terimli üssel bozunma modeli, rehidrasyon yaklaşımını açıklamada en başarılı model olmuştur. En düşük  $\Delta E$  değerleri kurutulmuş dolmalık biberlerde gözlenmiştir. Bununla birlikte, dolmalık biberlerin  $\Delta E_f$  değerleri dikkate alındığında, başlangıç rengini geri kazanmada en başarılı olan biber çeşidi olduğu görülmektedir. Hem kurutma hem de rehidrasyon, ürünlerin tekstüründe yumuşamalara neden olmuştur. Biberlerde bulunan fenolik bileşikler ısıl işleme duyarlı olduğu tespit edilmiştir. Kurutulmuş biberlerin TFM düzeylerinde önemli farklılık tespit edilememekle birlikte ( $p>0.05$ ), çarliston biber dışında rehidre edilen örnekler arasında istatistiksel olarak farklılıklar bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Mikrodalga güç seviyesinin ve sıcaklığın AA üzerindeki etkisi, FRAP ve ABTS yöntemlerinin sonuçlarına göre farklılık göstermiştir. Bu tez çalışmasının sonuçlarının hem kuru biber tedarikçileri için hem de endüstriyel boyutta mikrodalga ile çalışan kurutucu tasarlayanlar için değerli bilgiler ortaya koyduğu düşünülmektedir. Daha ileri araştırmaların, ısıl işlemin biber türlerinin bireysel fenolik bileşiklerine verdiği zararlara ve ilgili mikrodalga sisteminin ekserji analizine odaklanmasının faydalı olacağına inanılmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Agbede, O. O., Oke, E. O., Akinfenwa, S. I., Wahab, K. T., Ogundipe, S., Aworanti, O. A., Arinkoola, A.A., Agarry, S.E., Ogunleye, O.O., Osuolale, F.N., Babatunde, K. A., Thin layer drying of green microalgae (*Chlorella* sp.) paste biomass: Drying characteristics, energy requirement and mathematical modeling, *Bioresource Technology Reports*, 11, 100467 2020.
- Akgun, N.A., Doymaz, I., Modelling of olive cake thin-layer drying process, *Journal of Food Engineering*, 68, 455–461, 2005.
- Antal, T., Figiel, A., Kerekes, B., Sikolya, L., Effect of drying methods on the quality of the essential oil of spearmint leaves (*Mentha spicata* L.), *Drying Technology*, 29, 1836–1844, 2011.
- AOAC, Official methods of analysis of the AOAC, 15th Ed, 1990. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA, USA.
- Arnao, M.B., Cano, A., Acosta, M., The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food Chemistry*, 73, 239–244, 2001.
- Arslan, D., Özcan, M. M., Study the effect of sun, oven and microwave drying on quality of onion slices, *LWT-Food Science and Technology*, 43(7), 1121-1127, 2010.
- Arslan, D., Özcan, M. M., Dehydration of red bell-pepper (*Capsicum annuum* L.): Change in drying behavior, colour and antioxidant content, *Food and Bioproducts Processing*, 89, 504–513, 2011.
- Baenas, N., Belovic, M., Ilic, N., Moreno, D. A., García-Viguera, C., Industrial use of pepper (*Capsicum annum* L.) derived products: Technological benefits and biological advantages, *Food Chemistry*, 274, 872–885, 2019.
- Bennett, L. E., Jegasothy, H., Konczak, I., Frank, D., Sudharmarajan, S., Clingeleffer, P. R., Total polyphenolics and anti-oxidant properties of selected dried fruits and relationships to drying conditions, *Journal of Functional Foods*, 3, 115–124, 2011.
- Bruce, D. M. Exposed layer barley drying, three models fitted to new data up to 150°C. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 32: 337-347, 1985.
- Chahbani, A., Fakhfakh, N., Balti, M.A., Mabrouk, M., El-Hatmi, H., Zouari, N., Kechaou, N., Microwave drying effects on drying kinetics, bioactive

- compounds and antioxidant activity of green peas (*Pisum sativum* L.), Food Bioscience, 25, 32–38, 2018.
- Chen, B. H., Peng, H. Y., Chen, H. E., Changes of carotenoids, color, and vitamin A contents during processing of carrot juice, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 43, 1912–1918, 1995.
- Cortés-Estrada, C. E., Gallardo-Velázquez, T., Osorio-Revilla, G., Castañeda-Pérez, E., Meza-Márquez, O. G., López-Cortez, M., Hernández-Martínez, D. M., Prediction of total phenolics, ascorbic acid, antioxidant capacities and total soluble solids of *Capsicum annuum* L. (bell pepper) juice by FT-MIR and multivariate analysis, LWT-Food Science and Technology, 126, 109285, 2020.
- Corzo, O., Bracho, N., Pereira, A., Vasquez, A., Weibull distribution for modelling air drying of coroba slices, LWT-Food Science and Technology, 41:2023–2028, 2008.
- Cuccurullo, G., Metallo, A., Corona, O., Cinquanta, L., Comparing different processing methods in apple slice drying. Part 1. Performance of microwave, hot air and hybrid methods at constant temperatures, Biosystems Engineering, 188, 331–344, 2019.
- Cunningham, S. E., McMinn, W. A. M., Magee, T. R. A., Richardson, P. S., Modelling water absorption of pasta during soaking, Journal of Food Engineering, 82, 600–607, 2007.
- Cunningham, S. E., McMinn, W. A. M., Magee, T. R. A., Richardson, P. A., Experimental study of rehydration kinetics of potato cylinders, Food and Bioproducts Processing, 86, 15–24, 2008.
- Dadali, G., Demirhan, E., Özbek, B., Effect of drying conditions on rehydration kinetics of microwave dried spinach, Food and Bioproducts Processing, 86, 235–241, 2008.
- Dalvand, M. J., Mohtasebi, S. S., Rafiee, S., Determining the influence of drying conditions on EHD drying process. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science, 7, 396–401, 2012.
- Darvishi, H., Asl, A. R., Asghari, A., Azadbakht, M., Najafi, G., Khodaei, J., Study of the drying kinetics of pepper, Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 13, 130–138, 2014.

- Dehghannya, J., Hosseinlar, S.-H., Heshmati, M. K., 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, 132–151, 2018.
- Demiray, E., Tulek, Y., Effect of temperature on water diffusion during rehydration of sun-dried red pepper (*Capsicum annuum* L.), *Heat and Mass Transfer*, 53, 1829–1834, 2017.
- Djomdi, R. E., Ndjouenkeu, R., Soaking behaviour and milky extraction performance of tiger nut (*Cyperus esculentus*) tubers, *Journal of Food Engineering*, 78, 546–550, 2007.
- Doymaz, İ., İsmail, O., Drying and rehydration behaviors of green bell peppers, *Food Science and Biotechnology*, 19, 1449–1455, 2010.
- Doymaz, İ., Thin-layer drying characteristics of sweet potato slices and mathematical modelling, *Heat and Mass Transfer*, 47, 277–285, 2011.
- Doymaz, İ., İsmail, O., Modeling of rehydration kinetics of green bell peppers, *Journal of Food Processing and Preservation*, 5, 907-913, 2013.
- Erbay, Z., Icier, F. A review of thin-layer drying of foods: theory, modeling, and experimental results, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(5):441–464, 2010.
- Ergün, K., Çalışkan, G., Dirim, S. N., Determination of the drying and rehydration kinetics of freeze dried kiwi (*Actinidia deliciosa*) slices, *Heat and Mass Transfer*, 52(12): 2697–2705, 2016.
- Feng, Y., Xu, B., Yagoub, A. E., Ma, H., Sun, Y., Xu, X., Yu, X., Zhou, C., Role of drying techniques on physical, rehydration, flavor, bioactive compounds and antioxidant characteristics of garlic, *Food Chemistry*, 343, 128404, 2021.
- Ghazanfari, A., Emami, S., Tabil, L.G., Panigrahi, S., Thin-layer drying of flax fiber: II. Modeling drying process using semitheoretical and empirical models. *Drying Technology*, 24(12):1637–1642, 2006.
- Guclu, G., Keser, D., Kelebek, H., Keskin, M., Sekerli, Y. E., Soysal, Y., Selli, S., Impact of production and drying methods on the volatile and phenolic characteristics of fresh and powdered sweet red peppers, *Food Chemistry*, 338, 128129, 2021.

- Gulati, T., Zhu, H., Datta, A. K., Coupled electromagnetics, multiphase transport and large deformation model for microwave drying, *Chemical Engineering Science*, 156, 206–228, 2016.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Dünya taze biber 2019 yılı üretimi, 2020.
- Haghi, A. K., Angiz, F. Z., Heat and mass transfer in thermal drying of wool: a theoretical approach. *5<sup>th</sup> Asia-Pasific drying conference Hong Kong Japan*, 443–448, 2007.
- Henderson, S. M., Pabis, S., Grain drying theory II: Temperature effect on drying coefficient, *Journal of Agricultural Engineering Research*, 6, 169–174, 1961.
- Henderson, S. M., Progress in developing the thin-layer drying equation, *Transactions of the ASAE*, 17, 1167–1172, 1974.
- Hii, C. L., Law, C. L., Cloke, M., Modeling using a new thin layer drying and product quality of cocoa, *Journal of Food Engineering*, 90, 191–198, 2009.
- Horuz, E., Jaafar, H. J., Maskan, M., Ultrasonication as pretreatment for drying of tomato slices in a hot air–microwave hybrid oven, *Drying Technology*, 35, 849–859, 2017.
- Ibarz, A., Pagán, J., Garza, S., Kinetic models for colour changes in pear puree during heating at relatively high temperatures, *Journal of Food Engineering*, 39, 415–422, 1999.
- Isabelle, M., Lee, B. L., Lim, M. T., Koh, W-P., Huang, D., Ong, C. N., Antioxidant activity and profiles of common vegetables in Singapore, *Food Chemistry*, 120, 993–1003, 2010.
- İzli, N., Polat, A., Effect of convective and microwave methods on drying characteristics, color, rehydration and microstructure properties of ginger, *Food Science and Technology*, 39, 652–659, 2019.
- Karathanos, V. T., Determination of water content of dried fruits by drying kinetics. *Journal of Food Engineering*, 39:337–344, 1999.
- Kavak Akpınar, E., Bicer, Y., Yildiz, C., Thin layer drying of red pepper, *Journal of Food Engineering*, 59, 99–104, 2003.
- Kavak Akpınar, E., Bicer, Y., Mathematical modelling of thin layer drying process of long green pepper in solar dryer and under open sun, *Energy Conversion and Management*, 49(6), 1367–1375, 2008.

- Kaymak-Ertekin, F., Drying and rehydrating kinetics of green and red peppers, *Journal of Food Science*, 67(1), 168–175, 2002.
- Keleş, D., Pınar, H., Ata, A., Taşkın, H., Yıldız, S., Büyükalaca, S., Effect of pepper types on obtaining spontaneous doubled haploid plants via Anther culture, 50(11), *HortScience*, 1671–1676, 2015.
- Keser, D., Guclu, G., Kelebek, H., Keskin, M., Soysal, Y., Sekerli, Y. E., Arslan, A., Selli, S., Characterization of aroma and phenolic composition of carrot (*Daucus carota* ‘Nantes’) powders obtained from intermittent microwave drying using GC–MS and LC–MS/MS, *Food and Bioproducts Processing*, 119, 350–359, 2020.
- Kılıç, F., Tabanlıgil Calam, T., Kırmızı kapya biberlerinin (*Capsicum annuum* l.) kurutma ve rehidrasyon kinetiklerinin belirlenmesi, kurutma işleminin termodinamik analizi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 22(65), 331–342, 2020.
- Krokida, M. K., Marinos-Kouris, D., Rehydration kinetics of dehydrated products, *Journal of Food Engineering*, 57: 1–7, 2003.
- Kumar, V., Shrivastava, S. L., Optimization of vacuum-assisted microwave drying parameters of green bell pepper using response surface methodology, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11, 1761–1772, 2017.
- Kutlu, N., İşci, A., Şakıyan Demirkol, Ö., Gıdalarda ince tabaka kurutma modelleri, *Gıda*, 40(1), 39–46, 2015.
- Łechtańska, J. M., Szadzińska, J., Kowalski, S. J., Microwave- and infrared-assisted convective drying of green pepper: Quality and energy considerations, *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 98, 155–164, 2015.
- Lee, J. H., Rhim, J.-W., Rehydration kinetics of vacuum-dried *Salicornia herbacea*, *Food Science and Biotechnology*, 19, 1083–1087, 2010.
- Li, X., Wasila, H., Liu, L., Yuan, T., Gao, Z., Zhao, B., Ahmad, I., Physicochemical characteristics, polyphenol compositions and antioxidant potential of pomegranate juices from 10 Chinese cultivars and the environmental factors analysis, *Food Chemistry*, 175, 575–584, 2015.

- Lopez-Quiroga, E., Prosapio, V., Fryer, P. J., Norton, I. T., Bakalis, S., A model-based study of rehydration kinetics in freeze-dried tomatoes, *Energy Procedia*, 161, 75–82, 2019.
- Maskan, M., Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying, *Journal of Food Engineering*, 48, 169–175, 2001.
- Materska, M., Bioactive phenolics of fresh and freeze-dried sweet and semi-spicy pepper fruits (*Capsicum annuum* L.), *Journal of Functional Foods*, 269–277, 2014.
- Maurya, V. K., Gothandam, K. M., Ranjan, V., Shakya, A., Pareek, S., Effect of drying methods (microwave vacuum, freeze, hot air and sun drying) on physical, chemical and nutritional attributes of five pepper (*Capsicum annuum* var. *annuum*) cultivars, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(9), 3492–3500, 2018.
- Mendes, N., Gonçalves, É. C., The role of bioactive components found in peppers, *Trends in Food Science & Technology*, 99, 229–243, 2020.
- Midilli, A., Kucuk, H., Yapar, Z., A new model for single-layer drying, *Drying Technology*, 20(7), 1503–1513, 2002.
- Moon, J. H., Kim, M. J., Chung, D. H., Pan, C.-H., Yoon, W. B., Drying characteristics of sea cucumber (*Stichopus japonicas* Selenka) using far infrared radiation drying and hot air drying. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(4), 1534–1546, 2014.
- Moreira, R., Chenlo, F., Chaguri, L., Fernandes, C., Water absorption, texture, and color kinetics of air-dried chestnuts during rehydration, *Journal of Food Engineering*, 86, 584–594, 2008.
- Movagharnejad, K., Vahdatkhoram, F., Nanvakenari, S., Optimization of microwave and infrared drying process of nettle leaves using design of experiments, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 135, 1677–1685, 2019.
- Mujaffar, S., Lee Loy, A., The rehydration behavior of microwave-dried amaranth (*Amaranthus dubius*) leaves, *Food Science & Nutrition*, 5, 399–406, 2017.
- Noomhorn, A., Verma, L. R., Generalized single-layer rice drying models. *Transactions- American Society of Agricultural Engineers*, 29(2):587–591, 1986.

- Osman, A. M., Wong, K. K. Y., Hill, S. J., Fernyhough, A., Isolation and the characterization of the degradation products of the mediator ABTS-derived radicals formed upon reaction with polyphenols, *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 340, 597–603, 2006.
- Overhults, D. G., White, G. M., Hamilton, H. E., Ross, I. J., Drying soybean with heated air. *Transactions of the ASAE*, 16, 112-113, 1973.
- Page, G. E., Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin layers (M.S. thesis). Purdue, USA: Department of Mechanical Engineering, Purdue University, 1949.
- Peleg, M., An empirical model for the description of moisture sorption curves. *Journal of Food Science*, 53: 1216-1219, 1988.
- Peppas, NA., Gurny, R., Doelker, E., Buri, P., Modelling of drug diffusion through swellable polymeric systems, *Journal of Membrane Science*, 7, 241–253, 1980.
- Quintero-Ramos, A., Bourne, M. C., Anzaldúa-Morales, A., Texture and rehydration of dehydrated carrots as affected by low temperature blanching, *Journal of Food Science*, 57(5), 1127–1139, 1992.
- Rabha, D. K., Muthukumar, P., Somayaji, C., Experimental investigation of thin layer drying kinetics of ghost chilli pepper (*Capsicum Chinense* Jacq.) dried in a forced convection solar tunnel dryer, *Renewable Energy*, 105, 583–589, 2017.
- Rybak, K., Samborska, K., Jedlinska, A., Parniakov, O., Nowacka, M., Witrowa-Rajchert, D., Wiktor, A., The impact of pulsed electric field pretreatment of bell pepper on the selected properties of spray dried juice, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 65, 102446, 2020.
- Sarafi, E., Siomos, A., Tsouvaltzis, P., Chatzissavidis, C., Therios, I., Boron and maturity effects on biochemical parameters and antioxidant activity of pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 42, 237–247, 2018.
- Sharma, G. P., Prasad, S., Effective moisture diffusivity of garlic cloves undergoing microwave-convective drying, *Journal of Food Engineering*, 65, 609–617, 2004.
- Soysal, Y., Ayhan, Z., Eştürk, O., Arıkan, M. F., Intermittent microwave–convective drying of red pepper: Drying kinetics, physical (colour and texture) and sensory quality, *Biosystems Engineering*, 103(4), 455–463, 2009.

- Sripinyowanich, J., Noomhorm, A., A new model and quality of unfrozen and frozen cooked rice dried in a microwave vibrofluidized bed dryer, *Drying Technology* 29(7):735–748, 2011.
- Sumnu, G., Turabi, E., Oztop, M., Drying of carrots in microwave and halogen lamp-microwave combination ovens, *LWT-Food Science and Technology*, 38, 549–553, 2005.
- Swain, S., Samuel, D. V. K., Bal, L. M., Kar, A., Thermal kinetics of colour degradation of yellow sweet pepper (*Capsicum Annum* L.) undergoing microwave assisted convective drying, *International Journal of Food Properties*, 17, 1946–1964, 2014.
- Szydłowska-Czerniak, A., Dianoczki, C., Recseg, K., Karlovits, G., Szlyk, E., Determination of antioxidant capacities of vegetable oils by ferric-ion spectrophotometric methods, *Talanta*, 76, 899–905, 2008.
- Tamarit-Pino, Y., Batías-Montes, J. M., Segura-Ponce, L. A., Díaz-Álvarez, R. E., Guzmán-Meza, M. F., Quevedo-León, R. A., Effect of electrohydrodynamic pretreatment on drying rate and rehydration properties of Chilean sea cucumber (*Athyonidium chilensis*), *Food and Bioprocess Processing*, 123, 284–295, 2020.
- Tepe, T. K., Tepe, B., The comparison of drying and rehydration characteristics of intermittent-microwave and hot-air dried-apple slices, *Heat and Mass Transfer*, 56, 3047–3057, 2020.
- Thompson, T. L., Peart, R. M., Foster, G. H., Mathematical simulation of corn drying-a new model, *Transactions of the ASAE*, 11, 582–586, 1968.
- Togrul, I. T., Pehlivan, D. Modelling of thin layer drying kinetics of some fruits under open-air sun drying process. *Journal of Food Engineering*, 65: 413–425, 2004.
- TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu, Türkiye’de yıllara göre biber üretimi, 2020.
- Tunde-Akintunde, T. Y., Mathematical modeling of sun and solar drying of chilli pepper. *Renewable Energy*, 36(8), 2139–2145, 2011.
- Vega-Gálvez, A., Lemus-Mondaca, R., Bilbao-Sáinz, C., Yagnam, F., Rojas, A., Mass transfer kinetics during convective drying of red pepper var. Hungarian (*Capsicum annum* L.): Mathematical modeling and evaluation of kinetic parameters, *Journal of Food Process Engineering*, 31, 120–137, 2008.
- Vega-Gálvez, A., Notte-Cuello, E., Lemus-Mondaca, R., Zura, L., Miranda, M.,

- Mathematical modelling of mass transfer during rehydration process of Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller), Food and Bioproducts Processing, 87, 254–260, 2009a.
- Vega-Gálvez, A., Di Scala, K., Rodríguez, K., Lemus-Mondaca, R., Miranda, M., López, J., Perez-Won, M., Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annuum* L. var. Hungarian), Food Chemistry, 117(4), 647–653, 2009b.
- Vega-Gálvez, A., Andrés, A., Gonzalez, E., Notte-Cuello, E., Chacana, M., Lemus-Mondaca, R., Mathematical modelling on the drying process of yellow squat lobster (*Cervimunida jhoni*) fishery waste for animal feed, Animal Feed Science and Technology, 151, 268–279, 2009c.
- Wang, C., Singh, R., Use of variable equilibrium moisture content in modelling rice drying, Transactions of the ASAE, 11, 668–672, 1978.
- Wang, J., Fang, X. M., Mujumdar, A. S., Qian, J. Y., Zhang, Q., Yang, X. H., Liu, Y.-H., Gao, Z.-J., Xiao, H.-W., Effect of high-humidity hot air impingement blanching (HHAIB) on drying and quality of red pepper (*Capsicum annuum* L.), Food Chemistry, 220, 145–152, 2017.
- Wang, J., Law, C.-L., Prabhat, K. N., Zhao, J.-H., Liu, Z.-L., Deng, L.-Z., Gao, Z.-J., Xiao, H.-W., Pulsed vacuum drying enhances drying kinetics and quality of lemon slices, Journal of Food Engineering, 224, 129–138, 2018.
- Wang, Q., Li, S., Han, X., Ni, Y., Zhao, D., Hao, J., Quality evaluation and drying kinetics of shitake mushrooms dried by hot air, infrared and intermittent microwave-assisted drying methods, LWT-Food Science and Technology, 107, 236–242, 2019.
- Weemaes, C. A., Ooms, V., Van Loey, A. M., Hendrickx, M. E., Kinetics of chlorophyll degradation and color loss in heated broccoli juice, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47, 2404–2409, 1999.
- Yang, X.-H., Deng, L.-Z., Mujumdar, A. S., Xiao, H.-W., Zhang, Q., Kan, Z., Evolution and modeling of colour changes of red pepper (*Capsicum annuum* L.) during hot air drying, Journal of Food Engineering, 231, 101–108, 2018.

- Zarein, M., Samadi, S. H., Ghobadian, B., Investigation of microwave dryer effect on energy efficiency during drying of apple slices, *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 14, 41–47, 2015.
- Zhang, M., Chen, D., Effects of low temperature soaking on color and texture of green eggplants, *Journal of Food Engineering*, 74, 54–59, 2006.
- Zhou, L., Cao, Z., Bi, J., Yi, J., Chen, Q., Wu, X., Zhou, M., Degradation kinetics of total phenolic compounds, capsaicinoids and antioxidant activity in red pepper during hot air and infrared drying process, *International Journal of Food Science and Technology*, 51, 842–853, 2016.
- Zhuang, Y., Chen, L., Sun, L., Cao, J., Bioactive characteristics and antioxidant activities of nine peppers, *Journal of Functional Foods*, 4(1), 331–338, 2012.
- Zielinska, M., Markowski, M., The influence of microwave-assisted drying techniques on the rehydration behavior of blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.), *Food Chemistry*, 196, 1188–1196, 2016.
- Zura-Bravo, L., Vega-Gálvez, A., Lemus-Mondaca, R., Ah-Hen, K.S., Di Scala, K., Effect of temperature on rehydration kinetics, functional properties, texture and antioxidant activity of red pepper var. Hungarian (*Capsicum annuum* L.), *Journal of Food Processing and Preservation*, 37, 74–85, 2013.

## ÖZGEÇMİŞ

**1. Adı Soyadı:** Merve DARICI

**2. Doğum tarihi:**

**3. Ünvan:** Öğrenci

**4. Öğrenim durumu:** Lisans

| Derece        | Bölüm/program     | Üniversite/okul | Bitirme Yılı |
|---------------|-------------------|-----------------|--------------|
| Lisans        | Gıda Mühendisliği |                 | 2018         |
| Yüksek Lisans | Gıda Mühendisliği |                 | -            |

### 5.İş Tecrübesi

| Görev Ünvanı   | Görev Yeri | Yıl  |
|----------------|------------|------|
| Gıda Mühendisi |            | 2020 |
| Gıda Mühendisi |            | 2021 |

## EKLER

Çizelge A.1 Kurutulmuş çarliston bibere ait modelleme sonuçları (90 W)

| Model ismi             | R <sup>2</sup> | $\chi^2$ | KOKH    | a       | b        | c        | d        | k        | k1       | n       |
|------------------------|----------------|----------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|
| Lewis                  | 0.94490        | 0.00691  | 0.07987 |         |          |          |          | 0.05407  |          |         |
| Page                   | 0.98911        | 0.00149  | 0.03551 |         |          |          |          | 0.00586  |          | 1.74596 |
| Mod. Page              | 0.98911        | 0.00149  |         |         |          |          |          |          |          |         |
| Henderson              | 0.95791        | 0.00576  | 0.06981 | 1.11308 |          |          |          | -0.05949 |          |         |
| Logaritmik             | 0.96054        | 0.00594  | 0.06760 | 1.14652 | -0.04527 |          |          | -0.05354 |          |         |
| İki terimli            | 0.95791        | 0.00704  | 0.06981 | 0.85992 |          |          | 0.25305  | 0.05943  | 0.05948  |         |
| Modifiye iki terimli 1 | 0.93280        | 0.01012  | 0.08821 | 1.00004 |          |          |          | 0.04740  | 0.04740  |         |
| Modifiye iki terimli 2 | 0.95791        | 0.00634  | 0.06981 | 0.55647 |          |          |          | 0.05950  | 0.05943  |         |
| Midilli                | 0.99951        | 0.00008  | 0.00755 | 0.99688 |          | 0.00116  |          | 0.00349  |          | 1.95568 |
| Wang Singh             | 0.97339        | 0.00364  | 0.05551 |         | -0.04095 | 0.02072  |          |          |          |         |
| Parabolik              | 0.97964        | 0.00307  | 0.04856 | 1.06971 | -0.04540 | 0.00049  |          |          |          |         |
| Kübik                  | 0.97988        | 0.00336  | 0.04826 | 1.07856 | -0.04762 | 0.00059  | 0.00000  |          |          |         |
| Sigmoid                | 0.99943        | 0.00010  | 0.00815 | 0.05620 | 1.01671  | 14.04081 |          | 0.18495  |          |         |
| Thompson               | 0.88842        | 46.15517 | 6.24935 |         | 1.40756  |          |          |          |          |         |
| Vega Lemus             | 0.97852        | 0.00294  | 0.04987 | 1.03763 | -0.02224 |          |          |          |          |         |
| Rasyonel               | 0.85893        | 0.02359  | 0.12781 | 1.11405 | -0.03198 | 0.08460  | -0.00330 |          |          |         |
| Vega Galvez 1          | 0.89114        | 0.01490  | 0.11227 | 1.06497 | -0.14834 |          |          |          |          |         |
| Vega Galvez 2          | 0.95791        | 0.00576  | 0.06981 |         | -0.05949 |          |          | 0.10713  |          |         |
| Hii vd.                | 0.99960        | 0.00008  | 0.00685 | 0.94655 |          | 0.04889  |          | 0.00294  | -0.00006 | 2.02791 |
| Modifiye midilli 1     | 0.99950        | 0.00008  | 0.00762 |         | 0.00115  |          |          | 0.00363  |          | 1.94395 |
| Modifiye midilli 2     | 0.94867        | 0.00702  | 0.07710 |         | -0.00088 |          |          | 0.04987  |          |         |
| Modifiye midilli 3     | 0.95927        | 0.00613  | 0.06867 | 1.10480 | -0.00050 |          |          | 0.05667  |          |         |
| Sripinyowanich         | 0.99950        | 0.00008  | 0.00762 |         | 0.00116  | -0.00049 |          | 0.00361  |          | 1.94513 |
| Noonhorn Verma         | 0.96054        | 0.00743  | 0.06760 | 0.57326 | 0.57332  | -0.04544 |          | 0.05351  | 0.05351  |         |
| Weibull                | 0.98911        | 0.00149  | 0.03551 | 1.73762 |          |          |          |          |          |         |

Çizelge A.2 Kurutulmuş çarliston bibere ait modelleme sonuçları (90 + 180 W)

| Model ismi             | R <sup>2</sup> | $\chi^2$ | KOKH    | a       | b        | c       | d        | k        | k1       | n       |
|------------------------|----------------|----------|---------|---------|----------|---------|----------|----------|----------|---------|
| Lewis                  | 0.94704        | 0.00535  | 0.07079 |         |          |         |          | 0.10002  |          |         |
| Page                   | 0.96955        | 0.00329  | 0.05367 |         |          |         |          | 0.02276  |          | 1.64566 |
| Mod. Page              | 0.96955        | 0.00329  |         |         |          |         |          |          |          |         |
| Henderson              | 0.95447        | 0.00492  | 0.06564 | 1.08927 |          |         |          | 0.10840  |          |         |
| Logaritmik             | 0.95826        | 0.00486  | 0.06284 | 1.06832 | 0.03250  |         |          | -0.11878 |          |         |
| İki terimli            | 0.96342        | 0.00461  | 0.05883 | 1.09800 |          |         | 0.00087  | -0.10079 | 0.11246  |         |
| Modifiye iki terimli 1 | 0.95435        | 0.00532  | 0.06572 | 0.99962 |          |         |          | 0.10269  | -0.11796 |         |
| Modifiye iki terimli 2 | 0.95447        | 0.00530  | 0.06564 | 0.54462 |          |         |          | 0.10839  | 0.10839  |         |
| Midilli                | 0.99776        | 0.00028  | 0.01456 | 1.00400 |          | 0.00209 |          | 0.01501  |          | 1.87698 |
| Wang Singh             | 0.93085        | 0.00748  | 0.08089 |         | -0.06595 | 0.03263 |          |          |          |         |
| Parabolik              | 0.93243        | 0.00787  | 0.07996 | 0.96753 | -0.06316 | 0.00102 |          |          |          |         |
| Kübik                  | 0.97825        | 0.00274  | 0.04537 | 1.08691 | -0.10126 | 0.00320 | -0.00003 |          |          |         |
| Sigmoid                | 0.99980        | 0.00003  | 0.00435 | 0.07234 | 0.99387  | 7.19633 |          | 0.37306  |          |         |
| Thompson               | 0.79712        | 44.34462 | 6.22909 |         | 0.79283  |         |          |          |          |         |
| Vega Lemus             | 0.93117        | 0.00744  | 0.08070 | 0.97842 | -0.03136 |         |          |          |          |         |
| Rasyonel               | 0.89305        | 0.01349  | 0.10060 | 1.09590 | -0.07458 | 0.14495 | -0.01523 |          |          |         |
| Vega Galvez 1          | 0.80736        | 0.02083  | 0.13501 | 0.92030 | -0.15198 |         |          |          |          |         |
| Vega Galvez 2          | 0.95447        | 0.00492  | 0.06564 |         | 0.08551  |         |          | -0.10840 |          |         |
| Hii vd.                | 0.99986        | 0.00002  | 0.00365 | 0.91933 |          | 0.07709 |          | 0.01027  | 0.00003  | 2.09391 |
| Modifiye midilli 1     | 0.99775        | 0.00026  | 0.01460 |         | 0.00209  |         |          | 0.01448  |          | 1.89071 |
| Modifiye midilli 2     | 0.95106        | 0.00529  | 0.06805 |         | 0.00088  |         |          | 0.10559  |          |         |
| Modifiye midilli 3     | 0.96075        | 0.00457  | 0.06094 | 1.10293 | 0.00108  |         |          | 0.11628  |          |         |
| Sripinyowanich         | 0.99838        | 0.00020  | 0.01240 |         | 0.02287  | 0.00143 |          | 0.01628  |          | 1.86505 |
| Noonhorn Verma         | 0.95826        | 0.00574  | 0.06284 | 0.53412 | 0.53413  | 0.03243 |          | 0.11877  | 0.11866  |         |
| Weibull                | 0.96956        | 0.00329  | 0.05367 | 1.63093 |          |         |          |          |          |         |

Çizelge A.3 Kurutulmuş çarliston bibere ait modelleme sonuçları (180 W)

| Model ismi             | R <sup>2</sup> | $\chi^2$ | KOKH    | a       | b        | c        | d       | k        | k1       | n           |
|------------------------|----------------|----------|---------|---------|----------|----------|---------|----------|----------|-------------|
| Lewis                  | 0.94144        | 0.00774  | 0.08388 |         |          |          |         | 0.09241  |          |             |
| Page                   | 0.99014        | 0.00145  | 0.03442 |         |          |          |         | 0.01572  |          | 1.7256<br>5 |
| Mod. Page              | 0.99014        | 0.00145  |         |         |          |          |         |          |          |             |
| Henderson              | 0.95522        | 0.00658  | 0.07335 | 1.11007 |          |          |         | -0.10158 |          |             |
| Logaritmik             | 0.96193        | 0.00629  | 0.06764 | 1.18746 | -0.09702 |          |         | -0.08299 |          |             |
| İki terimli            | 0.95522        | 0.00845  | 0.07335 | 0.55552 |          |          | 0.55441 | 0.10154  | 0.10155  |             |
| Modifiye iki terimli 1 | 0.98685        | 0.00230  | 0.04016 | 1.41032 |          |          |         | 0.12719  | 37.42000 |             |
| Modifiye iki terimli 2 | 0.95522        | 0.00740  | 0.07335 | 0.55496 |          |          |         | 0.10155  | 0.10154  |             |
| Midilli                | 0.99959        | 0.00008  | 0.00705 | 0.99525 |          | 0.00248  |         | 0.00958  |          | 1.9828<br>3 |
| Wang Singh             | 0.97174        | 0.00415  | 0.05827 |         | -0.07185 | 0.03676  |         |          |          |             |
| Parabolik              | 0.98096        | 0.00315  | 0.04783 | 1.08407 | -0.08248 | 0.00163  |         |          |          |             |
| Kübik                  | 0.98388        | 0.00304  | 0.04401 | 1.05561 | -0.06741 | 0.00032  | 0.00003 |          |          |             |
| Sigmoid                | 0.99953        | 0.00009  | 0.00752 | 0.06294 | 1.00496  | 8.16518  |         | 0.32375  |          |             |
| Thompson               | 0.91791        | 9.03044  | 2.71819 |         | 0.02874  |          |         |          |          |             |
| Vega Lemus             | 0.97490        | 0.00369  | 0.05492 | 1.04052 | -0.03885 |          |         |          |          |             |
| Rasyonel               | 0.99397        | 0.00114  | 0.02692 | 0.98921 | -0.02224 | -0.04730 | 0.01361 |          |          |             |
| Vega Galvez 1          | 0.90897        | 0.01337  | 0.10458 | 1.10297 | -0.20969 |          |         |          |          |             |
| Vega Galvez 2          | 0.95522        | 0.00658  | 0.07335 |         | -0.10158 |          |         | 0.10442  |          |             |
| Hii vd.                | 0.99962        | 0.00008  | 0.00679 | 0.94481 |          | 0.04999  |         | 0.00856  | -0.00035 | 2.0414<br>7 |
| Modifiye midilli 1     | 0.99956        | 0.00007  | 0.00724 |         |          | 0.00246  |         | 0.01007  |          | 1.9641<br>9 |
| Modifiye midilli 2     | 0.95087        | 0.00722  | 0.07684 |         | -0.00326 |          |         | 0.07896  |          |             |
| Modifiye midilli 3     | 0.96015        | 0.00658  | 0.06920 | 1.09319 | -0.00225 |          |         | 0.09072  |          |             |
| Sripinyowanich         |                |          |         |         |          |          |         |          |          |             |

YAKINSAMIYOR

|                |         |         |         |         |         |          |         |         |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|
| Noonhorn Verma | 0.96193 | 0.00839 | 0.06764 | 0.59379 | 0.59379 | -0.09724 | 0.08295 | 0.08294 |
| Weibull        | 0.99015 | 0.00145 | 0.03440 | 1.71561 |         |          |         |         |

---

Çizelge A.4 Kurutulmuş sivri bibere ait modelleme sonuçları (90 W)

| Model ismi             | R <sup>2</sup> | $\chi^2$ | KOKH    | a       | b        | c        | d        | k        | k1       | n       |
|------------------------|----------------|----------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|
| Lewis                  | 0.96411        | 0.00349  | 0.05707 |         |          |          |          | 0.05765  |          |         |
| Page                   | 0.97069        | 0.00307  | 0.05158 |         |          |          |          | 0.02820  |          | 1.24663 |
| Mod. Page              | 0.97069        | 0.00307  | 0.05158 |         |          |          |          |          |          |         |
| Henderson              | 0.96818        | 0.00333  | 0.05374 | 1.06236 |          |          |          | -0.06118 |          |         |
| Logaritmik             | 0.97334        | 0.00302  | 0.04918 | 1.03711 | 0.04138  |          |          | -0.06912 |          |         |
| İki terimli            | 0.97865        | 0.00264  | 0.04402 | 1.07415 |          |          | 0.00066  | -0.07007 | 0.06408  |         |
| Modifiye iki terimli 1 | 0.97289        | 0.00307  | 0.04960 | 0.99974 |          |          |          | 0.05048  | -0.08289 |         |
| Modifiye iki terimli 2 | 0.96827        | 0.00360  | 0.05366 | 0.53229 |          |          |          | 0.07242  | 0.05231  |         |
| Midilli                | 0.99826        | 0.00237  | 0.00379 | 1.00607 |          |          |          | 0.01266  |          | 1.58141 |
| Wang Singh             | 0.95848        | 0.00435  | 0.06138 |         | -0.04029 | 0.02021  |          |          |          |         |
| Parabolik              | 0.95966        | 0.00458  | 0.06051 | 0.97272 | -0.03879 | 0.00039  |          |          |          |         |
| Kübik                  | 0.98776        | 0.00151  | 0.03333 | 1.06195 | -0.05736 | 0.00108  | -0.00001 |          |          |         |
| Sigmoid                | 0.99963        | 0.00005  | 0.00580 | 0.08366 | 1.05055  | 10.81795 |          | 0.18093  |          |         |
| Thompson               | 0.85546        | 77.83157 | 8.21304 |         | -3.45594 | 7.14250  |          |          |          |         |
| Vega Lemus             | 0.95894        | 0.00430  | 0.06104 | 0.98995 | -0.02000 |          |          |          |          |         |
| Rasyonel               | 0.90913        | 0.01124  | 0.09080 | 1.08741 | -0.03678 | 0.09046  | -0.00428 |          |          |         |
| Vega Galvez 1          | 0.85131        | 0.01557  | 0.11616 | 0.93919 | -0.12144 |          |          |          |          |         |
| Vega Galvez 2          | 0.96818        | 0.00333  | 0.05374 |         | -0.06118 |          |          | 0.06049  |          |         |
| Hii vd.                | 0.99968        | 0.00004  | 0.00535 | 0.90907 |          | 0.08974  |          | 0.00864  | 0.00006  | 1.76312 |
| Modifiye midilli 1     | 0.99822        | 0.00020  | 0.01273 |         | 0.00146  |          |          | 0.01206  |          | 1.59612 |
| Modifiye midilli 2     | 0.96916        | 0.00323  | 0.05290 |         | 0.00065  |          |          | 0.06172  |          |         |
| Modifiye midilli 3     | 0.97564        | 0.00276  | 0.04701 | 1.08005 | 0.00078  |          |          | 0.06697  |          |         |
| Sripinyowanich         | 0.99856        | 0.00018  | 0.01143 |         | 0.00115  |          |          | 0.01328  |          | 1.57727 |
| Noonhorn Verma         | 0.97334        | 0.00363  | 0.04918 | 0.51856 | 0.51856  | 0.04139  |          | 0.06912  | 0.06912  |         |
| Weibull                | 0.97070        | 0.00307  | 0.05156 | 1.23730 |          |          |          |          |          |         |

Çizelge A.5 Kurutulmuş sivri bibere ait modelleme sonuçları (90 + 180 W)

| Model ismi             | R <sup>2</sup> | $\chi^2$ | KOKH    | a       | b        | c        | d        | k        | k1       | n       |
|------------------------|----------------|----------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|
| Lewis                  | 0.93330        | 0.00494  | 0.06829 |         |          |          |          | 0.10261  |          |         |
| Page                   | 0.93694        | 0.00496  | 0.06640 |         |          |          |          | 0.14238  |          | 0.85886 |
| Mod. Page              | 0.93694        | 0.00496  | 0.06640 |         |          |          |          |          |          |         |
| Henderson              | 0.93370        | 0.00522  | 0.06809 | 1.01967 | -0.10488 |          |          |          |          |         |
| Logaritmik             | 0.97773        | 0.00187  | 0.03945 | 0.97919 | 0.08461  |          |          | -0.14168 |          |         |
| İki terimli            | 0.98079        | 0.00173  | 0.03665 | 1.02807 |          |          | 0.03029  | 0.12843  | -0.02588 |         |
| Modifiye iki terimli 1 | 0.97735        | 0.00190  | 0.03980 | 0.97590 |          |          |          | 0.11968  | -0.03044 |         |
| Modifiye iki terimli 2 | 0.94851        | 0.00432  | 0.06000 | 0.51935 |          |          |          | 0.20176  | 0.06148  |         |
| Midilli                | 0.99205        | 0.00071  | 0.02357 | 1.01461 | 0.00258  |          |          | 0.05552  |          | 1.36117 |
| Wang Singh             | 0.83284        | 0.01315  | 0.10811 |         | -0.06025 | 0.02991  |          |          |          |         |
| Parabolik              | 0.87676        | 0.01034  | 0.09283 | 0.85065 | -0.04889 | 0.00071  |          |          |          |         |
| Kübik                  | 0.98060        | 0.00174  | 0.03683 | 1.01186 | -0.09327 | 0.00295  | -0.00003 |          |          |         |
| Sigmoid                | 0.99954        | 0.00004  | 0.00565 | 0.10516 | 1.04928  | 5.25127  |          | 0.33974  |          |         |
| Thompson               | 0.81056        | 51.62809 | 6.77434 |         | 11.21696 | 11.90040 |          |          |          |         |
| Vega Lemus             | 0.87522        | 0.00982  | 0.09340 | 0.92792 | -0.02723 |          |          |          |          |         |
| Rasyonel               | 0.93597        | 0.00576  | 0.06691 | 1.06634 | -0.05952 | 0.16629  | -0.01244 |          |          |         |
| Vega Galvez 1          | 0.76259        | 0.01868  | 0.12884 | 0.80780 | -0.12108 |          |          |          |          |         |
| Vega Galvez 2          | 0.93370        | 0.00522  | 0.06809 |         | -0.10488 |          |          | 0.01948  |          |         |
| Hii vd.                | 0.99989        | 0.00001  | 0.00283 | 0.87878 |          | 0.12047  |          | 0.03179  | 0.00028  | 1.72656 |
| Modifiye midilli 1     | 0.99186        | 0.00068  | 0.02386 |         | 0.00259  |          |          | 0.05157  |          | 1.38778 |
| Modifiye midilli 2     | 0.97785        | 0.00174  | 0.03936 |         | 0.00209  |          |          | 0.11883  |          |         |
| Modifiye midilli 3     | 0.98143        | 0.00156  | 0.03603 | 1.05876 | 0.00216  |          |          | 0.12571  |          |         |
| Sripinyowanich         | 0.99875        | 0.00006  | 0.00672 |         | -0.00024 |          |          | 0.06547  |          | 1.42503 |
| Noonhorn Verma         | 0.97773        | 0.00216  | 0.03945 | 0.48956 | 0.48956  | 0.08456  |          | 0.14163  | 0.14161  |         |
| Weibull                | 0.93695        | 0.00496  | 0.06640 | 0.85582 |          |          |          |          |          |         |

Çizelge A.6 Kurutulmuş sivri bibere ait modelleme sonuçları (180 W)

| Model ismi             | R <sup>2</sup> | $\chi^2$ | KOKH    | a       | b        | c       | d        | k        | k1       | n        |
|------------------------|----------------|----------|---------|---------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|
| Lewis                  | 0.96077        | 0.00365  | 0.05803 |         |          |         |          | 0.10800  |          |          |
| Page                   | 0.96081        | 0.00398  | 0.05801 |         |          |         |          | 0.10374  |          | 1.01752  |
| Mod. Page              | 0.96081        | 0.00398  | 0.05801 |         |          |         |          |          |          |          |
| Henderson              | 0.96193        | 0.00386  | 0.05717 | 1.03139 | -0.11152 |         |          |          |          |          |
| Logaritmik             | 0.97670        | 0.00260  | 0.04473 | 0.99008 | 0.06907  |         |          | -0.13876 |          |          |
| İki terimli            | 0.98129        | 0.00232  | 0.04008 | 1.04909 |          |         | 0.00507  | 0.12375  | -0.08397 |          |
| Modifiye iki terimli 1 | 0.97795        | 0.00246  | 0.04351 | 0.99695 |          |         |          | 0.11622  | -0.09720 |          |
| Modifiye iki terimli 2 | 0.96594        | 0.00380  | 0.05407 | 0.52260 |          |         |          | 0.17801  | 0.07593  |          |
| Midilli                | 0.99657        | 0.00043  | 0.01716 | 1.00805 | 0.00352  |         |          | 1.00805  |          | 1.46928  |
| Wang Singh             | 0.94882        | 0.00519  | 0.06629 |         | -0.07689 | 0.03895 |          |          |          |          |
| Parabolik              | 0.95257        | 0.00529  | 0.06381 | 0.95349 | -0.07194 | 0.00141 |          |          |          |          |
| Kübik                  | 0.98915        | 0.00135  | 0.03052 | 1.04643 | -0.11090 | 0.00422 | -0.00001 |          |          |          |
| Sigmoid                | 0.99974        | 0.00003  | 0.00470 | 0.10721 | 1.03735  | 5.19516 |          | 0.35390  |          |          |
| Thompson               | 0.88510        | 17.10969 | 3.80492 |         | 1.54015  | 6.11980 |          |          |          |          |
| Vega Lemus             | 0.94527        | 0.00555  | 0.06855 | 0.98758 | -0.03887 |         |          |          |          |          |
| Rasyonel               | 0.94022        | 0.00741  | 0.07165 | 1.05955 | -0.09303 | 0.13180 | -0.02031 |          |          |          |
| Vega Galvez 1          | 0.85655        | 0.01456  | 0.11098 | 0.92179 | -0.16168 |         |          |          |          |          |
| Vega Galvez 2          | 0.96193        | 0.00386  | 0.05717 |         | -0.11152 |         |          | 0.03091  |          |          |
| Hii vd.                | 0.99989        | 0.00001  | 0.00304 | 0.87219 |          | 0.12615 |          | 0.03200  | 0.00048  | 1.74670  |
| Modifiye midilli 1     | 0.99650        | 0.00039  | 0.01734 |         | 0.00353  |         |          | 0.04487  |          | 1.48650  |
| Modifiye midilli 2     | 0.97578        | 0.00246  | 0.04560 |         | 0.00213  |         |          | 0.12181  |          |          |
| Modifiye midilli 3     | 0.97979        | 0.00226  | 0.04166 | 1.05921 | 0.00232  |         |          | 0.12951  |          |          |
| Sripinyowanich         | 0.98910        | 0.00078  | 0.02191 |         | 0.01830  |         |          | -2.32281 |          | -0.02770 |
| Noonhorn Verma         | 0.97670        | 0.00325  | 0.04473 | 0.49503 | 0.49503  | 0.06899 |          | 0.13870  | 0.13870  |          |
| Weibull                | 0.96081        | 0.00398  | 0.05801 | 1.01524 |          |         |          |          |          |          |

Çizelge A.7 Kurutulmuş dolma bibere ait modelleme sonuçları (90 W)

| Model ismi             | R <sup>2</sup> | $\chi^2$ | KOKH    | a       | b        | c        | d        | k        | k1       | n       |
|------------------------|----------------|----------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|
| Lewis                  | 0.95358        | 0.00560  | 0.07191 |         |          |          |          | 0.05213  |          |         |
| Page                   | 0.98822        | 0.00155  | 0.03624 |         |          |          |          | 0.00870  |          | 1.59207 |
| Mod. Page              | 0.98822        | 0.00155  | 0.00000 |         |          |          |          |          |          |         |
| Henderson              | 0.96477        | 0.00464  | 0.06265 | 1.10221 |          |          |          | -0.05698 |          |         |
| Logaritmik             | 0.96670        | 0.00482  | 0.06091 | 1.13166 | -0.04028 |          |          | -0.05183 |          |         |
| İki terimli            | 0.96477        | 0.00567  | 0.06265 | 0.76289 |          |          | 0.33921  | 0.05700  | 0.05694  |         |
| Modifiye iki terimli 1 | 0.95296        | 0.00681  | 0.07240 | 1.00002 |          |          |          | 0.05372  | 0.05371  |         |
| Modifiye iki terimli 2 | 0.96477        | 0.00510  | 0.06265 | 0.55105 |          |          |          | 0.05696  | 0.05696  |         |
| Midilli                | 0.99946        | 0.00009  | 0.00773 | 0.99557 |          | 0.00126  |          | 0.00459  |          | 1.84617 |
| Wang Singh             | 0.97843        | 0.00284  | 0.04903 |         | -0.03987 | 0.02030  |          |          |          |         |
| Parabolik              | 0.98341        | 0.00240  | 0.04298 | 1.06109 | -0.04377 | 0.00046  |          |          |          |         |
| Kübik                  | 0.98359        | 0.00264  | 0.04276 | 1.06841 | -0.04561 | 0.00054  | 0.00000  |          |          |         |
| Sigmoid                | 0.99978        | 0.00004  | 0.00500 | 0.06398 | 1.02275  | 13.94443 |          | 0.17100  |          |         |
| Thompson               | 0.91832        | 33.78492 | 5.34670 |         | 1.89718  |          |          |          |          |         |
| Vega Lemus             | 0.97950        | 0.00270  | 0.04780 | 1.03516 | -0.02164 |          |          |          |          |         |
| Rasyonel               | 0.86753        | 0.02132  | 0.12149 | 1.11094 | -0.02782 | 0.08458  | -0.00276 |          |          |         |
| Vega Galvez 1          | 0.90327        | 0.01274  | 0.10382 | 1.06496 | -0.14650 |          |          |          |          |         |
| Vega Galvez 2          | 0.96477        | 0.00464  | 0.06265 |         | -0.05698 |          |          | 0.09732  |          |         |
| Hii vd.                | 0.99965        | 0.00006  | 0.00624 | 0.93107 |          | 0.06198  |          | 0.00370  | -0.00003 | 1.93819 |
| Modifiye midilli 1     | 0.99945        | 0.00008  | 0.00785 |         | 0.00126  |          |          | 0.00483  |          | 1.83045 |
| Modifiye midilli 2     | 0.95667        | 0.00571  | 0.06948 |         | -0.00080 |          |          | 0.04833  |          |         |
| Modifiye midilli 3     | 0.96573        | 0.00496  | 0.06179 | 1.09483 | -0.00043 |          |          | 0.05458  |          |         |
| Sripinyowanich         | 0.99945        | 0.00009  | 0.00784 |         | 0.00128  | -0.00121 |          | 0.00478  |          | 1.83319 |
| Noonhorn Verma         | 0.96670        | 0.00603  | 0.06091 | 0.56585 | 0.56587  | -0.04044 |          | 0.05180  | 0.05180  |         |
| Weibull                | 0.98822        | 0.00155  | 0.03623 | 1.58134 |          |          |          |          |          |         |

Çizelge A.8 Kurutulmuş dolma bibere ait modelleme sonuçları (90 + 180 W)

| Model ismi             | R <sup>2</sup> | $\chi^2$ | KOKH    | a       | b            | c        | d        | k        | k1      | n       |
|------------------------|----------------|----------|---------|---------|--------------|----------|----------|----------|---------|---------|
| Lewis                  | 0.96006        | 0.00426  | 0.06329 |         |              |          |          | 0.08913  |         |         |
| Page                   | 0.98696        | 0.00148  | 0.03616 |         |              |          |          | 0.02782  |         | 1.45771 |
| Mod. Page              | 0.98696        | 0.00148  | 0.03616 |         |              |          |          |          |         |         |
| Henderson              | 0.97094        | 0.00330  | 0.05399 | 1.10410 |              |          |          | -0.09737 |         |         |
| Logaritmik             | 0.97181        | 0.00343  | 0.05318 | 1.12040 | -0.02486     |          |          | -0.09139 |         |         |
| İki terimli            | 0.97094        | 0.00381  | 0.05399 | 0.74145 | 0.36254      |          |          | 0.09738  | 0.09738 |         |
| Modifiye iki terimli 1 | 0.95914        | 0.00498  | 0.06402 | 1.00000 |              |          |          | 0.08609  | 0.08609 |         |
| Modifiye iki terimli 2 | 0.97094        | 0.00354  | 0.05399 | 0.55200 |              |          |          | 0.09735  | 0.09735 |         |
| Midilli                | 0.99935        | 0.00009  | 0.00808 | 0.99548 | 0.00221      |          |          | 0.01539  |         | 1.75072 |
| Wang Singh             | 0.98195        | 0.00205  | 0.04255 |         | -0.06754     | 0.03448  |          |          |         |         |
| Parabolik              | 0.98562        | 0.00175  | 0.03799 | 1.05318 | -0.07318     | 0.00132  |          |          |         |         |
| Kübik                  | 0.98654        | 0.00177  | 0.03674 | 1.07140 | -0.08048     | 0.00184  | -0.00001 |          |         |         |
| Sigmoid                | 0.99992        | 0.00001  | 0.00288 | 0.06792 | 1.03728      | 28.57955 |          | 0.27675  |         |         |
| Thompson               | 0.93190        | 9.04093  | 2.82441 |         | 1.43413      |          |          |          |         |         |
| Vega Lemus             | 0.97847        | 0.00245  | 0.04648 | 1.03286 | -0.03645     |          |          |          |         |         |
| Rasyonel               | 0.99489        | 0.00067  | 0.02265 | 0.98377 | -0.01158     | -0.03178 | 0.01378  |          |         |         |
| Vega Galvez1           | 0.90581        | 0.01071  | 0.09720 | 1.05961 | -0.18921     |          |          |          |         |         |
| Vega Galvez2           | 0.97094        | 0.00330  | 0.05399 |         | -0.09737     |          |          | 0.09903  |         |         |
| Hii vd.                | 0.99970        | 0.00004  | 0.00547 | 0.91418 |              | 0.07640  |          | 0.01229  | 0.00016 | 1.87775 |
| Modifiye midilli 1     | 0.99933        | 0.00008  | 0.00819 |         | 0.00220      |          |          | 0.01603  |         | 1.73598 |
| Modifiye midilli 2     | 0.96206        | 0.00431  | 0.06169 |         | -0.00101     |          |          | 0.08394  |         |         |
| Modifiye midilli 3     | 0.97124        | 0.00350  | 0.05371 | 1.09920 | -0.00038     |          |          | 0.09499  |         |         |
| Sripinyowanich         |                |          |         |         | YAKINSAMIYOR |          |          |          |         |         |
| Noonhorn Verma         | 0.97181        | 0.00401  | 0.05318 | 0.56020 | 0.56020      | -0.02487 |          | 0.09132  | 0.09132 |         |
| Weibull                | 0.98696        | 0.00148  | 0.03616 | 1.45118 |              |          |          |          |         |         |

Çizelge A.9 Kurutulmuş dolma bibere ait modelleme sonuçları (180 W)

| Model ismi             | R <sup>2</sup> | $\chi^2$ | KOKH    | a       | b            | c        | d       | k        | k1       | n       |
|------------------------|----------------|----------|---------|---------|--------------|----------|---------|----------|----------|---------|
| Lewis                  | 0.95769        | 0.00505  | 0.06826 |         |              |          |         | 0.09882  |          |         |
| Page                   | 0.98961        | 0.00135  | 0.03382 |         |              |          |         | 0.02883  |          | 1.51501 |
| Mod. Page              | 0.98961        | 0.00135  | 0.03382 |         |              |          |         |          |          |         |
| Henderson              | 0.96908        | 0.00402  | 0.05835 | 1.10126 |              |          |         | -0.10807 |          |         |
| Logaritmik             | 0.97139        | 0.00410  | 0.05613 | 1.13648 | -0.04784     |          |         | -0.09679 |          |         |
| İki terimli            | 0.96908        | 0.00492  | 0.05835 | 0.71224 |              |          | 0.38891 | 0.10810  | 0.10801  |         |
| Modifiye iki terimli 1 | 0.95694        | 0.00616  | 0.06886 | 0.99999 |              |          |         | 0.09573  | 0.09573  |         |
| Modifiye iki terimli 2 | 0.96908        | 0.00443  | 0.05835 | 0.55057 |              |          |         | 0.10804  | 0.10804  |         |
| Midilli                | 0.99972        | 0.00004  | 0.00557 | 1.00013 |              | 0.00256  |         | 0.01857  |          | 1.75870 |
| Wang Singh             | 0.98179        | 0.02607  | 0.01350 |         | -0.07646     | 0.03914  |         |          |          |         |
| Parabolik              | 0.98731        | 0.00182  | 0.03739 | 1.06388 | -0.08462     | 0.00175  |         |          |          |         |
| Kübik                  | 0.98732        | 0.00202  | 0.03737 | 1.06205 | -0.08370     | 0.00167  | 0.00000 |          |          |         |
| Sigmoid                | 0.99961        | 0.00006  | 0.00659 | 0.06697 | 1.04778      | 7.02144  |         | 0.30670  |          |         |
| Thompson               | 0.93105        | 7.13001  | 2.45623 |         | 0.61895      |          |         |          |          |         |
| Vega Lemus             | 0.97992        | 0.00261  | 0.04703 | 1.03495 | -0.04122     |          |         |          |          |         |
| Rasyonel               | 0.99586        | 0.00066  | 0.02136 | 0.99112 | -0.01575     | -0.03550 | 0.01665 |          |          |         |
| Vega Galvez 1          | 0.91435        | 0.01115  | 0.09712 | 1.07862 | -0.20723     |          |         |          |          |         |
| Vega Galvez 2          | 0.96908        | 0.00402  | 0.05835 |         | -0.10807     |          |         | 0.09645  |          |         |
| Hii vd.                | 0.99978        | 0.00004  | 0.00491 | 0.94033 |              | 0.05821  |         | 0.01668  | -0.00043 | 1.82530 |
| Modifiye midilli 1     | 0.99972        | 0.00004  | 0.00557 |         | 0.00256      |          |         | 0.01855  |          | 1.75912 |
| Modifiye midilli 2     | 0.96164        | 0.00499  | 0.06499 |         | -0.00189     |          |         | 0.09028  |          |         |
| Modifiye midilli 3     | 0.97040        | 0.00424  | 0.05709 | 1.09202 | -0.00105     |          |         | 0.10240  |          |         |
| Sripinyowanich         |                |          |         |         | YAKINSAMIYOR |          |         |          |          |         |
| Noonhorn Verma         | 0.97139        | 0.00512  | 0.05613 | 0.56827 | 0.56828      | -0.04800 |         | 0.09675  | 0.09674  |         |
| Weibull                | 0.98961        | 0.00135  | 0.03382 | 1.50930 |              |          |         |          |          |         |

Çizelge A.10 Çarliston bibere ait rehidrasyon modelleri sonuçları (25°C)

| Mikrodalga Gücü (W) | Model İsmi                    | R <sup>2</sup> | $\chi^2$ | KOKH    | RRe      | K       | K2      | n       | y <sub>0</sub> | a        | b       | c         | d       |
|---------------------|-------------------------------|----------------|----------|---------|----------|---------|---------|---------|----------------|----------|---------|-----------|---------|
| 90                  | 0.derece kinetik model        | 0.85083        | 2.47220  | 1.42222 | 4.23283  | 0.02148 |         |         |                |          |         |           |         |
|                     | 1.derece kinetik model        | 0.9959         | 0.06878  | 0.23722 | 13.53742 | 0.00657 |         |         |                |          |         |           |         |
|                     | Peleg model                   | 0.9980         | 0.03653  | 0.16298 | 1.06314  | 9.92942 | 0.06147 |         |                |          |         |           |         |
|                     | Peppas                        | 0.9722         | 0.00164  | 0.03450 |          | 0.07132 |         | 0.43519 |                |          |         |           |         |
|                     | 2 terimli üssel azalma modeli | 0.9986         | 0.03489  | 0.13794 |          |         |         |         | 14.20062       | -1.73964 | 0.03550 | -11.46402 | 0.00501 |
| 90 + 180            | 0.derece kinetik model        | 0.7816         | 3.15657  | 1.60706 | 4.95156  | 0.01923 |         |         |                |          |         |           |         |
|                     | 1.derece kinetik model        | 0.9857         | 0.20699  | 0.41153 | 12.68213 | 0.00876 |         |         |                |          |         |           |         |
|                     | Peleg model                   | 0.9938         | 0.10151  | 0.27171 | 1.07946  | 7.38548 | 0.07062 |         |                |          |         |           |         |
|                     | Peppas                        | 0.9683         | 0.00133  | 0.03110 |          | 0.12791 |         | 0.34028 |                |          |         |           |         |
|                     | 2 terimli üssel azalma modeli | 0.9976         | 0.05306  | 0.17012 |          |         |         |         | 13.20232       | -2.59972 | 0.56235 | -9.64196  | 0.00610 |
| 180                 | 0.derece kinetik model        | 0.7841         | 2.27642  | 1.37732 | 4.66857  | 0.01521 |         |         |                |          |         |           |         |
|                     | 1.derece kinetik model        | 0.9805         | 0.20544  | 0.41377 | 11.26264 | 0.00849 |         |         |                |          |         |           |         |
|                     | Peleg model                   | 0.9953         | 0.05517  | 0.20341 | 1.00228  | 8.58485 | 0.00202 |         |                |          |         |           |         |
|                     | Peppas                        | 0.9874         | 0.00047  | 0.01884 |          | 0.12984 |         | 0.01420 |                |          |         |           |         |
|                     | 2 terimli üssel azalma modeli | 0.9992         | 0.01226  | 0.08455 |          |         |         |         | 12.76038       | -4.10231 | 0.03123 | -7.66132  | 0.00352 |

Çizelge A.11 Charleston bibere ait rehidrasyon modelleri sonuçları (50°C)

| Mikrodalga Gücü (W) | Model İsmi                    | R <sup>2</sup> | $\chi^2$ | KOKH    | RRe      | K       | K2      | n       | y <sub>0</sub> | a        | b       | c        | d       |
|---------------------|-------------------------------|----------------|----------|---------|----------|---------|---------|---------|----------------|----------|---------|----------|---------|
| 90                  | 0.derece kinetik model        | 0.70440        | 3.60289  | 1.74602 | 5.92955  | 0.01801 |         |         |                |          |         |          |         |
|                     | 1.derece kinetik model        | 0.97055        | 0.35901  | 0.55116 | 12.45802 | 0.01233 |         |         |                |          |         |          |         |
|                     | Peleg model                   | 0.98947        | 0.14120  | 0.32957 | 1.08850  | 4.84791 | 0.07596 |         |                |          |         |          |         |
|                     | Peppas                        | 0.97561        | 0.00070  | 0.02394 |          | 0.18751 |         | 0.27860 |                |          |         |          |         |
|                     | 2 terimli üssel azalma modeli | 0.99712        | 0.04822  | 0.17227 |          |         |         |         | 13.11842       | -3.77849 | 1.82934 | -8.37740 | 0.00705 |
| 90 + 180            | 0.derece kinetik model        | 0.68943        | 3.41741  | 1.70049 | 5.76026  | 0.01693 |         |         |                |          |         |          |         |
|                     | 1.derece kinetik model        | 0.97711        | 0.25187  | 0.46165 | 11.87518 | 0.01272 |         |         |                |          |         |          |         |
|                     | Peleg model                   | 0.99241        | 0.09182  | 0.26576 | 1.08880  | 4.88354 | 0.08001 |         |                |          |         |          |         |
|                     | Peppas                        | 0.95065        | 0.00148  | 0.03368 |          | 0.20914 |         | 0.26281 |                |          |         |          |         |
|                     | 2 terimli üssel azalma modeli | 0.99782        | 0.03763  | 0.14234 |          |         |         |         | 12.45102       | -4.45284 | 0.43250 | -7.97379 | 0.00730 |
| 180                 | 0.derece kinetik model        | 0.78247        | 2.31152  | 1.39854 | 5.13900  | 0.01772 |         |         |                |          |         |          |         |
|                     | 1.derece kinetik model        | 0.94906        | 0.54134  | 0.67680 | 11.68319 | 0.01063 |         |         |                |          |         |          |         |
|                     | Peleg model                   | 0.97962        | 0.23826  | 0.42811 | 1.10647  | 6.60367 | 0.08046 |         |                |          |         |          |         |
|                     | Peppas                        | 0.98675        | 0.00041  | 0.01854 |          | 0.17617 |         | 0.28428 |                |          |         |          |         |
|                     | 2 terimli üssel azalma modeli | 0.99848        | 0.02226  | 0.11704 |          |         |         |         | 14.68701       | -4.82283 | 0.06248 | -8.86415 | 0.00285 |

Çizelge A.12 Çarliston bibere ait rehidrasyon modelleri sonuçları (70°C)

| Mikrodalga Gücü (W) | Model İsmi                    | R <sup>2</sup> | $\chi^2$ | KOKH    | RRe      | K       | K2      | n       | y <sub>0</sub> | a        | b       | c        | d       |
|---------------------|-------------------------------|----------------|----------|---------|----------|---------|---------|---------|----------------|----------|---------|----------|---------|
| 90                  | 0.derece kinetik model        | 0.79510        | 2.56841  | 1.46299 | 5.10012  | 0.05566 |         |         |                |          |         |          |         |
|                     | 1.derece kinetik model        | 0.95128        | 0.61074  | 0.71340 | 12.31019 | 0.02845 |         |         |                |          |         |          |         |
|                     | Peleg model                   | 0.97886        | 0.29444  | 0.46993 | 1.09990  | 2.36368 | 0.07515 |         |                |          |         |          |         |
|                     | Peppas                        | 0.99148        | 0.00029  | 0.01483 |          | 0.19338 |         | 0.32576 |                |          |         |          |         |
|                     | 2 terimli üssel azalma modeli | 0.99804        | 0.03506  | 0.14301 |          |         |         |         | 15.63089       | -4.84229 | 0.18170 | -9.78940 | 0.00799 |
| 90 + 180            | 0.derece kinetik model        | 0.71075        | 4.78414  | 1.97846 | 6.32200  | 0.06538 |         |         |                |          |         |          |         |
|                     | 1.derece kinetik model        | 0.95335        | 0.77159  | 0.79454 | 13.56175 | 0.04324 |         |         |                |          |         |          |         |
|                     | Peleg model                   | 0.98362        | 0.30487  | 0.47087 | 1.08150  | 1.23457 | 0.06986 |         |                |          |         |          |         |
|                     | Peppas                        | 0.99226        | 0.00017  | 0.01321 |          | 0.29193 |         | 0.23807 |                |          |         |          |         |
|                     | 2 terimli üssel azalma modeli | 0.99888        | 0.02768  | 0.12287 |          |         |         |         | 17.01278       | -6.96303 | 0.18632 | -9.04969 | 0.00874 |
| 180                 | 0.derece kinetik model        | 0.69842        | 2.77510  | 1.53237 | 5.38109  | 0.04155 |         |         |                |          |         |          |         |
|                     | 1.derece kinetik model        | 0.96949        | 0.28076  | 0.48740 | 10.96024 | 0.03479 |         |         |                |          |         |          |         |
|                     | Peleg model                   | 0.99158        | 0.08523  | 0.25605 | 1.09806  | 1.94982 | 0.08765 |         |                |          |         |          |         |
|                     | Peppas                        | 0.98027        | 0.00056  | 0.02075 |          | 0.26159 |         | 0.26652 |                |          |         |          |         |
|                     | 2 terimli üssel azalma modeli | 0.99762        | 0.03007  | 0.13604 |          |         |         |         | 11.83440       | -4.16252 | 0.17154 | -6.67263 | 0.01538 |

Çizelge A.13 Sivri bibere ait rehidrasyon modelleri sonuçları (25°C)

| Mikrodalga Gücü (W) | Model İsmi                    | R <sup>2</sup> | $\chi^2$ | KOKH    | RRe      | K       | K2      | n       | y <sub>0</sub> | a        | b       | c        | d       |
|---------------------|-------------------------------|----------------|----------|---------|----------|---------|---------|---------|----------------|----------|---------|----------|---------|
| 90                  | 0.derece kinetik model        | 0.81518        | 2.05425  | 1.29644 | 4.27057  | 0.01722 |         |         |                |          |         |          |         |
|                     | 1.derece kinetik model        | 0.97089        | 0.32357  | 0.51453 | 11.34516 | 0.00796 |         |         |                |          |         |          |         |
|                     | Peleg model                   | 0.98489        | 0.18890  | 0.37065 | 1.09801  | 9.65231 | 0.07926 |         |                |          |         |          |         |
|                     | Peppas                        | 0.97743        | 0.00097  | 0.02659 |          | 0.11046 |         | 0.36197 |                |          |         |          |         |
|                     | 2 terimli üssel azalma modeli | 0.99316        | 0.11409  | 0.24946 |          |         |         |         | 12.58140       | -2.41362 | 1.51575 | -9.17342 | 0.00442 |
| 90 + 180            | 0.derece kinetik model        | 0.74420        | 2.37240  | 1.39322 | 4.27891  | 0.01503 |         |         |                |          |         |          |         |
|                     | 1.derece kinetik model        | 0.99759        | 0.02235  | 0.13523 | 10.22010 | 0.00955 |         |         |                |          |         |          |         |
|                     | Peleg model                   | 0.99759        | 0.02516  | 0.13528 | 1.08497  | 8.26992 | 0.08919 |         |                |          |         |          |         |
|                     | Peppas                        | 0.93401        | 0.00283  | 0.04539 |          | 0.13482 |         | 0.33148 |                |          |         |          |         |
|                     | 2 terimli üssel azalma modeli | 0.99927        | 0.01021  | 0.07463 |          |         |         |         | 10.38095       | -0.97042 | 1.60320 | -8.41018 | 0.00815 |
| 180                 | 0.derece kinetik model        | 0.70686        | 1.97113  | 1.26994 | 4.24547  | 0.01247 |         |         |                |          |         |          |         |
|                     | 1.derece kinetik model        | 0.97361        | 0.17747  | 0.38106 | 9.00619  | 0.01137 |         |         |                |          |         |          |         |
|                     | Peleg model                   | 0.98882        | 0.08456  | 0.24799 | 1.11713  | 7.50239 | 0.10800 |         |                |          |         |          |         |
|                     | Peppas                        | 0.95772        | 0.00132  | 0.03095 |          | 0.18628 |         | 0.27842 |                |          |         |          |         |
|                     | 2 terimli üssel azalma modeli | 0.99226        | 0.07808  | 0.20638 |          |         |         |         | 9.44016        | -2.51987 | 1.77652 | -5.94828 | 0.00727 |

Çizelge A.14 Sivri bibere ait rehidrasyon modelleri sonuçları (50°C)

| Mikrodalga Gücü (W) | Model İsmi                    | R <sup>2</sup> | $\chi^2$ | KOKH    | RRe      | K        | K2      | n       | y <sub>0</sub> | a        | b       | c        | d        |
|---------------------|-------------------------------|----------------|----------|---------|----------|----------|---------|---------|----------------|----------|---------|----------|----------|
| 90                  | 0.derece kinetik model        | 0.71708        | 4.48912  | 1.91649 | 5.80402  | 0.02412  |         |         |                |          |         |          |          |
|                     | 1.derece kinetik model        | 0.98844        | 0.18347  | 0.38745 | 13.21445 | 0.01374  |         |         |                |          |         |          |          |
|                     | Peleg model                   | 0.99747        | 0.04521  | 0.18132 | 1.07271  | 4.14991  | 0.06961 |         |                |          |         |          |          |
|                     | Peppas                        | 0.96070        | 0.00129  | 0.03066 |          | 0.18879  |         | 0.28672 |                |          |         |          |          |
|                     | 2 terimli üssel azalma modeli | 0.99871        | 0.03685  | 0.12941 |          |          |         |         | 13.80718       | -3.84215 | 0.08177 | -9.41570 | 0.00858  |
| 90 + 180            | 0.derece kinetik model        | 0.67396        | 2.18239  | 1.34858 | 4.57206  | 0.01404  |         |         |                |          |         |          |          |
|                     | 1.derece kinetik model        | 0.98752        | 0.08350  | 0.26378 | 9.20349  | 0.01437  |         |         |                |          |         |          |          |
|                     | Peleg model                   | 0.99744        | 0.01906  | 0.11956 | 1.10659  | 5.66201  | 0.10537 |         |                |          |         |          |          |
|                     | Peppas                        | 0.94950        | 0.00149  | 0.03347 |          | 0.21392  |         | 0.26201 |                |          |         |          |          |
|                     | 2 terimli üssel azalma modeli | 0.99817        | 0.01753  | 0.10112 |          |          |         |         | 9.62112        | -3.30725 | 0.04369 | -5.31694 | 0.00772  |
| 180                 | 0.derece kinetik model        | 0.70830        | 0.82199  | 0.82764 | 3.02836  | 0.00934  |         |         |                |          |         |          |          |
|                     | 1.derece kinetik model        | 0.99805        | 0.00551  | 0.06773 | 6.20163  | 0.01217  |         |         |                |          |         |          |          |
|                     | Peleg model                   | 0.99620        | 0.01191  | 0.09453 | 1.15162  | 11.10967 | 0.15972 |         |                |          |         |          |          |
|                     | Peppas                        | 0.89820        | 0.00431  | 0.05685 |          | 0.16277  |         | 0.30939 |                |          |         |          |          |
|                     | 2 terimli üssel azalma modeli | 0.99942        | 0.00234  | 0.03698 |          |          |         |         | 6.00225        | -5.01627 | 0.01322 | 0.00974  | -0.00797 |

Çizelge A.15 Sivri bibere ait rehidrasyon modelleri sonuçları (70°C)

| Mikrodalga Gücü (W) | Model İsmi                    | R <sup>2</sup> | $\chi^2$ | KOKH    | RRe      | K       | K2      | n       | y <sub>0</sub> | a        | b       | c        | d        |
|---------------------|-------------------------------|----------------|----------|---------|----------|---------|---------|---------|----------------|----------|---------|----------|----------|
| 90                  | 0.derece kinetik model        | 0.82612        | 2.04701  | 1.30608 | 4.10911  | 0.05498 |         |         |                |          |         |          |          |
|                     | 1.derece kinetik model        | 0.98852        | 0.13517  | 0.33563 | 11.62828 | 0.02287 |         |         |                |          |         |          |          |
|                     | Peleg model                   | 0.99436        | 0.07380  | 0.23526 | 1.06993  | 3.20351 | 0.07396 |         |                |          |         |          |          |
|                     | Peppas                        | 0.95963        | 0.00207  | 0.03943 |          | 0.13212 |         | 0.40304 |                |          |         |          |          |
|                     | 2 terimli üssel azalma modeli | 0.99692        | 0.05176  | 0.17376 |          |         |         |         | 8.65684        | -8.48448 | 0.03444 | 0.72447  | -0.00925 |
| 90 + 180            | 0.derece kinetik model        | 0.72820        | 1.15284  | 0.98766 | 3.84682  | 0.02880 |         |         |                |          |         |          |          |
|                     | 1.derece kinetik model        | 0.96836        | 0.13420  | 0.33697 | 7.75367  | 0.03241 |         |         |                |          |         |          |          |
|                     | Peleg model                   | 0.99162        | 0.03908  | 0.17339 | 1.14218  | 3.18820 | 0.12838 |         |                |          |         |          |          |
|                     | Peppas                        | 0.98936        | 0.00031  | 0.01544 |          | 0.24018 |         | 0.28011 |                |          |         |          |          |
|                     | 2 terimli üssel azalma modeli | 0.97762        | 0.13054  | 0.28343 |          |         |         |         | 8.06949        | -3.29191 | 0.10012 | 3.32829  | 0.01207  |
| 180                 | 0.derece kinetik model        | 0.65601        | 1.66773  | 1.16812 | 4.05484  | 0.03401 |         |         |                |          |         |          |          |
|                     | 1.derece kinetik model        | 0.97767        | 0.10828  | 0.29765 | 7.81700  | 0.04665 |         |         |                |          |         |          |          |
|                     | Peleg model                   | 0.99533        | 0.02547  | 0.13611 | 1.13379  | 2.01969 | 0.12925 |         |                |          |         |          |          |
|                     | Peppas                        | 0.97163        | 0.00064  | 0.02149 |          | 0.32834 |         | 0.22975 |                |          |         |          |          |
|                     | 2 terimli üssel azalma modeli | 0.99869        | 0.01147  | 0.07221 |          |         |         |         | 8.29885        | -3.19366 | 0.22312 | -4.28098 | 0.02063  |

Çizelge A.16 Dolma bibere ait rehidrasyon modelleri sonuçları (25°C)

| Mikrodalga Gücü (W) | Model İsmi                    | R <sup>2</sup> | $\chi^2$ | KOKH    | RRe      | K       | K2      | n       | y <sub>0</sub> | a        | b       | c        | d       |
|---------------------|-------------------------------|----------------|----------|---------|----------|---------|---------|---------|----------------|----------|---------|----------|---------|
| 90                  | 0.derece kinetik model        | 0.79678        | 2.75651  | 1.50178 | 4.78625  | 0.01881 |         |         |                |          |         |          |         |
|                     | 1.derece kinetik model        | 0.98231        | 0.23993  | 0.44306 | 12.32573 | 0.00874 |         |         |                |          |         |          |         |
|                     | Peleg model                   | 0.99502        | 0.07603  | 0.23515 | 1.08226  | 7.67138 | 0.07277 |         |                |          |         |          |         |
|                     | Peppas                        | 0.98595        | 0.00056  | 0.02016 |          | 0.12300 |         | 0.34341 |                |          |         |          |         |
|                     | 2 terimli üssel azalma modeli | 0.99870        | 0.02654  | 0.12033 |          |         |         |         | 13.96699       | -4.18074 | 0.03464 | -8.78962 | 0.00385 |
| 90 + 180            | 0.derece kinetik model        | 0.80211        | 2.48332  | 1.43855 | 4.50461  | 0.01678 |         |         |                |          |         |          |         |
|                     | 1.derece kinetik model        | 0.99318        | 0.08553  | 0.26698 | 12.02633 | 0.00742 |         |         |                |          |         |          |         |
|                     | Peleg model                   | 0.99737        | 0.03672  | 0.16595 | 1.07174  | 9.36695 | 0.07267 |         |                |          |         |          |         |
|                     | Peppas                        | 0.92221        | 0.00478  | 0.05982 |          | 0.08582 |         | 0.40328 |                |          |         |          |         |
|                     | 2 terimli üssel azalma modeli | 0.99743        | 0.04602  | 0.16384 |          |         |         |         | 12.98470       | -4.09418 | 0.01785 | -7.99840 | 0.00403 |
| 180                 | 0.derece kinetik model        | 0.74068        | 2.94946  | 1.55345 | 4.79256  | 0.01660 |         |         |                |          |         |          |         |
|                     | 1.derece kinetik model        | 0.99272        | 0.08279  | 0.26027 | 11.30269 | 0.00992 |         |         |                |          |         |          |         |
|                     | Peleg model                   | 0.99762        | 0.02984  | 0.14732 | 1.08319  | 7.04533 | 0.08107 |         |                |          |         |          |         |
|                     | Peppas                        | 0.98724        | 0.00041  | 0.01737 |          | 0.15860 |         | 0.30121 |                |          |         |          |         |
|                     | 2 terimli üssel azalma modeli | 0.99831        | 0.02889  | 0.12552 |          |         |         |         | 11.67050       | -1.58692 | 0.64533 | -9.08351 | 0.00737 |

Çizelge A.17 Dolma bibere ait rehidrasyon modelleri sonuçları (50°C)

| Mikrodalga Gücü (W) | Model İsmi                    | R <sup>2</sup> | $\chi^2$ | KOKH    | RRe      | K       | K2      | n       | y <sub>0</sub> | a        | b       | c        | d       |
|---------------------|-------------------------------|----------------|----------|---------|----------|---------|---------|---------|----------------|----------|---------|----------|---------|
| 90                  | 0.derece kinetik model        | 0.77043        | 2.18615  | 1.34984 | 4.74895  | 0.01791 |         |         |                |          |         |          |         |
|                     | 1.derece kinetik model        | 0.96315        | 0.35100  | 0.54083 | 10.82647 | 0.01164 |         |         |                |          |         |          |         |
|                     | Peleg model                   | 0.98727        | 0.13467  | 0.31780 | 1.10406  | 6.39837 | 0.08687 |         |                |          |         |          |         |
|                     | Peppas                        | 0.98852        | 0.00036  | 0.01648 |          | 0.17252 |         | 0.29445 |                |          |         |          |         |
|                     | 2 terimli üssel azalma modeli | 0.99870        | 0.01763  | 0.10140 |          |         |         |         | 12.80317       | -4.28649 | 0.05856 | -7.51679 | 0.00381 |
| 90 + 180            | 0.derece kinetik model        | 0.80486        | 1.88528  | 1.25342 | 4.39669  | 0.01844 |         |         |                |          |         |          |         |
|                     | 1.derece kinetik model        | 0.97444        | 0.24694  | 0.45364 | 10.89327 | 0.00992 |         |         |                |          |         |          |         |
|                     | Peleg model                   | 0.99124        | 0.09401  | 0.26554 | 1.10242  | 7.91165 | 0.08401 |         |                |          |         |          |         |
|                     | Peppas                        | 0.99179        | 0.00032  | 0.10236 |          | 0.12574 |         | 0.34576 |                |          |         |          |         |
|                     | 2 terimli üssel azalma modeli | 0.99968        | 0.00438  | 0.05052 |          |         |         |         | 12.18078       | -3.02994 | 0.11646 | -8.15085 | 0.00486 |
| 180                 | 0.derece kinetik model        | 0.75256        | 2.93983  | 1.55091 | 4.99800  | 0.02138 |         |         |                |          |         |          |         |
|                     | 1.derece kinetik model        | 0.97932        | 0.24569  | 0.44835 | 11.58877 | 0.01310 |         |         |                |          |         |          |         |
|                     | Peleg model                   | 0.99536        | 0.06208  | 0.21248 | 1.08759  | 5.16509 | 0.07997 |         |                |          |         |          |         |
|                     | Peppas                        | 0.98658        | 0.00042  | 0.01743 |          | 0.16932 |         | 0.29875 |                |          |         |          |         |
|                     | 2 terimli üssel azalma modeli | 0.99896        | 0.01861  | 0.10074 |          |         |         |         | 13.59477       | -5.35911 | 0.03750 | -7.23343 | 0.00398 |

Çizelge A.18 Dolma bibere ait rehidrasyon modelleri sonuçları (70 °C)

| Mikrodalga Gücü (W) | Model İsmi                    | R <sup>2</sup> | $\chi^2$ | KOKH    | RRe      | K       | K2      | n       | y <sub>0</sub> | a        | b        | c        | d       |
|---------------------|-------------------------------|----------------|----------|---------|----------|---------|---------|---------|----------------|----------|----------|----------|---------|
| 90                  | 0.derece kinetik model        | 0.78945        | 2.64842  | 1.50668 | 5.35294  | 0.04825 |         |         |                |          |          |          |         |
|                     | 1.derece kinetik model        | 0.97021        | 0.37470  | 0.56672 | 12.79603 | 0.02358 |         |         |                |          |          |          |         |
|                     | Peleg model                   | 0.98790        | 0.16607  | 0.36123 | 1.09317  | 2.77886 | 0.07125 |         |                |          |          |          |         |
|                     | Peppas                        | 0.97007        | 0.00115  | 0.03007 |          | 0.19737 |         | 0.31884 |                |          |          |          |         |
|                     | 2 terimli üssel azalma modeli | 0.99648        | 0.06636  | 0.19474 |          |         |         |         | 14.03243       | -3.69858 | 0.21323  | -9.51266 | 0.01234 |
| 90 + 180            | 0.derece kinetik model        | 0.72774        | 2.78060  | 1.53389 | 5.09400  | 0.04468 |         |         |                |          |          |          |         |
|                     | 1.derece kinetik model        | 0.98685        | 0.13435  | 0.33716 | 11.32180 | 0.02905 |         |         |                |          |          |          |         |
|                     | Peleg model                   | 0.99447        | 0.06217  | 0.21869 | 1.08651  | 2.37373 | 0.08181 |         |                |          |          |          |         |
|                     | Peppas                        | 0.97064        | 0.00114  | 0.02955 |          | 0.19951 |         | 0.32080 |                |          |          |          |         |
|                     | 2 terimli üssel azalma modeli | 0.99703        | 0.04166  | 0.15995 |          |         |         |         | 11.72561       | -2.25745 | 14.28858 | -8.46812 | 0.02027 |
| 180                 | 0.derece kinetik model        | 0.58917        | 3.07353  | 1.62310 | 5.73902  | 0.03215 |         |         |                |          |          |          |         |
|                     | 1.derece kinetik model        | 0.98096        | 0.14242  | 0.34940 | 10.28879 | 0.04132 |         |         |                |          |          |          |         |
|                     | Peleg model                   | 0.99226        | 0.06316  | 0.22277 | 1.09667  | 1.61404 | 0.09580 |         |                |          |          |          |         |
|                     | Peppas                        | 0.95668        | 0.00101  | 0.02816 |          | 0.31597 |         | 0.22665 |                |          |          |          |         |
|                     | 2 terimli üssel azalma modeli | 0.99364        | 0.07138  | 0.20196 |          |         |         |         | 10.58981       | -3.63592 | 0.15569  | -6.02707 | 0.02353 |