

Makarna ve Erişte Çeşitlerinde Glioksal ve Metilglioksal Biyoerişilebilirliklerinin *In vitro* Sindirim Metodu ile Belirlenmesi

Serap ANDAÇ ÖZTÜRK^{1*}, Gökçen GARİPOĞLU²

¹ İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, 34303, İstanbul

² Bahçeşehir Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, 34349, İstanbul

¹ <https://orcid.org/0000-0002-6253-4118>

² <https://orcid.org/0000-0001-7430-5163>

*Sorumlu yazar: serap.ozturk@izu.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 05.05.2022

Kabul tarihi: 26.05.2022

Online Yayınlanma: 18.07.2022

Anahtar Kelimeler:

Makarna

İleri Glikasyon Son Ürünleri

Biyoerişilebilirlik

ÖZ

Besinlerin işlenmesi sırasında oluşan İleri Glikasyon Son Ürünlerinin [Advanced Glycation End Products (AGEs)] heterojenliği, fizyolojik olarak oluşan AGE'lerden daha fazladır ve diyet AGE'lerinin çeşitli olması etkilerini karmaşıklştırmaktadır. Diyetle alınan AGE'lerin kronik hastalık riskini arttırdığı bilinmektedir. Bu çalışmada toplum tarafından sık tüketilen besinlerden olan makarna ve eriştelerde başlangıç ve *in vitro* sindirim sonrası AGE öncülleri olan glioksal (GO) ve metilglioksal (MGO) düzeyleri ve biyoerişilebilirlikleri araştırılmıştır. Makarna ve erişte örneklerindeki başlangıç GO ve MGO değerleri sırasıyla 0,112-2,607 µg /100 g ve 1,641-11,675 µg /100 g olarak saptanmıştır. *In vitro* sindirim sonrasında tüm örneklerdeki GO ve MGO içeriklerinde artış saptanmıştır. Sindirim sonrası GO ve MGO içerikleri sırasıyla 0,847 ile 6,624 µg /100 g ve 5,563 ile 24,932 µg /100 g olarak belirlenmiştir. Biyoerişilebilirlik oranları ise GO için %208-1098, MGO için %110-519'dur. Sindirim sürecinde açığa çıkan serbest şeker miktarının AGE öncüllerinin artışına katkıda bulunduğu düşünülmüştür. Bununla birlikte sindirim sonrasında her ne kadar ürünlerin GO ve MGO biyoerişilebilirlikleri artmış olsa da 100 gram üründeki miktarları incelendiğinde ürünlerin AGE öncülleri içeriğinin düşük olduğu söylenebilir. İnsan beslenmesi genel olarak karışık bir kompozisyona sahip olduğundan diyetle yer alan tüm besinlerin AGE içerikleri önem arz etmektedir. Bu nedenle ülkemizde sık tüketilen ürünlerin AGE içeriklerinin belirlenmesi ve içeriklerin azaltılabilmesine yönelik tekniklerin geliştirilmesinin halk sağlığı açısından önemli olduğu düşünülmektedir.

Determination of Glyoxal and Methylglyoxal Bioaccessibility in Pastas and Noodles Varieties by *In vitro* Digestion Method

Research Article

Article History:

Received: 05.05.2022

Accepted: 26.05.2022

Published online: 18.07.2022

ABSTRACT

The heterogeneity of Advanced Glycation End Products (AGEs) formed during food processing is greater than that of physiologically formed AGEs, and the diversity of dietary AGEs complicates their effects. It is known that dietary AGEs increase the risk of chronic diseases. In this study, pasta and

Keywords:

Pasta
AGEs
Bioaccessibility

noodles, which are commonly consumed by the society, initial and after *in vitro* digestion glyoxal (GO) and methylglyoxal (MGO) levels were investigated. Initial GO and MGO values in pasta and noodle samples were determined as 0,112- 2,607 µg/100 g and 1,641-11,675 µg/100 g, respectively. After the *in vitro* digestion process, an increase in GO and MGO contents was detected in all samples. The GO and MGO contents after digestion were determined as 0,847 and 6,624 µg/100 g and 5,563 and 24,932 µg/100 g, respectively. Bioaccessibility rates were 208-1098 % for GO and 110-519 % for MGO. The amount of free sugar released during the digestive process was thought to contribute to the increase of AGE precursors. However, although GO and MGO bioaccessibility of the products increased after digestion, it can be said that they do not have a high content of AGE precursors when their amounts in 100 grams of product are examined. Since human nutrition generally has a mixed composition, the AGE content of all foods in the diet is important. For this reason, it is thought that it is important for public health to determine the AGE content of frequently consumed products in our country and to develop techniques to reduce the content.

To Cite: Öztürk SA., Garipoğlu G. Makarna ve Erişte Çeşitlerinde Glioksal ve Metilglioksal Biyoerişilebilirliklerinin *In vitro* Sindirim Metodu ile Belirlenmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2022; 5(2): 964-976.

1.Giriş

İleri Glikasyon son ürünleri [Advanced Glycation End Products (AGE)], glukoz veya diğer sakkarit türevlerinin proteinler veya lipitlerle enzimatik olmayan reaksiyonlarından türeyen heterojen moleküllerdir (Perrone ve ark, 2020). İndirgeyici şekerlerin (glikoz, galaktoz ve fruktoz), proteinlerin, peptitlerin, amino asitlerin ve nükleik asitlerin amino gruplarıyla reaksiyona girmesi ile gerçekleşen Maillard reaksiyonu (MR) (Gill ve ark, 2019) sonucu oluşan kararsız Schiff bazları daha kararlı bileşikler olan Amadori ürünlerine dönüşür (Cintesun ve ark, 2022). Amadori ürünleri de zamanla AGE öncülleri olan glioksal (GO) ve metilglioksal (MGO) bileşiklerine dönüşür (Cintesun ve ark, 2022).

Temel olarak endojen üretilen ve eksojen alınan olmak üzere 2 tür AGE bulunmaktadır (Gill ve ark, 2019). Endojen AGE'ler bir dizi karmaşık enzimatik reaksiyonların sonucunda karbonhidrat ve proteinlerin glikasyonu ile oluşur. Eksojen AGE'ler ise diyet yoluyla alındığı için diyet AGE'leri (dAGE) olarak adlandırılır ve besin işleme sırasında enzimatik olmayan reaksiyonlarla hızlı ve yoğun miktarda oluşurlar (Nie ve ark, 2022). Izgara ve kızartma gibi yüksek ısıda pişirme teknikleri besinlerde lezzeti ve yapıyı güçlendirirken, bunu sağlayan MR ürünleri, AGE oluşumuna neden olan esas etkendirler (Gill ve ark, 2019). Ayrıca, gıdalara uygulanan ısı işlem sırasında oluşan AGE'lerin heterojenliği, fizyolojik olarak oluşan AGE'lerden daha fazladır ve diyet AGE'lerinin çeşitli olması etkilerini karmaşıklaştırmaktadır (Snelson ve Coughlan, 2019).

Modern diyetlerde bisküvi, unlu mamuller ve kahvaltılık gevrekler gibi işlenmiş tahıl ürünleri, süt tozu ve kuru ısıda pişen beyaz ve kırmızı etlerin tüketim sıklığı ve miktarı yüksek miktarda AGE alımı ile ilişkilidir (Scheijen ve ark., 2016). Ayrıca diyetle aşırı şeker alımının, özellikle fruktoz miktarının AGE oluşumuna etkisinin çok daha fazla olduğu belirtilmektedir (Aragno ve Mastrocola, 2017). Diyetle günlük 25-75 mg arasında AGE, 500-1200 mg arasında ise Amadori ürünleri, alındığı tahmin edilmektedir (Snelson ve Coughlan, 2019). Diyetle alınan ve dolaşıma geçen AGE'ler günlük alınan

kalori, pişirme yöntemleri ve böbrek fonksiyonları gibi faktörlerden etkilenmektedir (Negrean ve ark, 2007; Kutlu, 2016).

Diyet AGE'lerinin sindirim sisteminde ne düzeyde emildiği ve dolaşıma katıldığı ise tam olarak bilinmemektedir (Scheijen ve ark, 2016). Bu nedenle sindirim sisteminde çözünen miktar olarak değerlendirilen ve alınan dozdan ziyade insan vücudu tarafından potansiyel olarak emilime hazır miktarı ölçmek için kullanılan biyoerişilebilirliklerinin de tahmini önemlidir (Liu ve ark, 2019). *In vitro* biyoerişilebilirlik gastrointestinal sistem koşullarını birebir yansıtamayabilir, ancak *in vitro* gastrointestinal sindirim modellerinin preabsorpsiyon fazını tahmin etmede faydalı olacağı düşünülmektedir (Yaman ve ark, 2021). Diyetle alınan AGE miktarı arttıkça plazmadaki AGE düzeyi de artmaktadır. Dolayısıyla diyetle alımın kısıtlanması diyabet, ateroskleroz ve böbrek hastalıkları gibi toplumda sıklığı giderek artan hastalıkların azaltılmasına katkı sağlayabilir (Goldberg ve ark., 2004). Tahıl ve tahıl ürünleri, dünya nüfusunun çoğu için temel enerji ve besin kaynağını oluşturmaktadır. Bu nedenle toplam diyet AGE alımına önemli katkı sağlayan ürünlerdir. İndirgenmiş karbonhidrat miktarı tahıl türlerinde farklılık gösterir, bununla birlikte amino asit türü ve miktarı MR hızını ve dolayısıyla AGE içeriğini etkiler (Žilić ve ark., 2021). Ulusal Beslenme Rehberi içerdiği vitamin, mineral ve diyet lifi gibi sağlık için önemli besinsel değeri nedeniyle, işlenmemiş tahıl ürünlerinin günlük 3-7 porsiyon tüketilmesini önermektedir (TÜBER, 2015). Tahıl ürünlerinden makarna, toplumlarda her yaşta bireyin tükettiği besinlerdendir (Papanikolaou, 2020). Bugüne kadar yapılan çalışmalarda makarnalarda AGE öncüllerinin içeriği ile ilgili veriler yetersizdir. Bu nedenle çalışmamızda toplum tarafından sık tüketilen, kolay hazırlanan ve ekonomik olarak ulaşılabilir olan makarnalarda AGE öncülleri olan GO ve MGO içeriklerinin ve biyoerişilebilirliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Örneklem

Bu çalışmada İstanbul ilindeki farklı marketlerden toplanmış olan 14 farklı makarna ve erişte örneği kullanılmıştır. Ürün özellikleri Tablo 1'de sunulmuştur.

2.2. Materyal

GO (%40), MGO (%40), metanol, asetonitril, trikloroasetik asit, sodyum asetat, 4-nitro-1,2-fenilendiamin, alfa-amilaz (1.5 U/mg), pepsin (≥ 250 ünite/mg), pankreatin (8 x USP), lipaz (100-500 ünite/mg), NaHCO₃, CaCl₂·2H₂O, KCl, NaCl, serum albümin (sığır), safra tuzları, üre, ürik asit ve müsün Sigma- Aldrich'ten (St. Louis, MO, ABD) temin edilmiştir.

2.3. GO ve MGO ekstraksiyonu ve HPLC tayini

Homojenize edilmiş numunelerden 50 mL'lik plastik falkon tüplere 5 g konuldu ve üzerine 25 mL metanol ilave edildi. Daha sonra karışım 1 dk vorteks edildikten sonra 8000 rpm'de 5 dk santrifüj edildi. Santrifüj edilen süpernatantdan 1 mL alındı ve 10 mL'lik cam tüp içine alındı. Daha sonra

üzerine 1 mL sodyum asetat tamponu (0.1 M, pH: 3) ilave edildi. Türevlendirme işlemi için üzerine 4-nitro-1.2- fenlendiamin içeren solüsyonundan (%1 metanol içinde) 0,5 mL ilave edildi ve 70 °C'de 20 dk çalkalamalı su banyosunda inkübe edildi. Numuneler 0,45 µm'lık selüloz asetat filtresi ile süzüldü ve HPLC'ye enjekte edildi (Cengiz ve ark., 2020).

GO ve MGO'nun HPLC tayini Shimadzu SPD-20A UV/VIS dedektörü (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japonya) ile Shimadzu LC 20AT pompasından oluşan HPLC Sisteminde gerçekleştirilmiştir. Ayırma işleminde Metanol:Su:Asetonitril'den (42:56:2 v/v/v) oluşan mobil faz kullanılmıştır. Kolon akış hızı 1 mL/dk'ya, dedektör dalga boyu 254 nm'ye ve kolon fırın sıcaklığı 30 °C'ye ayarlandı.

2.4. *İn vitro* biyoerişilebilirlik tayini

Biyoerişilebilirlik üç aşamalı *in vitro* gastrointestinal sindirim modeli ile belirlenmiştir (Lee et al., 2016). Biyoerişilebilirlik için hazırlanan ağız, mide, ince bağırsak ve safra solüsyonu içeriği Tablo 2'de gösterilmiştir.

2.4.1. *İn vitro* sindirim

Homojen edilmiş makarna örneklerinden 5 g tartıldı ve 50 mL'lik plastik falkon tüp içine alındı. Karışım üzerine ağız solüsyonundan 5 mL ilave edildi ve çalkalamalı su banyosunda 37 °C' de 5 dk inkübe edildi. Daha sonra 10 mL mide sıvısı karışım üzerine ilave edildi ve 37 °C' de 30 dk çalkalamalı su banyosunda inkübe edildi. İnce barsak aşamasında ise safra sıvısından 5 mL ilave edildi ve pH 7 olacak şekilde ayarlandı. İnce bağırsak sıvısından 10 mL eklendi ve 37 °C'de çalkalama su banyosunda 2 saat inkübe edildi. Enzimatik reaksiyonu durdurmak için 5 ml TCA (%20) ilave edildi. Karışımın son hacim deiyonize su ile 50 mL'ye tamamlandı ve 8000 rpm'de 5 dk santrifüj edildi.

2.5. İstatistiksel analizler

Her bir çalışma üç kez tekrar edildi ve standart sapması hesaplandı. Uygulamalar arasındaki önemli farklılıklar tek yönlü varyans analizi (ANOVA $p < 0,05$, Tukey testi) kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirildi.

3. Araştırma Bulguları ve Tartışma

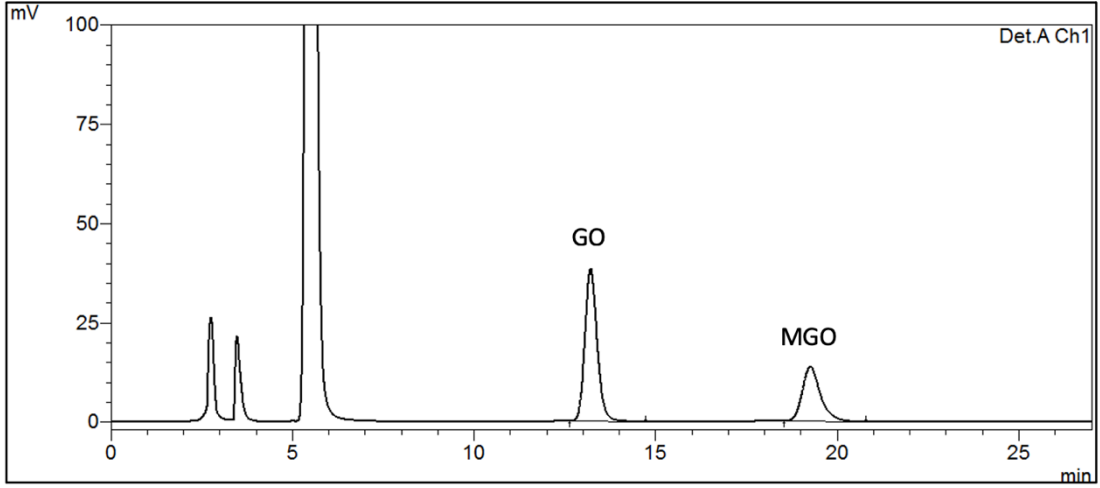
3.1. Başlangıç GO ve MGO değerleri

Makarna ve erişte örneklerinin başlangıç ve *in vitro* sindirim sonrasındaki GO ve MGO değerleri ve biyoerişilebilirlikleri Tablo 3'de verilmiştir.

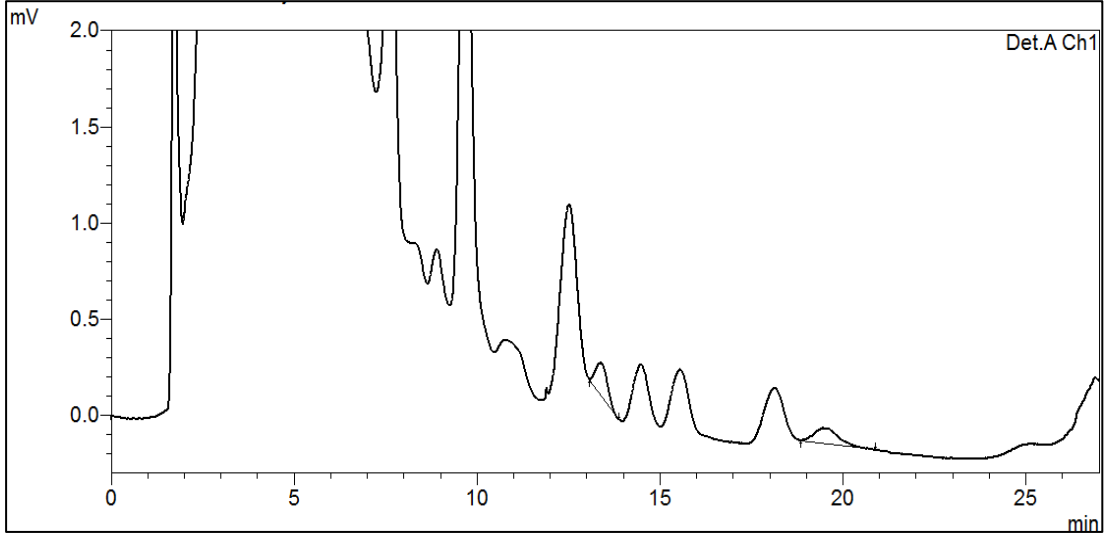
GO ve MGO'nun standart HPLC kromatogramı ile tam buğday unu ve siyez makarnasında örnek HPLC kromatogramları Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3'de sunulmuştur.

Makarna ve erişte örneklerindeki başlangıç GO değerlerinin 0,112- 2,607 μg /100 g arasında olduğu, MGO değerlerinin ise 1,641-11,675 μg /100 g arasında olduğu saptanmıştır (Tablo 3). AGE'ler endojen ve ekzojen olarak ikiye ayrılır. Ekzojen AGE'ler genel olarak işlenmiş veya pişmiş ürünlerden oluşurken, AGE havuzuna olan katkılarının endojen AGE'lerden daha fazla olduğu dūřünülmektedir. Bu nedenle besinlerin AGE miktar ve içeriklerinin belirlenmesi önemlidir (Gill ve ark., 2019). Besinlerin ısııl işleme maruziyetleri ileri glikasyon ürünlerinin potansiyel öncülleri olan GO ve MGO gibi dikarbonil bileşiklerin oluşmasına neden olur (Arribas-Lorenzo ve Morales, 2010). AGE'ler işleme, sterilizasyon, paketleme ve gıda ürünlerinin uzun süreli depolanması gibi prosedürlerin herhangi bir aşamasında oluşabilir (Zhang ve ark., 2020).

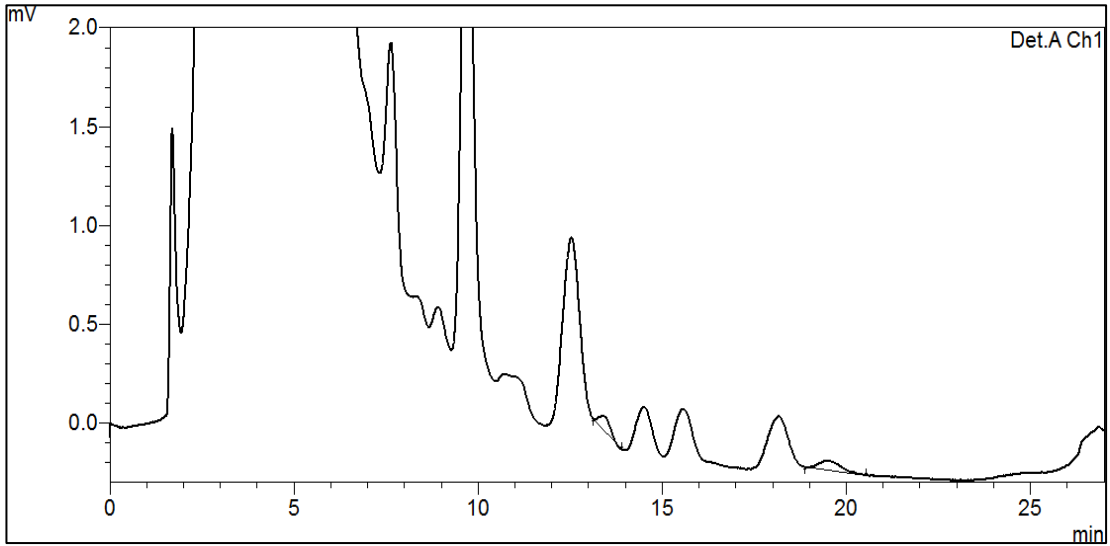
Makarna üretim aşamasında kurutma <60 $^{\circ}\text{C}$ de, 70-80 $^{\circ}\text{C}$ veya 110 $^{\circ}\text{C}$ derecede olabilir ve uygulanan ısıya bağlı olarak da kurutma süresi sırasıyla 20 saat, 7-8 saat ve 1-2 saat arasında değişebilmektedir. Günümüzde birçok üretici firma yüksek ve çok yüksek sıcaklık prosedürünü tercih etmektedir (Giannetti ve ark., 2021). MR, AGE oluşumu için önemli olup 50 $^{\circ}\text{C}$ ve 4-7 pH aralığında meydana gelebilmektedir (Cintesun ve ark., 2022). Makarna üretim teknolojisinin çeşitli basamaklarında ısııl işlem aralığının MR için yeterli olduğu söylenebilir. Çalışmamızda ürünlerin başlangıç GO ve MGO miktarlarının dūřük olduğu, benzer şekilde ekmek eřitlerinin GO ve MGO düzeyleri üzerinde yapılan çalışma ile kıyaslandığında da sonuçlarımızın daha dūřük ancak verilerin birbirine yakın olduğu görülmektedir (Ozgolet ve ark., 2022). Degen ve ark. (2012) yapmış oldukları çalışmada ise makarnalarda MGO'un saptanamadığını bildirilmiştir. Uribarri ve ark. (2010) 8 ve 12 dk pişmiş makarnalardaki AGE miktarlarını sırası ile 112 kU/100 g ve 242 kU/100 g olarak bulmuşlardır. Bařka bir çalışmada krakerlerin MGO değerlerini 51-104 μg /100 g olarak saptanmış (Cintesun ve ark., 2022), bisküvilerde yapılan başka bir çalışmada ise GO ve MGO değerleri sırasıyla 35-224 μg / 100 g ve 32-1573 μg / 100 g olarak bulunmuştur (Cintesun, 2022). Yaman (2021) ise çalışmasında bisküvilerin GO değerlerini 81-169 μg /100 g, MGO değerlerini 55-607 μg /100 g olarak belirlemiştir. İlgili alışmalar ile kıyaslandığında çalışmamızda elde edilen GO ve MGO miktarlarının olduğca dūřük miktarlar olduğu göze çarpmaktadır. Ekmek ve makarna yapımında AGE oluşuna katkı verecek içeriklerin bisküvi ve krakerlere göre daha az olması, uygulanan ısııl işlemin de daha dūřük olması bu sonucu etkilemiş olabilir.



Şekil 1. GO ve MGO'nun standart HPLC kromatogramı



Şekil 2. Tam buğday unu makarnasına ait HPLC kromatogramı



Şekil 3. Siyez makarnasına ait HPLC kromatogramı

3.2. *In vitro* GO ve MGO değerleri ve biyoerişilebilirlikleri

In vitro sindirim işlemi sonrasında makarna ve erişte örneklerinin tümünde GO ve MGO içeriklerinde artış saptanmıştır. Sindirim sonrası GO ve MGO içerikleri sırasıyla 0,847 ile 6,624 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ve 5,563 ile 24,932 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ olarak belirlenmiştir. GO için en yüksek biyoerişilebilirlik %1098 ile yumurtalı eriştelerde, MGO'da ise en yüksek biyoerişilebilirlik %519 ile standart makarnada görülmüştür (Tablo 3).

Cintesun ve ark.'nın (2022) yaptığı çalışmada *in vitro* sindirim sonrasında krakerlerin MGO değerleri 274- 408 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ olarak saptanmıştır. Artış oranı ise %226- 628 olarak belirtilmiştir. Çalışmada yazarlar besinlerin yağ kompozisyonun lipid peroksidasyonunda önemli bir etken olduğunu, bunun yanı sıra gastrointestinal kanaldaki prooksidan koşullarda lipid peroksidasyonunun artacağını belirterek sindirim sonrasındaki bu artışın ürünlerin şeker içerikleri ve lipid peroksidasyonu aracılığı ile oluşan ileri lipoksidasyon son ürünlerinden (ALE) kaynaklanabileceğini ne sürmüşlerdir. Biskvilerle yapılan bir çalışmada ise *in vitro* sindirim sonrasında rnlerin GO değerleri 202-52 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, MGO değerleri 220-59 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ olarak saptanmıştır. Aynı çalışmada, kahvaltılık gevrek ve cips gibi ürünlerin de sindirim sonrasında GO ve MGO içeriklerinin arttığı bildirilmiştir (Yaman, 2021). Farklı mayalarla yapılan ekmeklerin, sindirim sonrası GO ve MGO içeriklerinin araştırıldığı bir başka çalışmada da GO ve MGO içeriklerinde artış saptanmıştır (Ozgolet ve ark., 2022). Mevcut çalışmadaki bu artışın sindirim süreci boyunca açığa çıkan serbest şeker miktarının gastrointestinal sistemde AGE öncüllerinin artışına katkıda bulunmasından kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Her ne kadar çalışmamızda ürünlerin *in vitro* sindirim sonrasında GO ve MGO biyoerişilebilirliklerinin artmış olduğu görülse de, yüksek ısıl işlem görmüş kraker, bisküvi gibi ürünlerin 100 gramlık porsiyonları ile kıyaslandığında, diyet AGE alımına olan katkısının daha az olacağı görülmektedir.

Tablo 1. Ürünlerin beyan edilen enerji, makro besin öğeleri ve içindikiler

Örnek no	Ürün özelliği	Enerji	Karbonhidrat	Protein	Yağ	Lif	İçindikiler
1	Glutensiz makarna	345	79	5,5	0	0	Mısır unu, su
2	Tam buğday unu makarnası	347	69,6	12,1	0	8,1	Tam durum buğdayı irmiği, su
3	Siyez makarnası	-	-	-	-	-	Siyez buğdayı unu, tuz, su
4	Kepekli makarna	353	67,6	12,5	2,1	6,7	Durum buğdayı irmiği, durum buğdayı kepeği, su
5	Organik makarna	358	77	10,5	1	0,3	Organik durum buğdayı irmiği, su
6	Yüksek proteinli makarna	360	53,7	32	0,7	5,6	Durum buğdayı irmiği, protein karışımı, su
7	Proteinli makarna	-	-	11	-	-	Durum buğdayı irmiği, su
8	Domatesli makarna	356	72,2	10,8	1,7	4,1	Durum buğdayı irmiği, domates salçası, su
9	İspanaklı makarna	356	72,2	10,8	1,7	4,1	Durum buğdayı irmiği, ıspanak tozu, su
10	Standart makarna	357	73,3	10,7	2,9	2,9	Durum buğdayı irmiği, su
11	İspanaklı erişte	362	72	16,6	0,4	4,8	Buğday unu, süt, yumurta, ıspanak kurusu, tuz, su
12	Domatesli erişte	371	77	12,2	1,5	2,3	Buğday unu, süt, yumurta, domates kurusu, tuz, su
13	Tam buğdaylı erişte	345	71	10,8	1,2	2,3	Tam buğday unu, süt, yumurta, tuz, su
14	Yumurtalı erişte	-	-	-	-	-	Durum buğdayı irmiği, yumurta sarısı toz, su

Tablo 2. Ağız, mide, ince bağırsak ve safra solüsyonu bileşenleri ve konsantrasyonları

	Ağız (1000 mL)	Mide (1000 mL)	İnce Bağırsak (1000 mL)	Safra (1000 mL)
	3,4 mL NaCl (175,3 g/L)	33 mL HCl (37 g/L)	13 mL KCl (89,6 g/L)	136 mL NaHCO ₃ (84,7 g/L)
Organik ve inorganik bileşenler	16 mL üre (25 g/L)	36 mL CaCl ₂ .2H ₂ O (22,2 g/L)	18 mL CaCl ₂ .2H ₂ O (22,2 g/L)	20 mL CaCl ₂ .2H ₂ O (22,2 g/L)
	30 mg ürik asit	2 g sığır serum albumin	2 g sığır serum albumin	3,6 g sığır serum albumin
				60 g safra
Enzimler	580 mg α-amilaz	5 g pepsin	18 g pankreatin	
	50 mg müsin	6 g müsin	3 g lipaz	
pH	7,0 ± 0,2	1,50 ± 0,1	7,5 ± 0,2	7,0 ± 0,2

Tablo 3. Makarna ve erişte örneklerinin başlangıç ve *in vitro* sindirim sonrasındaki GO, MGO içerikleri ile biyoerişilebilirlik yüzdeleri

Örnek	GO değerleri ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)*		MGO değerleri ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)**		Biyoerişilebilirlik (%)	
	Başlangıç	Sindirim sonrası	Başlangıç	Sindirim sonrası	GO	MGO
1	0,624 \pm 0,028 ^{gA}	2,367 \pm 0,106 ^{gB}	4,211 \pm 0,189 ^{eA}	5,563 \pm 0,250 ^{fB}	380 \pm 30	132 \pm 11
2	1,124 \pm 0,051 ^{eA}	4,810 \pm 0,216 ^{cB}	3,384 \pm 0,152 ^{fgA}	9,770 \pm 0,439 ^{eB}	429 \pm 34	289 \pm 23
3	1,408 \pm 0,063 ^{cdA}	5,065 \pm 0,228 ^{bcB}	4,527 \pm 0,203 ^{eA}	14,408 \pm 0,648 ^{cB}	361 \pm 29	319 \pm 25
4	0,931 \pm 0,042 ^{fA}	3,354 \pm 0,151 ^{deB}	4,337 \pm 0,195 ^{eA}	9,841 \pm 0,442 ^{eB}	361 \pm 29	227 \pm 18
5	0,523 \pm 0,023 ^{gA}	3,914 \pm 0,176 ^{dB}	4,172 \pm 0,187 ^{efA}	6,302 \pm 0,283 ^{fB}	750 \pm 60	151 \pm 12
6	1,543 \pm 0,069 ^{ca}	4,548 \pm 0,204 ^{cB}	7,883 \pm 0,354 ^{cdA}	8,679 \pm 0,390 ^{eB}	295 \pm 23	110 \pm 9
7	1,109 \pm 0,050 ^{eA}	3,905 \pm 0,176 ^{dB}	3,358 \pm 0,151 ^{gA}	8,813 \pm 0,396 ^{eB}	353 \pm 28	263 \pm 21
8	2,607 \pm 0,117 ^{aa}	5,404 \pm 0,243 ^{bB}	11,675 \pm 0,525 ^{aA}	19,985 \pm 0,898 ^{bB}	208 \pm 16	172 \pm 14
9	2,323 \pm 0,104 ^{ba}	5,387 \pm 0,242 ^{bB}	8,151 \pm 0,366 ^{bcA}	19,439 \pm 0,874 ^{bB}	232 \pm 18	239 \pm 19
10	0,532 \pm 0,024 ^{gA}	3,182 \pm 0,143 ^{efB}	1,641 \pm 0,074 ^{hA}	8,498 \pm 0,382 ^{eB}	600 \pm 48	519 \pm 41
11	1,305 \pm 0,059 ^{da}	2,958 \pm 0,133 ^{efB}	7,134 \pm 0,321 ^{dA}	9,327 \pm 0,419 ^{eB}	227 \pm 18	131 \pm 10
12	0,122 \pm 0,006 ^{hA}	0,847 \pm 0,038 ^{hB}	8,772 \pm 0,394 ^{ba}	24,932 \pm 1,121 ^{aB}	693 \pm 55	285 \pm 23
13	0,856 \pm 0,038 ^{fA}	6,624 \pm 0,298 ^{aB}	3,784 \pm 0,170 ^{efgA}	11,935 \pm 0,536 ^{dB}	776 \pm 62	316 \pm 25
14	0,246 \pm 0,011 ^{hA}	2,693 \pm 0,121 ^{fgB}	2,129 \pm 0,096 ^{hA}	6,564 \pm 0,295 ^{fB}	1098 \pm 87	309 \pm 25

*GO değerleri için küçük harfler sütundaki farkı, büyük harfler ise satırdaki farklılıkları göstermektedir ($p<0,05$).

**MGO değerleri için küçük harfler sütundaki farkı, büyük harfler ise satırdaki farklılıkları göstermektedir ($p<0,05$).

4. Sonuç

Çalışmamızda tüm ürünlerdeki GO ve MGO içerikleri önemli ölçüde artmıştır. GO için en yüksek artış yumurtalı eriştede görülürken, MGO'da ise standart makarnada görülmüştür. Sindirim süreci boyunca açığa çıkan serbest şeker miktarının gastrointestinal sistemde AGE öncüllerinin artışına katkıda bulunduğu düşünülmüştür. Bununla birlikte sindirim sonrasında her ne kadar ürünlerin GO ve MGO biyoerişilebilirlikleri artmış olsa da 100 g üründeki miktarlar incelendiğinde makarna ve eriştelerin diyet AGE öncülleri içeriğinin yüksek olmadığı görülmüştür. İnsan beslenmesi genel olarak karışık bir kompozisyona sahip olduğundan diyetle yer alan tüm besinlerin AGE içerikleri önem arz etmektedir. Bu nedenle ülkemizde sık tüketilen ürünlerin AGE öncülleri ve AGE içeriklerinin belirlenmesi ve bu içeriklerin azaltılabilmesine yönelik tekniklerin geliştirilmesinin halk sağlığı açısından önemli olduğu düşünülmektedir.

5. Teşekkür

Desteklerinden dolayı İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesine teşekkürlerimizi sunarız.

6. Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

7. Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye benzer oranda katkı sağlamış olduğunu beyan eder.

Kaynakça

- Aragno M., Mastrocola R. Dietary sugars and endogenous formation of advanced glycation endproducts: Emerging mechanisms of disease. *Nutrients* 2017; 9: 385.
- Arribas-Lorenzo G., Morales FJ. Analysis, distribution, and dietary exposure of glyoxal and methylglyoxal in cookies and their relationship with other heat-induced contaminants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2010; 58(5): 2966–2972.
- Cengiz S., Kışmıroğlu C., Çebi N., Çatak J., Yaman M. Determination of the most potent precursors of advanced glycation end products (AGEs) in chips, crackers, and breakfast cereals by high performance liquid chromatography (HPLC) using precolumn derivatization with 4-nitro-1,2-phenylenediamine. *Microchemical Journal* 2020; 158: 105170.
- Cintesun EE., Yaman M., Aslan R., Mizrak OF., Tanyildiz SN., Yildirim H., Bali R., Uçan B. Effects of different herbal teas on reducing the bioaccessibility of methylglyoxal in crackers under stimulated gastrointestinal digestive system. *Letters in Applied Nanobioscience* 2022; 11(2): 3421–3429.

- Cintesun EE., Tanyıldız SN., Yıldırım H., Mızrak OF., Yaman M. Investigation of the α -dicarbonyl compounds in some snack foods by HPLC using precolumn derivatization with 4-nitro-1,2-phenylenediamine. *Biointerface Research in Applied Chemistry* 2022; 12(2): 2242-2250.
- Degen J., Hellwig M., Henle T. 1,2-Dicarbonyl compounds in commonly consumed foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2012; 60(28): 7071-7079.
- Giannetti V., Mariani MB., Marini F., Biancolillo A. Effects of thermal treatments on durum wheat pasta flavour during production process: A modelling approach to provide added-value to pasta dried at low temperatures. *Talanta* 2021; 225: 121955.
- Gill V., Kumar V., Singh K., Kumar A., Kim JJ. Advanced glycation end products (AGEs) may be a striking link between modern diet and health. *Biomolecules* 2019; 9: 888.
- Goldberg T., Cai W., Peppas M., Dardaine V., Baliga BS., Uribarri J., Vlassara H. Advanced glycation end products in commonly consumed foods. *Journal of the American Dietetic Association* 2004; 104(8): 1287-1291.
- Kutlu T. Dietary glycotoxins and infant formulas. *Türk Pediatri Arşivi* 2016; 51: 179-185.
- Lee SJ., Lee SY., Chung MS., Hur SJ. Development of novel in vitro human digestion systems for screening the bioavailability and digestibility of foods. *Journal of Functional Foods* 2016; 22: 113-121.
- Liu K., Zheng J., Wang X., Chen F. Effects of household cooking processes on mineral, vitamin B, and phytic acid contents and mineral bioaccessibility in rice. *Food Chemistry* 2019; 280: 59-64.
- Negrean M., Stirban A., Stratmann B., Gawlowski T., Horstmann T., Götting C., Kleesiek K., Mueller-Roesel M., Koschinsky T., Uribarri J., Vlassara H., Tschoepe D. Effects of low- and high-advanced glycation endproduct meals on macro- and microvascular endothelial function and oxidative stress in patients with type 2 diabetes mellitus. *American Journal of Clinical Nutrition* 2007; 85(5): 1236-1243.
- Nie C., Li Y., Qian H., Ying H., Wang L. Advanced glycation end products in food and their effects on intestinal tract. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 2022; 62(11): 3103-3115.
- Ozgolet M., Yaman M., Zeki Durak M., Karasu S. The effect of five different sourdough on the formation of glyoxal and methylglyoxal in bread and influence of in vitro digestion. *Food Chemistry* 2022; 371: 131141.
- Papanikolaou Y. Pasta consumption is linked to greater nutrient intakes and improved diet quality in American children and adults, and beneficial weight-related outcomes only in adult females. *Frontiers in Nutrition* 2020; 7: 112.
- Perrone A., Giovino A., Benny J., Martinelli F. Advanced glycation end products (ages): biochemistry, signaling, analytical methods, and epigenetic effects. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* 2020; 1-18.
- Scheijen JLJM., Clevers E., Engelen L., Dagnelie PC., Brouns F., Stehouwer CDA., Schalkwijk CG. Analysis of advanced glycation endproducts in selected food items by ultra-performance liquid

- chromatography tandem mass spectrometry: Presentation of a dietary AGE database. *Food Chemistry* 2016; 190: 1145-1150.
- Snelson M., Coughlan MT. Dietary advanced glycation end products: digestion, metabolism and modulation of gut microbial ecology. *Nutrients* 2019; 11: 215.
- TÜBER 2015. T.C. Sağlık Bakanlığı Yayın No 1031. Ankara, 2016.
- Uribarri J., Woodruff S., Goodman S., Cai W., Chen X., Pyzik R., Yong A., Striker GE., Vlassara H. Advanced glycation end products in foods and a practical guide to their reduction in the diet. *Journal of the American Dietetic Association* 2010; 110(6): 911-16.e12.
- Yaman M. İleri glikasyon son ürünlerinin (ages) öncüllerinin *in vitro* biyoerişilebilirliklerinin bazı gıdalarda belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* 2021; 27: 598–604.
- Yaman M., Çatak J., Uğur H., Gürbüz M., Belli İ., Tanyıldız SN., Yıldırım H., Cengiz S., Yavuz BB., Kışmıroğlu C., Özgür B., Yıldız MC. The bioaccessibility of water-soluble vitamins: A review. *Trends in Food Science and Technology* 2021; 109: 552-563.
- Zhang Q., Wang Y., Fu L. Dietary advanced glycation end-products: Perspectives linking food processing with health implications. *Comprehensive Review in Food Science and Food Safety* 2020; 19(5): 2559-2587.
- Žilić S., Aktağ IG., Dodig D., Gökmen V. Investigations on the formation of maillard reaction products in sweet cookies made of different cereals. *Food Research International*. 2021; 144: 110352.