

## DERLEME

# PIŞIRME SONUCU MEYDANA GELEN MUTAJENİK-KARSİNOJENİK BİLEŞİKLER

Aylin BAYINDIR GÜMÜŞ\*

Hülya YARDIMCI\*\*

Alınış Tarihi: 08.01.2018

Kabul Tarihi: 20.05.2019

### ÖZET

Besinleri pişirerek tüketmek insan sağlığı açısından oldukça önemlidir. Pişirme ile besinin organoleptik özellikleri gelişir, sindirilebilirliği artar ve patojen mikroorganizmalar azalır. Birçok pişirme yöntemi bulunmakta ancak bu yöntemlerin yanlış bir şekilde uygulanması insan sağlığına zarar veren mutajenik/karsinojenik maddelerin oluşumuna neden olabilir. Bu maddeler pişirme yöntemine ve pişirme koşullarına bağlı olarak farklı miktarlarda ve farklı türde ortaya çıkabilmektedir. Bu derlemenin amacı pişirme sırasında açığa çıkan bu maddelerin incelenmesidir.

**Anahtar kelimeler:** Mutajenik/ karsinojenik maddeler; pişirme yöntemleri; insan sağlığı

### ABSTRACT

#### **Mutagenic –Carcinogenic Compounds Occurring by Cooking**

It is very important for human health to consume food after it is cooked. Cooking improves the organoleptic properties of the food, increases digestibility and reduces pathogenic microorganisms. There are many methods of cooking, but the wrong application of these methods can lead to the formation of mutagenic / carcinogenic substances that harm human health. These materials may appear in different quantities and in different species depending on the cooking method and cooking conditions. The purpose of this review article is to examine these materials that were revealed during the cooking process.

**Keywords:** Mutagenic / carcinogenic substance; cooking methods; human health

## GİRİŞ

İnsan vücudunda fizyolojik sağlığın devamlılığı için, hücrelerin kontrollü bir biçimde büyümesi ve çoğalması gereklidir. Ancak hücrelerin kontrolsüzce çoğalmasına ve değişimine (mutasyonuna) neden olabilecek etkenler bulunmaktadır ve bu etkenlere mutajenik/karsinojenik etkenler denir (Alphan 2013). Bu mutajenik/ karsinojenik etkenler besinlerin işlenmesi ve pişirilmesi sırasında ortaya çıkabilir. Pişirme ile besinlerin lezzeti ve sindirilebilirliği artar, zararlı mikroorganizmalar azalır ancak yüksek ısı kullanılırsa, besin ögesi kaybı ve toksik bileşiklerin oluşumu gözlenir (Ayaz ve Yurttagül 2012).

Besinleri pişirirken ızgara, sote, yağda kızartma ve haşlama gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden mutajenik/karsinojenik bileşiklerin en fazla oluştuğu yöntem ızgarada pişirme olup; en sağlıklı pişirme yöntemi haşlamadır (Babür ve Gürbüz 2015). Pişirme yöntemleriyle oluşan mutajenik/karsinojenik bileşiklerin etkilerinin azaltılması için sebze ve meyvelerde bulunan

antioksidanlar kullanılabilir (Biesalski 2005).

Bu derleme pişirme sırasında oluşan, vücuda birçok zararlı etkisi olan mutajenik/karsinojenik bileşiklerin farklı pişirme yöntemleri ile hangi şartlarda ve ne derece ortaya çıkabildiğini incelemek amacıyla yazılmıştır.

### **Pişirme sonucu oluşan**

#### **mutajenik/karsinojenik bileşikler**

Besinlerin pişirme şekline bağlı olarak bazı reaksiyonların gerçekleşmesi sonucu yararlı veya zararlı bileşikler oluşabilir. Bu bileşiklerin yararlı olanları istenen aromatik bileşiklerken, zararlı olanları ise ürünün aromasını ve yapısını bozan sağlığa zararlı bileşiklerdir (Gölükçü ve Tokgöz 2014). Besinlerin yapı taşlarının, yakın mesafeden yüksek ısıya maruz kalmaları sonucu, mutajenik/karsinojenik bileşikler oluşabilmektedir (Felton and Knize 1991). Pişirme sonucu meydana gelen karsinojenik bileşikler temelde heterosiklik aminler (HA), polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), akrilamid ve N-nitrozo bileşiklerdir (Ayaz ve Yurttagül 2012).

#### **Heterosiklik aminler (HA)**

Heterosiklik aminler (HA) kırmızı et,

\* **Sorumlu Yazar:** Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü (Araş.Gör.), Orcid ID: 0000-0002-1311-2429, e-posta: [dytaylin@outlook.com](mailto:dytaylin@outlook.com)

\*\* Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, (Doç.Dr.) Orcid ID: 0000-0002-2664-4176, e-posta: [hulya.yildirim.yardimci@ankara.edu.tr](mailto:hulya.yildirim.yardimci@ankara.edu.tr)

kanatlı etler ve balıkların yüksek sıcaklıklarda pişirilmesi ile oluşan mutajenik/karsinojenik bileşiklerdir ve kreatin/kreatinin, amino asit ve polisakarit gibi maddelerin Maillard reaksiyonu (serbest amino asitlerin, proteinlerin veya peptitlerin serbest amino grupları ile indirgen şekerler veya lipit oksidasyon ürünleri arasında gerçekleşen ve enzimatik olmayan kahverengileşme) sonucu oluşan ürünleridir. Heterosiklik aminler daha çok tavada kızartma, mangalda pişirme ve fast-food yiyeceklerin pişirilmesi sırasında meydana gelir (Yıldız, Şahin, Kara, Aliyazıcıoğlu, Tarhan ve Kolaylı 2010; Çiçek ve Bulgan 2013).

Heterosiklik aminler amino karboniller ve amino imidazol azoarenler (AIA) olmak üzere ikiye ayrılır (Hwang and Ngadi 2002; Damašius, Venskutonis, Ferrance and Fogliano 2011). Amino karboniller 250°C ve üzeri sıcaklıklarda proteinlerin veya glutamik asit ve triptofan amino asitlerinin doğrudan pirolize olması ile ortaya çıkar. N-metil-2-aminoimidazol içeren heterosiklik aromatik aminlerin ise, şekerler ve kreatin ile birlikte amino asitlerin ısı katalizli bozunma ürünleri olan, piridin veya pirazinlerin reaksiyonu sonucu oluştuğu ileri sürülmektedir (Turesky 2007).

Pişirme sırasında heterosiklik amin prekürsörleri etin yüzeyine çıkar ve et kritik sıcaklığa ulaşır dehidrate olduğunda çeşitli reaksiyonlar gerçekleşir, HA oluşmaya başlar. Oluşan HA'lar DNA yapısını bozarak kanser oluşumuna zemin hazırlar (Ekici, Sağdıç ve Yetim 2012).

Heterosiklik amin oluşumunu etkileyen faktörlerden biri glukozdur. Yapılan bir çalışmada bir grup kırmızı ete glukoz eklenmiş ve kontrol grubu etler üçer dakika boyunca 175, 200 ve 225°C'de sıcaklığa maruz bırakılmıştır. Kızartma sonucunda glukoz eklenen etlerin dış yüzeyleri iyice esmerleşmiş ve kontrol grubuna göre daha yüksek miktarda HA tespit edilmiş ve sonuç anlamlı bulunmuştur (Skog 2002). Heterosiklik amin oluşumunu etin derisi de etkilemekte ve yapılan bir diğer çalışmada derili ve derisiz şekilde ızgara yöntemiyle eşit sürelerde pişirilen tavuk etlerinde, derili olanlarda oluşan HA miktarının derisiz olanlara göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Gasperlin, Lukan, Zlender and Polak 2009).

Pişirme yöntemlerinden tavada kızartma, fırında rostoya göre daha fazla HA oluşturmaktadır. Bunun nedeni fırında rosta yapıldığında ısı transferinin besine doğrudan pişirme kabından değil, hava aracılığıyla iletilmesi ve böylece daha az HA ortaya

çıkarmasındandır (Puangsombat, Gadril, Houser, Hunt and Smith 2012).

Epidemiyolojik çalışmalar, HA içeren pişmiş etlerin sık tüketilmesinin kolon, prostat ve meme kanseri risklerinin artmasına neden olabileceğini bildirmiştir. Ayrıca insan dokularında HA'ların DNA eklentileri tespit edilmiş ve geniş bir hasara yol açtığı gösterilmiştir (Turesky 2007).

Karabiberin heterosiklik amin oluşumunu engelleyici rolünün anlatıldığı bir çalışmada; %30 yağ içeren kıymadan yapılan köftelere eklenen karabiberin %48.8-65.8 oranlarında HA oluşumunu engellediği tespit edilmiştir (Öz ve Kaya 2011).

#### **Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH)**

Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) doğal orman yangınları ve volkanik patlamadan kaynaklı, organik maddenin pirolizi (tam olarak yanamama) ile oluşan yaygın olarak karşılaşılan çok halkalı organik bileşiklerdir (Hui, Seng, Abas and Tahir 2008). Selüloz, pektin, glikoz, fruktoz, nişasta, sitrik asit, malik asit, sakkaroz, steroller gibi karbon içeren maddelerin pirolizi ile oluşur. Kömür, odun ızgarasında dumanlanma yoluyla pişirmede PAH'lar oluşur. Isınan ette eriyen yağlar kömürün üzerine düşer ve pirolize uğrayarak PAH oluşturur. Oluşan PAH duman yoluyla taşınır ve etin yüzeyine yapışır (Ünal ve Bayhan 1993).

Doğada 100'den fazla PAH olmasına karşın bunlardan 16 tanesi mutajenik/karsinojenik olarak tanımlanmıştır. En yüksek polisiklik aromatik hidrokarbonlar içeriği kömür ateşinde pişirilen etlerde belirlenmiştir (Palamutoğlu, Sarıçoban ve Kasnak 2014).

PAH, yağ içeren tüm vücut dokularına girebilir. Özellikle karaciğer ve böbrekte birikirken küçük miktarları da adrenal bezlerinde, yumurtalıklarda ve dalakta birikir. Benzo[a]piren bilinen en önemli karsinojen polisiklik aromatik hidrokarbondur (Alver, Demirci ve Özçimder 2012). Kömür veya odun ateşinde pişirme yaparken duman jeneratörü, duman filtresi ve reçinesiz ağaç kullanımı ile PAH oluşumu azaltılabilir. Ayrıca PAH bileşikleri fosil yakıtların denizlere dökülmesi gibi çok çeşitli nedenlerle sularda birikebilir. Yapılan bir çalışmada midyelerden alınan örneklerdeki PAH miktarıyla deniz suyundan alınan örnek kıyaslandığında, midyedeki PAH miktarı daha yüksek bulunmuştur (Ceylan ve Ünal Şengör 2015). Sugimura, Wakabayashi, Nakagama, Nagao (2004) dumanlanmış ve kavrulmuş balıkların ve sığır etlerinin yüzeyinin

mutajenik etkinliğinin PAH içeriği miktarının çok yüksek olduğunu bildirmiştir.

#### Akrilamid

Akrilamid 2-propenamid, etilen karboksiamid, akrilik amid, vinilamid gibi isimlerle bilinen poliakrilamid sentezinde kullanılan beyaz kristal formunda bir monomerdur. Suda, alkolde, dietil eter ve asetonda çözünebilme özelliği mevcuttur. Poliakrilamid içme sularının temizlenmesinde endüstriyel atık suların arıtılmasında, kuyu ve içme suyu depoları ve kanalizasyon hatlarının yapımında, plastik üretiminde, kâğıt üretiminde boya üretiminde, kozmetik sanayisinde ve madencilik gibi birçok alanda kullanılır (Gölükçü ve Tokgöz 2014).

Akrilamidin besinlerde, karbonhidratların yüksek ısıda pişirilmesiyle ve yüksek sıcaklık, düşük nem ortamında patates ve tahıl gibi besinlerin kızartılması veya fırınlanması ile oluşur. Patateste bulunan amino asitlerin yaklaşık yarısı serbest formdayken diğer yarısı asparajinden oluşmaktadır. Ayrıca asparajin amino asidi ile indirgen karbonhidratlar arasında Maillard reaksiyonu sonucu bu zararlı metabolitler oluşur. Uluslararası Kanser Araştırma Merkezi akrilamidleri “2A Grubu (insanlar için olası kanserojen grubu)” grubuna

almıştır (World Health Organization 2002; Arusoğlu 2015).

Akrilamidin karsinojenik olma özelliği kesin olmamakla birlikte karsinojenite açısından güçlü kanıtlar bulunmaktadır. Deney hayvanlarının içme suyu yoluyla uzun süreli akrilamide maruz bırakılması sonucu bu hayvanlarda çoklu tümörlere rastlanması ve akrilamidin hücre kültürlerinde *in vitro* ve hayvan modelleri üzerinde *in vivo* testlerde genotoksik etkiler göstermiştir. Ancak insanlar ile yürütülen epidemiyolojik ve mesleki çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre bu açıdan yeterli kanıt bulunamamaktadır (Boyacı ve Cengiz 2012).

Kızartma süresinde etki eden işlem koşulları akrilamid oluşumunu etkilemektedir. Vakum altında mikrodalga ile kızartma yapıldığında ürünün kalite özellikleri değişmeden akrilamid oluşumunun azaltılabildiği görülmüştür. Bunun sebebi mikrodalga fırında pişirme işleminin çok kısa sürmesi olarak gösterilebilir (Granda and Moreira 2005; Şahin, Sumnu ve Öztop 2007). Besinlerin yüksek sıcaklıklarda işlenmesi sırasında kullanılan yağlar akrilamid oluşumunu artırıcı yönde etki gösterir. Bu nedenle akrilamid oluşum mekanizmasında yağlar göz ardı edilmemelidir (Claeys, Vleeschouwer and Hendrick 2005).

**Tablo 1:** Bazı Tahıl Kaynaklı Besinlerin İçerdikleri Akrilamid Miktarları

Tahıl kaynaklı besinler	Akrilamid miktarı (µg/kg)
Kahvaltılık tahıllar	<30-1400
	<30-1350
	<30-1346
Kurabiye/Bisküvi/Gofret/Kraker	<30-640
	<30-750
	<30-3200
	391-507
Kızartılmış ekmekler	<30-4000
	800-1200
	<30-1900
Ekmekler	<30-160
	<30-160
	<30-162
Patlamış mısır	365-715
Tost	15-38
Pizza	11-51
	<30-40
Pirinç ürünleri (kızartılmış, fırınlanmış, kaynatılmış)	<3-67
Makarna, buğday ve çavdar unu, pirinç ve yulaf gevrekleri, yulaf kepeği, pilav, milföy hamuru (pişmemiş)	<30

#### N-Nitrozo bileşikler (nitrozaminler-nitrozamidler)

Etlerin nitrat ve nitrit tuzlarıyla uzun süre muhafaza edilmesi işlemine kürleme denir. Antik

çağdan bu yana yapılan kürleme işlemin besin üzerinde kimyasal ve mikrobiyolojik etkileri vardır. Tuzlanmış et ürünlerinde iyi bir kırmızı renk oluşumu için tuz tek başına bu etkiyi

sağlayamaz. Tuza doğal olarak bulaşmış olan potasyum nitrat ve sodyum nitratın kırmızı renk oluşumunu daha iyi geliştirdiği belirlenmiştir. Ancak kür maddelerinin kullanımı sonucu ette karsinojen bileşiklerin oluştuğu tespit edilmiştir (Palamutoğlu ve Sarıçoban 2012).

Kür edilen et ve et ürünlerinin tüketilmesiyle N-nitrozo bileşikler vücuda alınmaktadır. Bu bileşikler hücrelerde nitrit veya nitrojen oksitler ile sekonder aminlerin tüketiminden sonra da oluşabilmektedir (Ekici, Sağdıç ve Yetim 2012).

Piştirilmemiş ürünlerde orta miktarda nitrozamin bulunurken bu nitrozaminlerin çoğunu N-nitrozodimetilamin oluşturur. Piştirilmiş ürünler bir miktar nitrozopirolidin ve daha yüksek miktarda N-nitrozodimetilamin içermektedir. Nitrozaminlerin oluşumunu piştirme sıcaklığı etkilemekte, daha yüksek sıcaklıkta daha fazla nitrozopirolidin oluşurken; mikrodalga ile pişirmede bu bileşik daha az meydana gelmektedir. (Çakmak, İşleyen ve Usca 2009).

N-nitrozo bileşiklerin asidik mide koşullarında da ortaya çıkabileceği ve bu bileşiklerin barsak florası tarafından oluşturulabileceği bilinmektedir. Ayrıca kronik enflamasyonun olduğu dokuların da nitrik oksit ürettiği belirtilmektedir (Vermeer, Henderson, Moonen, Engels, Dallinga, Maanen et al. 2004).

Nitrozaminlerin mutajenik/karsinojenik etki göstermesi için metabolik aktivasyona uğraması gerekirken; nitrozamidler hiçbir aktivasyona gereksinim duymadan direkt olarak mutajenik etki gösterirler. Nitrozaminlerin metabolik aktivasyonları öncelikle karaciğerde gerçekleşir. Nitrozaminlerin en tehlikeli karsinojenik olanı N-nitrozodietilamindir. Diğerlerinin karsinojenik etkisi bu bileşiğe göre daha azdır (Jagerstad and Skog 2005).

Günümüzde 300 civarında n-nitrozo bileşiği test edilmiş ve %90'ının deney fareleri ile yapılan çalışmalarda kansere yol açabileceği belirlenmiştir.

N-nitrozodietilaminin maymunlarda yapılan 2 yıllık deney sonucunda karaciğer kanseri oluşturduğu rapor edilmiştir. N-nitrozopiperidin ve N-nitrozodipropilamin'in test edildiği deney hayvanlarında ise daha az ölümle sonuçlanan kanser oluşumu olduğu saptanmıştır (Takayama, Thorgerisson and Adamson 2008).

### **Piştirme yöntemleri ve mutajenik/karsinojenik bileşikler**

#### **Izgara piştirme yöntemi (grilling)**

Kömürün koklaştırılmasıyla (kömürün herhangi bir dış etki ile bünyesindeki gazların azalması sonucu poröz bir hal alması) besinlerin

piştirilmesi yöntemidir. Mutajenik/ karsinojenik bileşiklerden olan PAH'ın en fazla oluştuğu piştirme yöntemidir. Izgara yönteminde besinler yüksek derecede piştiği ve et ürünleri pişerken yağın kömür üzerine damlaması sonucu, oluşan PAH bileşiklerinin dumanla birlikte etin yüzeyine taşındığı gözlenmiştir. Izgara ile piştirme yönteminde oluşan bir diğer karsinojenik bileşik ise HA'lardır. Bu bileşikler de en fazla, PAH gibi ızgara yöntemiyle oluşmaktadır (Ünal ve Bayhan 1993; Babür ve Gürbüz 2015).

#### **Sote piştirme yöntemi (saute)**

Az yağ içerisinde küçük parçalar halinde kesilmiş besinlerin 160-240 °C'de hızlı şekilde piştirilmesini sağlayan yöntemdir (Yiğit ve Duran 1997). Sote asıl piştirme yöntemine hazırlık olması için hafif bir kızartma işlemi gerektirir ve bu çoğunlukla sebzelere yapılır (Kaya 2000). Et ve et ürünlerinde 150 C° ısı işlem süresinin artması ile mutajenik bileşiklerin oluşumunun arttığı bildirilmektedir (Jackson and Hargraves 1995).

#### **Yağda kızartma yöntemi (frying)**

Kızartma, 150-190°C'deki yağa besinin daldırılıp piştirilmesi işlemidir. Uygulanan yüksek ısı işlem nedeniyle PAH, HA, akrilamid gibi karsinojenik bileşikler oluşabilmektedir (Babür ve Gürbüz 2015). Akrilamid oluşumu 120°C ve üzerindeki sıcaklık değerinde daha hızlı olmaktadır (Gölükçü ve Tokgöz 2014).

Rengin koyulaşması ve istenmeyen kokular 170 °C üzerinde oluşmaya başlar. (Yiğit ve Duran 1997). Dumanlanma noktası, ısıtılan bir yağdan uçucu bileşiklerin duman şeklinde ayrılmaya başladığı sıcaklık olarak tanımlanır (Yılmaz ve Aydeniz 2014). Yüksek sıcaklık değerlerinde yağlar parçalanıp duman oluşturabildiğinden dumanlanma noktası düşük olan yağlar kızartma yapılırken kullanılmamalıdır (Yiğit ve Duran 1997). Yağda kızartma işleminde, kızartma süresi arttıkça oluşan karsinojenik bileşik miktarı artar (Xuewei, Jing and Zhiliang 2016).

Tüm piştirme yöntemlerinde olduğu gibi kızartma yönteminde de piştirme sıcaklığı arttıkça oluşan mutajenik/karsinojenik bileşik miktarının arttığı gözlenmiştir (Gölükçü ve Tokgöz 2014).

#### **Haşlama yöntemi (boiling)**

En sağlıklı piştirme yöntemlerinden biri olan haşlama, besinlerin su içinde yağsız veya kendi yağı ile piştirilmesi olarak tanımlanabilir (Arlı, Şanlıer, Küçükkömürler, Ersoy, Yamam, Özgen ve ark. 2002). Haşlamada besin 100 °C üzerinde bir sıvının içinde pişer ve bu sıvı genellikle su veya et suyudur. Haşlama işlemi

sıvının hızlı şekilde kaynatılmasıyla yapılabileceği gibi kısık ateşte yavaş yavaş pişirilerek dolayısıyla kaynama noktasının altındaki sıcaklıklarda da yapılabilir (Kaya 2000).

Haşlamada besinlerdeki nişasta, selüloz ve lif yumuşar ve sindirim kolaylaşır. Ayrıca mevcut zararlı mikroorganizmalar azalır, doku ve görünüm değişir (Kaya 2000). Haşlanan besinin suyu absorbe ederek kayıplara ve fiziksel değişimlere uğramasını engellemek hedeflenmektedir (Yiğit ve Duran 1997). Pişirme sırasında fazla miktarda ilave edilen su, vitamin ve mineral kaybına neden olabilirken ayrıca renk ve lezzet bozulması da oluşturabilir (Arlı, Şanlıer, Küçükkömürler, Ersoy, Yamam, Özgen ve ark. 2002).

Haşlama (buğulama) pişirme yönteminin barbekü, ızgara ve tavada kızartma gibi pişirme yöntemlerine kıyasla karsinojenik özellikte olan heterosiklik amin oluşumunun daha az olduğu yapılmış çalışmalarda bildirilmiştir (Ferguson 2002).

### **Karsinojenik besinlerin oluşumunu azaltan besin öğeleri**

Karsinojenik bileşiklerin oluşumunun engellenmesi için ise bazı antioksidanlar kullanılmaktadır. Örneğin sarımsaktaki dialilsülfürün HA'ların karsinojenik etkisini ortadan kaldırdığı belirtilmiştir (Biesalski 2005). Turunçgillerin içindeki flavanoidlerin de heterosiklik aminler üzerinde benzer etki yaptığı görülmüştür (Felton, Knize, Bennett, Malfatti, Colvin and Kulp 2004). Antioksidanlardan askorbik asit, eritorbikasit ve E vitaminin (alfa-tokoferol) de N-nitroso bileşikleri üzerinde benzer etkisi olduğu söylenebilir. Askorbik asidin nitrozamin oluşumunu önlemesi

nedeniyle, ABD'de kürlenmiş etlere 550 ppm askorbik asit katılması zorunludur. Bu antioksidanlar yükseltgenme indirgenme özellikleriyle nitrozamin oluşumunu engelleme özelliğine sahiptir (Çakmak, İşleyen ve Usca 2009). Bu antioksidanların ülkemizde üreticiler tarafından fazla miktarda tüketilen kürlenmiş etlere eklenmesi insan sağlığına olumlu yönde katkı sağlayabilir. Sülfür içeriği yüksek olan karnabahar, brüksel lahanası, brokoli gibi sebzelerin içerdiği antioksidanlar kanserden koruyucu etki gösterir. D vitamini, B<sub>12</sub> vitamini, folik asit ve selenyum da kanser oluşumuna karşı etkili besin öğelerindedir. Probiyotikler ise, kısa zincirli yağ asitleri üreterek kolon pH düzeyinin düşmesini sağlarlar. Böylece düşük kolon kanseri insidansı ile ilişkilidir. Ayrıca probiyotik bakteriler, beta-glukuronidaz, nitroredüktaz ve azoredüktaz gibi prokarsinojenik enzimlerin düzeyini azaltırlar (Donaldson 2004).

### **SONUÇ VE ÖNERİLER**

Sonuç olarak; pişirme yöntemleri, pişirme sıcaklıkları ve süreleri besinde oluşan mutajenik/karsinojenik bileşiklerin oluşumunu etkilemektedir. Karsinojenik bileşik oluşumunun engellenmesi için bazı antioksidanlar kullanılmaktadır. Pişirme işlemi besinin sindirilebilirliğini ve lezzetini artıran bir işlem olmakla birlikte uygun yöntem ve sıcaklık kullanılmadığında zararlı bileşikler oluşturmaktadır. Pişirme yönteminin yanında uygun sıcaklık ve süresinin göz önünde bulundurulması zararlı bileşiklerin oluşmasının önlenmesinde etkilidir. Yukarıda bahsi geçen konularda toplumsal farkındalığın oluşturulması önemlidir.

### **KAYNAKLAR**

- Alphan ME.** Hastalıklarda Beslenme Tedavisi. 2. Baskı. Ankara:Hatiboğlu Yayıncılık; 2013. p.509-41.
- Alver E, Demirci A, Özçimder M.** Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar ve Sağlığa Etkileri. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2012;3(1): 45-52.
- Arlı M, Şanlıer N, Küçükkömürler S, Ersoy Y, Yamam M, Özgen L ve ark.** Yiyecek Üretimi. 1.Baskı. Ankara:Ya-Pa Yayıncılık;2002.
- Arusoğlu G.** Akrilamid Oluşumu ve İnsan Sağlığına Etkileri. Akademik Gıda 2015; 13(1): 61-71.
- Ayaz A, Yurttagül M.** Besinlerdeki Toksik Öğeler-II. 1.Baskı. Ankara:Klasmat Matbaacılık; 2008. p.26-34.
- Babür TE, Gürbüz Ü.** Geleneksel Pişirme Yöntemlerinin Et Kalitesine Etkileri. Journal of Tourism and Gastronomy Studies 2015;3(4): 58-64.

**Biesalski HK.** Meat as a component of a healthy diet – are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet? Meat Science 2005;70(3): 509–24.

**Boyacı CP, Cengiz MF.** Gıdalarda Akrilamid Risk Değerlendirme Çalışmaları. Gıda 2012;37(5):287-94.

**Ceylan Z, Ünal Şengör GF.** Dumanlanmış Su Ürünleri ve Polikistik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH's). Gıda ve Yem Bilimi - Teknolojisi Dergisi 2015;15: 27-33.

**Claeys W L, Vleeschouwer K, Hendrick ME.** Quantifying the formation of carcinogens during food processing: acrylamide. Trends in Food Science and Technology 2005;16(5):181–93.

**Çakmak Ö, İşleyen A, Usca A.** N-Nitroso Compounds and their Effects on Public Health. TAF Preventive Medicine Bulletin 2009;8(6):521-6.

- Çiçek Ü, Bulgan A.** Et ve Et Ürünlerinde Heterosiklik Aminler. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 2013;30(1): 25-32.
- Damašius J, Venskutonis PR, Ferrance R, Fogliano V.** Assessment of the influence of some spice extracts on the formation of heterocyclic amines in meat. Food Chemistry 2011;126(1): 149-56.
- Donaldson MS.** Nutrition and Cancer: A Review of the Evidence for an Anti-Cancer Diet. Nutrition Journal 2004;3(19): 1-21.
- Ekici L, Sağdıç O, Yetim H.** Et tüketimi ve kanser. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2012; 28(6): 136-45.
- Felton JS, Knize MG, Bennett LM, Malfatti MA, Colvin ME, Kulp KS.** Impact of Environmental Exposures on the Mutagenicity/Carcinogenicity of Heterocyclic Amines. Toxicology 2004;198(1-3): 135-45.
- Felton JS, Knize MG.** Occurrence, Identification and Bacterial Mutagenicity of Heterocyclic Amines in Cooked Food. Mutation Research/Genetic Toxicology 1991; 259(3-4): 205-17.
- Ferguson LR.** Meat consumption, cancer and population within New Zealand. Mutation Research 2002; 506(407): 215-24.
- Gasperlin L, Lukan B, Zlender B, Polak T.** Effects of skin and grilling method on formation of heterocyclic amines in chicken pectoralis superficialis muscle. Food Science and Technology 2009;42(8): 1313-9.
- Gölküçü M, Tokgöz H.** Gıdalarda Akrilamid Oluşum Mekanizması ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. Derim 2014;22(1): 41-8.
- Granda C, Moreira RG.** Kinetics of acrylamide formation during traditional and vacuum frying of potato chips. Journal of Food Process Engineering 2005; 28(5): 478-93.
- Hui TJ, Seng TH, Abas MR, Tahir NM.** Distribution and Health Risk of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Smoke Aerosols From Burning of Selected Garden Wastes. The Malaysian Journal of Analytical Sciences 2008; 12(2): 357-66.
- Hwang D, Ngadi M.** Kinetics of Heterocyclic Amines Formation in Meat Emulsion at Different Fat Contents. LWT – Food Science and Technology 2002;35(7): 600-6.
- Jackson LS, Hargraves WA.** Effects of Time and Temperature on the Formation of MeIQx and DiMeIQx in a Model System Containing Threonine, Glucose, and Creatine. Journal of Agricultural and Food Chemistry 1995;43(6):1678-84.
- Jagerstad M, Skog G.** Genotoxicity of Heat-Processed Foods. Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis 2005;574(1-2):156-72.
- Kaya A.** Misafirperverlik Endüstrisinde Temel Mutfak Bilgisi. 2.Baskı. Antalya:Güneş Ofset Yayıncılık;2000.
- Öz F, Kaya M.** The inhibitory effect of black pepper on formation of heterocyclic aromatic amines in high fat meatball. Food Control 2011; 22(3-4):596-600.
- Palamutoğlu R, Sarıçoban C, Kasnak C.** Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH) ve Et Ürünlerinde Oluşumu. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi 2014;9(3): 47-57.
- Palamutoğlu R, Sarıçoban C.** Et Ürünlerinde Nitrat ve Nitrite Alternatif Doğal Kürleme Maddeleri. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi 2012;7(3): 46-58.
- Puangsoombat K, Gadril P, Houser TA, Hunt MC, Smith JS.** Occurrence of heterocyclic amines in cooked meat products. Meat Science 2012;90(3): 739-46.
- Şahin S, Sumnu G, Öztop MH.** Effect of osmotic pretreatment and microwave frying on acrylamide formation in potato strips. Journal of the Science of Food and Agriculture 2007;87:133-7.
- Skog K.** Problems Associated with the Determination of Heterocyclic Amines in Cooked Foods and Human Exposure. Food and Chemical Toxicology 2002;40(8):1197-203.
- Sugimura T, Wakabayashi K, Nakagama H, Nagao M.** Heterocyclic amines: Mutagens/carcinogens produced during cooking of meat and fish. Cancer Science 2004;95(4): 290-9.
- Takayama S, Thorgeirsson UP, Adamson RH.** Chemical carcinogenesis studies in nonhuman primates. Proceedings of the Japan Academy, Series B Physical and Biological Sciences 2008; 84(6): 176-88.
- Turesky RJ.** Formation and Biochemistry of Carcinogenic Heterocyclic Aromatic Amines in Cooked Meats. Toxicology Letters 2007;168(3):219-27.
- Ünal P, Bayhan A.** Gıdalarda Bulunan Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar. Gıda 1993;18(4): 273-7.
- Vermeer IT, Henderson LY, Moonen EJ, Engels LG, Dallinga JW, Maanen JM et al.** Neutrophil-mediated formation of carcinogenic N-nitroso compounds in an in vitro model for intestinal inflammation. Toxicology Letters 2004;154(3):175-82.
- World Health Organization.** FAO/WHO Consultation on the Health Implications of Acrylamide in Food. 2002;25-7.
- Xuwei H, Jing L, Zhiliang Y.** Changes in PAHs levels in edible oils during deep-frying process. Food Control 2016;66:233-40.
- Yıldız O, Şahin H, Kara M, Aliyazıcıoğlu R, Tarhan Ö, Kolaylı S.** Maillard Reaksiyonları ve Reaksiyon Ürünlerinin Gıdalardaki Önemi. Akademik Gıda 2010;8(6): 44-51.
- Yılmaz E, Aydeniz B.** Farklı Doğal Antioksidanların Kızartma Süresince Yer Fıstığı Yağının Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkileri. Akademik Gıda 2014;12(1):35-42.
- Yiğit V, Duran T.** Toplu Beslenme Teknolojisi 1.Baskı. İstanbul:Ekin Yayıncılık; 1997.