

Et Kurutmada Mikrodalga Kullanımına İlişkin Yaklaşımlar ve Uygulamalar

Sena ÖZBAY DOĞU¹, Cemalettin SARIÇOBAN²

¹Aksaray Üniversitesi Tuz Gölü Su ve Çevre Uygulama ve Araştırma Merkezi, 68100 Aksaray, Türkiye

²Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 42075 Konya, Türkiye

Özet

Et, besleyici değerinin yüksek olması ve sağlıklı bir diyetle yer alması gerektiğinden önemli bir gıda grubunu oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra et, yüksek biyolojik değerli proteinin, B grubu vitaminlerin ve minerallerin de önemli bir kaynağı olarak kabul edilmektedir. Bu bağlamda et ürünlerinin tüketimi, besleyiciliği ve sağlığa faydaları açısından önem taşımaktadır. Ancak et, aynı zamanda yüksek su aktivitesine sahip bir gıda maddesidir. Bunun için et uygun olmayan şartlar altında hızla bozulabilmektedir. Bu sebeple etin korunması için uygulanan yöntemler depolama sürecini doğrudan etkilemektedir. Etin korunması amacıyla uygulanan en eski yöntemlerden birisi kurutmadır. Kurutma ile etin su aktivitesi düşürülerek raf ömrü uzatılmakta, ayrıca kurutulmuş etin hacminin küçülmesi ve soğuk zincir gerektirmemesi açısından depolama maliyetleri de düşmektedir. Eski çağlarda doğal enerji olarak güneşten faydalanıp özellikle sıcak iklim bölgelerinde kurutma yapılması büyük avantajlar sağlamıştır. Günümüzde hâlâ özellikle gelişmemiş ülkelerde bu geleneksel üretim metodu kullanılmaya devam etmektedir. Ancak güneşte kurutma, ucuz ve basit olmasının yanı sıra, iklim şartlarının kontrol edilemezliği (yağmur, rüzgar vb.), yüksek işgücü, uzun zaman ve büyük kurutma alanları gerektirmesi, ayrıca kontaminasyonlara (böcek, sinek, mikroorganizma, vb.) açık olması açısından dezavantajlar da barındırmaktadır. Günümüzde gelişmiş ülkelerde, et kurutmada ileri teknolojiye sahip kombine kurutma sistemleri kullanılmakta böylece hem ürün standardizasyonu sağlanmakta hem de kontaminasyon önlenmesi için ürünlerin kalitesi artmaktadır. Dondurarak kurutma, vakum kurutma, kurutmada ultrason kullanımı, mikrodalga kurutma, kızgın buharla kurutma gibi pek çok farklı yöntem ve bu yöntemlerin kombinasyonları hem literatürde hem de teknolojide yer almaktadır. Bu derlemede, et kurutma ve kurutma yöntemlerinden biri olan mikrodalga kurutma incelenerek et kurutmadaki etkinliği açısından literatür çalışmaları derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Et kurutma, Mikrodalga kurutma, Kurutulmuş et

Approaches and Practices Related to Use Microwave In Drying Meat

Abstract

Meat is important part of a healthy diet because of nutritional value. Also meat is an important source of high biological value protein, B group vitamins and some minerals. In this context, consumption of meat products, is important in terms of nutritional and health benefits. However, meat is a muscle-based food which has high water activity and can deteriorate rapidly under unsuitable conditions. Therefore, the methods, used to protect the meat, directly affect the storage process. One of the oldest methods used to protect the meat is drying. Not only shelf life of meat products is extended but also the water activity of meat and storage costs are reduced by drying. In antiquity was utilized the sun (as a natural source of energy) for drying. Today, especially the underdeveloped countries still continue to use this traditional production method. Drying under the sun is cheap and simple method but it has some disadvantages such as uncontrollability of climatic conditions (rain, wind, etc.), requirements (high labor, long time, large drying area) and contamination (insects, microorganisms, flies, etc.). Today, in developed countries, combined drying systems are used for meat drying. Thereby not only providing of the quality and standardization of products but also the prevention of contamination is ensured. Many different methods such as freeze drying, vacuum drying, drying with ultrasound, microwave drying, superheated steam drying and theirs combinations takes place both in the literature and technology. In this review, meat drying and microwave drying that is one of the drying methods are examined and literature studies is compiled in terms of efficiency of microwave drying method.

Keywords: Meat drying, microwave drying, dried meat

1.Giriş

Etin korunması ve yeni ürünlere işlenebilmesi için hızlı, basit, ucuz, sağlıklı ve tekrarlanabilir yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Çünkü yüksek besin değeri ve su aktivitesine sahip olan et ve ürünleri, doğası gereği mikrobiyolojik ve biyokimyasal bozulmalar için oldukça elverişli bir yapıya sahiptir. Günümüzde etlerin bozulmalarını önlemek, raf ömrünü uzatmak ve mikrobiyal güvenliğini sağlamak amacıyla pek çok farklı yöntem uygulanmaktadır. Bu yöntemler, dondurma, soğutma, yüksek sıcaklık uygulamaları, ışınlama, fermantasyon, katkı maddesi ilavesi ve kurutma olarak sıralanabilmektedir. Bu yöntemler içerisinde et kurutulması, özellikle eski çağlarda bozulmayı geciktirmesi ve doğal enerjiden faydalanarak uygulanabilir olması açısından kullanılmaya başlanmış ve bu işlem günümüze kadar gelmiştir. Günümüzde de özellikle sıcak iklim bölgelerinde, güneş ışığından faydalanarak kurutma süreci gerçekleştirilmektedir. Aynı zamanda soğuk zincirin maliyetini karşılayamayan ve bu yüzden et muhafazası hususunda sorunlar yaşayan gelişmemiş ülkelerde de kurutma hâlâ geçerliliğini korumaktadır.

Kurutma teknolojisinin temelinde, su aktivitesi düşürülerek, ürünün mikrobiyal gelişim, enzimatik ve kimyasal reaksiyonlar için elverişsiz hale getirilmesi yatmaktadır [1-2]. Etin su miktarının düşmesi, tuzlama ve kütleme gibi ön işlemlerle sinerjistik bir etki oluşturmakta ve bunun sonucunda kurutulmuş et ürünleri, mikrobiyal olarak güvenli et ürünleri olarak da değerlendirilmektedir.

Et kurutmanın avantajları arasında et suyunun dehidrate edilmesi sonucunda et hacminin küçülmesi de önemli bir yere sahiptir. Bu durum, taşıma ve depolama sürecini kolaylaştırıp bu süreçlerin maliyetini azaltmaktadır. Ayrıca, soğuk zincir gerektirmeyen kurutulmuş et ürünleri, uzun süreli taşıma ve depolama şartlarına dayanarak dünya ticaretinde pazarlanmaya uygun olmaktadır. Eti muhafaza etmesinin yanı sıra, etin kurutulması ile geliştirilen yeni ürünlerin, farklı ürünlere (hazır çorba vb.) bir ingrediye olarak katılması açısından da önem taşımaktadır. Ayrıca dünyanın farklı bölgelerinde farklı hayvanların etleri kullanılarak ve farklı işlemler uygulanarak çok çeşitli kurutulmuş et ürünleri elde edilmektedir. Bu ürünler hem et menşei hem de işlenme tarzı ve bölgesel talepler ile şekillenerek bir coğrafi işaret gibi o bölgelerin kültürünü de yansıtmaktadır.

t kurutulmasında pek çok farklı yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında diğer yöntemlere bir destek aracı olarak kullanılan mikrodalga kurutma, büyük bir öneme sahiptir. Mikrodalga kurutma ile kurutma işlemi hızlı ve güvenilir bir şekilde gerçekleştirilmekte, verim artmaktadır. Bu derlemede, literatür ışığında et kurutmada mikrodalga kullanımına ilişkin yaklaşımlar ve uygulamalara değinilmesi amaçlanmıştır

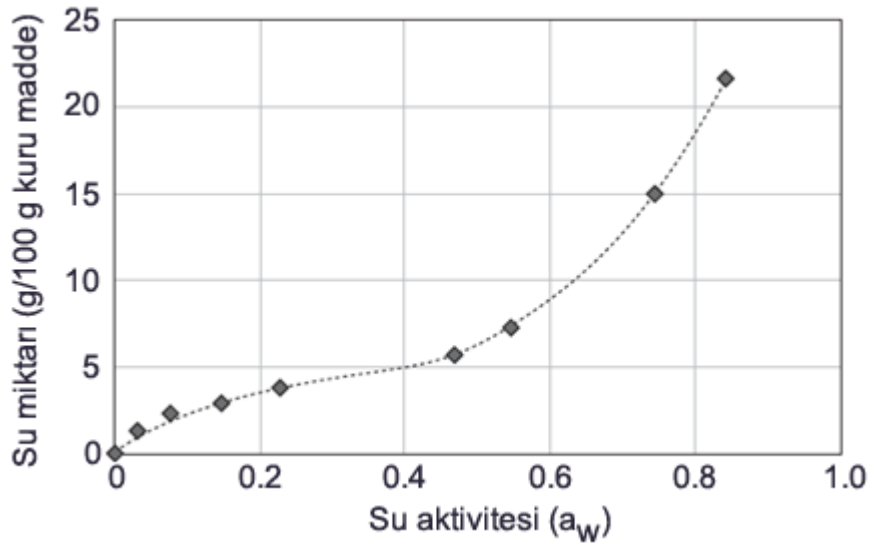
2. Et Kurutma

Et, besleyici değerinden dolayı sağlıklı diyetin önemli bir parçası olmakta ve bu bağlamda dünyada birçok toplumda farklı şekillerde tüketilmektedir. Bunun yanı sıra çiğ etin raf ömrünün kısa olması ve soğuk zincirde depolanması zorunluluğu et kurutulmasında yeni deneylerin ve teknolojilerin anahtarı konumundadır. Ancak, kurutma prosesi, hammadde, kurutma ekipmanı ve prosesi, kurutma öncesi işlemler, ambalajlama ve depolama gibi tüm aşamaların önem taşıdığı karmaşık bir süreçtir. Sürecin tüm etmenleri, ürün kalitesi ve özelliklerini doğrudan etkilemektedir.

Kurutulmuş et, tek başına bir ürün olarak değerlendirilmesinin yanı sıra, aroma verici bir katkı olarak yenilmeye hazır çorba, bebek mamaları veya evcil hayvan yemleri gibi farklı gıdalarda kullanımıyla da önem taşımaktadır [3]. Sonuç olarak kurutulmuş et ürünleri,

günümüzde tüm dünyada hem diyetin bir parçası olarak hem de farklı yeni gıda ürünlerinin bir aroma ingrediyesi olarak önemini sürdürmekte, yeni ürün geliştirme çalışmalarında alternatif bir kullanım alanı doğurmaktadır.

Terim olarak et kurutma, et ve et ürünlerinden suyun uçurulması işlemidir. Düşük su aktivitesi (a_w) kurutma ile sağlanarak mikrobiyal gelişim durdurulmaktadır [4]. Türk Gıda Kodeks (TGK)'i Et ve Et Ürünleri Tebliği'ne göre ise kurutma, üretim sırasında ürünün teknolojisi gereği suyunun bir kısmının uzaklaştırılması işlemi olarak tanımlanmaktadır [5]. Kurutma teknolojisinde fiziksel olarak etin nem içeriği aşamalı olarak düşmektedir. Etin dip bölgelerindeki su, aşamalı olarak migrasyona uğrayarak etin üst kısımlarına geçer ve oradan da buharlaşarak eti terk eder [4]. Şekil 2.1.'de kurutulmuş sığır etine ait sorpsiyon izotermi gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Kurutulmuş sığır etinin sorpsiyon izotermi eğrisi [6]

Et kurutma süreci, hayvan kesimi ile başlayan, bunu takiben tıraşlama, kurutulacak bölgenin seçimi ve tuzlama gibi ön işlemlerle devam eden ve uygun kurutma yönteminin seçilip uygulanması ile sona eren karmaşık bir süreç olarak kabul edilmektedir. Sürecin ilk aşaması olan hayvan seçiminde, orta yaşlı, yağsız ve sağlıklı hayvanların etleri, kurutma işlemi için uygun bir seçim olarak görülmektedir [7]. Sığır, manda, keçi gibi kasaplık hayvanlar ile geyik ve antilop gibi av hayvanları kurutulmaya en uygun hayvanlardır. Koyun ve domuz gibi hayvanların etlerinin yağlı olması, kurutma açısından bir dezavantaj olarak değerlendirilmektedir. Çünkü bu hayvanların yağsız bölgelerinden alınan etlerde bile kas içi yağ dokusu yoğunluğundan dolayı aromada ransit tat oluşturabilmektedir [4]. Et yağının oksidasyonu sonucunda oluşan ransit tat, kuru etin tipik tadına katkı sağlamakla birlikte aşırı ransit tat, tüketiciler için problem teşkil etmektedir [7].

Ülkemizde ve dünyada sadece kırmızı etin değil aynı zamanda balık ve tavuk etinin de kurutulması ile yeni ürünler elde edilmektedir. Özellikle tütsülenmiş ya da kurutulmuş balık, dünyanın birçok bölgesinde geleneksel ürünler olarak tüketilmektedir [8]. Besleyici öğeleri ve yüksek protein içeriğinden dolayı su ürünleri önemli bir gıda maddesi olmakla birlikte [9] buna karşılık taze balık eti, %80'den daha fazla su içermektedir. Bu da balık etini bozulmalara açık bir hale getirmektedir [10]. Kurutma ile balıkta hem enzimler inaktif olmakta [11] hem de a_w düşmekte, böylece mikrobiyal bozulma engellenebilmektedir. Balık etinde kurutma, tuzlama, tütsüleme gibi ön işlemlerle birlikte ya da tek başına balığı korumak için uygulanmaktadır [12]. Balık kurutma genelde açık havada yapılmaktadır. Ancak hava ile

kurutma, uzun sürmekte ve kurutulmuş etin gözenek yapısı ve fiziksel özellikleri de bundan etkilenmektedir [11].

Kırmızı et ve balığa nazaran daha az uygulaması olan diğer bir kurutulmuş et ürünü de tavuk etidir. Tavuk eti çeşitli proteinlerin, aynı zamanda doymuş ve doymamış yağ asitleri, vitamin ve minerallerin de iyi bir kaynağı olarak sağlıklı bir diyetin önemli bir parçasını teşkil etmektedir [13]. Ancak tavuk eti kolaylıkla bozulabilmektedir. Bu açıdan besleyici değerini kaybetmeden bu ürünleri saklamak ve tüketmek önem taşımaktadır [14]. Bu bağlamda tavuk eti kurutma, tütsüleme ve kütleme gibi işlemlerle korunmakta veya sosis, nugget gibi ürünlere dönüştürülmektedir [15]. Kurutulmuş tavuk etleri genelde yemeye hazır noodle gibi gıdalarda bir bileşen olarak değerlendirilmektedir [16-17]. Ayrıca tavuk derisinin çeşitli yöntemlerle (dondurarak kurutma, püskürtmeli kurutma, konveksiyonel kurutma) kurutulmasıyla kollajen peptit tozu eldesi de gerçekleştirilmektedir [18].

Kurutulmuş tavuk eti dilim ya da kübik şekilde işleme alınmaktadır. Tavuk eti kurutulmasında çok çeşitli yöntemler ve farklı yöntemlerin kombinasyonları kullanılabilir. Fırında kurutma [15, 19], kızgın buharla kurutma [17, 20], dondurarak kurutma [14, 21], kızgın buharla sıcak hava pompasının kombine kullanıldığı yöntemler [16] ve bir diğer kombine yöntem olan ultrason ve vakum altında kurutma [22] bu yöntemler arasında sayılabilir. Ancak tavuk etinin kurutulması, sıcak hava ile gerçekleştiğinde tavuk hem besleyici değeri hem de fiziksel özellikleri açısından olumsuz etkilenmektedir [17]. Bu bağlamda yeni teknolojilerle tavuk eti kurutulması büyük önem taşımaktadır. Özellikle kızgın buharla kurutma, kurutma süresini düşürmesi ve tavuk etinin kalitesine olumlu etkileri sebebiyle önem taşımaktadır [20].

2.1. Mikrodalga Kurutma

Gıdaların kurutulması amacıyla geliştirilen yöntemler, güneşte kurutmadan, kompleks, kombine yöntemleri içeren kurutuculara kadar geniş bir yelpazede yer almaktadır. Her bir kurutma sisteminin avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Ancak kurutulacak gıdanın özellikleri ve son üründen beklenen kalite özellikleri dikkate alınarak seçilecek en uygun kurutma yöntemi hem verimi hem de kaliteyi etkilemektedir.

Mikrodalga enerji, gıdaların çözdürülmesi, ön ısıtmalarının yapılması, pastörizasyonu, sterilizasyonu, ısıtılması ya da kurutulması gibi genel olarak tüm ısıl işlemlerde kullanılabilir [23-25]. Bu teknolojinin temel prensibi, maddenin polar moleküllerini etkileyerek, elektromanyetik alan enerjisinin, termal enerjiye dönüşmesi şeklinde açıklanabilir [26].

Mikrodalga enerjiden faydalanarak gerçekleştirilen mikrodalga kurutma, gelişmiş kurutma teknikleri arasında yer almaktadır. Mikrodalga fırın teknolojisinin temel yapı taşı olan mikrodalgalar, 300 MHz ile 300 GHz arasındaki frekansta yer alan elektromanyetik radyasyon olarak tanımlanmaktadır [27]. Dalga boyları ise birkaç milimetreden 30 cm'ye kadar değişebilen mikrodalgalar, materyalin içerisinden geçerek yüklü iyonları ve polar molekülleri etkilemektedir [28-29]. Bu etkileşim, moleküllerin titreşim hızlarını artırmakta ve elektromanyetik alana göre konumlarını değiştirmektedir [29].

Mikrodalga kurutmanın temel prensibi ise gıdanın, yüksek frekansta uygulanan elektromanyetik dalgaları absorbe ederek, enerjiyi ısıya dönüştürmesi şeklinde açıklanmaktadır [26]. Mikrodalgalar, materyal üzerinde iyonik polarizasyon ve dipol rotasyon olmak üzere iki farklı salınım hareketine sebep olurlar. İyonik polarizasyon serbest iletken yükleri etkilemekte, dipol rotasyon ise su gibi polar moleküllerle etkileşime girmektedir [30].

Bu bağlamda, gıdanın elektromanyetik enerjiyi absorplaması ve ısıya dönüştürmesi olarak tanımlanan dielektrik özellikleri, doğrudan nem miktarı ve tuz içeriği gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir [31].

Mikrodalga kurutucuların çalışması elektromanyetik dalgalarla oluşturulan radyant enerjiden yararlanılarak gıdanın yapısındaki suyun dehidrate edilmesine dayanmaktadır [32]. Yani mikrodalga kurutmanın temelinde, enerjinin bir formu olarak elektromanyetik dalga boyu spektrumunun kullanılması yatmaktadır. Bu enerji, doğrudan gıda ile temas etmekte, bunun sonucunda ısı hızla yükselerek, kurutma işleminin etkinliğini artırmaktadır [33]. Mikrodalga kurutma, farklı kurutma tekniklerini destekleyip, bu tekniklerle birlikte kullanıldığında kurutmanın etkinliğini arttırarak da teknolojiye hizmet etmektedir [34].

Mikrodalga ile kurutma çalışmalarında çok farklı gıda çeşitleri üzerine çalışmalar yürütülmüştür. Elma [35-36], fındık [37], havuç [38-39], çilek [40], kabak [41], limon [42], mantar [43] gibi meyve ve sebzelerin yanı sıra, dereotu [44], sarımsak [45] ve asma yaprağı [46] gibi bitkiler bu gıdalara verilebilecek örneklerdir.

Gıdalar içerisinde yüksek besleyiciliğe ve buna karşılık yüksek su aktivitesine sahip etin, kurutularak, depolama süreci kolaylaştırılmakta ve etin raf ömrü uzatılmaktadır. İlk insanla birlikte bir gıda koruma yöntemi olarak ortaya çıkan açık havada kurutma, hâlâ dünyanın birçok bölgesinde, özellikle geleneksel et ürünlerinin üretiminde kullanılmaktadır. Ancak bu tip kurutmanın çevresel şartların değişkenliği, kurutma işleminin uzun sürmesi ve kontaminasyona açık olması gibi dezavantajları bulunmaktadır. Ayrıca geniş alanların gerekliliği, yüksek işgücü ve bunun getirdiği maliyet de eklenince, kontrollü, kısa süren ve maliyetleri azaltan yöntemler dikkat çekmektedir. Gelişen teknoloji ve tüketici ihtiyaçları ise bu gelişimi desteklemektedir. Yaygın olarak kullanılan bir diğer kurutma tipi olan konveksiyonel kurutma ise zaman kaybı, oluşabilecek esmerleşme ve redoks reaksiyonları, ısının eşit yayılmaması ve ürün tekstüründe yaşanan sorunlar nedeniyle eleştirilmektedir [47-49]. Duan ve ark., [50]'a göre kurutma yöntemleri içerisinde düşük maliyetli, kontrollü ve hızlı bir yöntem olan mikrodalga kurutma aynı zamanda güvenli bir yöntem olarak da görülmektedir. Konveksiyonel kurutma ile mikrodalga kurutma kıyaslandığında, ürün kalitesi üzerine mikrodalga kurutmanın avantajları bilinmektedir [26]. Ancak hava ile kurutmanın, mikrodalga kurutma ile desteklendiği sistemlerin, olumlu sonuçlar verdiği de görülmüştür [25]. Sunjka ve ark., [51]'na göre ise bir diğer mikrodalga destekli kurutma sistemi olan mikrodalga vakum kurutma, mikrodalga konveksiyonla kurutma yöntemine göre enerji açısından daha etkin sonuçlar vermektedir. Ayrıca bu tip kombine kurutma sistemlerinde oksijen olmamasından dolayı kurutma boyunca oksidasyonun gerçekleşmemesinin, ürünün duyu özelliklerini geliştirdiği de bilinmektedir [52]. Mikrodalga ile kombine kullanılan bir diğer yöntem ise dondurarak kurutmadır. Bu işleme su, hızla dehidrate olduğu için kurutmaya hassas gıdaların kurutulma sürecinde olumlu sonuçlar vermektedir [27]. Gelişen teknoloji ile değişen kurutma sistemleri, hem maliyet hem ürün kalitesi hem de üretim parametreleri açısından avantajlar sağlamaktadır. Yapılan çalışmalarla, mikrodalga kurutmanın diğer avantajları aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır.

- Düşük enerji maliyeti sağlamaktadır [26, 53].
- Kurutulmuş ürünün daha az büzüşmesi sonucunda daha fazla nem kaybı sağlayarak kurutmanın etkinliğini de artırmaktadır [54].
- Eşit ve etkin ısı dağılımı sağlamaktadır [23, 43].
- Ürünün esneklik, renk, aroma, besleyici değeri, mikrobiyolojik stabilite, enzim inaktivasyonu, rehidrasyon kapasitesi ve gevreklik gibi karakteristik özelliklerini de olumlu etkilemektedir [26].

- Ayrıca mikrodalga kurutma tekniğinde hacimsel bir ısınma gerçekleşeceği için yüzey kuruması engellenmektedir. Aynı zamanda iç ve dış basınç farkından dolayı gıda içeriğindeki nemin dışarıya verilmesi sonucunda dehidrasyon oranının artması da söz konusu olmaktadır [55].

Et endüstrisinde mikrodalga uygulamaları farklı amaçlarla kullanılabilir. Tavlama, çözündürme, sterilizasyon, tütsülenmiş et veya köftelerin ön ısıtılması, mikrodalga ile et kurutulması ise sıklıkla diğer yöntemlerle kombine biçimde kullanılmakta [59] ve mikrodalga uygulamaları, diğer tekniklerin etkinliğini artırmaktadır [34]. Bu bağlamda dondurarak mikrodalga kurutma, vakum mikrodalga kurutma ve mikrodalga ile desteklenmiş hava ile kurutma gibi yöntemlerden bahsetmek mümkündür.

Yapılan bir çalışmada, alternatif kurutma yöntemleri arasında mikrodalga ile konveksiyon kurutmanın birlikte uygulanmasının, sığır etinin fiziksel ve kimyasal yapısı ile tekstür ve kalitesi açısından en iyi alternatif olduğu bildirilmiştir [60]. Aynı çalışmada tuz ve pH'ın kurutma prosesini doğrudan etkilediği de bildirilmektedir. Düşük pH (5,15) ve yüksek tuz içeriğine sahip (% 3,28) örneklerin tam tersi örneklerle kıyaslandığında daha hızlı kurudukları, yüksek büzüşme oranı ve ağırlık kaybı değerlerine sahip oldukları bildirilmektedir. Aynı zamanda bu çalışmada pH ve tuz miktarının tekstürü de etkilediği ve yüksek pH ile düşük tuz içeriğine sahip etlerin, tam tersi örneklerle kıyaslandığında daha yumuşak olduğu vurgulanmaktadır. Gıdanın iletkenliğini ve su moleküllerini etkileyen tüm süreçler doğrudan mikrodalga kurutma prosesini de etkilemektedir.

Mikrodalga kurutmanın hızlı sonuç vermesinin kurutma süresini de kısalttığı bilinmektedir. Sığır etinde yapılan farklı bir çalışmada mikrodalga ile desteklenmiş dondurarak kurutma prosesinin, sadece dondurarak kurutma prosesine göre kurutma süresini azalttığı bildirilmektedir. Bu tip kurutmanın özellikle uzun et parçalarının kurutulmasında avantajlar sağladığı da vurgulanmaktadır [61]. Balık eti üzerine yapılan bir çalışmada ise hava ile balıkların kurutulması prosesi, mikrodalga kurutma ile desteklenmiş ve bu uygulamanın kurutma süresini kısalttığı ve nem içeriğinin düşmesini sağladığı bildirilmiştir [50]. Benzer sonuçların elde edildiği farklı bir çalışmada ise bu verilere ek olarak, etin kalite özellikleri üzerine etkisi bakımından mikrodalga kurutma ile hava ve mikrodalga kurutmanın bir arada yapıldığı kurutma arasında önemli düzeyde bir farklılık olmadığı belirtilmiştir [11]. Konveksiyonla kurutma ile mikrodalga kurutmanın kıyaslandığı bir başka çalışmada ise balık etinde daha etkin kurutmanın daha kısa sürede gerçekleştirilmesi, mikrodalga kurutmanın avantajları arasında sıralanmakta, bu tip kurutmanın kaliteye olan etkisi vurgulanmaktadır [62]. Mikrodalga ürün kalitesine olduğu kadar rehidrasyon yeteneğine olan olumlu etkileri de bilinmektedir. Matashige ve Akahoshi [63] tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, tavuk etleri mikrodalga ile kurutulmuş ve ürünün rehidrasyon kapasitesi belirlenmiştir. Bu koşullarda kurutulan etlerin yemeklerde kullanılması durumunda rehidrasyon açısından olumlu sonuçlar alındığı bu çalışmada bildirilmiştir.

Etin hammadde olarak kullanıldığı ısıl işlem teknolojilerinde mikrodalga fırınlar, temel bir araç olmasının yanı sıra temel teknolojiye katkı sağlayan bir araç olarak da karşımıza çıkmaktadır. Örneğin kızartılarak hazırlanan tavuk nuggetın kızartma öncesi mikrodalga fırında rehidrate edilmesinin, ürünün nem ve kızartma sonrası yağ içeriğini düşürdüğü şeklinde inovatif çalışmalar bulunmaktadır [64]. Bu bağlamda mikrodalga enerjinin hem ürün üretiminde hem de üretim sürecinin iyileştirilmesi için yan aşamalarda kullanıldığını söylemek mümkündür.

Et kurutma teknolojisinde ürün kalitesi büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda mikrodalga kurutma işlemi esnasında dikkat edilmesi gereken iki önemli faktör vardır. Birinci faktör, kurutulan ürünün kalitesi, ikinci faktör ise mikrodalga kurutma işlemi parametreleridir (kurutma hızı, kurutma etkinliği, kurutma süresi vb.) [65]. Yani ürüne has özelliklerin yanı sıra işlem parametreleri de hem kurutma sürecini hem de son ürünün kalitesini doğrudan etkilemektedir. Özellikle mikrodalga enerjinin eşit dağılım göstermemesi durumunda zayıf kaliteli ürünler oluşabilmekte [53, 66], farklı kurutma metodlarının, mikrodalga ile desteklenmesi ile de ürün kalitesi, kurutma süresi ve maliyeti açısından değişkenlik yaratılabilmektedir [52].

Balık etinin kurutulduğu çalışmalarda mikrodalga fırınların gücünün artmasıyla, ürünün nem içeriğinin düştüğü, kurutma süresinin kısaldığı ve ürünün büzülme [50] ve kuruma oranının yükseldiği bildirilmektedir [11]. Farklı bir çalışmada ise mikrodalga kurutma sonucunda balıktan nemin buharlaşma oranının arttığı, daha etkin bir kurutma işleminin gerçekleştirildiği ve daha kısa sürdüğü bildirilmektedir [62].

Mikrodalga uygulamalarının kurutma amacı ile kullanımı özellikle et sektöründe görece olarak yeni bir sektör olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda gerek mikrodalgaya ait gerekse ürüne ait değişkenlere en uygun mikrodalga uygulama sürecinin, deneylerle tasarımı ve optimum şartların belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Aynı zamanda mikrodalga ile desteklenen farklı kurutma seçeneklerinde de her iki uygulamaya ait parametlerin doğru tasarımı hem ürün kalitesini hem de prosesi doğrudan etkilemektedir.

3. Sonuç

Mikrodalga kurutma, barındırdığı avantajlar açısından önemli bir konuma sahiptir. Ancak mikrodalga kurutma sistemleri ve teknolojisi görece olarak yeni bir konudur. Literatürde ve endüstriyel uygulamalarda konu ile ilgili uygulamalar yetersiz kalabilmektedir. Özellikle kurutulmuş et ürünleri üretiminde mikrodalga kullanımı ile ilgili çalışmaların artmasının, endüstriyel uygulamalara bir basamak oluşturacağı düşünülmektedir. Bu şekilde geliştirilen mikrodalga kurutma sistemleri ile hızlı, güvenli, ucuz, etkin, kontrollü ve basit kurutma işlemi yapılarak etin raf ömrü uzatılabilmekte aynı zamanda farklı et ürünlerinin elde edilmesi bu sayede gerçekleştirilebilmektedir.

Bilgilendirme

Bu derleme, Sena ÖZBAY DOĞU'nun Yüksek Lisans Tezi'nin Kaynak Taraması kısmından hazırlanmıştır.

4. Kaynaklar

- [1] Rahman, M. S., Salman, Z., Kadim, I. T., Mothershaw, A., Al-Riziqi, M. H., Guizani, N., ... Ali, A. (2005). Microbial and physico-chemical characteristics of dried meat processed by different methods. *International Journal of Food Engineering*, 1(2). DOI: 10.2202/1556-3758.1016
- [2] Traffano-Schiffo, M. V., Castro-Giráldez, M., Fito, P. J., Balaguer, N. (2014). Thermodynamic model of meat drying by infrared thermography. *Journal of Food Engineering*, 128, 103-110.
- [3] Karabacak, M. S., Esin, A., Cekmecelioglu, D. (2014). Drying behavior of meat samples at various fiber directions and air conditions. *Drying Technology*, 32, 695–707.

- [4] Heinz, G., Hautzinger, P. (2007). Meat Processing Technology for Small-To Medium-Scale Producers. Bangkok: Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- [5] Anonim. (2012). Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliği Tebliğ No: 2012/74 Sayı: 28488. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı.
- [6] Lewicki, P., Arboix, J. A., Botó, P. G., Beringues, J. C., Moreno, I. M. (2014). Drying. M. Dikeman, C. Devine içinde, Encyclopedia of Meat Science (Second Edition) (pp. 471-479). London: Elsevier Ltd.
- [7] Anonymous. (1990). Manual on simple methods of meat preservation. *FAO Animal Production and Health Paper 79*. Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- [8] Chukwu, O. (2009). Influences of drying methods on nutritional properties of tilapia fish (*Oreochromis niloticus*). *World Journal of Agricultural Sciences*, 5(2), 256-258.
- [9] Jain, D., Pathare, P. B. (2007). Study the drying kinetics of open sun drying of fish. *Journal of Food Engineering*, 78(4), 1315-1319.
- [10] Bala, B. K., Mondol, M. R. A. (2001). Experimental investigation on solar drying of fish using solar tunnel dryer. *Drying Technology*, 19(2), 427-436.
- [11] Duan, Z., Zhang, M., Hu, Q., Sun, J. (2005). Characteristics of microwave drying of bighead carp. *Drying Technology*, 23(3), 637-643.
- [12] Igene, J. O. (1986). Drying of fish-factors to consider. <http://aquaticcommons.org/3432/1/123.pdf> (Access date: 26 Haziran 2015)
- [13] Charlton, K. E., Probst, Y., Tapsell, L. C., Blackall, P. J. (2008). Food, health and nutrition: where does chicken fit?. *University of Wollongong Research Online*. <http://ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=2536&context=hbspapers> (Access date: 8 Temmuz 2015).
- [14] Babić, J., Cantalejo, M. J., Arroqui, C. (2009). The effects of freeze-drying process parameters on Broiler chicken breast meat. *LWT-Food Science and Technology*, 42(8), 1325-1334.
- [15] Hii, C. L., Itam, C. E., Ong, S. P. (2014). Convective air drying of raw and cooked chicken meats. *Drying Technology*, 32(11), 1304-1309.
- [16] Namsanguan, Y., Tia, W., Devahastin, S., Soponronnarit, S. (2004). Drying kinetics and quality of shrimp undergoing different two-stage drying processes. *Drying Technology*, 22(4), 759-778.
- [17] Nathakaranakule, A., Kraiwanchikul, W., Soponronnarit, S. (2007). Comparative study of different combined superheated-steam drying techniques for chicken meat. *Journal of Food Engineering*, 80(4), 1023-1030.
- [18] Zeng, Q. R., Zhang, M., Adhikari, B. P., Mujumdar, A. S. (2013). Effect of drying processes on the functional properties of collagen peptides produced from chicken skin. *Drying Technology*, 31(13-14), 1653-1660.

- [19] Li, M., Wang, H., Zhao, G., Qiao, M., Li, M., Sun, L., Zhang, J. (2014). Determining the drying degree and quality of chicken jerky by LF-NMR. *Journal of Food Engineering*, 139, 43-49.
- [20] Abdulhameed, A. A., Zaman, W., Yang, T. A. (2014). Application of Superheated Steam in Sample Preparation (Chicken Sausage) for Determination of Total Fat, Fatty Acid and Lipid Oxidation. *Food Science and Technology*, 2(3), 27-33.
- [21] Farkas, B. E., Singh, R. P. (1991). Physical properties of air-dried and freeze-dried chicken white meat. *Journal of Food Science*, 56(3), 611-615.
- [22] Başlar, M., Kılıçlı, M., Toker, O. S., Sağdıç, O., Arıcı, M. (2014). Ultrasonic vacuum drying technique as a novel process for shortening the drying period for beef and chicken meats. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 26, 182-190.
- [23] Taher, B. J., Farid, M. M. (2001). Cyclic microwave thawing of frozen meat: experimental and theoretical investigation. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 40(4), 379-389.
- [24] Konak, Ü. İ., Certel, M., Helhel, S. (2009). Gıda sanayisinde mikrodalga uygulamaları. *Electronic Journal of Food Technologies*, 4(3), 20-31.
- [25] Chandrasekaran, S., Ramanathan, S., Basak, T. (2013). Microwave food processing—A review. *Food Research International*, 52(1), 243-261.
- [26] R., Jayas, D. S. (2007). Changes in quality of microwave-treated agricultural products—a review. *Biosystems Engineering*, 98(1), 1-16.
- [27] Cohen, J. S., Yang, T. C. (1995). Progress in food dehydration. *Trends in Food Science & Technology*, 6(1), 20-25.
- [28] Basak, T., Rao, B. S. (2011). Role of ceramic composites and microwave pulsing on efficient microwave processing of pork meat samples. *Food Research International*, 44(9), 2679-2697.
- [29] Musto, M., Faraone, D., Cellini, F., Musto, E. (2014). Changes of DNA quality and meat physicochemical properties in bovine supraspinatus muscle during microwave heating. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(4), 785-791.
- [30] Uslu M. K. Certel, M. (2006). Dielektrik Isıtma ve Gıda İşlemede Kullanımı. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3, 61-69.
- [31] Picouet, P. A., Fernández, A., Serra, X., Sunol, J. J., Arnau, J. (2007). Microwave heating of cooked pork patties as a function of fat content. *Journal of food science*, 72(2), 57-63.
- [32] Saldamlı, İ., Saldamlı, E. (2000). *Gıda Endüstrisi Makinaları*. Ankara: Savaş Yayınevi.
- [33] Mujumdar, A. S. (Ed.). (2014). Handbook of industrial drying. CRC Press.
- [34] Bantle, M., Käfer, T., Eikevik, T. M. (2013). Model and process simulation of microwave assisted convective drying of clipfish. *Applied Thermal Engineering*, 59(1), 675-682.

- [35] Wang, Z., Sun, J., Chen, F., Liao, X., Hu, X. (2007). Mathematical modelling on thin layer microwave drying of apple pomace with and without hot air pre-drying. *Journal of Food Engineering*, 80(2), 536-544.
- [36] Tarhan, S., Güneş, G. E. M., Mutlu, A. (2009). Farklı Kurutma Koşullarının Amasya Elmasının Kuruma Süresi ve Kalitesi Üzerine Etkileri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2(2),1-6.
- [37] Silva, F. A., Marsaioli, A., Maximo, G. J., Silva, M. A. A. P., Goncalves, L. A. G. (2006). Microwave assisted drying of macadamia nuts. *Journal of Food Engineering*, 77(3), 550-558.
- [38] Wang, J., Xi, Y. S. (2005). Drying characteristics and drying quality of carrot using a two-stage microwave process. *Journal of Food Engineering*, 68(4), 505-511.
- [39] Yan, W. Q., Zhang, M., Huang, L. L., Tang, J., Mujumdar, A. S., Sun, J. C. (2010). Studies on different combined microwave drying of carrot pieces. *International journal of Food Science & Technology*, 45(10), 2141-2148.
- [40] Raghavan, G. S. V., Venkatachalapathy, K. (1999). Shrinkage of strawberries during microwave drying. *Drying Technology*, 17(10), 2309-2321.
- [41] Wang, J., Wang, J. S., Yu, Y. (2007). Microwave drying characteristics and dried quality of pumpkin. *International Journal of Food Science & Technology*, 42(2), 148-156.
- [42] Yoğurtçu, H. (2014). Mikrodalga Fırında Limon Kurutma: Kinetiği ve Modellenmesi. *Fırat Üniv. Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26 (1), 27-33.
- [43] Giri, S. K., Prasad, S. (2006). Modeling shrinkage and density changes during microwave-vacuum drying of button mushroom. *International Journal of Food Properties*, 9(3), 409-419.
- [44] Eştürk, O., Soysal, Y. (2010). Drying properties and quality parameters of dill dried with intermittent and continuous microwave-convective air treatments. *Journal of Agricultural Sciences*, 16, 26-36.
- [45] Sharma, G. P., Prasad, S. (2001). Drying of garlic (*Allium sativum*) cloves by microwave-hot air combination. *Journal of Food Engineering*, 50(2), 99-105.
- [46] Alibaş, İ. (2012). Asma yaprağının (*Vitis vinifera* L.) mikrodalga enerjisiyle kurutulması ve bazı kalite parametrelerinin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 18, 43-53.
- [47] Stanisławski, J. (2005). Drying of diced carrot in a combined microwave-fluidized bed dryer. *Drying Technology*, 23(8), 1711-1721.
- [48] López, J., Uribe, E., Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Gonzalez, E., Di Scala, K. (2010). Effect of air temperature on drying kinetics, vitamin C, antioxidant activity, total phenolic content, non-enzymatic browning and firmness of blueberries variety O'Neil. *Food and Bioprocess Technology*, 3(5), 772-777.
- [49] Arabhosseini, A., Padhye, S., Huisman, W., van Boxtel, A., Müller, J. (2011). Effect of drying on the color of tarragon (*Artemisia dracunculus* L.) leaves. *Food and Bioprocess Technology*, 4(7), 1281-1287.

- [50] Duan, Z. H., Jiang, L. N., Wang, J. L., Yu, X. Y., Wang, T. (2011). Drying and quality characteristics of tilapia fish fillets dried with hot air-microwave heating. *Food and Bioproducts processing*, 89(4), 472-476.
- [51] Sunjka, P. S., Rennie, T. J., Beaudry, C., Raghavan, G. S. V. (2004). Microwave-convective and microwave-vacuum drying of cranberries: A comparative study. *Drying Technology*, 22(5), 1217-1231.
- [52] Zhang, M., Tang, J., Mujumdar, A. S., Wang, S. (2006). Trends in microwave-related drying of fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 17(10), 524-534.
- [53] Gunasekaran, S. (1999). Pulsed microwave-vacuum drying of food materials. *Drying Technology*, 17(3), 395-412.
- [54] Maskan, M. (2001). Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48(2), 177-182.
- [55] Demirkol, Ö. Ş. (2007). Investigation of physical properties of different cake formulations during baking with microwave and infrared-microwave combination (Doctoral dissertation, Middle East Technical University).
- [56] Ramaswamy, H., Tang, J. (2008). Microwave and radio frequency heating. *Food Science and Technology International*, 14(5), 423-427.
- [57] Yarmand, M., Homayouni, A. (2011). Microwave processing of meat. INTECH Open Access Publisher.
- [58] Barbosa-Cánovas, G. V., Medina-Meza, I., Candoğan, K., Bermúdez-Aguirre, D. (2014). Advanced retorting, microwave assisted thermal sterilization (MATS), and pressure assisted thermal sterilization (PATS) to process meat products. *Meat science*, 98(3), 420-434.
- [59] Mujumdar, A. S., Law, C. L. (2010). Drying technology: Trends and applications in postharvest processing. *Food and Bioprocess Technology*, 3(6), 843-852.
- [60] Thiagarajan, I. V. (2008). Combined microwave-convection drying and textural characteristics of beef jerky (Doctoral dissertation, University of Saskatchewan Saskatoon).
- [61] Wang, Z. H., Shi, M. H. (1999). Microwave freeze drying characteristics of beef. *Drying Technology*, 17(3), 434-447.
- [62] Pianroj, Y., Kerdthongmee, P., Nisoa, M., Kerdthongmee, P., Galakarn, J. (2006). Development of a microwave system for highly-efficient drying of fish. *Walailak Journal of Science and Technology (WJST)*, 3(2), 237-250.
- [63] Matashige, E., Akahoshi, R. (2002). Production of dehydrated chicken meat by forced draft microwave drying studies on forced draft microwave drying, part III. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, 49(6), 359-367.
- [64] Ngadi, M. O., Wang, Y., Adedeji, A. A., Raghavan, G. S. V. (2009). Effect of microwave pretreatment on mass transfer during deep-fat frying of chicken nugget. *LWT-Food Science and Technology*, 42(1), 438-440.
- [65] Li, Z., Raghavan, G. S. V., Orsat, V. (2010). Temperature and power control in microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 97(4), 478-483.

[66] Vadivambal, R., Jayas, D. S. (2010). Non-uniform temperature distribution during microwave heating of food materials—a review. *Food and Bioprocess Technology*, 3(2), 161-171.