

Mikrodalga Fırınlarda Isıl İşlem Uygulamalarının Besin Değeri ve Sağlık Üzerine Etkileri

Effects of Heat Treatment in Microwave Ovens on Nutritional Value and Health

Duygu Ağagündüz¹, Saniye Bilici¹

¹ Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ankara, Türkiye

ÖZET

Son yıllarda mikrodalga fırınlar; besinlerin ısıtılması veya pişirilmesi gibi ısı işlem uygulamalarında pratik kullanımı, donmuş besinlerin çözündürülmesi enerji ve zaman tasarrufu sağlaması gibi nedenler ile tercih edilmektedir. Ancak, yazılı ve görsel basında mikrodalga ile pişirme yönteminin sağlık üzerine olumsuz etkilerine dair haberler sıkça yer almaktadır. Yapılan çalışmalarda mikrodalga fırınlarda pişirilen ürünlere besin güvenliğinin ve besin değeri korunumunun geleneksel yöntemlerde pişirilen ürünlere benzer olduğu bildirilmektedir. Bununla birlikte, özellikle mikrodalga kaçakları sonucunda radyasyona maruziyetin de sağlık riski oluşturabileceği üzerinde durulmaktadır. Bu derlemede, mikrodalga fırınlarda ısı işlem uygulamalarının geleneksel yöntemler ile karşılaştırıldığında besin değeri, besin güvenliği ve sağlık üzerine etkileri değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Mikrodalga, pişirme yöntemi, besin güvenliği, sağlık riskleri

ABSTRACT

Recently, microwave ovens are preferred because of practical use, saving energy and time in heating treatments such as heating of frozen foods, reheating or cooking of foods. However, news about adverse health effects of microwave cooking methods are often located in print and visual media. In studies, it was reported that food safety and retention of nutritional value of food products cooked in microwave ovens were similar to foods with conventional cooking. However, it has been emphasized that being exposed to microwave radiation could cause health risks. In this review, nutritional value, food safety and health effects of heat treatments in microwave ovens were evaluated.

Keywords: Microwave, cooking method, food safety, health risks

GİRİŞ

Mikrodalgalar, 300-3000 megahertz (MHz) frekans aralığındaki elektromanyetik spektrumun bir parçası olan iyonize olmayan dalgalardır (1). İlk kez 1950'li yıllarda patates cipsinin kurutulması amacıyla kullanılan mikrodalga fırınlar, günümüzde tüm dünyada yaygın kullanım alanına sahiptir. Amerika Birleşik Devletleri'nde evlerde mikrodalga kullanım oranının %92 olduğu bildirilmektedir (2). Pratik olması, zaman ve enerji tasarrufu sağlaması mikrodalga fırınların en önemli kullanım nedenleridir. Bununla birlikte, son yıllarda yazılı ve görsel basında mikrodalga fırınlar ile ısı işlem uygulamalarının besin güvenliği, sağlık ve güvenlik açısından olumsuz etkilere neden olabileceği konusunda pek çok haber yer almaktadır. Bu derlemede, konuya

ilişkin bilimsel literatür incelenerek mikrodalga fırınlarda ısı işlem uygulamalarının özellikleri, kullanım alanları, kimyasal, radyoaktif ve mikrobiyolojik olası riskleri ile besin değeri ve sağlık üzerine etkileri ele alınmıştır.

Mikrodalga Fırınlarda Çalışma Prensipleri ve Kullanım Alanları

Mikrodalga fırınlar, Amerika Federal Komünikasyon Birimi (Federal Communications Commission, FCC) tarafından belirlenen çeşitli frekanslarda elektromanyetik enerji kullanılarak besinlerin ısıtılması, pişirilmesi ve kurutulması amacıyla tasarlanan cihazlardır (3). Mikrodalga fırınlar, özellikle miktarı az besinlerin işlenmesine

İletişim/Correspondence:

Araş. Gör. Duygu Ağagündüz

Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ankara, Türkiye

E-posta: duygu_turkozu@yandex.com

Geliş tarihi/Received: 24.10.2016

Kabul tarihi/Accepted: 26.12.2016

uygun tasarlanmış olup büyük/kitleseel miktarlarda besinlerde kullanımları sınırlıdır (2).

Mikroalgalar, magnetron denen elektronik tüp tarafından üretilir ve ısı uygulamasında fırına yayılır, karıştırıcı-dağıtıcı fanlar yardımıyla tüm yönlele dağılır. Mikroalgalar, fırının metal yüzeyleri tarafından yansıtılır ve besin tarafından emilir. Bu ısının besinde eşit dağılımı dönen bir yüzey yardımıyla sağlanmaktadır. Besindeki su molekülleri mikroalgaların etkisiyle titreşir ve moleküller arası sürtünme ile besinin pişmesini sağlayacak ısı açığa çıkmaktadır (4). Ayrıca mikrodalga fırında ısınan besinin yaydığı sıcaklık sonucu ısınan havanın fırın içinde birikmesini önlemek için bir havalandırma sistemi bulunmaktadır (5).

Mikrodalga fırınlar, besinlerin pişirilmesi, ısıtılması, kurutulması ve sterilizasyonunda başarı ile kullanılmaktadır. Geleneksel fırınlar ile karşılaştırıldığında mikrodalga fırınların bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Mikrodalga fırınlarda ısı işlem uygulamalarının en önemli avantajı, enerji ve zaman tasarrufu sağlamasıdır (6). Bununla birlikte bazı besinlerde homojen olmayan pişmeye neden olması (7), mikrodalga fırınlarda pişirilen besinlerin lezzetlerinin geleneksel yöntemlerle pişirilen besinlere kıyasla daha az olabilmesi (2) ve tüketicinin hatalı kullanımından kaynaklı riskler (8) bazı dezavantajları arasında yer almaktadır.

Mikrodalga Fırınlarda Isıl Uygulamalar

Mikrodalga fırınlarda dipolar rotasyon ve iyonik etkileşim olmak üzere iki ısıtma mekanizması vardır (9). Dipolar rotasyon ile ısıtmada, mikrodalga enerjisi absorbe edildiğinde, besinin içerisinde su gibi polar moleküller elektromanyetik alana göre yönelirler. Su moleküllerinin bir ucunda hafif pozitif bir yük, diğler ucunda da hafif negatif bir yük olup dipol karakterdedir (10). Emilme sürecinden önce bu yükler besin içerisinde rastgele dağılmış halde bulunmaktadır. Fırın duvarlarından yansıyan mikroalgaları emen moleküller, dalgaların elektrik alanına göre düzenli bir yapıya geçme eğilimi gösterirler. Elektrik alan saniyede milyarlarca kez salınır ve su moleküllerini etkileyerek konumlarını

değiştirir. Bu sırada meydana gelen sürtünmenin etkisiyle besin ısınır ve pişer (6). İyonik etkileşim ile ısıtmada ise, dipol su moleküllerine ek olarak, besinlerde bulunan çözünmemiş tuzlar gibi iyonik bileşikler elektromanyetik alan tarafından hareketlendirilir ve diğler moleküllerle çarpışarak ve zıt yönlü davranarak ısı üretimini sağlarlar (11).

Mikroalgalar, besine 2.5-3.75 cm derinlikten penetre olmaya başlamaktadır. Ancak besinin ağırlığı ve hacmi büyük ise mikroalgalar yeteri düzeyde besinin merkez bölgesine ulaşamayabilmektedir. Besinler iç merkezi ısının besinin en dış bölgesinden ortasına doğru kondüksiyonu ile pişmektedir. Dolayısıyla, yaygın görüşün aksine mikrodalga ile pişirme yönteminde ısının iletimi besinin iç merkez noktasından değil dış yüzeyinden merkeze doğru gerçekleşmektedir (12).

Mikrodalga fırınlarda, fırının içindeki hava oda sıcaklığında olduğu için besinin yüzeyinin sıcaklığı geleneksel fırınlarda sıcak havayla ısıtılan besinlere göre daha soğuktur. Bu nedenle, mikrodalga fırınlarda pişirilen besinler normalde esmerleşmemekte ve yapısal olarak gevrek bir kıvam oluşturmamaktadır (12,13).

Mikrodalga fırınlarda ısı uygulamalarında, mikrodalga frekansı ve gücü, besinlerin nem içeriği, kütlesi, dielektrik özelliği, yoğunluğu ve geometrik yapısı gibi birçok etmen etki etmektedir (9).

Besinlerin dielektrik özellikleri, mikrodalgalara karşı gösterdikleri tepki/reaksiyon anlamına gelmektedir (14). Mikrodalga uygulanabilmesi için bir ürünün dielektrik kaybına sahip olması, yani elektromanyetik alan uygulandığında madde içinde dipolar elektrik yüklerinin oluşması gerekmektedir. Su molekülleri kolaylıkla dipolar elektrik yükleri oluşturabildiğinden, su içeren yapıda her ürün mikrodalga ile ısıtmaya uygundur (9,15).

Mikroalgalar su, lipid ve şeker moleküllerinin saniyede 2.5 milyon kez titreşimine neden olarak ısı üretimini sağlamaktadırlar. Besin fırından çıkarıldıktan sonra moleküller bir süre ısı üretmeye devam etmektedir. Mikrodalga fırın kapatıldıktan sonra devam eden molekül

hareketliliğine bağlı ısınma bir başka deyişle ısıtılan gıdada çok ısınan bölgelerden az ısınan bölgelere ısının iletiminin devam etme süreci “bekletme süresi” olarak adlandırılmaktadır. Bu süre boyunca besinlerin sıcaklıklarında birkaç derece artış görülebilmektedir. Bu nedenle mikrodalga kapatıldıktan sonra bekletme süresi için besinlerin birkaç dakika dinlendirilmesi önerilmektedir (7,12,16).

Mikrodalga Fırınlarda Kullanılan Araç-Gereçler

Mikrodalgalar, ışığa benzer şekilde materyaller tarafından yansıtılır, yayılır ya da emilir. Cam, plastik ve seramik gibi metalik olmayan maddeler çoğunlukla mikrodalgalara saydamken, metalik maddeler mikrodalgaları tamamen yansıtır (4). Mikrodalga fırınlarda bu fırınlara özgü üretilen pişirme kaplarının kullanılması gerekmektedir. Tablo 1’de Amerikan Tarım Bakanlığı (The United States Department of Agriculture, USDA) tarafından mikrodalga fırınlarda kullanılması güvenli olan ve güvenli olmayan kaplar ve mutfak malzemeleri gösterilmektedir (12).

Gıda sanayi, son yıllarda mikrodalga kullanımına uygun yeni jenerasyon paket materyalleri geliştirmiştir. Paket materyali olarak yüksek yoğunluklu propilen kullanımının, diğer malzemelere göre ısı iletimine daha uygun ve daha ekonomik alternatif bir malzeme olduğu düşünülmektedir. Cam da yeni nesil paketleme teknolojisinde kullanılmaktadır (6). Günümüzde yeni nesil paketleme teknolojileri kullanılarak geliştirilen, pişirme işlemi sırasında genişleyip kapakları otomatik olarak açılabilen, esnek yapıda ve buharlı pişirme teknolojisine benzer pişmeyi sağlayan paketler de üretilmektedir (14).

Mikrodalga İle Isıl Uygulamaların Besin Değeri Üzerine Etkileri

Uluslararası Yaşam Bilimleri Enstitüsü (International Life Sciences Institute, ILSI), mikrodalga ile pişirilen besinlerin besin değerinin geleneksel yöntemlerle pişirilenler ile benzer olduğunu bildirmiştir (10).

Proteinler

Proteinler, ısınma ile birlikte moleküler yapının modifikasyonu ile denatürasyona uğramaktadır. Degredasyon oranı ısınma süresi ve sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir (10). Yapılan çalışmalarda, geleneksel yöntemle ve mikrodalga ile pişirilen besinlerdeki proteinin besleyici/ besin değerinin benzer veya daha iyi olduğu gösterilmiştir (17,18). Yapılan bir çalışmada, farklı pişirme yöntemlerinin pirincin fizikokimyasal özelliklerine olan etkisi araştırılmış ve çalışma sonucunda protein, yağ ve kül korunumunun haşlama ve buğulama yöntemlerine kıyasla en yüksek mikrodalga ile pişirmede olduğu saptanmıştır (19).

Geleneksel fırınlarla mikrodalga fırınları arasındaki en önemli farklardan birisi, mikrodalga fırınların esmerleşme reaksiyonlarını uyarımasıdır (13). Mikrodalga fırınlar kısa pişirme süresi ve düşük sıcaklık uygulamaları nedeniyle Maillard reaksiyonlarının gelişimini önlemekte ve özellikle fırıncılık ürünlerinde istenen gevreklik, aroma ve renk değişimlerine neden olmamaktadır (2,20).

Lipidler

Besinlerin ısıtılması, lipid bileşenlerinde çeşitli dekompozisyon reaksiyonlarına neden olmaktadır. Mikrodalga ile pişirme işleminin yağ içeriğine etkisini araştıran çalışmalarda genel olarak mikrodalga fırında pişirilen besinlerin içerdiği yağ miktarının geleneksel yöntemlere kıyasla daha az olduğu ortaya konmaktadır (21,22). Abou Arab ve arkadaşlarının (21) yaptığı bir çalışmada, nohutlar kuru ısıda 90 dakika, mikrodalga fırında 5 dakika

Tablo 1. Mikrodalga fırınlarda USDA tarafından kullanılması güvenli ve güvenli olmayan kaplar ile mutfak malzemeleri

Kullanımı güvenilir olanlar	Kullanımı güvenilir olmayanlar
<ul style="list-style-type: none"> Mikrodalga kullanımı için etiketlenmiş malzemeler Isıya dayanıklı camlar Cam-seramik malzemeler Fırın pişirme poşetleri Kâğıt tabaklar, peçeteler, poşetler Yağlı kâğıt, parşömen kâğıdı Mikrodalga fırının kullanımına uygun ağır plastik kaplar 	<ul style="list-style-type: none"> Peynir ve yoğurt ambalajları Kahverengi kâğıt torbalar ve gazeteler Metal kaplar (alüminyum, çelik, bakır vb.) Köpük/sünger kaplı bardaklar, kâseler, tabaklar veya tepsiler Metalik boya ve kaplama çiniler/porselenler Metal kolları/saplı malzemeler Alüminyum folyo ile kaplı besinler

ve mısır yağında 170°C'de 1 dakika pişirilmiş ve mikrodalga fırında pişirme uygulamasının toplam yağ miktarında diğer uygulamalara kıyasla önemli azalmalara (%8.9) neden olduğu bildirilmiştir.

Vitaminler

Geleneksel ve mikrodalga ile pişirilen farklı meyve, sebze ve kurubaklagil çeşitlerinde vitamin korunumlarını araştıran sınırlı sayıda çalışma mevcuttur (18,22). Alajaji ve El-Adawy (18) tarafından yapılan bir çalışmada, nohutlarda riboflavin, tiamin, niasin ve pridoksin düzeylerindeki korunumun haşlama ve basınçlı pişirmeye kıyasla mikrodalga ile pişirme uygulamasında önemli derecede daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Patricia ve arkadaşları (22) tarafından yapılan bir çalışmada ise, brokolilere mikrodalga fırınlarda yapılan ağartma uygulaması sonucunda C vitamini miktarının sıcak suda yapılan ağartma uygulamasına kıyasla daha fazla olduğu saptanmıştır. Literatürde var olan kanıtlar mikrodalga ile pişirilen besinlerde pişirme süresinin daha kısa olması nedeniyle vitamin korunumunun geleneksel yöntemler ile pişirilen besinlere kıyasla benzer veya daha yüksek olduğunu öne sürmektedir (18,22).

Mineraller

Mineraller, mikrodalga ile pişirme uygulamasında çoğunlukla yıkıma ve kayba uğramamaktadır. Yapılan bir çalışmada, mikrodalga ile pişirmede fosfor ve magnezyum korunumunun kaynatma yöntemine göre daha fazla olduğu bildirilmiştir (18). Bernhardt ve Schlich (23) tarafından yapılan bir çalışmada, taze ve dondurulmuş biberlerin mikrodalga fırınlarda pişirilmesi sonrasında mineral korunumunun (sırasıyla 0.43 ve 0.38 g/100g) haşlama yöntemine kıyasla (sırasıyla 0.35 ve 0.22 g/100g) daha yüksek düzeylerde olduğu saptanmıştır.

Geleneksel yöntemlere benzer şekilde mikrodalga ile pişirme uygulamalarında da pişirme suyuna geçiş veya et suyunun damlaması nedeniyle vitamin-mineral kayıpları olabilmektedir (10,24). Bununla birlikte iyot mineralinde mikrodalga ile pişirme uygulamasında önemli miktarda kayıplar meydana geldiği bildirilmektedir. Haşlama, rosto yapma, derin yağda kızartma ve mikrodalga ile çeşitli sürelerde pişirme yöntemleri sonucu iyot kayıplarının karşılaştırıldığı bir çalışmada, iyot kayıpları sırasıyla %40.23, %10.57, %10.40

ve %27.13 bulunmuş, en yüksek iyot kaybının haşlama yönteminden sonra mikrodalga ile pişirmede olduğu saptanmıştır (25).

Biyoaktif Bileşenler

Mikrodalga ile pişirmede biyoaktif bileşenlerde meydana gelen kayıplar farklılıklar göstermekte ve bu kayıplarda ortamda var olan iyonlar da etkili olabilmektedir. Yapılan bir araştırmada, taze yeşil yapraklı sebzelerin mikrodalga fırında haşlanması (normal su ve %5'lik sodyum klorür solüsyonunda) sonucunda polifenol, tanin, flavanoidler, karotenoidler, antosiyanin içeriklerindeki değişim incelenmiştir. Sodyum klorür solüsyonu ve normal su kullanılarak mikrodalga fırında haşlama yapılması sonucunda, saponin dışında tüm fitokimyasalların azaldığı ve bu değişimde iyonik (Na⁺/Cl⁻) değişimlerin de etkili olabileceği bildirilmiştir (26).

Mikrodalga ile pişirme yönteminde kullanılan bazı pişirme araçlarının besinlerin besin ögesi kayıplarını ve kalite özelliklerini etkilediğini bildiren çalışmalar da mevcuttur. Dondurulmuş brokolinin buhar tutucu paketlerde veya geleneksel olarak mikrodalga ile pişirilmesinin karşılaştırıldığı bir araştırmada, buhar tutucu paketlerde pişirmenin askorbik asit korunumunu daha fazla sağladığı, antioksidan aktiviteyi artırdığı ve besinin parlaklığını daha fazla koruduğu saptanmıştır (27).

Tüm pişirme yöntemlerinde olduğu gibi mikrodalga ile pişirme yönteminde de pişirme süresinin uzamasının besin ögesi kayıplarını artırdığı bildirilmektedir. Yapılan bir çalışmada, mikrodalga fırında 20 dakika pişirilen havuç ve mısır örneklerinin β-karoten kaybının 10 dakika süreyle pişirilen örneklere kıyasla daha fazla olduğu saptanmıştır (28). Yapılan başka bir çalışmada, farklı koşullarda (güç, süre ve su eklenmesi) mikrodalga ile pişirmenin brokolinin biyoaktif bileşenlerine olan etkisi araştırılmış ve sonuçta, fenolik bileşikler ve glukosinolatlarda suya geçme/süzme nedeniyle önemli kayıpların olduğu bildirilmiştir. Bu kayıp oranlarının, mikrodalğanın gücünün, pişme suyu miktarı ve süresinin artmasıyla daha da artış gösterdiği belirtilmektedir (24).

Sağlık Üzerine Etkileri

Mikrodalgaların iyonize olmayan radyasyon türlerinden olduğu için x-ray ve diğer iyonize

radyasyon türleri ile aynı sağlık risklerine sahip olmadığı bildirilmektedir. Bununla birlikte, mikrodalga ya yüksek düzeyde maruziyetin deri yanıkları veya katarakta neden olabileceği, düşük düzeylerine maruziyetin meydana getirdiği sağlık riskleri konusunda ise yeterli veri olmadığı belirtilmektedir (2,5).

Radyasyon Tehlikesi

Mikrodalga fırınlar ile ilgili en büyük endişeler, mikrodalga kaçakları sonucunda radyasyona maruziyet ve mikrodalga uygulamaları sonucunda besinin radyoaktif hale gelmesidir. Mikrodalga fırınlar, mikrodalganın kapısı açıldığında güç kesilecek şekilde tasarlanmıştır. Bununla birlikte, kapının tam kapanmaması veya zarar görmesi durumunda mikrodalga sızıntısı olabilmektedir (3). Mikrodalgalardan fırınlardan olası sızıntı miktarları ve diğer güvenlik standartları uluslararası kuruluşlar ve yasal otoriteler tarafından belirlenmiştir (17). Mikrodalga üreticileri, başta Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi'nin (U.S Food and Drug Administration, FDA) katı emisyon limitlerine uymakla yükümlüdür. Bu doğrultuda FDA, sızıntı radyasyonları için limit değeri mikrodalga fırının yüzeyinden 5 cm mesafede 5 miliwatt/cm² olarak belirtmektedir (12). Modern fırınlarda bu emisyon limiti halk sağlığını tehdit edecek eşik değerinin altındadır (29). Ayrıca mikrodalga enerjisi, radyasyon kaynağından uzaklaştıkça dramatik olarak azalmaktadır. Mikrodalga fırından 50 cm uzaklıkta yapılan ölçümün, 5 cm uzaklıkta yapılan ölçümün 1000'de (%0.01) biridir (4,29). Emisyon limitine ek olarak FDA, fırınlarda, mikrodalga fırının kapağı açıldığında mikrodalga üretimini otomatik olarak kesen birbirinden bağımsız iki kilit sisteminin bulunmasını şart koşmaktadır (12).

Mikrodalga fırınların standart gerekliliklerine uygun üretimlerinde herhangi bir radyasyon tehlikesinin olmayacağı bildirilmektedir (12). Mikrodalga fırınların çalışması ile ilgili herhangi bir olumsuzluk ile karşılaşıldığında fırınların kesinlikle çalıştırılmaması ve teknik destek alınması önemlidir (30).

Yanıklar

Mikrodalga ile ilgili yaralanmaların birçoğu, sıcak malzemeler, aşırı ısınmış besinler veya sıvıların aşırı ısınma sonucu patlamasından kaynaklanan ciddi termal yanıklardan meydana gelmektedir (29). Yapılan bir çalışmada, 1990-2010 yılları

arasında mikrodalga fırınlardan kaynaklı sağlık sorunları nedeniyle acil servislere başvuran bireylerin başvurma nedenleri araştırılmış ve yaralanmaların büyük çoğunluğunun (%98.1) evde gerçekleştiği bildirilmiştir. En sık görülen yaralanma nedeni dökme/saçma iken vücudun en sık yaralanan bölgesinin eller ve parmaklar olduğu saptanmıştır (31).

Gereğinden uzun ve yüksek sıcaklıklarda ısı uygulaması sonucu, özellikle suda köpürme ve fokurdama gibi kaynamanın fiziksel belirtileri görülmeksizin su aşırı derecede ısınmaktadır. Isıtma öncesi suyun içerisine kahve veya şeker gibi maddeler eklenirse risk büyük ölçüde azalmaktadır. Ancak aşırı ısınma durumu varsa, kabın alınması için veya kap içerisine herhangi bir malzeme eklenmesi için yapılan girişimin, kaynayan suyun fişkirmesine/püskürmesine neden olabileceği bildirilmektedir (8). Yanık riskini önlemek için:

- Mikrodalgalardan kullanım kılavuzunda yer alan ısıtma süreleri ile ilgili olan önerilere uyulması,
- Sıvıların aşırı ısıtılmaması, sıvı mikrodalga fırından alınmadan veya kap içerisine bir şeyler konulmadan önce bekletme süresinin göz önünde bulundurulması önerilmektedir (32).

Katarakt

Mikrodalga fırınlar ile ilgili diğer bir sağlık riski, mikrodalgalardan katarojenik etkilerinin olmasıdır. Literatürde, mikrodalgalardan ve iyonize radyasyonun katarakt gelişimi üzerine etkilerinin mikrodalganın gücü ve maruziyet süresi ile doğrudan ilişkili olduğu bildirilmektedir (33).

Mikrodalga fırınların katarojenik etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, ratların 1 ay süresince günlük 15 ve 30 dakika mikrodalga ışınlarına maruz kalması sağlanmıştır. Daha uzun süre mikrodalga ışınlarına maruz kalan ratlarda katarojenik histolojik değişikliklerin daha kısa süre maruziyet yaşayan ratlara göre daha fazla olduğu bildirilmiştir (34). İnsanların mikrodalga fırınların çalışması sırasında mikrodalgalardan maruziyetinin en az düzeyde olduğu ve fırın ile birey arasındaki mesafe arttıkça maruziyetin azaldığı bilinmektedir (4). Bireylerin ısı işlem uygulama sürelerinin kısa olması ve uygulama sırasında mikrodalga fırına yakın mesafede bulunmamasından kaynaklı mikrodalgalardan bireyde katarakt gelişimine neden

olabilecek etkiler oluşturmayacağı belirtilmektedir (34).

Kimyasal Riskler

Geleneksel pişirme yöntemlerinde olduğu gibi yüksek sıcaklık uygulamalarının potansiyel karsinojenlerin üretimini artırdığı bildirilmektedir. Mikrodalga fırında pişirme uygulamalarında geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında besinler daha düşük pişirme sıcaklığı (≤ 100 °C) ve sürelerine maruz bırakılmaktadır. Bu nedenle, mikrodalga ile pişirmenin özellikle etlerde önemli miktarda kanserojenik bileşenlerin oluşumuna neden olmadığı ayrıca, ızgara veya barbekü öncesinde etlere mikrodalga ile ön pişirme işlemi uygulanmasının kanserojenik bileşenlerin oluşumunu azaltmada yararlı olabileceği belirtilmektedir (17).

Heterosiklik Aminler

Heterosiklik aminler (HAA), ızgara, barbekü veya tavada kızartma gibi yüksek sıcaklıkta pişirme uygulamaları sonrasında oluşan bir grup bileşiktir (35). HAA oluşum miktarı, ≤ 100 °C sıcaklıklarda pişirilen etlerde yüksek sıcaklık uygulamalarına kıyasla daha azdır. Bu nedenle mikrodalga fırında pişirme veya kaynatma gibi uygulamalarda HAA oluşumunun geleneksel yöntemlere kıyasla daha az veya benzer miktarda olduğu bildirilmektedir (36).

Etlere mikrodalga fırında ön pişirme uygulamasının HAA oluşumu üzerine etkisi tartışmalıdır. Yapılan bir çalışmada, barbekü öncesi mikrodalga fırında ön pişirme yapılan etlerde HAA oluşumunun önemli miktarda azaldığı (37). Başka bir çalışmada ise, kızartılmış tavuk etlerine mikrodalga ile ön pişirme uygulaması sonucu meydana gelen HAA miktarının farklı olmadığı bildirilmiştir (38). Etlere HAA oluşumuna pişirme süresi, etin çeşidi, etin asitliği, bileşimi ve ette ön maddelerin varlığı gibi birçok etmen etki etmekte, bu nedenle pişirme yöntemleri ile oluşan HAA miktarları arasındaki farklar yorumlanırken bu etmenlerin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar

Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), iki ya da daha fazla benzen halkasına sahip hidrofobik karakterli organik bileşiklerdir. Rostu yapma, ızgara, barbekü ve dumanlama/tütsüleme gibi pişirme yöntemleri, besinlerin PAH içeriğini

artırmaktadır. Bu yöntemlerde ısıya doğrudan maruziyetin olması, besinin daha fazla ısınmasına ve dolayısıyla daha fazla PAH oluşumuna neden olmaktadır (39).

Yapılan bir çalışmada, tavukların yüksek sıcaklıkta mikrodalga fırında kızartılması sonucunda yüksek miktarda PAH oluştuğu bildirilmiştir (40). Yapılan başka bir çalışmada ise, mısır yağı ile geleneksel kızartma işlemi uygulanmış ve yeniden ısıtma işlemine tabi tutulmuş bifteklerin önemli miktarda PAH içerdiği saptanmışken mikrodalga ile pişirme ve yeniden ısıtma işlemleri uygulanmış etlerde miktarın önemli derecede daha az olduğu belirlenmiştir (10).

Nitrözaminler

Kürleme, kurutma ve pişirme uygulamaları sonrasında özellikle nitrit içeren etlerde oluşan nitrözaminlerin bazı türleri, Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (The International Agency for Research on Cancer, IARC) tarafından Grup-2A kanserojenler arasında sınıflandırılmaktadır (41). Yapılan bir çalışmada, kurutulmuş deniz ürünlerinde mikrodalga ve buğulama gibi doğrudan ısı uygulaması olmadan yapılan pişirme yöntemlerinde, gaz fırını/ocağında pişirilenlere kıyasla daha az nitrözamin oluştuğu belirlenmiştir (42). Li ve arkadaşlarının (43) yaptıkları bir çalışmada, çeşitli pişirme yöntemlerinin kuru-kürlenmiş sosislerin N-nitrözamin ve biyojenik amin düzeylerine etkisi araştırılmış, çalışma sonucunda derin ve az yağda kızartma yöntemlerinde nitrözamin içeriklerinde artış olduğu, mikrodalga ve haşlama yöntemlerindeki nitrözamin miktarlarının çığ sosislerdeki miktara benzer olduğu bulunmuştur. Çalışmada, haşlama ve mikrodalga uygulaması sonrasında toplam biyojenik amin içerikleri de benzer bulunmuştur. Mikrodalga ile pişirme süresi arttıkça diğer pişirme yöntemlerine benzer şekilde nitrözamin oluşum miktarının da arttığı bildirilmektedir (44).

Akrilamid

Yapılan çalışmalarda, özellikle mikrodalga ile ön pişirme uygulamasının gıdalardaki akrilamid oluşumunu azalttığı bildirilmektedir (38,45). Tuta ve arkadaşlarının (45) yaptıkları bir çalışmada, mikrodalga ile ön çözündürme işlemi uygulandıktan sonra yağda kızartılan patates örneklerinde ön çözündürmenin kızartma süresini kısaltmasından dolayı akrilamid düzeyini %10

Tablo 2. Mikrodalga ile pişirilen besinlerde besin güvenliğini sağlamak için FSIS tarafından önerilen iç sıcaklıklar*

Pişirilen besinler	Sıcaklık (°C)
Kıyma	En az 72 °C
Tüm halde çiğ biftek, pirzola veya kuzu eti	En az 63 °C
Tüm kümes hayvanı etleri	En az 74 °C
Yumurta ve yumurta içeren ürünler	72 °C
Balık	63 °C

*Besinlerin mikrodalga fırından alındıktan sonra en az 3 dakika bekleme süresi ile dinlendirilmeli, bu şekilde pişirme süreci sona erdirilmeli ve iç sıcaklık besin termometresi ile kontrol edilmelidir.

azalttığı ve kalite özelliklerini daha iyi koruduğu saptanmıştır. Yapılan başka bir çalışmada da, mikrodalga ile ön pişirme uygulamasının tavuk but ve kanatlarında kızartma süresini ve dolayısıyla akrilamid oluşumunu azalttığı, mikrodalga ile ön pişirme işleminin akrilamid oluşumunu azaltmada potansiyel bir strateji olabileceği belirtilmiştir (38).

Mikrobiyolojik Riskler

Mikrodalga ile pişirmenin besin kaynaklı patojenleri yok etmesindeki etkinliği konusunda endişeler bulunmaktadır. Patojen mikroorganizmalar, geleneksel fırınlarda olduğu gibi mikrodalga fırınlarda uygun süre ve sıcaklıklarda pişirme ile inhibe olurlar. Bu nedenle, USDA ve ILSI mikrodalga fırında pişirilen besinlerin geleneksel fırınlarda pişirilen besinler kadar güvenilir olduğunu bildirmektedir (10,12). Çalışmalarda, mikrodalga ile pişirmede uygun sıcaklık ve zaman kombinasyonuna uyulduğu müddetçe patojen mikroorganizmaların inhibe edildiği gösterilmiştir (46,47). Ancak mikrodalga ile pişirmede besinin ağırlığı, hacmi vb. bazı durumlarda homojen bir ısı iletimi ve pişirme sağlanamamakta ve besinin merkez iç sıcaklığı güvenilir sıcaklıklara ulaşmayabilmektedir. Bu nedenle besin termometresi kullanarak besinde uygun iç sıcaklığa ulaşıldığından emin olmak ve besinin birkaç bölgesinden sıcaklığı test etmek son derece önemlidir. Mikrodalga ile pişirilen besinlerde besin güvenliğini sağlamak için USDA Gıda Güvenliği ve Denetim Servisi (USDA Food Safety and Inspection Service, FSIS) tarafından önerilen iç sıcaklıklar Tablo 2’de gösterilmiştir (7).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Mikrodalga fırınlar, gerek toplu beslenme yapılan kurum ve kuruluşlarda gerekse ev ortamında

besinlere ısı işlem uygulamaları amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalar mikrodalga fırınlarda pişirilen ürünlerde besin güvenliğinin sağlandığı ve mikrodalga ile ısı işlemlerde besinin maruz kaldığı sıcaklık derecesinin geleneksel fırınlarda pişirme yöntemi ile karşılaştırıldığında daha düşük ve uygulama süresinin daha az olması nedeniyle besinlerde oluşabilecek kanserojenlerin oluşumunun daha düşük düzeylerde gerçekleştiği bildirilmektedir.

Mikrodalga fırınlarda pişirilen ürünlerde besin değeri korunumunun da sağlandığı bildirilmektedir. Ancak geleneksel yöntemlere benzer şekilde mikrodalga ile pişirme uygulamalarında da çeşitli nedenlerle besin değeri kayıpları olabilmekte ve bu kayıp oranları mikrodalga gücünün, pişme suyu miktarı ve süresinin artmasıyla daha da artış göstermektedir. Dolayısıyla, mikrodalga ile ısı işlem uygulamalarında besin değeri korunumunun sağlanması açısından bu hususların göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Ayrıca, Uluslararası standartların gereklilikleri doğrultusunda üretimi yapılan mikrodalga fırınların radyoaktif sızıntı maruziyetine bağlı insanlarda sağlık risklerine neden olmayacağı belirtilmektedir. Besinlere uygulanacak ısı işlemlerde, besine uygun yöntemin seçilmesi, uygun süre ve sıcaklıklarda ısı uygulamaların gerçekleştirilmesi, besin termometresi ile iç merkez sıcaklıklarının uygunluğunun mutlaka kontrol edilmesi gerekmektedir. Bunun yanı sıra, kullanılan mikrodalga fırınların güvenlik açısından düzenli bakım ve onarımlarının yaptırılması da olası sağlık risklerini önlemede ve iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanmasında önemli unsurlardan birisidir.

Çıkar çatışması/Conflict of interest: Yazarlar ya da yazı ile ilgili bildirilen herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

KAYNAKLAR

1. Hoogenboom R, Wilms TFA, Erdmenger T, Schubert US. Microwave-assisted chemistry: a closer look at heating efficiency. *Aust J Chem* 2009;62:236-243.
2. Puligundla P, Abdullah SA, Choi W, Jun S, Oh SE, Ko S. Potentials of microwave heating technology for select food processing applications - a brief overview and update. *J Food Process Technol* 4(278):2.
3. Food and Drug Administration Department of Health and Human Services. CFR - Code of Federal Regulations, Title 21: Subchapter J-Radiological Health: PART 1030 Performance Standards for Microwave and Radio Frequency Emitting Products; 2015.
4. World Health Organization. 2005. Electromagnetic fields & public health: Microwave ovens: Information sheet. Available at: http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/info_microwaves/en/ Accessed January 1, 2016.
5. Food and Drug Administration. 2014. Microwave oven radiation. Available at: http://www.fda.gov/Radiation-EmittingProducts/ResourcesforYouRadiationEmittingProducts/ucm252762.htm#Microwave_Ovens_and_Health Accessed January 3, 2016.
6. Ahmed J, Ramaswamy HS. Microwave Pasteurization and Sterilization of Foods. In: Rahman S, editör. *Handbook of Food Preservation*. 2nd ed. Taylor & Francis Group, LLC; 2007. p. 691-711.
7. United States Department of Agriculture Food Safety and Inspection Service. 2013. Food Safety Information: Cooking Safely in the Microwave Oven. Available at: http://www.fsis.usda.gov/wps/portal/fsis/topics/food-safety-education/get-answers/food-safety-fact-sheets/appliances-and-thermometers/cooking-safely-in-the-microwave/cooking-safely-in-the-microwave-oven!/ut/p/a1/jZDdbS1wDIWfhQeI4q6A4BJVQrSDVgthK7mZrOK2EW1cNVERe_oFdrVp_NhX1vmOLRpZC6VwUFX6DQbbC6zmn7CFqbBPIIk mwdLiNp3bfYaRTDbTTYwvwOk4ZP-G7WAR_7kiQMv_SbaVFJ16GqhTckyr8gJNPZEvZV5yXwQFkyZ1Fi4YStiZwXsOsajaYg6-GDcDX1Lbfkrq6C-ahNdTU2Z7_3ootWFz2fcKCHgOCBjPyQ6vcHEPiO03A3XiVpCNn4L_BPxD_A7Qy79i3_Wi9WoOPRN6DCfto! / Accessed October 10, 2016.
8. Food and Drug Administration. 2015. Risk of Burns from Eruptions of Hot Water Overheated in Microwave Ovens. Available at: <http://www.fda.gov/Radiation-EmittingProducts/RadiationEmittingProductsandProcedures/HomeBusinessandEntertainment/ucm142506.htm> Accessed December 12, 2015.
9. Konak Üİ, Certel M, Helhel S. Gıda sanayisinde mikrodalgı uygulmaları. *GTED* 2009;4(3):20-31.
10. Allison H: International Life Sciences Institute (ILSI) Europe. ILSI Europe Concise Monograph Series: Microwave ovens. Brussels; 1998.
11. Oliveira MEC, Franca AS. Microwave heating of foodstuffs. *J Food Eng* 2002;53:347-359.
12. United States Department of Agriculture. 2013. Food Safety and Inspection Service (FSIS). Food Safety Information: Microwave Ovens and Food Safety. Available at: http://www.fsis.usda.gov/wps/portal/fsis/topics/food-safety-education/get-answers/food-safety-fact-sheets/appliances-and-thermometers/microwave-ovens-and-food-safety/ct_index Accessed January 2, 2016.
13. Chavan RS, Chavan SR. Microwave baking in food industry: A review. *Int J Dairy Sci* 2010;5:113-1127.
14. Bertrand K. Microwaveable foods satisfy need for speed and palatability. *Food Technol*. 2005;59(1):30-34.
15. Tang J, Feng H, Lau M. Microwave heating in food processing. In: Young X, Tang J, editors. *Advances in Bioprocessing Engineering*. New Jersey; World Scientific Publisher; 2002. p. 1-43.
16. Decareau RV. Microwaves in food service. *Foodservice Research International* 1992;6(4):257-270.
17. The Government of Hong Kong Special Administrative Region Food and Environmental Hygiene Department. *Microwave Cooking and Food Safety. Risk Assessment Studies, Report No:19*, 2005.
18. Alajaji SA, El-Adawy TA. Nutritional composition of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by microwave cooking and other traditional cooking methods. *J Food Compos Anal* 2006;19(8):806-812.
19. Daomukda N, Moongnarm A, Payakapol L, Noisuwan A. Effect of Cooking Methods on Physicochemical Properties of Brown Rice. 2nd International Conference on Environmental Science and Technology. Singapore; 2011.
20. Sumnu G. A review on microwave baking of foods. *Int J Food Sci Technol*. 2001;36(2):117-127.
21. Abou Arab EA, Helmy IMF, Barih GF. Nutritional evaluation and functional properties of chickpea (*cicer arietinum* l.) flour and the improvement of spaghetti produced from its. *J Am Sci* 2010;6(10):1055-1072.
22. Patricia CM, Bibiana DY, Jose PM. Evaluation of microwave technology in blanching of broccoli (*Brassica oleracea* L. var *Botrytis*) as a substitute for conventional blanching. *Procedia Food Sci* 2011;1:426-432.
23. Bernhardt S, Schlich E. Impact of different cooking methods on food quality: Retention of lipophilic vitamins in fresh and frozen vegetables. *J Food Eng* 2006;77:327-333.
24. López-Berenguer C, Carvajal M, Moreno DA, García-Viguera C. Effects of microwave cooking conditions on bioactive compounds present in broccoli inflorescences. *J Agric Food Chem* 2007;55(24):10001-10007.
25. Rana R, Raghuvanshi RS. Effect of different cooking methods on iodine losses. *J Food Sci Technol*. 2013;50(6):1212-1216.
26. Singh S, Swain S, Singh D, Salim K, Nayak D, Roy SD. Changes in phytochemicals, anti-nutrients and antioxidant activity in leafy vegetables by microwave boiling with normal and 5% NaCl solution. *Food Chem* 2015;176:244-253.
27. Zhong X, Dolan KD, Almenar E. Effect of steamable bag microwaving versus traditional cooking methods on nutritional preservation and physical properties of frozen vegetables: A case study on broccoli (*Brassica oleracea*). *Innov Food Sci Emerg Technol* 2015;31:116-122.
28. Yahyaie M, Ghavami A, Gharachorloo M, Larijani K, Mazhari SZ. Investigating the changes in β -carotene concentrations of Carrot and sweet corn using different methods of heat treatments. *Journal of Food Biosciences and Technology* 2014;4(2):15-20.

29. Food and Drug Administration. 2008. FDA Consumer Health Information: Use Your Microwave Safely. Available at: <http://www.fda.gov/downloads/ForConsumers/ConsumerUpdates/UCM143607.pdf> Accessed October 10, 2015.
30. Health Canada. 2006. Radiation safety of microwave ovens. Available at: http://www.hc-sc.gc.ca/english/iyh/products/micro_ovens.html Accessed November 20, 2015.
31. Thambiraj DF, Chounthirath T, Smith GA. Microwave oven-related injuries treated in hospital EDs in the United States, 1990 to 2010. *Am J Emerg Med* 2013;31(6):958-963.
32. Food and Drug Administration. 2016. 5 Tips for Using Your Microwave Oven Safely. Available at: <http://www.fda.gov/downloads/ForConsumers/ConsumerUpdates/UCM143607.pdf> Accessed October 15, 2016.
33. Lipman RM, Tripathi BJ, Tripathi RC. Cataracts induced by microwave and ionizing radiation. *Surv Ophthalmol* 1988;33(3):200-210.
34. Inalöz SS, Aksünger A, Sari İ, Daşdağ S, Deveci E. Do microwave ovens affect eyes? *Jpn J Ophthalmol* 1997;41(4):240-243.
35. National Cancer Institute. 215. Chemicals in Meat Cooked at High Temperatures and Cancer Risk. Available at: <https://www.cancer.gov/about-cancer/causes-prevention/risk/diet/cooked-meats-fact-sheet#q2> Accessed November 2, 2015.
36. Chiu C, Yang D, Chen B. Formation of heterocyclic amines in cooked chicken legs. *J Food Prot* 1998;61(6):712-719.
37. Skog K, Solyakov A. Heterocyclic amines in poultry products: a literature review. *Food Chem Toxicol* 2002; 40(8):1213-1221.
38. Haskaraca G, Demirok E, Kolsarıcı N, Öz F, Öz Saraç N. Effect of green tea extract and microwave pre-cooking on the formation of heterocyclic aromatic amines in fried chicken meat products. *Food Res Int* 2014;63:373-381.
39. Xia Z, Duan X, Qiu W, Liu D, Wang B, Tao S, et al. Health risk assessment on dietary exposure to PAHs in Taiyuan China. *Sci Total Environ* 2010;408:5331-5337.
40. Zahoor AF, Yousaf M, Awais M, Ali Z, Aftab K, Ali KG, et al. Synthesis, extraction, and identification of light polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in microwave oven fried Aseel chicken tissues. *Toxicol Environ Chem* 2015; 97(2):45-54.
41. The International Agency for Research on Cancer (IARC). IARC Monographs evaluate consumption of red meat and processed meat. Available at: https://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2015/pdfs/pr240_E.pdf Accessed November 20, 2015.
42. Lee SJ, Shin JH, Sung NJ, Kim JG, Hotchkiss JH. Effect of cooking on the formation of N-nitrosodimethylamine in Korean dried seafood products. *Food Addit Contam* 2003;20(1):31-36.
43. Li L, Wang P, Xu X, Zhou G. Influence of various cooking methods on the concentrations of volatile n-nitrosamines and biogenic amines in dry-cured sausages. *J Food Sci* 2012;77(5):560-565.
44. Miller B, Billedeau S, Miller D. Formation of N-nitrosamines in microwaved versus skillet-fried bacon containing nitrite. *Food Chem Toxicol* 1989;27(5):295-299.
45. Tuta S, Palazoğlu TK, Gökmen V. Effect of microwave pre-thawing of frozen potato strips on acrylamide level and quality of French fries. *J Food Eng* 2010;97(2):261-266.
46. Celandroni F, Longo I, Tosoratti N, Giannessi F, Ghelardi E, Salvetti S, et al. Effect of microwave radiation on *Bacillus subtilis* spores. *J Appl Microbiol* 2004;97(6):1220-1227.
47. Welt B, Tong C, Rossen J, Lund D. Effect of microwave radiation on inactivation of *Clostridium sporogenes* (PA 3679) spores. *Appl Environ Microbiol* 1994;60(2):482-488.