

## Et ve Et Ürünlerinde Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumunun Engellenmesi

Fatih ÖZ ve Mükerrerem KAYA

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, 25240, Erzurum (fatihoz@atauni.edu.tr)

Geliş Tarihi : 13.11.2006

**ÖZET:** Heterosiklik aromatik aminler et ve balık gibi proteince zengin gıdaların pişirilmesi esnasında oluşan bir grup kimyasal bileşiktir. Heterosiklik aromatik aminler mutajen ve/veya karsinojen oldukları için, gıdalardaki seviyelerinin azaltılması gerekmektedir. Bu nedenle gıda katkı maddeleri veya değişik pişirme uygulamaları ile ilgili pek çok çalışma yapılmıştır. Bu derlemede gıda maddelerinin hazırlanması esnasında HAA oluşumunun engellenmesine yönelik araştırmalara yer verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Et, Et Ürünleri, Heterosiklik Aromatik Aminler, Redüksiyon

### Prevention of Heterocyclic Aromatic Amines in Meat and Meat Products

**ABSTRACT:** Heterocyclic aromatic amines are a chemical group of compounds formed when protein-rich foods, such as meat and fish. Since heterocyclic aromatic amines are mutagenic and/or, the level of them in foods should be minimized. Therefore, it has been done a lot of studies about food additives or modified cooking treatments. The studies aimed to the prevention of heterocyclic aromatic amines formed during preparing of foods have been discussed.

**Keywords:** Meat, meat products, heterocyclic aromatic amines, reduction

### GİRİŞ

İnsanoğlunun yaşamındaki en önemli unsurlardan biri zorunlu bir ihtiyaç olan beslenmedir. Gıdalarımız esansiyel iz elementler ve vitaminleri sağlayan mikro bileşikler ile enerji sağlayan makro bileşiklerin kompleks bir karışımıdır. Gıda maddelerindeki lifsi maddeler ve antioksidanlar gibi diğer bileşenler ise insan beslenmesini düzenlemede önemli bir rol alırlar. Ayrıca gıdalarımız mikrobiyal kontaminantlar, toksinler veya arzu edilmeyen çeşitli kimyasallar gibi çok zararlı maddeleri içerebilirler. Dolayısıyla, bazı hastalıkların önlenmesinde ve tedavisinde oldukça önemli rol oynayan gıdalar, aynı zamanda bazı hastalıkların ortaya çıkmasından da sorumludurlar. Epidemiyolojik çalışmalar, kanserin global artışında beslenmeyi önemli bir faktör olarak göstermiştir. Son yıllarda özellikle et gibi protein bakımından zengin gıdaların yüksek sıcaklıklarda pişirilmesi esnasında, mutajenik ve kanserojenik olan bazı bileşiklerin oluştuğu yaygın olarak kabul edilmektedir. Bu bileşiklerin başında heterosiklik aromatik amin (HAA)'lar gelmektedir.

### HAA'ların Yapıları

Gıdalarda bulunan heterosiklik aminlerin hepsi bir ekzosiklik amino grubu içermekte, karakteristik UV spektrumuna ve yüksek ekstinksiyon katsayısına, bazıları ise fluoresans özelliğe sahiptir (Knize vd. 1992; Skog 2004). Şu ana kadar 20'den fazla heterosiklik aromatik amin tanımlanmıştır (Keating

vd. 1999). Bunların içinde pişmiş ette ve balıkta en yaygın bulunanlar PhIP ve MeIQx'dir (Edenharder vd. 2002; Hümmereich vd. 2004).

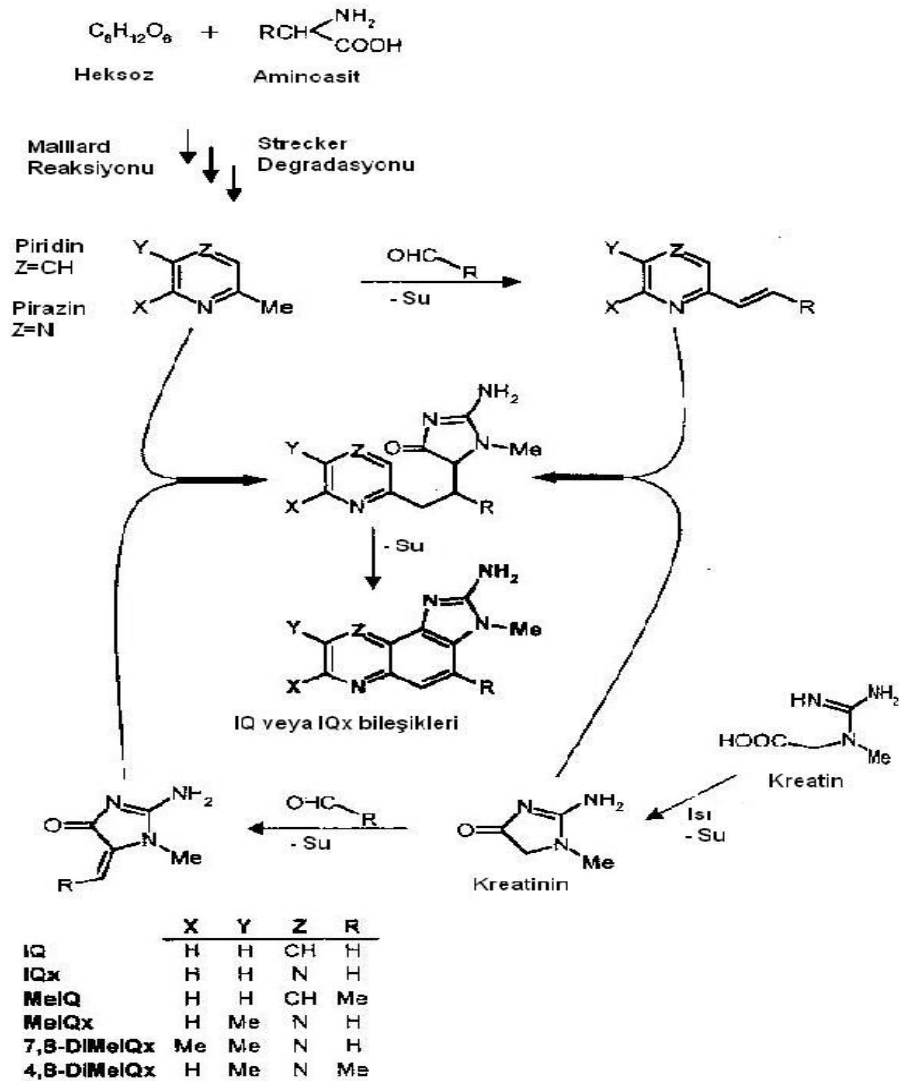
HAA'ların iki temel kimyasal grubu vardır. Bunlardan birincisi aminoimidazoazoarenler (AIA), ikincisi ise aminokarbolinlerdir (Çizelge 1) (Skog ve Solyakov 2002). IQ tipi bileşikler veya termik HAA'lar olarak da adlandırılan AIA'lar 150-300°C arası sıcaklıklarda gıdaların pişirilmesi esnasında oluşmaktadır. IQ tipi olmayan bileşikler veya pirolitik HAA'lar olarak da adlandırılan aminokarbolinler ise 300 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda oluşmaktadır (Toribio vd. 2002). HAA'lar kimyasal davranışlarına göre polar (AIA'lar, Glu-P-1 ve Glu-P-2) ve nonpolar (diğerlerinin tümü) olarak da sınıflandırılabilir (Pais ve Knize 2000).

### HAA'ların Oluşum Mekanizmaları ve Etkileyen Faktörler

HAA'ların bazı prekürsörleri, kreatin/kreatinin ve aminoasitler gibi bileşikler, şekerler, peptidler ve proteinlerdir (Guy vd. 2000; Zöchling ve Murkovic 2002). İndirgen şekerler ile peptid, amino asit veya aminlerin birlikte bulunması halinde özellikle yüksek sıcaklıklarda, oluşan Maillard reaksiyonu AIA'ların ve aminokarbolinlerin oluşumu için önemlidir (Jägerstad vd. 1998). Şekil 1'de heterosiklik aminlerin oluşumu gösterilmektedir.

Çizelge 1. Pişirilmiş gıdalarda ve/veya model sistemlerde tanımlanmış heterosiklik aromatik aminlerin kimyasal isimleri ve kısaltmaları (Jägerstad vd. 1998)

Kimyasal İsmi ve Sınıfı	Kısaltması
<b>Aminoimidazoazoenler</b>	
2-amino-3-metilimidazo[4,5- <i>f</i> ]kinolin	IQ
2-amino-3,4-dimetilimidazo[4,5- <i>f</i> ]kinolin	MeIQ
2-amino-3-metilimidazo[4,5- <i>f</i> ]kinokzalin	IQx
2-amino-3,8-dimetilimidazo[4,5- <i>f</i> ]kinokzalin	MeIQx
2-amino-3,4,8-trimetilimidazo[4,5- <i>f</i> ]kinokzalin	4,8-DiMeIQx
2-amino-3,7,8-trimetilimidazo[4,5- <i>f</i> ]kinokzalin	7,8-DiMeIQx
2-amino-3,4,7,8-tetrametilimidazo[4,5- <i>f</i> ] kinokzalin	4,7,8-TriMeIQx
2-amino-4-hidroksimetil-3,8-dimetilimidazo [4,5- <i>f</i> ]kinokzalin	4-CH <sub>2</sub> OH-8-MeIQx
2-amino-1,7,9-trimetilimidazo[4,5- <i>g</i> ]kinokzalin	7,9-DiMeIQx
2-amino-1,6-dimetil imidazo[4,5- <i>b</i> ]piridin	1,6-DMIP
2-amino-1-metil-6-fenilimidazo[4,5- <i>b</i> ] piridin	PhIP
2-amino-1-metil-6-(4-hidroksifenil)-imidazo[4,5- <i>b</i> ]piridin	4'-OH-PhIP
2-amino-1,5,6 trimetilimidazo[4,5- <i>b</i> ]piridin	1,5,6-TMIP
2-amino-3,5,6 trimetilimidazo[4,5- <i>b</i> ]piridin	3,5,6-TMIP
2-amino-1,6-dimetilfuro[3,2- <i>e</i> ]imidazo[4,5- <i>b</i> ] piridin	IFP
<b>Aminokarbolinler</b>	
2-amino-9 <i>H</i> -pirido[2,3- <i>b</i> ]indol	AαC
2-amino-3-metil-9 <i>H</i> -pirido[2,3- <i>b</i> ]indol	MeAαC
1-metil-9 <i>H</i> -pirido[4,3- <i>b</i> ]indol	Harman
9 <i>H</i> -pirido[4,3- <i>b</i> ]indol	Norharman
3-amino-1,4-dimetil-5 <i>H</i> -pirido[4,3- <i>b</i> ]indol	Trp-P-1
3-amino-1-metil-5 <i>H</i> -pirido[4,3- <i>b</i> ]indol	Trp-P-2
2-amino-6-metildipirido[1,2- <i>a</i> :3 <sup>1</sup> ,2 <sup>1</sup> - <i>d</i> ]imidazol	Glu-P-1
2-aminodipirido[1,2- <i>a</i> :3 <sup>1</sup> ,2 <sup>1</sup> - <i>d</i> ]imidazol	Glu-P-2
3,4-cyclopentenopirido[3,2- <i>a</i> ]karbazol	Lys-P-1
2-amino-5-fenilpiridin	Phe-P-1
4-amino-6-metil-1- <i>H</i> -2,5,10,10 <i>b</i> -tetraazafluoranten	Orn-P-1
4-amino-1,6-dimetil-2-metilamino-1 <i>H</i> ,6 <i>H</i> pirolo[3,4- <i>f</i> ] benziimidazol-5,7-dion	Cre-P-1



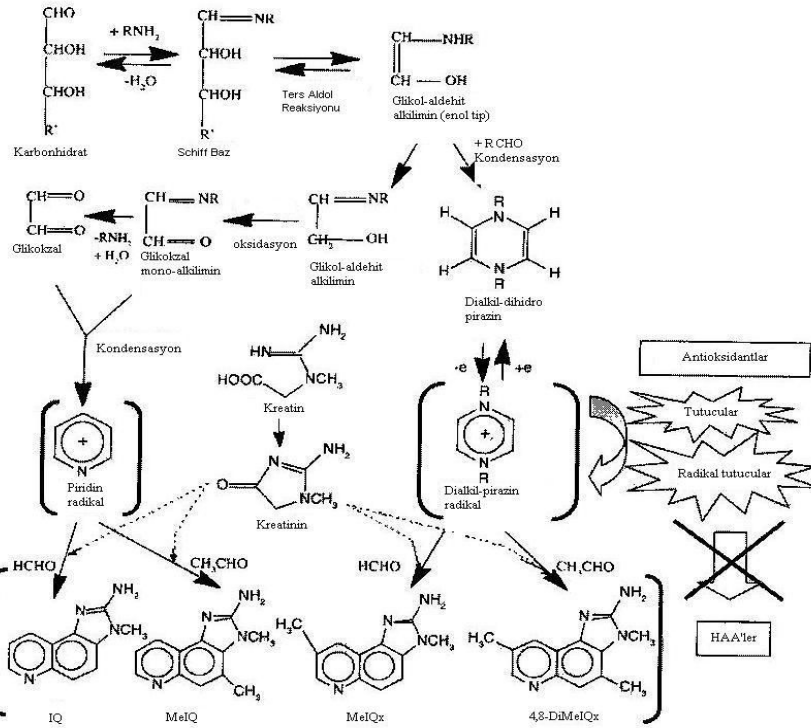
Şekil 1. İmidazokinokzalinler (IQx) ve imidazokinolinlerin (IQ) oluşumu (Felton vd. 2000)

HAA'ların konsantrasyonları ısı işlem gören et tipi, pişirme süresince kullanılan sıcaklık, pişirme süresi, pişirme şartları, pH, su aktivitesi, karbonhidratlar, serbest aminoasitler, kreatin, ısı ve kütle transferi, yağlar, yağ oksidasyonu ve antioksidanlar gibi faktörlere bağlıdır (Jägerstad vd. 1998; Pais vd. 1999; Öz vd. 2007).

#### Gıdalarda HAA'ların Oluşumunun Engellenmesi

HAA'ların oluşumunda radikal reaksiyonların önemli rolü olduğu anlaşıldıktan sonra, model

sistemler ile kızartılmış et ve balıkta HAA oluşumuna antioksidanların etkileri araştırılmıştır. Tek bir antioksidanın veya antioksidan karışımının HAA oluşumunu inhibe ettiği gösterilmiştir. Bu etki, antioksidanların, HAA'ların oluşumlarının farklı aşamalarını interfere etmesi ile açıklanmıştır. Bilindiği gibi, antioksidanlar mutajen oluşumunu önlemede, serbest radikal tutucu özellikleri ve aktiviteleri sayesinde farklı reaksiyonlarda inhibitör olarak rol alabilmektedir (Şekil 2) (Vitagliano ve Fogliano 2004).



Şekil 2. Antioksidanlar ile HAA'ların muhtemel interfere düzeni (Vitaglione ve Fogliano 2004)

Araştırmacılar antioksidan baharatların, kızartılmış etteki birçok HAA miktarını azaltabileceğini belirtmişlerdir (Murkovic vd. 1998; Öz 2006). Ayrıca Chen vd. (1992), BHA (Bütillenmiş Hidroksi Anisol) ve PG (Propil Gallat)'ın; IQ, MeIQ ve MeIQx gibi HAA'ların mutajenik aktivitesini in vitro olarak azalttığını göstermiştir. Askorbik asit, BHA ve tokoferollerin belirli konsantrasyonlardaki karışımlarının enzimatik olmayan esmerleşme inhibitörleri gibi inhibitör etki gösterdikleri belirtilmiştir (Pearson vd. 1992).

Barnes vd. (1983), kızartma öncesi kıyma halindeki ete BHA (50 mmol/100 g et) katıldığı taktirde IQ oluşumunda %40 oranında azalma olduğunu göstermiştir. Pearson vd. (1992) ise çiğ ete kızartma öncesi BHA, BHT (Bütillenmiş Hidroksi Toluen), PG veya TBHQ (Tersiyer Bütillenmiş Hidroksikinin) gibi sentetik antioksidanların ilavesinin BHA'nın MeIQx seviyesinde %56, PG'nin %71 ve TBHQ'nun %76 azalma sağladığını belirtmişlerdir. BHA'nın aynı zamanda IQ ve MeIQx miktarını da azalttığı, fakat 4,8-DiMeIQx oluşumunu %12 oranında artırdığı belirtilmiştir. Buna karşın, Johansson ve Jägerstad (1996) yaptıkları araştırmada antioksidanların HAA oluşumunu azaltmadığını ve bu sonucun kullandıkları antioksidanların model

sistemde prooksidatif etki göstermesinden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Mutajenik aktivitenin azaltılmasına yönelik olarak gıdalara antioksidan, baharat, soya, triptofan, katkı maddeleri, lahana, soğan, şeker ve nişasta katılarak, indirgeme üzerine birçok araştırma yapılmıştır (Jones ve Weisburger 1988; Britt vd. 1998; Kato vd. 1998; Skog vd. 2003; Öz 2006). Ayrıca mikrodalga gibi çeşitli pişirme ön uygulamaları ile bu aminlerin azaltılabileceği belirtilmiştir (Felton vd. 1992; Felton vd. 1994; Chiu vd. 1998).

Vitamin E (Balogh vd. 2000), kiraz dokusu (Britt vd. 1998), çay ve polifenolik bileşikleri (Weisburger vd. 1994; Yen ve Chen 1995; Xu vd. 1996; Oguri vd. 1998), sarımsak sülfür bileşikleri (Shin vd. 2002) ve oligosakkaritler ile inulin (Shin vd. 2003) gibi bazı gıda katkılarının, gıdalardaki HAA miktarının düzeyini azalttığı tespit edilmiştir.

Soya proteini ve klorojenik asit varlığında ızgara edilmiş ette, mutajenik aktivitede bir azalma gözlenmiştir (Lee vd. 1992). Soya proteinlerinin inhibitör etkisinin ortamda fenolik bileşiklerin varlığıyla veya pişmiş ürünlerdeki su tutma kapasitesini artırması ile ilgili olabileceği bildirilmiştir (Skog 1993).

Öz (2006) tarafından yapılan bir araştırmada pişirme öncesi pırzola ve köfteye kırmızı biber, karabiber, kekik, defne, tuz ve sarımsak ilavesinin, yağ seviyesi ve kızartma sıcaklığına bağlı olarak, HAA oluşumunu büyük oranda engellediği belirtilmiştir. Araştırmacı ayrıca literatürde en yaygın olarak bulunan HAA olduğu belirtilen PhIP üzerine pırzolada baharat uygulamasının tüm sıcaklık derecelerinde %100 azalma sağladığını belirtmiştir. Farklı oranlarda yağ içeren köftelerin kızartılması sonucu ise HAA'ların oluşumu üzerine karabiber ilavesinin en etkili uygulama olduğunu belirtmiştir. Persson vd. (2003) köftelere kızartma öncesi ilave edilen NaCl ve TPP (tripolifosfat)'nin etteki HAA içeriğini, pişirme kaybını ve kreatinin kreatinine dönüşümünü azalttığını belirtmişlerdir.

Pek çok bitkide doğal olarak oluşan flavonların sıvı bir model sistemde glisin, kreatin ve glikozdan MeIQx ve 7,8-DiMeIQx oluşumunu engellediği belirtilmiştir. İnhibisyon etkisinin HAA'ların ara ürünleri olan Maillard reaksiyon ürünlerinin indirgenmesi sayesinde olduğu belirtilmiştir (Lee vd. 1992). Model sistemlerde HAA'ların oluşumunun 0.44'lük su aktivitesi değerinde kolaylaştığı belirtilmiştir. Maillard reaksiyonundaki pirazinler ve 2-metil pirazinlerin oluşumunun 0.75'lik su aktivitesi değerinde maksimuma ulaştığı belirtilmiştir. Ancak bu maksimum seviyenin yüksek oranda sıcaklığa bağlı olduğu vurgulanmıştır (Skog vd. 1998).

Ete pişirme öncesi %1 vitamin E ilavesi ile PhIP konsantrasyonunda %69, IQ konsantrasyonunda %86'lık azalma sağlanmış, vitamin E seviyesi %10'a çıkarıldığında ise PhIP'te %72,5, IQ'da ise %88'lik bir azalma kaydedilmiştir (Balogh vd. 2000).

Sülfid ajanları Maillard reaksiyonunun inhibitörleri olarak bilinirler. Sülfidler, serbest radikallerin oluşumu ve Maillard reaksiyonunu bloke eden farklı sülfid kombinasyonlarını oluşturmak için indirgen şekerler, aldehitler, ketonlar ve proteinleri içeren farklı gıda bileşenleri ile kolayca reaksiyona girerler (Pearson vd. 1992). Nitritin tam mekanizması belli olmamasına rağmen, et mutajenleri üzerinde güçlü bir inhibitör etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Skog 1993). Muhtemelen, nitrit sistein ile reaksiyona girerek, güçlü bir antioksidan olduğu belirlenen S-nitrozosistein oluşturmaktadır (Pearson vd. 1992). Ancak düşük sıcaklıkta oluşan mutajenler (IQ, MeIQ vs.) nitrite dayanıklı olup, nitrit varlığında da oluşabilmektedir (Pearson vd. 1992). Asidik ortamlarda nitrit ile uygulamada; pirolitik mutajenler deamine olabilmekte ve uzun süre mutajenik aktivite gösterememektedirler. Ancak termik mutajenlerin nitritten etkilenmediği belirtilmektedir (Skog 1993).

Kikugawa (1999) et ve balık etinin işlenmesi ve pişirilmesi esnasında imidazokinokzalin tipi heterosiklik aminlerin oluşumunu azaltmada fenolik antioksidanların önemli etkilerinin olduğunu

belirtmiştir. Ayrıca kararsız serbest radikal Maillard ara ürünlerinin oluşumunun önlenmesi ile bu mutajenlerin oluşumunun azaltılabileceği ve yüksek su içeriğinin de bu mutajenlerin oluşumunu azalttığı belirtilmiştir. Weisburger (2002) soya proteini, pektin, triptofan, prolin ve çeşitli polifenollerin HAA oluşumunu azalttığını belirtmiştir. Xu vd. (1996) ve Santana-Rios vd. (2001) çayın HAA'lara karşı koruyucu etki gösterdiğini belirlemişlerdir.

Sonuç olarak; HAA'ların oluşumunu ve dolayısıyla tüketim miktarlarını azaltmak için aşağıda belirtilen hususların dikkate alınması önerilmektedir.

1. Pişirme metotları modifiye edilmeli,
2. Tavada veya ızgarada kızartma azaltılmalı,
3. Haşlanmış balık ve buharda pişirilmiş et tüketimi artırılmalı,
4. Balık ve tavuk eti daha ziyade mikrodalga ile pişirilmeli,
5. Orta derece veya iyi pişirilmiş et tüketilmeli, aşırı pişirmeden kaçınılmalı,
6. Özellikle tavuk etine mangalda kızartma yapılacak ise; önce mikrodalgada ön pişirme uygulanmalı ve et suyu uzaklaştırıldıktan sonra kızartma işlemine geçilmeli,
7. Kızartılmış gıdalar tüketilmeden önce dış tabakalarındaki kararmış-yanmış kısımlar uzaklaştırılmalı,
8. Ateş ile teması önlemek için et ve balık alüminyum folyoya sarılmalı,
9. Et tüketimi ile birlikte veya öncesinde salata ve benzeri garnitürler tüketilmeli, etin hazırlanması sırasında baharat kullanımı tavsiye edilmelidir (Adamson 1997; Öz 2006).

## KAYNAKLAR

- Adamson, R. H., 1997. Sixth International Conference on Carcinogenic/Mutagenic N-substituted aryl compounds: Conclusions and Perspectives. *Mutation Res.*, 376: 3-6.
- Balogh, Z., Gray, J. I., Gomaa, E. A., Booren, A. M., 2000. Formation and inhibition of heterocyclic aromatic amines in fried ground beef patties. *Food and Chem. Toxic.*, 38: 395-401.
- Barnes, W. S., Maher, J.C., Weisburger, J.H., 1983. High-pressure liquid chromatographic method for the analysis of 2-amino-3-methylimidazo[4,5-f]quinoline, a mutagen formed during the cooking of food. *J. Agric. Food Chem.*, 31: 883-886.
- Britt, C., Gomaa, E. A., Gray, J. I., Booren, A. M., 1998. Influence of cherry tissue on lipid oxidation and heterocyclic aromatic amine formation in ground beef patties. *J. Agric. Food Chem.*, 46: 4891-4897.
- Chen, C., Pearson, A. M., Gray, J. I., 1992. Effects of synthetic antioxidants (BHA, BHT and PG) on the mutagenicity of IQ-like compounds. *Food Chem.*, 43: 177-183.
- Chiu, C. P., Yang, D. Y., Chen, B. H., 1998. Formation of heterocyclic amines in cooked chicken legs. *J. of Food Prot.*, 61 (6): 712-719.

- Edenharder, R., Sager, J. W., Glatt, H., Muckel, E., Platt, K. L., 2002. Protection by beverages, fruits, vegetables, herbs, and flavonoids against genotoxicity of 2-acetylaminofluorene and 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-*b*]pyridine (PhIP) in metabolically competent V79 cells. *Mutation Res.*, 521: 57-72.
- Felton, J. S., Knize, M. G., Roper, M., Fultz, E., Shen, N. H., Turteltaub, K. W., 1992. chemical analysis, prevention, and low-level dosimetry of heterocyclic amines from cooked food. *Cancer Res., Suppl.*, 52: 2103-2107.
- Felton, J. S., Fultz, E., Dolbear, F. A., Knize, M. G., 1994. Reduction of heterocyclic aromatic amine mutagens/carcinogens in fried beef patties by microwave pretreatment. *Food and Chem. Toxic.*, 32 (10): 897-903.
- Felton, J. S., Jägerstad, M., Knize, M. G., Skog, K., Wakabayashi, K., 2000. Contents in Foods, Beverages and Tobacco. Baffins Lane, Chichester, West Sussex, 373, England.
- Guy, P. A., Gremaud, E., Richoz, J., Turesky, R. J., 2000. Quantitative analysis of mutagenic heterocyclic aromatic amines in cooked meat using liquid chromatography-atmospheric pressure chemical ionisation tandem mass spectrometry. *J. of Chrom. A*, 883: 89-102.
- Hümmerich, J., Zohm, C., Pfau, W., 2004. Modulation of cytochrome P450 1A1 by food-derived heterocyclic aromatic amines. *Toxicology*, 199: 231-240.
- Jägerstad, M., Skog, K., Arvidsson, P., Solyakov, A., 1998. Chemistry, formation and occurrence of genotoxic heterocyclic amines identified in model systems and cooked foods. *Z. Lebensm. Unters. Forsch. A*, 207: 419-427.
- Johansson, M. A. E., Jägerstad, M., 1996. Influence of pro- and antioxidants on the formation of mutagenic-carcinogenic heterocyclic amines in a model system. *Food Chem.*, 56 (1): 69-75.
- Jones, R.C., Weisburger, J.H., 1988. L-Tryptophan inhibits formation of mutagens during cooking of meat and in laboratory models. *Mutation Res.*, 206: 343-349.
- Kato, T., Michikoshi, K., Minowa, Y-I., Maeda, Kikugawa, K., 1998. Mutagenicity of cooked hamburger is reduced by addition of onion to ground beef. *Mutation Res.*, 420: 109-114.
- Keating, G. A., Layton, D. W., Felton, J. S., 1999. Factors determining dietary intakes of heterocyclic amines in cooked foods. *Mutation Research* 443: 149-156.
- Kikugawa, K., 1999. Involvement of free radicals in the formation of heterocyclic amines and prevention by antioxidants. *Cancer Letters*, 143, 123-126.
- Knize, M. G., Felton, J. S., Gross, G. A., 1992. Chromatographic methods for the analysis of heterocyclic amine food mutagens/carcinogens. *J. of Chrom.*, 624: 253-265.
- Lee, H., Jiaan, C.-Y., Tsai, S.-J., 1992. Flavone inhibits mutagen formation during heating in a glycine/creatine/glucose model system. *Food Chem.*, 45: 235-238.
- Murkovic, M., Steinberger, D., Pfannhauser, W., 1998. Antioxidant spices reduce the formation of heterocyclic amines in fried meat. *Z. Lebensm. Unters. Forsch. A*, 207: 477-480.
- Oguri, A., Suda, M., Totsuka, Y., Sugimura, T., Wakabayashi, K., 1998. Inhibitory effects of antioxidants on formation of heterocyclic amines. *Mutation Res.*, 402: 237-245.
- Öz, F., 2006. Farklı Sıcaklıklarda Pişirilen Taze Et Ürünlerinde Baharat Kullanımının Heterosiklik Aromatik Aminlerin Oluşumu Üzerine Etkisi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum.
- Öz, F., Kaban, G., Kaya, M., 2007. Effects of cooking methods on the formation of heterocyclic aromatic amines of two different species trout. *Food Chemistry*, in press.
- Pais, P., Salmon, C. P., Knize, M. G., Felton, J. S., 1999. Formation of mutagenic/carcinogenic heterocyclic amines in dry-heated model systems, meats and meat drippings. *J. Agric. Food Chem.*, 47: 1098-1108.
- Pais, P., Knize, M. G., 2000. Chromatographic and related techniques for the determination of aromatic heterocyclic amines in foods. *J. of Chrom. B.*, 747: 139-169.
- Pearson, A. M., Chen, C., Gray, J. I., Aust, S. D., 1992. Mechanism(s) involved in meat mutagen formation and inhibition. *Free Radical Biol. &Med.*, 13: 161-167.
- Persson, E., Sjöholm, I., Skog, K., 2003. Addition of sodium chloride to beefburgers decreases cooking loss and formation of heterocyclic amines during frying. 2<sup>nd</sup> International Workshop on Analytical, Chemical, and Biological Relevance of Heterocyclic Aromatic Amines from 7.- 9. May 2003 in Graz, University of Technology.
- Santana-Rios, G., Orner, G. A., Amantana, A., Provost, C., Wu, S.-Y., Dashwood, R. H., 2001. Potent antimutagenic activity of white tea in comparison with green tea in the *Salmonella* Assay. *Mutation Res.*, 495: 61-74.
- Shin, H-S., Strasburg, G. M., Gray, J. I., 2002. A model system study of the inhibition of heterocyclic aromatic amine formation by organosulfur compounds. *J. Agric. Food Chem.*, 50: 7684-7690.
- Shin, H-S., Park, H., Park, D., 2003. Influence of different oligosaccharides and inulin on heterocyclic aromatic amine formation and overall mutagenicity in fried ground beef patties. *J. Agric. Food Chem.*, 51: 6726-6730.
- Skog, K., 1993. Cooking procedures and food mutagens: A Literature Review. *Food and Chem. Toxic.*, 31 (9): 655-675.
- Skog, K. I., Johansson, M. A. E., Jägerstad, M., 1998. Carcinogenic heterocyclic amines in model systems and cooked foods: A Review on formation, occurrence and intake. *Food and Chem. Toxic.*, 36: 879-896.
- Skog, K., Solyakov, A., 2002. Heterocyclic amines in poultry products: a Literature Review. *Food and Chem. Toxic.*, 40: 1213-1221.
- Skog, K., Maul, R., Nyman, M., 2003. Binding of heterocyclic amines dietary fibres in vitro. 2<sup>nd</sup> International Workshop on Analytical, Chemical, and Biological Relevance of Heterocyclic Aromatic Amines from 7.- 9. May 2003 in Graz, University of Technology.
- Skog, K., 2004. Blue cotton, blue rayon and blue chitin in the analysis of heterocyclic aromatic amines- A Review. *J. of Chrom. B*, 802: 39-44.
- Toribio, F., Moyano, E., Puignou, L., Galceran, M. T., 2002. Ion-trap tandem mass spectrometry for the determination of heterocyclic amines in food. *J. of Chrom. A*, 948: 267-281.
- Vitaglione, P., Fogliano, V., 2004. Use of antioxidants to minimize the human health risk associated to mutagenic/carcinogenic heterocyclic amines in food. *J. of Chrom. B*, 802: 189-199.
- Weisburger, J. H., Nagao, M., Wakabayashi, K., Oguri, A., 1994. Prevention of heterocyclic amine formation by tea and tea polyphenols. *Cancer Letters*, 83: 143-147.
- Weisburger, J.H., 2002. Comments on the history and importance of aromatic and heterocyclic amines in public health. *Mutation Res.*, 506-507: 9-20.
- Xu, M., Bailey, A. C., Hernaez, J. F., Taoka, C. R., Schut, H. A. J., Dashwood, R. H., 1996. Protection by green tea, black tea, and indole-3-carbinol against 2-amino-3-methylimidazo[4,5-*f*]quinoline-induced DNA adducts and colonic aberrant crypts in the F344 rat. *Carcinogenesis*, 17 (7): 1429-1434.
- Yen, G.-C., Chen, H.-Y., 1995. Antioxidant activity of various tea extracts in relation to their antimutagenicity. *J. Agric. Food Chem.*, 43, 27-32.
- Zöchling, S., Murkovic, M., 2002. Formation of the heterocyclic aromatic amine PhIP: identification of precursors and intermediates. *Food Chem.*, 79: 125-134.