

Mikrodalga Kurutma İşleminin Peynirin Kuruma Karakteristiği ve Renk Özelliğine Etkisi

Mehmet Güldane^{1*}, Hamza Bozkır²

¹ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Pamukova Meslek Yüksekokulu, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, Pamukova/SAKARYA

² Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Pamukova Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Pamukova/SAKARYA

*(mehmetguldane@subu.edu.tr)

Özet – Bu çalışmada peynir tozu eldesinde uygulanan mikrodalga gücünün peynirlerin kuruma karakteristikleri ve renk özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, homojenize edilen peynir örneği 180, 300 ve 450 W mikrodalga güçlerinde kurutulmuştur. Peynir tozu eldesinde uygulanan mikrodalga gücü peynirlerin hem kuruma özellikleri hem de renk özelliklerini önemli düzeyde etkilemiştir. 180, 300 ve 450 W mikrodalga gücünde kurutulan örneklerin toplam kuruma süreleri sırasıyla 28, 25 ve 17 dk olarak belirlenmiştir. Örneklerde mikrodalga gücü arttıkça nem transferi hızlanmıştır. Kütle transferini temsil eden efektif nem difüzyonu (D_{eff}) değerleri ise sırasıyla 2.54×10^{-9} , 2.69×10^{-9} ve $4.49 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ olarak belirlenmiştir. Mikrodalga kurutma işlemi L^* , a^* ve b^* renk parametrelerini etkileyerek daha koyu renkte peynir tozu eldesine neden olmuştur. Mikrodalga gücünün 180 W değerinden 450 W'a artması sonucunda peynir tozlarının açıklık-koyuluk renk skalasında % 43.29 düzeyinde bir azalma meydana gelmiştir. Ayrıca mikrodalga gücünün artması Hue açısı (H^*) ve renk farklılığı (ΔE) değerlerinin artmasıyla sonuçlanmıştır. Örneklerin L^* , a^* , chroma değeri, H^* ve ΔE renk verileri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Örneklerin hem kuruma karakteristiği verileri hem de renk değerleri birlikte değerlendirildiğinde mikrodalga kurutma yöntemiyle peynir tozu eldesinde 180 W mikrodalga kullanımının daha uygun olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler – Peynir Kurutma, Mikrodalga Gücü, Kuruma Süresi, Renk, Efektif Nem Difüzyonu

I. GİRİŞ

Peynir, toplumun eksperleşen damak zevkine ve ihtiyaçlarına hitap edebilecek nitelikte bir süt ürünüdür. Sütün değişik şekillerde pıhtılaştırıldıktan sonra peynir altı suyundan arındırıldığı ve pıhtının değişik şekillerde değerlendirilmesiyle elde edilen peynir, taze olarak ya da çeşidine has tat, flavor ve yapı kazanması amacıyla belirli bir olgunlaşma döneminden sonra market raflarındaki yerini almaktadır [1]. Beyaz peynir Türk Gıda Kodeksi (TGK) 2015/6 tebliğine göre, “hammaddenin peynir mayası kullanılarak pıhtılaştırılması ile elde edilen telemenin, tekniğine uygun olarak işlenmesiyle üretilen, üretim aşamalarındaki farklılıklara göre taze veya olgunlaştırılmış olarak tanımlanabilen, çeşidine

özgü karakteristik özellikler gösteren salamuralı peynir” olarak tanımlanmaktadır [2].

Kurutma, eski çağlardan beri gıda maddelerini korumak amacıyla kullanılan en yaygın muhafaza tekniklerinden birisidir. Kurutma işlemiyle ürünün nem içeriğinin azaltılması enzimatik ve mikrobiyolojik aktiviteleri sınırlar. Gıda ürünlerinin kurutulması amacıyla püskürtmeli kurutma, tepside kurutma, dondurarak kurutma, köpük mat kurutma ve mikrodalga kurutma gibi çeşitli dehidrasyon teknikleri kullanılmaktadır. Belirtilen kurutma teknikleri arasında sıcak hava ile kurutma yöntemi gıda endüstrisinde en yaygın kullanılan tekniktir. Bununla birlikte, geleneksel kurutma yönteminde yüksek sıcaklıklara uzun süre maruz kalan üründe istenmeyen birtakım değişiklikler olmaktadır [3]. Bundan dolayı kurutma süresinin kısaltılarak ürün özelliklerinin

iyileştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Nispeten yenilikçi bir kurutma yöntemi olarak mikrodalga kurutma yöntemi ile ürünlerin sıcak hava kurutmaya kıyasla daha kısa sürede kurutulması en önemli avantajdır [4].

Literatürde püskürtmeli kurutucu [5], sıcak kurutma, dondurarak kurutma [6], mikrodalga kurutma [4] yöntemleri kullanılarak çeşitli peynir çeşitlerinin kurutulmasına dair çalışmalar mevcuttur. Bununla birlikte, tam yağlı peynirin mikrodalga kurutma yöntemiyle kurutulmasında kurutma karakteristikleri ve renk özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada, tam yağlı peynirin mikrodalga kurutulmasında kuruma özellikleri ve elde edilen peynir tozunun renk özelliklerinin belirlenerek en uygun mikrodalga gücünün saptanması amaçlanmıştır.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Tam yağlı peynir örneği Pamukova Meslek Yüksekokulu Süt Ürünleri işleme pilot tesisinde Türk Gıda Kodeksi peynir tebliğine (Tebliğ No:2015/6) uygun olarak üretilmiştir. Peynir örneği üretimden sonra tuzlanarak vakum ambalajda 30 gün süresince soğuk hava deposunda muhafaza edilmiştir.

A. Mikrodalga Kurutma prosesi

Kurutma işlemi mekanik olarak kontrol edilen bir mikrodalga fırında (Samsung MS23F300EES, Japonya) 180, 300 ve 450 Watt gücünde gerçekleştirilmiştir. Kuruma madde içeriği gravimetrik yöntemle 40 ± 0.15 olarak belirlenen peynir örneği distile su ile sulandırılarak blender aparatı (Kenwood KM070, İngiltere) ile 30 sn süresince homojenize edilmiştir. Toplam KM içeriği 25 ± 0.10 değerine ayarlanan 100 ± 0.5 g sulandırılmış peynir örneği kare borcama (22 x 22 x 5.9 cm) yayılarak kurutma işlemine başlanmıştır. Kurutma süresince dakikada bir ağırlık ölçümü dijital bir terazi (Radwag, Polonya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Örneklerin nem içerikleri %5'in altına düştüğünde kurutma işlemi sonlandırılmıştır. Fırından alınan örnekler oda sıcaklığı koşullarında soğutulduktan sonra kahve öğütücüsü vasıtasıyla toz forma dönüştürülmüştür. Ardından, toz örnekler nem geçirgenliği düşük poşetlerde paketlenerek kilitli ambalajda serin ve kuru ortamda muhafaza edilmiştir.

B. Kuruma karakteristikleri

B1. Kuruma hızı (DR)

Örneklerin kuruma hızı (DR) Bozkir [7]'in önerdiği yöntem kullanılarak Eşitlik (1) ile hesaplanmıştır.

$$DR = \frac{M_{t+dt} - M_t}{dt} \quad (1)$$

Burada M_{t+dt} is t+dt zamanındaki nem içeriğini ve t zamanı göstermektedir. Sonuçlar kg H₂O/ kg kuru madde (km). dk olarak vermiştir.

B2. Nem oranı (MR)

Peynir tozlarının nem oranı Eşitlik (2) ile belirlenmiştir [8].

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_i - M_e} \quad (2)$$

Burada M_t herhangi bir zamandaki (t) nem içeriğini temsil etmektedir. M_i ve M_e ise sırasıyla başlangıç ve denge nem içeriğini göstermektedir.

B3. Efektif nem difüzyonu (D_{eff})

Peynirlerin kurutulmasında nem difüzyon hızı Fick'in ikinci yasası gereğince Eşitlik (3) vasıtasıyla D_{eff} değerinin hesaplanması yoluyla belirlenmiştir [9].

$$\ln(MR) = \ln\left(\frac{8}{\pi^2}\right) - (\pi^2 \frac{D_{eff}}{4L^2} t) \quad (3)$$

Burada L ve t sırasıyla köpük kalınlığı (m) ve kuruma süresini temsil etmektedir.

C. Renk özellikleri

Örneklerin renk ölçümleri yapay gün ışığı sağlayan D65 lamba ile donatılmış bir renk ölçer (3nh, NR60CP, Çin) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Örneklerin parlaklık (L^*), kırmızılık (a^*) ve sarılık (b^*) değerleri belirlendikten sonra Eşitlik (4), Eşitlik (5) ve Eşitlik (6) kullanılarak sırasıyla chroma (C^*), Hue açısı (H^*) ve renk farklılığı (ΔE) hesaplanmıştır [10].

$$C^* = \sqrt{(a^2 + b^2)} \quad (4)$$

$$H^* = \tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right) \quad (5)$$

$$\Delta E = \sqrt{((L_0 - L_p)^2 + (a_0 - a_p)^2 + (b_0 - b_p)^2)} \quad (6)$$

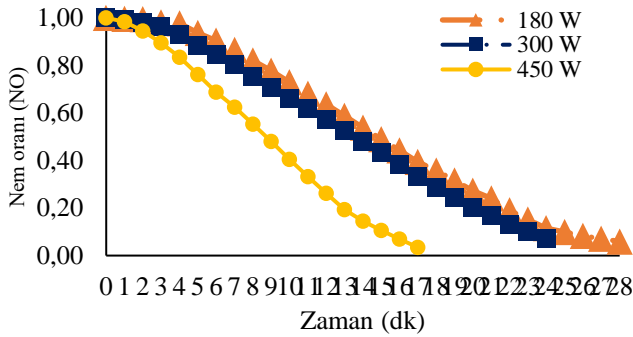
Burada L_0 , a_0 , ve b_0 peynir örneği renk değerlerini, ve L_p , a_p , and b_p peynir tozu renk değerlerini göstermektedir.

D. İstatistiksel analiz

Farklı mikrodalga güçlerinde (180, 300 ve 450 W) kurutulan örneklerin analiz sonuçlarındaki farklılıklar %95 güven aralığında Duncan karşılaştırma testiyle belirlenmiştir.

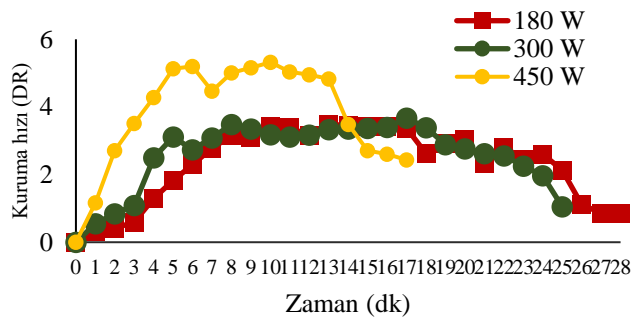
III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Farklı mikrodalga güç seviyelerinde peynirin kuruma süresine karşı nem içeriğinin mikrodalga kurutma eğrileri Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekil 1 incelendiğinde, mikrodalga güç seviyesi arttıkça peynirin nem içeriği önemli ölçüde azaldığı görülebilir. Belirli bir zaman diliminde 450 W mikrodalga gücünde kurutulan örneklerdeki nem içeriği kaybı 180 ve 300 W seviyesine göre önemli ölçüde yüksek bulunmuştur.



Şekil 1. Peynir kurutmada nem oranının zamana bağlı değişimi

Örneklerin kuruma hızları, birim zamanda uzaklaştırılan su miktarının belirlenmesi yoluyla hesaplanmıştır. 180, 300 ve 450 W mikrodalga gücünde kurutulan peynirlerin ortalama kuruma hızları sırasıyla 2.30, 2.50 ve 3.78 kg H₂O/ kg km. dk olarak belirlenmiştir. Şekil 2 incelendiğinde mikrodalga güç çıkışının artması kurutma hızlarının artmasıyla sonuçlanmıştır. Ayrıca, tüm kurutma operasyonlarında sabit bir kuruma hızı periyodu gözlenmiştir. Bu periyodun uzunluğu mikrodalga güç seviyesiyle ters orantılıdır.



Şekil 2. Peynir kurutmada kuruma hızının zamana bağlı değişimi

Kurutma prosesinde kütle transfer özelliklerini tanımlayan efektif nem difüzyonu (D_{eff}) gıda maddelerinin kurutulmasında tipik olarak 10^{-12} ile 10^{-8} m²/s arasında değişmektedir [9]. Farklı mikrodalga güçlerinde kurutulan peynir örnekleri için D_{eff} değerleri Eşitlik 3 kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışmada, 180, 300 ve 450 W mikrodalga güçlerinde kurutulan örneklerin D_{eff} değerleri sırasıyla 2.54×10^{-9} , 2.69×10^{-9} ve 4.49×10^{-9} m²/s olarak belirlenmiştir. Bu durum, mikrodalga gücünün artmasına bağlı olarak peynir örneklerinde kütle transferinin hızlandığını göstermektedir.

Kuruma karakteristikleri dikkate alındığında 450 W mikrodalga gücünde üretilen örneklerde kütle transfer hızındaki artışa bağlı olarak kuruma hızının daha kısa olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, peynir örneklerinin kurutulmasında ideal mikrodalga gücü seviyesinin belirlenmesinde sadece kuruma karakteristiklerinin dikkate alınmaması önerilmektedir [4].

Tablo 1. Kontrol peynir ve kurutulmuş peynir tozu örneklerinin renk değerleri

Örnek	L^*	a^*	b^*	C^*	H^*	ΔE
Kontrol	81.62 ^a	-0.44 ^d	7.92 ^b	7.93 ^d	86.81 ^a	-
180 W	79.11 ^b	7.11 ^c	24.53 ^a	25.53 ^b	73.84 ^b	18.41 ^c
300 W	60.78 ^c	14.34 ^a	25.34 ^a	29.12 ^a	60.50 ^c	30.92 ^b
450 W	44.86 ^d	10.20 ^b	9.66 ^b	14.05 ^c	43.44 ^d	38.31 ^a

Gıdalarda renk tüketici tercihini etkileyen önemli bir kalite parametresidir [11]. Mikrodalga gücünün peynir tozlarının renk değerleri (L^* , a^* , b^* , C^* , H^* ve ΔE) üzerindeki etkisi Tablo 1'de gösterilmektedir. Sonuçlar, mikrodalga gücündeki artışa paralel olarak renk özelliklerinin kurutma işlemine maruz kalmamış kontrol örneğine kıyasla değiştiğini göstermektedir. Bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Kontrol örneği ve kurutulmuş örnekler arasındaki renk farklılıkları mikrodalga gücünün artmasıyla daha belirgin hale gelmiştir (Şekil 3). Kontrol örneği ve kurutulmuş örnekler arasındaki görsel farklılığının matematiksel olarak ifade edilmesinde renk farklılığı (ΔE) değerleri dikkate alınabilir. Tablo 1'deki sonuçlar incelendiğinde örneklerin renklerinin birbirinden farklı olduğu ve bu durumun mikrodalga gücü arttıkça daha da

belirginleştiği sonucuna ulaşılabilmektedir. Renk özellikleri dikkate alındığında 180 W mikrodalga gücünde üretilen peynir tozlarının kontrol örneğine daha yakın renk özellikleri gösterdiği sonucuna ulaşılabilmektedir.



Şekil 3. Farklı mikrodalga güçlerinde üretilen peynir örnekleri

IV. SONUÇLAR

Peynirin mikrodalga kurutulması 180, 300 ve 450 W'da gerçekleştirilmiş ve peynirin kuruma davranışı ve peynir tozlarının renk özellikleri araştırılmıştır. Mikrodalga gücünün artması kuruma hızını artırırken kuruma süresini azaltmıştır. Ayrıca, mikrodalga kurutmada uygulanan güce bağlı olarak peynir kütlesinden suyun uzaklaşması kolaylaşmıştır. Örneklerde etkin nem difüzyonu değerleri 2.54×10^{-9} ve 4.49×10^{-9} m²/s arasında değişmiştir. Mikrodalga gücünün artması renk değerlerinde önemli değişimlere neden olmuştur. Mikrodalga gücünün 180 W değerinden 450 W değerine yükselmesi sonucunda elde edilen peynir tozlarının daha koyu renkte olduğu ve renk farklılığı değerlerinin arttığı görülmüştür. Peynir kurutmada yağ oksidasyonu ve Maillard reaksiyonları gibi kaliteyi etkileyen reaksiyonların kontrol edilmesi mikrodalga kurutmanın uygulanabilirliğini artıran bir unsur olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] P. Kaynar, 'Ülkemiz Peynirleri Üzerine Mikrobiyolojik Araştırmalar', *Türk Mikrobiyoloji Cemiy. Derg.*, vol. 41, no. 1, pp. 1–8, 2011, doi: 10.5222/TMCD.2011.001.
- [2] Anonim, Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği. Tebliğ No: 2015/6. Resmî Gazete, 2015.
- [3] M. Güldane, 'Optimizing foam mat drying process for cornelian cherry pulp using response surface methodology and artificial neural networks', *Rev. Mex. Ing. Química*, vol. 22, no. 3, pp. 1–14, 2023, doi: <https://doi.org/10.24275/rmiq/Alim2386>.
- [4] Ö. Köprüalan *et al.*, 'Drying Kinetics of Reduced Fat White Cheese Dried By Different Methods', *Gıda*, vol. 45, no. 6, pp. 1201–1214, 2020, doi:

10.15237/gida.gd20107.

- [5] N. Koca, Z. Erbay, and F. Kaymak-Ertekin, 'Effects of spray-drying conditions on the chemical, physical, and sensory properties of cheese powder', *J. Dairy Sci.*, vol. 98, no. 5, pp. 2934–2943, 2015, doi: 10.3168/jds.2014-9111.
- [6] A.R.C. Pinho, F.R. Assis, A.P. Peres, M.E. ve A.M. Morais, "Dehydration of cheese by hot air, microwave and freeze-drying", *Scientific Study and Research: Chemistry and Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*", vol. 18, no: 4, 00. 455-460, 2017.
- [7] H. Bozkir, 'Effects of hot air, vacuum infrared, and vacuum microwave dryers on the drying kinetics and quality characteristics of orange slices', *J. Food Process Eng.*, vol. 43, no. 10, pp. 1–12, 2020, doi: 10.1111/jfpe.13485.
- [8] J. Dehghannya, M. Pourahmad, B. Ghanbarzadeh, and H. Ghaffari, 'Heat and mass transfer enhancement during foam-mat drying process of lime juice: Impact of convective hot air temperature', *Int. J. Therm. Sci.*, vol. 135, no. December 2017, pp. 30–43, 2019, doi: 10.1016/j.ijthermalsci.2018.07.023.
- [9] R. B. Watharkar, S. Chakraborty, P. P. Srivastava, and B. Srivastava, 'Foaming and foam mat drying characteristics of ripe banana [Musa balbisiana (BB)] pulp', *J. Food Process Eng.*, vol. 44, no. 8, 2021, doi: 10.1111/jfpe.13726.
- [10] H. Bozkir, Y. Tekgül, and E. S. Erten, 'Effects of tray drying, vacuum infrared drying, and vacuum microwave drying techniques on quality characteristics and aroma profile of orange peels', *J. Food Process Eng.*, vol. 44, no. 1, 2021, doi: 10.1111/jfpe.13611.
- [11] F.J. Francis, "Quality as influenced by color", *Food Qual. Prefer.*, vol. 6, pp. 149–155.