

## Ozmotik Dehidrasyon ve Mikrodalga Kurutma ile Birlikte Limon Halkalarının Kurutma Koşullarının Optimizasyonu\*

Optimizing Drying Conditions of Lemon Rings Combined with Microwave Drying and Osmotic Dehydration\*


Zehra YILDIZ<sup>1\*</sup>, Süleyman REYHAN<sup>2</sup>

### Öz

Kurutma süresini kısaltmak, ürün kalite özelliklerini iyileştirmek için ozmotik dehidrasyon ön işlemi ile birlikte birçok kurutma tekniği beraber kullanılmış olup, ozmotik kurutma ile mikrodalga kurutmanın birlikte kullanılması da bu yöntemlerden biridir. Ozmotik dehidrasyon ve mikrodalga kurutma işleminin birlikte kullanılarak kurutma yapılması mikrodalga kurutmanın olumsuz etkilerinin azaltılmasına yardımcı olur. Bu çalışmada, limon halkaların ozmotik dehidrasyon ön kurutma işlemi uygulanmasından sonra mikrodalga fırında kurutma koşullarının optimum seviyeleri Yanıt Yüzey Yöntemi ile belirlenmiştir. Yanıt Yüzey Yöntemin de kurutma parametreleri olarak ozmotik dehidrasyon süresi, çözelti derişimi, mikrodalga kurutma süresi ve mikrodalga gücü seçilmiştir. Optimize edilecek yanıtlar ise nem kaybı, çapsal büzülme oranı ve *b* renk değeri değışimi olarak belirlenmiştir. Dört faktör üç seviye için Box-Behnken tasarımına göre belirlenen 29 deney yapılmış ve yanıtlar alınmıştır. Dört faktörlü üç seviyeli Box-Benchken deneysel tasarım yöntemi, A ozmotik dehidrasyon süresi (60-180 dk), B çözelti derişimi (% 10-20 (w:v)), C mikrodalga kurutucuda kurutma süresi (2-6 dk) ve D mikrodalga güç seviyesi (100-300 W) aralığında uygulanmıştır. Elde edilen veriler ANOVA ile analiz edilmiş ve en yüksek R<sup>2</sup> değerlerini veren nem kaybı için 0,9853, çapsal büzülme oranı için 0,9861 ve *b* renk değeri değışimi için 0,9770 ile kuadratik modellerin uygun olduğu belirlenmiştir. Nem kaybı üzerine C, D, CD, A<sup>2</sup>, C<sup>2</sup> ve D<sup>2</sup> değışkenleri, çapsal büzülme oranı üzerine A, C, D, D<sup>2</sup> değışkenleri ve *b* renk değeri değışimi üzerine ise A, C, D, A<sup>2</sup> değışkenlerinin etkisinin önemli olduğu görülmüştür. Kurutma parametrelerinin optimum değışken seviyelerinden olan ozmotik dehidrasyon süresi 120 dk, çözelti derişimi %15, mikrodalga kurutma süresi 4 dk ve mikrodalga güç seviyesi 200 W olarak bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Limon, Kurutma, Ozmotik dehidrasyon, Mikrodalga kurutma, YYM, Box-Behnken

<sup>1\*</sup>Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Zehra Yıldız, Tarsus University, Mersin, Turkey. E-mail: [zyildiz@tarsus.edu.tr](mailto:zyildiz@tarsus.edu.tr)  ORCID: 0000-0003-1304-4857

<sup>2</sup>Süleyman Reyhan, Tarsus University, Mersin, Turkey. E-mail: [suleyman\\_reyhan@tarsus.edu.tr](mailto:suleyman_reyhan@tarsus.edu.tr)  ORCID: 0000-0002-2223-0590

**Atıf/Citation:** Yıldız, Z., Reyhan, S. (2023). Ozmotik dehidrasyon ve mikrodalga kurutma ile birlikte limon halkalarının kurutma koşullarının optimizasyonu. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(4): 845-856.

\*Bu Çalışma Süleyman Reyhan'nın Yüksek Lisans tezinden özetlenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2023.

## **Abstract**

In order to shorten the drying time and improve product quality characteristics, with together osmotic dehydration pretreatment and many drying techniques have been used, and the combination of microwave drying and osmotic drying is one of these methods. Drying by using microwave drying and osmotic dehydration process together helps to reduce the negative effects of microwave drying. In this study, microwave oven optimum drying conditions were determined by Response Surface Method after osmotic dehydration pre-drying apply of lemon rings. In the Response Surface Method, drying parameters were chosen as osmotic dehydration time, solution concentration, microwave drying time and microwave power. The responses to be optimized were determined as moisture loss, diametrical shrinkage rate and b color value change. For four factor and three levels, 29 experiments determined according to Box-Behnken design were conducted and the answers were received. Box-Benchken experimental design method with four factors and three levels, A osmotic dehydration drying time (60-180 min), B solution concentration (10-20% (w:v)) was applied in the range of drying time (2-6 min) in C microwave dryer and drying power (100-300 W) in D microwave dryer. The obtained data were analyzed by ANOVA and it was determined that the quadratic models were suitable with 0.9853 for moisture loss, 0.9861 for diametrical shrinkage ratio and 0.9770 for b color value change, which gave the highest  $R^2$  values. It was observed that the effects of C, D, CD,  $A^2$ ,  $C^2$  and  $D^2$  variables on the moisture loss, A, C, D,  $D^2$  variables on diametrical shrinkage rate and A, C, D,  $A^2$  variables on b color value change. Drying parameters were found to be optimum variable levels, osmotic dehydration time was 120 min, solution concentration was 15%, microwave drying time was 4 min and microwave drying power was 200 W.

**Keywords:** Lemon, Drying, Osmotic dehydration, Microwave drying, RSM, Box-Behnken

## 1. Giriş

Gıda ürünlerinin kurutulması ile uzun süre bozulmadan korunabilen ürünler elde edilirken nem kaybı ile hacimde meydana gelen azalma sebebiyle taşıma, depolama ve paketlenme maliyetleri azalır (Ertekin ve Yaldız, 1998; Güngör ve Özbalta, 1997; EİE, 1999). Hem tüketimden sonra arta kalan yaş meyve ve sebzenin değerlendirilmesinde, hem de katma değeri yüksek kuru ürün elde edilmesinde birçok kurutucu kullanılmaktadır. Kurutucular, ısı transferine göre kondüktif, konvektif ve radyant tipi olarak sınıflandırılmaktadır. Kondüktif tip kurutucularda ısı doğrudan ürüne ulaşır. Kurutulacak ürün plaka veya metal bir duvarla kurutulmaktadır. Silindirik kurutucular, drum kurutucular, buhar-borulu döner kurutucular, vakumlu döner kurutucular titreşimli tepsili kurutucular ve vakumlu tepsili kurutucular kondüktif kurutuculardır. Konvetif kurutucularda sıcak hava veya sıcak gazlar kurutulacak ürünün yüzeyine temas etmesiyle üründen nem uzaklaştırılır. Kurutma odaları, pnomatik kurutucu, spray kurutucu, döner kurutucu, akışkan yataklı kurutucu ve tünel tipi kurutucular bu tip kurutuculardır. Radyant kurutucular, dielektrik, kızılötesi, ultraviyole veya mikrodalga kurutucular olarak bilinmektedir. Bu kurutucularda ısı, radyo, kızıl ötesi, mor ötesi ve mikrodalga frekanslarında alternatif akımlı elektrik alanına konmuş ürün içinde üretilir. Alanda su moleküllerinin titreşmesiyle su buharlaşarak kurutma gerçekleşir (Güngör ve Özbalta, 1997; EİE, 1999). Radyant kurutuculardan olan mikrodalga kurutucu da düşük sıcaklıklarda kurutma işlemi gerçekleştiği için ürün dokusu zarar görmez ve kaliteli kuru ürün elde edilir. Mikrodalga kurutmada fırın boşluğuna gönderilen mikrodalga ışınım ürün tarafından absorbe edilip, ürün içerisindeki su moleküllerini titreştirir ve ürün içerisinde ısı meydana gelir. Mikrodalga kurutmada diğer kurutma yöntemlerinin aksine ısı içten dışa doğru iletilir. Mikrodalga kurutma yönteminde ürünün iç kısımlarına yüksek ısı iletimi ile enerji kazanımı sağlanırken, bu yöntemin temiz ürün eldesi, işlem kontrolü kolaylığı, kurutmanın hızlı gerçekleşmesi gibi avantajları da vardır. Gıda içindeki su molekülleri, diğer yöntemlerle yapılan ısıtma işlemlerinden daha kısa sürede, daha homojen ısı dağılımı ile uzaklaştırılır. Mikrodalga kurutucular konvansiyonel kurutuculardan daha az yer kaplar ve bu kurutucuların işçiliği azdır. Buna karşın mikrodalga kurutma yönteminin ürünler üzerinde düzensiz ısı dağılımı, tekstürel zararlar, yüksek yatırım maliyeti ve mikrodalga ışınlarının ürünler üzerinde etkisinin sınırlı olması gibi olumsuz etkileri de vardır (Schiffmann, 1986; Datta ve Davidson, 2000; Maskan, 2000; Alibaş, 2012; Polatçı ve Taşova, 2017;). En düşük ekonomik girdiyle kaliteli ürün elde etmek ve düşük enerji tüketimi ile kurutma süreçlerinin iyileştirilmesi için kurutma yöntemleri birlikte kullanılmaktadır (Karacabey ve ark., 2020). Mikrodalga kurutmanın olumsuz yönlerini ortadan kaldırmak için mikrodalga kurutma ile ozmotik dehidrasyon beraber kullanılabilir. Son yıllarda, ozmoz yoluyla sağlanan kısmi dehidrasyon, işlem süresini kısaltmasını sağlar böylece enerji tüketimini sınırlamanın ve duyuusal özellikleri iyileştirmenin bir yolu olarak mikrodalga kurutmadan önce yaygın olarak kullanılmaktadır. Ozmotik ön kurutma işleminin kurutma prosesini geliştirmede kısmen etkili olduğu belirlenmiştir (Al-Harashshah ve ark., 2009). Ozmotik dehidrasyon proses değişkenlerine bağlı olarak gerçekleşen renk ve doku değişikliklerini engeller (Moreno ve ark., 2000). Ozmotik dehidrasyon, genellikle kurutmadan önce kullanılan kimyasal bir ön işlemdir. Kısmi bir dehidrasyon işlemi olarak ozmoz, eş zamanlı bir çözücü ve çözünen difüzyon işlemi olarak kabul edilebilir. Bu işlemde eş zamanlı olarak katı madde kazanımı ve bir nem kaybı meydana gelir. Kurutma öncesi uygulanan ozmotik dehidrasyon işleminde nem kaybına bağlı olarak kurutucu yükü azalır, kurutucu potansiyeli artar ve kurutma süresi kısalmır (Prosapio ve Norton, 2017).

Yaş meyve ve sebze ihracatımızın yarısını yaklaşık narenciye ürünleri oluşturmaktadır. 2021 yılında gerçekleşen turunçgil üretiminin %34'ü mandalina, %32'si portakal, %29'u limon ve %5'i greyfurttur. Son yıllarda turunçgiller üretiminde mandalina ve limon türlerine ağırlık verilmiştir. Turunçgil üretimdeki en fazla artış %54 ile limonda olmuştur. Türkiye 1,4 milyon ton limon üretimi ile dördüncü sıra yer almaktadır. Türkiye limon üretiminin %93'ü Akdeniz Bölgesinde ve %7'si Ege Bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Mersin ili, limon üretiminin %55'i karşılayarak limon üretiminde Türkiye de ilk sırada yer almakta olup, özellikle narenciye üretiminde ülke ekonomisine önemli katkısı olan illerden biridir (Anonim, 2020; Aygören, 2022). Ülkemizde Mersin ilinin batısındaki Erdemli-Silifke yöresinde yetiştirilen Lamas çeşidi limonu orta boyuttaki meyvesi, silindirik, belirgin memeli, boyun halkalı, kabuğu sarı renkli, koku-tat bakımından zengin, sulu bir limondur (Alkaç, 2019). Bu sebeple Lamas türü limon dilimlerinin kurutulması bölgenin tarım ekonomisine ve kırsal gelişime katkıda bulunacaktır. Limon, asidik olup, ince dokuya sahip, açık sarı renkli ve limonen isimli ana aroma verici bileşiği içeren bir meyvedir. Tüketicinin ilk algıladığı ve etkilendiği özellik renk olduğu için kurutma da incelenen en önemli parametrelerdendir (Chen ve ark., 2005). Bu çalışmada limon halkaları ozmotik dehidrasyon destekli mikrodalga kurutma yöntemi ile kurutulmuştur. Limon halka kalınlığı, çözelti derişimi, ozmotik dehidrasyon

süresi, mikrodalga güç seviyesi ve mikrodalga kuruma süresi gibi değişkenlerin nem kaybı, çapsal büzülme oranı ve  $b$  renk değişimi üzerine etkileri belirlenmiştir. Kurutma deneyleri, Yanıt Yüzey Yöntemi (YYM) ile tasarlanmıştır. Bu çalışmada Box- Behnken deneysel tasarım yöntemi ile 29 adet gibi az sayıda deneyle optimum sonuca ulaşılmıştır. Deney sonuçlarıyla uyumlu matematiksel modeller elde edilmiş ve bu modelin ANOVA istatistiksel analizi yapılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Ozmotik dehidrasyon destekli mikrodalga kurutma işlemi için ozmotik dehidrasyon işleminden sonra limon halkaları çözeltiden süzülerek çıkarılmış ve daha sonra mikrodalga fırına dizilerek kurutulmuştur. Mikrodalga kurutma işlemi, Samsung marka Ms23J5133At/tr model solo mikrodalga fırında kesikli olarak gerçekleştirilmiştir. Fırın; 489\*275\*338 mm boyutunda olup 23 L kapasiteye ve 288 mm döner tablaya sahiptir. 6 farklı güç seviyesi bulunmakta ve maksimum çıkış gücü 800 W'dır. Denemeler için Mersin'in Erdemli ilçesinde yetişen Lamas cinsi limon kullanılmıştır. Ozmotik dehidrasyon işlemi için sodyum klorür çözeltisi kullanılmış olup, işlem oda sıcaklığında yapılmış, halka kalınlığı 10 mm ve katı/çözelti oranı (örnek miktarının ozmotik çözeltiye olan oranı) 1/10 olarak sabit alınmıştır. Deneylerde kurutma işlemi öncesi ve sonrası ölçümler, üç örnek için yapılmış ve ortalaması alınmıştır.

Mikrodalga kurutucudaki kurutma işleminin deneysel tasarımı için Design Expert 13.0.trial kullanılmıştır. Deney tasarımında, dört değişken üç seviye için yanıt yüzey yönteminin Box-Behnken tasarımına göre deneyler gerçekleştirilmiştir. 17 deney gerekli model noktası, 2 deney ek model noktası, 5 deney eksiklik noktası ve 5 deney tekrar olmak üzere toplam 29 deneme içeren bir tasarım oluşturulmuştur (Nurkhoeriyati ve ark., 2021). *Tablo 1*'de bağımsız değişkenlerden olan A ozmotik dehidrasyon süresini (60-180 dk), B çözelti derişimi (10-20 % w:v), C mikrodalga kurutucuda kurutma süresi (2-6 dk) ve D mikrodalga kurutucuda kurutma gücü (100-300 W) ifade etmektedir. Giriş değişkenlerinin seviyelerinin kod değerleri -1, 0, 1 olarak *Tablo 1* de verilmiştir.

**Tablo 1. Değişkenlerin gerçek ve kod değerleri**

*Table 1. Codes and actual levels of the input variables*

Bağımsız Değişkenler	Semboller	Kod Seviyeleri		
		-1	0	1
Ozmotik Dehidrasyon Kurutma Süresi (dk)	A	60	120	180
Çözelti Derişimi (%w:v)	B	10	15	20
Mikrodalga Kurutucudaki Kurutma Süresi (dk)	C	2	4	6
Mikrodalga Kurutucunun Kurutma Gücü (W)	D	100	200	300

Yanıt olarak (çıkış değişkenleri) uzaklaştırılan nem kaybı ( $Y_{NK}$ ), çapsal büzülme oranı ( $Y_{BO}$ ) ve  $b$  renk değişimi ( $Y_B$ ) seçilmiştir. Nem kaybı Eşitlik 1'deki gibi kurutmadan önce ve sonra analitik terazi ile ağırlığı ölçülerek hesaplanmıştır (Darıcı, 2012; Aboud, 2013; Pandya ve Yadav, 2014). Bu eşitlikte yer alan  $M_0$  kurutma işlemine tabi tutulan taze limon halkalarının ortalama ağırlığı (g) ve  $M_t$  kurutma sonrası limon halkalarının ortalama ağırlığını (g) ifade etmektedir.

$$\text{Nem Kaybı} = \frac{M_0 - M_t}{M_0} \quad (\text{Eş.1})$$

Çapsal büzülme oranı kurutmadan önceki ve sonraki çap ölçümlerinden yararlanılarak Eşitlik 2 ile hesaplanmıştır. Eşitlik 2'de yer alan  $D_0$  kurutma öncesi taze limon halkalarının ortalama çapı (mm) ve  $D_t$  ise kurutma sonrası limon halkalarının ortalama çapını (mm) ifade etmektedir (Darıcı, 2012; Aboud, 2013; Pandya ve Yadav, 2014).

$$\text{Çapsal büzülme oranı} = \frac{D_0 - D_t}{D_0} \quad (\text{Eş.2})$$

Limon dilim kalınlığı dijital kumpasla ölçülmüş olup, deneylerde dilim kalınlığı 10 mm olarak sabit alınmıştır. Limon halkaları beyaz-sarı renklerindedir. Bu yüzden  $b$  değerlerinin renk analizinde önemi daha fazladır. Çünkü sarı rengi  $b$  pozitif renk değeri ifade etmektedir (Şahin ve ark., 2012). Kurutma öncesi ve sonrası limon halkalarının  $b$  değerleri ColorMeter marka Pro model renk analiz ölçüm cihazı ile belirlenmiştir.  $b$  renk değişimi Eşitlik 3

yardımıyla hesaplanmıştır.  $b_0$  taze limon halkalarına ait ortalama değerlerdir ve  $b$  kurutma periyodu sonrası ölçülen ortalama renk parametresini göstermektedir.

$$\frac{\Delta b}{b_0} = \frac{b_0 - b}{b_0} \quad (\text{Eş. 3})$$

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

YYM, kurutma alanında yaygın olarak kullanılan deneysel tasarım yöntemlerinden biri olup, deneme setlerinden türetilen basit ampirik modelleri kullanarak optimuma ulaşır (Koç ve Ertekin, 2010). YYM'de bir faktörün etkisinin veya diğer faktörlerle etkileşiminin yanıt değişkeni üzerine etkisini model regresyon analizi belirler. YYM'de en çok kullanılan deneysel tasarımlar, Merkezi Bileşik Tasarımı (CCD) ve Box-Behnken tasarımıdır. Box-Behnken tasarımı, merkezi bileşik tasarımlara kıyasla daha az sayıda deney yapıldığı için daha ekonomik bir tasarım yöntemidir (Özcan ve Samanlı, 2017; Serin ve ark., 2019). Box Behnken tasarımları  $3^k$  faktöriyel tasarımlarına bir alternatiftir. Tasarım  $2^k$  faktöriyel ve tamamlanmamış blok tasarımlarının kombinasyonundan oluşmuştur. Box- Behnken tasarımları küresel bir tasarım olmasından dolayı her faktör minimum, orta ve maksimum seviyelerinden oluşmak üzere sadece 3 düzeyde incelenir (Özden, 2020). Box Behnken tasarımının en önemli avantajları, deneyin sayısının daha az olması ile zaman ve paradan tasarruf sağlaması ve faktör limitlerinin kolayca ayarlanabilmesidir (Deveci ve ark., 2019).

**Tablo 2. Box-Behnken deney koşulları ve alınan yanıtlar**

*Table 2. Box-Behnken experimental conditions and responses*

Deney No	A	B	C	D	Y <sub>NK</sub>	Y <sub>BO</sub>	Y <sub>B</sub>
1	60	10	4	200	0.1232	0.0589	0.0485
2	180	10	4	200	0.1566	0.0771	0.0729
3	60	20	4	200	0.1387	0.0634	0.0591
4	180	20	4	200	0.1532	0.0702	0.0649
5	120	15	2	100	0.0959	0.0412	0.0278
6	120	15	6	100	0.1549	0.0743	0.0695
7	120	15	2	300	0.2455	0.0984	0.0837
8	120	15	6	300	0.4466	0.1612	0.1362
9	60	15	4	100	0.0804	0.0399	0.0245
10	180	15	4	100	0.1412	0.0678	0.0616
11	60	15	4	300	0.2603	0.1098	0.0937
12	180	15	4	300	0.3292	0.1269	0.1178
13	120	10	2	200	0.1163	0.0478	0.0365
14	120	20	2	200	0.1359	0.0617	0.0552
15	120	10	6	200	0.2548	0.1035	0.0862
16	120	20	6	200	0.2755	0.1122	0.0989
17	60	15	2	200	0.1219	0.0498	0.0403
18	180	15	2	200	0.1229	0.0514	0.0437
19	60	15	6	200	0.2159	0.0962	0.0814
20	180	15	6	200	0.2584	0.1065	0.0894
21	120	10	4	100	0.1085	0.0445	0.0324
22	120	20	4	100	0.1282	0.0598	0.0512
23	120	10	4	300	0.2892	0.1147	0.1028
24	120	20	4	300	0.3251	0.1218	0.1139
25	120	15	4	200	0.1869	0.081	0.0785
26	120	15	4	200	0.1841	0.0808	0.0781
27	120	15	4	200	0.1863	0.0799	0.0794
28	120	15	4	200	0.1848	0.0804	0.0791
29	120	15	4	200	0.1854	0.0801	0.0786

*Tablo 2'* de dört faktör üç seviye için Box-Behnken tasarımına göre belirlenen 29 deneye ait çalışma koşulları ve deneyler sonucunda alınan yanıtlar verilmiştir. YYM dizaynına göre yapılan deneylerin sonuçlarına göre  $Y_{NK}$  0.0804-0.4466 arasında,  $Y_{BO}$  0.0399-0.1612 arasında ve  $Y_B$  0.0245-0.1362 arasında değişmektedir. 9. deney koşulları; nem kaybı,  $b$  renk değişimi ve büzülme oranı için en düşük değerleri veren deney koşullarını sağlamıştır. Bu deneyde ozmotik dehidrasyon süresi 60 dk, çözelti derişimi %15, mikrodalga kurutma süresi 4 dk ve mikrodalga gücü 100 W olarak saptanmıştır. En düşük nem kaybı, çapsal büzülme oranı ve  $b$  renk değişimi sırasıyla 0.0804, 0.0399 ve 0.0245. Nem kaybı, çapsal büzülme oranı ve  $b$  renk değişimi en yüksek gözlemlendiği deney ise 8. deneydir. Bu deney koşullarında, ozmotik dehidrasyon süresi 120 dk, çözelti derişimi % 15, mikrodalga kurutma süresi 6 dk ve mikrodalga gücü 300W tır. En yüksek yanıtın elde edildiği 8. deneydeki koşullarda; nem kaybı, çapsal büzülme oranı ve  $b$  renk değişimi sırasıyla 0.4466, 0.1612 ve 0.1362 olarak belirlenmiştir.

Lineer, 2FI, kuadratik ve kübik modeller içerisinde en yüksek uyumu ( $R^2$ ) veren model kuadratik denklem olarak seçilmiştir ( $R^2$  değerleri nem kaybı için 0.9853, çapsal büzülme oranı için 0,9861 ve  $b$  renk değişimi için ise 0.9770). *Tablo 3'*te kurutma işlemi için önerilen kuadratik modellerin varyans analizi (ANOVA) tablosu yer almaktadır. ANOVA tablosunda da görüldüğü üzere modelin serbestlik derecesi (df), F değeri ve düşük olasılık değeri ( $P < 0.0001$ ) yanıtlar için modellerin anlamlı olduğunu ifade etmektedir (Bilen ve ark., 2018).

**Tablo 3. YYM için regresyon parametrelerinin ANOVA değeri**

*Table 3. ANOVA value of regression parameters for RSM*

Yanıt	Regrasyon	df	$R^2$	F	Pr > F
Nem Kaybı	Lineer	4	0.8577	36.17	< 0.0001
	2FI	6	0.8860	0.7433	0.6221
	<u>Kuadratik</u>	4	0.9853	23.69	< 0.0001
	Kübik	8	0.9979	4.54	0.0409
	Artık	6			
	Toplam	29			
Çapsal Büzülme Oranı	Lineer	4	0.9065	58.16	< 0.0001
	2FI	6	0.9198	0.4987	0.8011
	<u>Kuadratik</u>	4	0.9861	16.62	< 0.0001
	Kübik	8	0.9978	4.10	0.0512
	Artık	6			
	Toplam	29			
$b$ Renk Değişimi	Lineer	4	0.9108	61.24	< 0.0001
	Çapraz çarpım	6	0.9195	0.3237	0.9159
	<u>Kuadratik</u>	4	0.9770	8.75	0.0009
	Kübik	8	0.9989	14.28	0.0022
	Artık	6			
	Toplam	29			

Yanıt yüzey yönteminde yer alan giriş değişkenleri ve yanıtlar arasında uygun bir matematiksel bağıntı kurulmuş ve bu model kullanılarak optimizasyon yapılmıştır. Eşitlik 4' te verilen denklemde,  $i$  ve  $j$  doğrusal ve ikinci dereceden katsayılar;  $b$  regresyon katsayısı,  $k$  optimize edilen faktörleri ve  $e$  hatayı tanımlamaktadır. Kurutma koşulları ve yanıtlar arasındaki ilişkiyi tanımlayan kod değerlerine göre matematiksel modeller  $Y_{NK}$  için eşitlik 5,  $Y_{BO}$  için eşitlik 6 ve  $Y_B$  için eşitlik 7 ile verilmiştir.

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i X_i + \sum_{i=1}^k b_{ij} X_i^2 + \sum_{i < j}^k \sum_j b_{ij} X_i X_j + e \quad (\text{Eş. 4})$$

*Tablo 2'*de verilen koşullarda yapılan deneyler sonucunda alınan yanıtla göre kurutma koşulları ve yanıtla arasındaki ilişkiyi tanımlayan kod değerlerine göre matematiksel modeller aşağıdaki eşitliklerle verilmiştir.

$$Y_{NK} = 0.1855 + 0.0184A + 0.0090B + 0.0640C + 0.0989D - 0.0047AB + 0.0104AC + 0.0020AD + 0.0003BC + 0.0040BD + 0.0355CD - 0.0249A^2 - 0.0120B^2 + 0.0179C^2 + 0.0379D^2 \quad (\text{Eş. 5})$$

$$Y_{BO} = 0.0804 + 0.0068A + 0.0035B + 0.0253C + 0.0338D - 0.028AB + 0.0022AC - 0.0027AD - 0.0013BC - 0.0020BD + 0.0074CD - 0.0071A^2 - 0.0049B^2 + 0.0037C^2 + 0.0107D^2 \quad (\text{Eş. 6})$$

$$Y_B = 0.0787 + 0.0086A + 0.0053B + 0.0229C + 0.0318D - 0.0046AB + 0.0011AC - 0.0033AD - 0.0015BC - 0.0019BD + 0.0027CD - 0.0101A^2 - 0.0071B^2 - 0.0038C^2 + 0.0045D^2 \quad (\text{Eş. 7})$$

Bu modellerde görüldüğü üzere, mikrodalga kurutma süresi ve mikrodalga gücün, nem kaybı üzerine etkisinin daha fazla ve olumlu yönde olduğu belirlenmiştir. Kurutma devam ettikçe numune içindeki nem içeriği azalır, böylece mikrodalga gücünün emilimi azalır ve kurutma sonuna doğru nem kaybı düşer (Al-Harashsheh ve ark., 2009). Çapsal büzülme oranı ve *b* renk değişimi mikrodalga kurutma süresi, mikrodalga gücü ve ozmotik dehidrasyon süresinin artması ile birlikte artmıştır.

Kurutulmuş ürünün görünür hacmi ve gözenekliliği, mikrodalga gücündeki artışla azalma eğilimindedir (Pereira ve ark., 2007). Azadbakht ve ark. (2018), portakal halkalarının mikrodalgada kurutulması üzerine ozmotik dehidrasyon ön işleminin etkisini incelemek üzerine yaptıkları çalışmada ozmotik dehidrasyon çözeltisi olarak NaCl kullanmışlar ve ozmoz süresinin artışına bağlı olarak nem kaybının ve kuru madde miktarının artması ile enerji verimliliği önemli ölçüde arttığını belirlemişlerdir. Bu sonuç, numunenin daldırılması sırasında sodyum ve klorür iyonlarının sarı dokuya nüfuz etmesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca NaCl kristalleri daldırılan ürünün hücresel kısımlarına nüfuz ettikçe hücreler uyarılmış ve büzülme azalmıştır. Dokuda sodyum klorür bulunması, sudan daha iyi mikrodalga ısı karakteristiğine sahip iyonik bir çözelti olan ürünün dokusunda su artışına ve üründe ısı emiliminin artmasına neden olmuştur. Ayrıca ozmoz süresinin artmasıyla birlikte üründe sıcaklık emilimi de artmış ve üründen daha hızlı su uzaklaşmıştır. Sonuç olarak, kurutma süresinde azalma ve mikrodalga kurutucunun enerji verimliliğinde bir artış meydana gelmiştir. Dehidrasyon hızı mikrodalga güç seviyesi ile artar. Sonuçta kurutma esnasında yüksek mikrodalga gücünde örnek içerisinde daha fazla ısı olduğundan kütle transferi artar. Mikrodalga fırında daha az sürede yüksek basınç ve derişim değişimi ile gıdadan sınıra sıvı akışı artar (Ghanem ve ark., 2012).

Ozmotik dehidrasyon proses değişkenlerine bağlı olarak gerçekleşen renk değişikliklerini engeller (Moreno ve ark., 2000). Limon halkaları açık sarı renginde olup, sarılığı gösteren *b* değeri kurutmanın optimizasyonunda yanıt olarak seçilmiştir. Daha yüksek *b* değeri kurutulan ürünün sarı renk tonunun daha fazla olduğunu gösterir. Mikrodalga gücündeki artışla limon halkalarının rengi kahverengileşme sebebiyle sarıdan kırmızıya doğru kayar (Darvishi ve ark., 2014). Kurutma sırasında kahverengileşme reaksiyonu nedeniyle sarılık sıcaklık ile artarken aydınlık azalır (Salehi ve Kashaninejad, 2018). *b* değerindeki düşüş, sarı rengi veren flavonoidlerin ve karotenoid pigmentlerin yıkımına ve ısı işlem sonrası kabuklarda kalan farklı karotenoidlerin miktarlarına bağlıdır. Kurutma sırasında renk bozulmasının başlıca nedenleri, enzimatik olmayan esmerleşme, karotenoid kaybı, pigment bozulması ve L-askorbik asit oksidasyonudur. Bitki hücrelerindeki yarı geçirgen zar, çevreden tam bir izolasyon sağlamayabilir ve ozmotik dehidrasyon işlemi sırasında mineraller, vitaminler ve pigmentler çözeltiye geçerek kısmi renk kaybına neden olabilir (Ghanem ve ark., 2012).

$Y_{NK}$ ,  $Y_{BO}$  ve  $Y_B$  yanıtları için oluşturulan modelin ANOVA sonucunda, P değeri alması modelin önemini ortaya koymaktadır. ANOVA, P değerinin 0.0001'den küçük olduğu yerlerde modelin anlamlı olduğunu ileri sürmektedir. Katsayıların her birinin önemini kontrol etmek için bir araç olarak kullanılan P değerleri, değişkenler arasındaki etkileşim şeklini göstermektedir. Değişkenlerin her bir yanıt üzerindeki etkisi ANOVA tabloları ile verilmiştir. P değerleri, bağımsız değişkenler arasında ortak etkileşimli modelleri tanımlamak için gerekli olan katsayıların önemini vurgulamaktadır. P değeri 0.0001'den küçük olması modelin önemli olduğunu göstermektedir. *Tablo 4*'te  $P < 0.0001$ 'deki yanıtlar için istatistiksel olarak önemli olan bazı değişkenler bulunmaktadır. Her katsayının ve etkileşimlerin önemi *Tablo 4*'te gösterilmiştir. Nem kaybı üzerine C, D, CD,  $A^2$ ,  $C^2$  ve  $D^2$  değişkenlerinin, büzülme oranı üzerine A, C, D,  $D^2$  değişkenleri ve *b* değişimi üzerine ise A, C, D,  $A^2$  değişkenlerinin etkisinin önemli olduğu görülmüştür.

YYM programı tarafından belirlenen deney koşullarında yapılan deneyler sonucunda elde edilen yanıtlar değerlendirilerek arzu edilebilirlik değeri 1 olan on deney seti belirlenmiştir. Bu çözümlerin arasından maliyet kısıtları çerçevesinde seçim yapılmıştır. Çalışmanın endüstriyel uygulama safhasındaki en büyük maliyetin enerji olacağı öngörülerek en düşük mikrodalga güç seviyesi ve mikrodalga süresi değerleri seçilmiştir. Buna göre optimum değişken seviyeleri olarak belirlenmiş olan, ozmotik dehidrasyon kurutma süresi 120 dk, çözelti derişimi

% 15, mikroalga kurutma süresi 4 dk ve mikroalga kurutma gücü 200 W bulunmuştur. Limon halkalarının ozmotik dehidrasyon işleminin oda sıcaklığında yapıldığı koşullarda ozmotik dehidrasyon kurutma süresi 120 dk ve çözelti derişimi %15 olarak bulunmuştur. Limon halkalarının ozmotik dehidrasyonu için optimum koşulları belirlemek amacıyla Deepika ve Sutar (2017) tarafından yapılan çalışmada, 30°C'de ozmotik dehidrasyon süresi 180 dk ve çözelti konsantrasyonu %20 olarak bulunmuştur. Çalışmada, düşük konsantrasyonlarda, tuz kazanımı ile birlikte daha yüksek nem kaybı elde etmek için gereken sürenin 4 saatten fazla olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, düşük konsantrasyonda kütle transferini hızlandırmak için, işlem maliyetini artıran çalkalama işleminin gerekli olduğu belirtilmiştir.

**Tablo 4. Yanıt modelleri için ANOVA**

*Table 4. ANOVA for responses*

<b>Faktör</b>	<b>Kareler Toplamı</b>	<b>df</b>	<b>Kareler Ortalaması</b>	<b>F-değeri</b>	<b>p&gt;F</b>
<b>Y<sub>NK</sub></b>					
Model	0.1971	14	0.0141	67.14	< 0.0001
A	0.0041	1	0.0041	19.43	0.0006
B	0.0010	1	0.0010	4.64	0.0492
C	0.0491	1	0.0491	234.26	< 0.0001
D	0.1174	1	0.1174	559.85	< 0.0001
AB	0.0001	1	0.0001	0.4260	0.5246
AC	0.0004	1	0.0004	2.05	0.1738
AD	0.0000	1	0.0000	0.0782	0.7838
BC	3.025E-07	1	3.025E-07	0.0014	0.9702
BD	0.0001	1	0.0001	0.3129	0.5847
CD	0.0050	1	0.0050	24.08	0.0002
A <sup>2</sup>	0.0040	1	0.0040	19.25	0.0006
B <sup>2</sup>	0.0009	1	0.0009	4.48	0.0528
C <sup>2</sup>	0.0021	1	0.0021	9.89	0.0072
D <sup>2</sup>	0.0093	1	0.0093	44.55	< 0.0001
Artık	0.0029	14	0.0002		
<b>Model Uyumsuzluğu</b>					
Hata	5.060E-06	4	1.265E-06	231.63	< 0.0001
Toplam	0.2000	28			
R <sup>2</sup>	0.9853				
<b>Y<sub>Bo</sub></b>					
Model	0.0240	14	0.0017	70.70	< 0.0001
A	0.0006	1	0.0006	23.03	0.0003
B	0.0002	1	0.0002	6.23	0.0256
C	0.0077	1	0.0077	316.52	< 0.0001
D	0.0137	1	0.0137	564.09	< 0.0001
AB	0.0000	1	0.0000	1.34	0.2666
AC	0.0000	1	0.0000	0.7797	0.3921
AD	0.0000	1	0.0000	1.20	0.2915
BC	6.760E-06	1	6.760E-06	0.2786	0.6059
BD	0.0000	1	0.0000	0.6927	0.4192
CD	0.0002	1	0.0002	9.09	0.0093
A <sup>2</sup>	0.0003	1	0.0003	13.50	0.0025
B <sup>2</sup>	0.0002	1	0.0002	6.40	0.0240



<b>Tablo 4. (devamı)</b>					
<i>Table 4. (continuance)</i>					
C <sup>2</sup>	0.0001	1	0.0001	3.62	0.0779
D <sup>2</sup>	0.0007	1	0.0007	30.56	< 0.0001
Artık	0.0003	14	0.0000		
Model					
Uyumsuzluğu	0.0003	10	0.0000	159.10	< 0.0001
Hata	8.520E-07	4	2.130E-07		
Toplam	0.0244	28			
R <sup>2</sup>	0.9861				
<b>Y<sub>B</sub></b>					
Model	0.0210	14	0.0015	42.44	< 0.0001
A	0.0009	1	0.0009	24.89	0.0002
B	0.0003	1	0.0003	9.62	0.0078
C	0.0063	1	0.0063	177.33	< 0.0001
D	0.0121	1	0.0121	342.06	< 0.0001
AB	0.0001	1	0.0001	2.44	0.1403
AC	5.290E-06	1	5.290E-06	0.1495	0.7048
AD	0.0000	1	0.0000	1.19	0.2930
BC	9.000E-06	1	9.000E-06	0.2544	0.6219
BD	0.0000	1	0.0000	0.4189	0.5280
CD	0.0000	1	0.0000	0.8241	0.3793
A <sup>2</sup>	0.0007	1	0.0007	18.88	0.0007
B <sup>2</sup>	0.0003	1	0.0003	9.14	0.0091
C <sup>2</sup>	0.0001	1	0.0001	2.61	0.1284
D <sup>2</sup>	0.0001	1	0.0001	3.73	0.0738
Artık	0.0005	14	0.0000		
Model					
Uyumsuzluğu	0.0005	10	0.0000	187.95	< 0.0001
Hata	1.052E-06	4	2.630E-07		
Toplam	0.0215	28			
R <sup>2</sup>	0.9770				

Mikrodalga kurutma koşulları altında nem oranına karşı ozmotik ön işlemin kuruma hızına etkisi, aynı zamanda, bağlı olmayan suya sahip dokuda sodyum klorürün varlığı, suya kıyasla daha iyi mikrodalga ısıtma özelliklerine sahip iyonik bir çözelti oluşturur. Bunun nedeni, mikrodalga enerjisinin hacimsel absorpsiyonu ile orantılı olan bu çözeltinin daha yüksek kayıp faktörüdür. Bu, ozmotik ön-ışlem yapılmayanla karşılaştırıldığında yüksek bir kuruma hızına yol açar. Bununla birlikte, kurutma işleminin sonuna doğru, daha yüksek ozmotik çözelti konsantrasyonuyla işlenen numuneler için daha düşük kuruma hızıyla bu durum tersine dönmüştür. Bunun nedeni, ozmotik maddenin bağlayıcı etkisidir ve bu durum kurutma işleminin sonuna doğru, suyun uzaklaştırılmasının daha zor olmasına neden olmaktadır. Artan mikrodalga çıkış gücü ve ozmotik konsantrasyon ile kurutma işleminin süresi azalmıştır (Al-Harashsheh ve ark., 2009).

#### 4. Sonuç

Limon halkalarının ozmotik dehidrasyon ve mikrodalga ile birlikte kurutma işleminde seçilen dört değişken ve üç seviye için YYM nin Box-Behnken deneysel tasarım yöntemin göre 29 deney yapılmıştır. Bu deney sonuçlarına göre her bir yanıt için en yüksek uyumu veren modelin R<sup>2</sup> değerleri nem kaybı için 0.9853, çapsal büzülme oranı için 0.9861 ve *b* renk değişimi için ise 0.9770 değerlerini veren kuadratik model olduğu görülmüştür. Bu modellere ait ANOVA tablosu incelendiğinde mikrodalga gücü ve mikrodalga süresinin nem kaybı, büzülme oranı ve *b* değişimi için önemli olduğu görülmüştür. Ayrıca çapsal büzülme oranı ve *b* değişimi için ozmotik dehidrasyon

süresinin de etkili olduğu belirlenmiştir. Arzu edilebilirliği maksimum yapan değişkenlerin optimum seviyelerinin ozmotik dehidrasyon süresi için 120 dk, çözelti derişimi için % 15, mikrodalga kurutma süresi için 4 dk ve mikrodalga kurutma gücü için 200 W olduğu belirlenmiştir.

### **Teşekkür**

Bu çalışma Tarsus Üniversitesi tarafından Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından MF.21.007 No'lu yüksek lisans tez projesi olarak desteklenmiştir.

## Kaynakça

- Aboud, A. (2013). Drying characteristic of apple slices undertaken the effect of passive shelf solar dryer and open sun drying. *Pakistan Journal of Nutrition*, 12(3): 250-254.
- Al-Harashsheh, M., Ala'a, H. and Magee, T. R. A. (2009). Microwave drying kinetics of tomato pomace: Effect of osmotic dehydration. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 48(1): 524-531.
- Alibaş, İ. (2012). Asma yaprağının (*Vitis vinifera* L.) mikrodalga enerjisiyle kurutulması ve bazı kalite parametrelerinin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 18: 43-53.
- Alkaç, S. P. (2019). *Isı pompalı infrared kurutucuda dilimlenmiş limonun kurutulmasının performans analizi*. (Yüksek Lisans Tezi) Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği A.B.D.
- Anonim, (2020). Mersin Ticaret ve Sanayi Odası (MTSO), Ekonomik Araştırmalar Müdürlüğü, Ekonomik Rapor. <https://www.mtso.org.tr/tr/a/2020-mersin-ekonomik-raporu> (Erişim Tarihi: 05.11.2022).
- Aygören, E. (2022). Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, Ürün Raporu Turunçgiller, Tepge, Yayın No: 353.
- Azadbakht, M., Torshizi, M. V., Noshad, F. and Rokhbin, A. (2018). Application of artificial neural network method for prediction of osmotic pretreatment based on the energy and exergy analyses in microwave drying of orange slices. *Energy*, 165: 836-845.
- Bilen, M., Ateş, Ç. and Bayraktar, B. (2018). Determination of optimal conditions in boron factory wastewater chemical treatment process via response surface methodology. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 33(1): 267-278.
- Chen, H. H., Hernandez, C. E. and Huang, T. C. (2005). A study of the drying effect on lemon slices using a closed-type solar dryer. *Solar Energy*, 78(1): 97-103.
- Darıcı, S. (2012). Kivi meyvesinin kurutulmasında kurutma havası hızının kurumaya etkisinin incelenmesi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 20(130): 51- 58.
- Darvishi, H., Khoshtaghaza, M. H. and Minaee, S. (2014). Drying kinetics and colour change of lemon slices. *International Agrophysics*, 28(1): 1-6.
- Datta, A. K. and Davidson, P. M. (2000). Microwave and radio frequency processing. *Journal of Food Science*, 65: 32-41.
- Deepika, S. and Sutar, P. P. (2017). Osmotic dehydration of lemon (*Citrus limon* L.) slices: Modeling mass transfer kinetics correlated with dry matter holding capacity and juice sac losses. *Drying Technology*, 35(7): 877-892.
- Deveci, E. Ü., Gönen, Ç. ve Çetin, G. (2019). Mısır koçanında sülfürik asit, hidrojen peroksit ve ultrasound ön işlemleri ile çözünmüş şeker üretiminin optimizasyonu. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(4), 183-198.
- Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) Ulusal Enerji Merkezi Tasarruf Merkezi, (1999). Sanayide Enerji Yönetimi Esasları, Cilt 1, Bölüm 3: Enerji Yönetimi, Ankara.
- Ertekin, C. ve Yıldız, O. (1998). Bazı sebze, meyve ve baharatlı bitkilerin kurutulma yöntemleri ve kullanılan güneş enerjili kurutucular. *Tarımsal Mekanizasyon*, 18: 17-18.
- Ghanem, N., Mihoubi, D., Kechaou, N. and Mihoubi, N. B. (2012). Microwave dehydration of three citrus peel cultivars: Effect on water and oil retention capacities, color, shrinkage and total phenols content. *Industrial Crops and Products*, 40: 167-177.
- Güngör, A. ve Özbalt, N. (1997). Endüstriyel Kurutma Sistemleri. III. *Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*. 20-23 Kasım, P. 737-747. İzmir, Türkiye.
- Karacabey, E., Aktaş, T., Taşeri, L. ve Uysal Seçkin, G. (2020). Sultani çekirdeksiz üzüm çeşidinde farklı kurutma yöntemlerinin kurutma kinetiği, enerji tüketimi ve ürün kalitesi açısından incelenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(1): 53-65.
- Koç, B. ve Kaymak-Ertekin, F. (2010). Yanıt Yüzey Yöntemi ve Gıda İşleme Uygulamaları. *Gıda*, 35(1): 1-8.
- Maskan, M. (2000). Microwave/air and microwave finish drying of banana. *Journal of Food Engineering*, 44: 71-78.
- Moreno, J., Chiralt, A., Escriche, I. and Serra, J. A. (2000). Effect of blanching/osmotic dehydration combined methods on quality and stability of minimally processed strawberries. *Food Research International*, 33(7): 609-616.
- Nurkhoeriyati, T., Kulig, B., Sturm, B. and Hensel, O. (2021). The effect of pre-drying treatment and drying conditions on quality and energy consumption of hot air-dried celeriac slices: optimisation. *Foods*, 10(8): 1758.
- Özcan, Ö. ve Samanlı, S. (2017). Kütahya/Altıntaş grafitlerinin kaba flotasyon parametrelerinin box-behnken deney tasarımı kullanılarak optimizasyonu ve modellenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 19(56): 532-542.
- Özden, E. (2020). *Elektrostatik toz boya proses parametrelerinin deney tasarımı yöntemleri ile optimizasyonu ve endüstriyel uygulaması*. (Yüksek Lisans Tezi) Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Pandya, R. and Yadav, K. C. (2014). Study on effect of pretreatments and microwave drying on banana chips. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 7(7): 04-10.

- Pereira, N. R., Marsaioli Jr, A. and Ahm , L. M. (2007). Effect of microwave power, air velocity and temperature on the final drying of osmotically dehydrated bananas. *Journal of Food Engineering*, 81(1), 79-87.
- Polatcı, H. ve Taşova M. (2017). Mikrodalga yöntemi ile kurutulan dereotu yapraklarının (*Anethum graveolens* L.) kurutma kinetiği ve renk değerlerinin belirlenmesi, *Gaziosmanpařa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 17(6): 42-51.
- Prosapio, V. and Norton, I. (2017). Influence of osmotic dehydration pre-treatment on oven drying and freeze drying performance. *LWT*, 80: 401-408.
- Salehi, F. and Kashaninejad, M. (2018). Modeling of moisture loss kinetics and color changes in the surface of lemon slice during the combined infrared-vacuum drying. *Information Processing in Agriculture*, 5(4): 516-523.
- Schiffmann, R. F. (1986). Food product development for microwave processing. *Food Technology*, 40(6): 94-98.
- Serin, G., Kahya, M.,  zbayođlu, M. ve  nver, H.  . (2019). Ti6Al4V malzemesinin tornalama işleminde özgül kesme enerjisi ve yüzey pürüzlüđünün incelenmesi ve yapay sinir ađları temelli tahmin modeli geliřtirilmesi. *Uludađ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 24(2): 517-536.
- şahin, H. F.,  lger, P., Aktaş, T. ve Orak, H. H. (2012). Farklı  niřlemlerin ve vakum kurutma yönteminin domatesin kuruma karakteristikleri ve kalite kriterleri üzerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(1): 15-25.