



## Optimization of Ultrasonic Rehydration Conditions of Dried Tomatoes

İsa Hazar<sup>1,a</sup>, Ashhan Demirdöven<sup>1,b,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Tokat Gaziosmanpaşa University, 60150 Tokat, Türkiye

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 24/03/2022 Accepted : 06/09/2022</p> <p><b>Keywords:</b> Time Temperature Water ratio Texture Color</p>	<p>In this study, it was aimed to optimize the ultrasonic rehydration conditions of dried tomatoes. Rehydration conditions were optimized by Response Surface Method (RSM). The optimization of ultrasonic (37 kHz) rehydration conditions were performed with independent variables at different temperatures (20-80°C), time (2-60 min) and water ratios (1/50-1/100 g/g water), and rehydration ability, color a* (redness) and texture values were selected as responses (dependent variable). The estimated and experimental analysis results were compared in the selection of the optimum rehydration condition. As a result, it was determined that ultrasonic rehydration at 58°C/54 min/72 ml water conditions could be used as the optimum point. At the selected optimum point, the rehydration ability, color a* value and texture values were determined as 2.82±0.16, 13.09 ±1.63 and 0.46±0.13 N, respectively. These results are seen as proof that ultrasound application can be used in the rehydration of dried tomatoes.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 10(9): 1638-1645, 2022

## Kurutulmuş Domateslerin Ultrasonik Rehidrasyon Koşullarının Optimizasyonu

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 24/03/2022 Kabul : 06/09/2022</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> Süre Sıcaklık Su oranı Doku Renk</p>	<p>Bu çalışmada kurutulmuş domateslerin ultrasonik rehidrasyon koşullarının optimizasyonu amaçlanmıştır. Rehidrasyon koşulları Cevap Yüzey Yöntemi (RSM) kullanılarak optimize edilmiştir. Ultrasonik (37 kHz) rehidrasyon koşullarının optimizasyonu farklı sıcaklık (20-80°C), süre (2-60 dak) ve su oranı (1/50-1/100 g/g su) bağımsız değişkenleri ile gerçekleştirilmiş ve rehidrasyon yeteneği, renk a* (kırmızılık) ve doku değerleri (bağımlı değişken) yanıt olarak seçilmiştir. Optimum rehidrasyon koşulu seçiminde tahmini ve deneysel analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, 58°C/54 dak/72 g su koşullarında yapılan ultrasonik rehidrasyonun optimum nokta olarak kullanılabileceği belirlenmiştir. Seçilen optimum noktadaki rehidrasyon yeteneği 2,82±0,16, renk a* değeri 13,09 ±1,63 ve doku değeri 0,46±0,13 N olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, ultrason uygulamasının kuru domateslerin rehidrasyonunda kullanılabileceğinin kanıtı olarak görülmektedir.</p>

<sup>a</sup> [ihazar04@hotmail.com](mailto:ihazar04@hotmail.com)

<sup>b</sup> <http://orcid.org/0000-0002-2422-3204> | [ashhan.demirdoven@gop.edu.tr](mailto:ashhan.demirdoven@gop.edu.tr)

<sup>b</sup> <http://orcid.org/0000-0003-1246-9132>



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

## Giriş

Türkiye’de 2020 yılında TÜİK verilerine göre yaklaşık 13,2 milyon ton domates üretilmiştir. Dünya domates üretim verileri incelendiğinde Çin, Amerika, Hindistan, Türkiye ve Mısır dünyadaki önemli domates üreten ülkeler olarak sıralanmaktadır (Anonim, 2020). Domates, insan beslenmesi açısından önemi nedeniyle dünyada en çok üretilen, tüketilen ve ticareti yapılan tarım ürünleri arasında yer almakta olup gıda sanayinde salça, ketçap, konserve ve kurutulmuş olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde kurutulmuş domates üretiminin büyük bir bölümü güneşte kurularak üretilmektedir. Bu işlem uygun nitelikteki domateslerin genellikle ayıklama, kesme, sınıflama, tuzlama gibi işlemlerin ardından sergilere serilerek güneşte kurutulmasını kapsamaktadır (Vural ve ark., 2000).

Kurutma, gıdalarda kullanılan en eski dayandırma yöntemlerinden biridir. Gıdalardan suyun uzaklaştırılması ile mikrobiyal faaliyet, enzim aktivitesi ve bazı kimyasal reaksiyonlar sınırlandırılmış olur. Ayrıca ağırlık ve hacimde azalma sağlanarak taşıma kolaylığı oluşur. Depolama koşulları uygun olduğunda kurutulmuş ürünler uzun süre saklanabilir (Kostoglou ve ark., 2013).

Kurutulmuş ürünlerin kalitesi üzerine etki eden birçok parametre bulunmakta olup bunlardan en önemlisi rehidrasyon yeteneğidir ki kurutulmuş bir ürünün suda belli koşullarda tutulması ile kazandığı su miktarının belirlenmesidir. Rehidrasyonun kurutulmuş ürünlerde yüksek olması istenmekte ve bu orandan yola çıkılarak kurutulmuş ürünlerin kalitesi hakkında çıkarımlar yapılabilmektedir. Ancak rehidrasyonda kullanılan suyun sıcaklığı ve rehidrasyon süresinin, rehidrasyon üzerine doğrudan etkisi bulunmaktadır (Cemeroğlu ve ark., 2003). Rehidrasyon yeteneği bizzat fiziksel bir olay gibi düşünülse de üründeki kimyasal değişimlerle de ilişkilidir. Rehidre edilen ürünün kalite özellikleri, uygulanan kurutma koşullarından ve rehidrasyon prosesinden etkilenir. Kurutma işlemi boyunca dokusal değişiklikler, çözünür madde taşınımı, uçucu madde kaybı gibi fizikokimyasal değişiklikler geri dönüşsüz olarak gerçekleşir. Bu da nihai ürünün kalitesi üzerinde belirleyici rol oynar. Bu nedenle rehidrasyon, kuru ürünün önemli bir kalite parametresidir. Kurutma ve rehidrasyon şartları, en uygun rehidrasyon özelliklerini elde edebilmek için optimize edilmeye ihtiyaç duyar (Kervancı, 2015).

Günümüz gıda endüstrisi, minimum enerji tüketimi ile maksimum kalitede ve güvenlikte üretimi hedeflemektedir. Ultrason uygulaması, gıda endüstrisinde değişik amaçlar için kullanılan ve gelişimini sürdüren bir teknolojidir. Bu yeniliklerden biri de ultrason uygulamasının kurutma öncesi ve sonrasında uygulanmasıdır. Ultrason uygulamasının farklı kurutma teknikleriyle kombine edilmesiyle oluşturulan proseslerde suyun kolay difüze olduğu, işlem süresinin azaldığı, kolay rehidre olduğu ve geleneksel kurutma yöntemlerinin neden olduğu kalite kaybı gibi olumsuz sonuçları ortadan kaldırdığı görülmüştür (Tüfekçi ve Özkal, 2015). Ayrıca, işlem süresinin azaltılması, işletme ve bakım maliyetlerinin düşürülmesi, verimin, kalitenin ve güvenliğin artırılması gibi avantajlar sunmaktadır (Alexandre ve ark., 2012; Amirante ve ark., 2017). Son yıllarda gıda işlemede önemli bir uygulama haline gelen ultrason uygulamasının meyve

ve sebzelerin kurutulmasında ön işlem olarak kullanılması sonucunda kurutma hızı üzerine olumlu etkilerinin olduğu literatürde yer almaktadır (Demirdöven, 2021). Ancak ultrason uygulamasının kurutulmuş meyve ve sebzelerin rehidrasyon koşullarının optimizasyonunu konu alan bir çalışma literatürde bulunmamaktadır. Ultrasonik rehidrasyonu konu alan çalışmalar sadece sorgum, kuru fasulye, nohut, mısır gibi tahılları ve deniz hıyarını içermektedir (Yildirim ve ark., 2011; Ghafoor ve ark., 2014; Patero ve Augusto, 2015; Ulloa ve ark., 2015; Zhang ve ark., 2016; Miano ve ark., 2017). Yapılan çalışmaların ortak noktası ise ultrason uygulamasının kurutulmuş ürünlerin rehidrasyon yeteneğini artırdığını ifade etmeleridir.

Araştırma kapsamında, kurutulmuş domateslerde süre, sıcaklık ve su oranı bağımsız değişkenleri kullanılarak ultrasonik rehidrasyon koşullarının, rehidrasyon kapasitesi, renk  $a^*$  değeri ve doku değeri bağımlı değişkenleri kullanılarak optimizasyonu ile elde edilen tahmini değerlerin deneysel verilerle kıyaslanması amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

### Materyal

Çalışma kapsamında kullanılan kurutulmuş domates örnekleri ambalajlı şekilde yerel bir marketten temin edilmiş ve +4°C’de depolanmıştır. Tüm optimizasyon uygulamalarında 5 g olarak belirlenen sabit örnek miktarı kullanılmıştır.

### Yöntem

Kurutulmuş domateslerin ultrasonik rehidrasyonunda, ultrason uygulaması 37 kHz frekansa çalışan ultrasonik (Elma S 100 H) banyo kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kurutulmuş domateslerin ultrasonik rehidrasyon koşulları Cevap Yüzey Yöntemi kullanılarak optimize edilmiştir. Optimizasyon için deneysel tasarımda kullanılan parametreler (bağımsız değişkenler) ve bu parametrelerin seviyeleri literatür verileri kullanılarak belirlenmiştir (Çizelge 1).

Rehidrasyon koşullarının optimizasyonunda süre, sıcaklık ve su oranı bağımsız değişkenler olarak belirlenmiştir. Optimum nokta seçimi ise maksimum rehidrasyon kapasitesi, maksimum  $a^*$  (kırmızılık) renk değeri ve en düşük (yumuşak) doku değerini sağlayan üretim koşullarına göre belirlenmiştir. Optimizasyon modeli bağımsız ve bağımlı değişkenler (yanıt) Design-Expert paket programı kullanılarak Box-Behnken deneme desenine göre 5 merkezli ve 17 deneysel noktada üretimler yapılarak belirlenmiştir.

### Analiz Yöntemleri

Kurutulmuş domateslerin bazı fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesinde ve rehidrasyon koşullarının optimizasyonunda kullanılan analiz yöntemlerine ait detaylar aşağıda verilmiştir.

**Rehidrasyon yeteneği:** Belirli miktardaki örneğin belirli sıcaklık ve sürede belirli su oranlarında bekletilmesi sonrasındaki ağırlık değişiminin belirlenmesi prensibine dayanmaktadır. Rehidrasyon yeteneği (RY) Eşitlik 1 yardımıyla hesaplanmıştır (Lewicki ve ark., 1998).

Çizelge 1. Ultrasonik rehidrasyon bağımsız değişkenleri ve seviyeleri

Table 1. Ultrasonic rehydration independent variables and levels

Faktörler	Bağımsız Değişkenler	Değişken seviyeleri		
		-1	0	+1
X <sub>1</sub>	Süre (dak.)	2	31	60
X <sub>2</sub>	Sıcaklık (°C)	20	50	80
X <sub>3</sub>	Su oranı (g örnek /g su)	1/50	1/75	1/100

Çizelge 2. Box-Behnken deneme deseni ve deneysel yanıt değerleri

Table 2. Box-Behnken experimental design and experimental response values

Deney no	Bağımsız değişkenler			Yanıtlar#		
	Süre (dak) x <sub>1</sub>	Sıcaklık (°C) x <sub>2</sub>	Su oranı (g örnek /g su) x <sub>3</sub>	Rehidrasyon kapasitesi	Renk a*	Doku (N)
1	31	50	75	2,48	15,15	0,65
2	31	20	100	1,47	6,50	0,95
3	60	50	50	2,52	14,05	0,59
4	60	80	75	3,23	6,04	0,47
5	2	20	75	1,20	6,60	1,56
6	60	50	100	2,41	12,28	0,49
7	31	80	100	2,53	6,58	0,56
8	31	80	50	2,50	6,63	0,69
9	31	50	75	2,33	14,23	0,53
10	31	50	75	2,30	13,84	0,56
11	60	20	75	1,85	6,87	0,85
12	2	50	50	1,32	10,52	1,21
13	31	50	75	2,03	13,67	0,65
14	2	50	100	1,28	11,57	1,10
15	2	80	75	1,43	5,65	1,44
16	31	50	75	2,28	14,35	0,67
17	31	20	50	1,50	5,49	0,85

\*Verilere ait aritmetik ortalama, n=3

$$RY = W_2/W_1 \quad (1)$$

Burada  $W_1$  ve  $W_2$  simgeleri sırasıyla rehidrasyon işleminden önceki örnek miktarı (g) ve rehidrasyon işleminden sonraki süzölmüş ve kurutma kâğıdı ile kurulanmış örnek miktarını (g) göstermektedir.

**Renk:** Minolta (CR-300 model) renk ölçüm cihazı beyaz ve siyah standart bir plakada kalibre edildikten sonra Hunter renk ölçüm parametreleri ile örnekler için a\* (kırmızı/yeşil) değerleri belirlenmiştir (Anonim, 1991).

**Doku:** Örneklerin doku ölçümleri 10 mm çapında paslanmaz çelik başlık ile Zwick Z 0.5 Universal Test ölçüm cihazı kullanılarak 50 mm/dak test hızında örnekleri 10 mm ( $\Delta L_m$ ) delmek için gereken maksimum kuvvet ( $\Delta F$ ) newton (N) cinsinden belirlenmiştir.

**Toplam kuru madde:** Sabit tartımdaki kurutma kabı içerisine yerleştirilen yaklaşık 2 g örneğin 105°C'deki etüvde sabit tartıma gelinceye kadar tutulması prensibine dayanır. İlk ve son tartımlar arasındaki farktan örneğe ait toplam kuru madde içeriği yüzde olarak hesaplanmıştır (Anonim, 1995).

**Su aktivitesi:** Kuru domatesin su aktivitesi değeri, su aktivitesi tayin cihazı (AquaLab Model Series 3TE) kullanılarak 25°C'de ölçülmüştür. Örnekler cihazın ölçüm haznesine yerleştirildikten sonraki nem miktarının dengeye geldiği değer denge nem değeri olarak saptanmıştır (Duran, 2013).

**pH:** Örnekler homojenize edildikten sonra pH değeri WTW Inolab pH Level1 (Almanya) model pH-metre kullanılarak ölçülmüştür (Anonim, 1995).

**İstatiksel değerlendirme:** Optimizasyon modellerinin oluşturulması ve değerlendirilmesinde Design-Expert paket programı kullanılmıştır. Elde edilen optimizasyon modelleri istatistiksel olarak değerlendirilerek, optimum işlem koşulları belirlenmiştir. Faktörler ile yanıtlar arasındaki ilişki bilinmediğinden sıfıncı dereceden başlayarak ikinci dereceden polinomial bir modele kadar tüm model ihtimalleri denenmiş ve en uygun yanıt fonksiyonuna ulaşan model seçilmiştir. Bu amaçla gerekli deneysel veriler "Box-Behnken" deneme planı seçilerek oluşturulmuştur.

Rehidrasyon koşullarının optimizasyonu için 17 deneysel noktadan (merkezde 5 tekrarlı) oluşan ve üç değişken ile oluşturulan istatistiksel tasarım kullanılmıştır. Her deneme için 3 paralel yapılarak, denemelerin standart sapması hesaplanmıştır. Seviyeler, 0 merkez noktası olmak üzere, -1, 0, +1'dir, Her faktörün merkez noktasındaki gerçek seviyesi Eşitlik 2 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{Kodlanmış değer} = \frac{\text{Gerçek seviye} - (\text{yüksek seviye} + \text{düşük seviye})/2}{(\text{yüksek seviye} - \text{düşük seviye})/2} \quad (2)$$

Proses değişkenlerinin yanıtlara etkisini tahminleyen ikinci derece polinomial Eşitlik 3'te verilmiştir.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 \quad (3)$$

Burada,  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{23}$  regresyon katsayılarını,  $X_1, X_2, X_3$  bağımsız değişkenleri ifade etmektedir, Oluşturulan modelin deneysel verileri ne ölçüde karşıladığı varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmiştir. Bu yöntemle her bir

faktörün lineer, kuadratik ve interaksiyon etkilerinin cevaplar üzerindeki istatistiksel önemleri %95 güven seviyesinde Fischer (F testi) uygulanarak bulunmuştur.

Kullanılan modelin uygunluğuna; elde edilen modelin matematiksel formunun deneysel veriyi temsil etmek için uygun olup olmadığını belirleyen uyum eksikliği (Lack of fit) testinin önemsiz ve regresyondan kaynaklanan varyasyonun %95 güven seviyesinde önemli olması koşuluyla karar verilmiştir. Ayrıca modelin uygunluğu regresyon katsayısı ( $R^2$ ), düzeltilmiş regresyon katsayısı (adj  $R^2$ ), tahminlenmiş kalıntı hata kareler toplamı (PRESS), varyasyon katsayısı (CV) ve tahminlenmiş çoklu regresyon katsayısı (Pre- $R^2$ ) kullanılarak test edilmiştir. Optimizasyon aşamasından sonra yürütülen doğrulama analizlerine ait sonuçların değerlendirilmesinde ise Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Bu aşamada da analizler üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş olup sonuçlar ortalama  $\pm$  standart sapma olarak verilmiştir.

### Bulgular ve Tartışma

Rehidrasyon uygulamalarında kullanılan kurutulmuş domateslerin fizikokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla doku (sertlik) (N), renk  $a^*$  değeri, pH, su

aktivitesi, toplam kuru madde (%) analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre doku 4,591 N; renk  $a^*$  8,01; pH değeri 4,77; su aktivitesi 0,54; toplam kuru madde %74,53 olarak belirlenmiştir. Elde edilen değerler literatür verileri ile uyumludur (Krokida ve Marinou-Kouris, 2003; Doymaz, 2007; Sánchez ve ark., 2012; Horuz ve ark., 2017).

### Model Uyumu

Ultrasonik rehidrasyon uygulamalarında, sıcaklık (20–80°C), süre (2–60 dak) ve su oranı (50-100 g/g su) bağımsız değişkenlerine göre yapılan üretimler sonrasında örneklerin rehidrasyon yetenekleri, renk  $a^*$  ve doku değerleri belirlenmiş olup sonuçlar Çizelge 2’de gösterilmiştir. İşlem değişkenlerinin yanıt üzerine etkileri varyans analizi (ANOVA) yapılarak belirlenmiştir. İşlem değişkenleri ile her bir yanıt arasındaki ilişkiyi ifade eden matematiksel modeller çoklu lineer regresyon analizi yapılarak oluşturulmuştur. Bu amaçla modellere her bir değişkenin öncelikli olarak lineer etki terimleri, daha sonra “ikinci dereceden” (kuadratik) ve “etkileşim” (interaksiyon) etki terimleri toplu halde eklenmiş ve kareler toplamındaki artış ve “modelin matematiksel forma uygunluk” (lack of fit) değerleri analiz edilmiştir.

Çizelge 3. ANOVA Tablosu

Table 3. ANOVA Table

Kaynak	Df <sup>a</sup>	Rehidrasyon Kapasitesi			Renk $a^*$			Doku (N)		
		Katsayı	KT	p-değeri <sup>#</sup>	Katsayı	KT	p-değeri <sup>#</sup>	Katsayı	KT	p-değeri <sup>#</sup>
Model	9	2,28	5,35	<0,0001	14,25	223,09	<0,0001	0,61	1,72	<0,0001
$x_1$	1	0,46	1,70	<0,0001	-0,07	0,04	0,8101	-0,13	0,14	0,0026
$x_2$	1	0,60	2,85	<0,0001	0,61	3,00	0,0653	-0,36	1,05	<0,0001
$x_3$	1	-0,02	2,85E-003	0,7102	0,03	7,20E-003	0,9178	-0,03	6,58E-003	0,3473
$x_1 x_2$	1	0,29	0,33	0,0041	0,03	3,60E-003	0,9418	-0,07	0,02	0,1464
$x_1 x_3$	1	0,02	9,12E-004	0,8328	-0,27	0,28	0,5255	-0,06	0,01	0,2050
$x_2 x_3$	1	-0,02	1,29E-003	0,8017	-0,71	1,99	0,1187	1,00E-003	4,00E-006	0,9809
$x_1^2$	1	-0,12	0,06	0,1226	-6,88	199,39	<0,0001	0,19	0,15	0,0019
$x_2^2$	1	-0,24	0,24	0,0096	-1,08	4,88	0,0271	0,28	0,32	0,0002
$x_3^2$	1	-0,17	0,12	0,0431	-1,07	4,79	0,0281	-0,04	6,28E-003	0,3577
Residual	7		0,13			4,40			0,05	
Lack of Fit	3		0,03	0,7774		3,08	0,1515		0,03	0,1996
Pure Error	4		0,10			1,32			0,02	
Cor Total	16		5,48			227,49			1,76	
$R^2$		0,98			0,98			0,97		
Adj $R^2$		0,94			0,96			0,94		
Pred $R^2$		0,89			0,77			0,72		
PRESS		0,63			51,35			0,50		
CV		6,76			7,93			9,92		
YK		20,03			14,25			16,89		

<sup>a</sup> DF serbestlik derecesi (degrees of freedom) <sup>#</sup>P-değeri<0,05 önemli, Uyum eksikliği P-değeri>0,05’te önemsizdir.  $x_1$ : sıcaklık (°C);  $x_2$ : süre (dak);  $x_3$ : su oranı (g örnek /g su), KT: Kareler Toplamı, YK: Yeterli Kesinlik.

Çizelge 4. Belirlenen optimum noktadaki model tahmini ve deneysel verilerin karşılaştırılması

Table 4. Comparison of model estimation and experimental data at determined optimum points

Ultrasonik rehidrasyon koşulları	Rehidrasyon yeteneği		Renk $a^*$		Doku (N)	
	Model Tahmini	Deneysel	Model Tahmini	Deneysel	Model Tahmini	Deneysel
35°C/23 dak/90 g	1,80	1,82 $\pm$ 0,03 <sup>d</sup>	12,20	12,17 $\pm$ 0,69 <sup>b</sup>	0,82	0,81 $\pm$ 0,09 <sup>a</sup>
46°C/56 dak/85 g	2,49	2,53 $\pm$ 0,07 <sup>c</sup>	13,47	13,02 $\pm$ 0,98 <sup>a</sup>	0,51	0,51 $\pm$ 0,15 <sup>bc</sup>
58°C/54 dak/72 g	2,79	2,82 $\pm$ 0,16 <sup>b</sup>	13,58	13,09 $\pm$ 1,63 <sup>a</sup>	0,46	0,46 $\pm$ 0,13 <sup>c</sup>
62°C/33 dak/84 g	2,46	2,55 $\pm$ 0,17 <sup>c</sup>	12,89	12,94 $\pm$ 1,48 <sup>a</sup>	0,54	0,54 $\pm$ 0,11 <sup>b</sup>
79°C/56 dak/73 g	3,21	3,33 $\pm$ 0,08 <sup>a</sup>	7,42	7,49 $\pm$ 0,84 <sup>c</sup>	0,51	0,51 $\pm$ 0,10 <sup>bc</sup>
79°C/59 dak/68 g	3,24	3,31 $\pm$ 0,06 <sup>a</sup>	7,54	7,46 $\pm$ 0,42 <sup>c</sup>	0,52	0,53 $\pm$ 0,07 <sup>b</sup>

n=3, <sup>a,b</sup>harfleri uygulamalara ait P<0,05 seviyesindeki istatistiksel farklılıkları ifade etmektedir.

Verilere göre yanıtlar için ikinci dereceden terimlerin eklenmesinin modelleri önemli ölçüde geliştirdiği ve kurutulmuş domatesin rehidrasyonu için en uygun modelin ikinci dereceden polinomial modeller olduğu belirlenmiştir. Buradan elde edilen regresyon modellerinin %95 güven seviyesinde önemli olduğu Çizelge 3'te görülmektedir. Bu aşamada p-değeri 0,05'ten büyük olan etkiler istatistiksel olarak önemsiz kabul edilmiş ve bu terimler model hiyerarşisine zarar vermeden modelden çıkarılmıştır. Ayrıca kalıntı hata, deneysel tasarımın merkez noktasında yapılan gözlemlerin tekrarlanmasıyla saf deneysel hata ve matematiksel forma uygunluk (lack of fit) olarak ayrılarak incelenmiştir. Cevap yüzey modeli için matematiksel forma uygunsuzluğun %95 güven seviyesinde önemsiz olduğu yani elde edilen modellerin matematiksel formunun deneysel veriyi temsil ettiği belirlenmiştir ( $P>0,05$ ).

Rehidrasyon yeteneklerine (Çizelge 3) ait istatistiksel veriler incelendiğinde  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_1x_2$ ,  $x_2^2$ ,  $x_3^2$  önemli model terimleridir. Hesaplama, F-değeri 31,29 olarak bulunmuştur. Buna göre elde edilen modelin matematiksel forma uygunsuzluğu saf hataya göre önemsizdir. Analizlerde tüm regresyon modelleri %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. ANOVA tablosunda modelin matematiksel forma uygunluğu tüm cevap yüzey modelleri için %95 güven düzeyinde önemsiz bulunmuştur. Modelin regresyon katsayısı ( $R^2$ ) 0,98 olarak belirlenmiştir. Diğer taraftan  $R^2$ , düzeltilmiş regresyon katsayısı (adj- $R^2$ ) ve değişim katsayısı (CV) model uygunluğunu denetlemek için hesaplanan değerlerdir. Modele eklenen değerler önemli olsa da olmasa da  $R^2$  değeri artış göstermektedir. Fakat yüksek  $R^2$  değeri her zaman regresyon modelinin daha iyi olduğu anlamına gelmemektedir. Bu açıdan model uygunluğunu değerlendirmede adj- $R^2$  kullanımı daha uygundur ve %90'ın üstünde olmalıdır. Modelden önemsiz olan değerler çıkartılmışsa,  $R^2$  ve adj- $R^2$  değerleri aynı değerdedir. CV, deneysel noktaların model önermelerine göre dağılımını ifade etmektedir ki, bu değer %6,76 olarak bulunmuştur. Tahminlenmiş çoklu regresyon katsayısı (pre- $R^2$ ) model tarafından belirlenen yeni verilerdeki değişimlerin toplamını ölçmektedir. Genellikle bir sayısına yakın değerler ideal kabul edilmektedir. Tahminlenmiş hata kareler toplamı (PRESS) ise tasarımın her noktasına modelin ne kadar uygun olduğunu ifade eden bir parametredir. Model uygunluğunun kontrolü, önemsiz olan etkilerin ( $P>0,05$ ) azaltılması ve PRESS, pre- $R^2$  değerleri göz önüne alınarak yapılabilmektedir. Bu analizde pre- $R^2$  değeri 0,89 bulunmuş olup 0,94 bulunan adj- $R^2$  değeri ile örtüşmektedir. Ayrıca, yeterli kesinliği gösteren adeq-precision değeri 20,03 olarak bulunmuştur. Kurutulmuş domateslerin rehidrasyonunda rehidrasyon kapasitesine ait değişkenlerin kodlanmış seviyelerini gösteren çoklu regresyon Eşitlik 4'te gösterildiği şekildedir.

Rehidrasyon Yeteneği=  $2,28 + 0,46x_1 + 0,60x_2 - 0,02x_3 - 0,12x_1^2 - 0,24x_2^2 - 0,17x_3^2 + 0,29x_1x_2 + 0,02x_1x_3 - 0,02x_2x_3$

$x_1$ : sıcaklık (°C);  $x_2$ : süre (dak);  $x_3$ : su oranı (g örnek / g su) (4)

Kurutulmuş domateslerin ultrasonik rehidrasyonunda sıcaklık, süre lineer; sıcaklık-süre interaksiyon; süre ve su

oranlarının ise kuadretik etkilerinin %95 sınırları içerisinde önemli olduğu belirlenmiştir.

Renk  $a^*$  değeri (Çizelge 3) için  $x_1^2$ ,  $x_2^2$ ,  $x_3^2$  önemli model terimleridir. Hesaplama, F-değeri 39,39 olarak bulunmuştur. Buna göre matematiksel forma uygunsuzluk saf hataya göre önemsizdir. Analizlerde tüm regresyon modelleri %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. ANOVA tablosunda görüldüğü şekilde modelin matematiksel forma uygunluğu tüm cevap yüzey modelleri için %95 güven düzeyinde önemsiz bulunmuştur. Modelin  $R^2$  0,98, CV değeri %7,93 olarak bulunmuştur. Ayrıca pre- $R^2$  değeri 0,77 bulunmuş olup 0,96 bulunan adj- $R^2$  değeri ile örtüşmektedir. Ayrıca, yeterli kesinlik değeri 14,25 olarak belirlenmiştir. Bu noktada sıcaklık, süre ve su oranının lineer etkilerinin %95 güven sınırları içerisinde önemlidir. Kurutulmuş domateslerin rehidrasyonunda renk  $a^*$  değerine ait değişkenlerin kodlanmış seviyelerini gösteren çoklu regresyon Eşitlik 5'te gösterildiği şekildedir.

Renk  $a^*$ =  $14,25 - 0,07x_1 + 0,61x_2 + 0,03x_3 - 6,88x_1^2 - 1,08x_2^2 - 1,07x_3^2 + 0,03x_1x_2 - 0,27x_1x_3 - 0,71x_2x_3$   
 $x_1$ : sıcaklık (°C);  $x_2$ : süre (dak);  $x_3$ : su oranı (g örnek / g su) (5)

Doku değerlerine (Çizelge 3) ait veriler incelendiğinde  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_1^2$ ,  $x_2^2$  önemli model terimleridir ve F-değeri 29,44 olarak bulunmuştur. Buna göre modelin matematiksel forma uygunsuzluğu saf hataya göre önemsizdir. Analizlerde tüm regresyon modelleri %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. ANOVA da modelin matematiksel forma uygunluğu tüm cevap yüzey modelleri için %95 güven düzeyinde önemsiz bulunmuştur. Modelin  $R^2$  değeri 0,97, CV değeri %9,92 olarak belirlenmiştir. Ayrıca pre- $R^2$  değeri 0,72; adj- $R^2$  değeri 0,94, yeterli kesinlik değeri 16,89 olarak bulunmuştur. Kurutulmuş domateslerin rehidrasyonunda doku değerlerine ait değişkenlerin kodlanmış seviyelerini gösteren çoklu regresyon Eşitlik 6'da gösterildiği şekildedir.

Doku (N)=  $0,61 - 0,13x_1 - 0,36x_2 - 0,03x_3 + 0,19x_1^2 + 0,28x_2^2 - 0,04x_3^2 - 0,07x_1x_2 - 0,06x_1x_3 + 1,00E-003x_2x_3$   
 $x_1$ : sıcaklık (°C);  $x_2$ : süre (dak);  $x_3$ : su oranı (g örnek / g su) (6)

Ultrasonik rehidrasyon koşullarının doku değerine etkisi üzerine sıcaklık ve süre lineer; yine sıcaklık ve sürenin kuadretik etkilerinin %95 güven sınırları içerisinde önemli olduğu saptanmıştır.

### Optimizasyon

Ultrasonik rehidrasyon için optimum işlem koşulları istenilirlik fonksiyonu (desirability function) metodu kullanılarak belirlenmiştir. Optimum noktaların seçiminde en yüksek rehidrasyon oranı ve en yüksek  $a^*$  değeri ile en yumuşak doku değerini sağlayan altı optimum nokta istenilirlik fonksiyonu değeri %85-100 koşulunu sağlayacak şekilde seçilmiştir. Seçilen bu 6 noktada üretimler yapılarak deneysel ve tahmini değerler kıyaslanmıştır (Çizelge 4). Bu kıyaslamada örneklerin rehidrasyon yetenekleri, renk  $a^*$  ve doku değerleri de birlikte düşünülerek karar verilmiştir. İstatistiksel olarak

incelendiğinde gruplar arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ). Buna göre Çizelge 4'teki veriler incelendiğinde  $58^\circ\text{C}/54$  dak/ $72$  g koşulunda üretilen örnek optimum nokta olarak belirlenmiştir. Bu optimum noktaya ait rehidrasyon kapasitesi, renk  $a^*$  ve doku değerlerinin 3 boyutlu cevap yüzey grafikleri Şekil 1'de verilmiştir.

Rehidrasyon grafikleri incelendiğinde, rehidrasyon kapasitesinin sıcaklık ve süre arttıkça arttığı (Şekil 1.a) görülmüştür. Sıcaklık ve su oranının rehidrasyon kapasitesi değişimine etkisi incelendiğinde; rehidrasyonun sıcaklık arttıkça arttığı, su oranından ise etkilenmediği gözlenmiştir (Şekil 1.b). Su oranı ve sürenin rehidrasyon kapasitesine etkisine bakıldığında ise; süre arttıkça rehidrasyon kapasitesinin arttığı, su oranının ise rehidrasyon kapasitesini etkilemediği görülmüştür (Şekil 1.c).

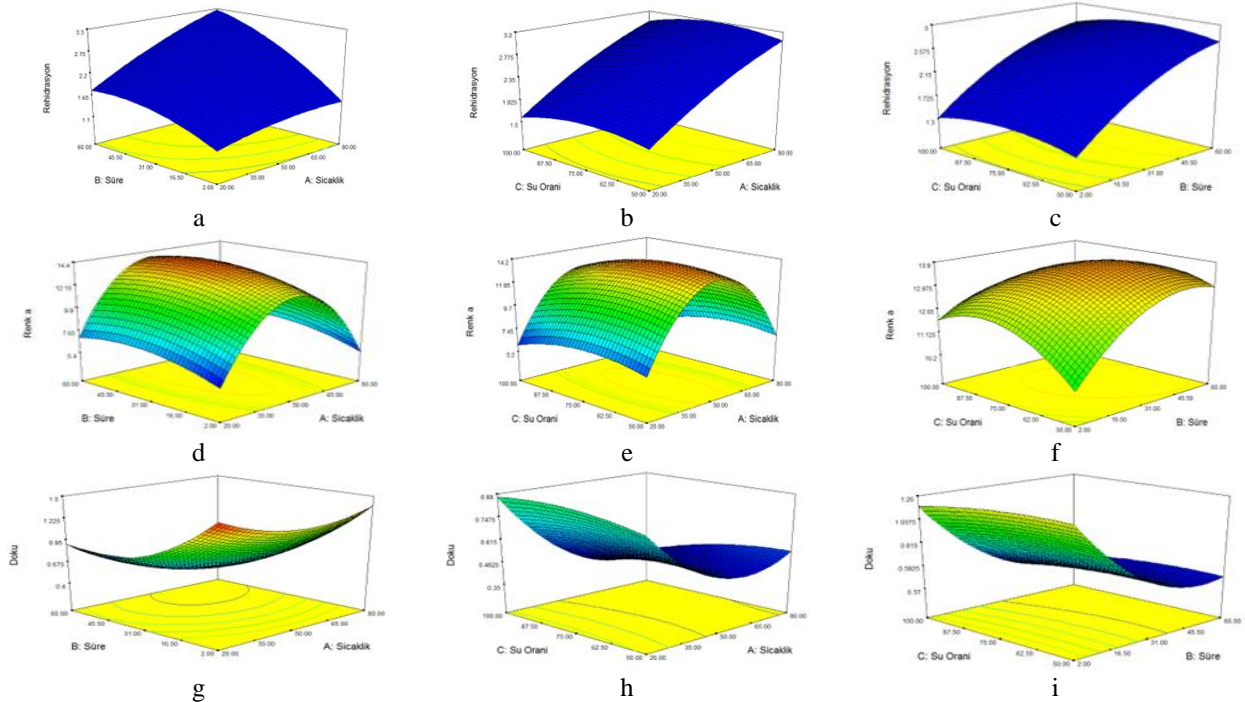
Renk  $a^*$  değerine ait grafikler incelendiğinde; renk  $a^*$  değerinin sıcaklık ve süre parametreleri karşısındaki değişiminde sıcaklığın belirleyici olduğu görülmüştür (Şekil 1.d). Yine benzer şekilde renk  $a^*$  değerinin sıcaklık ve su oranı parametrelerine göre değişiminde sıcaklık belirleyicidir (Şekil 1.e). Diğer grafikte ise renk  $a^*$  değerinin su oranı ve süre arttıkça arttığı görülmüştür (Şekil 1.f).

Doku değerlerine ait grafikler incelendiğinde; doku değerinin sıcaklık ve süre arttıkça bir miktar arttığı gözlenmiştir (Şekil 1.g). Doku değerinin sıcaklık ve su oranına göre değişimine bakıldığında; sıcaklık artışının belirli noktaya kadar dokuyu yumuşattığı daha sonra dokunun sertleştiği, su oranındaki artışın ise dokunun sertleşmesine neden olmuştur (Şekil 1.h). Doku değerinin su oranı ve süre karşısındaki değişimine incelendiğinde;

dokunun süre arttıkça yumuşadığı, su oranından ise etkilenmediği görülmüştür (Şekil 1.i).

Tüm bu değerlendirmeler ışığında rehidrasyon yeteneği ve renk  $a^*$  değerinin maksimum, dokunun minimum olarak seçildiği cevap yüzey grafiklerinden şu sonuçlar elde edilmiştir. Sıcaklık artışının rehidrasyon kapasitesini arttırdığı, belirli noktadan sonra bu artışın dokuyu sertleştirdiği ve renk  $a^*$  değerini ise azalttığı tespit edilmiştir. Süre artışına bakıldığında rehidrasyon yeteneği ve renk  $a^*$  değerinin arttığı, dokunun yumuşadığı görülmüştür. Su oranındaki artış rehidrasyon kapasitesini etkilememiş, dokuyu sertleştirmiş ve renk  $a^*$  değerini arttırmıştır. Verilere göre belirlenen optimum noktalardan  $58^\circ\text{C}/54$  dak/ $72$  g su koşullarında yapılan ultrasonik rehidrasyonun optimum nokta olarak kullanılabileceği belirlenmiştir.

Literatürde, rehidrasyon kinetiği ile ilgili pek çok yayına ulaşılabilmektedir (Krokida ve Marinos-Kouris, 2003; Latapi ve Barrett 2006; Doymaz, 2007; Rajkumar ve ark., 2007; Goula ve Adamopoulos 2009; Sánchez ve ark., 2012). Bunlardan Krokida ve Marinos-Kouris (2003), kurutulmuş çeşitli meyve ve sebzelerin (elma, patates, havuç, muz, biber, sarımsak, mantar, soğan, pırasa, bezelye, mısır, balkabağı ve domates) farklı sıcaklıklardaki rehidrasyon sırasında rehidrasyon kinetiğini incelemişlerdir. Elde edilen model parametrelerinin rehidrasyon sırasında su sıcaklığından büyük ölçüde etkilendiği ifade edilmektedir. Özellikle sıcaklık artışının, rehidrasyon hızını arttırdığı tespit edilmiştir ki mevcut çalışma ile uyumudur.



Şekil 1. Optimizasyon aşamasında rehidrasyon kapasitesi ve renk  $a^*$  değerinin maksimum, doku değerlerinin ise minimum seçildiği 3D yanıt yüzey grafikleri, rehidrasyon kapasitesi üzerine (a) sıcaklık ve süre, (b) sıcaklık ve su oranı, (c) süre ve su oranı; renk  $a^*$  üzerine (d) sıcaklık ve süre, (e) sıcaklık ve su oranı, (f) süre ve su oranı; doku üzerine (g) sıcaklık ve süre, (h) sıcaklık ve su oranı, (i) süre ve su oranı

Figure 1. 3D response surface graphics in which the rehydration capacity and color  $a^*$  values are selected as maximum and texture values as minimum in the optimization stage, on the rehydration capacity (a) temperature and time, (b) temperature and water ratio, (c) time and water ratio; color on  $a^*$  (d) temperature and time, (e) temperature and water ratio, (f) time and water ratio; (g) temperature and time on tissue, (h) temperature and water ratio, (i) time and water ratio

Domateslerin kurutulmasında ultrason uygulaması ile ilgili çalışma sayısı kısıtlıdır. Farklı sebze ve meyvelerde yapılan çalışmalar incelendiğinde Zhao ve ark. (2018) tarafından ultrason ön işleminin kızılötesi kurutmayla birleştirilmesinin, mantar için daha iyi görünüm, doku ve rehidrasyon özelliği sağladığı bulunmuştur. Tüfekçi ve Özkal (2017) bamyanın kurutma öncesi ultrason uygulamasının kurutma hızını ve rehidrasyon yeteneğini olumlu etkilediği bildirilmiştir. Yine Zhang ve ark. (2016) tarafından kurutulmuş deniz hıyarlarının rehidrasyon etkinliklerinin ultrason yardımı ile önemli oranda artırıldığı belirtilmiştir. Jambrak ve ark. (2007) ultrasonla işlenmiş, kurutulmuş brüksel lahanası, karnabahar tohumları ve mantarların rehidrasyon yeteneklerinin referans numunelere kıyasla daha yüksek olduğunu belirtmiştir.

Ultrasonik rehidrasyonu konu alan çalışmalarda sorgum, kuru fasulye, nohut, mısır ile deniz hıyarına yapılan ultrasonik rehidrasyon uygulamasının örneklerin rehidrasyon yeteneğini artırdığı ifade edilmektedir (Yıldırım ve ark., 2011; Ghafoor ve ark., 2014; Patero ve Augusto, 2015; Ulloa ve ark., 2015; Zhang ve ark., 2016; Miano ve ark., 2017).

Çalışmada kurutulmuş domates örnekleri birbiriyle kıyaslandığında optimum noktalarda rehidrasyon yeteneği en yüksek 58°C/54 dak/72 g koşullarında bulunmuştur. Bulunan sonuçla uyumlu olarak Krokida ve Marinou-Kouris (2003) bazı kurutulmuş meyve ve sebzelerde (elma, patates, havuç, muz, karabiber, sarımsak, mantar, soğan, pırasa, bezelye, mısır, balkabağı ve domates) optimum rehidrasyon sıcaklığı 60°C olarak belirlenmiştir. Yine Sánchez ve ark. (2012) kurutulmuş domates örneklerini 20 ila 1440 dakika arasında değişen farklı zamanlarda rehidre etmiştir, 60°C ve 0,6 m/s'de yapılan deney için maksimum rehidrasyon yeteneği (KM başına 4,8 kg; 0,6 kg H<sub>2</sub>O) elde edilmiştir. Doymaz (2007) domates için rehidrasyonun 65°C'de diğer sıcaklıklara göre daha hızlı gerçekleştiğini tespit etmiştir. Horuz ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada ultrasonik ön işlem (0, 20 ve 40 dak) uyguladıkları domates örneklerini mikrodalga destekli (120, 150 ve 180 W) sıcak hava (60°C) ile kurutulmuşlardır. Ultrasonik ön işlem uygulama süresi arttıkça renk L\* ve a\* değerinin arttığı bulunmuştur. Bunun renk değişiminden sorumlu enzimlerin yok edilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çalışmada örneklerin doku değerleri 0,51-0,81 N arasında değişmektedir. Sonuçlar incelendiğinde hammaddenin doku değeri 4,591 N olarak belirlenmiştir. Optimum nokta incelendiğinde ultrason uygulamasının örneklerin doku değerlerini olumlu yönde etkilediği görülmüştür. İstatistiksel olarak incelendiğinde gruplar arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur (P≤0,05).

## Sonuç

Kurutulmuş domateslerin ultrasonik rehidrasyon koşullarının optimize edildiği çalışmada rehidrasyon yeteneği, renk a\* ve doku değerleri yanıt olarak seçilerek 58°C/54 dak/72 g su koşulu optimum nokta olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar kurutulmuş domateslerin ultrasonik rehidrasyon koşullarının optimizasyonu ile meyve sebze işleme endüstrisi ile toplu yemek üreten yerler için sağlayacağı katkı açısından

önemlidir ve ultrason uygulamasının endüstriyel olarak yaygınlaşması amacıyla endüstriyel ölçekteki ekipmanlarla doğrulanmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

## Çıkar Çatışması

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

## Kaynaklar

- Alexandre EMC, Brandão TRS, Silva CLM. 2012. Efficacy of non-thermal technologies and sanitizer solutions on microbial load reduction and quality retention of strawberries. *Journal of Food Engineering*, 108(3): 417-426. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.09.002>
- Amirante R, Distaso E, Tamburrano P, Paduano A, Pettinicchio D, Clodoveo ML. 2017. Acoustic cavitation by means ultrasounds in the extra virgin olive oil extraction process. *Energy Procedia*, 126(09): 82-90. [10.1016/j.egypro.2017.08.065](https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.08.065)
- Anonim 1991. Minolta CR-300 Chromameter Operator'S Instruction Manual, Minolta-Crop., Ramsey, NJ.
- Anonim 1995. Official Methods of Analysis of AOAC International, 16th Ed.
- Anonim 2020. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, Ocak 2021, Ürün No: 20.
- Cemeroğlu B, Karadeniz F, Özkan M. 2003. Kurutma Teknolojisi. Editör: Cemeroğlu B. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara, s, 541-675.
- Demirdöven A. 2021. Ultrason. Kayaardı S, editör. Gıda Koruma ve İşlemede İleri Teknolojiler. 1.Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri. p.21-7.
- Duran M. 2013. Doğal Antimikrobiyal Katkı Kitosan Kaplama ile Çileğin Raf Ömrünün Arttırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Doymaz İ. 2007. Air-drying characteristics of tomatoes. *Journal of Food Engineering*, 78(2007): 1291-1297. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.12.047>
- Ghafoor M, Misra NN, Mahadevan K, Tiwari BK. 2014. Ultrasound assisted hydration of navy beans (*Phaseolus vulgaris*). *Ultrasonics Sonochemistry*, 21: 409-414.
- Goula AM, Adamopoulos KG. 2009. Modeling the rehydration process of dried tomato. *Drying Technology*, 27(10):1078-1088. <https://doi.org/10.1080/07373930903218677>
- Horuz E, Jaafar HJ, Maskan M. 2017. Ultrasonication as pretreatment for drying of tomato slices in a hot air-microwave hybrid oven. *Drying Technology*, 35(7): 849-859. <https://doi.org/10.1080/07373937.2016.1222538>
- Jambrak AR, Mason TJ, Paniwnyk L, Lelas V. 2007. Accelerated drying of button mushrooms, brussels sprouts and cauliflower by applying power ultrasound and its rehydration properties. *Journal of Food Engineering*, 81(1): 88-97. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.10.009>
- Kervancı Z. 2015. Kurutulmuş dolmalık biber ve patlıcanın rehidrasyon karakterlerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kostoglou M, Chrysafis N, Andritsos N. 2013. Modelling tomato dehydration in a tunnel dryer using geothermal energy. *Drying Technology*, 31(1): 5-16. <https://doi.org/10.1080/07373937.2012.710694>
- Krokida MK, Marinou-Kouris D. 2003. Rehydration kinetics of dehydrated products. *Journal of Food Engineering*, 57(1): 1-7. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00214-5](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00214-5)
- Latapi G, Barrett DM. 2006. Influence of pre-drying treatments on quality and safety of sun-dried tomatoes, part II, effects of storage on nutritional and sensory quality of sun-dried tomatoes pretreated with sulfur, sodium metabisulfite or salt. *Journal of Food Science*, 71(1): 32-37.



- Lewicki PP, Witrowa-Rajchert D, Lazuka PW, Nowak D. 1998. Rehydration properties of dried onion. *International Journal of Food Properties*, 1(1): 1-22. <https://doi.org/10.1080/10942919809524583>
- Miano AC, Ibarz A, Augusto PED. 2017. Ultrasound technology enhances the hydration of corn kernels without affecting their starch properties. *Journal of Food Engineering*, 197: 34-43.
- Paterno T, Augusto PED. 2015. Ultrasound (US) enhances the hydration of sorghum (*Sorghum bicolor*) grains. *Ultrasonics Sonochemistry*, 23:11-15.
- Rajkumar P, Kulanthaisami S, Raghavan GSV, Gariépy Y, Orsat V. 2007. Drying kinetics of tomato slices in vacuum assisted solar and open sun drying methods. *Drying Technology*, 25(7): 1349-1357. <https://doi.org/10.1080/07373930701438931>
- Sánchez NFS, Blanco RV, Gómez MSG, Herrera AP, Coronado RS. 2012. Effect of rotating tray drying on antioxidant components, color and rehydration ratio of tomato saladette slices. *LWT-Food Science and Technology*, 46(1): 298-304. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.09.015>
- Tüfekçi S, Özkal G. 2015. Gıdaların kurutulmasında ultrases kullanımı. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(9): 408-413.
- Tüfekçi S, Özkal G. 2017. Enhancement of drying and rehydration characteristics of okra by ultrasound pretreatment application. *Heat and Mass Transfer*, 53(7): 2279-2286. <https://doi.org/10.1007/s00231-017-1983-x>
- Ulloa JA, Enríquez López KV, Contreras Morales YB, Rosas Ulloa P, Ramírez JC, Ulloa Rangel BE. 2015. Effect of ultrasound treatment on the hydration kinetics and cooking times of dry beans (*Phaseolus vulgaris*). *CyTA-Journal of Food*, 13(4): 588-596.
- Vural H, Eşiyok D, Duman D. 2000. *Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme)*. Bornova, İzmir: Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi.
- Yıldırım A, Oner MD, Bayram M. 2011. Fitting Fick's model to analyze water diffusion into chickpeas during soaking with ultrasound treatment. *Journal of Food Engineering* 104: 134-142.
- Zhao Y, Yi J, Bi J, Chen Q, Zhou M, Zhang B. 2018. Improving of texture and rehydration properties by ultrasound pretreatment for infrared-dried shiitake mushroom slices. *Drying Technology*, 37(3): 352-362. <https://doi.org/10.1080/07373937.2018.1456449>
- Zhang L, Huang X, Miao S, Zeng S, Zhang Y, Zheng B. 2016. Influence of ultrasound on the rehydration of dried sea cucumber (*Stichopus japonicus*). *Journal of Food Engineering*, 178: 203-211. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.01.024>