

Gıda güvenliği açısından kakaolu keklerde akrilamid tehlikesinin araştırılması

Beyza Hilal ERMIŞ¹, Ali GÖNCÜ², Aşlı YILDIRIM³, Burcu KESER⁴, Ayşe Demet KARAMAN^{1,3}

Cite this article as:

Ermiş, B.H., Göncü, A., Yıldırım, A., Keser, B. Karaman, A.D. (2023). Gıda güvenliği açısından kakaolu keklerde akrilamid tehlikesinin araştırılması. *Food and Health*, 9(4), 331-340. <https://doi.org/10.3153/FH23030>

- ¹ Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik ABD, Aydın, Türkiye
² Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Çine Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Aydın, Türkiye
³ Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Aydın, Türkiye
⁴ Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Koçanlı Meslek Yüksekokulu, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, Aydın, Türkiye

ORCID IDs of the authors:

B.H.E. 0000-0002-8722-6023
A.G. 0000-0002-9676-1503
A.Y. 0000-0001-5898-1209
B.K. 0000-0002-1828-4617
A.D.K. 0000-0001-9913-9763

Submitted: 20.07.2023

Revision requested: 15.08.2023 Last

revision received: 22.08.2023

Accepted: 29.08.2023

Published online: 03.10.2023

Correspondence:

Ayşe Demet KARAMAN

E-mail: demet.karaman@adu.edu.tr



© 2023 The Author(s)

Available online at
<http://jfhns.scientificwebjournals.com>

ÖZ

Akrilamid, özellikle ısıtım işlem uygulanan ürünlerde oluşan ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri kanıtlanmış olan toksik bir Maillard reaksiyonu ürünüdür. Özellikle fırıncılık ürünleri ısıtım işlem uygulanarak üretildiklerinden akrilamid oluşumu yönünden risk teşkil etmektedir. Günlük diyetinde yaygın olarak tüketilen fırıncılık ürünlerinde akrilamid miktarının tespit edilmesi toplum sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Çalışmanın amacı ülkemiz piyasasında satışa sunulmuş olan bazı kakaolu keklerde akrilamid miktarının incelenmesidir. Çalışmada Aydın ilinde yer alan zincir marketlerde ve pastanelerde ambalajlı ve ambalajsız şekilde satışa sunulmuş olan kakaolu kekler akrilamid miktarları yönünden incelenmişlerdir. Örneklerin ayrıca bazı temel bileşim özellikleri belirlenmiştir. Akrilamid miktarının kromatografik analizi, ekstraksiyon işleminin ardından, yüksek performanslı sıvı kromatografisi ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kakaolu kek örneklerinin akrilamid miktarlarının 34.36-311.95 µg/kg arasında değiştiği belirlenmiştir. Kakaolu kek örneklerinin renk değerleri ile akrilamid içerikleri arasında ise herhangi bir korelasyon tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Genel olarak değerlendirildiğinde ise pastanelerden alınan ambalajsız kek örneklerinin marketlerde satışa sunulan paketlenmiş kakaolu keklerle göre daha yüksek nemli, dış yüzeylerinin daha sarı renkte ve daha yüksek akrilamid değerlerinin olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). Akrilamid maruziyetinin sağlık üzerine etkilerinin incelenmesi amacıyla çeşitli bilimsel topluluklar ve yasal kuruluşlar aracılığıyla risk değerlendirme çalışmaları yapılmaktadır. Bu değerlendirmeler sonucunda toplumda bulunan genel veya özel bazı gruplar için riskli gıdalar tespit edilmekte ve bu gıdalar için en uygun üretim modelleri oluşturulmakta ve toksik maddelerin düzeyleri için sınırlandırmalar getirilerek maruziyet minimuma indirilmeye çalışılmaktadır. Çalışma sonuçlarının kakaolu keklerde akrilamid maruziyetini azaltma konusunda yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Akrilamid, Gıda güvenliği, Kek, Kontaminant, Maillard reaksiyonu

ABSTRACT

Investigation of acrylamide hazard in cocoa cakes in terms of food safety

Acrylamide is a toxic Maillard reaction product that occurs primarily in heat-treated products and has proven adverse effects on human health. Since bakery products are produced by applying heat treatment, they especially pose a risk regarding acrylamide formation. For public health, it is essential to determine the amount of acrylamide in bakery products that are widely consumed in the daily diet. The study aims to examine the amount of acrylamide in some cocoa cakes offered for sale in our country. The cocoa cakes, which were sold as packaged and unpackaged in chain markets and patisseries in Aydın province, were examined regarding acrylamide contents. Some significant compositional properties of the samples were also determined. Chromatographic analysis of acrylamide, after extraction, was carried out using high-performance liquid chromatography. The study determined that the acrylamide amounts of the cocoa cake samples varied between 34.36-311.95 µg/kg. No correlation was found between the colour values of the cocoa cake samples and their acrylamide content ($p>0.05$). Various scientific societies and legal organisations conduct risk assessment studies to examine the health effects of acrylamide exposure. As a result of these evaluations, risky foods are determined for some general or particular groups in society. The most appropriate production models are created for these foods, and exposure is minimised by limiting the levels of toxic substances. The study results will be a guide for reducing acrylamide exposure in cocoa cakes.

Keywords: Acrylamide, Cake, Contaminant, Food safety, Maillard reaction

Giriş

Akrilamid (C_3H_5NO , 2-propenamid), renksiz, uçucu olmayan, katı kristal bir yapıya sahip ve suda çözünebilen bir bileşendir. Molekül ağırlığı 71.08 kDa'dur (Ashoor vd., 1984; Eriksson, 2005). Akrilamid, ticari olarak nitrilhidraz kullanılarak akrilonitrilin hidrolizi ile üretilmektedir. Monomer ve polimer olmak üzere 2 ayrı formda bulunmaktadır. Akrilamid, 1994 yılında Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC) tarafından insanlar üzerinde potansiyel karsinojen olarak nitelendirilmiş ve deney hayvanları üzerindeki karsinojen etkisinden dolayı Grup 2A olarak sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma 2002 yılında Dünya Sağlık Örgütü tarafından da onaylanmıştır (Krishnakumar ve Visvanathan, 2014). İnsan diyetinde günlük akrilamid maruziyetinin kg vücut ağırlığı başına 0,3-0,8 μg olduğu belirtilmektedir (WHO, 2002).

Gıdalarda akrilamid varlığı ilk kez 2002 yılında İsveç Ulusal Gıda Yönetimi (SNFA) birimi tarafından bildirilmiş ve genellikle patates, tahıl ve fırıncılık ürünlerinde ısı işlem etkisi ile oluşan, önemli bir ısı işlem kontaminantı olarak nitelendirilmiştir. Akrilamid en çok bitkisel kaynaklı gıdalar ile patates, tahıl ve fırıncılık ürünleri gibi nişasta içeriği yüksek ürünlerde ısı işlem etkisi ile oluşmaktadır. Akrilamidin, kızartma işlemi uygulanmamış ve pişirilmemiş ürünlerde tespit edilmediği bildirilmiştir. Ayrıca et ve balık gibi hayvansal kaynaklı ürünlerde de çok düşük miktarlarda bulunduğu rapor edilmiştir (Krishnakumar ve Visvanathan, 2014). Gıda kompozisyonu, yüksek sıcaklık (120°C'den yüksek), yüksek karbonhidrat miktarı, serbest asparajin miktarı, indirgen şeker miktarı, pH, su içeriği, amonyum bikarbonat miktarı ve rekabet eden aminoasitlerin varlığı gıdalarda akrilamid miktarının farklı olmasına neden olmaktadır (Matthäus vd., 2004; Taubert vd., 2004; Elmore vd., 2005; Vinci vd., 2012).

Gıdalarda akrilamid oluşumuna neden olan temel metabolik yol, Maillard reaksiyonunun bir parçası olan serbest amino asitlerle (asparajin vb.) indirgen şekerlerin (fruktoz vb.) reaksiyonudur (Krishnakumar ve Visvanathan, 2014). Gıdalarda potansiyel akrilamid oluşumu büyük ölçüde gıdanın glikoz ve fruktoz içeriğine bağlıdır (Biedermann, 2002; Pedreschi vd., 2006). Serbest asparajin miktarının çavdar çeşitlerinde (Curtis vd., 2010), çavdar ve buğday içeren pişirilmiş un ve hamurlarda akrilamid oluşumunu etkileyen temel etmen olduğu bildirilmiştir (Hamlet vd., 2008). Gıdalarda akrilamid oluşumunu sağlayan farklı mekanizmaların varlığı literatürde bildirilmiştir. Ortamda asparajin bulunmaması durumunda, lipitçe zengin gıdalarda akrolein ve amonyak akrilamid oluşumuna neden olabilmektedir. Akrolein ve akrilik asit, lipitlerin (trigliseritlerin) yüksek sıcaklıkta degradasyonu sonucu oluşan ürünlerdir (Gertz ve Klostermann, 2002). Diğer yandan

glutamin, sistein ve aspartik asit gibi aminoasitlerin de düşük miktarlarda akrilamid oluşturabildiği bildirilmiştir (Ezeji vd., 2003). Ancak bu mekanizma gıdalarda akrilamid oluşumu sırasında yaygın görülmemektedir (Krishnakumar ve Visvanathan, 2014).

Avrupa ülkelerinde akrilamid maruziyetinin %50' sinin patates kaynaklı, %20'sinin ise fırıncılık ürünleri kaynaklı olduğu belirtilmektedir (Keramat vd., 2011). Fırıncılık ürünlerinde; gıda matrisinin, ortamdaki prekürsörlerin (serbest asparajin, fruktoz, glikoz ve maltoz) ve uygulanan termal işlemin türü ve süresine göre akrilamid miktarı değişiklik göstermektedir. Ortamdaki indirgen şekerlerin varlığından çok, fırıncılık ürünlerinde akrilamid içeriğini etkileyen temel faktör asparajin miktarıdır (Mesias vd., 2022). Diğer yandan gıda matrisindeki düşük nem miktarı reaktantların çözünürlüğünü azaltmakta ve hareketlerini sınırlandırmakta, bu nedenle akrilamid oluşum reaksiyonunu da yavaşlatmaktadır. Bu nedenle formülasyon ve işlem koşullarının modifiye edilmesi son üründe akrilamid miktarını önemli ölçüde değiştirmektedir. Sıcaklık, uygulanan ısı yoğunluğu ve su aktivitesi gibi faktörler üründe akrilamid miktarını doğrudan etkilemektedir (Sarion vd., 2021).

Fırıncılık ürünleri yüksek miktarlarda akrilamid içerebildiklerinden, toplum sağlığı için risk oluşturma potansiyelleri bulunmaktadır. Özellikle kek, bisküvi, kraker gibi ürünler çocuklar tarafından tüketildiklerinden, bu ürünler çocuklar için daha büyük risk oluşturmaktadır. Yapılan çalışmalarda çocukların akrilamid maruziyetinin yetişkenlerden daha fazla olduğu belirtilmektedir (Mojska vd., 2010; Boon vd., 2005; Hilbig vd., 2004). Bu nedenle özellikle tüketimi yaygın ürünlerde akrilamid maruziyetinin tespit edilebilmesi ve gerekli önlemlerin alınabilmesi amacıyla, bu ürünlerde akrilamid miktarının hassas analiz teknikleriyle tespit edilmesi gerekmektedir. Çalışmanın amacı ülkemiz piyasasında satışa sunulmuş olan bazı kakaolu keklerin akrilamid miktarının incelenmesidir. Çalışmada Aydın ilinde yer alan zincir marketlerde ve pastanelerde ambalajlı ve ambalajsız şekilde satışa sunulmuş olan kakaolu kekler akrilamid miktarları yönünden incelenmişlerdir. Çalışmada analiz edilen ürün grubu özellikle çocuklar tarafından tüketildiğinden ve çocuklarda akrilamid maruziyeti yetişkenlere göre daha yüksek olduğundan, elde edilen bulguların akrilamid maruziyetini azaltma konusunda yapılacak yeni çalışmalar için yol gösterici olabileceği düşünülmektedir.

Materyal ve Metot

Materyal

Akrilamid standardı, asetik asit (%100) ve hidroklorik asit Merck'ten (Darmstadt, Almanya), sodyumhidroksit, tiyosalisilik asit, metanol, asetonitril ve demir (II) asetat trihidrat Sigma Aldrich'ten (Missouri, Amerika), etil asetat Isolab'tan (İstanbul, Türkiye) temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan ultra saf su ise Milli-Q su arıtma sistemi (Millipore, Bedford, Amerika) kullanılarak elde edilmiştir.

Yöntem

Kakaolu kek örnekleri ise Aydın ili Merkez ilçesinde (Efeler) faaliyet gösteren çeşitli zincir marketlerden elde edilen ambalajlı ve etiketli olarak satışa sunulan (endüstriyel olan; M) 16 farklı kakaolu kek örneği ve yine Efeler ilçesinde faaliyet gösteren pastane ve satış yerlerinde paketsiz olarak açıkta satışa sunulan (endüstriyel olmayan; P) 15 farklı kakaolu kek örneği toplanmıştır. Toplanan örnekler Efeler ilçesinin çeşitli bölgelerinden homojen dağılım olacak şekilde satın alınmıştır (Şekil 1).

Toplanan örnekler üzerinde akrilamid analizi tek paralelli; nem, kül, renk, pH analizleri 3 paralelli gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Kakaolu kek örneklerinin Aydın-Efeler ilçesindeki dağılımı (n=31)

Figure 1. The distribution of cocoa cake samples in the Aydın-Efeler district (n=31)

Standart çözeltilerinin hazırlanması

Kalibrasyon eğrisinin oluşturulmasında kullanılan akrilamid standart çözeltileri belirli konsantrasyonlarda ultra saf su içinde çözülerek hazırlanmıştır.

Kek örneklerinin hazırlanması

Örneklerin hazırlanmasında Shi vd. (2009), Hauet vd. (2016), Pal vd. (2018) tarafından belirtilen yöntemler, bazı değişiklikler yapılarak kullanılmıştır. İlk olarak ince öğütülmüş bir örnek 50 mL'lik bir santrifüj tüpüne 0.5 g olacak şekilde tartılmış ve üzerine 10 ml ultra saf su eklenmiştir. Ardından karışım 10 dakika süreyle vortekslenmiştir. Daha sonra örnek 5000 rpm'de 10 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. Ardından 5 mL supernatant 50 mL'lik bir tüpe aktarılmış ve üzerine 50 µl sodyum hidroksit (0.1 M) eklenmiştir. Daha sonra çözeltinin pH'ı 8 ± 0.3 'e ayarlanmıştır. Çözeltiye 0,5 mL 2-merkaptobenzoik asit ilave edilmiş ve karanlıkta 100 dakika boyunca su banyosunda bekletilmiştir. Daha sonra üzerine 1 mL doymuş kurşun (II) asetat trihidrat çözeltisi eklenmiş ve 8000 rpm'de 10 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. Supernatant 50 mL'lik bir santrifüj tüpüne aktarılmış ve pH, HCl (3M) ile 1.5'e ayarlanmıştır. Çözelti 8000 rpm'de 10 dakika santrifüj edildikten sonra supernatant 20 mL'lik bir cam santrifüj tüpüne aktarılmış ve etil asetat kullanılarak ekstraksiyon yapılmıştır. Ardından organik faz 70°C'de buharlaştırılmış ve kalıntı 250 µl mobil fazda yeniden çözülmüştür. Akrilamid miktarının tespiti, vakumlu gaz giderici, kuaterner pompa, termostatlı kolon bölümü ve diyot dizi dedektöründen (DAD) oluşan bir HPLC sistemi (Agilent 1260, DAD dedektörü G13115D 1260 DADVL) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kromatografik ayırım 25°C'de termostatlı bir C18 RP kolonu (250x4,6 mm, Hydrochrome, Excel, UK) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Enjeksiyon hacmi 10 µL'dir. Örnekler 210 nm dalga boyunda analiz edilmiştir. Mobil faz olarak ultra saf su, asetonitril (%40, %60) ve saf su ile asetonitrilin %0,1'i kadar formik asit kullanılmıştır. Kalibrasyon eğrisi akrilamid standartları ile oluşturulmuştur ($y=86.70615589x+89.13033$ $R^2=0,99$)

Renk analizi

Kakaolu kek örneklerinde renk analizi Hunterlab ColorFlex EZ renk tayin cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Renk özellikleri olarak L^* (koyuluk, parlaklık), a^* (+kırmızı, -yeşil) ve b^* (+sarı, -mavi) değerleri saptanmıştır. Kek örnekleri tüketim biçimlerine göre (öğütülmeden) analiz edilmiştir. Örneklerin dış yüzeyleri ve dilimlenerek iç yüzeyleri analiz edilmiştir (Baltacıoğlu, 2017).

Nem analizi

Nem miktarının belirlenmesi için 4 gr öğütülmüş kakaolu kek örneği 3 saat 105°C sıcaklıktaki etüvde kurutulmuştur. Kurutma ve soğutmadan sonra örneklerin kuru ağırlığı ölçülmüş ve nem içeriği hesaplanmıştır (Uçar, 2011).

Kül analizi

Örneklerin kül analizi AOAC (1990)'a göre gerçekleştirilmiştir. Örnekler, önceden sabit tartıma getirilmiş porselen kroze içerisine tartılarak, kül fırınında (Elektro-mag M1813, Türkiye) 550±5°C'de kalıntı beyaza yakın renk alana kadar yakılmıştır. Yakma işlemi sonunda krozelerde kalan örnek kütlesi başlangıçtaki örnek kütlesine oranlanarak keklerin % kül miktarı hesaplanmıştır.

pH analizi

Kek örneklerinde pH analizi için 130°C'de 55 dakika kurutulmuş keklerden 10 g alınmıştır 90 mL distile su ile 10 dakika laboratuvar tipi parçalayıcıda yüksek devirde (WiseTis HG15A, Kore) homojenize hale getirilmiştir ve bu süre sonunda pH metre (Phenomenal VWR, Almanya) kullanılarak pH belirlenmiştir (Baltacıoğlu ve Uyar, 2017).

İstatistiksel analiz

Ölçülen değişkenler arasındaki ilişkinin gücünü ölçmek için Pearson korelasyon katsayısı (r) ve Spearman korelasyon katsayısı (ρ) hesaplanmıştır. Pearson korelasyon katsayısı doğrusal ilişkilerin gücünü yansıtırken, Spearman sıra korelasyonu monotonik ilişkinin gücünü yansıtmaktadır. Tüm istatistiksel hesaplamalar için SPSS 22.0 paket programı kullanılmıştır. İstatistiksel analizler sonucunda ortalamaların aralarındaki farklılıklar 0.05 güven aralığına göre gösterilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Kakaolu kek örneklerine ait nem, kül ve pH değeri sonuçları Tablo 1' de sunulmuştur. Kek örneklerinin nem içerikleri %10.80-39.88 arasında değişen değerlerde yer almıştır. Diğer yandan örneklerin kül miktarları %1.55-6.54 arasında değişmiş ve pH değerleri ise 5,98-8,99 aralığında bulunmuştur. Örneklerin nem ve kül miktarları ile pH değerlerinin konuyla ilgili yapılmış benzer çalışmalarla büyük oranda uyum içinde olduğu belirlenmiştir. Moreno (2019) tarafından yapılan çalışmada kakaolu keklerin nem miktarının %34.6 olduğu, kül miktarının ise %1.33 olarak belirlendiği bildirilmiştir.

Diğer yandan Wallace vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada kakaolu keklerin kül miktarı kuru madde içinde %5.63 olarak belirtilmiştir. Rosa vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada ise kakaolu keklerle yapılan keklerde nem içeriğinin %36.04; kül içeriğinin ise %3.93 olduğu bildirilmiştir. Ayrıca Stahl vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada kakaolu keklerin pH değerinin 8.8 olduğu rapor edilmiştir. Market ve pastanelerde satılan kakaolu kek örneklerinin nem içeriklerinde istatistiksel olarak önemli bir fark olduğu (p<0.05) pastanelerde satılan kek örneklerinin nem içeriğinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Pastaneden alınan ambalajsız örneklerde her ne kadar daha yüksek kül ve pH değeri saptanmış olsa da bu farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (p>0.05).

Kakaolu kek örneklerine ait renk değerleri Tablo 2'de sunulmuştur. Örneklerin renklerini değerlendirme amacıyla CIELAB (Commission Internationale de l'éclairage, *L*, *a*, *b*) kolorimetrik sistem indeksleri kullanılarak *L** (açıklık; siyah için *L**=0, beyaz için *L**=100), *a** (yeşil için *a**<0, kırmızı için *a**>0) ve *b** (mavi için *b**<0, sarı için *b**>0) değerleri belirlenmiştir. Çizelge'de yer alan açıklık/koyuluk/parlaklık özellikleriyle ilişkilendirilen *L**değerleri incelendiğinde, *L** değeri 100'e yaklaştıkça rengin açıldığı bilindiğinden, kek örneklerinin dış yüzey renkleri değerlendirildiğinde, K5 kodlu örnek en koyu renge sahipken, K19 kodlu örnek en açık renge sahip olmuştur. Diğer yandan örneklerin *a* değerleri 0'dan büyük olup, kırmızılık değeri en yüksek örnek K20 kodlu örnek olmuştur. Sarılık değerini ifade eden *b** değeri ise en yüksek K24 kodlu örnekte tespit edilmiş, en düşük ise K5 kodlu örnekte saptanmıştır. Örneklerin iç yüzeylerine ait renk değerleri incelendiğinde ise K1 kodlu örnek en koyu renge sahipken, K20 kodlu örnek en açık renge sahip olmuştur. Diğer yandan kırmızılık değeri en yüksek örnek K11 kodlu örnek olup, kırmızılık değeri en düşük olan örnek ise K10 kodlu örnek olmuştur. Ayrıca örneklerin *b* değerleri incelendiğinde sarılık değeri en yüksek örnek K11 kodlu örnek, en düşük olan ise K10 kodlu örnek olarak belirlenmiştir. Örnek gruplarının ortalamaları üzerinden değerlendirme yapılacak olduğunda ise pastane örneklerinin dış yüzeylerinin daha sarı (daha yüksek *b* değeri) olduğu görülmüştür (p<0.05). Diğer ortalama veriler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Tablo 1. Kakaolu kek örneklerinin nem, kül miktarları ile pH değerleri(n=31)***Table 1.** The moisture and ash contents, pH values of cocoa cakes samples (n=31)

Örnek Kodu	Nem (%)	Kül (%)	pH	Örnek Kodu	Nem (%)	Kül (%)	pH
M1 (K1)	14.65 ±0.26	1.94 ±0.15	6.16 ±0.43	P1(K2)	18.00 ±0.09	1.55 ±0.04	7.02 ±0.60
M2 (K3)	16.00 ±0.09	1.73 ±0.09	6.21 ±0.42	P2(K5)	11.78 ±0.59	2.35 ±0.03	6.79 ±0.35
M3 (K4)	10.80 ±0.54	2.28 ±0.09	5.98 ±0.54	P3(K9)	22.15 ±0.15	1.67 ±0.03	6.65 ±0.42
M4 (K6)	14.91 ±0.03	1.98 ±0.05	6.20 ±0.45	P4(K10)	26.87 ±0.07	2.62 ±0.02	7.54 ±0.30
M5 (K7)	15.84 ±1.59	2.15 ±0.12	6.02 ±0.43	P5(K13)	20.96 ±0.3	2.61 ±0.01	6.65 ±0.57
M6 (K8)	14.14 ±0.15	2.00 ±0.07	6.07 ±0.60	P6(K16)	14.87 ±0.03	2.77 ±0.03	7.51 ±0.06
M7(K11)	18.59 ±0.03	2.62 ±0.01	6.36 ±0.05	P7(K17)	33.75 ±0.03	1.83 ±0.01	7.24 ±0.02
M8 (K12)	14.25 ±0.55	2.21 ±0.01	6.13 ±0.00	P8(K18)	15.66 ±0.05	2.05 ±0.06	7.25 ±0.08
M9 (K14)	14.30 ±0.09	2.40 ±0.09	6.48 ±0.22	P9(K19)	39.88 ±7.15	1.84 ±0.17	7.62 ±0.12
M10 (K15)	14.95 ±0.03	2.04 ±0.03	6.13 ±0.04	P10(K20)	35.07 ±0.03	1.57 ±0.03	8.08 ±0.00
M11 (K25)	16.31 ±1.37	2.56 ±0.01	6.82 ±0.07	P11(K21)	25.65 ±0.02	1.56 ±0.02	7.97 ±0.07
M12 (K27)	15.64 ±0.24	1.97 ±0.01	6.52 ±0.02	P12(K22)	21.85 ±0.44	2.02 ±0.03	8.71 ±0.13
M13 (K28)	15.64 ±0.24	2.18 ±0.01	7.02 ±0.01	P13(K23)	19.61 ±0.02	1.75 ±0.09	7.29 ±0.02
M14 (K29)	18.37 ±1.09	2.10 ±0.10	6.89 ±0.02	P14(K24)	34.98 ±0.26	6.53 ±0.22	8.98 ±0.06
M1 (K30)	12.97 ±1.37	2.21 ±0.27	6.88 ±0.02	P15(K26)	14.83 ±0.02	2.45 ±0.04	6.60 ±0.14
M1 (K31)	17.73 ±0.02	2.43 ±0.10	6.31 ±0.13				
Ortalama	16.08 ±2.31 ^A	2.23 ±0.32 ^C	6.60 ±0.29 ^D	Ortalama	22.84 ±9.75 ^B	2.41 ±1.26 ^C	7.65 ±0.82 ^D

* Kısaltmalar: M: Market; P: Pastane

Örneklerin renk değerleri ile akrilamid içerikleri arasındaki ilişki incelendiğinde ise, herhangi bir korelasyon tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Kakaolu kek örneklerinde saptanan akrilamid miktarı Tablo 3 ve Şekil 2'de verilmiştir. Örneklerdeki akrilamid miktarları 36.87-311.95 $\mu\text{g}/\text{kg}$ arasında değişen değerler almıştır (Tablo 3). Marketlerden alınan paketli kakaolu kek örneklerinde akrilamid değeri ortalaması 104.93 \pm 41.04 iken ambalajsız kek örneklerinde ise bu değer (147.54 \pm 64.29) daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). Konuyla ilgili Mousa (2021) tarafından yapılan çalışmada kinoa içeren keklerde akrilamid miktarının 356.8-2147.2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ arasında değiştiği bildirilmiştir. Diğer yandan Markova vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada karabuğday ve zencefil içeren keklerde akrilamid miktarlarının 208-346 $\mu\text{g}/\text{kg}$ kuru madde düzeyinde olduğu belirtilmiştir. Razia vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada ise Pakistan'da satışa sunulmuş olan bazı kek örneklerinde akrilamid miktarının 23.5-35.5 düzeyinde olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca Nematollahi vd. (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmada İran'da satışa sunulmuş olan keklerde akrilamid düzeyinin 177 $\mu\text{g}/\text{kg}$ düzeyinde olduğu bildirilmiştir.

Ek olarak Ölmez vd. (2008) tarafından yapılan çalışmada toplam 311 geleneksel üründe akrilamid miktarı araştırılmış ve kraker, bisküvi ve bebek bisküvilerinde ortalama akrilamid miktarlarının sırasıyla 247, 198 ve 152 $\mu\text{g}/\text{kg}$ düzeyinde olduğu belirtilmiştir. Diğer yandan Şenyuva ve Gökmen (2005) tarafından yapılan çalışmada ülkemiz marketlerinde yer alan 120 farklı üründe akrilamid miktarları incelenmiş ve en yüksek akrilamid miktarı krakerlerde (1072 $\mu\text{g}/\text{kg}$) tespit edilmiştir. Diğer yandan Pacetti vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada Kolombiya'da satışa sunulan 112 farklı üründe akrilamid miktarı analiz edilmiş ve en yüksek akrilamid içeriği bisküvilerde (1104 $\mu\text{g}/\text{kg}$) tespit edilmiştir. Konuyla ilgili yapılan bir başka çalışmada (Rufian-Henares vd., 2007) İspanya'da marketlerde satışa sunulan bisküvi ve ekmek benzeri ürünlerde akrilamid miktarları araştırılmış ve bisküvilerde ortalama ve en yüksek akrilamid miktarı sırasıyla 423 ve 2085 $\mu\text{g}/\text{kg}$ olarak belirlenmiştir. Gertz (2004) ise keklerde akrilamid miktarının 36-40 $\mu\text{g}/\text{kg}$ arasında değiştiğini rapor etmiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde ise pastanelerden alınan kek örneklerinin daha yüksek nem değerine sahip, dış yüzeylerinin daha sarı (b) ve akrilamid değerlerinin marketlerde satışa sunulan paketli keklerle kıyasla daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). Elde edilen veriler genel olarak literatürle benzerlik göstermektedir.

Tablo 2. Kakaolu kek örneklerinin renk değerleri(n=31)*

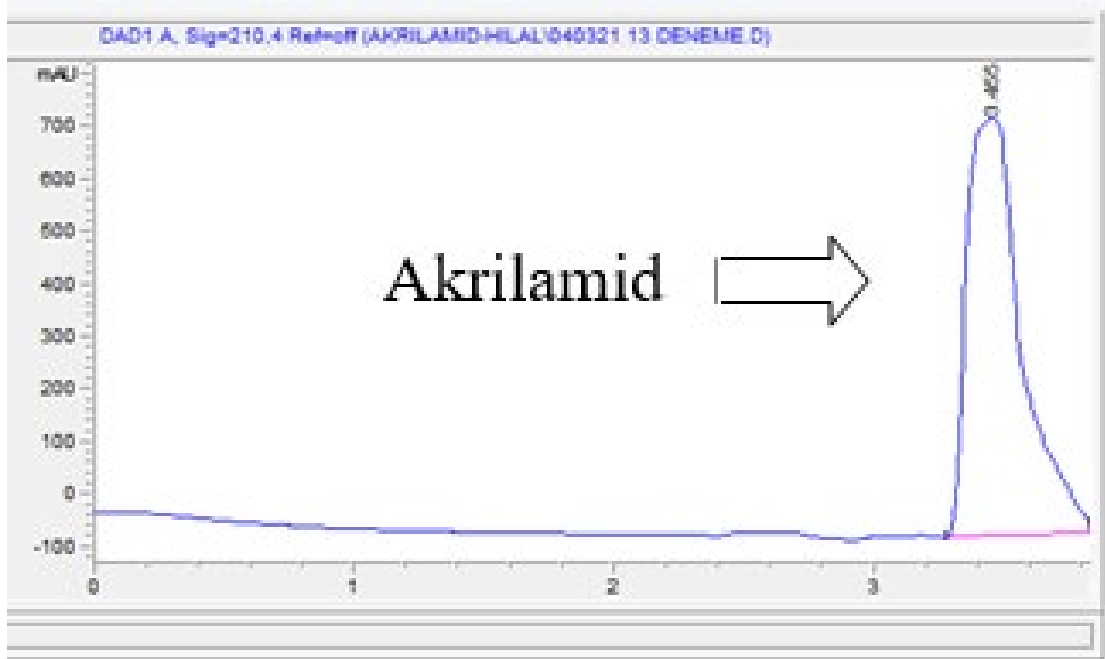
Table 2. Color values of cocoa cake samples (n=31)

DIŞ YÜZEY									
Örnek Kodu	L	a	b	WIE	Örnek Kodu	L	a	b	WIE
M1 (K1)	23.31±0.03	8.79±0.01	8.27±0.04	-95.13±0.04	P1(K2)	33.43±0.02	13.4±0.04	15.97±0.01	-140.37±0.07
M2 (K3)	22.43±0.07	9.16±0.02	9.85±0.03	-116.01±0.01	P2(K5)	8.5±0.11	5.55±0.21	3.72±0.03	-75.01±0.04
M3 (K4)	23.6±0.01	9.17±0.17	10.65±0.06	-121.68±0.06	P3(K9)	16.97±0.06	9.44±0.18	8.93±0.02	-122.17±0.02
M4 (K6)	29.52±0.09	9.14±0.13	12.01±0.04	-118.37±0.07	P4(K10)	12.93±0.02	7.13±0.04	5.21±0.05	-82.71±0.04
M5 (K7)	23.01±0.01	8.96±0.09	10.04±0.07	-116.61±0.02	P5(K13)	22.78±0.05	10.75±0.1	11.66±0.02	-134.27±0.01
M6 (K8)	30.9±0.05	13.25±0.06	17.71±0.13	-164.39±0.19	P6(K16)	32.36±0.03	13.36±0.01	19.28±0.11	-172.92±0.08
M7(K11)	36.01±0.18	14.06±0.08	19.87±0.11	-164.46±0.03	P7(K17)	25.44±0.57	10.73±0.78	10.59±0.03	-114±0.05
M8 (K12)	26.29±0.06	10.9±0.04	14.04±0.01	-147.82±0.04	P8(K18)	21.97±0.07	7.61±0.03	6.44±0.01	-77±0.08
M9 (K14)	19.43±0.09	11.04±0.41	11.65±0.19	-145.9±0.17	P9(K19)	39.95±0.41	12.6±0.07	15.96±0.43	-122.06±0.05
M10(K15)	14.88±0.04	10.94±0.18	11.93±0.60	-168.95±0.32	P10(K20)	38.7±0.02	14.95±0.01	22.82±0.06	-177.54±0.02
M11(K25)	23.29±0.02	7.64±0.22	7.3±0.06	-84.37±0.01	P11(K21)	24.83±0.04	10.33±0.11	10.83±0.56	-118.77±0.17
M12(K27)	23.44±0.23	7.68±0.01	7.28±0.04	-83.84±0.09	P12(K22)	38.66±0.03	11.72±0.07	19.81±0.11	-157.55±0.14
M13(K28)	12.29±0.26	9.63±0.52	8.18±0.22	-129.17±0.04	P13(K23)	17.01±0.09	8.09±0.05	5.49±0.01	-75.67±0.08
M14(K29)	17.43±0.02	9.78±0.08	9.7±0.21	-130.33±0.31	P14(K24)	38.08±0.04	14.56±0.02	25.07±0.01	-196.96±0.04
M1 (K30)	20.11±0.07	13.43±0.12	14.59±0.06	-174.05±0.12	P15(K26)	27.67±0.09	11.96±0.11	12.34±0.23	-124.79±0.15
M1 (K31)	20.46±0.19	7.16±0.17	4.61±0.1	-57.02±0.2					
Ortalama	22.9±5.92 ^A	10.05±2.08 ^B	11.11±3.97 ^C	-126±34.15 ^E	Ortalama	26.62±10.08 ^A	10.82±2.82 ^B	12.94±6.66 ^D	-126.12±38.5 ^E
İÇ YÜZEY									
Örnek Kodu	L	a	b	WIE	Örnek Kodu	L	a	b	WIE
M1 (K1)	12.11±0.08	8.61±0.01	7.15±0.08	-114.93±0.03	P1(K2)	30.53±0.04	10.87±0.01	13.45±0.09	-128.16±0.07
M2 (K3)	19.64±0.12	9.14±0.05	9.23±0.11	-117.27±0.03	P2(K5)	19.13±0.01	4.74±0.09	4.2±0.06	-55.14±0.03
M3 (K4)	21.25±0.04	5.59±0.01	4.27±0.08	-51.96±0.01	P3(K9)	15.17±0.03	3.36±0.01	2.16±0.07	-31.8±0.05
M4 (K6)	20.34±0.01	10.86±0.02	11.91±0.05	-145.89±0.06	P4(K10)	13.37±0.16	2.86±0.04	1.62±0.06	-25.23±0.01
M5 (K7)	19.97±0.08	10.06±0.11	11.8±0.09	-146.8±0.17	P5(K13)	39.83±0.09	11.3±0.14	22.08±0.09	-171.75±0.07
M6 (K8)	17.26±0.04	9.09±0.09	8.01±0.03	-108.99±0.01	P6(K16)	29.14±0.03	12.13±0.06	11.56±0.09	-112.56±0.05
M7(K11)	37.47±0.06	15.41±0.03	26.63±0.07	-209.54±0.01	P7(K17)	31.51±0.13	8.11±0.08	10.72±0.06	-100.88±0.02
M8 (K12)	24.5±0.11	10.34±0.09	12.9±0.06	-143.02±0.04	P8(K18)	20.97±0.08	9.7±0.07	9.08±0.02	-110.76±0.08
M9 (K14)	20.75±0.05	9.82±0.09	11.19±0.04	-136.95±0.03	P9(K19)	44.51±0.06	12.2±0.04	15.95±0.03	-110.06±0.07
M10(K15)	19.54±0.01	7.31±0.04	6.38±0.06	-82.16±0.02	P10(K20)	49.29±0.02	9.17±0.11	14.73±0.09	-90.84±0.08
M11(K25)	25.08±0.13	9.34±0.09	11.52±0.04	-126.51±0.05	P11(K21)	26.99±0.13	13.78±0.09	12.62±0.07	-128.08±0.05
M12(K27)	25.12±0.01	10.17±0.05	11.22±0.04	-122.34±0.05	P12(K22)	41.05±0.05	11.78±0.07	17.96±0.03	-135.39±0.09
M13(K28)	23.17±0.06	9.98±0.13	9.25±0.09	-106.06±0.07	P13(K23)	17.56±0.07	8.76±0.04	6.29±0.08	-84.9±0.07
M14(K29)	21.06±0.04	9.25±0.02	8.7±0.06	-106.15±0.02	P14(K24)	36.63±0.03	12.31±0.06	15.78±0.07	-130.11±0.11
M1 (K30)	31.73±0.11	11.97±0.06	15.27±0.03	-140.71±0.12	P15(K26)	28.71±0.14	10.87±0.09	13.07±0.08	-130.04±0.06
M1 (K31)	21.66±0.07	10.15±0.04	9.6±0.13	-114.53±0.09					
Ortalama	22.54±5.76 ^A	9.82±2.08 ^B	10.94±4.981 ^C	-123.36±33.81 ^D	Ortalama	29.63±11.05 ^A	9.46±3.37 ^B	11.41±5.86 ^C	-103.05±40.17 ^D

* Kısaltmalar: M: Market ; P: Pastane

Tablo 3. Kakaolu kek örneklerinin akrilamid miktarları ($\mu\text{g}/\text{kg}$) (n=31)**Table 3.** The acrylamide levels in cocoa cake samples (n=31)

Örnek (Market)	Akrilamid miktarları ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Örnek (Pastane)	Akrilamid miktarları ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
1	187.9552	2	91.72209
3	99.7838	5	194.8636
4	90.22277	9	101.7675
6	60.90536	10	125.1684
7	80.22348	13	133.4031
8	74.16855	16	185.6716
11	129.7471	17	129.5971
12	123.7729	18	311.9487
14	162.905	19	154.7741
15	139.4119	20	34.35592
25	36.87016	21	194.2177
27	127.0829	22	107.5572
28	75.34493	23	129.4126
29	116.5185	24	202.1064
30	121.1894	26	116.5877
31	52.76291658		
Ortalama	104.93 \pm 41.04 ^A	Ortalama	147.54 \pm 64.29 ^B
Minimum	36.87016	Minimum	34.35592
Maksimum	187.9552	Maksimum	311.9487

**Şekil 2.** Kakaolu kek örneklerindeki akrilamidin yüksek performanslı sıvı kromatogramı. Koşullar: Agilent 1260, DAD de-
dektörü; 210 nm dalga boyu; enjeksiyon hacmi 10 μL ; mobil faz: asetonitril/formik asit**Figure 2.** High-performance liquid chromatography of acrylamide in cocoa cake samples. Conditions: Agilent 1260, DAD detector; wave-
length: 210 nm; injection volume: 10 μL ; mobile phase: acetonitrile/formic acid

Sonuç

Akrilamid, insanlar üzerindeki potansiyel karsinojen etkileri kanıtlanmış olan toksik bir Maillard reaksiyon ürünüdür. Özellikle fırıncılık ürünleri yüksek sıcaklıklar kullanılarak üretildiklerinden, akrilamid oluşumu yönünden önemli bir risk grubunu oluşturmaktadır. Çalışmamızda ülkemiz piyasasında ambalajlı ve ambalajsız şekilde satışa sunulmuş olan ve sık tüketilen farklı kakaolu kek örneklerinde akrilamid miktarları analiz edilmiştir. İncelenen örneklerin ortalama değerleri arasında, marketlerde satılan ambalajlı kek örneklerinin nem içeriğinin daha düşük değerli ve daha az sarı olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$). Çalışmada 31 çeşit kakaolu kek örneklerinin akrilamid miktarlarının $36.87-311.95 \mu\text{g}/\text{kg}$ arasında değiştiği belirlenmiştir. Pastanelerden temin edilen kek örneklerinin akrilamid içeriğinin diğer keklerle göre daha yüksek olduğu bulunmuştur ($p < 0.05$). Örneklerin yüzey ve merkez renkleri birbirlerinden önemli derecede farklı olsa da akrilamid miktarı ile renk değerleri arasında herhangi bir korelasyon tespit edilmemiştir ($p > 0.05$). Literatürde keklerde nem miktarının %5' in altına düşmesi durumunda akrilamid oluşumunun önemli derecede azaldığı rapor edilmiştir. Örneklerin nem miktarı ve akrilamid düzeyi arasında belirgin bir korelasyon tespit edilmese de akrilamid oluşumunu azaltmak amacıyla, yeni araştırmalarda keklerde nem miktarının azaltılması yoluna gidilebileceği düşünülmektedir. Çalışmada analiz edilen ürün grubu özellikle çocuklar tarafından tüketildiğinden ve çocuklarda akrilamid maruziyeti yetişkenlere göre daha yüksek olduğundan, yapılacak yeni çalışmalarda ve gıda endüstrisinde bu ürün grubunda akrilamid miktarını azaltmaya yönelik yeni yaklaşımların ortaya konulması önem arz etmektedir. Ayrıca akrilamidin azaltılması ve kontrolü için yasal otoritenin ve endüstrisinin diğer ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de daha etkin ve öncü rol üstlenmesi gerekmektedir.

Etik Standartlar ile Uyumluluk

Çıkar çatışması: Yazarlar bu yazı için gerçek, potansiyel veya algılanan çıkar çatışması olmadığını beyan etmişlerdir.

Etik izin: -

Veri erişilebilirliği: Veriler talep üzerine sağlanacaktır.

Finansal destek: Bu çalışma TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında desteklenmiştir (1919B011902258).

Teşekkür: Bu çalışmanın yapılmasında Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Tarımsal Biyoteknoloji ve Gıda Güvenliği Uygulama ve Araştırma Merkezi - TARBIYOMER'e sağladıkları olanaklar için teşekkür ederiz.

Açıklama: -

Kaynaklar

Ashoor, S. H., Zent, J. B. (1984). Maillard browning of common amino acids and sugars. *Journal of Food Science*, 49(4), 1206-1207.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1984.tb10432.x>

AOAC. (2012). Official methods of analysis (18th ed.), AOAC International, Gaithersburg, 806-842.

Baltacıoğlu, C., Uyar, M. (2017). Kabak (*Cucubita pepo* L.) tozunun kek üretiminde potansiyel kullanımı ve kek kalite parametrelerine etkisi. *Akademik Gıda*, 15(3), 274-280.

<https://doi.org/10.24323/akademik-gida.345267>

Biedermann, M. (2002). Experiments on acrylamide formation and possibilities to decrease the potential of acrylamide formation in potatoes. *Mitteilungen aus Lebensmitteluntersuchung und Hygiene*, 93, 668-687.

Boon, P. E., de Mul, A., van der Voet, H., van Donkersgoed, G., Brette, M., van Klaveren, J. D. (2005). Calculations of dietary exposure to acrylamide. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 580(1-2), 143-155.

<https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2004.10.014>

Curtis, T. Y., Powers, S. J., Balagiannis, D., Elmore, J. S., Mottram, D. S., Parry, M. A., Halford, N. G. (2010). Free amino acids and sugars in ryegrain: implications for acrylamide formation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(3), 1959-1969.

<https://doi.org/10.1021/jf903577b>

Elmore, J. S., Koutsidis, G., Dodson, A. T., Mottram, D. S., Wedzicha, B. L. (2005). Measurement of acrylamide and its precursors in potato, wheat, and dry model systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(4), 1286-1293.

<https://doi.org/10.1021/jf048557b>

Eriksson, S. (2005). Acrylamide in food products: Identification, formation and analytical methodology, *Doctoral dissertation, Institutionen för miljö kemi*, Stockholms universitet, Sweden.

Ezeji, T.C., Groberg, M., Qureshi, N., Blaschek, H.P. (2003). Continuous production of butanol from starch-based packing peanuts. In *Biotechnology for Fuels and Chemicals*, 375-382, Humana Press, Totowa, NJ.

https://doi.org/10.1007/978-1-4612-0057-4_30

Gertz, C., Klostermann, S. (2002). Analysis of acrylamide and mechanisms of its formation in deep-fried products. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104(11), 762-771.

[https://doi.org/10.1002/1438-](https://doi.org/10.1002/1438-9312(200211)104:11<762::AID-EJLT762>3.0.CO;2-R)

[9312\(200211\)104:11<762::AID-EJLT762>3.0.CO;2-R](https://doi.org/10.1002/1438-9312(200211)104:11<762::AID-EJLT762>3.0.CO;2-R)

Gertz, C. (2004). Optimising the baking and frying process using oil-improving agents. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106(11), 736-745.

<https://doi.org/10.1002/ejlt.200401015>

Hamlet, C.G., Sadd, P.A., Liang, L. (2008). Correlations between the amounts of free asparagines and saccharides present in commercial cereal flours in the United Kingdom and the generation of acrylamide during cooking. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(15), 6145-6153.

<https://doi.org/10.1021/jf703743g>

Hilbig, A., Freidank, N., Kersting, M., Wilhelm, M., Wittsiepe, J. (2004). Estimation of the dietary intake of acrylamide by German infants, children and adolescents as calculated from dietary records and available data on acrylamide levels in food groups. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 207(5), 463-471.

<https://doi.org/10.1078/1438-4639-00317>

Keramat, J., LeBail, A., Prost, C., Jafari, M. (2011). Acrylamide in baking products: a review article. *Food and Bioprocess Technology*, 4(4), 530-543.

<https://doi.org/10.1007/s11947-010-0495-1>

Krishnakumar, T., Visvanathan, R. (2014). Acrylamide in food products: a review. *Journal of Food Processing & Technology*, 5(7), 1.

Marková, L., Ciesarová, Z., Kukurová, K., Zieliński, H., Przygodzka, M., Bednáriková, A., Šimko, P. (2012). Influence of various spices on acrylamide content in buckwheat ginger cakes. *Chemical Papers*, 66(10), 949-954.

<https://doi.org/10.2478/s11696-012-0218-3>

Matthäus, B., Haase, N.U., Vosmann, K. (2004). Factors affecting the concentration of acrylamide during deep fat frying of potatoes. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106(11), 793-801.

<https://doi.org/10.1002/ejlt.200400992>

Mesias, M., Delgado-Andrade, C., Morales, F.J. (2022). An updated view of acrylamide in cereal products. *Current Opinion in Food Science*, 46, 100847.

<https://doi.org/10.1016/j.cofs.2022.100847>

Mojska, H., Gielecińska, I., Szponar, L., Oltarzewski, M. (2010). Estimation of the dietary acrylamide exposure of the Polish population. *Food and Chemical Toxicology*, 48(8-9), 2090-2096.

<https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.05.009>

Moreno, R.B. (2019). Nutritional composition and sensory quality evaluation of Philippine Choco Chiffon Cake. *Journal of Tourism, Hospitality & Culinary Arts (JTHCA)*, 7(3), 1-10.

Mousa, R.M.A. (2021). Simultaneous inhibition of acrylamide formation and fat oxidation in quinoa cakes using gum Arabic supplementation coupled with fat reduction. *International Journal of Food Properties*, 24(1), 749-763.

<https://doi.org/10.1080/10942912.2021.1924779>

Nematollahi, A., Kamankesh, M., Hosseini, H., Ghasemi, J., Hosseini-Esfahani, F., Mohammadi, A., Mousavi Khaneghah, A. (2020). Acrylamide content of collected food

products from Tehran's market: A risk assessment study. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 30558-30570.

<https://doi.org/10.1007/s11356-020-09323-w>

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(7), 564-568.

<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.04.011>

Pacetti, D., Gil, E., Frega, N. G., Álvarez, L., Dueñas, P., Garzón, A., Lucci, P. (2015). Acrylamide levels in selected Colombian foods. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 8(2), 99-105.

<https://doi.org/10.1080/19393210.2014.995236>

Pedreschi, F., Kaack, K., Granby, K. (2006). Acrylamide content and color development in fried potato strips. *Food Research International*, 39(1), 40-46.

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.06.001>

Razia, S., Bertrand, M., Klaus, V., Meinolf, G.L. (2016). Investigation of acrylamide levels in branded biscuits, cakes and potato chips commonly consumed in Pakistan. *International Food Research Journal*, 23(5), 2187-2192.

Rosa, C.S., Tessele, K., Prestes, R.C., Silveira, M., Franco, F. (2015). Effect of substituting of cocoa powder for carob flour in cakes made with soy and banana flours. *International Food Research Journal*, 22(5), 2111-2118

Rufian-Henares, J.A., Arribas-Lorenzo, G., Morales, F.J. (2007). Acrylamide content of selected Spanish foods: survey of biscuits and bread derivatives. *Food Additives and Contaminants*, 24(4), 343-350.

<https://doi.org/10.1080/02652030601101169>

Sarion, C., Codină, G.G., Dabija, A. (2021). Acrylamide in bakery products: A review on health risks, legal regulations and strategies to reduce its formation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Apr 19; 18(8), 4332.

<https://doi.org/10.3390/ijerph18084332>

Şenyuva, H.Z., Gökmen, V. (2005). Survey of acrylamide in Turkish foods by an in-house validated LC-MS method. *Food Additives and Contaminants*, 22(3), 204-209.

<https://doi.org/10.1080/02652030512331344178>

Shi, Z., Zhang, H., Zhao, X. (2009). Ultrasonic-assisted pre-column derivatization-HPLC determination of acrylamide formed in Radix Asparagi during heating process. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 49(4), 1045-1047.

Stahl, L., Miller, K.B., Apgar, J., Sweigart, D.S., Stuart, D.A., McHale, N., ..., Hurst, W.J. (2009). Preservation of cocoa antioxidant activity, total polyphenols, flavan-3-ols, and procyanidin content in foods prepared with cocoa powder. *Journal of Food Science*, 74(6), 456-461.

<https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01226.x>

Taubert, D., Harlfinger, S., Henkes, L., Berkels, R., Schömig, E. (2004). Influence of processing parameters on acrylamide formation during frying of potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(9), 2735-2739.

<https://doi.org/10.1021/jf035417d>

Uçar, B. (2011). Pandispanya kek kalitesi üzerine yabancı meyvelerin fonksiyonel etkileri, Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri, Türkiye.

Vinci, R.M., Mestdagh, F., De Meulenaer, B. (2012). Acrylamide formation in fried potato products—Present and future, a critical review on mitigation strategies. *Food Chemistry*, 133(4), 1138-1154.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.08.001>

WHO, (2002). FAO/WHO Consultations on the health implications of acrylamide in foods. Summary report of a meeting held in Genova. 25-27 June 2002: summary report. *World Health Organization*.

<https://iris.who.int/handle/10665/67372>