



Kahramanmaraş Sütçü İmam University

Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi :10.12.2021
Kabul Tarihi :11.02.2022

Received Date :10.12.2021
Accepted Date :11.02.2022

KONVEKTİF LİMON KURUTMADA OHMİK VE GELENEKSEL HAŞLAMA ÖN İŞLEM TEKNİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

COMPARISON OF OHMIC AND CONVENTIONAL BLANCHING PRETREATMENTS FOR CONVECTIVE DRYING OF LEMON

Pınar GÜLER¹ (ORCID: 0000-0002-5189-4695)

İnci DOĞAN² (ORCID: 0000-0002-7715-7423)

¹ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Kahramanmaraş, Türkiye

² Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik - Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: İnci DOĞAN, icinar@ksu.edu.tr

ÖZET

Çalışmada ohmik ve suda haşlama ön işlemlerinin limon dilimlerinin konvektif kurutulmasındaki potansiyeli kıyaslamalı olarak araştırılmıştır. Limon numuneleri ohmik (60, 130, 200V/cm, 80°C) ve suda (95°C) olmak üzere iki farklı teknikle haşlanarak konvektif kurutucuda 60°C'de kurutulmuştur. Ön işlemlerin başarısı örneklerin renk, su aktivitesi, yığın yoğunluğu ve rehidrasyon kapasitesi ile değerlendirilmiştir. Ohmik haşlamanın suda haşlamaya kıyasla haşlama süresini önemli ölçüde azalttığı, kurutma hızını artırdığı ve ohmik haşlanan örneklerin suda haşlamaya kıyasla daha düşük su aktivitesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Voltaj artışı örneklerin L* değerinin artmasına ve b* değerinin azalmasına sebep olmuştur. Ohmik haşlamanın yığın yoğunluğunu azalttığı ve rehidrasyon kapasitesini artırdığı ayrıca yüksek voltaj değerinin (200V/cm) büzölmeye sebep olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ohmik haşlama, geleneksel haşlama, ön işlem, kurutma, limon

ABSTRACT

The potential of ohmic and water blanching pretreatments for convective drying of lemon slices was investigated. In the study, lemon samples were ohmic (60,130,200 V/cm, 80°C) and water (95°C) blanched followed by convective drying at 60°C. Pretreatment performance was evaluated by the color, water activity, bulk density and rehydration capacity of the samples. It was determined that ohmic blanching significantly reduced blanching time, increased drying rate as compared to water blanching whereas ohmic blanched samples had lower water activity as compared to water blanching. Higher voltages resulted in higher L* values and lower b* values. It was determined that ohmic blanching reduced the bulk density, increased rehydration capacity and high voltage values (200V/cm) caused shrinkage of the lemon samples.

Keywords: Ohmic blanching, conventional blanching, pretreatment, drying, lemon

GİRİŞ

Meyve ve sebzelerin taze haldeki raf ömürleri oldukça kısıtlı olup hasadı takiben kısa sürede mikrobiyel ve enzimatik bozulurlar (Topçu, 2020). Bu sebeple ürünlerin raf ömrünü arttırmak amacıyla uygulanan ön işleme, işleme ve muhafaza teknikleri önemlidir. Haşlama ön işleme ürünün rengini koruma, dokuyu yumuşatma, esmerleşme ve istenmeyen reaksiyonlara neden olan enzimlerin inaktivasyonu gibi amaçlarla yaygın olarak uygulanmaktadır. Haşlama ön işleme taze meyve ve sebzelerin işlenmesi, meyve/sebze sularının ve pürelerinin üretimi ve depolanması aşamasında büyük önem taşımaktadır (Dar vd., 2021; İçier, Yıldız ve Baysal, 2006).

Besin kaybı ve atık su miktarının azaltılması açısından alternatif haşlama yöntemlerinin kullanılması yarar sağlamaktadır (İçier, 2010). Alternatif haşlama yöntemleri olarak ohmik haşlama, buhar ile haşlama, yüksek nemli sıcak hava darbeleri haşlama, mikrodalga ile haşlama ve kızılötesi haşlama teknikleri yaygın kullanılmaktadır (Xiao vd., 2017). Ohmik ısıtma gıdaların elektriksel özelliklerinden yararlanılarak geliştirilmiş bir sistem olup direnç ısıtma, elektro ısıtma olarak da bilinmektedir (Lele vd., 2021; İçier, 2003). Ohmik ısıtma iç enerji jenerasyonu sağlaması, görece kısa süreli bir işlem olması, fosil yakıtların yerine geçebilecek bir yeşil proses olması ve enerji verimliliği gibi avantajları sebebiyle öne çıkmaktadır (Rodrigues vd., 2021). Teknik aynı zamanda meyve ve sebzelerin haşlanmasında potansiyele sahiptir (Dar vd., 2021). Geleneksel haşlama fazla su gerektirirken (2-4kg/kg haşlanmış ürün) ohmik haşlama (0.5-1kg/kg haşlanmış ürün) daha az su ile gerçekleştirilebilmekte ve enzim inaktivasyonu sağlanmaktadır. Mantarların ohmik ısıtmayla haşlanmasında geleneksel sistemlerin aksine çok fazla su gerektirmeden daha hızlı ısıtma sağlandığı görülmüştür (Sensoy ve Sastry, 2007). Ayrıca ohmik haşlama işlemi ile meyve ve sebzelerin rengi, fenolik madde ve C vitamini içeriği daha iyi korunmakta, haşlanması zor olan büyük hacimli ürünlerde başarı sağlamaktadır (Yılmaz ve Elmacı, 2018). Ohmik ısıtma uygulamaları gıdada iç enerji jenerasyonu sağlayarak ısıtma oranını yükselttiğinden son yıllarda özellikle enerji verimliliği açısından endüstride artan ilgi görmeye başlamıştır (Jan vd., 2021).

Limon *Citrus limonia* (limon) *Rutaceae* familyasında yer alan bir meyve olup ekonomik açıdan büyük öneme sahiptir (Dhanavade vd., 2011). Besin içeriği açısından oldukça zengin bir ürün olup C vitamini, karotenoidler, sitrik asit, mineraller ve birçok faydalı bileşenleri içermektedir (Vilaplana vd., 2012). Yapısında limonen, sitronelol, geranial, neral, sitral, linalol gibi terpen bileşikleri bulunmaktadır (He, Qian & Qian, 2018). Ayrıca yüksek antioksidan özelliğe sahip olup hesperidin, eriositrin (flavon) ve diosmetin bileşikleri olan flavonoidler açısından da oldukça zengindir (Kawaii vd., 2000). Bu sebeple limon, gıda endüstrisinde işleme açısından büyük önem kazanmıştır. Literatürde limon üzerine yapılan çalışmalar daha çok antioksidan/antimikrobiyel kapasitesi, mikrobiyel/enzimatik inaktivasyon, ürünün renk değerlerine ve antikanserijen özelliklerine etkisi üzerindedir (Norouzi vd., 2021; Topçu, 2020; Müller vd., 2020).

İçier (2010) çalışmasında konserveye işlenecek enginar başlarını ohmik ve geleneksel suda haşlamaya tabi tutulmuş, sonuçta peroksidaz ve polifenol oksidaz inaktivasyonunun ohmik sistemle daha kısa sürede gerçekleştiğini ve rengin daha iyi korunduğu ortaya konmuştur. Aynı haşlama sıcaklığında ohmik haşlamada C vitamini kaybının daha az olduğu ve toplam fenolik madde içeriğinin daha fazla korunduğu rapor edilmiştir. Guida vd. (2013) çalışmalarında enginar başlarına ohmik haşlama ve sıcak su ile haşlama işlemi uygulayarak haşlamanın peroksidaz ve polifenoloksidaz enzimlerinin inaktivasyonu, doku ve renk bozulmaları üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda ohmik haşlamanın sıcak su ile haşlamaya kıyasla daha düşük haşlama süresinde her iki enzimi de inaktif hale getirdiği, renk ve dokuyu önemli ölçüde koruduğu belirlenmiştir (Xiao vd., 2017).

Müller vd., (2020) geleneksel ısıtma ile kıyaslandığında ohmik ısıtmanın mikrobiyel inaktivasyondaki etkinliğini araştırmışlar ve farklı ısıtma sıcaklıklarında ohmik ısıtma uygulanan örneklerin termal ölüm eğrilerindeki D değerinin daha düşük olduğunu saptamışlardır. Tetsukabuto balkabağı işlemede ohmik ve geleneksel haşlama işlemleri karşılaştırılmıştır. Gomes vd. (2018) ohmik haşlama uygulanan ürünlerde peroksidaz inaktivasyon süresinin geleneksel haşlamaya kıyasla daha kısa olduğu belirlenmiştir. Ohmik haşlama ile başlangıçtaki peroksidaz aktivitesinde %90 üzerinde bir azalma 2dak'da gerçekleşirken geleneksel haşlamada 4dak'da gerçekleşmiştir. Bir diğer çalışmada su kabağına ohmik haşlama ve geleneksel haşlama işlemleri uygulanmıştır. Su kabağının peroksidaz aktivitesi ohmik haşlamada 80°C'de 4dak'da gerçekleşirken konveksiyonel haşlamada 90°C'de 5dak boyunca belirlenemeyen bir seviyeye ulaştığı belirlenmiştir. Çalışma sonucunda ohmik haşlama daha düşük sıcaklık ve zamanda konveksiyonel haşlamaya kıyasla daha etkili olduğu belirlenmiştir (Bhat vd., 2019).

İçier vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada bezelye püresi ohmik (20-50V/cm) ve geleneksel (100°C) olarak haşlanmışır. Çalışmada 30V/cm voltaj değeriinde geleneksel haşlamaya kıyasla peroksidaz inaktivasyonunun daha kısa sürede gerçekleştiğı, 50V/cm'de en kısa inaktivasyon süresinin (54s) ve en iyi renk kalitesinin gözlemlendiğı belirlenmiştir.

Farklı sıcaklıklarda (65 ve 85°C) ohmik haşlamanın çileklerin ozmotik dehidrasyon kinetiğı (26 ve 37°C, 30 ve 70°Bx sakkaroz) üzerindeki etkileri araştırılmışır. Sakkaroz solüsyonunda (37°C, 70°Bx) 4 saatlik ozmotik dehidrasyondan sonra çileklerin kuru madde miktarı %20.3 iken 85°C'de 3dak ohmik haşlama ile birleştirildiğinde %68'e ulaştığı ve sonuçta ohmik haşlamanın ürünün kütle transferi ve efektif düfüzyon oranını önemli ölçüde arttırdığı belirlenmiştir (Allali, Marchal & Vorobiev, 2010).

Mesias vd. (2016), çalışmalarında sterilize edilmiş ve sterilize edilmemiş bitkisel bebek mamalarının aminoasit içeriklerini incelemişlerdir. İşlemler imbik sterilizasyon ve ohmik ısıtma (25kHz-50Hz, 129°C, 11dak) ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda ohmik ısıtmanın ürünlerin toplam aminoasit içeriğine etki etmediğı ancak geleneksel imbik sterilizasyonunun toplam esansiyel ve esansiyel olmayan aminoasit içeriğini önemli oranda azalttığı belirlenmiştir.

Mercali vd. (2012) kuru madde içeriğı 2-8g/100g olan aserola pulpuna geleneksel haşlama ve ohmik haşlama (120-200V/cm, 85°C, 3dak) işlemi uygulamışlardır. Ohmik haşlama düşük voltaj değeriinde (<140V/cm) geleneksel haşlamaya benzer askorbik asit bozunmasına yol açarken yüksek voltaj değeriinde askorbik asit bozunmasının daha fazla olduğu belirlenmiştir. Başka bir çalışmada ise aserola pulpuna ohmik haşlama (30V/cm, 60Hz, 80-95°C, 0-60s) ve kızıl ötesi haşlama işlemi uygulanmıştır. Çalışma sonucunda örneklerin askorbik asit ve karatenoid degradesyonunun her iki işlemde de benzer olduğu belirlenmiştir (Xiao vd., 2017).

Sarkis vd. (2013) yabamersini pulpuna konveksiyonel haşlama ve ohmik haşlama (160-240V/cm, 90°C, 2dak) işlemi uygulamışlardır. Çalışma sonucunda ohmik haşlamada antosiyanin kaybının geleneksel haşlama ile kıyaslandığında daha düşük veya yakın olduğu belirlenmiştir. Farahnaky vd. (2012) havuç, kırmızı pancar ve altın havuç örneklerinin ohmik, sıcak su ve mikrodalga haşlanmasının dokusal yumuşama kinetiğine etkilerini karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda ohmik haşlamanın daha yüksek ağırlık kaybı ve yumuşama oranına yol açtığı ancak bu oranın önemli ölçüde düşük olduğu ve dolayısıyla ohmik haşlamanın kırmızı pancar, havuç ve altın havuç için uygun bir ön işlem olmadığı açıklanmıştır.

Dağdelen (2019) çalışmasında yeşil fasulyenin dondurularak muhafazasında ön ısıl işlem basamağında geleneksel haşlama işlemine alternatif olarak kullanılabilecek ohmik ısıtma tekniğinin zaman bakımından daha iyi sonuç verdiğini, besin kayıplarında geleneksel yöntemle önemli bir farklılık göstermediğini, mikrobiyel kaliteyi ise daha iyi koruduğunu ortaya koymuştur. Makroo vd. (2016) çalışmalarında domates suyuna ohmik haşlama (24V/cm, 90°C'de 15, 30, 45 ve 60s) ve geleneksel sıcak kırma işlemi uygulamışlardır. Ohmik haşlama (1dak) işlemi sonucunda poligalakturonaz ve pektin metil esteraz enzim inaktivasyonu geleneksel sıcak kırma (5dak) işlemi ile benzer olduğu belirlenmiştir. Askorbik asit ohmik haşlama uygulanan örneklerde geleneksel sıcak kırma işlemine kıyasla %29-51 daha fazla korunmuş, ohmik haşlama uygulanan ürünlerin daha viskoz ve daha parlak kırmızı renkte olduğu açıklanmıştır.

Ürünün raf ömrünü arttırmak amacıyla yapılan kurutma işleminde kurutma havasının hızı, kurutma süresi ve sıcaklık önemli parametrelerdir. Yapılan bir çalışmada enginar başları ohmik haşlama (85°C'de 25 ve 40V/cm) ve suda haşlama (85°C ve 100°C) ön işlemine tabi tutulmuştur. Ohmik haşlanmış ürünler akışkan yataklı kurutucuda 80°C, 0.8m/s hava hızında kurutulmuştur. Çalışmada 85°C (40V/cm) ohmik haşlama (300±2 s) ve 100°C suyla haşlama işlemi (310±2 s) uygulanan örneklerin peroksidaz inaktivasyon sürelerinin benzer olduğu, C vitamini ve toplam fenolik madde içeriğinin 85°C (40V/cm) ohmik haşlama işleminde en yüksek olduğu saptanmıştır (İçier, 2010).

Kumar vd. (2021) çalışmalarında ananas küplerine ohmik haşlama (25-35V/cm, 90°C, 60-180s) ön işlemi uygulamış ve ardından örnekler 70°C'de 0,1m/s hava akımı ile kurutulmuştur. Kurutulmuş örnekler damıtılmış su içerisinde 7saat boyunca bekletilmiştir. Çalışma sonucunda dokusal bozulmanın 90s ve 120s'lik haşlamada en yüksek olduğu belirlenmiştir. Kutlu vd. (2018), çalışmalarında ohmik ön işlemin elmaların kurutma hızı üzerine etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla elma örneklerine ohmik ısıtma (20-40V/cm, 60°C, 1dak) işlemi uygulamış ve ardından tepsili kurutucu (60°C, 2m/s) ile kurutulmuştur. Çalışma sonucunda en kısa kuruma süresinin 30V/cm voltaj değeriinde olduğu belirlenmiştir. Sarımsak tozunun farklı sıcaklıklarda kuruma özelliklerini belirlemek için

sarımsağın ohmik olarak haşlanması amaçlanmıştır. Ohmik olarak haşlanan sarımsakta kuruma hızı geleneksel haşlamaya kıyasla önemli ölçüde yüksek olduğu ve ohmik haşlanan (26.66 V/cm, 30s) sarımsağın esmerleşme yoğunluğunun daha düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Poojitha & Athmaselvi, 2020). Mikrodalga kurutma sırasında beyaz mantarlara ohmik haşlama ön işlemi uygulanmıştır. Ohmik haşlama sırasında kütle kaybındaki değişimler ısıtma süresi ve uygulanan voltaja bağlı olduğu, yüksek voltaj ve uzun ısıtma süresi uygulanan mantarların daha hızlı sürede kuruduğu açıklanmıştır (Soghani, Azadbakht & Dervişi, 2018).

Mevcut çalışmanın amacı, ohmik ve suda haşlama ön işlemlerinin limon dilimlerinin konvektif kurutulmasındaki potansiyelinin kıyaslamalı olarak araştırılmasıdır. Ön işlemlerin başarısının kıyaslanmasında renk, su aktivitesi, yığın yoğunluğu, rehidrasyon kapasitesi değerleri kullanılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada kullanılan limonlar Kahramanmaraş ilinde bulunan yerel marketlerden temin edilmiş, analiz öncesinde +4°C’de buzdolabı koşullarında muhafaza edilmiştir. Analiz öncesi yıkanıp temizlenen limonlar yaklaşık 10 g ağırlığında dilimler halinde kesilmiş ve analizler için 3’er paralelli olarak hazırlanmıştır.

Haşlama İşlemleri

Ohmik ve suda olmak üzere iki farklı haşlama işlemi uygulanmıştır. Ohmik haşlama 50 Hz alternatif akımda 60, 130 ve 200V/cm’lik voltaj değerleri kullanılmıştır (Erkek, 2006). Limon dilimleri test hücrelerinde (8.7×20×15cm) yer alan iki paslanmaz çelik elektrot (304 kalite, 12×19cm, elektrot aralığı 7cm) arasına yerleştirilmiş ve 80°C’ye ısıtılmıştır. Sistem sıcaklığı k tipi termokupl kullanılarak ölçülmüş ve sabit sıcaklık besleme sistemindeki açma kapama kontrolü ile sağlanmıştır. Suda haşlama için limon dilimleri içinde 95°C sabit sıcaklıkta su bulunan silindirik behere konularak 3dak tutulmuştur.

Kurutma İşlemi

Haşlanmış limon dilimleri tepsili konvektif kurutucuda (Heraeus marka T6 model) 60°C’de kurutulmuştur. Denemeler 3 paralelli olarak yapılmıştır. Kurutma işleminde ilk 2saat boyunca 30dak ve sonrasında 60dak aralıklarla alınan örneklerin zamana bağlı ağırlık kayıpları analitik hassas terazi ile (Vibra marka AJH 620 CE model) 0.0001 hassasiyetle ölçülmüştür. Kurutma limon dilimlerinin ağırlık ölçümleri arasındaki fark 0.01’den az olduğunda sonlandırılmıştır.

Nem İçeriğinin Belirlenmesi

Taze, haşlanmış ve kurutulmuş limon numunelerinin nem içerikleri TSE 485 metoduna göre belirlenmiştir.

Su Aktivitesinin Belirlenmesi

Taze ve kurutulmuş örneklerin su aktivitesi değerleri Aqua Lab marka 4TE model su aktivitesi ölçer ile belirlenmiştir. Su aktivitesi değerleri 25°C’de ve 3 paralelli olarak ölçülmüş olup ortalamaları alınmıştır.

Renk Değerleri Ölçümleri

Kurutulmuş limon dilimlerinin renk değerleri Hunter Lab marka Colorflex model renk ölçer kullanılarak 3 paralelli olarak belirlenmiştir. L*(parlaklık), a*(kırmızılık-yeşillik) ve b*(sarıklık-mavilik) değerlerinin ortalamaları kaydedilmiştir.

Yığın Yoğunluğunun Belirlenmesi

Taze ve kurutulmuş limon örneklerinin ağırlığı analitik hassas terazi ile belirlenmiş olup hacmi dereceli taşıma kabı ile belirlenmiş (Dobooğlu & Çınar, 2012) ve yığın yoğunluğu örnek kütlelerinin hacmine oranından hesaplanmıştır.

Rehidrasyon Kapasitesinin Belirlenmesi

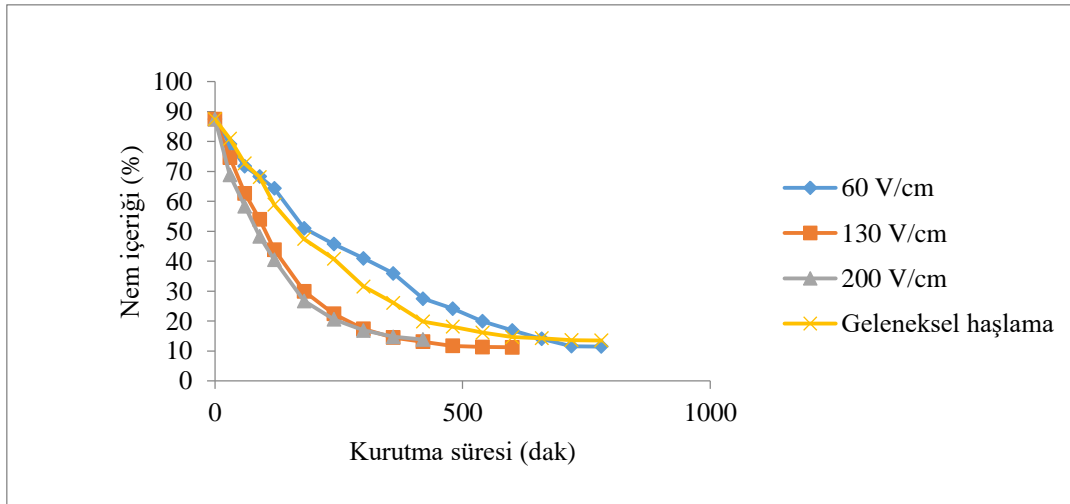
Kurutulmuş örnekler her bir ölçüm için tartılarak 50ml saf su içeren beherlerde belli sürelerde (10, 20, 30, 60 ve 1440dak) tutulmuştur. İşlem sırasında suyun buharlaşmasını önlemek için beherlerin üstü parafilmle kapatılmış ve süre sonunda beherden alınarak filtre kağıdı üzerinde örnekteki fazla su uzaklaştırıldıktan sonra ağırlıklar kaydedilmiştir (Kırmızıyaka, 2016).

İstatistiksel Analiz

Limon dilimlerine uygulamalar 0 (kontrol), 60, 130 ve 200 V/cm olmak üzere dört farklı düzeyde uygulanmıştır. Dört farklı voltaj değerinde uygulanan deneme üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Araştırma neticesinde elde edilen veriler SPSS 23.0 paket programı ile değerlendirilmiştir. Elde edilen verilere tek yönlü varyans analizi uygulanmıştır. Ortalamalar arasındaki önemli farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile kıyaslanmış ve yorumlanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan çalışmada su ile haşlama geleneksel haşlama olarak kabul edilmiştir. Denemelerde taze limon numunelerinin nem içeriği 87.43 ± 0.1 olarak ölçülmüştür. Ohmik haşlama (60, 130 ve 200V/cm, 80°C) ve geleneksel haşlama (95°C) ön işlemi ile kurutulan limon numunelerinin zamana bağlı %nem içeriklerine Şekil 1.'de yer verilmiştir. Buna göre ohmik haşlama(130, 200V/cm) ön işlemi uygulanarak kurutulan limon numunelerinde nem kaybı daha yüksek ve kuruma süresi daha kısa olarak gerçekleşmiştir. Nem değerinin kritik nem değerine ulaşabilmesi için geleneksel haşlama ve 60V/cm voltaj parametrelerinde kurutma 780dak'da gerçekleşirken, 130V/cm'de 600dak'da, 200V/cm'de ise 420dak'da gerçekleşmiştir. Guida vd. (2013) çalışmalarında enginar başlarının ohmik haşlama ve sıcak su ile haşlanması kıyaslamıştır. Çalışma bulgularına göre ohmik haşlama sıcak su ile haşlamadan daha kısa sürede enzim inaktivasyonu sağlamış, renk ve dokuyu önemli ölçüde korumuştur (Xiao vd., 2017). Bu bulgular mevcut çalışma ile uyum içindedir.



Şekil 1. Limon Dilimlerinin % Nem İçeriklerinin Kurutma Süresine Bağlı Değişimi

Hosainpour vd. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada ohmik ön kurutma tekniği ile domates ezmesinin nem oranı, kurutma hızı ve kurutma süresi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Ön kurutma 6-16V/cm aralığında fırında (105°C, 1m/s) gerçekleştirilmiştir. Ön kurutma domates salçasının nem içeriği %90'dan %70'e düşene kadar gerçekleştirilmiştir. Ohmik ön kurutmanın sıcak hava kurutma yöntemine kıyasla domates salçasının kurutma süresini %80-97 oranında azalttığı belirlenmiştir.

Mevcut çalışmada kurutma sonunda 60V/cm voltaj değeri uygulanan numuneler diğer numunelere kıyasla daha yüksek nem içeriğine sahip olup geleneksel haşlama ön işlemi ile kurutulan numuneler ohmik haşlama ön işlemi ile (130 ve 200V/cm) kurutulan numunelere kıyasla daha yüksek nem içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Taze limon numunelerinin nem içerikleri 87.43 iken 60, 130 ve 200V/cm voltaj değerlerinde nem içerikleri sırasıyla 11.47 , 11.18 ve 13.83 olarak geleneksel haşlama ön işleminde ise 13.49 olarak ölçülmüştür. Uygulanan tek yönlü anova testine göre haşlama ön işleminin nem içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli düzeydedir ($p < 0.05$). Duncan kıyaslamasına göre ise nem içerikleri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli düzeyde bulunmamıştır ($p > 0.05$). Poojitha ve Athmaselvi (2020) çalışmalarında sarımsak tozunun farklı sıcaklıklarda kuruma özelliklerini belirlemek için ön işlem olarak ohmik haşlama uygulamıştır. Ohmik haşlanan sarımsakta

kuruma hızı geleneksel haşlamaya kıyasla önemli ölçüde yüksek olduğu ve ohmik haşlanan (26.66V/cm, 30s) sarımsağın esmerleşme indeksinin daha düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışma bulguları da mevcut çalışmayla uyumludur.

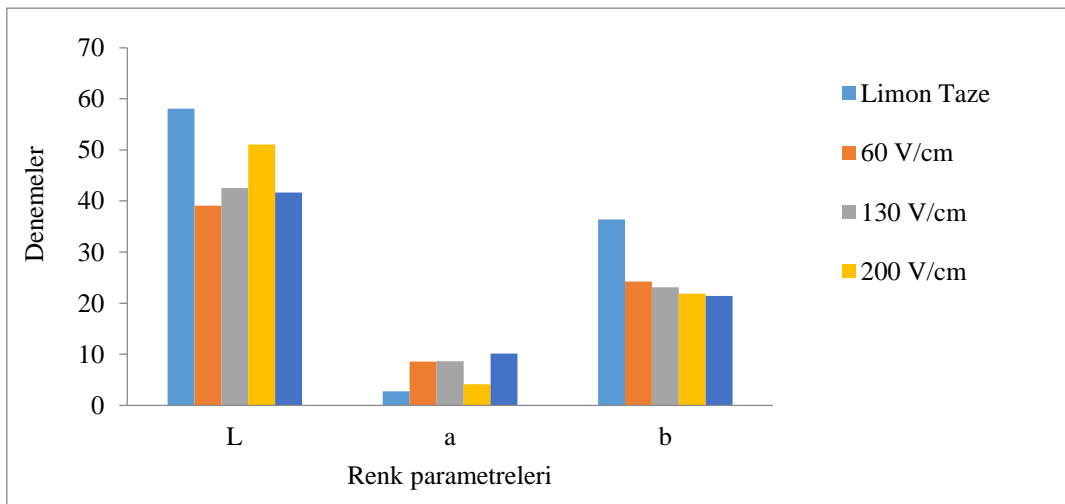
Kurutulan limon numunelerinin su aktivitesi değerleri incelendiğinde en yüksek su aktivitesi değeri geleneksel haşlama ön işlemi uygulanmış numunelerde olup bu değer 0.4868 olarak ölçülmüştür. En düşük su aktivitesi değeri 60V/cm voltaj değerinde olup bu değer 0.4286 olarak ölçülmüştür. Ön işlemlerin su aktivitesi üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli düzeyde bir farklılık göstermemiştir ($p>0.05$). Çalışma sonucunda kurutmada ohmik haşlama ön işleminin geleneksel haşlama ön işlemine kıyasla daha düşük su aktivitesi değerine sahip olduğu belirlenmiş ve bu yöntemle kurutulan ürünlerin görsel olarak daha sert, kuru ve dayanıklı ürünler olduğu saptanmıştır.

İşlenmiş ürünlerin tüketici açısından kabul edilebilirliğini arttırmada renk önemli bir parametredir. Aynı zamanda renk işlenmiş ürünlerin besinsel içeriği ve depolama süresinin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Dobooğlu & Çınar, 2012). Çalışmada geleneksel haşlama ve ohmik haşlama ön işlemi uygulanarak kurutulan limon numunelerinin renk değerleri ölçülmüştür. Uygulanan ön işlemlerin renk değerlerine etkisi L^* , a^* ve b^* değerleri ile belirlenmiştir. Kurutma sonunda limonda meydana gelen renk değişimleri Şekil 2.'de yer verilmiştir.

Çalışmada geleneksel haşlama ve ohmik haşlama ön işlemi uygulanarak kurutulan limon örneklerinin taze örneğe kıyasla L^* değerinin daha düşük olduğu ve yüksek voltaj değerlerinin (130, 200V/cm) parlaklığı arttırdığı belirlenmiştir. En yüksek L^* değeri 200V/cm voltaj değerinde 51.04 olarak ölçülürken, en düşük L^* değeri 60V/cm voltaj değerinde 39.06 olarak ölçülmüştür.

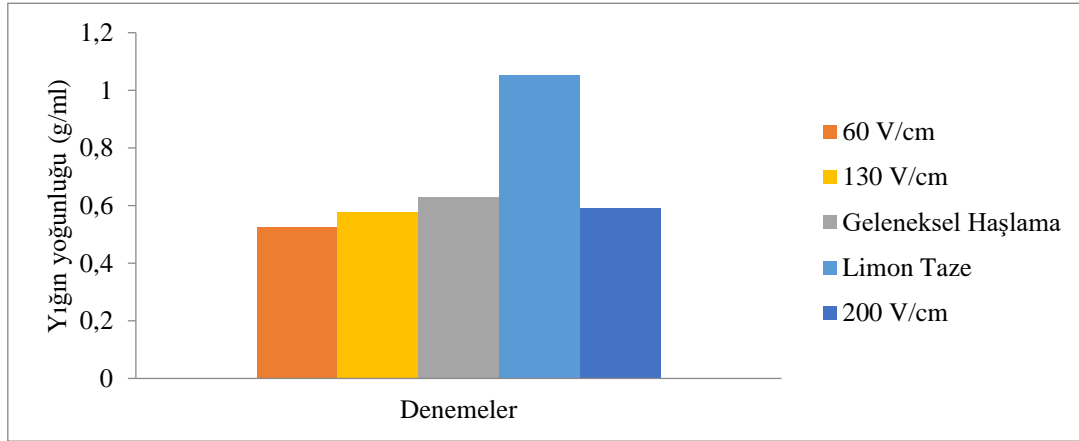
Yeşillik/kırmızılık değeri olarak bilinen a^* değeri geleneksel haşlama, 60, 130 ve 200V/cm voltaj değerlerinde sırasıyla 10.13, 8.56, 8.61 ve 4.12 olarak bulunmuştur. Geleneksel haşlama ile ohmik haşlama kıyaslandığında tüm parametrelerde a^* değerlerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. En düşük a^* değeri 200V/cm voltaj değerinde gözlemlenirken en yüksek a^* değeri geleneksel haşlama ön işleminde olduğu saptanmıştır.

Geleneksel haşlama ve ohmik haşlama ön işlemi uygulanarak kurutulan limon numunelerinin b^* (sarılık/mavilik) değerlerinin taze numuneye kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir. En yüksek b^* değeri 60V/cm voltaj değerinde iken en düşük b^* değeri 21.42 ile geleneksel haşlama ön işlemi ile kurutulan numunelerde gerçekleşmiştir. Çalışmada uygulanan ön işlemlerde voltaj değeri arttıkça b^* değerinde azalmalar meydana geldiği saptanmıştır. Yapılan tek yönlü varyans analizlerine göre a^* değerleri arasında farklar istatistiksel olarak önemli düzeyde iken ($p<0.05$), L^* ve b^* değerleri arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılıklar bulunmamaktadır ($p>0.05$).



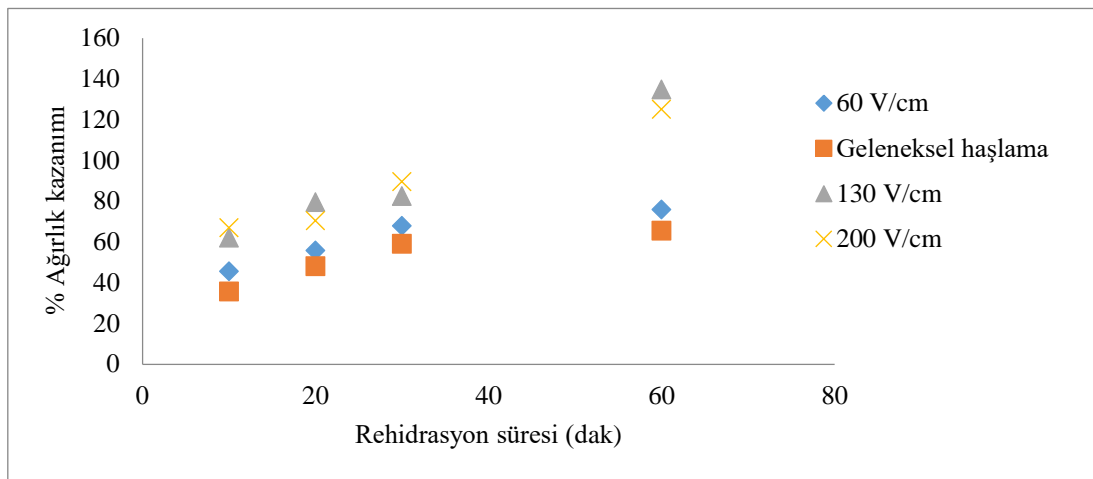
Şekil 2. Kurutulan Numunelerinin Renk Değerleri

Şekil 3.'de taze ve kurutulmuş limon numunelerinin hacim ve ağırlık değişimlerine bağlı yığın yoğunluğu değerleri verilmiştir. Taze, ohmik haşlama (60, 130 ve 200V/cm, 80°C) ve geleneksel haşlama (95°C) ön işlemi ile kurutulmuş limon numunelerinin yığın yoğunluğu değerleri sırasıyla 1.0544 g/ml, 0.5268 g/ml, 0.5758 g/ml, 0.5904 g/ml, 0.6301 g/ml olarak hesaplanmıştır. Ohmik haşlama ön işlemi ile kurutulmuş numunelerin yığın yoğunluğu tüm parametrelerde taze numunelerden daha düşük bulunmuştur. Çalışmada yüksek voltaj uygulamasının büzülme sebebinde olduğu gözlemlenmiştir. En fazla büzülme 200V/cm voltaj değeri uygulanmış numunelerde gözlemlenirken en az büzülme ise geleneksel haşlama ön işlemi uygulanarak kurutulmuş numunelerde gerçekleşmiştir. Uygulanan voltaj değerlerinin yığın yoğunluğu üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli düzeyde bulunmamıştır ($p>0.05$).



Şekil 3. Kurutulmuş Numunelerin Yığın Yoğunluğu Değerleri

Kurutulmuş ürünlerde rehidrasyon kapasitesinin yüksek olması kurutma potansiyelinin belirlenmesi için aranan bir kriterdir. Ohmik haşlama ve geleneksel haşlama ön işlemi uygulanarak kurutulmuş limon numunelerinin rehidrasyon sürelerine bağlı ağırlık kazanımlarına Şekil 5.'te yer verilmiştir. Bulgulara göre farklı voltaj değerlerinde kurutulmuş limon numunelerinin rehidrasyon kapasitelerini belirlemek amacıyla ağırlık artışının en hızlı gerçekleştiği ilk 60dak'lık periyot esas alınmıştır.



Şekil 2. Kurutulmuş Numunelerin Rehidrasyon Değerleri

Tüm voltaj değerlerinde ve geleneksel haşlamada rehidrasyondaki ağırlık kaybının büyük bir bölümü rehidrasyonun ilk 30dak'sında gerçekleşmiştir. Varyans analizlerine göre ilk 30dak'lık periyot istatistiksel açıdan

önemli düzeyde farklılık içermezken ($p>0.05$), 30dak'dan sonraki periyotlarda farklılıklar istatistiksel açıdan önemli düzeyde bulunmuştur ($p<0.05$). Ohmik haşlama uygulanan tüm örneklerin geleneksel haşlamaya kıyasla daha yüksek rehidrasyon kapasitesine sahip olduğu saptanmıştır. Ağırlık kazanımı 60V/cm'de %61.09, 130V/cm'de %89.51, 200V/cm'de %87.81 olarak belirlenmiştir. Geleneksel haşlama ön işlemi ile kurutulan örneklerin ağırlık kazanımları ise %51.86 olarak belirlenmiştir. Bu fark istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Uygulanan Duncan çoklu karşılaştırma testine göre ise rehidrasyon süresi ve ön işlem uygulamasının rehidrasyon kapasitesi üzerindeki etkileri istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

SONUÇ

Limon (*Citrus limonia*), tüketiciler açısından önemi giderek artan ürünler arasında yer almaktadır. Meyvenin sınırlı hasat süresi ve bozulmaya hassas olması muhafazasında sıkıntılara neden olmaktadır. Bu sebeple ürünün işlenerek değerlendirilmesi uzun raf ömürlü ve katma değerli ürünlere dönüşümünü sağlayacaktır. Bu açıdan kurutma literatürde ve sanayide yaygın kullanılan bir muhafaza yöntemidir. Yüksek sıcaklık ve uzun işlem süresi kurutulan ürününün fiziksel ve kimyasal özelliklerinde olumsuz değişmelere neden olabilmektedir. Bu sebeple çalışmada limon kurutmada alternatif bir ön işlem olan ohmik haşlama ile geleneksel sui le haşlama tekniklerinin karşılaştırılması üzerinde durulmuştur.

Sonuçlara göre, çalışılan voltaj aralığında (0,60,130,200V/cm) voltaj değeri arttıkça haşlama süresinin kısaldığı belirlenmiştir. Ohmik haşlama ön işlemi ile kurutulan limon numunelerinin geleneksel haşlama ön işlemi ile kurutulan limon numunelerine kıyasla daha düşük su aktivitesi ve yığın yoğunluğuna sahip olduğu, ayrıca rehidrasyon kapasitesi ve renk değerlerinin (L^* ve b^* değeri) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu açıdan limon kurutmada ohmik haşlama, geleneksel haşlamaya iyi bir alternatif olarak düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Allali, H., Marchal, L., & Vorobiev, E. (2010). Blanching of strawberries by ohmic heating: Effects on the kinetics of mass transfer during osmotic dehydration. *Food and Bioprocess Technology*, 3:406-414.
- Bhat, S., Saini, C., Kumar, M., & Sharma, H. (2019). Peroxidase as indicator enzyme of blanching in bottle gourd (*Lagenaria Siceraria*): Changes in enzyme activity, color and morphological properties during blanching. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(8):1-11.
- Dağdelen, C. (2019). Dondurulmuş sebze üretiminde ohmik ısıtma ön işleminin kalite üzerine etkisi. Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 46s.
- Dar, A.H., Shams, R., Rivzi, Q.E.H. & Majid, I. (2020). Microwave and Ohmic heating of fresh-cut fruits and vegetable products, in :Fresh-Cut Fruits and Vegetables: Technologies and Mechanisms for Safety Control, Academic Press, p:295-337. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816184-5.00013-6>.
- Dhanavade, M.J., Jalkute, C.B., Ghosh, J.S., & Sonawane, K.D. (2011). Study antimicrobial activity of lemon peel extract. *British Journal of Pharmacology and Toxicology*, 2(3):119-122.
- Doboğlu, H., & Çınar, İ. (2012). Liyofilizasyonun Karadut (*Morus nigra*) kurutmadaki potansiyelinin belirlenmesi. *Akademik Gıda*, 10(2):40-47.
- Erkek, P. (2006). Özdirenç ısıtma sistemi tasarımı ve farklı çözünen konsantrasyonu ile voltaj uygulamasının özdirenç ısıtmaya etkisi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 80s.
- Farahnaky, A., Azizi, R., & Gavahian, M. (2012). Accelerated texture softening of some root vegetables by ohmic heating. *Journal of Food Engineering*, 275-280.
- Gomes, C.F., Sarkis, J.R., & Marczak, L.D. (2018). Ohmic blanching of tetsukabuto pumpkin: Effects on peroxidase inactivation kinetics and color changes. *Journal of Food Engineering*, 233:74-80.
- He, F., Qian, Y., & Qian, M. (2018). Flavor and chiral stability of lemon flavored hard tea during storage. *Food Chemistry*, 622-630.
- Hosainpour, A., Darvish, H., Nargesi, F., & Fadavi, A. (2014). Ohmic pre-drying of tomato paste. *Food Sci Technol Int.*, 20(3):193-204.

- İçier, F. (2010). Ohmic blanching effects on drying of vegetable byproduct. *Journal of Food Process Engineering*, 33:661-683.
- İçier, F., Yıldız, H., & Baysal, T. (2006). Peroxidase inactivation and colour changes during ohmic blanching of pea puree. *Journal of Food Engineering*, 74:424-429.
- İçier, F. (2003). Gıdaların ohmik ısıtma yöntemiyle ısıtılmasının deneysel ve kuramsal olarak incelenmesi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 245s.
- Jan. S., Khan A.L., Bashir K. & Jan K. (2021). Ohmic processing of plant-related food products: A comprehensive review. *Innovative Food Processing Technologies*, 699-705.
- Kawaii, S., Yasuhiko, T., Eriko, K., Kazunori, O., Masamichi, Y., Meisaku, K., Chihiro, I., & Hiroshi, F. (2000). Quantitative study of flavonoids in leaves of citrus plants of agricultural and food chemistry. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 3865-3871.
- Kırmızııkaya, E.S. (2016). Ispanak(*Spinaciaoleracea*) ve ısırgan otu (*Urticadioica*) kurutmada halojen ısıtıcılı ve konvektif sistemlerin kıyaslanması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 69s.
- Kumar, A., Begum, A., Hoque, M., Hussain, S., & Srivastava, B. (2021). Textural degradation, drying and rehydration behaviour of ohmically treated pineapple cubes. *LWT* , 110988.
- Kutlu, N., Yılmaz, M., Arslan, H., İşci, A., & Sakiyan, O. (2018). The effect of ohmic heating pretreatment on drying of apple. 21st International Drying Symposium, 11-14.
- Lele, S., Zhao, Y., Zou, B., Li, X. & Dai, R. (2021). Ohmic heating in fruit and vegetable processing: Quality characteristics, enzyme inactivation, challenges and prospective. *Trends in Food Science and Technology*, 118:601-616.
- Makroo, H., Rastogi, N., & Srivastava, B. (2016). Enzyme inactivation of tomato juice by ohmic heating and its effects on physico-chemical characteristics of concentrated tomato paste. *Journal of Innovative Food Process Engineering*, 1-10.
- Mesias, M., Wagner, M., George, S., & Morales, F. (2016). Impact of conventional sterilization and ohmic heating on the amino acid profile in vegetable baby foods. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* , 24-28.
- Müller, W.A., Marczak, L.D.F. & Sarkis J.R. (2020). Microbial inactivation by ohmic heating: Literature review and influence of different process variables. *Trends in Food Science and Technology*, v:99, p:650-659.
- Norouzi, S., Fadavi, A. & Darvishi, H. (2021). The ohmic and conventional heating methods in concentration of sour cherry juice: Quality and engineering factors. *Journal of Food Engineering*, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110242>.
- Poojitha, P., & Athmaselvi, K. (2020). Effect of ohmic blanching on drying kinetics, physicochemical and functional properties of garlic powder. *Journal of Food Science and Technology*, <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04676-z>.
- Rodrigues, R.M., Vincente, A.A., Teixeira, A.J. & Pereira, R.N. (2021). Ohmic heating-An emergent Technology in innovative food processing. In Sustainable Production Technology in Food (Edited by Lorenzo, J.M., Munekeata, P.E.S. & Barba, F.J), Academic Press, p:107-123.
- Sarkis, J.R., Jaeschke, D.P., Tessaro, I.C. & Marczak, L.D.F. (2013). Effects of ohmic and conventional heating on anthocyanin degradation during the processing of blueberry pulp. *LWT- Food Science and Technology*, 51:79-86.
- Sensoy, I., & Sastry, S. K. (2007). Ohmic blanching of mushrooms. *Journal of Food Process Engineering*, 27(1):1-15.
- Soghani, B.N., Azadbakht, M., & Derviş, H. (2018). Ohmic blanching of white mushroom and its pretreatment during microwave drying. *Heat and Mass Transfer*, 54:3715-3725.

Topçu, A. M. (2020). Bazı limon (*Citrus limon L.*) çeşitlerinin kalitesi üzerine farklı hasat sonrası uygulamalarının etkisi. Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 70s.

Vilaplana, A.G., Valentao, P., Moreno D.A., Ferreres, F., Viguera, C.G., & Andrade, P.B. (2012). New beverages of lemon juice enriched with the exotic berries maqui, açai, and blackthorn: Bioactive components and in vitro biological properties. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 60(12), 6571–6580.

Wattanayon, W., Udompijitkul, P. & Kamonpatana, P. (2021). Ohmic heating of a solid-liquid food mixture in an electrically conductive package. *Journal of Food Engineering*, 289:110-118.

Xiao, H.W., Pan, Z., Deng, L. Z., Mashadd, H.M., Yang, X. H., Mujumdare, A. S., Gao, Z.J., & Zhang, Q., (2017). Recent developments and trends in thermal blanching: A comprehensive review. *Information Processing in Agriculture*, 4(2):101-127.

Yılmaz, L., & Elmacı, Y. (2018). Polifenol oksidaz enzimi ve inaktivasyon yöntemleri. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(3):333-345.