



Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi

Bisküvilerde HMF ve Akrilamid Oluşumunun Önemi

Sinan Uzunlu^{1*}, Emine Nur Herken³

¹Pamukkale Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Çivril, Denizli

²Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Denizli

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi:

Geliş tarihi 01 Mart 2014
Kabul tarihi 16 Mart 2016

Anahtar Kelimeler:

Bisküvi
HMF
Akrilamid
Maillard reaksiyonu
Karsinojen

ÖZET

5-hidroksimetilfurfural (HMF) ve akrilamid, gıdalarda pişirme, ısıtma, pastörizasyon gibi ısı işlemler sonucu oluşan Maillard reaksiyonu ürünü bileşiklerdir. Maillard reaksiyonunun ilerleyen aşamalarında arzu edilmeyen bu bileşikler açığa çıkmakta ve ürüne uygulanan ısı işlemin derecesini ve depolamanın etkisini belirlemede kullanılabilir. HMF'nin gıdaların spesifik aroma ve renk karakteristiklerine katkısı olmakla beraber, son yıllarda yapılan araştırmalar, özellikle akrilamid ile birlikte sitotoksik, genotoksik ve karsinojenik etkilerinin de bulunabileceğini ortaya koymuştur. Bisküvilerde yapılan araştırmalarda farklı pişirme sıcaklıkları ile hamur bileşenlerinden dolayı farklı seviyelerde HMF (0.5-182.5 mg/kg) ve akrilamid (37-4200 mg/kg) bulunabildiği belirlenmiştir.

Importance of the Formation of HMF and Acrylamide in Biscuits

ARTICLE INFO

Article history:

Received 01 March 2014
Accepted 16 March 2014

Keywords:

Biscuit
HMF
Acrylamide
Maillard reaction
Carcinogen

ABSTRACT

5-hydroxymethylfurfural (HMF) and acrylamide are Maillard reaction products formed as a result of heat treatments such as cooking, heating and pasteurization of foods. These undesirable compounds formed during the advanced steps of the Maillard reaction are used to determine the degree of heat treatment and the effect of storage on the product. Though HMF has a contribution to specific flavor and color characteristics of the food, especially with acrylamide it has been found to have cytotoxic, genotoxic and carcinogenic effects in recent years. In researches it was determined that biscuits and cookies contained different levels of HMF (0.5-182.5 mg/kg) and acrylamide (37-4200 mg/kg) depending on the different baking temperatures and dough ingredients.

1. Giriş

Bisküvi, Latince'de iki kere pişirilmiş anlamına gelen "biscocotus" sözcüğünden türetilmiş bir kelime olup, tahıl ürünlerinin kimyasal yollardan fermente edilmek suretiyle kabartılarak pişirilmesiyle elde edilen gıda ürünleridir. Türk Standartları Enstitüsü ise bisküviyi 2383 no'lu Standartta "unun içinde kabarmayı sağlayan maddeler, şeker, tuz, yağ ve gıda maddeleri ile ilgili tüzükte izin verilen diğer maddelerden biri veya birkaçı eklendikten sonra su ile yoğrulmuş teknigine uygun

bir biçimde işlenmesi, şekil verilmesi ve pişirilmesi sonucunda elde edilen bir unlu mamül" olarak tanımlanmaktadır (Anonymous, 2013).

Bisküvinin hem üretici hem de tüketiciler tarafından giderek daha çok tercih edilen besin maddeleri arasına girmesinde tüketime hazır olması, iyi besin kalitesinde olması, raf ömrünün uzun olması, kolay taşınabilirliği, farklı çeşitlerde ucuz satın alınabilirliği olması gibi etkenler rol oynamaktadır. Ülkemizde 2006 yılında 438.507 ton olan yıllık bisküvi üretimi bunu takip eden 5 yılın ardından 605.028 tona çıkmıştır (Anonymous, 2013). Bisküvi hamuru pişirilirken düşük su içeriği

* Sorumlu yazar email: suzunlu@pau.edu.tr

(<%10) ve kahverengi yüzey rengi amaçlanmaktadır. Pişirme sırasında protein denaturasyonu, nişastanın granüller yapısının kaybolması, yağın erimesi ve yüzeyde kahverengileşme etmeni olarak karamelizasyon ve Maillard reaksiyonu gibi birçok reaksiyon meydana gelmektedir.

Gıdalarda bulunan serbest amino asitlerin, proteinlerin veya peptitlerin serbest amino grupları ile indirgen şekerler arasında gerçekleşen ve enzimatik olmayan kahverengileşme reaksiyonlarına "Maillard Reaksiyonu" denilmektedir. Reaksiyon, gıdaların ısı işleme tabii tutulması sonucunda gerçekleşmektedir. Maillard reaksiyonlarının oluşumu reaksiyona giren bileşenlerin türü, miktarı, ortamın pH'sı, sıcaklığı ve su aktivitesine bağlı olarak değişmektedir. Hidroksimetil furfural (HMF), furfural, akrilamid ve melanoidinler (reaksiyon son ürünü olan kahverengi pigment) Maillard reaksiyonu ürünlerinin en bilinenleridir (Ait Ameer ve ark., 2006; Yıldız ve ark., 2010). Maillard reaksiyonu ürünleri ekmeğin, kurabiyelerin, keklerin ve birçok gıdanın lezzetinden kısmen sorumlu olmasına karşın, ileri bozulma ürünlerinin sitotoksik, genotoksik ve karsinojenik özelliklerinden dolayı gıdalarda oluşması her zaman arzu edilmemektedir. Bunun yanı sıra, son yıllarda yapılan in vitro araştırmalar, özellikle erken aşamadaki reaksiyon ürünlerinin antioksidan, antiaterjenik ve antimikrobiyal gibi faydalı yönlerini ortaya koymuştur (Yıldız ve ark., 2010).

Gıda endüstrisi ve ilgili akademik birimlerin konuya dikkatlerinin çekilmesinin amaçlandığı bu derlemenin bu konuda daha ileri boyutlarda çalışmalara yol açması beklenmektedir.

2. 5-Hidroksimetilfurfural (HMF)

Hayvanlar üzerine yapılmış çalışmalarda toksik etkileri bulunmuş olan HMF ve akrilamidin kanserojenik etkiye sahip olduğu, bu nedenle de bu bileşiklerin insanlarda da kanserojen etkiye sahip olabileceği belirtilmiştir. Akrilamid ve HMF ile ilgili literatürde çok fazla kaynak olmakla beraber yapılan genotoksik çalışmalarda bu maddeler ayrı ayrı çalışılmıştır. Halen bazı gıdaları fazla pişmiş ve hatta kavrulmuş olarak yemeyi seven bir tüketici kitlesi mevcut olup, bu sınıfa giren gıdaların ne kadar gıda güvenliği riski taşıdığı bilinmemektedir. Zira bu tür gıdalar insanlar tarafından çok uzun yıllardır düzenli bir şekilde tüketilmektedirler (Ait Ameer ve ark., 2006).

Bir furan türevidir olan HMF'nin gıda ürünlerinde bulunabildiğine ilişkin 1950'lerden günümüze kadar birçok araştırma yayınlanmıştır. Bu gıdaların büyük çoğunluğunu ısı işlem görmüş ürünler oluşturmaktadır. Üretim teknolojisi ve muhafaza koşullarına bağlı olarak gıdalarda farklı seviyelerde HMF oluşmaktadır (Abraham ve ark., 2011). HMF taze ve işlem görmemiş gıda ürünlerinde bulunmamaktadır, ancak karbonhidratça zengin gıdalarda ısı işlem ve depolama ile hızlıca artmakta ve kurutulmuş meyveler ile karamel ürünlerinde 1 g/kg'ı aşabilmektedir. Açığa çıkan birçok ürün

arasında HMF, olası bir mutajen olarak proses sırasında hızlı bir artış ile meydana gelmektedir (Ait Ameer ve ark., 2006).

Avrupa Birliği Komisyonunca alınan karar doğrultusunda HMF aroma maddesi olarak gıda üretiminde kullanılmaktadır. EFSA (European Food Safety Authority) HMF'nin, gıda üretiminde toplam kullanım miktarının tüketici toplamına oranlanması ile insanların günlük olarak HMF'ye maruz kalma miktarını 0.012 µg/kişi başı olarak belirlemiştir. Almanya'da ise günlük diyet ile vücuda HMF alımının ortalama 67 µg/kg/vücut ağırlığı olduğu, en yüksek değerin de 215 µg/kg/vücut ağırlığı olduğu bildirilmiştir. Kişi başı günlük HMF'ye maruz kalma miktarının ekmeğin gibi sık tüketilen ürünlerde 30 ile 50 µg/kg/vücut ağırlığı, bisküvi ve benzeri ürünlerde ise 2 µg/kg/vücut ağırlığında olduğu belirlenmiştir. (Abraham ve ark., 2011).

Bisküvilerde farklı hamur formülasyonları ile pişirme parametrelerinin incelendiği bir araştırmada akrilamid ve HMF oluşumu gözlenmiştir. 205°C'de 11 dakika pişirilen bisküvi formülasyonlarında sukroz ve glikoz oranlarının artırılması açığa çıkan akrilamid oranının artmasına neden olmuş olup sukrozun kullanımı glikoza kıyasla daha az akrilamid oluşumuna sebebiyet vermiştir. Benzer şekilde sukroz ve glikoz oranlarının hamur formülasyonlarında artırılması HMF oluşumunu arttırmış ve sukroz glikoza kıyasla daha az HMF oluşumuna yol açmıştır. Sukrozun glikoza kıyasla daha az akrilamid oluşumuna yol açması araştırmacıların farklı sıcaklık ve sürelerde pişirme işlemlerinde de gözlenmiştir. 160°C, 180°C, 200°C, 210°C ve 230°C pişirme sıcaklık derecelerinde sıcaklık artışına bağlı olarak akrilamid oluşumu artış kaydetmiştir. HMF oluşumu ise aynı koşullarda akrilamide kıyasla pişirmenin ilk evrelerinde farklılık göstermiştir. Sonuç olarak, bisküvilerde akrilamid konsantrasyonunun 150 ng/g altında olması için ve HMF konsantrasyonu ile esmerleşmenin artışının önlenmesi için 160°C'de 25 dakika pişirme önerilmektedir (Gökmen ve ark., 2007).

İspanya'da tüketime sunulan bisküvilerde HMF varlığını incelemeye yönelik yürütülen bir araştırmaya göre HMF'nin 3.1 mg/kg ile 182.5 mg/kg aralığında bulunduğu bildirilmiştir. Hamur içeriğinin etkilerinin de incelendiği araştırmada sakkaritlerin yerine sakkarit alkolleri olan maltitol ya da laktitol kullanımının HMF oluşumunu bisküvi prosesi sırasında önemli ölçüde azalttığı ortaya çıkmıştır. HMF'nin bisküvinin farklı kısımlarındaki dağılımının da incelendiği araştırmada heterojen olarak dağılım tespit edilmiştir. HMF bisküvinin üst ve kenar kısımlarında toplanmıştır. Bu araştırmaya göre İspanya'da yaşayan kişiler günlük olarak bisküvilerden 2.3 µg/kg/vücut ağırlığı HMF'ye maruz kalmaktadır (Delgado-Andrade ve ark., 2009). Bir başka araştırmanın sonuçlarına göre, bisküvi prosesinde sukroz yerine maltitol ve stevia kullanımı HMF oluşumunu önemli ölçüde azaltmıştır (Garcia-Serna ve ark., 2014).

Konvansiyonel ve vakum prosesinin kombine edilerek kullanıldığı yeni bir pişirme teknolojisi bisküvilerdeki akrilamid ve HMF oluşumunu azaltmayı amaçlamıştır. Akrilamid konsantrasyonu vakum altında pişirmede konvansiyonel pişirmeye göre önemli ölçüde ($p < 0.05$) azalmış, HMF ise hiç oluşmamıştır. Kombine kullanımda 220°C’de 2-4 dakika pişirmeyi takiben 180°C’de 500 mbar 4-6 dakika basınç altında pişirme uygulanmıştır. Bu yöntem ile akrilamid oluşmamış, HMF de tespit edilebilecek sınırın altında bulunmuştur. Bunun yanı sıra, konvansiyonel pişirme sıcaklık ve sürelerinin artırılması oluşan akrilamid ve HMF miktarlarında artışa neden olmuştur (Mogol ve Gökmen 2014). Bir diğer araştırmaya göre, bisküvi üretiminde vanillinin vanilya aroması vermek üzere kullanıldığı çözümler olan triacetin, propylene glycol’e göre HMF oluşumu ve stabilitesinde daha yüksek değerler almıştır (Yang ve ark., 2013).

HMF’nin birçok çeşit gıda ürününden tespiti insan sağlığı üzerine olan risk faktörünün de belirginleşmesine yol açmıştır. HMF’nin in vitro genotoksisite testlerinde negatif sonuç verdiği, ancak insanlarda bulunan SULT 1A1 (sülfotransferaz) enzimini eksprese eden genetiği değiştirilmiş bakteriler ve memeli hücrelerde mutajenik olabildiği bildirilmiştir (Abraham ve ark., 2011). HMF’nin yüksek konsantrasyonlarda sitotoksositeye, gözlerde irritasyona (tahriş), üst solunum yolu rahatsızlıklarına, cilt ve mukoz membran rahatsızlıklarına neden olabildiği bildirilmektedir. Epidemiyolojik çalışmalarda, HMF’nin insanlarda kanser riski ya da kronik kanser ile ilişkili bir veriye ulaşılmamıştır. Ancak ratlarda ve farelerde tümörojenik aktiviteler gözlenmiştir. Günümüzde genotoksisite çalışmalarında birçok yöntem kullanılmaktadır. Bunların basit, ucuz ve tekrarlanabilir olanları mevcuttur. Yapılan bir araştırmaya göre HMF’nin *S.Typhimurium* TA 104 ve TA100 suşları üzerinde mutajenik olduğu belirlenmiştir (Durling ve ark., 2009). Bir diğer araştırmada ise *Salmonella Typhimurium* suşları TA 98 ve TA 100, S9 miksi (in vitro mutajenite testlerinde metabolik aktivasyon amaçlı kullanılan materyal)’nin kullanıldığı mutajenite testlerinde hem pozitif hem de negatif sonuç vermiştir (Severin ve ark., 2010).

Elde edilen bu bulgular, HMF’nin başlıca biyoaktivasyon döngüsünde sülfotransferazların sülfonasyonu ile sülfooksimetilfurfural (SMF)’in oluştuğunu ortaya koymuştur. Bu bileşiğin, Ames testi (bakterilerin kullanıldığı mutajenite testi) ile mutajenik olduğu belirlenmiş ve farelerde cilt tümörünün öncülü olduğu bildirilmiştir. Bu nedenle, HMF’den insanlarda genotoksositeye neden olabilen SMF’nin oluşmasında en kritik adayın SULT1A1 enziminin olabileceği düşünülmektedir (Durling ve ark., 2009). Yine Durling ve ark. (2009) tarafından DNA’ya hasar verici metabolit olan HMF’nin aktivasyonunda yer alan SULT1A1’in önemini incelediği bir araştırmanın sonuçlarına göre 3 saat süre ile 100 mM dozda HMF’nin incelenen bütün hücrelerde (Caco-2, HEK293, L5178Y) önemli ölçüde DNA’ya hasar verdiği ortaya çıkmıştır. Yürütülen başka bir araştırmada

ise HMF’nin genotoksik etkisinin 36.6 mM doz ile bulunabildiği ve bunun da DNA hasarlarına neden olabildiği ortaya konmuştur (Severin ve ark., 2010). Bu araştırmacıların bildirdiğine göre insan TK6 lymphoblast hücrelerinde 0.5 mM HMF’nin mutajeniteye neden olduğu ifade edilmiştir. Bunun yanı sıra, HMF’nin hayvanlarda akut ve subakut toksisite deneylerinde günlük miktar olarak 80-100 mg/kg/vücut ağırlığına maruz kalması herhangi bir olumsuz etkide bulunmamıştır (Abraham ve ark., 2011).

3. Akrilamid

Akrilamid, gıda ürünlerine uygulanan ısıtma işlemler sonucunda ortaya çıkan HMF gibi ürünlerden bir diğeridir. 120°C’nin üzerindeki sıcaklıklarda oluşan akrilamid özellikle karbonhidratça zengin gıda ürünlerinin kızartılması, haşlanması ve ızgarada pişirilmesi ile asparagin ve glikoz arasında gerçekleşen reaksiyon sonucunda açığa çıkmaktadır (Taeymans ve ark., 2004; Kaplan ve ark., 2009; Hermanto 2012). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ile Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) yüksek sıcaklık derecelerinde ısıtma işlem görmüş gıda ürünlerinin akrilamid içerebileceğini, bunun da insan sağlığında risk oluşturabileceğini bildirmişlerdir. Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC) ile Avrupa Birliği akrilamidi karsinojen olarak sınıflandırmışlardır (Kaplan ve ark., 2009). 2002 yılında İsveç Ulusal Gıda Ajansı, ısıtma işlem görmüş karbonhidratça zengin gıda ürünlerinde akrilamidin varlığı ve insan sağlığı üzerine olan etkisini incelemeye yönelik olarak bir bildiri yayınlamıştır. Nörotoksosite açısından akrilamidin günlük tolere edilebilir vücuda alım miktarı 40 µg/kg ve kansere sebebiyeti ise 2.6 µg/kg olarak bildirilmiştir (Tardiff ve ark., 2010).

Gıda ürünlerinde akrilamid konsantrasyonunun belirlenmesi için gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS) ve yüksek performanslı sıvı kromatografisi-kütle spektrometresi (HPLC-MS) gibi analitik metotlar kullanılmaktadır. Ülkemizde tüketime sunulan gıda ürünlerinde yapılan araştırma sonuçlarına göre patates çipslerinde, fast food restoranlarında kızartılmış patateslerde, kavrulmuş fındıklarda, bazı geleneksel Türk tatlıları (tulumba, baklava) ile bisküvi ve krakerlerde yüksek değerlerde akrilamid tespit edilmiştir (Ölmez ve ark., 2008). Bir diğer çalışmada ise HPLC-MS kullanılarak metot optimizasyonu yapılmış ve akrilamid açısından ısıtma işlem görmüş et, tavuk ve tahıl ürünlerinde herhangi bir riskin bulunmadığı bildirilmiştir (Kaplan ve ark., 2009).

Bisküvilerin 220°C sıcaklık derecesindeki fırında pişirilmesi sırasında bisküvi dış yüzeyinin 120°C’yi, merkezi iç sıcaklığının da kesinlikle 80°C’yi aşmadığı tespit edilmiştir. Buna rağmen akrilamid her 2 bölgeden alınan örneklerde tespit edilmiştir. Dış yüzeyinde 270 µg/kg, iç yüzeyinde ise 128 µg/kg akrilamid oluşmuştur. Pişirilmemiş bisküvi hamurunda akrilamid bulunmaz iken sıcaklık, pişirme süresi ve son ürünün nem içeriği akrila-

mid oluşum hızını doğrudan etkilemiştir. Bir diğer çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, %10 nem içeriğine sahip bisküvilere uygulanan farklı pişirme sıcaklıklarında akrilamid oluşmamıştır. Nem içeriği %6 ve %2 olan bisküvilere ise sıcaklık derecesi arttıkça oluşan akrilamid miktarı da artış kaydetmiştir. Bununla birlikte, %2 neme sahip olan bisküvilere oluşan akrilamid miktarı %6 neme sahip bisküvilere göre çok daha yüksek bulunmuştur (Taeymans ve ark., 2004).

Graf ve ark. (2006) bisküvi üretiminde farklı sıcaklıklar ile katkı maddelerinin akrilamid oluşumu üzerine etkilerini inceledikleri araştırmalarında 100 kg hamura 537 g NaHCO₃ + 439 g tartarik asit ilavesinin NH₄HCO₃ kullanılmayan karışımlara kıyas ile daha az seviyelerde akrilamid oluşumuna neden olduğunu ortaya koymuşlardır. Bunun yanı sıra, tartarik asit (veya sitrik asit) mayalanmayı artırmak için NaHCO₃ ile birlikte pastacılık üretiminde kullanılmaktadır. Asit katkısı hamurun pH'sının düşmesine bu da akrilamid oluşumuna etki etmektedir. Standart üründe 195 g tartarik asit kullanımı ile oluşan akrilamid seviyesi 293 g tartarik asit kullanımı sonucunda % 44 oranda daha az oluşmuş, ancak sadece asit miktarının değil NH₄CO₃ yerine NaHCO₃ kullanımının da akrilamidin azaltılmasında etkileri olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte araştırmacılar tatlı bisküvi üretiminde invert şeker şurubu yerine sukroz solüsyonu kullanılmasını önermişlerdir.

Maillard reaksiyonu ürünlerinin hamur formülasyonunda alternatif kullanımı ve pişirme yöntemleri olarak geleneksel ve radyo frekansının kullanıldığı bir araştırmada bisküvilerdeki akrilamid oluşumunun azaltılmasına çalışılmıştır (Kocadağlı ve ark., 2012). Kontrol grubu 205°C'de 11 dakika pişirilmiştir. Bunun yanı sıra 190°C, 180°C ve 170°C sıcaklıklar da uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, sıcaklığın artışına bağlı olarak akrilamid oluşumunun da arttığını ortaya koymuştur. 205°C'de 11 dakika pişirme sonucunda 137.1 ng/g akrilamid oluşmuştur. En düşük sıcaklık olan 170°C ile akrilamid oluşumu %17.5 oranında azaltılabilmiş, ancak bisküvi yüzeyinde esmerleşme yeterli olmamıştır. Bisküvi hamurunda su yerine Maillard reaksiyonu ürünleri olarak glikoz ve argininin kullanılması ile hazırlanan sulu çözeltinin 205°C'de 11 dakika pişirilmesi sonucunda 169.4 ng/g akrilamid oluşmuştur. Ulaşılan bu miktarın kontrol grubuna kıyasla yaklaşık %23 daha fazla olduğu belirlenmiştir. Kullanılan bu çözeltide glikozun %80'ininin reaksiyona girmediği ve bu nedenle akrilamid oluşumunun arttığı bildirilmiştir. Benzer ilişki 190°C'de pişirmede de gözlenmiş, ancak 170°C'de pişirme ile kontrol grubuna kıyasla %31.2 daha az akrilamid oluşumu tespit edilmiştir. Düşük sıcaklıkta pişirmenin her ne kadar akrilamid oluşumunu azalttığı belirlense de son üründe düşük nem içeriğine ulaşabilmek için pişirme süresinin artırılması gerektiği, bunun da endüstriyel açıdan uygun olmayacağı vurgulanmıştır. Bu nedenle, araştırma kapsamında radyo frekansı ile geleneksel pişirmeyi takiben nem içeriğinin azaltılabileceği bildirilmiştir. 205°C'de 9 dakika geleneksel pişirmenin ardından 30 saniye radyo frekansı ile kurutma ve

205°C'de 8 dakika geleneksel pişirmenin ardından 45 saniye radyo frekansı ile kurutmanın etkileri incelenmiştir. Bu yöntem ile akrilamidin kontrol grubuna kıyasla %57 oranında daha az oluştuğu ortaya konulmuştur. Maillard reaksiyonu ürünlerinin gıda kaynaklarından basit ısı işlemler ile elde edilebildiği için güvenli oldukları vurgulanmıştır. Sonuç olarak, bu ürünlerin bisküvi hamuruna ilavesi ile akrilamid oluşumunu azaltıcı etkisinden dolayı gıda endüstrisinde geleneksel pişirmeyi takiben radyo frekansı ile kurutulmaları önerilmiştir (Kocadağlı ve ark., 2012). Gıdalarda akrilamid oluşumunu azaltmaya yönelik başka bir öneri asparaginaz kullanımınıdır. Asparaginaz serbest asparagini aspartik asite dönüştürmekte bu da akrilamid oluşumunu önlemektedir (Palermo ve ark., 2015).

Antalya'da 2012 yılında 1-3 yaş aralığındaki çocukların tahıl kaynaklı bebek ürünlerinden akrilamide maruz kalma seviyeleri incelenmiştir (Cengiz ve Gündüz 2013). Araştırma, 302 çocuğun (163 erkek, 139 kız) aileleri ile yapılan anket çalışmasını takiben, tüketime sunulan bebek bisküvileri, bisküviler, krakerler, kahvaltılık gevrekler, bebek ekmeği ve tahıl bazlı toz bebek gıdalarına akrilamid oranlarının GC-MS ile belirlenmesini ve anketlerden elde edilen günlük tüketim sonuçlarına göre de akrilamide maruz kalma oranlarının modellenerek belirlenmesini kapsamaktadır. Anket sonuçlarına göre günlük tüketim miktarı en yüksek ürün 30.57 g ile ekmeğidir. Ekmeği takiben 12 g bebek bisküvileri, 8 gram tahıl bazlı toz bebek gıdaları, 7 g krakerler, 6 g bisküviler, 1.70 g bebek ekmeği ve galeta, 0.40 g kahvaltılık gevreklerdir. Analiz edilen toplam 162 örneğin 12'sinde (7'si krakerler) akrilamid miktarları üst sınır olan 1,000 µg/kg'dan fazla bulunmuştur. Krakerleri takiben bisküviler en fazla akrilamid içeren gıda grubunu oluşturmuştur. Çocukların akrilamide maruz kalma oranları vücut ağırlığına göre günlük ortalama 1.43 µg/kg olarak bulunmuştur. Ancak, toplam popülasyonun %95'inin 3.76 µg/kg ve altındaki değerlerde akrilamide maruz kaldığı belirlenmiştir. EFSA'nın raporuna göre Avrupa ülkelerinde 1-3 yaş arasındaki çocuklarda günlük vücut ağırlığına göre akrilamide maruz kalma oranları 1.2-2.4 µg/kg arasındadır. Araştırmanın bir diğer sonucu da 1-1.5 yaş aralığındaki çocukların diğer yaş gruplarındaki çocuklara göre daha fazla akrilamide maruz kalmasıdır.

4. Sonuç

HMF ve akrilamidin canlı hücrelerde DNA hasarına neden olduklarına dair sınırlı sayıda çalışma bulunmakla beraber ürün bazında genotoksik çalışmaya rastlanmamıştır. HMF bir yandan toksik olarak değerlendirilirken bir yandan da gıdalarda aromatik maddelerle beraber bulunmakta ve ayrıca antioksidan özelliği ile yararlı bir bileşik olarak da gündeme gelmektedir. HMF ve akrilamidin genotoksik etkilerinin incelendiği çalışmalarda bu bileşikler tek tek ele alınmakta, gıdalarda olduğu şekliyle genotoksik olarak sinerjistik veya antagonistik etkileri bilinmemektedir. Bu nedenlerden dolayı, HMF ve

akrilamidin potansiyel birer kaynağı haline gelebilen bisküvilerde risk analizlerinin yapılması ve miktarlarının azaltılmasına yönelik önlemlerin endüstriyel boyutta hayata geçirilmesi gerekmektedir.

5. Kaynaklar

- Abraham K, Gürtler R, Berg K, Heinemeyer G, Lampen A, Appel KE (2011). Toxicology and risk assesment of 5-Hydroxymethylfurfural in food. *Molecular Nutrition and Food Research* 55: 667-678.
- Ait Ameer L, Trystram G, Birlouez-Aragon I (2006). Accumulation of 5-hydroxymethyl-2-furfural in cookies during the baking process: Validation of an extraction method. *Food Chemistry* 98: 790-796.
- Anonymous (2013). Türkiye Cumhuriyeti Ekonomi Bakanlığı Bisküvi Sektör Raporları. İhracat Genel Müdürlüğü Tarım Ürünleri Daire Başkanlığı. <http://www.ibp.gov.tr/pg/sectorpdf/tarim/biskuvi.pdf> (Erişim tarihi: 24.12.2013)
- Cengiz MF, Gündüz CPB (2013). Acrylamide exposure among Turkish toddlers from selected cereal-based baby food samples. *Food and Chemical Toxicology* 60: 514-519.
- Delgado-Andrade C, Rufián-Henares JA, Morales FJ (2009). Remove from marked records hydroxymethylfurfural in commercial biscuits marketed in Spain. *Journal of Food and Nutrition Research* 48: 14-19.
- Durling LJK, Busk L, Hellman BE (2009). Evaluation of the DNA damaging effect of the heat-induced food toxicant 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) in various cell lines with different activities of sulfotransferases. *Food and Chemical Toxicology* 47: 880-884.
- Garcia-Serna E, Martinez-Saez N, Mesias M, Morales FJ, del Castillo MD (2014). Use of coffee silverskin and stevia to improve the formulation of biscuits. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 64: 243-251.
- Graf M, Amrein TM, Graf S, Szalay R, Escher F, Amadò R (2006). Reducing the acrylamide content of a semi-finished biscuit on industrial scale. *LWT-Food Science and Technology* 39: 724-728.
- Gökmen V, Açar ÖÇ, Köksel H, Acar J (2007). Effects of dough formula and baking conditions and hydroxymethylfurfural formation in cookies. *Food Chemistry* 104: 1136-1142.
- Hermanto S (2012). Potential use of high performance liquid chromatography (HPLC) for acrylamide analysis in biscuits. HKI Conference Systems, Seminar Nasional Kimia Analitik dan Instrumentasi 2012. <http://conf.kimiawan.org/snkai/2012/paper/view/4>. (Erişim tarihi 18.02.2013)
- Kaplan O, Kaya G, Ozcan C, Ince M, Yaman M (2009). Acrylamide concentrations in grilled foodstuffs of Turkish kitchen by high performance liquid chromatography-mass spectrometry. *Microchemical Journal* 93: 173-179.
- Kocadağlı T, Palazoğlu TK, Gökmen V (2012). Mitigation of acrylamide formation in cookies by using Maillard reaction products as recipe modifier in a combined partial conventional baking and radio frequency post-baking process. *European Food Research and Technology* 235: 711-717.
- Mogol BA, Gökmen V (2014). Mitigation of acrylamide and hydroxymethylfurfural in biscuits using a combined partial conventional baking and vacuum post-baking process: Preliminary study at the lab scale. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 26: 265-270.
- Palermo M, Gökmen V, De Meulenaer B, Ciesarová Z, Zhang Y, Pedreschi F, Fogliano V (2015). Acrylamide mitigation strategies: critical appraisal of the FoodDrinkEurope toolbox. *Food&Function* DOI: 10.1039/c5fo00655d.
- Ölmez H, Tuncay F, Özcan N, Demirel S (2008). A survey of acrylamide levels in foods from the Turkish market. *Journal of Food Composition and Analysis* 21: 564-568.
- Severin I, Dumont C, Jondeau-Cabaton A, Graillot V, Chagnon M-C (2010). Genotoxic activities of the food contaminant 5-Hydroxymethylfurfural using different in vitro bioassays. *Toxicology Letters* 192: 189-194.
- Taeymans D, Wood J, Ashby P, Blank I, Studer A, Stadler RH, Gondé P, Van Eijk P, Lalljie S, Lingnert H, Lindblom M, Matissek R, Müller D, Tallmadge D, O'Brien J, Thompson S, Silvani D, Whitmore T (2004). A review of acrylamide: An industry perspective on research, analysis, formation, and control. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 44: 323-347.
- Yang N, Hort J, Linforth R, Brown K, Walsh S, Fisk ID (2013). Impact of flavour solvent (propylene glycol or triacetin) on vanillin, 5-(hydroxymethyl) furfural, 2,4-heptadienal, structural parameters and sensory perception of shortcake biscuits over accelerated shelf life testing. *Food Chemistry* 141: 1354-1360.
- Yıldız O, Şahin H, Kara M, Aliyazıcıoğlu R, Tarhan Ö, Kolaylı S (2010). Maillard reaksiyonları ve reaksiyon ürünlerinin gıdalardaki önemi. *Akademik Gıda* 8: 44-51.