

İleri Muhafaza Tekniklerinin Et Kalitesi Üzerine Etkisi

Müge Akkara ✉, Semra Kayaardı

Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü Muradiye, Manisa

Geliş Tarihi (Received): 05.04.2014, Kabul Tarihi (Accepted): 27.07.2014

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): muge.akkara@cbu.edu.tr (M. Akkara)

☎ 0 236 201 22 73 📠 0 236 241 21 43

ÖZET

Günümüzde taze görümlü ve besleyici değeri korunan sağlıklı gıdalara ve dolayısıyla ete olan talebin artması, yeni muhafaza teknolojilerinin geliştirilmesinde önemli rol oynamaktadır. Etin muhafazasında kullanılan geleneksel yöntemler, raf ömrünün uzamasını ve mikrobiyal açıdan güvenilirliğinin artırılmasını sağlarken ısı işlem gibi bazı teknikler üründe kalite kayıplarına ve enerji sarfiyatının fazla olmasına neden olabilmektedir. Bu yöntemlerin et kalitesinde istenmeyen değişimlere yol açması nedeniyle ileri muhafaza tekniklerinin geleneksel yöntemlerle birlikte veya alternatif olarak kullanılması konusunda yoğun çalışmalar yapılmaktadır. İleri muhafaza tekniklerinin et endüstrisinde uygulananları arasında yüksek basınç uygulaması, ohmik ısıtma, dielektrik ısıtma, yüksek yoğunluklu vurgulu ışık, X ışınları ve elektron demetleri sayılabilir. Bu teknikler et endüstrisinde gıdaların besin öğeleri içeriği ile fonksiyonel ve duyuşal özelliklerini koruyarak sağlıklı ve raf ömrü uzun ürünlerin üretilmesine imkan tanımaktadır. Yine bu yöntemler mikroorganizmaları yıkımlarken, gıdaların vitamin, mineral, tat, renk ve görünüşünde önemli bir değişikliğe neden olmamakta, proteinler üzerinde değişimlere neden olarak tekstürel özelliklerin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Yakın gelecekte bu ileri teknolojilerin günümüzdeki uygulamaların yerini alacağı öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Muhafaza teknikleri, Et, Kalite, Raf ömrü

Effect of Advanced Preservation Techniques on Meat Quality

ABSTRACT

Nowadays demands for high quality foods especially meat that are fresh tasting and nutritious have created considerable interest in the development of new preservation technologies. Although traditional methods used in preservation of meat have helped to ensure a high level of food safety and prolonged the shelf life of foods, some techniques like heat treatment may cause quality loss in product and excessive energy consumption. Since these techniques may lead undesirable effects on meat quality, considerable effort has been made on using new preservation techniques combined with traditional methods or an alternative to traditional methods. High pressure processing (HPP), ohmic heating, dielectric heating, high intensity pulsed light, X-rays and electron beams have taken part between these further preservation techniques implemented in meat industry. These techniques have enabled the nutrient ingredient, functional and sensory properties of foods to protect, healthy and long shelf life having food to produce in meat industry. Especially, they have contributed to the development of textural properties of meat due to changes of protein structure. In addition they are effective in microbial inactivation while no significant degradation of vitamins, mineral salts, taste, colour and appearance occurs. It has been predicted that these advanced techniques may replace current counterparts.

Key Words: Preservation techniques, Meat, Quality, Shelf life

GİRİŞ

Taze et biyolojik kompozisyonu nedeniyle bozulmaya oldukça elverişli bir gıdadır. Depolama sıcaklığı, atmosferik oksijen, endojen enzimler, nem, ışık ve mikroorganizmalar gibi birçok faktör etin tazeliğini ve raf ömrünü etkilemektedir [1]. Diğer yandan et bozulma yapan mikroorganizmaların ve gıda kaynaklı patojenlerin gelişimi ve çoğalmaları için ideal bir ortam oluşturmaktadır. Bu sebeplerden dolayı etin kalitesi ve güvenilirliğini korumak için yeterli ölçüde etkin muhafaza tekniklerinin uygulanması oldukça önemlidir [2].

Gıda muhafazasının asıl amacı; bozulmanın önlenmesinin yanı sıra depolama sürecinde gıdanın besin değeri, renk, aroma ve fiziksel yapısına ilişkin duyuşsal niteliklerini de korumaktır. Gıdaları mikrobiyolojik ve enzimatik değişimlerden korumak ve raf ömrünü uzatmak amacıyla günümüzde değişik tekniklerin uygulaması mevcuttur [3]. Gıda sanayinde muhafaza amaçlı kullanılan katkı maddelerinin ve ısıtma işlemlerinin gıdalar üzerinde arzu edilmeyen bazı etkilerinin olduğu bilinmektedir [4, 5]. Isıl işlem gıdalarda mikrobiyal inaktivasyonu sağlamak için yaygın kullanım alanına sahip olmasına rağmen, gıdaların duyuşsal besleyici ve fonksiyonel özelliklerinde istenmeyen önemli etkilere sahiptir [6]. Özellikle de et ürünlerinde, bazı yapısal değişimlere neden olmaktadır [7]. Isıl işlem boyunca etin yapısında meydana gelen fizikokimyasal değişimler; bileşenler, tekstür, su tutma kapasitesi, renk, lezzet ve ısıtma sonrası özelliklerinde belirgin değişikliklere neden olmaktadır [8]. Bütün bu etkenlerle birlikte tüketicilerin doğala yakın gıdalar talep etmesi üzerine bilim adamları, gıdaların özelliklerinin geliştirilmesinde ve muhafazasında yeni arayışlar içerisine girmişlerdir [5]. Isıl işleme gerek duyulmadan mikroorganizmaların yıkılanmasını sağlayan alternatif teknolojiler gündeme gelmiş ve bu teknolojilerin uygulanmaları son zamanlarda oldukça önem kazanmıştır [9]. Bu yeni muhafaza teknolojilerinin et ürünlerinde kullanılanları arasında yüksek basınç uygulaması, ohmik ısıtma, dielektrik ısıtma, yüksek yoğunluklu vurgulu ışık, X ışınları ve elektron demetleri yer almaktadır. Bu teknolojilerin esas amacı, gıdaya zarar vermeden patojen ve bozulma yapan mikroorganizmaları yıkımlamak ve bu şekilde sağlık açısından güvenilir duruma getirilmiş gıdanın doğal görünümünü muhafaza altına almaktır [10].

YÜKSEK BASINÇ UYGULAMASI

Yüksek basınç uygulaması, gıdaların besin öğeleri içeriği ile fonksiyonel ve duyuşsal özellikleri korunarak sağlıklı ve raf ömrü uzun ürünlerin üretilmesine imkan tanıyan bir gıda muhafaza yöntemidir [11]. Genellikle 100 MPa ile 1000 MPa arasında, özellikle de 100 MPa ile 600 MPa arasında basınç uygulaması içeren bu yöntemin temel prensibi materyali çevreleyen suyun sıkıştırılmasına dayanmaktadır. Suyun sıkıştırılması ile birlikte basınç materyalin şekline, büyüklüğüne bağlı olmadan materyalin her noktasına anında eşit bir şekilde iletilmektedir. Yüksek basınç uygulaması sırasında istenen basınç seviyesine ulaşıldıktan sonra çok daha az enerji harcanmaktadır [12]. Geleneksel ısıtma işlem

yöntemlerine göre işlem süresinin daha kısa olması ve sıcaklıktan kaynaklanan zararların azaltılması bu tekniği diğer yöntemlere göre avantajlı hale getirmektedir.

Yüksek basınç uygulamasının ısıtma işlemler, enzimatik karışımlar, doğal antimikrobiyal ve antioksidan maddelerle birlikte kullanılabilir olması bu yöntemin etkinliğini artırmaktadır [13]. Yüksek basınç uygulaması, birçok üründe kullanılmakla birlikte gıda patojenlerini azaltıcı etkisinden dolayı ürünün görünüşünü ve lezzetini koruyan ısıtma olmayan bir muhafaza metodu olarak son zamanlarda et ürünlerinde güncel bir yere sahiptir [14]. Yapılan çalışmalarda yüksek basınç uygulamasının etin yapısal, fizikokimyasal, morfolojik ve tekstürel özelliklerini etkileyebildiği ve taze kırmızı ette kısmi renk değişimlerine neden olduğu açıklanmıştır [15]. Bunun yanı sıra yüksek basınç uygulamasının emülsiyon tipi et ürünlerinin jel oluşturma ve yapısal özelliklerini de geliştirdiği ifade edilmiştir. Et ve et ürünlerinin yüksek basınç ile dondurulması sonucu daha küçük buz kristalleri oluşmakta ve böylece donma ve çözünmenin istenmeyen etkileri ortadan kalkmaktadır. Ayrıca, yüksek basınç uygulaması ile duyuşsal özellikleri korunan, sağlıklı, beslenme yönünden kaliteli ve raf ömrü uzun gıdaların üretilmesi mümkün olmaktadır [13]. Yüksek basınç uygulamalarının, et bileşenlerinden özellikle su, protein ve lipidler üzerine etki ettiği birçok araştırmacı tarafından belirlenmiştir [3].

Suyun birçok fizikokimyasal özelliği basınç altında değişmektedir. Suyun hacmi 22°C'de 100 MPa'da %4, 400 MPa'da %12 ve 600 MPa'da %15 civarında azalmaktadır. Büyük bir kısmı su ve az miktarda da gaz içeren gıdaların suyun sıkıştırılmasına benzer bir sıkıştırılma özelliği gösterdiği bildirilmektedir [11, 13, 16]. Yüksek basınç uygulamasında kullanılan suyun ilk sıcaklığına bağlı olarak sıkıştırma ısısı artmaktadır [13]. Suyun adyabatik sıkışması sıcaklığın her 100 MPa'da 2-3°C kadar artışına neden olmaktadır [3].

Proteinler etin önemli bileşenlerinden olup, kalite üzerinde oldukça önemli bir yere sahiptir. Dolayısıyla protein yapısında meydana gelebilecek değişimler et ve et ürünlerinin kalitesini de etkileyebilmektedir [12]. Proteinler üzerine basınç uygulaması, fonksiyonel özellikleri etkileyen önemli konformasyonel değişikliklere neden olabilmektedir [17]. Uygulanan yüksek basınçın etkisi basınç miktarına, proteinin yapısına ve proteinin bulunduğu ortama (sıcaklık, pH, iyonik kuvvet) bağlıdır [12, 13, 18].

Yüksek basınç uygulaması ile proteinlerin zayıf bağlarının birçoğunun kırılması sonucu proteinler yapısal olarak etkilenmekte ve özelliklerinde önemli değişimler görülebilmektedir [13, 19]. Yüksek basınç uygulaması, proteinlerin hacminde de değişimlere neden olabilmektedir. Proteinin hacminde azalmaya neden olan reaksiyonları ve işlemleri hızlandırırken artışa yol açan reaksiyonları ise engellemektedir [13, 18, 19]. Etin en önemli proteinlerinden olan myofibriller proteinler üzerine yapılan çalışmalarda, yüksek basınç uygulamasının bu proteinlerin çözünürlüğünü artırdığı ve yapısal değişimlere yol açtığı belirlenmiştir [13, 20].

Yüksek basınç uygulaması karbonhidratların polisakkarit yapısında etkili olmaktadır. Ancak ette etki ettiği tek polisakkaritin glikojen olması ve kesim sonrasında gerçekleşen glikoliz ile etin glikojen miktarının önemli oranda azalması nedeniyle, taze ete basınç uygulamasının karbonhidratlar üzerine etkisi önemsizdir [3, 11, 21]. Yüksek basınç uygulamasının glikolizisi hızlandırdığı belirlenmiştir. Bu durum, yüksek basınç işlemi görmüş kasın işlem görmemiş kasta daha düşük pH'ya sahip olmasıyla açıklanmıştır [11, 16].

Besleyici değere sahip lipidler dikkate alındığında yüksek basınç uygulamasının en önemli etkisi, lipid oksidasyonu ve hidrolizi üzerinedir. Gıdaların besinsel değerinin azalması ve meydana gelen lezzet değişikliklerinin temel sebebi lipid oksidasyonuna dayanmaktadır [22]. Yüksek basınç uygulamasının en büyük dezavantajı uygulama boyunca oksijen varlığını hesaba katmadan aerobik depolama boyunca yağ oksidasyonunun artmasına neden olmasıdır. Bu durum, et ve et ürünlerinde muhafaza süresini sınırlayan en önemli faktörlerden biridir [5]. Ancak yapılan çalışmalarda, metal iyonlarıyla şelat oluşturabilen etilendiamintetraasetik asit (EDTA) ilavesinin yüksek basınç uygulamış ette lipid oksidasyonunu azalttığı ifade edilmiştir. Ayrıca biberiye ekstraktı gibi antioksidan kullanımı ile lipid oksidasyonunun kontrol edilebileceği ifade edilmektedir [23].

Yüksek basınç, yağların erime noktasını arttırmakta ve oda sıcaklığında trigliseritleri kristalize edebilmektedir [11]. Yapılan bazı çalışmalar yüksek basınç uygulamasının et ürünlerinde fosfolipitler, trgliseritler ve serbest yağ asitleri üzerine herhangi bir etkisi olmadığını göstermiştir. Ancak birtakım çalışmalar da yüksek basınç uygulamasının etin serbest yağ asidi içeriğini arttırdığını ileri sürmektedir. Sonuç olarak, yüksek basınç uygulaması lipid oksidasyonunu hızlandırdığı için oksidasyon ürünü olarak yağ asitlerini de etkileyecektir [24].

OHMİK ISITMA

Ohmik ısıtma yöntemi, elektrik akımının gıdadan geçirildiği ve bu süreçte gıda içerisinde ısıtma sağlandığı yeni bir ısıtma yöntemidir [25]. Gıdanın pastörizasyonu ve sterilizasyonuna imkan tanıyan yüksek sıcaklıkta kısa süren bir işlemdir [10]. Gıda maddesi ile temas halinde olan elektrotlardan alternatif akım geçirilmesi ve iletkenlik özelliğine sahip olan gıda maddesinin direnç olarak kullanılması prensibine dayanır [26]. Ohmik ısıtmanın etkinliği uygulandığı gıdanın iletkenliğine bağlıdır. Etkin bir ısıtma işlemi gerçekleştirilebilmek için gıda ve bileşenlerinin iletkenlik düzeylerinin bilinmesi esastır [27]. Ohmik ısıtma hacimsel bir ısıtma yöntemi olduğu için bütün gıda maddesi eşit bir şekilde ısıtılabilir. Eşit oranda ısıtma ürün içerisindeki katı ve sıvı fazların benzer elektrik iletkenliğine sahip olmasıyla sağlanabilir [28].

Ohmik ısıtma; et ürünlerinin daha hızlı pişirilmesine, düşük enerji tüketimine ve daha güvenli ürün eldesine imkan tanımaktadır [29]. Yapılan bir çalışmada et örneklerinin ohmik ısıtılması sonucunda elektriksel

işlemin yapısal değişikliklere sebep olduğu ve doku içi sıvıların hareketinde artışın gözlemlendiği belirtilmiştir [30].

Ohmik ısıtma, et ve et ürünlerinin pastörizasyonunda geniş bir uygulama alanına sahiptir. Geleneksel pastörizasyon uygulamalarında sıcaklık ürünün dış yüzeyinden merkeze doğru ilerlemekte ve merkez sıcaklık seviyeye ulaşmaya kadar dış yüzeyde aşırı ısınma meydana gelmektedir. Ohmik ısıtma ile sıcaklık gıdanın tüm yüzeylerine aynı oranda eşit olarak dağılmakta ve aşırı ısınmanın getireceği olumsuz etkiler ortadan kalkmaktadır [31]. Ohmik ısıtmanın ayrıca gıdalarda haşlama, evaporasyon, dehidrasyon, fermantasyon, ekstraksiyon, sterilizasyon gibi işlemlerde geniş uygulama potansiyeli mevcuttur [32].

Ohmik ısıtmanın et bileşenlerinden karbonhidratlar ve yağlar üzerine birkaç etkisi mevcuttur [22]. Ayrıca Piette ve ark. [33] tarafından yapılan bir çalışmada, ohmik ısıtmanın et ürünlerinde mikroorganizmaların yıkılanması üzerine de etkili olduğu ifade edilmiştir. Geleneksel ısıtma işlem uygulamalarında nişasta jelatinizasyonunun reolojik ve yapısal değişimlere sebep olduğu belirtilmektedir. Benzer değişimler ohmik ısıtma uygulamasında da görülmüştür [22]. Wang ve Sastry [34] tarafından yapılan bir çalışmada ohmik ısıtmanın viskozite, ısı kapasitesi, termal ve elektriksel iletkenlik gibi fiziksel özelliklerde belirgin değişimlere neden olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada jelatinizasyon derecesi ile iletkenliğin arttığı ileri sürülmüştür. Ohmik ısıtma ile etin yağsız kısmının yağlı kısmına göre elektriksel iletkenliğinin daha yüksek olduğu ifade edilmektedir [35]. Ohmik ısıtma elektriksel iletkenlikteki değişimler nişasta, yağ ve protein gibi major bileşenlerin fiziksel özelliklerinin değişimine neden olmaktadır [22]. Park ve ark. [36] tarafından yapılan bir çalışmada, ohmik ısıtmanın endüstriyel çapta surimi yapımında kullanıldığını ve surimi jellerinin 55°C'ye ohmik yöntemle ısıtılmasının iyi jel fonksiyonu sağlayan etkin bir metot olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada ohmik ısıtma uygulaması, myofibriller proteinlerin enzimatik degradasyonunu önlemek için proteazı inaktif hale getirerek suriminin enzim inhibitörü kullanmadan jel oluşturma fonksiyonunu arttırmıştır. Bu şekilde enzim inaktivasyonu, gıdaların enzimatik degradasyonunun önlenmesine yardımcı olmaktadır.

DİELEKTRİK ISITMA

Radyo dalgaları ve mikrodalgalar diğer elektromanyetik dalgalar gibi salınım halindeki elektrik ve manyetik alandan oluşmaktadırlar. Radyo dalgalarının ve mikrodalgaların elektrik alan bileşeni ile gıdaların kimyasal bileşenlerinin etkileşmesi sonucunda ısı açığa çıkmaktadır. Radyo dalgaları ve mikrodalgalar kullanılarak yapılan bu ısıtma işlemine dielektrik ısıtma denmektedir [37]. Dolayısıyla mikrodalga ve radyo frekans ısıtma bu kategoride yer almaktadır [30].

Radyo frekans ısıtma, yüksek frekans ısıtma olarak da isimlendirilmektedir. Gıdaların iki elektrot arasına sıkıştırılarak elektromanyetik enerjinin geçirilmesiyle ısıtılması prensibine dayanmaktadır. Isıtma mekanizması, dielektrik ısıtma ve elektrik direnç

ısıtmanın kombinasyonudur [30]. Radyo frekans sistemleri hedeflenen ürün boyunca ısının homojen bir şekilde dağılmasını sağlamaktadır [38].

Radyo frekans ısıtma, gıda endüstrisinde mikrodalga ısıtmaya göre daha az uygulama alanına sahiptir [39]. Gıdalarda kurutma, pastörizasyon, sterilizasyon ve çözündürme işlemlerinde uygulama alanları mevcuttur [37]. Özellikle donmuş etlerin çözündürülmesinde radyo frekans ısıtma tekniği uzun yıllardan beri endüstriyel olarak kullanılmaktadır [40]. 13.6 MHz'de çalışan radyo frekansının dielektrik ısıtıcı olarak kullanıldığı bir çalışmada, -18°C'de dondurulmuş 27.2 kg'lık sığır karkasının 3.8°C'ye 16,3 dakikada, 20 kg'lık domuz karkasının -3.4°C'ye 13,7 dakikada ve 4 kg'lık hindi karkasının ise -2.4°C'ye 7 dakikada yükseldiği bulunmuştur. Bu çalışmada en soğuk nokta ile en sıcak nokta arasındaki sıcaklık farkının sığır karkasında 1.5°C'yi, domuz karkasında 1.3°C'yi ve hindi karkasında 0.9°C'yi geçmemesi sistemin çözme işlemi için ideal olduğu şeklinde yorumlanmıştır [37].

Mikrodalga kaynaklarının sanayide ve evde kullanımı son yıllarda çarpıcı bir şekilde artmaktadır. Bir materyalin mikrodalga ile ısıtılması, uygulanan elektrik alan şiddetinin bir sonucu olarak iyonik bileşiklerin hareketi ya da moleküllerin polarizasyon-depolarizasyon mekanizması ile gerçekleşmektedir. Hacimsel ısıtma, mikrodalga ile ısıtmanın en önemli özelliğidir [41].

Teknolojik gelişmelerle birlikte daha kısa sürede hazırlanabilen, kalitesi yüksek ürünlerin tercih edilmesi nedeniyle, ısıtma işlemi uygulamalarında mikrodalga kullanımı yönünde eğilim artmaktadır. Patates cipsinin kurutulması, dondurulmuş gıdanın çözündürülmesi, kümes hayvanları etinin pişirilmesi, sebzelerde enzim aktivitesinin durdurulması, makarnanın kurutulması, fırın ürünlerinde küf gelişiminin engellenmesi gibi çeşitli ısıtma işlemlerinde mikrodalgadan yararlanılmaktadır [42]. Gıda sanayinde mikrodalga başlıca temperleme, kurutma, ön ısıtma, pastörizasyon/sterilizasyon ve pişirme işlemlerinde kullanılmaktadır [41]. Geleneksel yöntemlere göre mikrodalga ile çok kısa sürede yüksek sıcaklık derecelerine ulaşılabilmesi nedeniyle, ürünlerdeki tat, koku gibi karakteristik özellikler çok daha iyi korunmaktadır [42].

Radyo frekans ısıtmanın et endüstrisinde çözündürme amaçlı olarak kullanımı mevcuttur. Radyo frekans çözündürme ile rengin bozulması, aroma kaybı önlenmektedir. Çözünme kaybı çok az olur, kontaminasyon riski de azdır. Paketlenmiş haldeki blok ürünlerin de kalitesi korunarak çözündürme sağlanabilir. Radyo frekans ile pastörize edilen soslerin ve et dilimlerinin oldukça iyi görünüşe, düzgün yüzeye sahip olduğu ve nem ya da yağ kaybının gözlenmediği belirtilmektedir. Radyo frekans enerjisinin direkt mikroorganizmalar üzerine etkisi yoktur, tüm değişimler ısıtma ile oluşur. Yüksek hızda ısı transferi sayesinde besin öğelerinin minimum kaybı ile spesifik seviyede mikroorganizma ve enzim inaktivasyonu mümkündür [30,43].

Mikrodalga ısıtma, gıda endüstrisinde radyo frekans ısıtmaya göre daha fazla kullanım alanına sahiptir [39]. El-Shimi [44] tarafından yapılan bir çalışmada, et parçalarının mikrodalga ile ısıtılması sonrasında daha az sulu ve gevrek ancak daha yüksek aroma değerine sahip oldukları belirtilmiştir. Uherova ve ark. [45] tarafından yapılan bir başka çalışmada et örneklerinin mikrodalga ile pişirilmesi sonucunda ısıya dayanıklı vitaminlerden tiaminin %85-94 oranında, vitamin B₆'nın ise %64-87 oranında korunduğu ifade edilmiştir. Jean ve ark. [46] tarafından yapılan bir çalışmada ise mikrodalga uygulamalarının esansiyel yağların özelliklerini değiştirmedeği belirtilmiştir.

YÜKSEK YOĞUNLUKLU VURGULU IŞIK

Yüksek yoğunluklu vurgulu ışık tekniği iki elektrot arasında bulunan gıda maddesinin çok kısa süreyle (1-100µs) yüksek voltaj elektrik alan (genellikle 10-80 kV/cm) etkisi altında bırakıldığı bir işlemdir [30, 47]. Gıdalarda mikroorganizmaların inaktivasyonunun yanı sıra enzimlerin inaktivasyonu, vitaminlerin muhafazası ve diğer gıda bileşenleri üzerine de etkili olduğu ifade edilmektedir [48]. Ayrıca mikrobiyal gelişimin sebep olduğu bozulmaları en aza indirerek gıdaların raf ömrünün uzamasına katkıda bulunmaktadır [49]. Yapılan çalışmalar yüksek yoğunluklu vurgulu ışık işlemiyle ürünün sıcaklığında önemli bir artış meydana gelmediği için mikroorganizma inaktivasyonu sağlanırken gıda maddesinin renk, tat, koku, protein ve C vitamini gibi besin öğelerinin geleneksel ısıtma yöntemlerine göre daha iyi korunduğunu göstermektedir [50, 51]. Ayrıca geleneksel ısıtma işlemlere göre daha az enerji harcanmaktadır [47].

Meyve suları, kremalı çorbalar, süt ve yumurta ürünleri gibi sıvı gıdaların soğuk sterilizasyonunda yüksek yoğunluklu vurgulu ışık kullanımı yaygındır [52,53]. Uygulama alanları genellikle sıvı gıdalar olup, viskoz gıdalar üzerinde henüz çalışma gerçekleştirilmemiştir. Ayrıca bu yöntem sıvı-katı ya da sıvı-gaz fazını birlikte içeren gıdalara uygulanması durumunda gıdanın fiziksel özelliklerinde bozulma söz konusu olabilir [47]. Et ve balık ürünleri, özellikle bu işlemin olumsuz etkilerine karşı dayanıksız oldukları için uygulama alanı sınırlıdır. Et ürünlerinde yüksek yoğunluklu vurgulu ışık uygulamasının hücre membranının parçalanmasına ve hücre sıvısının hücre dışına sızmasına neden olduğu ifade edilmiştir. Et bileşenleri üzerine önemli etkisi yoktur [54]. Vega-Mercado ve ark. [48] tarafından yapılan bir çalışmada, yüksek yoğunluklu vurgulu ışık uygulamasının et ürünlerinde mikroorganizma ve enzimlerin yıkılmasına sebep olmasının yanı sıra yağ ekstraksiyonunu da sağladığı ileri sürülmüştür. Ayrıca bu tekniğin et ürünlerinde, yağlar dışında enzimler ve diğer değerli metabolitlerin ekstraksiyonunda da kullanılabileceği ifade edilmiştir [54]. Konuya ilişkin yapılan çalışmalar yeterli olmamakla birlikte bu teknik et ürünleri için geliştirildiğinde, bu yolla ısısal olmayan mikrobiyal inaktivasyonun ürün kalitesi açısından yararlı olacağı ifade edilmektedir [55].

X IŞINLARI VE ELEKTRON DEMETLERİ

Işınlama; kontrollü iyonlaştırıcı radyasyon kaynağı kullanılarak tıp, biyoloji, tarım, endüstriyel kimya, gıda endüstrisi vb. pek çok alanda uygulanan bir prosedir. Gıda endüstrisinde bu proses ile gıdaların raf ömrünün uzatılması, gıda kayıplarının azaltılması, gıdaların mikrobiyolojik güvenilirliğinin geliştirilmesi ve buna bağlı olarak çeşitli inhibitörlerin (katkı maddeleri, fumigantlar vb.) kullanımının azaltılması amaçlanmaktadır [56]. Gıdaların muhafazasında gama ışınları, X-ışınları ve hızlandırılmış elektron ışınları kullanılmaktadır [57].

X ışınları 5 MeV (milyon elektron volt) ve daha düşük enerjide çalışan kaynaklardan üretilmektedir. X ışınlarının malzemeye fazla nüfuz etmesi ve doz hızının yüksek olması nedeniyle ışınlama süresi kısadır. Hızlandırılmış elektronlar 10 MeV ve daha düşük enerjide çalışan jeneratörlerde üretilmektedir. Hızlandırılmış elektronların dezavantajı, penetrasyon gücünün düşük olmasıdır [57].

İlk özel gıda ışınlama çalışması 1921'de X ışınlarıyla domuz etindeki *Trichinella spiralis*'in eliminasyonu konusunda yapılan araştırma ile başlamıştır [56, 58]. Işınlama uygulamalarının et ve ürünlerinde kullanılabilirliğini belirlemeye yönelik çeşitli araştırmalar yapılmıştır [57]. Söz konusu çalışmalarda kanatlı ve kırmızı ette uygulanması gereken en düşük ışınlama dozunun 2,5 kGy olduğu ifade edilmiştir [57, 59]. Işınlama özellikle katı gıdaların tat ve aromalarında önemli değişikliklere sebep olmadan koruyucu etki yapmaktadır. Bu yöntemin dondurulmuş ve çiğ gıdalarda da aynı koruyucu etkiyi gösterdiği bilinmektedir [57].

Işınlama uygulaması gıdaların besin değerini etkileyen biyokimyasal değişimlere neden olmaktadır. Ancak gıdalar çözelti içerisinde ışınlamaya maruz bırakıldığında lipid, protein ve vitamin gibi bileşenlerin ışınlamadan önemli ölçüde etkilenmediği ifade edilmektedir [60].

Rady ve ark. [61] tarafından tavuk etinin ışınlanması üzerine yapılan bir çalışmada, ışınlamanın lipidler üzerine etkisi incelenmiş, ışınlanmış ve ışınlanmamış donmuş tavuk örnekleri arasında toplam doymuş ve doymamış yağ asitlerinde belirgin bir farklılık olmadığı ileri sürülmüştür. Ancak çoklu doymamış yağ asitleri hızlı oksidasyona uğradığı için, ışınlama boyunca bazı önlemler dikkate alınmalıdır. Yağlarda oksidatif ve oksidatif olmayan değişimler meydana gelebilir [60, 62]. Ayrıca oksijen yokluğunda ışınlama ile lipidlerde dekarboksilasyon, dehidrasyon ve polimerizasyon meydana gelebilir [60].

İnsan sağlığı açısından proteinler önem arz ettiği için, araştırmacılar ışınlamanın proteinlere etkisi üzerine yoğunlaşmıştır. Işınlamanın su içerisinde serbest radikal oluşumuna sebep olarak proteinlere zarar verdiği ifade edilmiştir. Işınlama proteinlerde deaminasyona, dekarboksilasyona, disüfit bağlarının indirgenmesine, sülfhidril gruplarının oksidasyonuna, peptit bağlarının kopmasına ve enzimlere bağlı metal iyonlarının değerlendirilmesinde değişime neden olmaktadır [60].

Işınlamanın vitaminler üzerine de etkisi vardır. Işınlama ile yağda çözünür vitaminler çoğunlukla pozitif lipid iyonlarıyla tekrar birleşeceği için serbest radikal reaksiyonlar göz ardı edilir. Ancak suda çözünür vitaminlerden bazıları hidratlı elektronlarla doğrudan reaksiyona girebilir veya sulu ortamda bulunan diğer radikallerden elektron alabilir [60,63].

SONUÇ

Gıda endüstrisinde ısı işleme alternatif yeni teknolojiler geliştirilmekte ve uygulanmaktadır. Yeni teknolojilerin geliştirilmesi tüketiciye daha sağlıklı, lezzetli ve besin değeri yüksek, fonksiyonel gıdaların ulaştırılabilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Sağlıklı ürün elde edilmesinde kullanılan bu teknolojiler aynı zamanda çevre dostu yöntemler olarak tanımlanmaktadır. Bu teknolojilerin ilkelerini açıklığa kavuşturmak, vejetatif hücrelerin yanı sıra sporları da etkisiz hale getirmek ve üretim koşullarını optimize edebilmek için araştırmaların devam etmesi önemlidir. Isıl olmayan yöntemlerin sağladıkları avantajlar nedeni ile gelecek vaat ettiklerini söylemek mümkündür. Yeni teknoloji ile üretilen bir ürünün mevcut teknoloji ile üretilen ürüne göre daha kaliteli olması veya mevcut teknoloji ile üretilmeyecek bir ürün olması, bu teknolojilerin kabul edilme şansını artıracaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Zhou, G.H., Xu, X.L., Liu, Y., 2010. Preservation technologies for fresh meat – a review. *Meat Sci.* 86(1): 119-128.
- [2] Aymerich, T., Picouet, P.A., Monfort, J.M., 2008. Decontamination technologies for meat products. *Meat Sci.* 78(1-2): 114-129.
- [3] Ensoy, Ü., Coşar, B., 2006. Yüksek Basınç Uygulamalarının Et ve Et Ürünlerinin Duyusal, Fiziksel ve Biyokimyasal Özellikleri Üzerine Etkileri. *GOÜ. Ziraat Fak. Derg.* 23(2): 1-7.
- [4] Crehan, C.M, Troy, D.J, Buckley, D.J., 2000. Effects of salt level and high hydrostatic pressure processing on frankfurters formulated with 1.5 and 2.5% salt. *Meat Sci.* 55(1): 123-130.
- [5] Öz, F., Kaya, M., 2006. Yüksek basınç uygulamasının et kalitesi üzerine etkisi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 37(2): 249-255.
- [6] Cruz-Romero, M., Kelly, A.L., Kerry, J.P., 2007. Effects of high-pressure and heat treatments on physical and biochemical characteristics of oysters [*Crassostrea gigas*]. *Innovative Food Sci. Emerg. Technol.*, 8(1), 30-38.
- [7] Tornberg, E., 2005. Effect of heat on meat protein – Implications on structure and quality of meat products. *Meat Sci.* 70(3): 493-508.
- [8] Jensen, W.K., Devine, C., Dikeman, M., 2004. Heat effects on meat/ Physics and chemistry, Encyclopedia of meat science, Edited by Palka K. Elsevier, Oxford, Poland, 567 p.
- [9] Ross, A.I.V., Griffiths, M.W., Mittal, G.S, Deeth, H.C., 2003. Combining nonthermal Technologies to

- control foodborne microorganisms. *Int. J. Food Microbiol.* 89(2-3): 125-138.
- [10] Hugas, M., Garriga, M., Monfort, J.M., 2002. New mild technologies in meat processing : high pressure as a model technology. *Meat Sci.* 62(3): 359-371.
- [11] Özlü, H., Atasever, M., 2007. Gıdalara yüksek basınç uygulaması. *Atatürk Üniv. Vet. Bil. Derg.* 2(1): 7-27.
- [12] Zorba, Ö., Kurt, Ş., 2005. Yüksek basınç uygulamalarının et ve et ürünleri kalitesi üzerine etkisi. *YYÜ. Vet. Fak. Derg.* 16(1): 71-76.
- [13] Özlü, H., 2006. Et teknolojisinde yüksek basınç uygulamaları. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, Türkiye, 71 s.
- [14] Souza, C.M., Boler, D.D., Clark, D.L., Kutzler, L.W., Holmer, S.F., Summerfield, J.W., Cannon, J.H., Smit, N.R., McKeith, F.K., Killefer, C., 2011. The effects of high pressure processing on pork quality, palatability and further processed products. *Meat Sci.*, 87(4): 419-427.
- [15] Kruk, Z.A., Yun, H., Rutley, D.L., Lee, E.J., Kim, Y.J., Jo, C., 2011. The effect of high pressure on microbial population, meat quality and sensory characteristics of chicken breast filet. *Food Control* 22(1): 6-12.
- [16] Chefftel, J.C., Culioli, J., 1997. Effects of high pressure on meat : A review. *Meat Sci.* 46(3): 211-236.
- [17] Cheret, R., Chapleau, N., Delbarre-Ladrat, C., Verrez-Bagnis, V., De Lamballerie M., 2005. Effects of high pressure on texture and microstructure of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) filets. *J. Food Sci.* 70(8): 477-483.
- [18] Hendrickx, M., Ludikhuyze, L., Van den Broek, I., Weemaes, C., 1998. Effects of high pressure on enzymes related to food quality. *Trends Food Sci. Technol.* 9(5): 197-203.
- [19] Murchie L.W., Cruz-Romero, M., Kerry, J.P., Linton, M., Patterson, M.F., Smiddy, M., Kelly, A.L., 2005. High pressure processing of shellfish: A review of microbiological and other quality aspects. *Innovative Food Sci. Emerg. Technol.* 6(3): 257-270.
- [20] Hsu, K.C., Ko, W.C., 2001. Effect of hydrostatic pressure on aggregation and viscoelastic properties of tilapia [*Oreochromis niloticus*] myosin. *J. Food Sci.* 66(8): 1158-1162.
- [21] Kerry, J., Kerry, J., Ledward, D., 2002. Meat processing: improving quality. 2nd Edition, CRC Press, Cambridge, England, 464 p.
- [22] Henry, C.J.K., Chapman, C., 2002. The nutrition handbook for food processors. 2nd Edition, CRC Press, Cambridge, England, 483 p.
- [23] Bajovic, B., Bolumar, T., Heinz, V., 2012. Quality consideration with high pressure processing of fresh and value added meat products. *Meat Sci.* 92(3): 280-289.
- [24] He, Z., Haung, Y., Li, H., Qin, G., Wang, T., Yang, J., 2011. Effect of high-pressure treatment on the fatty acid composition of intramuscular lipid in pork. *Meat Sci.* 90(1): 170-175.
- [25] Seyhun, N., Şumnu, S.G., Şahin, S., 2008. Parçacık içeren sıvı gıdalarda alternatif ısıtma yöntemi olarak ohmik ısıtma yönteminin kullanılması. Türkiye 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs, Erzurum, Türkiye, 755-758.
- [26] İçier, F., 2005. Gıda işlemede alternatif ısıtma yöntemi - ohmik ısıtma. *Gıda* 30(2): 139-143.
- [27] McKenna, B.M., Lyng, J., Brunton, N., Shirsat, N., 2006. Advances in radio frequency and ohmic heating of meats. *J. Food Eng.* 77(2): 215-229.
- [28] Kaletunç, G., 2009. Gıda endüstrisinde alışılmamış yöntemler. *Bilim ve Teknik* 502(42): 60-63.
- [29] Bozkurt, H., İçier, F., 2010. Ohmic cooking of ground beef: Effects on quality. *J. Food Eng.* 96(4): 481-490.
- [30] İçier, F., Yıldız, H., 2005. Elektriksel yöntemlerin gıdaların kalite özellikleri üzerine etkileri. *Gıda* 30(4): 255-260.
- [31] Kutz, M., 2007. Handbook of farm, dairy, and food machinery. William Andrew Publishing, Norwich, USA, 732 p.
- [32] Knirsch, M.C., Dos Santos, C.A., De Oliveira Soares Vicente A.A.M., Pena, T.C.V., 2010. Ohmic heating – a review. *Trends Food Sci. Technol.* 21(9): 436-441.
- [33] Piette, G., Buteau, M.E., De Halleux, D., Chiu, L., Raymond, Y., Ramaswany, H.S., Dostie, M., 2004. Ohmic cooking of processed meats and its effects on product quality. *J. Food Sci.* 69(2): 71-78.
- [34] Wang, W.C., Sastry, S.K., 1997. Changes in electrical conductivity of selected vegetables during multiple thermal treatments. *J. Food Process Eng.* 20(6): 499-516.
- [35] Proctor, A., 2011. Alternatives to Conventional Food Processing. 1st Edition. RSC Publishing, Cambridge, UK, 459 p.
- [36] Park, J.W., Lin, T.M., Yongsawatdigul, J., 1997. New developments in manufacturing of surimi and surimi seafood. *Food Rev. Int.*, 13(4): 577-610.
- [37] Uslu, M.K., Certel, M., 2006. Dielektrik ısıtma ve gıda işlemede kullanımı. *Teknolojik Araştırmalar GTED* 3(1), 61-69.
- [38] Tewari, G., Juneja, V.K., 2007. Advances in thermal and non-thermal food preservation. 1st Edition, Blackwell Publishing, Ames Iowa, USA, 288 p.
- [39] Marra, F., Zhang, L., Lyng, J.G., 2009. Radio frequency treatment of foods: Review of recent advances. *J. Food Eng.* 91(4): 497-508.
- [40] Kaya, M., Artık, N., Karakaya, M., Şişik Oğraş, S., Yalınkılıç, B., 2010. Gıda sanayinin teknolojik analizi. Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 11-15 Ocak, Ankara, Türkiye.
- [41] Konak, Ü.İ., Certel, M., Helhel, S., 2009. Gıda sanayisinde mikrodalga uygulamaları. *Teknolojik Araştırmalar GTED* 4(3): 20-31.
- [42] Erginkaya, Z., Aksan, E., 2002. Gıdalarda ısıtma işlem uygulamasında mikrodalga kullanımı. <http://www.kimyaevi.org/TR/Genel/BelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFF679A66406202CCB0AFA4D30516C569F> (Erişim tarihi 08.03.2014).
- [43] Fellows, P., 2000. Food Processing Technology. 2nd Edition, Woodhead Publication Limited, CRC Press, Cambridge, England, 575 p.

- [44] El-Shimi, N.M., 1992. Influence of microwave and conventional cooking and reheating on sensory and chemical characteristics of roast beef. *Food Chem.* 45(1): 11-14.
- [45] Uherova, R., Hozova, B., Smirnov, V., 1993. The effect of microwave on retention of some B vitamins. *Food Chem.* 46(3): 293-295.
- [46] Jean, F.I, Collin, G.J, Lord, D., 1992. Essential oils and microwave extracts of cultivated plants. *Perfumer & Flavorist* 17(3): 35-41.
- [47] Karadağ, A., Ömeroğlu, P.Y., Saner, S., 2008. Gıda muhafazasında yeni teknolojilerin kullanımı. *Gıda Güvenliği Derg.* 2(1): 50-55.
- [48] Vega-Mercado, H., Martin-Belloso, O., Qin, B., Chang, F.J, Gongora-Nieto, M.M., Barbosa-Canovas, G.V., Swanson, B.G., 1997. Non-thermal food preservation: Pulsed electric fields. *Trends Food Sci. Technol.* 8(5): 151-157.
- [49] Singh, R.P., Yousef, A.E., 2001. *Technical elements of new and emerging non-thermal food Technologies.* FAO Report, 53 p.
- [50] Yeom, H.W., Streaker, C.B., Zhang, Q.H., Min, D.B., 2000. Effects of pulsed electric fields on the quality of orange juice and comparison with heat pasteurization. *J. Agric. Food Chem.* 48(10): 4597-4605.
- [51] Heinz, V., Toepfl, S., Knorr, D., 2003. Impact of temperature on lethality and energy efficiency of apple juice pasteurization by pulsed electric fields treatment. *Innovative Food Sci. Emerg. Technol.* 4(2): 167-175.
- [52] Sperber, W.H., Doyle, M.P., 2009. *Compendium of the microbiological spoilage of foods and beverages.* Food Microbiology and Food Safety. Springer Science and Business Media, LLC, New York.
- [53] Barbosa-Canovas, G.V., Gongora-Nieto, M.M., Pothakamury, U.R., Swanson, B.G., 1999. *Preservation of foods with pulsed electric fields.* Academic Press, California, USA, 197 p.
- [54] Sun, D.W., 2005. *Emerging Technologies for food processing.* Food Science and Technology, International Series. Elsevier Academic Press, California, USA, 792 p.
- [55] Mead, G.C., 2004. *Poultry meat processing and quality.* 1st Edition, CRC Press LLC, Boca Raton, USA, 400 p.
- [56] Halkman, H.B.D., Yücel, P.K., 2005. Gıdalarda radyasyon uygulamalarının mikroorganizmalar üzerine etkileri. *Gıda* 30(6): 409-416.
- [57] Atasever, M.A, Atasever, M., 2007. Işınlamanın gıda teknolojisinde kullanımı. *Atatürk Üniv. Vet. Bil. Derg.* 2(3): 107-116.
- [58] Moy, G., 1992. Foodborne diseases and the preventive role of food irradiation. *IAEA Bulletin* 4: 39-43.
- [59] Farkas, J., 1998. Irradiation as a method for decontaminating food: A review. *Int. J. Food Microbiol.* 44(3): 189-204.
- [60] Giroux, M., Lacroix, M., 1999. Nutritional adequacy of irradiated meat - a review. *Food Res. Int.* 31(4): 257-264.
- [61] Rady, A.H., Maxwell, J., Wiebicki, E., Phillips, J.G., 1987. Effect of gamma irradiation at various temperatures and packaging conditions on chicken tissues. 1. Fatty acid profiles of neutral and polar lipids separated from muscle irradiated at -20°C. *International Journal of Radiation Applications and Instrumentation Part C: Radiation Physics and Chemistry* 31: 195-202.
- [62] Merritt, C.Jr., Angelini, P., Graham, R.A., 1978. Effect of radiation parameters on the formation of radiolysis products in meat and meat substances. *J. Agric. Food Chem.* 26(1): 29-35.
- [63] Singh, H., 1988. Post-irradiation chemical analyses of poultry: a review. Whiteshell Nuclear Research Establishment, Pinawa [Manitoba], ROE ILO, 63 p.