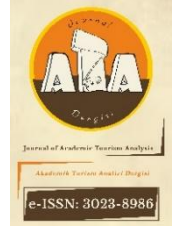




Journal of Academic Tourism Analysis

Akademik Turizm Analizi Dergisi

JournalATA.com



A Study on the Use of Ohmic Heating Technique in Cooking Foods

Ohmik Isıtma Tekniğinin Gıdaların Pişirilmesinde Kullanımı Üzerine Bir İnceleme

Zeliha KAYA^{1,*}

ARTICLE INFO

Review Article

Article history:

Received : November 15, 2024

Revised : December 13, 2024

Accepted : December 16, 2024

Available : December 31, 2024

Keywords:

Ohmic Heating

Electrical Conductivity

Food

Cooking

MAKALE BİLGİSİ

İnceleme Makalesi

Makale Süreci:

Gönderim : 15 Kasım 2024

Düzeltilme : 13 Aralık 2024

Kabul : 16 Aralık 2024

Yayımlanma : 31 Aralık 2024

Anahtar Kelimeler:

Ohmik Isıtma

Elektriksel İletkenlik

Gıda

Pişirme

ABSTRACT

In recent years, the demand for innovative cooking methods has grown due to consumer preferences for healthier, minimally processed foods with higher nutritional quality. Ohmic heating has emerged as a promising alternative to traditional cooking techniques. This study examines the principles, advantages, and applications of ohmic heating in food preparation, contrasting it with conventional methods. Unlike surface-based heating in traditional techniques, ohmic heating generates heat uniformly by-passing electrical currents directly through the food, enhancing both energy efficiency and cooking uniformity. Key benefits include reduced cooking times, better retention of nutritional and sensory qualities, and suitability for environmentally sensitive applications, making it a "green technology." Despite its advantages, ohmic heating has limitations, such as challenges posed by the heterogeneous electrical properties of food and the need for precise electrode materials to prevent contamination. Empirical studies highlighted in this review demonstrate the effectiveness of ohmic heating in diverse food applications, such as meat, rice, and legumes, showing improved textural and microbiological qualities compared to traditional methods. However, further research is required to optimize system control and expand its industrial usability. This study underscores ohmic heating's potential as an innovative, efficient, and sustainable technique for the food industry.

ÖZ

Son yıllarda, tüketicilerin daha sağlıklı, daha az işlenmiş ve daha yüksek besin kalitesine sahip gıdalara yönelik tercihleri nedeniyle yenilikçi pişirme yöntemlerine olan talep artmıştır. Ohmik ısıtma, geleneksel pişirme tekniklerine umut verici bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Bu çalışma, gıda hazırlamada ohmik ısıtmanın prensiplerini, avantajlarını ve uygulamalarını geleneksel yöntemlerle karşılaştırarak incelemektedir. Geleneksel tekniklerdeki yüzey bazlı ısıtmanın aksine ohmik ısıtma, elektrik akımlarını doğrudan gıdanın içinden geçirek eşit ısı üretir ve hem enerji verimliliğini hem de pişirme homojenliğini artırır. Temel faydaları arasında pişirme sürelerinin kısalması, besleyici ve duysal niteliklerin daha iyi korunması ve çevreye duyarlı uygulamalar için uygunluğu yer alır ve bu da onu "yeşil bir teknoloji" haline getirir. Avantajlarına rağmen ohmik ısıtmanın, gıdanın heterojen elektriksel özelliklerinden kaynaklanan zorluklar ve kontaminasyonu önlemek için hassas elektrot malzemelerine duyulan ihtiyaç gibi sınırlamaları vardır. Bu derlemede vurgulanan deneysel çalışmalar, et, pirinç ve baklagiller gibi çeşitli gıda uygulamalarında ohmik ısıtmanın etkinliğini göstermekte ve geleneksel yöntemlere kıyasla gelişmiş dokusal ve mikrobiyolojik nitelikler ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, sistem kontrolünü optimize etmek ve endüstriyel kullanılabilirliğini genişletmek için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Bu çalışma, ohmik ısıtmanın gıda endüstrisi için yenilikçi, verimli ve sürdürülebilir bir teknik olma potansiyelinin altını çizmektedir.

1. GİRİŞ

Günümüz tüketicilerinin daha sağlıklı beslenme eğilimi, yüksek kalitede ürünler tüketme isteği, ekolojik kaygılar ve geleneksel ısıtma tekniklerinin enerji verimliliğinin düşük olması gibi nedenlerle gıdaların işlenmesinde yeni tekniklerin uygulanmasına yönelik arayışlar ortaya çıkmıştır (Pereira & Vicente, 2010). Tüketicilerin yeni teknolojilerden beklentisi, güvenli, sağlıklı ve minimal işlem görmüş gıdaların üretilmesidir. Önceleri, gıdalar evde hazırlanmak üzere daha çok işlenmeden tüketiciye sunulmaktaydı. Günümüz şartlarında insanlar daha çok işlenmiş gıdalar satın almaktadır. Gıdalara uygulanan geleneksel ısıl işlemlerin amacı mikrobiyal yükü azaltmak, enzimleri, toksinleri yok ederek gıdaların raf ömrünü uzatmaktır. Geleneksel ısıtma teknikleri, gıdaları mikrobiyolojik açıdan güvenli hale getirirse de gıdalarda bazı besinsel kayıplara; tat, aroma, görünüş gibi duysal özelliklerde bozulmalara

¹ Asst. Prof., Department of Gastronomy and Culinary Arts, Tourism Faculty, Giresun University, TÜRKİYE

Dr. Öğr. Üyesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Turizm Fakültesi, Giresun Üniversitesi, TÜRKİYE

* Corresponding author

Sorumlu yazar



Journal ATA is licensed under CC BY-NC 4.0.

ATA Dergisi CC BY-NC 4.0 ile lisanslanmıştır.

ORCID

0000-0002-3285-9659



zeliha.kaya@giresun.edu.tr



10.5281/zenodo.14582906

neden olmaktadır (Varghese vd., 2014). Bu kayıpları en aza indirmek ve daha kaliteli gıdalar tüketebilmek adına son yıllarda geleneksel pişirme tekniklerine alternatif farklı pişirme teknikleri ilgi görmektedir. Bunların başında mikrodalga ve sous-vide pişirme teknikleri gelmektedir. Son yıllarda, tüketicilerin yüksek kalite özelliklerine sahip ürün isteğini karşılayan ve bunun yanında geleneksel ısıtma tekniklerine göre yüksek enerji verimliliğine sahip olan ohmik ısıtma tekniği de geleneksel işleme yöntemlerine alternatif olarak değerlendirilmektedir (Kaya & İçier, 2019).

Ohmik ısıtma, sistemden elektriksel alternatif akım geçirilerek gıdanın devreyi tamamlayan bir parça olarak elektriksel dirence bağlı ısıtılması ilkesine dayanan elektriksel ısıtma tekniği şeklinde tanımlanmaktadır (İçier, 2003). Ohmik ısıtma esnasında elektriksel enerjinin termal enerjiye dönüşmesi söz konusudur. Isıtılacak gıdalar, en az 2 adet elektrodun bulunduğu elektriksel alan içinde, doğrudan temas ettikleri elektrotlardan gelen elektrik akımının üzerlerinden geçişi sırasında, gelen akıma karşı gösterdikleri direnç miktarıyla orantılı bir şekilde ısınırlar (Jaeger vd., 2016). Ohmik ısıtma, gıdayla direkt temas halindeyken ısıtma işlemi gerçekleştirilmesi yönüyle, mikrodalga ve indüksiyon ısıtma tekniklerinden ayrılmaktadır (Kaur & Singh, 2016). Ohmik ısıtma tekniği, gıdalarda hızlı ve eşit bir ısıtma sağlamaktadır.

Bu çalışmada, ohmik ısıtma tekniğinin çalışma prensibinden, avantaj ve dezavantajlarından bahsedilmesi ve gıdaların pişirilmesinde ohmik ısıtma kullanımıyla ilgili yapılan çalışmaların incelenmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda, ohmik ısıtma ile pişirme teknolojisi üzerine literatürde yer alan çalışmalar incelenmiştir. Araştırma, geleneksel pişirme tekniklerine iyi bir alternatif olabileceği düşünülen ohmik pişirme tekniğinin gastronomi alanında kullanılabilirliğinin yaygınlaşması açısından önem arz etmektedir. Bu çalışma için etik kurul onayı gerekmemektedir.

2. YAZIN İNCELEMESİ

2.1 Modern Pişirme Teknikleri

Son yıllarda, gıdaların besin değerlerinin daha iyi korunabilmesi ve pişirme işlemlerinin daha kısa sürede gerçekleştirilebilmesi adına geleneksel pişirme yöntemlerinin dışında mikrodalga, sous vide ve ohmik ısıtma ile pişirme gibi tekniklere ilgi artmıştır. Mikrodalga fırınlarda çeşitli frekanslarda elektromanyetik enerji kullanılarak besinler ısıtılmakta, pişirilmekte ve kurutulmaktadır. Mikrodalga fırınlar az miktarda ürünün işlenmesine uygun şekilde tasarlanmış cihazlardır ve büyük/fazla miktarlardaki besinler için kullanımı sınırlıdır (Puligundla vd., 2013). Bu teknikte, mikrodalgalar magnetron adı verilen elektronik tüpler tarafından üretilmekte ve dağıtıcı fanlar yardımıyla fırın içerisine yayılmaktadır. Bu fırınların metal yüzeyleri tarafından yansıtılan mikrodalgaları besinler emmektedir. Mikrodalgaların etkisiyle gıdalarda bulunan su molekülleri titreşir ve moleküllerin sürtünmesi sonucu açığa çıkan ısı gıdaları pişirir (Ağagündüz & Bilici, 2016). Mikrodalga fırınların geleneksel fırınlara kıyasla bazı avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. En önemli avantajı zaman ve enerji tasarrufu sağlıyor olmasıdır. Fakat mikrodalga pişirme tekniği bazı gıdalarda homojen olmayan pişmeye neden olabilmektedir ve mikrodalga fırınlarda pişirilen gıdaların lezzeti, geleneksel yöntemlerle pişirilenlere göre daha az olabilmektedir. Aynı zamanda insanların hatalı kullanımından kaynaklanabilecek bazı sağlıksal risklerin de bulunduğu bildirilmektedir (Ahmed & Ramaswamy, 2020; Ağagündüz & Bilici, 2016).

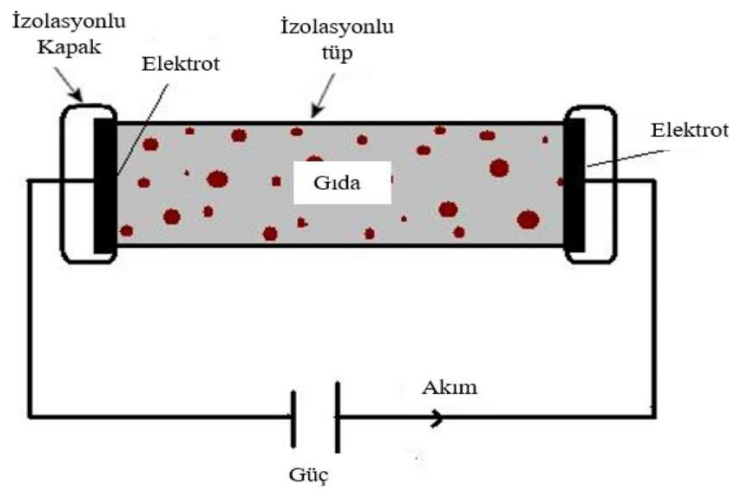
Sous vide tekniği gıdaların vakumlu ambalajlarda tam olarak kontrol edilebilen sıcaklıklarda pişirilmesine olanak sağlayan bir teknolojidir (Schellekens, 1996). Sous vide pişirmede gıdalar ısıya dayanıklı poşetlere konulduktan sonra vakum uygulanır ve poşetlerin ağzı kapatılır. Vakumlanan poşetler sıcaklıkları tam olarak kontrol edilebilen ve içerisinde su sirkülasyonu gerçekleşen pişirme kabına alınır. Pişirilecek gıdaya uygun süre-sıcaklık kombinasyonu seçilir ve pişirme işlemi gerçekleştirilir. Süre sonunda gıdalar doğrudan tüketilebildiği gibi tava veya ızgarada kızartma işlemi uygulandıktan sonra da tüketilebilmektedir (Haskaraca & Kolsarıcı, 2013). Bu pişirme tekniğinde sıcaklık, gıdanın tüm kısımlarına eşit dağıldığından homojen bir pişirme sağlanır. Bu teknikte, sıcaklığın tam anlamıyla kontrol edilebilir olması ise geleneksel yöntemlere kıyasla çok daha hassas ve tekrarlanabilir pişirme dereceleri elde etme olanağı sağlamaktadır.

Aynı zamanda ürünün tekstürel ve kalite özellikleri zarar görmemekte, dış yüzeyinde aşırı kuruma meydana gelmemektedir. Ürün pişerken sürekli kontrol gerektirmez. Bu teknikle pişirilen gıdalar soğutulup muhafaza edilmeye ve sonrasında ısıtılarak servis edilmeye de uygundur. Tüm bu avantajların yanı sıra sous vide tekniğinin birtakım dezavantajları da mevcuttur. Örneğin, pişirme için gerekli materyaller her mutfakta bulunmayabilir ve bu materyallerin temini ek maliyet gerektirir. Pişirmede düşük sıcaklıklar tercih edildiğinden gıdaların pişmesi uzun saatler sürebilmektedir. Buna yanı sıra et ve et ürünleri de düşük sıcaklıklarda pişirildiğinden, arzu edilen kahverengi renk oluşumu gözlenmez (Church & Ghazala, 1998; Garcia-Linares vd., 2004; Haskaraca & Kolsarıcı, 2013). Ohmik ısıtma, ürün içinden elektrik akımı geçirilmesi ve gıdanın bu akıma karşı gösterdiği direnç ile ısınması prensibine dayanan bir teknolojidir (Külcü vd., 2018).

2.2. Ohmik Isıtma

Ohmik ısıtma, elektriksel direnç gibi davranan gıda maddesinin içinden elektrik akımı geçirilerek ısıtıldığı gelişmiş bir ısıtma işlemi tekniğidir. Ohmik ısıtmanın yeni bir teknik olmayıp 20. yüzyıldan beri kullanıldığı

bilinmektedir. Bu teknik literatürde; direkt elektriksel direnç ısıtma, elektriksel direnç ısıtma, eletro-ısıtma, elektro-kondüktif ısıtma ve joule ısıtma olarak da geçmektedir (Külcü vd., 2018). Joule yasası bir direnç üzerinden geçen elektrik akımının direncin içinde ısı oluşumuna neden olduğunu belirtmektedir. Ohmik ısıtma işleminde, direnç görevindeki gıda maddesinden alternatif akım geçirilir ve gıda elektrik enerjisinin dağılmasıyla ısınır. Bu aşamada elektrik enerjisi ısı enerjisine dönüşmektedir (Kaya & İçier, 2019). Ohmik ısıtmanın etkinliği, sistemdeki ısı üretim hızına, gıdanın elektriksel iletkenliğine, elektrik alan şiddetine ve uygulama süresine bağlıdır (Varghese vd., 2014). Bu sistemde ısıtma işlemi uygulamasında en önemli faktörlerden biri ısıtılan gıdanın elektriksel direnci ve bu direncin sıcaklığa bağlı olarak sergilediği değişimdir (Kaur & Singh, 2016). Gıdanın sıcaklığı arttıkça elektriksel direnç azalmakta, bu da ısıtma süresinin uzamasına neden olmaktadır (Sakr & Liu, 2014). Uygulamada elektriksel alan kuvveti arttıkça daha yüksek elektrik iletkenliğine ulaşılmakta ve yükselen elektriksel iletkenlik sayesinde ısınma daha hızlı gerçekleşmektedir (Kaur & Singh, 2016). Ohmik ısıtmanın homojen ve etkin bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için gıdanın boyutu, şekli ve konsantrasyonu da dikkate alınmalıdır (Chen, 2015). Gıdanın partikül konsantrasyonu arttıkça iyonik hareketlilik yavaşlamakta ve bu da elektriksel iletkenliğin zayıflamasına neden olmaktadır. Bu nedenle yüksek yoğunluklu ve yüksek özgül ısılarla sahip ürünler bu teknikle daha yavaş ısınmaktadır. Sıvı gıdalarda da viskozite, ohmik ısıtma etkinliği üzerinde etkilidir. Yüksek viskoziteli sıvılar düşük viskoziteli olanlara göre ohmik yöntemle daha hızlı ısınmaktadır (Marcotte vd., 2000; Silva vd., 2017). Genel olarak ohmik ısıtma sistemi bir güç kaynağı, elektrotlar, ısıtma hücresi, mikroişlemci ve bilgisayardan oluşmaktadır (Gavahian & Farahnaky, 2018).



Şekil 1. Ohmik ısıtma işleminin Şematik Gösterimi (Baysal vd., 2011)

2.3. Ohmik ısıtmanın Avantajları ve Dezavantajları

Gıdaların pişirilmesinde geleneksel yöntemlere alternatif olan ohmik ısıtma tekniği ile pişirme teknolojisinin diğer yöntemlerle kıyaslandığında bazı avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Avantajları şu şekilde sıralanabilir (Richardson, 2001; İncedayı vd., 2019):

- Geleneksel yöntemlere alternatif bir diğer pişirme tekniği olan mikrodalga pişirmenin aksine nüfuz derinliği sınırlaması yoktur ve içten-hacimsel ısıtma sağlanır. Bu sayede, gıdada büyük sıcaklık farkları oluşmadan ve karıştırmaya gerek duyulmadan hem sıvı hem katı fazlarda aynı anda çok daha düzgün ve eşit bir ısıtma sağlanır.
- Geleneksel yöntemlerle ulaşılması çok güç ya da imkânsız sıcaklıklara çok hızlı ulaşılır (1°C/s).
- Gıdaların ısı transferi katsayıları bu ısıtma tekniğinde ısınma için sınırlandırıcı faktör değildir. Isı transfer yüzeyine ihtiyaç duyulmadan ısı enerjisi doğrudan ürün içinde üretilir.
- Pişirilen gıdaların yüzeyinde yanma veya sıcak nokta oluşumu gözlenmez. Bu da ohmik ısıtmayı sıcaklık artışlarına hassasiyet gösteren gıdaların işlenmesinde de kullanılabilir kılmaktadır.
- Akım kesildiği anda ısı transferinin son bulması proses kontrolünü kolaylaştırmaktadır.
- Enerji verimi oldukça yüksek bir tekniktir (%90).
- Sessiz ve çevre dostu bir sistem olması nedeniyle ‘green technology’ olarak adlandırılan teknolojiler arasındadır.
- Ohmik ısıtma tekniğinin dezavantajları ise şu şekilde sıralanabilir (Richardson, 2001; İbicek, 2006; İncedayı vd., 2019):
- Gıdaların elektrik özelliklerinin heterojenliği pişirme kalitesini etkiler. Aynı zamanda gıdaların elektrik direncinin sıcaklıkla azalmasına bağlı olarak ısıtma işleminde sıcaklık yükseldikçe verimin düşmesine neden olur.
- Gıdanın içinde yüksek elektrik iletken (metal) ve yalıtkan (yağ, kemik, buz vb.) kısımlar var ise bu bölgelerde ısıtma sağlanamaz.

- Gıdaların yüzeyinde pişirme sırasında meydana gelen ve istenmeyen esmerleşme reaksiyonları etkin olarak görülemez.
- Farklı gıdalar farklı elektriksel iletkenliklere sahip olduğundan pişirilecek gıdanın özgün özelliklerine bağlı bir tasarım gerektirmektedir.
- Elektrot malzemesinin uygun niteliklerde seçilmesi ciddi öneme sahiptir. Aksi takdirde, elektrotlarda meydana gelen korozyon sonucu gıdaya geçiş yapan metal iyonları, toksik etkilere neden olabilmektedir.
- Elektrik alan ve sıcaklığın birlikte çözümünü gerektirdiğinden modellenmesi zor bir proses olarak nitelendirilir.
- Sistemin sürekli izlenmesi ve kontrol edilmesi gerekmektedir.

2.4. Ohmik Isıtma Teknolojisinin Kullanım Alanları

Ohmik ısıtma teknolojisi oldukça geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bunlar: pişirme, evaporasyon, haşlama, pastörizasyon, kurutma, fermentasyon, sterilizasyon, ekstraksiyon ve çözündürme şeklinde sıralanabilir. Bu işlemler için ohmik ısıtma sistemlerinin kullanımıyla gıdada ısı artışı kısa sürede ve kitlesel bir şekilde gerçekleştiği için ürünün rengi, dokusu, aroması ve lezzeti korunurken, mikrobiyal olarak güvenli hale getirilmesi de kolaylaşmaktadır. Geleneksel yöntemlere kıyasla, ohmik ısıtma teknolojisi kullanılarak yapılan pastörizasyon ve sterilizasyon işlemlerinde gıdanın besin değerlerinin daha iyi korunduğu bildirilmiştir (Achir vd., 2016; Cho vd., 2016). Yapılan çalışmalarda; pişirme, haşlama, çözündürme gibi işlemlerde gıdaya uygun gerilim ve güç değerleri uygulanırsa tekstürel kalitenin korunduğu da gözlenmiştir (Farahnaky vd., 2012; Kanjanapongkul, 2017). Donmuş ürünleri çözdürmek için ohmik sistemler kullanıldığında ise gıda dokusunun zarar görmediği, nem kaybının az olduğu, renk ve aroma özelliklerinin diğer yöntemlere göre daha iyi korunduğu görülmüştür (Çelebi ve İçier, 2014; Liu vd., 2017).

İçier (2010) çalışmasında enginarı aynı sıcaklık değerinde ohmik sistem kullanarak ve geleneksel yöntem ile haşlamış, geleneksel yönteme kıyasla ohmik haşlama işlemiyle enginarda C vitamini kaybının daha az olduğunu ve haşlama sonrası örneklerde kalan fenolik bileşen içeriğinin daha fazla olduğunu rapor etmiştir. Bozkurt ve İçier (2010) kıymayı ohmik pişirme ve geleneksel pişirme teknikleri ile pişirmişlerdir ve ohmik pişirmenin geleneksel pişirmeden daha hızlı gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Ohmik olarak pişirilen örneklerin geleneksel pişirilenlerden daha sert olduğunu ancak verim ve yağ tutulumu değerlerinin benzer olduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte hacim küçülmesinin ohmik pişirmede çok daha az olduğunu ve tüm bunlar göz önüne alındığında ohmik pişirmenin et ürünleri için hızlı bir alternatif yöntem olabileceğini rapor etmişlerdir.

Kanjanapongkul (2017) çalışmasında, yasemin pirincini ohmik ısıtma teknolojisi ile pişirmiş ve pirincin şişme davranışını, elektriksel iletkenliğini, su difüzyonunu ve pişirme enerjisini incelemiştir. 80°C'den yüksek sıcaklıklarda suyun pirinç tanelerinin içinde daha hızlı yayıldığını ve pirinç tanelerinin daha hızlı şiştiğini gözlemlemiştir. Daha yüksek elektrik alan şiddetinin de difüzyon hızını artırdığını belirtmiştir. Ohmik ısıtma ile pişirme esnasında tüketilen enerjinin, elektrikli bir pişiricide tüketilen enerjinin 1/4'ü kadar olduğunu ve pişirme süresinin de 17-18 dakika kadar düşük olduğunu bildirmiştir. Bunun yanı sıra, elektrikli pişiriciden farklı olarak ohmik pişirme sonrasında pişirme kabındaki pirinç tabakasında herhangi bir kirlenme olmadığı da gözlemlenmiştir.

Külcü vd. (2018) çalışmalarında, tavuk göğüs etini ohmik ve mikrodalga pişirme tekniklerini kullanarak pişirmiş ve pişen tavuk etlerini buzdolabında depolama koşullarında mikrobiyolojik olarak incelemiştir. Çalışma sonucunda, ohmik pişirme tekniği ile pişirilen tavuk etlerinde mikrobiyal bozulmanın mikrodalga ile pişirilen etlere göre daha geç başladığını ve bu nedenle ohmik pişirme ile pişirilmiş etlerin daha uzun süre tüketime uygun şekilde muhafaza edilebileceğini bildirmişlerdir.

Ángel-Rendón vd. (2019) domuz etini ohmik pişirme tekniği ve tavada pişirme tekniği ile pişirerek ürünü su tutma kapasitesi, pişirme kaybı ve renk değerleri bakımından kıyaslamışlardır. Çalışma sonucunda, pişirme teknikleri arasında pişirme kaybı açısından önemli bir fark bulunmadığını; ancak renk değişimi ve su tutma kapasitesi bakımından önemli farklar bulunduğunu bildirmişlerdir. Aynı zamanda %2,1'in altındaki tuzlu su ile tuzlanmış domuz eti örneklerinin elektriksel iletkenlik değerinin ohmik pişirme için düşük olduğunu ve bu koşullarda et örneklerinin pişirilmesi için uygun olmadığını belirtmişlerdir. Bu sonuçlar doğrultusunda, gastronomi sektörü için domuz etinin ohmik pişirme tekniği ile pişirilmesinin tavada pişirmeye kıyasla pişirme süresi açısından avantajlı olduğunu ifade etmişlerdir.

Aydın vd. (2021) balık pate yemeğini aynı sıcaklık değerlerinde ohmik pişirme ve geleneksel pişirme teknikleri ile pişirip mikrobiyolojik, duyu ve renk özellikleri bakımından kıyaslamışlardır. Çalışma sonucunda, pastörizasyon süresinin ohmik pişirme tekniği ile geleneksel yönteme göre daha kısa olduğunu ancak mikrobiyal açıdan iki teknikte de pişirilen balık patenin istatistiksel açıdan farklı olmadığını bildirmişlerdir. Renk bakımından L ve a değerlerinin iki teknikte de pişirilen balıklarda istatistiksel açıdan farklı bulunmadığını fakat iki patenin de renk değerlerinin çiğ pateye kıyasla önemli ölçüde farklı olduğunu belirtmişlerdir. Pişirme işlemi sonrasında ohmik pişirme tekniği ile pişirilen patenin görünüş, renk ve koku puanının geleneksel yöntemle pişirilen pateden yüksek olduğunu rapor etmişlerdir.

Tunç vd. (2022) çalışmalarında, ohmik ısıtma destekli vakum buharlaştırma yönteminin pekmez üretiminde kullanımını araştırmışlardır. Geleneksel vakum buharlaştırma yöntemi ve farklı voltaj gradyanlarında ohmik ısıtma destekli vakum buharlaştırma yöntemini kullanarak ürettikleri pekmezleri; bazı fizikokimyasal özellikleri, HMF (5-hidroksimetilfurfural) içerikleri ve enerji tüketimleri açısından karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, enerji tüketiminin geleneksel vakum buharlaştırma yönteminde tüm voltaj gradyanlarında ohmik destekli vakum buharlaştırma yöntemine göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. İki yöntem arasında HMF içerikleri açısından önemli bir fark olmadığını, ohmik ısıtma destekli vakum buharlaştırma sisteminin pekmez üretiminde geleneksel ısıtmaya alternatif olabileceğini rapor etmişlerdir.

Tumpanuvat ve Jittanit (2024) kahverengi pirinç ve bazı bakliyatları ohmik ısıtma tekniği ile pişirmişlerdir. Çalışma sonucunda, tüm örneklerin elektriksel iletkenliklerinin ohmik ısıtma için yeterli olduğunu ve ohmik yöntem kullanılarak pişirilen örnek karışımların antioksidan aktiviteleri ile kalsiyum, fosfor ve potasyum içeriklerinin geleneksel yöntemle pişirilenlere göre önemli ölçüde yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Aynı zamanda, bakliyatların geleneksel yöntemle pişirilmesinde haşlama gibi ön işlemlere gerek duyulurken ohmik ısıtma ile ön işleme gerek kalmadan pişirilebildiklerini belirtmişlerdir.

3. SONUÇ

Ohmik ısıtma, gıda teknolojisinde yenilikçi bir yaklaşım olarak geleneksel pişirme yöntemlerine kıyasla belirgin avantajlar sunmaktadır. Geleneksel yöntemler genellikle yüzeyden merkeze doğru bir ısı transferine dayalı olduğundan, bu durum bazı besin kayıplarına, renk ve doku değişikliklerine yol açmaktadır. Ancak ohmik ısıtma teknolojisinde, elektriğin doğrudan gıdanın içerisinden geçirilmesiyle ısınma sağlandığı için sıcaklık homojen bir şekilde dağılarak daha hızlı ve etkili bir pişirme sağlamaktadır. Bununla birlikte, ohmik ısıtmanın en önemli avantajlarından biri, enerji verimliliğinin yüksek olmasıdır ve bu sayede ohmik ısıtma çevre dostu bir teknoloji olarak öne çıkmaktadır. Ohmik ısıtma ile pişirilen gıdalarda mikrobiyal güvenlik sağlanırken besin değeri kayıpları da en aza indirilmektedir.

Ohmik ısıtma teknolojisinin bir diğer avantajı ise yüzeyde yanma veya sıcak noktaların oluşumunun gerçekleşmemesidir. Bu durum, özellikle hassas gıdalar için önemlidir. Ancak ohmik ısıtmanın dezavantajları da bulunmaktadır. Özellikle gıdaların elektrik iletkenliği ve direnç özelliklerindeki heterojenlikler, pişirme kalitesini etkileyebilmektedir. Gıda içerisinde az iletken veya yalıtkan bölgeler varsa homojen bir pişirme elde etmek zorlaşabilmektedir. Ayrıca doğru elektrot malzemesinin seçilmemesi durumunda, gıda güvenliği açısından risk oluşturabilecek metal iyonları gıdalara geçebilmektedir.

Çeşitli gıdalarda yapılan araştırmalar, ohmik ısıtmanın farklı uygulama alanları için potansiyel taşıdığını göstermektedir. Et, sebze, tahıl ve meyve gibi çeşitli gıda ürünlerinde yapılan deneysel çalışmalar, ohmik ısıtmanın dokusal ve duyu kaliteyi koruma açısından geleneksel yöntemlere göre daha etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Örneğin, et ürünlerinde mikrobiyal bozulmanın geciktiği, pilav ve bakliyat ürünlerinde ise pişirme süresinin kıaldığı gözlenmiştir. Bu durum, ohmik ısıtmanın özellikle gastronomi ve gıda işleme endüstrisi için umut vadeden bir yöntem olduğunu düşündürmektedir.

Mevcut araştırmalar, ohmik ısıtmanın farklı gıda gruplarında verimli bir pişirme sağlayabildiğini gösterse de bu teknolojinin daha geniş bir alanda uygulanabilmesi için elektriksel özellikler ve sistem kontrolü alanlarında daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Gıda işleme endüstrisi, sürdürülebilir ve sağlıklı pişirme yöntemleri arayışında ohmik ısıtma tekniğine yönelik ilgiyi artırmakta olup gelecekte bu teknolojinin daha yaygın bir kullanım alanına sahip olması beklenmektedir.

DESTEK VE TEŞEKKÜR BEYANI

Bu çalışma, hiçbir kamu, ticari veya kar amacı gütmeyen kurum ya da kuruluştan herhangi bir finansman desteği almamıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarın, herhangi bir kurum veya kuruluş ile finansal çıkar içeren bir ilişkisi veya katılımı (hibe, eğitim bursları, konuşmacı bürolarına katılım, üyelik, istihdam, danışmanlık, hisse senedi sahipliği veya diğer özkaynak payları, uzman tanıklığı veya patent lisans düzenlemeleri); bu çalışmada tartışılan konu veya materyallerle ilgili mali olmayan çıkarları (kişisel veya mesleki ilişkiler, bağlantılar, kanaatler veya inançlar gibi) bulunmamaktadır.

YAZARLIK KATKI BEYANI

Kaya, Z.: Kavramsallaştırma, Yazın taraması, Yöntem, Veri Toplama, Analiz ve yorumlama, Yazma - orijinal taslak hazırlama, Yazma - gözden geçirme ve düzenleme, Nihai onayın verilmesi.

ETİK BEYAN

Akademik Turizm Analizi Dergisi (ATA Dergisi) **Etik İlkeler ve Yayın Politikası** doğrultusunda, bu çalışma için etik kurul onayına ihtiyaç duyulmamaktadır.

YAPAY ZEKA KULLANIM BEYANI

Akademik Turizm Analizi Dergisi (ATA Dergisi) **Etik İlkeler ve Yayın Politikası** doğrultusunda, bu çalışmanın hiçbir aşamasında yapay zeka araçları kullanılmamıştır.

KAYNAKÇA

- Achir, N., Dhuique-Mayer, C., Hadjal, T., Madani, K., Pain, J. P., & Dornier, M. (2016). Pasteurization of Citrus Juices with Ohmic Heating to Preserve the Carotenoid Profile. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 33, 397-404.
- Ağagündüz, D., & Bilici, S. (2016). Mikrodalga Fırınlarda Isıl İşlem Uygulamalarının Besin Değeri ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 44(3), 289-297.
- Ahmed, J., & Ramaswamy, H. S. (2020). Microwave Pasteurization and Sterilization of Foods. In *Handbook of Food Preservation* (pp. 713-732). CRC Press.
- Ángel-Rendón, S. V., Filomena-Ambrosio, A., Cordon-Díaz, S., Benítez-Sastoque, E. R., & Sotelo-Díaz, L. I. (2019). Ohmic Cooking: Application of a Novel Technology in Pork and Influences on Water Holding Capacity, Cooking Loss and Colour. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 17, 100164.
- Aydın, C., Kurt, U., & Kaya, Y. (2021). Effect of Cooking Treatment on Microbial, Sensory and Colour Characteristics of Fish Pâté: Comparison of Ohmic and Traditional Cooking Techniques. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 36(2), 253-262.
- Külcü, D. B., Günaydın, İ. N. P., & Aydın, H. K. (2018). Ohmik ve Mikrodalga Pişirme Uygulanmış Tavuk Göğüs Etinin Buzdolabı Şartlarında Depolanması ve Bazı Mikrobiyal Kalite Değişimleri. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 3(1), 7-14.
- Baysal, T., İçier, F., & Baysal, A. H. (2011). Güncel Elektriksel Isıtma Yöntemleri. *Sidas Medya Yayınları*, Çankaya, İzmir.
- Bozkurt, H., & İçier, F. (2010). Ohmic Cooking of Ground Beef: Effects on Quality. *Journal of Food Engineering*, 96(4), 481-490.
- Chen, C. (2015). Ohmic Heating: Conventional and Advanced Food Processing Technologies. Ed.: *Bhattacharya, S.*, 673-690.
- Cho, W. I., Yi, J. Y., & Chung, M. S. (2016). Pasteurization of Fermented Red Pepper Paste by Ohmic Heating. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 34, 180-186.
- Church, I., & Ghazala, S. (1998). The Sensory Quality, Microbiological Safety and Shelf Life of Packaged Foods. *Sous Vide and Cook-Chill Processing for the Food Industry*, (2), 190-205.
- Çelebi, C., & İçier, F. (2014). Ohmic Thawing of Frozen Ground Meat. *Bulgarian Chemical Communications*, 46 (Special issue B), 121-125.
- Farahnaky, A., Azizi, R., & Gavahian, M. (2012). Accelerated Texture Softening of Some Root Vegetables by Ohmic Heating. *Journal of Food Engineering*, 113(2), 275-280.
- Garcia-Linares, M. C., Gonzalez-Fandos, E., Garcia-Fernández, M. C., & Garcia-Arias, M. T. (2004). Microbiological and Nutritional Quality of Sous Vide or Traditionally Processed Fish: Influence of Fat Content. *Journal of Food Quality*, 27(5), 371-387.
- Gavahian, M., & Farahnaky, A. (2018). Ohmic-assisted Hydrodistillation Technology: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 72, 153-161.
- Haskaraca, G., & Kolsarıcı, N. (2013). Sous Vide Pişirme ve Et Teknolojisinde Uygulama Olanakları. *Akademik Gıda*, 11(2), 94-101.
- İbicek, T. (2006). Alternatif Pişirme Yöntemlerinin Araştırılması ve Yeni Hibrid Yöntem Oluşturulması (Doktora Tezi) İstanbul Teknik Üniversitesi.
- İçier, F. (2010). Ohmic Blanching Effects on Drying of Vegetable Byproduct. *Journal of Food Process Engineering*, 33(4), 661-683.

- İçier, F. (2003). Gıdaların Ohmik Isıtma Yöntemiyle Isıtılmasının Deneysel ve Kuramsal Olarak İncelenmesi (Doktora Tezi) Ege Üniversitesi.
- İncedayı, B., Seyhan, B., & Çopur, Ö. U. (2019). Ohmik Isıtma Destekli İşlemlerin Gıdalarda Kullanımı ve Kalite Üzerine Etkisi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(2), 341-354.
- Jaeger, H., Roth, A., Toepfl, S., Holzhauser, T., Engel, K. H., Knorr, D., ... & Steinberg, P. (2016). Opinion on the Use of Ohmic Heating for the Treatment of Foods. *Trends in Food Science & Technology*, 55, 84-97.
- Kanjanapongkul, K. (2017). Rice Cooking Using Ohmic Heating: Determination of Electrical Conductivity, Water Diffusion and Cooking Energy. *Journal of Food Engineering*, 192, 1-10.
- Kaur, N., & Singh, A. K. (2016). Ohmic Heating: Concept and Applications—a Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(14), 2338-2351.
- Kaya, O., & İçier, F. (2019). İndüksiyon ve Ohmik Isıtma İşlemlerinin Gıdalara Uygulanabilirliğinin Karşılaştırılması. *Akademik Gıda*, 17(1), 111-120.
- Liu, L., Llave, Y., Jin, Y., Zheng, D. Y., Fukuoka, M., & Sakai, N. (2017). Electrical Conductivity and Ohmic Thawing of Frozen Tuna at High Frequencies. *Journal of Food Engineering*, 197, 68-77.
- Marcotte, M., Trigui, M., & Ramaswamy, H. S. (2000). Effect of Salt and Citric Acid on Electrical Conductivities and Ohmic Heating of Viscous Liquids. *Journal of Food Processing and Preservation*, 24(5), 389-406.
- Pereira, R. N., & Vicente, A. A. (2010). Environmental Impact of Novel Thermal and Non-Thermal Technologies in Food Processing. *Food Research International*, 43(7), 1936-1943.
- Puligundla, P., Abdullah, S. A., Choi, W., Jun, S., Oh, S. E., & Ko, S. (2013). Potentials of microwave heating technology for select food processing applications-a brief overview and update. *Journal of Food Processing & Technology*, 4(11), 278.
- Richardson, P. (Ed.). (2001). Thermal technologies in Food Processing. *Elsevier*.
- Sakr, M., & Liu, S. (2014). A Comprehensive Review on Applications of Ohmic Heating (OH). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 262-269.
- Schellekens, M. (1996). New Research Issues in Sous-Vide Cooking. *Trends in Food Science & Technology*, 7(8), 256-262.
- Silva, V. L., Santos, L. M., & Silva, A. M. (2017). Ohmic Heating: an Emerging Concept in Organic Synthesis. *Chemistry—A European Journal*, 23(33), 7853-7865.
- Tumpanuvat, T., & Jittanit, W. (2024). Application of Ohmic Heating in Cooking Mixtures of Brown Rice and Whole Grains: Total Phenolic Content, Antioxidant Activities, Vitamin B1, Some Minerals, and Energy Consumption. *International Journal of Food Properties*, 27(1), 431-447.
- Tunç, M. T., Akdoğan, A., Baltacı, C., Kaya, Z., & Odabaş, H. İ. (2022). Production of Grape Pekmez by Ohmic Heating-Assisted Vacuum Evaporation. *Food Science and Technology International*, 28(1), 72-84.
- Varghese, K. S., Pandey, M. C., Radhakrishna, K., & Bawa, A. S. (2014). Technology, Applications and Modelling of Ohmic Heating: a Review. *Journal of Food Science and Technology*, 51, 2304-2317.

EXTENSIVE SUMMARY

Introduction

With today's consumers' tendency to eat healthier, their desire to consume high-quality products, ecological concerns and the low energy efficiency of traditional heating techniques, search for the application of new techniques in food processing has emerged (Pereira & Vicente, 2010). The purpose of traditional heat treatments applied to foods is to reduce microbial load, destroy enzymes and toxins and extend the shelf life of foods. (Varghese et al., 2014). Ohmic heating, which meets the consumer's demand for high-quality products and also has high energy efficiency compared to traditional heating techniques, is seen as an alternative to traditional processing methods (Kaya & İçier, 2019). Ohmic heating is based on the principle that when an alternating current is passed through the system, the food is heated by electrical resistance as a part that completes the circuit (İçier, 2003). During ohmic heating, electrical energy is converted into thermal energy.

Method

This study was planned as a review study. International and national literature on ohmic heating technology and its use in cooking foods was scanned and the results on the subject were reported.

Finding

In recent years, there has been an increase in interest in techniques such as microwave, sous vide and ohmic heating cooking, in order to better preserve the nutritional value of foods and to cook them in a shorter time. In microwave ovens, food is heated, cooked and dried using electromagnetic energy at various frequencies. The sous vide technique is a technology that allows foods to be cooked in vacuum packages at precisely controlled temperatures (Schellekens, 1996).

Ohmic heating is basically an advanced heat treatment technique in which the food material, which acts like an electrical resistor, is heated by passing an electric current through it. The effectiveness of ohmic heating depends on the heat production rate in the system, the electrical conductivity of the food, the electric field strength and the application time (Varghese et al., 2014). In order to perform ohmic heating homogeneously and effectively, the size, shape and concentration of the food must also be taken into account (Chen, 2015). In general, the ohmic heating system consists of a power source, electrodes, heating cell, microprocessor and computer (Gavahian & Farahnaky, 2018).

Cooking technology with ohmic heating technique has some advantages and disadvantages compared to other methods. Advantages (Richardson, 2001; İncedayı et al., 2019);

- Smooth and equal heating is provided.
- Temperatures that are very difficult to reach with traditional methods are reached very quickly (1°C/s).
- No burning or hot spot formation is observed on the surface of cooked foods.
- Heat transfer ends when the current is cut off, facilitating process control.
- High energy efficiency (90%).
- It is a silent and environmentally friendly system.

Disadvantages (Richardson, 2001; İbicek, 2006; İncedayı et al., 2019);

- Heterogeneity of electrical properties of foods affects cooking quality.
- Heating cannot be provided in insulating parts inside the food.
- Undesirable browning reactions that occur during cooking cannot be effectively observed.
- Since foods have different electrical conductivities, a design based on the food to be cooked is required.
- Selecting the electrode material with appropriate qualities is of great importance to prevent corrosion.
- The system must be constantly monitored and controlled.

Ohmic heating technology has a wide range of applications such as evaporation, blanching, pasteurization, drying, fermentation, sterilization, extraction and dissolution. Studies show that by using ohmic heating systems in these processes, the heat increase in the food occurs in a short time and massively, thus preserving the colour, texture, aroma and flavor of the product and making it microbially safe becomes easier. (Farahnaky et al., 2012; Kanjanapongkul, 2017).

Conclusion

Ohmic heating offers significant advantages over traditional cooking methods. Since traditional methods are generally based on heat transfer from the surface to the center, this leads to some nutritional losses, color and texture changes. However, since the heating is provided by passing electricity directly through the food in ohmic heating technology, the temperature is distributed homogeneously, providing faster and more effective cooking. This technique is also a highly energy efficient and environmentally friendly technology. Ohmic heating also has disadvantages. In particular, heterogeneity in the electrical conductivity and resistance properties of foods can affect cooking quality. In addition, if the correct electrode material is not selected, metal ions that can pose a risk to food safety can pass into the food.

Experimental studies conducted on various food products such as meat, vegetables, grains and fruits reveal that ohmic heating is more effective than traditional methods in terms of preserving textural and sensory quality. This suggests that ohmic heating is a promising method especially for the gastronomy and food processing industry. For wider application of ohmic heating technology, more studies are needed in the areas of electrical properties and system control. The food processing industry is increasing its interest in ohmic heating technique in search of sustainable and healthy cooking methods, and it is expected that this technology will be used more widely in the future.