

T.C.
İSTANBUL SABAHATTİN ZAİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BESLENME VE DİYETETİK ANABİLİM DALI
BESLENME VE DİYETETİK BİLİM DALI

ÇEŞİTLİ ENERJİ İÇECEKLERİNDE
HİDROKSİMETİLFURFURAL DÜZEYLERİNİN
BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Buse BÜKE

İstanbul
Mayıs – 2023

T.C.
İSTANBUL SABAHATTİN ZAİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BESLENME VE DİYETETİK ANABİLİM DALI
BESLENME VE DİYETETİK BİLİM DALI

ÇEŞİTLİ ENERJİ İÇECEKLERİNDE
HİDROKSİMETİLFURFURAL DÜZEYLERİNİN
BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Buse BÜKE

Tez Danışmanı
Doç. Dr. Jale ÇATAK

İstanbul
Mayıs - 2023

TEZ ONAYI

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğüne,

Bu çalışma, jürimiz tarafından Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı, Beslenme ve Diyetetik Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman Doç. Dr. Jale ÇATAK

Üye Doç. Dr. Mustafa YAMAN

Üye Dr. Öğr. Üyesi Hilal DEMİRKESEN BIÇAK

Onay

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Erhan İÇENER
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ

Yüksek lisans tezi olarak hazırladığım “**Çeşitli Enerji İçeceklerinde Hidroksimetilfurfural Düzeylerinin Belirlenmesi**” adlı çalışmanın öneri aşamasından sonuçlandığı aşamaya kadar geçen süreçte bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle uyduğumu, tez içindeki tüm bilgileri bilimsel ahlak ve gelenek çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığımı, bu çalışmamda doğrudan veya dolaylı olarak yaptığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu beyan ederim.

Buse BÜKE

ÖN SÖZ

Yüksek lisans eğitimimin her aşamasında bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren, yardımlarını esirgemeyen ve sürekli destek olan değerli tez danışmanım, saygıdeğer hocam Sayın Doç. Dr. Jale ÇATAK'a,

Tez çalışmamda emekleri olan saygıdeğer hocam, Ana Bilim Dalı Başkanım Sayın Doç.Dr. Mustafa YAMAN'a,

Laboratuvar aşamasında bana destek olan, Ar. Gör. Ömer Faruk MIZRAK'a,

Yüksek Lisans eğitim sürecim boyunca her daim yanımda olan, bana desteklerini hiç esirgemeyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

Buse BÜKE

İstanbul-2023

ÖZET
ÇEŞİTLİ ENERJİ İÇECEKLERİNDE
HİDROKSİMETİLFURFURAL DÜZEYLERİNİN
BELİRLENMESİ

Buse BÜKE

Yüksek Lisans, Beslenme ve Diyetetik

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Jale ÇATAK

Mayıs, 2023 -75 sayfa

Enerji içecekleri, özellikle gençler arasında çok sık tüketilen bir alkolsüz içecektir. Bu çalışmada, çeşitli enerji içeceklerinde hidrokümetilfurfural (HMF) düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Enerji içecekleri yüksek konsantrasyonda kafein, tatlandırıcı, şeker ve B vitaminlerini içermektedirler. HMF, Maillard reaksiyonunun bir ara ürünü şeklinde veya asidik koşullarda hegzozların parçalanmasıyla meydana gelir. Gıdaların işlenmesi veya depolanması sırasında ortamın koşullarına bağlı olarak HMF oluşumu farklılık gösterir. HMF paketli ve işlenmiş birçok gıdada bulunur ve gıdaların kalite göstergesinde bir parametre haline gelmiştir. Alkolsüz içecekler ve meyve suları için HMF önemli kalite standartlarından biridir ve gıdaların işleme aşamasında maruz kaldıkları ısı seviyelerinin bir indeksi olarak kullanılmaktadır. HMF gıdaların uygunsuz koşullarda depolanması ile daha yüksek konsantrasyonlarda açığa çıkabilmektedir. Son dönemde gıdalarda meydana gelen HMF oluşumu ve konsantrasyonlarının insan sağlığı üzerinde mutajenik ve genotoksik etkilerine dikkat çekilmiştir. Bu nedenle bazı gıdalarda yüksek düzeyde görülen HMF için sınırlandırılmalar getirilmiştir. Çalışmamızda 21 adet farklı enerji içeceği örneği, İstanbul'daki marketlerden temin edilmiştir. Enerji içeceklerinin HMF düzeyleri, HPLC metodu ile belirlenmiştir. İncelenen enerji içeceği örneklerinin HMF düzeyleri 0,08 – 19,78 mg/L aralığında bulunmuştur. Analizi yapılan örneklerin HMF içerikleri standartlarda belirtilen maksimum değerlerin altında ve ilgili standart hükümlerine uygun bulunmuştur. HMF içeriğinin bir enerji içeceği örneğinde 19,78 mg/L olması, bu içeceğin yüksek sıcaklıkta ısıl işlem görmüş olması ya da uzun süre uygun olmayan sıcaklıkta saklanmış olması ile ilişkilendirilebilir. İnsan sağlığını ve gıda güvenliğini tehdit eden, kanserojen aktivite sergileyen HMF'nin, çeşitli gıda ürünlerindeki miktarlarının belirlenmesi ve depolanma aşamasındaki artış düzeylerinin de tespit

edilmesi gerekmektedir. Gıdalarda HMF oluşumunun engellenmesi veya miktarının azaltılması konusunda güncel çalışmalara ihtiyaç vardır. Daha fazla gıda için HMF'nin sınırlandırılması ve HMF miktarının yüksek olabileceği potansiyel gıdaların düzenli analizi, insan sağlığı için önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler: HMF, Enerji İçecekleri, Hidroksimetilfurfural.



ABSTRACT
DETERMINATION OF HYDROXYMETHYLFURFURAL
LEVELS IN VARIOUS ENERGY BEVERAGES

Buse BÜKE

Master, Nutrition and Dietetics

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Jale ÇATAK

May, 2023-75 Pages

Energy drinks are a very common soft drink, especially among young people. The aim of this study was to determine hydroxymethylfurfural (HMF) levels in various energy drinks available in the market. Energy drinks contain high concentrations of caffeine, sweeteners, sugar, and B vitamins. HMF is formed as an intermediate product of the Maillard reaction or by the breakdown of hexoses under acidic conditions. HMF formation varies depending on the ambient conditions during food processing or storage. HMF is found in many packaged and processed foods and has become a parameter in food quality indicators. For soft drinks and fruit juices, HMF is an important quality standard and is used as an index of the heat levels to which foods are exposed during processing. HMF can be released at higher concentrations when foods are stored under inappropriate conditions. Recently, attention has been drawn to the mutagenic and genotoxic effects of HMF formation and concentrations in foods on human health. For this reason, limitations have been introduced for high levels of HMF in some foods. In our study, 21 different energy drink samples were obtained from grocery stores in Istanbul. HMF levels of energy drinks were determined by the HPLC method. The HMF levels of the energy drink samples examined in our study were found in the range of 0.08 – 19.78 mg/L. The HMF contents of the analyzed samples were found to be below the maximum values specified in the standards and in accordance with the provisions of the relevant standards. The HMF content of 19.78 mg/L in a sample of energy drink may be attributed to the fact that this drink was heat-treated at a high temperature or stored at an inappropriate temperature for a long time. It is necessary to determine the amount of HMF, which exhibits carcinogenic activity that threatens human health and food safety, in various food products and to determine the increased levels during storage. Current studies are needed to prevent or reduce the

formation of HMF in foods. Limiting HMF in more foods and regular analysis of potential foods with high HMF levels is important for human health.

Key Words: HMF, Energy Drinks, Hydroxymethylfurfural.



İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	i
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ	ii
ÖN SÖZ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar LİSTESİ	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
KISALTMALAR	xii
SEMBOLLER	xiii
BİRİNCİ BÖLÜM	1
GİRİŞ	1
İKİNCİ BÖLÜM	4
LİTERATÜR TARAMASI	4
2.1.Enerji İçecekleri	4
2.1.1.Enerji İçeceklerinin İçeriği.....	6
2.2.Enerji İçeceklerinde Bulunan Bazı Bileşenler	6
2.2.1.Taurin	6
2.2.2.Kafein.....	7
2.2.3.Guarana	8
2.2.4.Ginseng	8
2.2.5.Glukuronolakton	9
2.3. Enerji İçecekleri ve İnsan Sağlığı	9
2.3.1. Enerji İçeceklerinin Toksikitesi.....	11
2.4. HMF.....	12
2.4.1 HMF Oluşumu ve Mekanizmaları	13
2.4.2.Enzimatik Olmayan Esmerleşmeler	14
2.4.3.Maillard Reaksiyonu	15
2.4.4.Şekerlerin Karamelizasyonu	16
2.5.Gıdalarda HMF	16
2.6.HMF Sindirimi ve Emilimi	18

2.7. HMF ve İnsan Sağlığı	19
2.8. Gıdalarda HMF Tayini.....	21
2.9. Türk Gıda Kodeksi Enerji İçecekleri ve Bal Tebliği	22
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	23
MATERYAL VE METOT	23
3.1. Araştırmanın Amacı	23
3.2. Araştırma Zamanı, Yeri ve Örnekler	23
3.3. Kullanılan Cihazlar ve Standartların Hazırlanması.....	23
3.4. Analizi Yapılan Ürünler ve Miktarları	24
3.5. Enerji İçeceklerinin Şeker Miktarları.....	27
3.6. Enerji İçeceklerinde Bulunan Diğer Bileşenler.....	29
3.7. HMF Tayini	29
3.7.1. Örneklerin Hazırlanması ve Analiz	29
3.7.2. HPLC Koşulları	30
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	31
BULGULAR.....	31
4.1. Ürünlerin HMF Miktarı	31
4.1.1. Enerji İçeceklerinin HMF Sonuçlarının Belirlenmesi	32
4.2. Ürünlerin Şeker ve HMF Miktarları	33
BEŞİNCİ BÖLÜM.....	35
TARTIŞMA	35
5.1. Numunelerin HMF Miktarlarının Değerlendirilmesi.....	35
5.2. Ürünlerin Şeker Miktarının HMF Açısından Değerlendirilmesi	36
5.3. Ürünlerin Diğer Bileşenlerinin Değerlendirilmesi.....	38
5.4. Enerji İçeceklerinin Tüketiciler Açısından Farkındalığı.....	40
5.5. HMF'nin Tüketici Açısından Değerlendirilmesi	42
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	44
KAYNAKÇA	46
ÖZGEÇMİŞ.....	60

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.5: Bazı Meyve Sularının HMF Miktarları.....	17
Tablo 3.1: Analizde Kullanılan Cihazlar.....	22
Tablo 3.2: Analizi Yapılan Ürünlerin İçeriği ve Menşei	25
Tablo 3.3: Araştırmaya Dahil Edilen Ürünlerin Besin Değeri Tablosu.....	27
Tablo 3.4: Araştırmaya Dahil Edilen Ürünlerin Diğer Bileşenleri Tablosu.....	28
Tablo 4.1: Çalışmaya Dahil Edilen Örneklerin HMF Miktarları.....	32
Tablo 4.2: Ürünlerin Şeker Miktarları ve HMF Konsantrasyonları.....	34

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.4: HMF'nin Yapısı.....	12
Şekil 4.1: Standart HPLC Kromatogramı.....	31
Şekil 4.2: Örnek HPLC Kromatogramı.....	31



KISALTMALAR

HMF	;Hidroksimetilfurfural
MR	;Maillard Reaksiyonu
MRÜ	;Maillard Reaksiyon Ürünleri
HPLC	;Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
5-SMF	;5-Sülfoksimetilfurfural
DSÖ	;Dünya Sağlık Örgütü
IFFJP	;Uluslararası Meyve Suyu Üreticileri Federasyonu
HMFA	;5-Hidroksimetil-2-Furanoik Asit
FDCA	;2,5-Furandikarboksilik Asit
CaCo-2	;İnsan Kolon Epitelyal Hücre
SULT	;Sülfotransferaz Enzimi
UV	;Ultraviyole

SEMBOLLER

dk	:Dakika
g	:Gram
°C	:Santigrat Derece
L	:Litre
mg	:Miligram
ml	:Mililitre
nm	:nanometre
kg	:Kilogram
μ l	:Mikrolitre
μ g	:Mikrogram
%	:Yüzde
vb	:ve bunun gibi
vd	: ve diğçerleri

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Enerji içecekleri uyanıklığı ve fiziksel performansı arttırmayı sağlayan alkolsüz içeceklerdir. Temel bileşeni kafein olmakla beraber içerisinde taurin, ginseng, glukuronolaktan ve B grubu vitaminleri bulunmaktadır. İçerdiği yüksek miktarlarda kafein ile uyanıklığı sağlayarak, duygudurumunu iyileştirebilmektedir. Enerji içeceklerindeki kafeinin, zihin ve hafızayı da olumlu etkilediği bilinmektedir (Alsunni, 2015).

Market raflarında yerini koruyan bu ambalajlı kutu içecekler 50-500 mg arasında kafein ve yüksek miktarlarda şeker içermektedir. Sağlık yetkilileri tarafından bu içeceklerin yüksek dozlarda tüketilmesi durumunda kafeinin vücutta toksik hale geldiği ve şeker içerikleri açısından bireylerde kilo problemlerine neden olabileceği bildirilmiştir (Arria vd., 2011).

Enerji içeceklerinin tüketimini değerlendiren araştırmalar, ilk sırayı genç erkeklerin oluşturduğunu vurgulamaktadır. Bu duruma yönelik ise son dönemde enerji içecekleri pazarlarında, kadın cinsiyetine özel reklam kampanyaları ve daha fazla çeşitlilikte enerji içecekleri piyasaya sürülmeye başlanmıştır (Arria vd., 2010).

Enerji içecekleri gıda sektöründe en agresif reklamlar ve sloganlarla genç nüfusu hedef kitlesi olarak belirlemiştir. Önerilen günlük tüketim miktarlarından fazla tüketilmesi, içerdiği yüksek kafeinden dolayı sağlık problemlerinin gelişmesine yol açabilecek bir endişe haline gelmiştir (Reissig vd., 2009).

Kafeinin diyetle çeşitli yiyecek ve içeceklerle alımı yetişkinlerde günlük 400 mg'ı aşmadığı takdirde sağlıkla ilgili herhangi bir problem teşkil etmemektedir. Kafein alımı arttıkça (500 mg ve üzeri) bireylerde sinirlilik, gerginlik ve kalp ritminde ani yükselmeler gibi semptomlar görülebilmektedir. Daha yüksek alımlarda ise hayati komplikasyonlar gelişebilmektedir (Willson, 2018).

Tüketicie sunulan gıdalara uygulanan ısıt işlemler ve gıdaların uzun süreler depolanabilmesi, esasen tüketicinin gıdaya ulaşımı ve satın alma aşamasını kolaylaştırmak için uygulanan prosedürlerdir. Ne yazık ki bu işleme yöntemleri gıdada istenmeyen kirleticilerin açığa çıkmasına neden olur. Gıdada ısıt işlem maruziyetleri

sonucu en yaygın oluşan ürünlerden biri de hidroksimetilfurfural (HMF)'dir (Habibi vd., 2018).

HMF gıdalarda renk ve tat farklılaşmasına sebep olan, şekerlerin dehidrasyonu ile meydana gelen bir Maillard reaksiyonu ürünüdür (MRÜ). Gıdalarda HMF, hem işleme hem de depolama aşamasında daha yüksek konsantrasyonlara ulaşabilmektedir. HMF'nin insanlar üzerinde toksik etkiler geliştirebileceği çalışmalarla desteklenmektedir ve birçok ülkede belli gıdalarla alınan HMF'nin kısıtlanması yönünde prosedürler uygulanmaya başlamıştır (Basumallick ve Rohrer, 2016).

HMF'nin olası sağlık risklerini meydana getirmesinin en temel sebebi gıdalarla ciddi oranlarda HMF'ye maruz kalmaktır. Diyetle sağlanan günlük HMF alımının 10 mg ve üzerinde olması HMF maruziyeti olarak kabul edilmektedir. İşlenmiş paketli ve şeker içeriği yüksek gıdalarda HMF yaygın olarak görülür, bunun yanı sıra bazı aminoasitlerin de HMF oluşumuna neden olabileceği bilinmektedir. Gıdalarda HMF oluşumunu kontrol edebilmek için gıdanın uygun koşullarda depo edilmesi ve işleme aşamalarında ortam şartlarının HMF oluşumunu tetiklememesi gerekmektedir (Kowalski vd., 2013).

Yine de karbonhidrat açısından zengin gıdalarda HMF görülme ihtimali daha yüksektir ve bu gıdalar için HMF, ısı işleme ölçebilen bir standart haline gelmiştir. Paket sütler, kahveler, makarna, kurabiye ve hatta ekmekte bile HMF görülmektedir (Michalak vd., 2019).

HMF maruziyetinin karaciğer ve sinir sisteminde toksik etkiler yarattığı, genotoksik ve metajenik etkileri olduğu açıkça bildirilmiştir (Mesias vd., 2020).

Günümüzde gıda sektöründeki reklamlar, tüketicilerde yarattığı büyük etki ve akıl oyunları sayesinde gereksinimleri olmayan ancak bunları satın almaya yönlendirecek düzeyde tüketiciyi kontrol altına alabilecek yeterliliktedir. Enerji içecekleri de pazarlanırken aynı stratejide, tüketiciye normalin üzerinde bir enerji vaat eder (Rambe ve Jafeta, 2017).

İçeceğin asıl işlevi enerji patlaması yaratarak, zihinsel ve fiziksel gücü arttırmasıdır. Bu nedenle özellikle öğrenciler ve gençlerin büyük bir kısmı için sık tüketilen içecekler haline gelmişlerdir. Enerji içeceklerinin tanıtımı da özellikle en çok gençlerin vakit harcadığı sosyal medya mecralarında yapılmaktadır. İnternet vasıtasıyla görsel

hafızaya yerleştirilen bu reklamlar, gıda seğim davranışını etkilemeyi amağlamıştır (Buchanan vd., 2017).

Enerji içecekleri genę nüfus için her geçen g¼n artan satın alınmaya bağlı olarak önemli bir sağlık sorunu haline gelmeye başlamıştır. Günümüzde enerji içecekleri ile ilgili en büyük endişe ise bu içeceklerin alkolle karıştırılarak tüketilmesidir. Tatlandırıcı ilavesi bulunan enerji içeceklerinin, diğer iğeeeklere kıyasla çok daha fazla şeker iğerdiği de diğer bir potansiyel sağlık riski olarak gör¼lmekte ve genęler için endişe yaratmaktadır (Pomeranz vd., 2013).

Alkolsüz içeceklerde şeker içeriklerinden kaynaklı işleme ve depolama koşullarına bağlı olarak bazı gıda kontaminantları meydana gelebilir. Yiyeceklerde sıklıkla bulunduğu gibi içeceklerde de bu kontaminantlardan biri olan HMF gör¼lür. Gıdalarda meydana gelen besin kayıpları ve bu ara ürünlerin toksik etkisi nedeniyle HMF gıdalar için kalite göstergesi olarak değerlendirilir. Özellikle alkolsüz içecekler ve HMF oluşumu arasındaki ilişkiyi değerlendiren ęalıřmalar kısıtlıdır (Czerwonka vd., 2018). Bu araştırmanın amacı, genęler tarafından tüketimi sürekli artan enerji içeceklerinin HMF miktarının HPLC yöntemi ile belirlemektir.

İKİNCİ BÖLÜM

LİTERATÜR TARAMASI

2.1.Enerji İçecekleri

Enerji içecekleri zihinsel uyanıklığı sağlamak, duygu durumunu iyileştirmek ve fiziksel gücü arttırmak için kullanılan içeceklerdir. Dünya çapında son dönemde enerji içecekleri tüketimi oldukça artmıştır (Ishak vd., 2012).

Enerji içecekleri başta kafein olma üzere taurin, glukuronolakton, şeker ve B vitaminlerini içerir. İçeriğinde sıklıkla guarana ve açai bulunabilir. Dünya çapında özellikle ergen ve yetişkin bireylerde birçok sosyal nedenlerden dolayı enerjiyi arttırmak için alınmaktadır. Ergen ve genç yetişkinler için enerji içeceğinin tüketim sıklığı %30 ve %50 arasında saptanmıştır (Aslam vd., 2013).

Dünya üzerinde enerji içeceği ilk kez bir firma ile varlığını 1987 yılında Avusturya'da ortaya koymuştur, devamında birçok farklı enerji içeceği piyasaya sunulmuştur. Kullanımının artmasıyla beraber kafein ve taurin içeriği yüksekliği nedeni ile piyasada satışa çıkması istenmemiştir, hatta bazı ülkelerde yasaklanmıştır. Günümüzde enerji içeceklerinin en sık tüketildiği yaş aralığı 18 ve 34 olarak belirlenmiştir. Özellikle yetişkin bireylerde performans artırıcı olarak kullanılmaktadır (Lévy vd., 2019).

Dünya üzerinde bir süredir enerji içeceklerine talep büyük oranda artmakta ve bu durum enerji içeceklerinin popülaritesini arttırmaktadır. Enerji içecekleri oldukça yüksek oranda kafein içerir. Kafein içeriğine ilişkin yapılmış bir çalışma bir enerji içeceğinin yalnızca 100 ml kadarının yaklaşık 8 fincan kahveye tekâmül ettiğini bildirmiştir. Genç bireylerde enerji arttırmaya yönelik kullanılan bu içeceklerin içerdiği bileşenler kaynaklı veya yüksek dozlarda tüketilmesi olumsuz sağlık sonuçlarına neden olmaktadır (Rahamathulla, 2017).

Enerji içeceklerinin çok nadir tüketimi ve az dozlarda alınması, herhangi bir sağlık problemi olmayan bireylerde neredeyse hiç risk veya komplikasyon geliştirmemektedir. Ancak, sık sık, önerilen dozların üzerinde veya ilaçlarla beraber alınması, kalp veya damar problemleri olanlarda birtakım komplikasyonların gelişebileceği öngörülmektedir (Gutiérrez-Hellín ve Varillas-Delgado, 2021).

Yaklaşık bir porsiyon kadar enerji içeceği 80 mg kadar kafein içermektedir. Ancak

bazı enerji içeceklerinde kafein miktarı 300 mg'a kadar çıkabilmektedir. Kafein başlıca bir uyarıcı olarak bilinir; kan akışı ve kan basıncının hızlı yükselmesi, aynı zamanda kalbin hızlanmasına neden olabilmektedir (Kaur vd., 2019).

Kafeinin günde 5 ve 10 g arasında alınması insanlarda, hayati tehlikeye neden olabilmektedir. Kafein dozu kahve için ortalama boyutlardaki 1 fincanda 75 – 150 mg'dır. Bu oran enerji içeceklerinde değerlendirildiğinde, 1 porsiyonda 80 – 200 mg kafeine eř değerdir (Ellerman vd., 2022).

Enerji içeceklerinin asıl bileşenlerinden bir diğeri ise taurindir. Taurin beslenmede hayvansal kaynaklı (et ve balık gibi) gıdalarda bulunur ve diyetle önerilen alım miktarı 40 – 400 mg/gün kadardır. Ancak, yaklaşık 10 adet farklı enerji ieği incelenmiş ve taurin düzeylerinin çok daha yüksek olduğu görülmüştür (Erdmann vd., 2021).

Enerji içeceklerinin ergenlerde ve çocuklarda tkutilmesi, nöral gelişimleri henüz tamamlanmadığı için beyin fonksiyonlarına zarar verebileceği düşünülmektedir, bu içeceklerin tüketimi uygunsuz görülmektedir. Özellikle enerji içeceklerinde, kafein ve taurinin birlikte bulunmasının veya her ikisinin de ayrı Őekillerde vücuda alınmasının sinir kök hücrelerine hasar verdiği konu olmuştur (Serdar vd., 2019).

Ergen ve çocuklarda sürekli enerji ieği tüketiminin başarısızlık, okuldan uzaklaşma ve tütün ürünleri kullanma gibi davranışlar sergileyebilme potansiyellerinin olduğu bildirilmiştir. Enerji içeceklerinin içeriğinde yüksek konsantrasyonlarda Şeker bulunur ve bu durum da ergenlerde sağlık problemlerine yol açabilir (Mansour vd., 2019).

Meyveler ve meyve sularının antioksidan özellikleri sahip oldukları flavonoidler, polifenoller ve askorbik asit içeriğine atfedilir. Henüz enerji içeceklerinin antioksidan özellik sergilediğine dair net bir kanıt bulunmamakla beraber, taurin ve ginseng bileşenlerinin bu içeceklerde yeteri düzeyde olması durumunda antioksidan özellikler sergileyebileceği bildirilmiştir (Nowak ve Gořliński, 2020).

Özellikle taurinin sergilediği aktivitelerden birinin de egzersiz veya yorgunluk sonrasında, DNA da oluşan hasarı düzeltmek üzerine olduğu bildirilmiştir. Vitamin C ise özellikle meyve sularının içeriğinde bulunan güçlü bir antioksidandır ve paketli işlenmiş çoğu gıdaya hem ürün içeriğini hem de depolama süresini arttırabilmek için eklenmektedir (Raizel vd., 2019).

Ginseng, yine antioksidan olmakla beraber antiinflamasyon ve antikanserojen özelliklere sahiptir (Al-Shaar vd., 2017). Ancak, alkolsüz içeceklerin içerdiği

antioksidan kapasitesinin yalnızca eklenen bileşenlerden kaynaklı değil, aynı zamanda içerisinde renklendirici olarak bulunan, özellikle karamel bazlı renklendiricilerden kaynaklı olabileceği de düşünülmektedir (Brenna, 2014).

2.1.1.Enerji İçeceklerinin İçeriği

Enerji içecekleri birden fazla enerji arttırıcı bileşen madde ve yüksek oranda kafein içeren içeceklerdir. Bir enerji içeceği ortalama 500 ml'lik porsiyonda 200 ml kadar kafein içermektedir. İçeriğinde bulunan enerji artışını sağlayan bazı bileşenler ise taurin, ginseng, guarana, şeker ve B vitaminleridir (Emond vd., 2014).

Enerji içeceği bileşenlerinden biri olan guarananın yaklaşık bir gramı 40 – 80 mg arasında kafein içerir, bu sebeple enerji içeceklerinin içeriğinde bulunan kafein miktarı belirlenen dozdan fazla olabilir. Bu durum, insan vücudunu yüksek düzey kafeine maruz bırakabilir. Kafein uyanıklığı arttırır, duygu durumunu iyileştirir fakat yüksek doz tüketimi çarpıntı, uykusuzluk, sık idrara çıkma ve dehidrasyonun artması gibi olumsuz sağlık etkilerinin görülmesine sebep olabilmektedir (Alrasheedi, 2016).

Ortalama 500 ml kutulardaki enerji içecekleri 54 g kadar şeker içeriğine sahiptir. Enerji içeceklerinin karbonhidrat ve şeker içerikleri oldukça yüksektir. Güncel çalışmalar içeceklere eklenen şekerin ve bunun düzenli tüketimin obeziteye neden olan faktörtörlerden biri olduğunu vurgulamıştır (Adepoju ve Ojo, 2014).

Birçok enerji içeceğinde yer alan guarana, ginseng ve taurin miktarları nispeten şeker ve kafeine göre daha az olumsuz sağlık sonuçlarına neden olmaktadır. Özellikle içeriğinde yer alan ana maddeler olan kafein ve şekerin, miktarlarının fazla olması olumsuz sağlık problemlerinin oluşmasıyla doğrudan ilişkili bulunmuştur (Rath, 2012).

2.2.Enerji İçeceklerinde Bulunan Bazı Bileşenler

2.2.1.Taurin

Taurin, enerji içeceklerinde bulunan bileşenlerden biridir. İnsan vücudu için gereklidir ve hücre içi bir aminoasittir. İnsan vücudu bebeklik döneminde veya herhangi bir hastalıkta taurini dışarıdan sağlarken sağlıklı yetişkin bireyler diğer aminoasitlerden taurini sentezler (Clauson vd., 2008).

Taurin diğer aminoasitlerden farklı olarak kas, iskelet kası ve kalp gibi diğer dokularda

yoğun şekilde bulunmaktadır. Günlük beslenme ile taurin ihtiyacı karşılanabilir. Günümüzde taurin takviyesi her yaş grubu için yararlı görülmüştür. Hatta eksikliğinde göz, kalp ve beyin fonksiyonlarında anomalilikler görülebilmektedir (Rais vd.,2023).

İnsan vücudu yüksek oranda taurin alımında, fazla olan taurini idrar ile vücuttan uzaklaştırır, bu nedenle kardiyovasküler sorunlara neden olmadığı düşünülmektedir. Hatta taurinin enerji içeceklerindeki yüksek konsantrasyonlarının sebebi, vücudu kafein ve kafeinin yan etkilerine karşı koruyabilmek adına olduğu bilinmektedir (Bkaily vd., 2020).

Ancak yüksek düzeylerde taurin, hayvanlarda herhangi bir probleme neden olmazken kafein ile beraber alınması hayati sonuçlara neden olabileceğine dair de bir zıt görüş vardır. Bu durum insanlarda ele alındığında genel olarak atletik performans açısından değerlendirilmektedir (Tarragon vd., 2021).

2.2.2.Kafein

Kafein; çay, kahve ve kakao gibi bitkilerden doğal yollar ile elde edilir. İnsan vücudunda uyarılmayı sağladığı için birçok hazır gıdaya eklenir. Kafein birçok ilaçta, gıda takviyeleri ve doğal besinlerde bulunduğu için, kafein alımının yüksek olduğu tahmin edilir. Özellikle son dönemde enerji içeceklerinin tüketiminin artışı, kafein alımının yeni bir kaynağı şeklinde değerlendirilmektedir. Enerji içecekleriyle kafeine maruziyet artmış durumdadır (Bailey, 2014).

Kafein, uyarıcı nörotransmitterlerin salınımını arttırarak yorgunluk semptomlarını azaltan, uyarılmayı sağlayan ve bilişsel performansı arttırıcı etkileri ile bilinir. Tüm bu etkiler değerlendirildiğinde, yetişkin ve ergen bireylerin beyin fonksiyonları hala gelişme döneminde olduğu için kafein gereksinimleri bulunmamaktadır. Kafeinin bilişsel performansı olumlu etkilediği bilinir, ancak ergenlik dönemindeki çocuklarda bilişsel performansı olumsuz etkileyebileceği düşünülmektedir (Curran ve Marczinski, 2017).

Kafein dozları için; 100 mg kadar kafeinin uyanık kalma süresine etki ettiği, 250 mg kafeinin kalp hızını arttırdığı ve 10 g ile üzerinin ise geri dönüşü olmayan hayati komplikasyonların gelişmesine neden olabileceği bildirilmiştir (Enriquez ve Frankel, 2017).

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), enerji içecekleri, meyve ve sebze suları, hazır olarak

satılan kahve ve çay bazlı tüm içeceklerin serbest olarak şeker içeren içecekler grubuna ait olduğunu belirtmiştir. Statista şirketinin elde ettiği sonuçlara göre 2021 yılında Türkiye’de bir kişinin ortalama 27,95 litre (L) kadar bu içeceklerden tükettiği bildirilmiştir (Gün ve Dursun, 2022).

2.2.3.Guarana

Guarananın eski uygarlıklarda ateş ve ağrıları azaltabildiği literatürde yer almaktadır. Aynı zamanda migren ağrıları ve enerji verici bir ilaç olarak kullanılmıştır. Guarana, günümüzde birçok besine eklenmekte ve birçok besinin içeriğinde yer almaktadır. Genellikle enerji içeceklerine de guarananın özütleri eklenmiştir (Patrick vd., 2019).

Guaranın sağlığa olumlu etkileri uzun bir süre kafeine atfedilmiştir, güncel olarak yapılan çalışmalar guaranın kafein haricinde tek başına ruh halini ve bilişsel beceriyi olumlu etkilediğini göstermiştir (McLellan ve Lieberman, 2012).

Guarana, yüksek kafein içeriği sebebiyle ilk dönemlerde sporcularda enerjiyi arttırmak adına kullanılmıştır. Enerji içeceklerinin içeriğine eklendikten sonra çok daha fazla talep görmeye başlamıştır, hatta ağırlık kaybı sağlamak amacıyla da kullanıldığı olmuştur (Cavalcanti vd., 2020).

Guarana birçok bitkiden daha fazla kafein içeriğine sahiptir. Hatta guarananın içerdiği kafeinin, kahveden sağlanan kafeinin neredeyse 4 misli kadar olduğu bilinmektedir. Şu anda guarananın, enerji arttırıcı özelliği ile popüleritesi artmıştır ve buna bağlı kullanım alanları da artmaya başlamıştır (Fajardo vd., 2019).

2.2.4.Ginseng

Ginseng, yıllardır şifalı bitkilerden biri olarak alternatif tıpta kullanılmıştır. Günümüzde de gıda takviyelerinde ve birçok gıda da kullanılan aktif bileşenlerden biridir (Ghosh vd., 2020).

Potansiyel enerjiyi arttırabilme ve yorgunluk semptomlarını hafiflettiği gerekçesiyle sağlık üzerinde olumlu etkilerine rastlanmıştır. İnsan vücuduna çeşitli gıda takviyeleriyle alınabilir ve bunun önerilen alım miktarı 2700 mg ile sınırlandırılmıştır. Yüksek doz alımı hipertansiyon ve bazı psikolojik ataklara sebep olabilmektedir (Ariffin vd., 2022).

Enerji içeceklerine takviye edilen ginsengin uzun QT sendromunun gelişimine yol

açabileceği söylenmiştir. Belli miktarda ginseng eklenmiş bir enerji içeceğinin, aynı dozda doğal ginseng ile aynı etkiyi yaratmadığı; doğal ginseng özütünün QT uzamasına yol açmadığı görülmüştür (Winniford, 2019).

2.2.5. Glukuronolakton

Glukuronolakton, doğal olarak gıdalarda bulunur ve bu gıdalar ile vücuda alınır. Enerji içeceklerinde glukuronolakton kullanımı oldukça yaygındır. İnsan vücudu glukuronolaktonu doğal gıdalarla da sağladığı için bu durumun toksik etki oluşturabileceği düşünülür. Ancak günümüzde böyle bir kanıt bulunmamaktadır. Bir enerji içeceği ile alınan glukuronolakton, günlük gereksinim miktarının yaklaşık 500 katına eşdeğer olduğu bildirilmiştir (Kutia vd., 2020).

2.3. Enerji İçecekleri ve İnsan Sağlığı

Enerji içeceklerine atfedilen aktivite, fiziksel ve bilişsel performansı arttırmak ve iyileştirmektir. Bu etkilerin içeceklerde bulunan ginseng, guarana, taurin vb. bileşenlerin kombinasyonları tarafından sağlandığı düşünülmektedir, ancak bu etki günümüzde henüz araştırma konusu olmamıştır. Gıda pazarlarında bu bileşenlerin olağan sağlık etkileri adı altında enerji içecekleri pazarlanmaktadır. (Chatterjee ve Abraham, 2019).

Enerji içeceğinin insan vücuduna etki eden en bilinen özelliği içerdiği ana etken maddesi olan kafein sayesinde zihinsel performansa etki etmesidir. Kafein, insan vücuduna birçok nedenden dolayı alınmaktadır. En başlıca nedenleri yorgunluğu hafifletmek ve vücuda enerji sağlamaktır (Mahoney vd., 2019).

Enerji içeceklerinin sağlık etkilerini değerlendirmek amacıyla yetişkin bir grup ile yapılan randomize kontrollü çalışmada, bireyler arasında uyanıklık süresi ve halsizliğin enerji içeceği tüketimi ile yakın ilişkisi bulunmuştur. Kafeinin, adenosin reseptörü ile bir yarış haline girerek uyku bozukluğuna sebebiyet verebileceği bildirilmiştir. Beraberinde birçok çalışma atletik sporcularda enerji tüketiminin genel performansı iyileştirdiğini göstermiştir (Al-Shaar vd., 2017).

Bir kutu enerji içeceği ortalama 80 mg kafein içerir. Diğer içeceklerden ayrılan yönü tatlandırıcı ilavesi bulunan herhangi bir içecekten neredeyse üç misli kadar fazla kafein içeriyor olmasıdır. Enerji içeceklerinin bazı ilaçlar ya da alkolle beraber alınması gibi

durumlarda istenmeyen sağlık problemleri görülebilir (Nowak ve Jasionowski, 2015). Enerji içecekleri yalnızca kafein değil birçok bileşen ile kombine edilmiş katkı maddeleri içerir. Şimdiye kadar diğer bileşenlerin insan sağlığına tek başına herhangi bir atıfta bulunması ya da kombinasyon şeklinde birlikte bulunmalarının etkisi yeteri kadar açıklanamamıştır (Higgins vd., 2018).

Taurin, birçok fizyolojik olayda görev alır. Enerji içeceklerinin içeriğinde bulunan taurin, sinir sistemi üzerinde yarattığı baskılardan kaynaklı bir kaygı efektörü olarak bilinmektedir. Taurin, kas gruplarında anomalilikler veya herhangi bir sinir sistemi bozukluğu yaşıyan bireylere bir adjuvan tedavisi olarak verilir. Ginsengin ise literatürde; tansiyon düzeylerinde bozulma, uyku problemleri ve mide bulantıları gibi olumsuz yan etkileri bulunmaktadır (Woolsey vd., 2014).

Kafeine bağlı olumsuz sağlık sonuçlarının görülmesi, kişilerin tükettiği doz ve hassasiyete göre meydana gelmektedir. Aşırı doz kafein alımı kısa dönemde yan etki olarak baş ağrısı, yorgunluk, kaygı ve bilişsel bozukluklara sebep olabilir. Daha uzun süreler ve aşırı doz alınması ise gastrointestinal semptomlar, böbrek ve karaciğer fonksiyonlarında bozulmalara neden olabilmektedir Akut olarak 10 – 14 g kafein alımı, yaşımsal faaliyetler açısından ciddi bir tehlike oluşturmaktadır (Ehlers vd., 2019).

Kafein alımı çocuklarda kg başına 3 mg/gün, gebelerde ise 200 mg/gün ile sınırlandırılmıştır (Verster vd., 2018).

Enerji içeceklerinde bulunan kafeinin insan vücudunda bilişsel ve kardiyooktif etkilere neden olduğu birçok çalışma ile kanıtlanmıştır. Bu içecekler yoğun miktarlarda Şeker içeriklerine sahip içecek gruplarındandır. Bu durum kanda glukoz yükselmesi ve kardiyovasküler hastalıkların gelişme riskini arttırmaktadır (Alsunni vd., 2015).

Enerji içeceklerinin aşırı tüketimiyle vücutta fizyolojik problemler ile beraber bazı davranışsal bozukluklar da görülebilmektedir. Son dönemlerde yapılan bir araştırma, kafeinin yüksek doz alınması durumunda uyku ve dikkat problemleri, anksiyete, baş ağrısı, çarpıntı ve sinirlilik hali gibi ruhsal problemler ile karşılaşıldığını bildirmiştir (Jahrami vd., 2020).

Özellikle gençler arasında enerji ieği tüketenlerde, alkol ve tütün ürünleri gibi maddelerin kullanılmaları arasında yakın bir ilişki olduğu düşünülmektedir. Kafeinli enerji içeceklerini tüketen ergenler üzerinde gerçekleşen çalışmalar, bu çocukların

enerji ieeği tüketmeyenlere kıyasla daha fazla nikotin ve alkol kullanımının olduğunu tespit etmiştir (Harris ve Munsell, 2015).

2.3.1. Enerji İçeceklerinin Toksisitesi

Enerji içecekleri genellikle içerik kısmında belirtilen miktarlardan daha fazla kafein içerdiği için gizli bir kafein kaynağı olarak bilinmektedir. Yüksek miktarlarda kafein maruziyeti, kafein toksisitesi ve kafein zehirlenmesini meydana getirebilmektedir. Kafeinin insan vücudunda toksik olması için eşik değerler bulunmaktadır. Sağlıklı bireylere bakıldığında; yetişkinlerde bu sınır günlük 400 mg, ergenlerde 100 mg'dır. (Seifert vd., 2013).

Kafeinin 1,2 g veya üzerinde alınma durumunun toksik etki oluşturabileceği ve 10 – 14 g arasında kafein maruziyetinin ise hayati fonksiyonları sonlandırabileceği n görülmektedir (van Dam ve Willett, 2020).

Enerji içeceklerinin toksik etki veya toksik sendrom oluşturmasının en temel sebebi içeriğindeki kafein miktarıdır. Geçmişinde karaciğer hastalığı ve şu anda Tip 2 diyabet hastalığına sahip erkek bir birey üzerinde yapılan çalışmada, düzenli olarak günde 2 kutu enerji ieeği tüketiminin sonucunda gastrit, hepatit ve pankreas iltihabı meydana gelmiştir. Enerji ieeği tüketimi bırakıldığında ise iltihabi semptomlar ve diğer tüm parametrelerin düzeldiği görülmüştür (Uwaifo, 2019).

Enerji içecekleri gıda pazarında g reklamları ile yerini halen korumaya devam etmektedir. DSÖ, geçtiğimiz yıllarda enerji içeceklerinin ileride büyük bir halk sağlığı problemi olma potansiyeli taşmakta olduğunu bildirmiştir. Özellikle son dönemde g reklamları ile gündemde olması enerji içeceklerinin alkolle beraber tüketimini yeni bir trend haline gelmiş durumda (Yusupova ve Firdavs, 2022).

Kısa dönemde tüketilen enerji içeceklerinde, toksik etki görülmesine sebep olan tüketim dışında bazı faktörler olduğu düşünülmektedir. Bunlar; reklamlar, etiketlerde yetersizlik ve tüketicilerin bu ieelere yöneliminin artmasıdır. Bu içecek grubuna özel olarak hazırlanan performans arttırıcı ve agresif hareketlerin bulunduğu reklamlar, etiketlerde kafein ve bazı bileşenlerin miktarının gizlenmesi, toksik etkilere neden olan diğer faktörlerdendir (Reissig vd., 2009).

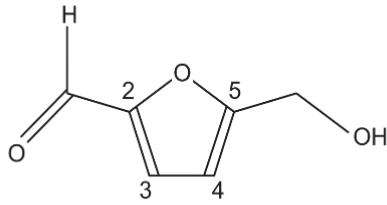
Enerji içeceklerinin fazla tüketimi kalp hızında anormallikler ve kalp krizi riskine neden olabilir. Fazla tüketimlerinin veya fazla kafein alımına bağlı kardiyo toksik etki

oluşturabileceği bildirilmiştir. Kafeinle ilgili toksisite verilerinden bazıları hipertansiyon, ataklar, nöbetler ve ölümlere sebep olabileceğini göstermektedir (Beauchamp vd., 2017).

Enerji içeceği tüketimine bağlı olarak görülen nöbetlerin izlendiği 5 yetişkin, 1 çocuk olacak şekilde 6 adet çalışma bulunmaktadır. Özellikle çocukları kapsayan çalışmada, bir çocukta; 1 adet kahve ve ardından 2 kutu enerji içeceği tüketildikten hemen sonra nöbet atakları izlenmiştir (Wolk vd., 2012).

2.4. HMF

HMF'nin yapısında aldehit ve hidroksimetil grupları bulunur. HMF moleküler ağırlığı 126,11 g/mol, hacmi 1,2062 g/cm³'tür (Kowalski vd., 2013). Furan bir halkaya sahip hem aromatik aldehit hem de alkol içeren bir bileşiktir (Menegazzo vd., 2018).



Şekil.2.4. HMF'nin Yapısı

Kaynak: (Kowalski vd., 2013)

HMF gıdalarda renk değişimine sebep olan Maillard reaksiyonunun yaygın bir ürünü olarak meydana gelmektedir. Gıdalarda meydana gelen HMF, işleme ve depolama kriterlerine göre farklılık gösterebilir (Janzowski vd., 2000).

Esasen HMF, gıdada meydana gelen ve enzimatik olmayan esmerleşmenin bir kanıtıdır. Gıdalarda HMF kaçınılmazdır, ancak taze gıdalarda HMF oluşumunun neredeyse hiç gözlemlenmediği de söylenmektedir. İşlenmiş ve paketlenmiş birçok gıdada HMF bulunur. Üretim aşamalarında ve uygunsuz koşullarda depo edilmesi gıdaların kalitesini etkiler. Özellikle meyve bazlı gıdalar bu şartlara maruz kaldığında fiziksel ve bazı tat değişikliklerine uğramaktadırlar (Kus vd., 2005).

HMF genel olarak meyve suları, bal, reçel, pekmez, süt ve şekerli gıdalarda bulunur. Bazı parenteral maddelerde ve sigara dumanında da HMF'ye rastlanmıştır (Surh vd.,

1994).

Karamelize soslar ve tatlandırıcılar da diğerk bir HMF kaynağıdır. Makarna, ekmek ve ısı ile kızartma işlemine maruz kalan ekmek, bebek bisküvileri, kahvaltılık gevrekler ve bazı alkollü içeceklerde de yine HMF'ye rastlanmıştır (Morales, 2008).

Meyve suları, süt, bal ve reçellerde HMF yalnızca Maillard reaksiyonu ile değil aynı zamanda yüksek ısıya maruz kalınması durumunda da görülmektedir. Günümüzde HMF'nin kimyasal reaksiyonlar dışında kullanılan pişirme yöntemleri ile de görülebileceği kanıtlanmıştır. Buna verilebilecek en iyi örnek en hızlı ve yüksek ısıda yiyeceklerin ısıtılmasını sağlayan mikrodalgalardır. HMF insan vücuduna gıdalar ile alındıktan sonra da sindirime uğrar ve daha sonra emilir, idrar ile vücuttan uzaklaştırılır (Koszucka ve Nowak, 2019).

Gıda yoluyla vücuda alınan aşırı dozlarda HMF, hücrelerde toksik bir etki oluşturabilmektedir. Üst solunum, mukus ve gözlerde bu etki gözlenmektedir. Beslenme yoluyla günlük 2 – 30 mg HMF alımı insan sağlığı için tehlikeli bulunmamıştır (Pastoriza vd., 2017).

Gıdalarda HMF'ye rastlanılması yıllardır endişe yaratmıştır. Şimdiye kadar yapılan HMF çalışmaları, bu bileşiğin DNA'da ve DNA ipliklerinde değişiklikler meydana getirebildiğini göstermiştir. Yakın dönemde sıçanlar üzerinde yapılan bir çalışmada, HMF'nin sıçan hücrelerinde kansorejen ve genotoksik etkilerin başladığını bildirmiştir. HMF'nin gıdalarda var olması endişe yaratırken, bazı gıdalarda HMF varlığı, gıdanın nitelik açısından değerlendirilmesinde kontrol noktası olmuştur (Teixidó vd., 2006).

2.4.1 HMF Oluşumu ve Mekanizmaları

HMF gıdalarda farklı şekilde görülebilir; Maillard reaksiyonunda bir ara ürün şeklinde ve gıdaların ısıya maruz kalmasıyla asitli ortamlarda heksozların dehidrasyona uğraması ile görülebilir. HMF hemen hemen her koşulda oluşabilir. İnsanlarda gıdalarla alınan HMF sülfotransferaz enzimi ile SMF (Sülfooksümetilfurfural)'ye dönüşümünden kaynaklı olumsuz sonuçlar meydana gelmektedir (Ou vd., 2020).

Özellikle fırınlanarak ısıya maruz kalan gıdalarda heksozların, pentozlardan 4 – 5 kat kadar fazla HMF açığa çıkardığı bilinmektedir (ALjahdali ve Carbonero, 2019).

HMF, gıdalarda fazla ısıya ve uzun süre depolanma gibi faktörlere bağlı olarak

gelişmektedir. Bu faktörler ortamın pH, sıcaklık ve serbest su oranı ve gıdanın şeker türüdür. Esasen HMF oluşumu birçok faktöre dayalı olduğu için kontrol edilmesi mümkün değildir (Shapla vd., 2018).

Gıdalarda HMF oluşumu büyük bir endişe konusu haline gelmiştir ve HMF oluşumunda en önemli iki faktör ısı ve pH'tır. Şimdiye kadar birçok gıdada HMF düzeylerini tespit etmek için HPLC yöntemine başvurulmuştur (Gökmen ve Şenyuva, 2006).

HMF oluşumunda 2 ana mekanizma bulunur. Bunlardan biri Maillard reaksiyonu, diğeri ise asidik ortamda şekerin dehidratasyonudur (Lee vd., 2019).

2.4.2.Enzimatik Olmayan Esmerleşmeler

Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları; Maillard ve fenol bileşiklerin reaksiyonu, şekerlerin karamelizasyonu ve askorbik asidin oksidasyonunu kapsayan reaksiyonlardır (Hong ve Betti, 2016).

Bu reaksiyonların meydana gelmesinin, gıdada istenen renk değişimleri ve gıdanın antioksidan konsantrasyonunun artmasıyla ilişkili olduğu öngörülmektedir (Manzocco vd., 2000).

Enzimlere bağlı olmadan, gıdanın gereğinden fazla ısınması, uygunsuz pH gibi faktörlerden kaynaklanan hatta depolama aşamasında da devam edebilen ve gıdanın renk değişimine uğraması sonucunda meydana gelen bir reaksiyondur. Özellikle meyve bazlı sularda depolama aşamasında çok sık bu reaksiyon ve türevlerine rastlanılmaktadır (Bharate S. ve Bharate B., 2014).

Enzimatik olmayan esmerleşmeler özellikle koyu renkli olan gıdalarda gıdaya istenilen rengi verebilmektedir. Fakat bu reaksiyon istenilenden fazla gelişirse, gıdanın yapısına ve kimyasına zarar verebilecek birtakım değişiklikler meydana gelebilmektedir. Bu reaksiyonun istenilmediği gıdalar da vardır. Bunlar; meyve suları ve özellikle açık renkli içeceklerdir. Gıdalarda enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlar sonucunda, lisin ve lösin gibi aminoasitlerde değişiklikler meydana gelmektedir. Bu da gıdanın kalitesini etkiler ve içeriğinde istenmeyen reaksiyonların oluşumuna neden olabilmektedir (Croguennec, 2016).

2.4.3.Maillard Reaksiyonu

Gıdalarda Maillard reaksiyonu 3 ana aşamadan oluşmakta ve kademeli şekilde meydana gelmektedir (Yıldız vd., 2010).

- Maillard reaksiyonlarında başlangıçta, amino gruplarının indirgen şekerlerin karbonil grubuyla ayrışması süreci ile gelişir. Bu reaksiyonun başlaması ile Schiff bazı meydana gelir, daha sonra Amadori ve Hyens tekrardan dizilir (Lund ve Ray, 2017).
- İkinci aşamada asidik ortamda hem Amadori hem de Hyens, enole dönüşme sürecine girer (Yu vd., 2021).

İkinci aşamada bir alkol ürünü oluşur, fakat bu kısımda reaksiyon asidik ortamda meydana gelirse pentozlar fufurala evrilir, heksozlardan ise HMF meydana gelmiş olur. Bu aşamada gıdanın tadında ve renginde değişiklikler görülür (Miranda vd., 2022).

- Üçüncü aşamada ise oluşan ara ürünler polimerize olur ve melanoidin polimerleri görülür. Gıdaya kahverengini verir (Yıldız vd., 2010).

MRÜ'ler, un içeriğine sahip gıdaların rengini veren bileşiklerdir. Özellikle unlu mamullerin pişirilme aşamasında Maillard reaksiyonu gerçekleşir ve ara ürünler oluşarak gıdaya kahverengini verir. Ekmek, makarna ve hamur gibi gıdalarda en önemli ara ürünlerden biri HMF'dir (Capuano vd., 2008).

Araştırmalar süt, unlu mamuller ve kahve türevlerinde MRÜ'lerin varlığını kanıtlamıştır. Maillard reaksiyonu, gıda içeriğinden kaynaklı oluşmaktadır. Ancak gıdanın pişirilmesi ve yeniden ısıya maruz kalması gibi durumlarda da meydana gelebilir. Özellikle fırın ve kızartma yöntemleri ile hazırlanan gıdalarda, diğer yöntemler ile pişirilenlere göre bu ara ürünleri görmek daha çok mümkündür (Delgado-Andrade vd., 2010). Gıdalarda ısı işlem sırasında ısının yükselmesi veya su kaybetmesiyle Maillard reaksiyonu ve karamelizasyon işlemleri beraber gerçekleşebilir (Rufián-Henares vd., 2009).

MRÜ'lerin, insanda kanser hücrelerinin çoğalmasına sebep olduğu söylenmiştir. Fakat bu ara ürünlerin bir antioksidan görevi gördüğüne dair görüşler de bulunmaktadır. Antioksidan özellik sergileyen bu ara bileşikler, gıdaların kullanım süresini uzatmak için etkili bir yöntem olarak görülmektedir. Özellikle sağlık açısından en riskli bulunan MRÜ'lerden biri olan akrilamid, insanlarda meme, yumurtalık gibi üreme organları ve böbrek kanserlerini tetiklediği gerekçesiyle kansere neden olabilecek bir bileşik

şeklinde anılmaktadır. Akrilamid'e en çok karbonhidrat ve şekerden zengin gıdalarda rastlanmaktadır (Ciesarova vd., 2009).

Akrilamid ve HMF işlenmiş gıdalarda yağ, karbonhidrat ve/veya kalori içeriği yüksek gıdaların işleme aşamasında görülebilmektedir. Özellikle mutfakta kullanılan pişirme yöntemlerinden olan fırın ya da yağ ve yüksek ateşte kızartılan gıdaların çoğunda yaklaşık olarak 150 g akrilamide rastlanmıştır. İstenmeyen bu yüksek akrilamid düzeylerini azaltabilmek için nişastalı besinlerin hazırlanmadan suda bekletilmesi öneri olarak sunulmuştur (Chang vd, 2020).

2.4.4.Şekerlerin Karamelizasyonu

HMF, indirgeyici şekerlerin asit katalizi ve ısıya maruz kalarak karamelizasyona uğraması sonucunda da oluşabilir. Bu tepkime ile sükroz; glikoz ve serbest fruktoza parçalanır. Tepkime kuru bir ortamda ve ortam ısısının 250 °C'nin üzerinde olduğu durumlarda meydana gelir (Choudhary vd., 2021).

Şekerlerin karamelizasyon reaksiyonları, şekerin farklılaşması ve ayrılması ile oluşur. Gıdalarda meydana gelen karamelizasyonda, Maillardda olduğu gibi HMF ve alfa-dikarbonil ara ürünleri meydana gelir. Şeker içeriği yoğun gıdaların ısı ve pişirilme süresine bağlı olarak karamelizasyon reaksiyonları görülür (Taş ve Gökmen, 2017).

Şekerlerin karamelizasyonu esasen, enzimatik olmayan esmerleşmelerden biridir. Şekerler için belirli bir erime ve kaynama noktası vardır. Erime noktalarından daha yüksek bir sıcaklığa maruz kaldıklarında renk pigmentlerinde ve tatta değişiklikler meydana gelmektedir. Beraberinde içeriğindeki polisakkaritler, monosakkaritlere kadar parçalanır. Monosakkaritlerden; heksozlar epimerizasyon ile HMF'yi, pentozlar ise furfural ve metilfurfuralı meydana getirir (Morales, 2008).

Karamelizasyon, gıdalarda karbonhidrat kaynaklı meydana gelir. Karbonhidrat veya şekerlerin ısıya maruz kalması ile oluşmaya başlar. Karamelizasyon ile furanlar, hidroksi bileşikler ve türevleri açığa çıkar. Bu ürünler gıdalara tat ve aroma vermektedir (Zhang vd., 2015).

2.5.Gıdalarda HMF

HMF, en çok karbonhidrat içeriği yüksek gıdalarda görülür ve HMF için ana bileşen monosakkaritlerdir. HMF, monosakkaritlerin asidik ortamda enol ve türevlerine

dönüşmesi ve beraberinde ısıya bağlı beta eliminasyonu ile monosakkaritlerin hidrolize edilmesi sonucunda gerçekleşir. Özellikle gıdalardan şeker ve asit içeriği yüksek olanlar, HMF oluşumu için en uygun şartları sağlayan gıdalardır (Jalili ve Ansari, 2015).

Gıdalarda, HMF ve furfural gibi kimyasal reaksiyonların meydana gelmesi gıda içeriğinde bulunan şekerlerin türevi ve miktarı ile doğrudan bağlantılıdır. Meyve sularında ve paketlenmiş sütlerde furanik bileşiklerin görüldüğü bildirilmiştir (Petisca vd., 2014).

Ortalama 500 gıda için yapılan bir analizde meyve suları ve karamel içeren gıdalarda 1 g/kg'ı aşan HMF değerleri bulunmuştur. Karamel içeren gıdalarda 9,5 g/kg HMF konsantrasyonları bulunmuştur (Severin vd., 2010).

Günlük beslenmede tüketilen gıdalarla HMF belli bir düzen ve miktarda alınmaktadır. HMF'nin düzenli alımı ve biyoyararlanımı hakkında yetersiz kanıtlara sahip açıklamalar bulunmaktadır. İnsan beslenmesi için gıda yoluyla alınabilecek günlük HMF miktarı 30 ve 150 mg aralığında belirlenmiştir (Delgado-Andrade vd., 2008).

DSÖ, gıdalarda HMF konsantrasyonları için belli sınırları belirtmiştir. Bal için bu sınır 40 mg/kg ve özellikle elma suyu konsantreleri için ise 50 mg/kg olarak bildirilmiştir. Meyve konsantreleri (25 mg/L) ve meyve suları (5 – 10 mg/L) için, Uluslararası Meyve Suyu Üreticileri Federasyonu (IFFJP) HMF sınırlaması yayınlamıştır (Abu-Bakar vd., 2014).

Meyve sularının uygunsuz depolanması, enzimatik olmayan esmerleşme gibi birçok reaksiyonu meydana getirir ve gıdanın kalitesini önemli ölçüde azaltmaktadır. Meyve sularının içeriğindeki indirgeyici şekerler, aminoasitler ve polifenoller; esmerleşmeye neden olan asıl bileşenler olarak görülmektedir (Buglione ve Lozano, 2002). İçeceklerdeki HMF konsantrasyonlarının aralığı 0,8 – 2 mg/L olarak beyan edilmiştir (Doğan ve Toker, 2015).

Žilić vd. (2004), soya fasulyesinin 1 veya 2 dakika (dk)'lık mikrodalga ve kızılötesi ile ısıtılması sonucu akrilamid bileşenlerinin oluşumuna neden olduğunu tespit etmiştir. Kullanılan yöntemlerle akrilamid oluşumunun ısıtılan süre ve derecesiyle doğru orantıda arttığını; HMF'nin kullanılan tüm yöntemlerde büyük oranda arttığını ancak en yüksek HMF'ye mikrodalga yöntemiyle ulaşıldığını göstermiştir (Tamanna ve Mahmood, 2015). Tablo 2.5'de bazı içeceklerin HMF miktarları bulunmaktadır.

Tablo 2.5: Bazı Meyve Sularının HMF Miktarları

Meyve Suları	HMF Değerleri (mg/kg)
Elma suyu	7.4 – 19
Üzüm Suyu	6.3
Elma ve üzüm suyu (karışık)	21.9
Portakal suyu	0.4 – 4.2
Erik suyu (paketli)	707.7
Dut Suyu	5.7

Kaynak: Choudhary vd., 2021

2.6.HMF Sindirimi ve Emilimi

HMF sindirim çalışmaları, HMF'nin kolayca sindirildiğini ve idrar ile vücuttan uzaklaştırıldığını göstermektedir. HMF metabolizmasında; HMF, 5-hidroksimetil-2-furanoik aside (HMFA) yükseltgenir; daha sonra N-5-hidroksimetil-2-furoil (glisin)'i açığa çıkarmak için N-(5-hidroksimetil-2-furoil) glisine (HMFG, HMFA'ya bağlanmış olan glisindir) bağlanmasını kapsamaktadır. HMFG ve HMFA insanlarda idrar ile vücuttan atılan ara ürünlerdir. HMF konsantrasyonları artarken HMFG/HMFA oranı azalmaktadır (Capuano ve Fogliano, 2011).

Tam bu aşamada reaksiyonu yavaşlatan ara madde ise serbest glisin miktarıdır. HMF 2,5-furandikarboksilik asidi (FDCA) oluşturabilmek için ise daha fazla yükseltgenme reaksiyonunda bulunur. Laboratuvar ortamında yapılmış bir çalışmada, diyetle verilen HMF'nin idrarla vücuttan uzaklaştırıldığı durumda FDCA, HMFA ve HMFG ara ürünleri tespit edilmiştir (Shapla vd., 2018).

HMF, gastrointestinal sistemde hızlıca sindirilir ve kolaylıkla emilir. Ancak HMF'nin fazla olduğu durumlarda ise taşınır. İki kez pişirilen normal ve bebek bisküvilerini değerlendiren bir çalışmada, gıdalar mideyi terk ettiğinde HMF seviyelerinin arttığı bildirilmiştir (Hamzalıoğlu ve Gökmen, 2020).

İnsan kolon epitelyal hücre (CaCo-2) hattı, bağırsak epiteline benzer aktiviteler sergiler. Bu nedenle gıdaların metabolize olmasını görebilmek amacıyla kullanılır. Sindirime uğramış kahvaltılık gevreklerin, HMF konsantrasyonlarını incelemek amacıyla kullanılan CaCo-2 hattından ciddi oranda etkilendiği gösterilmiştir (de La Cueva vd., 2017).

Farelere ve sıçanlara verilen 0,08 ve 500 mg arasında HMF'ye gastrointestinal yollarda rastlanılmıştır. CaCo-2 hattında HMF konsantrasyonların emilimini hızlıca tamamladığı bildirilmiştir. HMF'nin hem diyet posası hem de gıdanın bileşiminden etkileneceği de eklenmiştir. HMF, insan vücudunda sindirime uğrayıp ve idrarla atıldıktan sonra vücutta kalan HMF kalıntılarını tespit edebilmek adına insanlar üzerinde bir çalışma yürütülmüştür. Çalışma 7 katılımcı içerirken, yaklaşık 24 mg HMF'ye eşdeğer erik reçeli (20 g) yedirilmiştir. Beslenmeden sonra, idrar testi yapılmıştır ve test sonuçları, alınan HMF'nin tamamının atılmadığını yani vücutta kalmaya devam ettiğini bildirmiştir (Frag vd., 2020; Teixidó vd., 2006).

İnsanlarda HMF, SMF'ye metabolize olmaktadır. Özellikle çalışmalar, çocuklarda bu enzimin SMF'ye rahatlıkla dönüştüğünü bildirmiştir (Zhao vd., 2017).

SMF, denek sıçanlarda DNA'da özellikle böbrek hücrelerine ilişkin bir zarar meydana getirmiştir. Genel olarak hem HMF hem de SMF sıçanlar için ciddi sağlık sorunları ve kanser hücrelerinin oluşmasına sebep olmaktadır (Zhao vd., 2018).

Anaerobik sindirimde fenol ve furanların aktivasyonu üzerine yapılan bir çalışmada, furfural ve HMF miktarları incelenmiştir. HMF 5 mg/L düzeylerinde sindirime olumlu etkiler sağlamış, fakat 5 mg/L üzerindeki seviyelerde olumsuz sonuçlar görülmüştür (Caroca vd., 2021).

2.7. HMF ve İnsan Sağlığı

HMF birçok hayvan deneklerinde toksik etkiler açığa çıkarmış olduğu halde insanlar üzerinde oluşturduğu toksisite hala net değildir. Yine de insanlar için bir sağlık riski olarak anılmaktadır. Bunun en temel sebebi ise sık tüketilen yiyeceklerde (kahve, karamel, şeker türevleri ve unlu mamuller) HMF seviyelerinin yüksek bulunmuş olmasıdır (Giovanelli ve Cappa, 2021).

HMF'nin SMF'ye evrilmesi, insan sağlığı için tehdit olarak görülmektedir. Bu dönüşüm kanser yapıcı etkilerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. HMF alımının sınırı aşıldığında cilt ve üst solunum problemleri görülebilir. Aşırı doz ve uzun vadede HMF maruziyeti daha ciddi komplikasyonlara, kanser hücrelerinin gelişmesi ve bazı organlarda hasara neden olabilmektedir (Hoxha vd., 2019).

Aynı zamanda HMF çok fazla bitkisel ilaçta, organları korumayı görev edinen bir bileşen olarak bulunur. HMF'nin antioksidan ve antiproliferatif özellikler

sergileyebildiği, yapılan çalışmalar ile anlaşılmıştır (Zhao vd., 2014).

Pek çok çalışma HMF için antioksidan özellik sergilediğini ve kırmızı kan hücrelerinin oraklaşmasını engellediği bildirmiştir. Hatta hemorolojiyi iyi duruma entegre ettiği de konu olmuştur (Li vd., 2011).

HMF, fare deneklerinde anormal kript odaklarının gelişimine öncü olmuş ve deride farklı dokuların gelişimine neden olmuştur. Ulusal Toksikoloji Programı bu konuda, HMF'nin kanserojen aktivitesini değerlendirmeyi amaçlamıştır. B6C3F1 fareleri, yaklaşık 2 yıllık süreçte yüksek oranda HMF ile beslenmiştir. Beslenen fareler dışı olmakla beraber sürenin sonunda, düşük oranda bir kanserojenlik izlenmiş ve karaciğer adenomları görülmüştür. HMF'nin bu aktivitesinin, SMF'ye dönüşümünden kaynaklı olduğu düşünülmektedir (Monien vd., 2009).

Ulusal Çevre Sağlığı Bilimleri Enstitüsü, fareleri 2 yıl kadar yüksek dozlarda HMF'ye maruz bırakmıştır. Farelerde 2 yıl sonunda kanserojen özellik geliştirme durumu görülmemiştir. Hatta HMF'nin antioksidan özellikler sergilediği keşfedilmiştir (Greilberger vd., 2021).

Yüksek konsantrasyonlarda HMF maruziyeti insan vücudunda hücrelerde toksik etkilere neden olabilir. Beslenme haricinde HMF maruziyeti, deri ve üst solunum yollarında sağlık problemlerinin gelişmesini tetikler (Murkovic ve Pichler, 2006).

Surh vd. (1994) sıçanlara 10 ve 25 mmol HMF'nin ilaç şeklinde verilmesi durumunda deri tümörlerinin gelişebileceğini göstermiştir. Farklı bir araştırmada, HMF işleyişinin, deri tümörleriyle anlamlı bir bağlantısı kurulamamıştır (Janzowski vd., 2000).

HMF'nin takviye şeklinde alfa ketoglutarik asitle birlikte alınmasının, antioksidan içeriğini arttırdığı ve bu durumun sporcularda performans artışını sağladığı görülmüştür. Cerrahi operasyonlara tabi tutulacak bireylere, HMF'nin alfa-ketoglutarik asitle gıda takviyesi şeklinde verilmesi operasyon öncesi ve sonrası durumlarda nörobilişsel işlevi kazanmayı hızlandırmaya katkı sağladığı bildirilmiştir (Wölkart vd., 2017).

HMF, kanserojen ve mutajenik etkiler gösterebilmektedir. Çalışmalardan elde edilen sonuçlara istinaden HMF'nin SULT enzimleri ile SMF'ye dönüşümünün DNA ve genomlarda mutasyona neden olabileceği görülmüştür. SMF, DNA ile etkileşimde bulunma özelliğine sahiptir ve bu etkileşim ile farklı DNA eklentileri meydana

gelmektedir (Pastoriza vd., 2017).

HMF'nin kanserojen özellik sergileyebileceği düşünülmekte olup şimdiye kadar yapılan çalışmalarda, kolonda görülen anormal kript odaklarının oluşumuna neden olduğu bildirilmiştir. İnsanlarda ise HMF'nin karsinojenik aktivitesi sergileyebileceği henüz net değildir (Lamiyan vd., 2021).

HMF'nin toksik etkisini ve kansere neden olabilme durumunu değerlendirmek adına çok geniş boyutta, ABD Ulusal Toksikoloji Programı tarafından sıçan ve fareler üzerine bir çalışma yürütülmüştür. Deneklerde, koku alma gibi üst solunum yollarında bozulmalar görülmüştür. Düzenli olarak 2 yıl boyunca HMF alımı dışı deneklerde karaciğer kanseri görülme riskini arttırmıştır (Elmaoğulları vd., 2020).

2.8.Gıdalarda HMF Tayini

Gıdalar, birçok sebepten dolayı ısıtılma maruz kalabilir. Isıya maruz bırakılan neredeyse tüm gıdalarda bir reaksiyon gelişir. Beslenme açısından gıdalar üzerinde meydana gelen tepkimeler değerlendirildiğinde, oluşan ara ürünlerin aktivitesi gıda üzerinde önem arz etmektedir. Isıtılma maruziyeti ile açığa çıkan akrilamid, furfurallar ve özellikle işleme sırasında oluşan HMF gibi ara ürünler, insan sağlığı ve gıda üzerinde istenmeyen oluşumlara neden olabilmektedir (Oral vd., 2014).

Şu anda gıdaların HMF konsantrasyonlarını belirleyebilmek adına spektrofotometrik cihazlar ve yöntemler kullanılmaya devam edilmektedir. Hazırlık aşamasının vakit alması ve zararlı kimyasalların kullanımı bu yöntemleri tehlikeli kılmaktadır (Risner vd., 2006).

HMF'nin insan sağlığı üzerinde gözlenen toksik etkileri sebebiyle gıdaların HMF konsantrasyonlarının ölçülebilmesi için yeni metotlar geliştirilmiştir. Bu metot, yüksek performanslı sıvı kromatografisi olarak bilinen HPLC'dir. HPLC maliyet durumunu zorlamama, çözünürlük ve duyarlılık açısından günümüzde HMF tayininde en çok rağbet gören yöntemdir (de Andrade vd., 2016).

HPLC, esasen bir ayırma metodudur. Uyarlanabilir bir yöntemdir, fakat kullanılmadan önce çalışmaya uygun hale getirilmesi gereken kriterleri vardır. HPLC metodunun kullanılması girift bir iştir sebebi ise birçok kriterin birlikte uyarlanması ve daima kontrol altında olması gerekir (Sahu vd., 2018).

HPLC, kolon kromatografisi yönteminden esinlenerek geliştirilmiştir. HPLC nin asıl

işlevi, çözeltileri numunelerin içerisinde var olan maddelere ayrıştırma ve miktarını tespit etmektir. HPLC; çözünürlüğü yüksek, hızlı analiz verebilen, diğer sistemlerden daha yüksek mobil faz basıncı ve bu fazın kontrollü akış hızını sağlama gibi aktivitelere sahip olan bir yöntemdir (Bhardwaj vd., 2015).

2.9.Türk Gıda Kodeksi Enerji İçecekleri ve Bal Tebliği

Enerji içecekleri, Türk Gıda Kodeksi (2017/4) Enerji İçecekleri Tebliği'nde yer alan "Enerji içeceği; Kafein içeren, taurin, glukuronolakton, inositol, karbonhidrat, aminoasitler, vitaminler, mineraller ve diğer gıda ve bileşenlerini içerebilen, aromalandırılmış, alkolsüz içeceği ifade eder" tabiri ile tanımlanmıştır.

Tebliğ'de yer verilen ürünün özellikleri; "Enerji içeceğinde toplam kafein miktarı 150 mg/L'den fazla olamaz. Enerji içeceğinin bileşiminde inositol 100 mg/L, glukuronolakton 20 mg/L, taurin 800 mg/L'den fazla olamaz" şeklindedir.

Enerji içecekleri için Tebliğ'de herhangi bir HMF değeri veya kısıtlaması bulunmamaktadır.

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğine göre "Fırıncılık veya sanayi balları hariç, diğer ballarda HMF miktarı 40 mg/kg'dan fazla olamaz. Ancak üretildiği bölge etiketinde belirtmek koşulu ile tropikal klima bölgeleri kaynaklı ballarda ve/veya bunların karışımında HMF oranı en fazla 80 mg/kg'dır."

Enerji içeceklerinin HMF değerleri üzerine herhangi bir tebliğ bulunmadığı için bal tebliğinde yer alan HMF miktarı 40 mg/kg'dan fazla olamaz ibaresine göre kıyas edilmiştir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE METOT

3.1.Araştırmanın Amacı

Enerji içecekleri, zihinsel uyanıklığı sağlamak ve fiziksel gücü arttırmak için kullanılan içeceklerdir. Dünya çapında son dönemde enerji içecekleri tüketimi oldukça artmıştır (Ishak vd., 2012). HMF gıdalarda renk değişimine sebep olan Maillard reaksiyonunun yaygın bir ürünü olarak meydana gelmektedir (Janzowski vd., 2000). İşlenmiş ve paketlenmiş birçok gıda da HMF bulunur hatta bu işlenmiş gıdalar için bir kalite standardı haline gelmiştir. Üretim aşamalarında ve uygunsuz koşullarda depo edilmesi gıdaların kalitesini etkiler. Özellikle meyve bazlı gıdalar bu şartlara maruz kaldığında fiziksel ve bazı tat değişikliklerine uğrar (Kus vd., 2005).

Bu araştırmanın temel amacı çeşitli enerji içeceklerinin HMF miktarlarının belirlenmesidir. Araştırmanın örneklemini oluşturan tüm enerji içecekleri HMF değeri açısından birbiri ile kıyas edilmiştir.

3.2.Araştırma Zamanı, Yeri ve Örnekler

Araştırma, 2022 yılının Ekim ve Kasım aylarında İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi AR-GE kimya laboratuvarında yapılmıştır. Çalışmanın örneklerini, İstanbul'da bulunan yerel marketlerden kolaylıkla temin edilebilen, 21 adet farklı enerji içeceği oluşturmuştur. Örnekler, analiz aşamasına kadar kuru ve serin ortamda muhafaza edilmiştir. Örneklerde bulunan HMF miktarları, HPLC yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

3.3. Kullanılan Cihazlar ve Standartların Hazırlanması

Araştırma sırasında kullanılan ekipmanlar Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Analizde Kullanılan Cihazlar

Analizde Kullanılan Cihaz	Markası
HPLC	UFLC-Shimadzu
Analitik Terazî	Radwag – AS 220R2
Otomatik Pipet	Axypet
Şırınga	Tıbset
Şırınga Filtresi	ISOLAB (25 mm)
Çalkalamalı Su Banyosu	Lab Companion
Santrifüj	Hıtachi CR22N
Vortex Karıştırıcı	Biobase
Su Destilasyon Cihazı	Direct-Q 3 UV ultrapure
Beherglas	ISOLAB
Deney Tüpleri	ISOLAB
Vial Tüpler	ISOLAB
Buzdolabı	Uğur

Analiz esnasında kullanılan tüm çözeltiler çalışmaya başlanacağı zaman hazırlandı. Karışımlar hazır hale getirildi ve çözeltiler süzme cihazından süzöldü. Ultrasonik su banyosunda gazı alındıktan sonra kullanıldı.

1.Hidroklorik Asit (HCl) Çözeltisi (0,1 N): 1 L'lik balon joje içerisinde 8,28 mL hidroklorik asit alındı ve ardından hacim saf su ile tamamlandı.

2.Standart HMF Stok Çözeltisi (100 mg/L): 100 mL'lik balon joje içerisinde 10 ml olarak tartılan HMF standardı konuldu. Çözelti hacmine tamamlandı.

3.4. Analizi Yapılan Ürünler ve Miktarları

Araştırmada kullanılan 21 adet ürünün içerisinde yer aldığı bildirilen bileşenler ve menşelerine Tablo 3.2'de yer verilmiştir.

Tablo 3.2. Analizi Yapılan Ürünlerin İçeriği ve Menşei

Ürün	İçerik	Menşei
1.Ürün	Su, sakkaroz, glikoz, asit (sitrik asit), karbondioksit, asitlik düzenleyici (sodyum bikarbonat), taurin (800 mg/L), kafein (150mg/L), vitaminler (niasin, pantotenik asit, B6, B12), aroma vericiler, renklendiriciler (sade karamel, riboflavin).	Avusturya
2.Ürün	Su, asit (sitrik asit), karbondioksit, asitlik düzenleyici (sodyum bikarbonat), taurine (800 mg/L), tatlandırıcılar (asesülfam K, aspartame), kafein (150mg/L), vitaminler (niasin, pantotenik asit, B6, B12), aroma vericiler, kıvam artırıcı ksantam gam, renklendiriciler (sade karamel, riboflavin), fenilalanin kaynağı.	Avusturya
3.Ürün	Su, sakkaroz, glikoz, asit (sitrik asit), karbondioksit, asitlik düzenleyici (trisodium sitrat), taurin (800 mg/L), kafein (150mg/L), vitaminler (niasin, pantotenik asit, B6, B12), aroma vericiler, renklendiriciler (sade karamel, beta-apo-8'-karotenol(C30), riboflavin), stabilizörler (ağaç reçinesinin gliserol esteri, sukraz astat izobütirat).	Avusturya
4.Ürün	Su, sakkaroz, glikoz, asit (sitrik asit), karbondioksit, asitlik düzenleyici (sodyum sitrat), taurin (800 mg/L), kafein (150mg/L), vitaminler (niasin, pantotenik asit, B6, B12), aroma vericiler, stabilizörler (ağaç reçinesinin gliserol esteri, sukroz asetat izobütirat).	Avusturya
5.Ürün	Su, sakkaroz, glikoz, asit (sitrik asit), karbondioksit, asitlik düzenleyici (sodyum sitrat), taurin (800 mg/L), kafein (150mg/L), vitaminler (niasin, pantotenik asit, B6, B12), aroma vericiler, stabilizörler (ağaç reçinesinin gliserol esteri, sukroz asetat izobütirat), renklendiriciler (sade karamel, brilliant blue FCF).	Avusturya
6.Ürün	Su, sakkaroz, glikoz, asit (sitrik asit), karbondioksit, asitlik düzenleyici (sodyum bikarbonat), taurin (800 mg/L), kafein (150mg/L), vitaminler (niasin, pantotenik asit, B6, B12), aroma vericiler, renklendiriciler (sade karamel, brilliant blue FCF).	Avusturya
7.Ürün	Su, şeker, karbondioksit, asit (sitrik asit), asitlik düzenleyici (sodyum sitrat), taurine (750mg/L), aroma vericiler, koruyucular (potasyum sorbat, sodium benzoate), kafein (en fazla 150 mg/L), niasin (nikotinamid), pantotenik asit (D-pantotenat, kalsiyum), inositol (20 mg/L), renklendirici (antosiyaninler), vitamin B6 (piridoksin hidroklorür), vitamin B12 (siyanokobalamin).	Türkiye
8.Ürün	Su, şeker, asitliği düzenleyiciler (sitrik asit, sodyum sitrat), karbondioksit, taurin (600 mg/L), aroma vericiler, koruyucu (potasyum sorbat), kafein (en fazla 150 mg/L), inositol (100 mg/L), renklendirici (allura red*), guarana ekstratı, glukuronolakton (20 mg/L), niasin (nikotinamid), tiamin (tiamin mononitrat).	Türkiye
9.Ürün	Su, şeker, asitliği düzenleyiciler (sitrik asit, sodyum sitrat), karbondioksit, taurin (710 mg/L), aroma vericiler, renklendirici (karamel), koruyucu (potasyum sorbat), kafein (en fazla 150 mg/L), inositol (90 mg/L), glukuronolakton (20 mg/L).	Türkiye
10.Ürün	Su, şeker, glukoz şurubu, karbondioksit, aroma vericiler, asit (sitrik asit), asitlik düzenleyici (sodyum sitrat), panaks ginseng özütü (%0,08), taurine (800 mg/L), L-karnitin L-tartarat (400 mg/L)	Yunanistan
11.Ürün	Su, asit (sitrik asit), karbondioksit, asitlik düzenleyici (sodyum sitrat E331), aroma vericiler, panaks ginseng özütü (%0,08), taurin (800 mg/L), tatlandırıcılar (sukraloz, asesülfam-K), koruyucular (sorbik asit E200, benzoik asit E210), L-karnitin, L-tartarat (150 mg/L), kafein (en fazla 150 mg/L), niasin (nikotinamid), pantotenik asit (D-pantotenat, kalsiyum), inositol (20 mg/L), vitamin B6 (piridoksin hidroklorür), vitamin B12 (siyanokobalamin).	Türkiye
12.Ürün	Su, şeker, glukoz şurubu, karbondioksit, asit (sitrik asit), maltodekstrin, aroma vericiler, taurin (800 mg/L), asitlik düzenleyici (trisodyum sitrat), bitkisel yağlar (hindistan cevizi, kolza) değişen miktarlarda, modifiye nişasta (nişasta sodium oktenil suksinat), koruyucular (potasyum sorbat, sodyum benzoat), tatlandırıcı (sukraloz), kafein (en fazla 150 mg/L), niasin (nikotinamid), L-karnitin L-tartarat (40 mg/L), sodyum klorür, inositol (20 mg/L), renklendiriciler (E129*, E102*), vitamin B6 (pidoksin hidroklorür), vitamin B2 (riboflavin), vitamin B12 (siyanokobalamin).	Türkiye

Tablo 3.2. Analizi Yapılan Ürünlerin İçeriği ve Menşei (Devamı)

Ürün	İçerik	Menşei
13.Ürün	Su , şeker, glukoz şurubu, karbondioksit, asitler (sitrik asit E330, malik asit E269), aroma vericiler, asitlik düzenleyiciler (sodyum sitrat E331, potasyum sitratlar E332), taurin (750 mg/L), koruyucular (potasyum sorbat E202, sodyum benzoate E211), tatlandırıcı (sukraloz), renklendiriciler (antosiyeninler, karotenler), kafein (en fazla 150 mg/L), niasin (nikotinamid), L-karnitin L-tartarat (40 mg/L), inositol (20 mg/L), vitamin B6 (pidoksin hidroklorür), riboflavin, vitamin B12 (siyanokobalamin).	Türkiye
14.Ürün	Su , şeker, glukoz şurubu, karbondioksit, asitliği düzenleyiciler (kalsiyum, laktat, sodyum sitrat), asit (sitrik asit), panaks ginseng özütü (%0,08), taurin (800 mg/L), koruyucular (potasyum sorbat, sodyum benzoat), kafein (en fazla 150 mg/L), niasin (nikotinamid), tatlandırıcılar (sukraloz), L-karnitin L-tartarat (40 mg/L), inositol (20 mg/L), vitamin B6 (pidoksin hidroklorür), riboflavin, vitamin B12 (siyanokobalamin).	Türkiye
15.Ürün	Su, şeker ve/veya fruktoz-glukoz şurubu, karbondioksit, asitlik düzenleyici (sitrik asit ve sodyum sitrat), taurin (max. 800 mg/L), aroma vericiler, kafein (max. 150 mg/L), inositol (max. 100 mg/L), glukuronolakton (max. 20 mg/L), renklendirici (karamel), vitaminler (niasin, pantotenik asit, B6, B2 ve B12).	Türkiye
16.Ürün	Su, şeker (S)* veya fruktoz-glikoz şurubu (F)*, karbondioksit, asitlik dengeleyiciler (sitrik asit, trisodyum sitrat), taurin (max. 800 mg/L), koruyucu (sodyum benzoate), kafein (max. 150mg/L), inositol (max. 100 mg/L), vitaminler (B3, B6, B5, B2), glukuronolakton (max. 20mg/L), renklendirici (amonyum sülfat karamel), karışık meyve aroma vericisi. *Kullanılan şeker veya fruktoz-glikoz şurubu paket üzerine kodlanmıştır.	Türkiye
17.Ürün	Su, şeker (S)*, veya fruktoz-glikoz şurubu (F)*, karbondioksit, asitlik düzenleyiciler (sitrik asit, trisodyum sitrat), limon ve nane aroma verici, koruyucu (sodyum benzoat), taurine (max. 800mg/L), kafein (max. 150 mg/L), inositol (max. 100 mg/L), vitaminler (B3, B6, B5, B2), glukuronolakton (max. 20mg/L), renklendirici (brilliant blue FCF). *Kullanılan şeker veya fruktoz-glikoz şurubu paket üzerine kodlanmıştır.	Türkiye
18.Ürün	Su, şeker (S)* veya fruktoz-glikoz şurubu (F)*, karbondioksit, asitlik dengeleyiciler (sitrik asit, trisodyum sitrat), taurin (max. 800 mg/L), koruyucu (sodyum benzoate), kafein (max. 150mg/L), inositol (max. 100 mg/L), vitaminler (B3, B6, B5, B2), glukuronolakton (max. 20mg/L), renklendirici (amonyum sülfat karamel), karışık meyve aroma vericisi. *Kullanılan şeker veya fruktoz-glikoz şurubu paket üzerine kodlanmıştır.	Fransa
19.Ürün	Su, şeker, karbondioksit, asitliği düzenleyici (sitrik asit ve trisodyum sitrat), tatlandırıcılar (aspartate, asesülfam K, aroma vericiler, taurin (max 800mg/L), renklendirici (karamel), vitaminler (pantotenik asit, niasin, vitamin B6, vitamin B12, vitamin B2), koruyucu (sodyum benzoate, potasyum sorbat), kafein (max 150 mg/L), inositol (max 100 mg /L), glukuronolakton (max 20 mg/L), tatlandırıcı ve fenilalanin içerir.	Türkiye
20.Ürün	Su, şeker, taurine (mak. 800 mg/L), karbondioksit, asitlik düzenleyiciler (sitrik asit, trisodyum siitrat), karışık meyve aroma vericisi, vitaminler (C, niasin, pantotenik asit, B6, folik asit), renklendirici (amonyumsülfat karamel), koruyucular (sodyum benzoate, potasyum sorbat), kafein (mak. 150 mg/L), inositol (mak. 100 mg/L), glukuronolakton (mak.20 mg/L)	Türkiye
21.Ürün	Su, şeker (S)* veya fruktoz-glikoz şurubu (F)*, arpa maltı ekstratı (%2), karbondioksit, asitlik düzenleyiciler (sitrik asit, sodyum sitrat), aroma vericiler, taurin (650 mg/L), vitaminler (niasin, pantotenik asit, B6 vitamini, folik asit), inositol (7,5 mg/100ml), kafein (80mg/L), koruyucu (potasyum sorbat), glukuronolakton (20 mg/L).	Türkiye

Tablo 3.3’de araştırmaya dahil edilen 21 ürünün karbonhidrat, protein, yağ ve şeker miktarlarının bulunduğu besin değeri tablosu verilmiştir.

Tablo 3.3. Araştırmaya Dahil Edilen Ürünlerin Besin Değeri Tablosu

Ürün	Enerji (kkal/100 ml)	Karbonhidrat (g/100 ml)	Protein (g/100 ml)	Yağ (g/100 ml)	şeker (g/100 ml)
1.Ürün	46	11	0	0	11
2.Ürün	3	0	0	0	0
3.Ürün	46	11	0	0	11
4.Ürün	45	11	0	0	11
5.Ürün	45	11	0	0	11
6.Ürün	46	11	0	0	11
7.Ürün	57	14	0	0	14
8.Ürün	54	13	0	0	13
9.ürün	45	11	0	0	11
10.Ürün	37	9	0	0	8
11.Ürün	3	0,9	0	0	0
12.Ürün	38	9,4	0,1	0	9
13.Ürün	34	9	0	0	8
14.Ürün	37	9	0	0	9
15.Ürün	47	11,7	0	0	11,7
16.Ürün	23	5,0	0	0	11,2
17.Ürün	53	13,0	0	0	13,0
18.Ürün	49	11,4	0	0	11,2
19.Ürün	21	4,4	0	0	4,2
20.Ürün	46	11,5	0	0	11,5
21.Ürün	42	10,2	0	0	9,6

3.5. Enerji İçeceklerinin şeker Miktarları

Bu araştırmada kullanılan enerji içeceklerinin şeker miktarları, içeceklerin besin değeri tablosunda yer alan içerikler kısmından oluşturulmuştur. Enerji içeceklerinin şeker miktarları baz alındığında 21 adet enerji ieğinin 100 ml’de 0 – 14 g aralığında bulunan çeşitli şeker miktarlarına sahip oldukları görülmüştür.

Araştırmaya dahil edilen ürünlerin şeker miktarları Tablo 3.3'te verilmiştir. Bu değerlere bakıldığında şeker miktarları ürünlerde farklılık göstermektedir. Günümüzde enerji içeceklerinin çok çeşitli versiyonları bulunmaktadır. Bunlar: şekerli, tropikal meyveli ve farklı meyvelerin aromalı çeşitleri halindedir. Özellikle şekerli olarak satılan enerji içeceklerinin besin değeri tablosunda şeker içeriklerinin 0 g olarak bildirildiği görülmektedir. Çalışmada değerlendirilen ürünlerden en fazla şeker içeriğine sahip olan, 100 ml'de 14 g şeker bulunduran 7.ürün olarak tespit edilmiştir.

Tablo 3.4. Araştırmaya Dahil Edilen Ürünlerin Diğer Bileşenleri Tablosu

Ürün	Kafein (mg/L)	Taurin (mg/L)	Niasin (mg/100 ml)	Vitamin B ₅ (mg/100 ml)	Vitamin B ₆ (mg/100ml)	Vitamin B ₁₂ (µg/100 ml)
1.ürün	150	800	8	2	2	2
2.ürün	150	800	8	2	2	2
3.ürün	150	800	8	2	2	2
4.ürün	150	800	8	2	2	2
5.ürün	150	800	8	2	2	2
6.ürün	150	800	8	2	2	2
7.ürün	150 (max)	750	4.50	1.70	0.40	0.70
8.ürün	150 (max)	600	2	-	-	-
9.ürün	150 (max)	710	-	-	-	-
10.ürün	150 (max)	800	8.50	-	0.80	2.50
11.ürün	150 (max)	800	8.50	4.20	0.80	2.50
12.ürün	150 (max)	800	8.50	-	-	2.50
13.ürün	150 (max)	750	8.50	-	-	2.50
14.ürün	150 (max)	800	8.50	-	-	2.50
15.ürün	150 (max)	800	8	2	-	2
16.ürün	150 (max)	800	8	20	-	-

Tablo 3.4. Araştırmaya Dahil Edilen Ürünlerin Diğer Bileşenleri Tablosu (Devamı)

Ürün	Kafein (mg/L)	Taurin (mg/L)	Niasin (mg/100 ml)	Vitamin B ₅ (mg/100 ml)	Vitamin B ₆ (mg/100ml)	Vitamin B ₁₂ (µg/100 ml)
17.ürün	150 (max)	800	8	2	-	-
18.ürün	150 (max)	800	8	2	-	-
19.ürün	150 (max)	800	8	2	-	2
20.ürün	150 (max)	800	5.40	1.80	-	-
21.ürün	80	650	9.72	3.10	-	-

(-; tespit edilmemiştir.)

3.6. Enerji İçeceklerinde Bulunan Diğer Bileşenler

Araştırmaya dahil edilen 21 adet enerji içeceğinin, besin etiketlerinde yer alan içindekiler kısmı baz alınarak, bu içeceklerde has olan bazı bileşenlerin tablosu elde edilmiştir. Enerji içeceklerinde en yüksek konsantrasyonlarda bulunan kafein, taurin ve B grubu vitaminlerinin değerleri Tablo 3.4'te yer almaktadır. Kullanılan ürünlerde, Türk Gıda Kodeksi Enerji İçecekleri Tebliği'nde yer alan kafein ve taurin sınırlamalarının üzerinde bir değere rastlanmamıştır. Araştırma kapsamında kullanılan ürünler, ilgili standart ve hükümlere uygun bulunmuştur. Bu içeceklerde yer alan B grubu vitaminlerinden en fazla niasin içeriğinin 21.üründe ve en fazla vitamin B₅ içeriğinin ise 16.üründe olduğu gözlenmiştir. Vitamin B₆ ve vitamin B₁₂ ise genel olarak ürünlerde birbirine yaklaşık ve benzer değerlerde görülmüştür.

3.7. HMF Tayini

Enerji içeceklerindeki HMF konsantrasyonları, HPLC metodu ile tespit edilmiştir.

3.7.1. Örneklerin Hazırlanması ve Analiz

Çalışmada örneklem; İstanbul'daki yerel marketlerden temin edilen 21 adet enerji içeceğinden oluşmaktadır. Analiz edilen her örnekte yer alan her üründen 5 ml örnek 50 ml'lik falkon tüplere alındı. Alınan örneklerin üzerine falkon tüpün hacmini tamamlayacak kadar saf su eklendi. Numuneler homojen hale getirildikten sonra, 8000

rpm'de 5 dk santrifüj edildi. Santrifüj edilen süpernatant 0,45 mikronluk selüloz asetat filtreden geçirildi ve HPLC'ye verildi.

3.7.2.HPLC Koşulları

Kolon: LUNA C-18 kolon (HMF)

Kolon sıcaklığı: 30 °C

Mobil faz: 92:8 Su:Metanol

Dedektör: HPLC-UV (284 nm)

Enjeksiyon Hacmi: 20 µl.

Akış Hızı: 1 ml/dk.

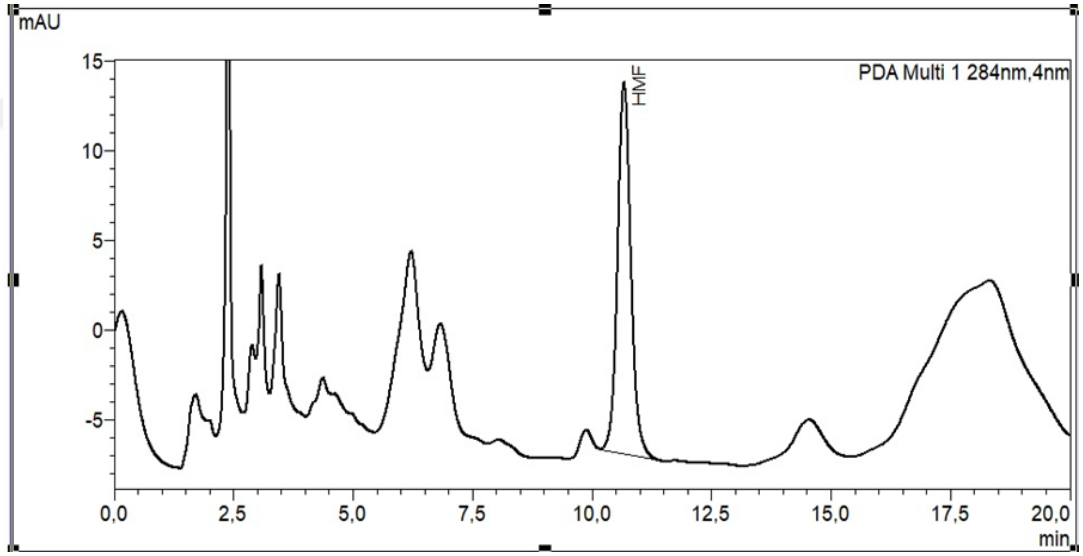


DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

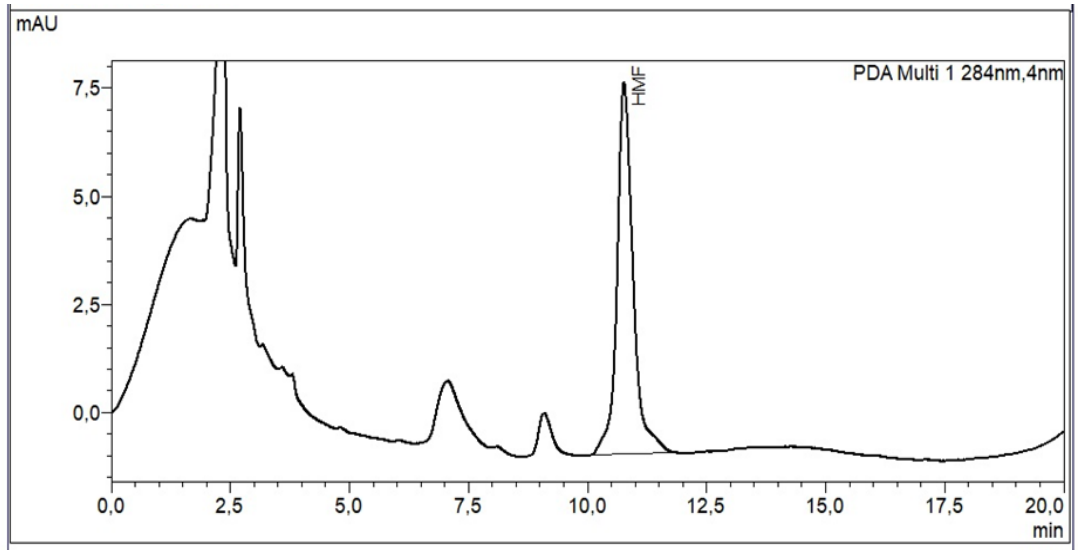
BULGULAR

4.1. Ürünlerin HMF Miktarı

Marketlerden satın alınan enerji içecekleri örneklerinin HMF miktarları ölçülüp belirlenmiştir. Standart HMF ve örneğe ait HPLC kromatogramları sırasıyla Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Standart HPLC Kromatogramı



Şekil 4.2. Örnek HPLC Kromatogramı

4.1.1. Enerji İçeceklerinin HMF Sonuçlarının Belirlenmesi

Enerji içecekleri örneklerinin HMF miktarları, HPLC yöntemiyle belirlenmiştir. İçeceklerin HMF konsantrasyonları Tablo 4.1’de sunulmuştur. Tablo 4.1. değerlendirildiğinde HMF düzeyleri 0,08 – 19,78 mg/L aralığında bulunmuştur. Araştırılan örneklerin HMF içerikleri geniş bir skalada ve genel olarak ilgili standart hükümlerine uygun bulunmuştur.

Alkolsüz içeceklerin HMF değerlerine ait Türk Gıda Kodeksi Tebliği’nde bir kriter bulunmamaktadır. Bu nedenle bizim çalışmamızda enerji içeceklerindeki HMF konsantrasyonlarının bal tebliğine göre değerlendirilmesi uygun görülmüştür.

Türk Gıda Kodeksinin bal tebliğinde HMF düzeyi için belirlenen sınır 40 mg/kg’dır.

Araştırmaya dahil edilen ürünlerin HMF sonuçlarında 21 ürünün tamamı, Türk Gıda Kodeksi Bal Yönetmeliğinde verilen HMF sınırlamasının (40 mg/kg) altında tespit edilmiştir.

En yüksek HMF miktarına sahip olan ürün 18. ürün olarak tespit edilmiştir. En düşük HMF düzeyine sahip olan ürün 7. ürün olmuştur.

Tablo 4.1. Çalışmaya Dahil Edilen Örneklerin HMF Miktarları

Enerji İçecekleri	HMF Miktarları (mg/L)
1.Ürün	2.40±0.11
2.Ürün	1.69±0.07
3.Ürün	6.96±0.32
4.Ürün	1.34±0.06
5.Ürün	1.44±0.07
6.Ürün	0.99±0.05
7.Ürün	0.08±0.004
8.Ürün	0.55±0.025
9.Ürün	9.97±0.45
10.Ürün	-
11.Ürün	-

Tablo 4.1. Çalışmaya Dahil Edilen Örneklerin HMF Miktarları (Devamı)

Enerji İçecekleri	HMF Miktarları (mg/L)
12.Ürün	1.99±0.09
13.Ürün	0.41±0.02
14.Ürün	0.23±0.01
15.Ürün	12.16±0.55
16.Ürün	4.31±0.19
17.Ürün	6.58±0.30
18.Ürün	19.78±0.90
19.Ürün	2.55±0.12
20.Ürün	0.55±0.03
21.Ürün	0.48±0.02

(-; tespit edilememiştir).

4.2.Ürünlerin Şeker ve HMF Miktarları

Çalışmamızda kullanılan ürünlerin ortalama şeker içerikleri 0 – 14 g/100 ml olarak tespit edilmiştir. Ancak hiçbir ürünün ambalajı üzerindeki net miktarı 100 ml değildir. Araştırmada kullanılan tüm ambalajlı kutular 200 – 250 ml kadardır. Ortalama bir enerji içeceği en yüksek konsantrasyonlarda (200-250 ml) düşünüldüğünde, 28-35 g şeker içermektedir. Ürünlerin şeker içerikleri ve HMF miktarları Tablo 4.2.'de verilmiştir. En yüksek HMF miktarına sahip olan ürün 18. ürün olarak tespit edilmiştir. En düşük HMF düzeyine sahip olan ürün 7. ürün olarak görülmüştür.

Tablo 4.2. Ürünlerin Şeker Miktarları ve HMF Konsantrasyonları

Enerji İçecekleri	Şeker (g/100ml)	HMF (mg/L)
1. Ürün	11 g	2.40±0.11
2. Ürün	0 g	1.69±0.07
3. Ürün	11 g	6.96±0.32
4. Ürün	11 g	1.34±0.06
5. Ürün	11 g	1.44±0.07
6. Ürün	11 g	0.99±0.05
7. Ürün	14 g	0.08±0.004
8. Ürün	13 g	0.55±0.025
9. Ürün	11 g	9.97±0.45
10. Ürün	8 g	-
11. Ürün	0 g	-
12. Ürün	9 g	1.99±0.09
13. Ürün	8 g	0.41±0.02
14. Ürün	9 g	0.23±0.01
15. Ürün	11.7 g	12.16±0.55
16. Ürün	11.2 g	4.31±0.19
17. Ürün	13.0 g	6.58±0.30
18. Ürün	11.2 g	19.78±0.90
19. Ürün	4.2 g	2.55±0.12
20. Ürün	11.5 g	0.55±0.03
21. Ürün	9.6 g	0.48±0.02

BEŞİNCİ BÖLÜM

TARTIŞMA

5.1. Numunelerin HMF Miktarlarının Değerlendirilmesi

Çalışmamızda, İstanbul'daki çeşitli yerel marketlerden satın alınan enerji içeceklerinin HMF miktarları, HPLC metodu ile belirlenmiştir. İncelenen 21 ürünün HMF değerlerine bakıldığında neredeyse tüm içeceklerde birbirinden çok farklı sonuçlar elde edilmiştir. Enerji içecekleri örneklerinde HMF miktarları değerlendirilmiştir ve bu değerler 0,08 – 19,78 mg/L aralığında yer almaktadır.

Enerji içeceklerine ait Türk Gıda Kodeksinde yer alan Enerji İçecekleri Tebliği'nde herhangi bir HMF kısıtlaması bulunmamaktadır. Alkolsüz İçecekler Tebliği ve Meyve Suları ve Benzeri Ürünlerin Tebliğinde yine aynı şekilde herhangi bir HMF standardı bulunmadığı için bu araştırma sonucu elde edilen veriler Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre değerlendirilmiştir.

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğine göre; "Fırıncılık veya sanayi balları hariç, diğer ballarda HMF miktarı 40 mg/kg'dan fazla olamaz. Ancak üretildiği bölge etiketinde belirtmek koşulu ile tropikal klima bölgeleri kaynaklı ballarda ve/veya bunların karışımında HMF oranı en fazla 80 mg/kg'dır." Çalışmadan elde ettiğimiz verilere göre ürünlerin HMF miktarı Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde yer alan 40 mg/kg HMF kısıtlamasına uygun bulunmuştur.

Ancak araştırmaya dahil edilen 18.ürünün oldukça yüksek HMF konsantrasyonlarına sahip olduğu görülmüştür. Literatürde enerji içecekleri ve HMF tayinine dair herhangi bir çalışma yer almamaktadır.

Çalışmanın örneklemini oluşturan ürünler için meyve sularında belirlenen HMF konsantrasyonları baz alındığında enerji içeceklerinin bu belirtilen değerler üzerinde ve yakın olacak şekilde çok farklı HMF düzeyleri tespit edilmiştir.

Enerji içecekleri uzun süre depolarda saklanabilen içeceklerdir. Ülkemizdeki gençler tarafından sevilerek tüketilmekte ve günden güne tüketimi artmaktadır. Enerji içecekleri ve HMF alanındaki çalışmaların yetersizliği, ne yazık ki çalışmamızın sonuç değerlendirme kapsamını daraltmıştır.

Çalışmaya dahil edilen enerji içeceklerini, Türk Gıda Kodeksi'nde yer alan diğer

içecek gruplarına (alkolsüz içecekler ve meyve suları ve konsantreleri) ait Tebliğlere göre değerlendirmeyi hedefledik. Ancak enerji içeceklerine uygun içecek sınıflarının hiç birinde Türk Gıda Kodeksi'nde yer alan tebliğlere göre herhangi bir HMF kısıtlaması bulunmamaktadır.

Ülkemizde bu tür içeceklerin henüz HMF sınırlandırılması bulunmamaktadır. Türk Gıda Kodeksi'nin başta bal olmak üzere yalnızca belirli gıdalar için HMF sınırlandırmaları mevcuttur. şu anda hala paketli ve şeker içeriği yüksek gıdaların HMF miktarları bilinmemekle beraber, bu gıdalar raflarda yerini korumaktadır. Gıdaların oluşturabilecekleri HMF konsantrasyonları insan sağlığı için potansiyel bir risk faktörü olmaya devam etmektedir.

5.2. rnlerin şeker Miktarının HMF Açısından Değerlendirilmesi

Enerji içeceklerinin fiziksel performans ve enerjiyi arttırma potansiyelinin, içerisinde bulunan kafein ve şeker içeriğine atfedildiği bildirilmiştir. Alkolsüz içecekler genel olarak yüksek konsantrasyonlarda şeker ve şeker türevleri (sükroz, fruktozlu mısır şurubu vb.) içerirler. Yüksek düzeylerde şeker içeren alkolsüz içeceklerin devamlı ve aşırı miktarlarda alınması özellikle ergenlerde dişlerde çürüklerin başlaması ve ilerlemesine sebep olabilmektedir (Tahmassebi ve BaniHani, 2020).

Enerji içeceklerinin genel olarak şeker içerdiği bilinmektedir, ancak şeker içermeyen, şekersiz enerji içecekleri de bulunmaktadır. Bu tür şekersiz ieeklere, tatlandırıcı ya da mısır ve fruktoz gibi şurupların bulunduğu birçok bileşen eklenmektedir. Fruktoz veya mısır şurupları bulunan enerji içeceklerinin tüketiminden kısa bir süre sonra kan basıncının çok yüksek düzeylere ulaştığı bilinmektedir (Somers ve Svatikova, 2020).

Araştırmaya dahil edilen 21 adet farklı enerji ieeği 100 ml'de 0 – 14 g şeker içermektedir. Ancak paketlerin besin değeri tablolarındaki şeker miktarı 100 ml'deki şeker konsantrasyonlarını ifade etmektedir. İncelenen 21 adet enerji ieeği örneğinin bir kutusu minimum 250 ml'dir.

Tüketilen 1 kutu enerji ieeğindeki şeker ilavesi 100 ml'de belirtilen şeker içeriğinin neredeyse 2,5 katını ifade etmektedir. 1 kutu enerji ieeği tüketildiğinde vücuda yüksek miktarlarda şeker alınmaktadır.

Vücuda beslenme yoluyla aşırı şeker alımına bağlı obezite ve beraberinde metabolik sendrom görülebilmektedir. şeker alımının artışına neden olan gıdalardan biri de

şekerli veya fruktoz gibi şuruplar içeren içeceklerdir. Dünya çapında şu anda birçok millet şeker içeriği yüksek veya şurup ilave edilen içeceklere ilave vergi eklemeye başlamıştır. Bu yöntem ile tüketici tarafından satın alınımının düşürülmesini sağlamaya çalışmaktadır (Sundborn vd., 2019).

Şeker içeren içeceklerin tüketimi tüm dünyada gençler tarafından giderek artmaktadır. İçeceklerin aşırı tüketiminin obeziteyle anlamlı bir ilişkisi olduğu da bildirilmiştir. Özellikle şeker içeren içeceklerin, yiyeceklerden daha hızlı mideyi terk etmesi ve tokluk hissinin yeterince sağlanmamasıyla ilişkilendirilmiştir. Bu nedenle şekerli içeceklerinin aşırı tüketimi, fazla şeker ve kalori alımına da neden olmaktadır (Bawadi vd., 2019).

Enerji içeceklerinin şeker miktarları değerlendirildiğinde 2.ürün ve 11.ürünlerin şeker içeriğinin en düşük olduğu görülmekte hatta 100 ml'de 0 g şeker olarak besin değerleri tablosunda yer almaktadır. Buna istinaden 11.üründe HMF oluşumu HPLC ile tespit edilememiştir. Şeker içeriği 0 g olan 2.üründe ise $1,69 \pm 0,07$ konsantrasyonlarında HMF tespit edilmiştir. Bu durum araştırmaya dahil edilen ürünlerin daha düşük konsantrasyonlardaki şeker içeriğine sahip gıdalarda daha az HMF düzeylerinin oluşmasına yol açabileceğini gösterebilir.

Şekerli ve paketlenmiş, yiyecek ve içeceklerde HMF oluşumunun görülmesi mümkündür. Ancak gıdalarda şeker içeriklerinden bağımsız şekilde de HMF görülebilmektedir. Diğer bir ihtimal ise düşük HMF konsantrasyonlarının işleme veya depolama koşullarından etkilendiğini düşündürmektedir.

Çalışmaya dahil edilen 21 adet farklı enerji içeceklerinden en fazla şeker içeriğine sahip olan ürünler, 7. ve 8.ürünler olarak tespit edilmiştir. Şeker miktarları değerlendirildiğinde; 7.üründe 100 ml'de 14 g, 8.üründe ise 100 ml'de 13 g şeker içeriği besin değerleri tablosunda belirtilmiştir. Bu iki ürünün HMF konsantrasyonları HPLC metodu ile 7.ürün 0,08 mg/L, 8.ürün ise 0,55 mg/L olarak belirlenmiştir. HMF konsantrasyonu 21 adet enerji içeceği içerisinde en az HMF içeren ürün 7.ürün olarak bulunmuştur.

Bu durum, en fazla şeker içeriğine sahip olan enerji içeceklerinden 7.ürünün şeker konsantrasyonundan bağımsız en düşük HMF değerlerinin görülmüş olabileceğini düşündürmektedir. 100 ml'de 14 g şeker içeren ürünün HMF düzeyi nispeten diğer ürünlere göre daha az bulunmuştur.

Enerji içeceklerinde HMF görülmesi şeker içeriğine, gıdanın işlenmesi veya depolama koşullarına bağlı olarak gelişmiş olabileceğini söylemek mümkündür. Enerji içeceklerine ait Türk Gıda Kodeksin Enerji İçecekleri Tebliği'nde herhangi bir HMF kısıtlaması söz konusu değildir, yalnızca etiket okumak ve içerisinde bulunan şeker konsantrasyonları ile HMF oluşumu ve miktarının değerlendirilmesi mümkün değildir.

5.3. Ürünlerin Diğer Bileşenlerinin Değerlendirilmesi

Enerji içeceklerinin ana bileşeni kafeindir. Kafeine ek olarak içerisinde taurin, niasin, pantotenik asit, vitamin B₆, vitamin B₁₂, glukuronolakton ve daha birçok bileşen bulunmaktadır. Enerji içeceklerinde yer alan kafein, taurin ve ginseng bileşenlerinin bu içeceklerde yeteri düzeyde olması durumunda antioksidan özellikler sergileyebileceği ihtimali göz önünde bulundurulmuştur (Nowak ve Gośliński, 2020). Ginsengin ise antioksidan ve anti-inflamasyon gibi özelliklere sahip olduğu bilinmektedir (Al-Shaar vd., 2017). Taurin insan vücudunda yoğun olarak bulunur ve sinirsel anomaliliklerde nöral hücre ölümünü azaltıcı etkiler göstermektedir. Birçok dokuda bulunan taurin, beyinde de bulunmaktadır. Taurinin toksik kimyasalları entegre ederek, oluşabilecek beyin ve sinir hasarlarını engellediği bilinmektedir (Seol vd., 2021).

Araştırmaya dahil edilen enerji içeceklerine eklenen vitamin B'lerin, enerji içeceklerindeki antioksidan kapasiteyi arttırabileceği ihtimali göz önüne alınarak enerji içeceklerindeki taurin, kafein ve vitamin düzeyleri incelenmiştir. Bu değerlerin bulunduğu tablo ise ürünlerin içindekiler kısmındaki bileşenler baz alınarak hazırlanmıştır. Çalışmaya dahil edilen 21 adet enerji içeceğinin diğer besin bileşenleri tablosunda içeriğine eklenen vitaminler ve içerisinde bulunan kafein, taurin ve niasin değerleri Tablo3.4'te verilmiştir.

Enerji içeceklerinin antioksidan kapasitesini arttırmak için genellikle içerisine vitaminler eklenir. Bizim çalışmamızda enerji içeceklerinin çoğunda ortak eklenmiş olan vitaminler; niasin, vitamin B₅, B₆ ve B₁₂'dir. Enerji içeceklerinde vitaminlerden vitamin B₅, B₆ ve B₁₂'nin en düşük değerlerine sahip olan ürün, 7.ürün olarak tespit edilmiştir. Sırasıyla B₅ vitamini 1,7 mg/100 ml, B₆ vitamini 0,40 mg/100 ml, B₁₂ vitamini ise 0,70 µg/100 ml değerlerindedir. Her üç vitamin de tüm enerji içeceklerinde farklı miktarlarda bulunmaktadır. Ancak üç vitaminin de en düşük olduğu değerler tek bir ürünü göstermektedir ve bu ürünün HMF miktarı 0,08 mg/L

olarak HPLC ile tespit edilmiştir. Vitaminlerden niasinin ise en düşük değerlerine sahip olan enerji içeceği, 8.üründür.

Şaşırtıcı ki HMF konsantrasyonlarını değerlendirdiğimizde 8.ürünün HMF miktarı 0,55 mg/L olarak belirlenmiştir. Diğer içeceklerle oranla daha düşük HMF içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Niasini en yüksek konsantrasyonlarda bulunduran içecek ise 21.üründür ve HPLC analizi ile HMF sonuçları 0,48 mg/L olarak bulunmuştur. 21.ürün çalışmada yer alan enerji içeceklerine kıyasla daha az HMF konsantrasyonlarına sahip olan ürünlerden biridir.

Günümüzde hazır meyve sularına C vitamini ve fenolik bileşenler ilave edilerek gıdanın antioksidan kapasitesi arttırılmaktadır. Hatta paketli içeceklerden sütte dahi birtakım antioksidan bileşenlere rastlanmıştır. Özellikle meyve sularında ısıl işleme maruz kalma veya depolanma aşamalarında farklı MRÜ'leri açığa çıkmaktadır. Ancak bu işlemlerin özellikle içecek gruplarının antioksidan kapasitesinin ve aktivitesini değiştirdiği düşünülmektedir (Zulueta vd., 2013).

HMF'yi inhibe edebilmek için spesifik olarak gıdalarda, vitamin ve fenolik asit bileşenlerin, Maillard reaksiyonu ürünlerinin oluşumunu engelleme konusunda potansiyele sahip olduğunu tahmin edilmektedir. Ancak, şimdiki kadar literatürde gıdalardaki vitaminlerin veya B grubu vitaminlerinin varlığının, HMF inhibisyonunu veya oluşumunu desteklediğine dair net bir kanıt bulunmamaktadır.

Enerji içeceklerini oluşturan bileşenlerden kafein ve taurin, tüm enerji içeceklerinde bulunan bileşenlerdir. Bu değerler için Türk Gıda Kodeksi Enerji İçecekleri Tebliği'nde gerekli sınırlamalar yer almaktadır. Türk Gıda Kodeksi Enerji İçeceklerine ait Tebliğ'e göre "Piyasaya sürülen enerji içeceklerinin maksimum kafein oranı 150 mg/L ve taurin 800 mg/L'den fazla olamaz".

Çalışmamızdaki 21 örnekten yalnızca 1 tanesi (21.ürün, kafein miktarı: 80 mg/L) tebliğde yer verilen kafein sınırlamasının altındadır. Diğer tüm içeceklerin kafein miktarı 150 mg/L veya maksimum 150 mg/L ifadeleri ile içindekiler kısmına eklenmiştir.

Çalışmaya dahil edilen 21 adet enerji içeceğinin taurin miktarları 600-800 mg/L aralığındadır. En düşük taurin içeriğine sahip olan enerji içeceği 600 mg/L taurin içeren 8.üründür. Enerji içeceklerindeki kafein ve taurin bileşenlerine göre en az kafein içeren 21.ürünün HMF konsantrasyonu HPLC analizi ile 0,48 mg/L aralığında

bulunmuştur. 8.ürün çalışmadaki ürünlerle kıyaslandığında diğer ürünlere göre daha az HMF konsantrasyonlarına sahiptir. İçeceklerden en az taurin içeriğine sahip olan 8.ürünün ise HMF değeri 0,55 mg/L şeklinde tespit edilmiştir. 8.ürün taurini en az içeren ve çalışmada yer alan bazı diğer enerji içeceklerinden daha az miktarlarda HMF'ye sahip olan üründür.

Enerji içecekleri genel anlamda potansiyel enerjiye katkı sağlayan içecekler grubundadır. Enerjiyi arttırmayı amaçlayan bu içeceklerin genellikle büyük bir kısmının iyi derecede antioksidan (vitaminler ve polifenoller) içerdiği gösterilmiştir (Yunusa ve Ahmad, 2011).

Enerji içeceklerinin bileşenleri olan kafein, taurin ve vitaminlerin antioksidan aktivite gösterdiğini destekleyen çalışmalar olmuştur. Bu durum taurin ve kafeinin antioksidan aktivite göstererek HMF miktarlarını inhibe edebileceğine dair bir ihtimal olabileceğini göstermektedir.

Kafein ve taurinin gerçekten enerji içecekleri üzerinde antioksidan bir aktivitesi olup olmadığı net değildir ve bu değerlendirme ne yazık ki çalışmamızın kapsamı gereği çelişkili bulunmuştur. Ancak, içeceklerdeki HMF miktarını etkileyebilme ihtimallerinin olabileceğini düşünebiliriz. Yine de yeterli ve kapsamlı herhangi bir kanıt bulunmadığından enerji içeceklerinin içeriğinde bulunan bileşenlerin miktarlarının HMF oluşumu ile anlamlı bir ilişkisi gözlemlenememiştir.

Enerji içeceklerindeki B vitaminlerinin, kafein veya taurinin antioksidan aktivitelerinden kaynaklı HMF'yi inhibe edebildiğini söylememiz mümkün değildir. Bu sonuçlar, ürünlerin depolama koşulları ve şeker içeriğine bağlı olarak elde edilmiş olabilir.

5.4. Enerji İçeceklerinin Tüketiciler Açısından Farkındalığı

Enerji içecekleri gıda sektöründe zamanla ünlenmiş bir içecek grubudur. Bunun en büyük sebebinin ise bu içecek grubundaki tüketici kitlesinin büyük bir kısmını gençlerin oluşturuyor olmasıdır. İçeceklerin tüketiminden sonra birtakım komplikasyonlar ile beraber sağlık problemleri görüldüğü kaydedilmiştir. Aynı zamanda beraberinde kötü sosyal davranışların kazanıldığı da bildirilmiştir (Reid vd., 2017).

Enerji içecekleri yüksek kafein konsantrasyonları sebebiyle artık gıda sektöründe

etiketleme açısından daha kritik bir önem taşımaktadır. Yüksek kafein içeriği sebebiyle en tehlikeli bulunan sağlık sonuçlarından biri aşırı doz etkisi ile kafeinin toksik hale gelmesi, yani kafein zehirlenmesidir. Kafein zehirlenmesi ise aritmiler, tansiyon yüksekliği veya nöbetler gibi semptomları meydana getirerek hayati sağlık problemlerine neden olabilmektedir (Nadeem vd., 2021).

Enerji içecekleri pazarı, özellikle genç yetişkinler ve ergenler için tasarlanan agresif reklamlar ve internet sitelerindeki reklamlar ile hedef kitleyi bu içecekleri satın almaya davet etmektedir (Ruiz ve Scherr, 2019).

Özellikle ergenler için enerji içeceklerinin tüketimi son derece riskli bulunmaktadır ve bağımlılık yapabilme etkisi daha fazla görülmektedir. Bu nedenle çocuklarda önerilen miktarlarda dahi bu içeceklerin alınması önerilmemektedir (Visram vd., 2016).

Şu anda piyasada bulunan enerji içeceklerinin içeriğinde birçok bileşen bulunmaktadır. Enerji içecekleri yüksek düzeylerde kafein, şeker, aroma verici ve tatlandırıcılar içermektedir. Şimdiye kadar HMF'nin kanserojen ve toksik etkileri bildirilmiştir ve birçok gıdada farklı aşamalarda farklı miktarlarda tespit edilmiştir. Meyve sularında HMF gıdanın kalitesini ölçebilen bir parametre olarak kullanılmaktadır (Muangthai ve Wiwatchankit, 2014).

Tüm gıdalar için etiket bilgileri tüketici ve gıdanın buluşması açısından oldukça önemlidir. Gıda etiketleri, tüketiciye gıda hakkında bilgi vermekte ve tüketici kendisine en uygun gıdayı bu şekilde seçmektedir. Fakat tüketiciler genel olarak gıda etiketlerini birçok sosyokültürel nedenden dolayı incelememeyi tercih ederler (Moreira vd., 2019).

Bu alışkanlığın kazanılmamasının en büyük sebepleri, tüketicilerin güvenli ve doğru gıda seçimi hakkında fikir sahibi olmamasıdır. Halbuki, gıda sektörünün topluma sunduğu alternatiflerden biri ürünlerin besin içeriği tabloları ve içindekiler kısmının yer aldığı etiketlerdir. Gıda etiketleri, satın alma aşamasında gıda hakkında verdiği bilgiler ile tüm tüketicileri yakından ilgilendirmektedir. Tüketicilere gıda etiketlerini okuyabilme alışkanlığı okullar veya seminerler aracılığı ile kazandırılabilir. Bu sayede doğru gıda seçimi ve tüketim sınırları hakkında bilgi sahibi olunabilir. Enerji içeceklerinin de içeriği ve riskli tüketimi hakkında özellikle ergenlerin bilinçlenmesi için eğitim alanlarında bulunan sağlık çalışanları veya doğru gıda seçimi ve tüketimiyle ilgili seminerler aracılığıyla sağlanabilir. Toplum için sağlık kuruluşlarının

bu konu hakkında tüketicilere farkındalık sağlamanın yararlı olacağı düşünülmektedir.

5.5.HMF'nin Tüketici Açısından Değerlendirilmesi

Çok uzun yıllardır gıdalarda HMF görüldüğü defalarca kez yapılan çalışmalar ile bildirilmiştir. Gıdalarda görülen HMF, işleme ve depolama kriterlerine göre farklı seviyelerde görülebilmektedir. Başta bal olmak üzere şeker içeren gıdalar, toplumlar tarafından oldukça fazla tüketilmektedir. Bu gıdalar genellikle en fazla HMF görülen gıdalar içerisinde bulunduğu için, HMF sınırlaması getirilmiştir (Abraham vd., 2011).

Ülkemizde birçok gıda dahil olmak üzere enerji içecekleri veya diğer içecek grupları için herhangi bir HMF kısıtlaması bulunmamaktadır.

Meyve suları için Avrupa Meyve Suyu Birliği tarafından 20 mg/kg ve IFFJP ise 5-10 mg/L olacak şekilde bir HMF kısıtlamasından söz etmektedir (Thakur, 2018). Çalışmaya daha fazla yön verebilmek adına meyve sularındaki HMF sınırlaması baz alınarak, enerji içeceklerini IFFJP'a göre 5-10 mg/L, HMF kısıtlaması bakış açısıyla enerji içeceklerindeki HMF değerleri yorumlanmıştır. Çalışmada yer alan 21 adet ürün IFFJP'a göre değerlendirdiğinde ise bazı ürünler bu sınırlamanın üzerinde tespit edilmiştir. Ürünlerin HMF değerlerine bakıldığında 15.ürün (12,16 mg/L) ve 18.üründe (19,78 mg/L) 10 mg/L'nin üzerinde HMF değerleri görülmüştür. Üçüncü ürün (6,96 mg/L), 9.ürün (9,97 mg/L) ve 17.ürünün (6,58 mg/L) HMF miktarları 5 mg/L'nin üzerinde bulunmuştur. IFFJP'da verilen meyve sularındaki HMF sınırlamaları baz alındığında 3.ürün, 9.ürün ve 17.üründe riskli miktarlarda HMF değerleri görülmüştür. Fakat 15.ürün ve 18.ürün belirlenen kısıtlamanın üzerinde HMF miktarlarına sahiptir.

Meyve sularının daha yüksek HMF değerleri, depolama ya da işlem sırasında gıdanın aşırı ısındığını göstermektedir. Bu durum gıdada tat ve renk değişimlerine sebep olmaktadır. Aynı zamanda tüketicinin de hoşnut olmadığı bir durum meydana gelir. Gıdanın içeriğinde vitamin kayıpları oluşur ve gıda kalitesi bozulmaktadır (Echavarría vd., 2012).

Enerji içeceklerini değerlendirecek herhangi bir içecek tebliği bulunmadığından, bu çalışmanın sonuçları, Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre değerlendirilmiştir. Bal Tebliği'ne göre çalışmamızda yer alan enerji içeceklerinin HMF miktarları çeşitlilik

göstermiştir. Enerji içeceklerini IFFJP'a göre değerlendirecek olsaydık birçok ürünün HMF miktarları yüksek değerlerde görülmüş olacaktı.

HMF'nin bal, pekmez ve reçel gibi şeker içeriği yüksek olan aynı zamanda uzun süreler boyunca depolanan gıdalarda varlığı net bir şekilde kanıtlanmıştır. Alkolsüz içeceklerde ise ısıya maruz kalma ve depolama gibi süreçlerde gıdanın kalitesini test etmek amacıyla kullanılmaktadır (Gün ve Dursun, 2022).

HMF ve içecekler arasındaki ilişkiyi inceleyen sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Paketlenmiş, şeker veya tatlandırıcı ilavesi bulunun daha fazla yiyecek ve içeceğin HMF miktarlarının belirlenmesi insan sağlığı için büyük önem arz etmektedir.

Alkolsüz içeceklerin tüketimi yüksektir ve HMF konsantrasyonlarının belirlenmesi gerekir. Yüksek dozlarda bu içeceklerin tüketilmesi yetişkinlerde günlük HMF sınırlamasının aşılması riskini taşımaktadır (Czerwonka vd., 2018).

İnsan sağlığı için gıdalarda kalite güvenliğinin sağlanması oldukça önemlidir. Gıda proseslerinden biri olan HMF'nin şeker içeren yiyecek ve içeceklerde tespit edilmesi gerekmektedir.

Çalışmamız kapsamı gereği HMF konusunda eksik bulunan içecekler ve paketlenmiş, uzun süre raflarda yerini koruyabilen her gıda veya gıda grubu için HMF değerlerinin incelenmesi ve bir kısıtlama getirilmesinin önemini vurgulamaktadır. Daha fazla çalışma ile daha fazla gıdada HMF tayini ve kısıtlamasının, tüketiciler açısından HMF konusunda bir farkındalık yaratabileceği göz ardı edilmemelidir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde enerji içecekleri, özellikle gençler ve ergenler tarafından oldukça fazla tüketilen içecekler grubunda yer almaktadır. Tüketiciler uyanıklığı arttırmak, fiziksel performansı yükseltmek ve enerji sağlaması için bu içecekleri satın almaktadır. Enerji içecekleri birçok farklı marka ve çeşitliliği ile raflarda yerini korumaktadır. Bu çalışmada 21 adet farklı enerji içeceği analiz edilmiştir. Yapılan HPLC analizi ile içeceklerin HMF miktarları tespit edilmiştir. Çalışmaya dahil edilen ürünlerin HMF konsantrasyonları birbirlerinden farklı değerler göstermiştir. Ürünlerin birbirleri arasında HMF değerleri, şeker içerikleri ve bu içeceklere özgü olan diğer bileşenler açısından kıyas edilmiştir.

Enerji içeceklerine ait Türk Gıda Kodeksi Enerji İçecekleri Tebliği'nde yayınlanan herhangi bir HMF kısıtlaması bulunmamaktadır. Diğer içecek grupları incelenerek Türk Gıda Kodeksi'nde yer alan alkolsüz içecekler, meyve suları ve konsantreleri tebliğlerine bakılmıştır. Ancak içecek gruplarından, enerji içeceklerini kıyas edebilecek bir HMF kısıtlaması bulunamamıştır. Bu nedenle çalışmamızda Türk Gıda Kodeksi'nin Bal Tebliği'nde yer alan HMF sınırlaması baz alınmıştır. Enerji içecekleri Bal Tebliği'ne göre HMF miktarları 40 mg/kg standardında değerlendirilmiştir.

Çalışmamızda HPLC metodu ile HMF değerleri belirlenen 21 enerji içeceğinin, HMF değerleri çok geniş bir skalayı oluşturmuştur. 21 adet ürünün HMF değerleri 0,08 – 19,78 mg/L aralığında saptanmıştır. Enerji içeceklerinde ölçülen bu değerler oldukça geniş bir aralıktadır. Çalışmada yer alan 10 ve 11.ürünün HMF değerleri, HPLC cihazı ile tespit edilememiştir. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde yer alan 40 mg/kg HMF kısıtlaması, tüm ürünlerde, Bal Tebliği'nde bulunan kısıtlama ve ilgili standartlara uygun bulunmuştur.

Enerji içeceklerinin pazarlanması için en yaygın kullanılan sektörlerden televizyon ve internet reklamlarında özellikle ergen ve genç bireylerin güç özentiliğini tetiklemeyecek daha hassas ve daha farklı bir politikanın izlenmesi değerlendirilebilir. Bu doğrultuda bilinçsizce tüketimin önüne geçilmeye çalışılabilir.

Gıdalar için besin içerikleri tabloları ve içindekiler kısmının gıdaların ambalajlarına etiketlenmesi tüketicinin bilinçlenmesi için izlenen bir yol haline gelmiştir. Gıda etiketleri, tüketicilerin gıdalar hakkında daha fazla bilgi sahibi olmasına katkı sağlar.

Ayrıca etiketler aracılığı ile tüketicilere gıdalar içerisinde daha iyi içeriklere sahip gıdayı veya kendisine en uygun gıdayı seçebilme imkanı sağlanmıştır.

Ülkemizdeki enerji içecekleri günden güne aromalı, şekerli ve meyve bazlı şekilde oldukça fazla çeşitlilik kazanmaya devam etmektedir. Özellikle gençler için etiket okuma alışkanlıkları kazandırılarak, nispeten alınan bu içeceklerdeki kafein ve şeker içeriklerinin daha düşük olanları tercih etme eğiliminde bulunması sağlanabilir. Enerji içeceklerinin aşırı tüketiminde görülen komplikasyonların ciddiyeti farkına varılmalı ve bu içeceklerin önerilen miktarlardan daha fazla alınmaması konusunda medyanın gücü ile eğitici içerikler sağlanmalıdır.

Aynı zamanda başta meyve suları olmakla beraber alkolsüz içecekler ve enerji içeceklerinde de HMF görülebilme ihtimali vardır. Buna rağmen Türk Gıda Kodeksi'nde şeker içeriğine sahip içecekler için HMF miktarları için herhangi bir HMF kısıtlaması henüz bulunmamaktadır.

HMF'ye yüksek dozlarda maruz kalmanın komplikasyonları bilinmektedir. Buna istinaden daha fazla gıdada HMF konsantrasyonları belirlenmeli ve bir HMF sınırlandırılması gerekmektedir. İçeceklerin HMF konsantrasyonlarına yönelik analizler ise literatürde çok dar kapsamlı ve yetersiz görülmüştür.

Günümüzde popülerliği gittikçe artan, herhangi bir yaş sınırlaması bulunmayan ve sıklıkla önerilen miktarlardan daha fazla tüketilen enerji içeceklerin tüketimi konusunda toplumun bilinçlendirilmesi ve gıda sektöründe bu pazarların stratejilerinin iyileştirilmesi gerekir.

KAYNAKÇA

- Abraham, K., Gürtler, R., Berg, K., Heinemeyer, G., Lampen, A., & Appel, K. E. (2011). Toxicology and risk assessment of 5-Hydroxymethylfurfural in food. *Molecular nutrition & food research*, 55(5): 667-678.
- Abu-Bakar, N. B., Makahleh, A., & Saad, B. (2014). Vortex-assisted liquid–liquid microextraction coupled with high performance liquid chromatography for the determination of furfurals and patulin in fruit juices. *Talanta*, 120: 47-54.
- Adepoju, O. T., & Ojo, V. O. (2014). Consumption pattern of energy drinks by university of Ibadan students and associated health risks factors. *Food and Nutrition Sciences*, 5(22): 2209.
- ALjahdali, N., & Carbonero, F. (2019). Impact of Maillard reaction products on nutrition and health: Current knowledge and need to understand their fate in the human digestive system. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(3): 474-487.
- Alrasheedi, A. A. (2016). Prevalence and reasons for consumption of energy drinks among adolescents and young adults in Jeddah, Saudi Arabia. *Global J Health Sci*, 9: 23-8.
- Al-Shaar, L., Vercammen, K., Lu, C., Richardson, S., Tamez, M., & Mattei, J. (2017). Health Effects and Public Health Concerns of Energy Drink Consumption in the United States: A Mini-Review. *Frontiers in Public Health*, 5: 225.
- Alsunni, A. A. (2015). Energy drink consumption: beneficial and adverse health effects. *International journal of health sciences*, 9(4): 468.
- Alsunni, A., Majeed, F., Yar, T., AlRahim, A., Ajhawaj, A. F., & Alzaki, M. (2015). Effects of energy drink consumption on corrected QT interval and heart rate variability in young obese Saudi male university students. *Ann Saudi Med*, 35(4): 282-287.
- Ariffin, H., Chong, X. Q., Chong, P. N., & Okechukwu, P. N. (2022). Is the consumption of energy drink beneficial or detrimental to health: a comprehensive review?. *Bulletin of the National Research Centre*, 46(1): 1-28.
- Arria, A. M., Caldeira, K. M., Kasperski, S. J., O’Grady, K. E., Vincent, K. B.,

- Griffiths, R. R., & Wish, E. D. (2010). Increased alcohol consumption, nonmedical prescription drug use, and illicit drug use are associated with energy drink consumption among college students. *Journal of addiction medicine, 4*(2): 74.
- Arria, A. M., Caldeira, K. M., Kasperski, S. J., Vincent, K. B., Griffiths, R. R., & O'Grady, K. E. (2011). Energy drink consumption and increased risk for alcohol dependence. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research, 35*(2): 365-375.
- Aslam, H. M., Mughal, A., Edhi, M. M., Saleem, S., Rao, M. H., Aftab, A., ... & Khan, A. M. H. (2013). Assessment of pattern for consumption and awareness regarding energy drinks among medical students. *Archives of Public Health, 71*(1): 1-11.
- Bailey, R. L., Saldanha, L. G., Gahche, J. J., & Dwyer, J. T. (2014). Estimating caffeine intake from energy drinks and dietary supplements in the United States. *Nutrition reviews, 72*(suppl_1): 9-13.
- Basumallick, L., & Rohrer, J. (2016). Determination of hydroxymethylfurfural in honey and biomass. *Thermo Sci. Dionex Appl. Note Updat, 270*: 1-6.
- Bawadi, H., Khataybeh, T., Obeidat, B., Kerkadi, A., Tayyem, R., Banks, A. D., & Subih, H. (2019). Sugar-sweetened beverages contribute significantly to college students' daily caloric intake in Jordan: soft drinks are not the major contributor. *Nutrients, 11*(5): 1058.
- Beauchamp, G., Amaducci, A., & Cook, M. (2017). Caffeine toxicity: a brief review and update. *Clinical Pediatric Emergency Medicine, 18*(3): 197-202.
- Bharate, S. S., & Bharate, S. B. (2014). Non-enzymatic browning in citrus juice: chemical markers, their detection and ways to improve product quality. *Journal of food science and technology, 51*: 2271-2288.
- Bhardwaj, S. K., Dwivedia, K., & Agarwala, D. D. (2015). A review: HPLC method development and validation. *International Journal of Analytical and Bioanalytical Chemistry, 5*(4): 76-81.
- Bkaily, G., Jazzar, A., Normand, A., Simon, Y., Al-Khoury, J., & Jacques, D. (2020). Taurine and cardiac disease: state of the art and perspectives. *Canadian*

Journal of Physiology and Pharmacology, 98(2): 67-73.

- Brenna, O. V. (2014). Antioxidant Capacity of Soft Drinks. In *Processing and Impact on Antioxidants in Beverages* (pp. 51-56). Academic Press.
- Buchanan, L., Kelly, B., & Yeatman, H. (2017). Exposure to digital marketing enhances young adults' interest in energy drinks: An exploratory investigation. *PLoS One*, 12(2): e0171226.
- Buglione, M., & Lozano, J. (2002). Nonenzymatic browning and chemical changes during grape juice storage. *Journal of Food Science*, 67(4): 1538-1543.
- Capuano, E., & Fogliano, V. (2011). Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural (HMF): A review on metabolism, toxicity, occurrence in food and mitigation strategies. *LWT-food science and technology*, 44(4): 793-810.
- Capuano, E., Ferrigno, A., Acampa, I., Ait-Ameur, L., & Fogliano, V. (2008). Characterization of the Maillard reaction in bread crisps. *European Food Research and Technology*, 228: 311-319.
- Caroca, E., Serrano, A., Borja, R., Jiménez, A., Carvajal, A., Braga, A. F., ... & Feroso, F. G. (2021). Influence of phenols and furans released during thermal pretreatment of olive mill solid waste on its anaerobic digestion. *Waste Management*, 120: 202-208.
- Cavalcanti, V. I. N. I. C. I. U. S., Marques, M. A. R. C. E. L. O., Do Nascimento, W. M., Rocha, A. W. D. O., Ferreira, I. D. J., Leão, D. P., ... & De Oliveira, C. M. C. (2020). Bioproducts based on guarana (*Paulinia cupana*) for practitioners of physical activity. *Eur. Acad. Res*, 8: 1746-1759.
- Chang, Y. W., Zeng, X. Y., & Sung, W. C. (2020). Effect of chitooligosaccharide and different low molecular weight chitosans on the formation of acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural and Maillard reaction products in glucose/fructose-asparagine model systems. *LWT*, 119: 108879.
- Chatterjee, A., & Abraham, J. (2019). A comprehensive study on sports and energy drinks. In *Sports and Energy Drinks* (pp. 515-537). Woodhead Publishing.
- Choudhary, A., Kumar, V., Kumar, S., Majid, I., Aggarwal, P., & Suri, S. (2021). 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) formation, occurrence and potential health concerns: Recent developments. *Toxin Reviews*, 40(4): 545-561.

- Ciesarova, Z., Kukurova, K., Bednarikova, A., & Morales, F. J. (2009). Effect of heat treatment and dough formulation on the formation of Maillard reaction products in fine bakery products-benefits and weak points. *Journal of Food and Nutrition Research*, 48(1): 20-30.
- Clauson, K. A., Shields, K. M., McQueen, C. E., & Persad, N. (2008). Safety issues associated with commercially available energy drinks. *Journal of the American Pharmacists Association*, 48(3): e55-e67.
- Croguennec, T. (2016). Non-enzymatic browning. *Handbook of Food Science and Technology 1: Food Alteration and Food Quality*: 133-157.
- Curran, C. P., & Marczynski, C. A. (2017). Taurine, caffeine, and energy drinks: Reviewing the risks to the adolescent brain. *Birth defects research*, 109(20): 1640-1648.
- Czerwonka, M., Opiłka, J., & Tokarz, A. (2018). Evaluation of 5-hydroxymethylfurfural content in non-alcoholic drinks. *European Food Research and Technology*, 244: 11-18.
- de Andrade, J. K., Komatsu, E., Perreault, H., Torres, Y. R., da Rosa, M. R., & Felsner, M. L. (2016). In house validation from direct determination of 5-hydroxymethyl-2-furfural (HMF) in Brazilian corn and cane syrups samples by HPLC–UV. *Food Chemistry*, 190: 481-486.
- de la Cueva, S. P., Seiquer, I., Mesías, M., Rufián-Henares, J. Á., & Delgado-Andrade, C. (2017). Evaluation of the availability and antioxidant capacity of maillard compounds present in bread crust: Studies in Caco-2 cells. *Foods*, 6(1): 5.
- Delgado-Andrade, C., Morales, F. J., Seiquer, I., & Navarro, M. P. (2010). Maillard reaction products profile and intake from Spanish typical dishes. *Food Research International*, 43(5): 1304-1311.
- Delgado-Andrade, C., Seiquer, I., Navarro, M. P., & Morales, F. J. (2008). Estimation of hydroxymethylfurfural availability in breakfast cereals. Studies in Caco-2 cells. *Food and chemical toxicology*, 46(5): 1600-1607.
- Doğan, M. ve Toker, OS (2015). Farklı diyet lifleri ile zenginleştirilmiş karamel örneklerinin hidrosimetilfurfural içeriği ve fizikokimyasal özellikleri. *Mahsullerin ve Gıdaların Kalite Güvencesi ve Güvenliği* , 7 (3):

277-285.

- Echavarría, A. P., Pagán, J., & Ibarz, A. (2012). Melanoidins formed by Maillard reaction in food and their biological activity. *Food Engineering Reviews*, 4: 203-223.
- Ehlers, A., Marakis, G., Lampen, A., & Hirsch-Ernst, K. I. (2019). Risk assessment of energy drinks with focus on cardiovascular parameters and energy drink consumption in Europe. *Food and chemical toxicology*, 130: 109-121.
- Ellermann, C., Hakenes, T., Wolfes, J., Wegner, F. K., Willy, K., Leitz, P., ... & Frommeyer, G. (2022). Cardiovascular risk of energy drinks: Caffeine and taurine facilitate ventricular arrhythmias in a sensitive whole-heart model. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*, 33(6): 1290-1297.
- Elmaoğulları, S., Kadan, E., Anadol, E., Gökçeoğlu, A., Çetinkaya, S., Yarımlı, G.F., ... & Aycan, Z. (2020). 5-hidroksimetilfurfural'ın dişi wistar sıçanlarının ergenlik gelişimi üzerindeki etkileri. *Pediyatrik Endokrinolojide Klinik Araştırma Dergisi*, 12 (1): 79.
- Emond, J. A., Gilbert-Diamond, D., Tanski, S. E., & Sargent, J. D. (2014). Energy drink consumption and the risk of alcohol use disorder among a national sample of adolescents and young adults. *The Journal of pediatrics*, 165(6): 1194-1200.
- Enriquez, A., & Frankel, D. S. (2017). Arrhythmogenic effects of energy drinks. *Journal of cardiovascular electrophysiology*, 28(6): 711-717.
- Erdmann, J., Wiciński, M., Wódkiewicz, E., Nowaczewska, M., Słupski, M., Otto, S. W., ... & Malinowski, B. (2021). Effects of energy drink consumption on physical performance and potential danger of inordinate usage. *Nutrients*, 13(8): 2506.
- Fajardo, J. D. V., Atroch, A. L., Pinto, C. E. D. L., & do Nascimento Filho, F. J. (2019). Characterization and genetic diversity between guarana progenies. *Brazilian Journal of Agriculture*, 94(2): 102-116.
- Farag, M. R., Alagawany, M., Bin-Jumah, M., Othman, S. I., Khafaga, A. F., Shaheen, H. M., ... & Abd El-Hack, M. E. (2020). The toxicological aspects of the heat-borne toxicant 5-hydroxymethylfurfural in animals: a review. *Molecules*, 25(8): 1941.

- Ghosh, R., Bryant, D. L., & Farone, A. L. (2020). Panax quinquefolius (North American Ginseng) polysaccharides as immunomodulators: current research status and future directions. *Molecules*, 25(24): 5854.
- Giovanelli, G., & Cappa, C. (2021). 5-hydroxymethylfurfural formation in bread as a function of heat treatment intensity: Correlations with browning indices. *Foods*, 10(2): 417.
- Gökmen, V. ve Şenyuva, HZ (2006). Sıvı kromatografi-kütle spektrometresi kullanılarak bebek mamalarında hidroksimetilfurfural tayini için geliştirilmiş yöntem. *Tarım ve Gıda Kimyası Dergisi* , 54 (8): 2845-2849.
- Greilberger, J., Herwig, R., Greilberger, M., Stiegler, P., & Wintersteiger, R. (2021). Alpha-ketoglutarate and 5-HMF: a potential anti-tumoral combination against leukemia cells. *Antioxidants*, 10(11): 1804.
- Gutiérrez-Hellín, J., & Varillas-Delgado, D. (2021). Energy drinks and sports performance, cardiovascular risk, and genetic associations; future prospects. *Nutrients*, 13(3): 715.
- Gün, R. ve Dursun, I. (2022). Türkiye'de Satılan Bazı Popüler Meşrubatlarda Şeker, HMF, pH ve Asitlik İçeriklerinin Değerlendirilmesi. *Akademik Gıda* 8(2): 11-17.
- Habibi, H., Mohammadi, A., & Kamankesh, M. (2018). Hydroxymethylfurfural in fruit puree and juice: preconcentration and determination using microextraction method coupled with high-performance liquid chromatography and optimization by Box-Behnken design. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12: 191-199.
- Hamzalıoğlu, A. ve Gökmen, V. (2020). Sindirim sırasında termal proses kirleticilerinin potansiyel reaksiyonları. *Gıda Bilimi ve Teknolojisindeki Trendler*, 106: 198-208.
- Harris, J. L., & Munsell, C. R. (2015). Energy drinks and adolescents: what's the harm?. *Nutrition reviews*, 73(4): 247-257.
- Higgins, J. P., Babu, K., Deuster, P. A., & Shearer, J. (2018). Energy drinks: a contemporary issues paper. *Current sports medicine reports*, 17(2): 65-72.
- Hong, P. K., & Betti, M. (2016). Non-enzymatic browning reaction of glucosamine at

- mild conditions: Relationship between colour formation, radical scavenging activity and α -dicarbonyl compounds production. *Food Chemistry*, 212: 234-243.
- Hoxha, F., Kongoli, R., Malollari, I., Tosti, T., Milojkovic-Opsenica, D., & Tesic, Z. (2019). Analysis of some albanian market honey based on 5-hydroxymethylfurfural (HMF) content with its impact on human health. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 20(1): 496-504.
- Ishak, W. W., Ugochukwu, C., Bagot, K., Khalili, D., & Zaky, C. (2012). Energy drinks: psychological effects and impact on well-being and quality of life—a literature review. *Innovations in clinical neuroscience*, 9(1): 25.
- Jahrami, H., Al-Mutarid, M., Penson, P. E., Al-Islam Faris, M. E., Saif, Z., & Hammad, L. (2020). Intake of caffeine and its association with physical and mental health status among university students in Bahrain. *Foods*, 9(4): 473.
- Jalili, M., & Ansari, F. (2015). Identification and Quantification of 5-Hydroxymethyl Furfural in Food Products. *Nutrition and Food Sciences Research*, 2(1): 47-53.
- Janzowski, C., Glaab, V., Samimi, E., Schlatter, J., & Eisenbrand, G. (2000). 5-Hydroxymethylfurfural: assessment of mutagenicity, DNA-damaging potential and reactivity towards cellular glutathione. *Food and chemical toxicology*, 38(9): 801-809.
- Kaur, J., Kumar, V., Goyal, A., Tanwar, B., Gat, Y., Prasad, R., & Suri, S. (2019). Energy drinks: health effects and consumer safety. *Nutrition & Food Science*, 49(6): 1075-1087.
- Koszucka, A., & Nowak, A. (2019). Thermal processing food-related toxicants: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 59(22): 3579-3596.
- Kowalski, S., Lukasiewicz, M., Duda-Chodak, A., & Ziec, G. (2013). 5-Hydroxymethyl-2-furfural (HMF)—heat-induced formation, occurrence in food and biotransformation—a review. *Polish journal of food and nutrition sciences*, 63(4): 207-225.
- Kus, S., Gogus, F., & Eren, S. (2005). Hydroxymethyl furfural content of concentrated food products. *International Journal of Food Properties*, 8(2): 367-375.

- Kutia, S., Kriventsov, M., Moroz, G., Gafarova, E., & Trofimov, N. (2020). Implications of energy drink consumption for hepatic structural and functional changes: a review. *Nutrition & Food Science*, 50(5): 937-953.
- Lamiyan, A. K., Dalal, R., Katnoria, S., Ali, A., Kumar, N. R., & Singh, A. (2021). Honey Toxicity and Its Health Hazards Along with Related Mechanisms. In *Honey* (pp. 179-190). CRC Press.
- Lee, C. H., Chen, K. T., Lin, J. A., Chen, Y. T., Chen, Y. A., Wu, J. T., & Hsieh, C. W. (2019). Recent advances in processing technology to reduce 5-hydroxymethylfurfural in foods. *Trends in food science & technology*, 93: 271-280.
- Lévy, S., Santini, L., Capucci, A., Oto, A., Santomauro, M., Riganti, C., ... & Cappato, R. (2019). European Cardiac Arrhythmia Society Statement on the cardiovascular events associated with the use or abuse of energy drinks. *Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology*, 56(1): 99-115.
- Li, M. M., Wu, L. Y., Zhao, T., Wu, K. W., Xiong, L., Zhu, L. L., & Fan, M. (2011). The protective role of 5-hydroxymethyl-2-furfural (5-HMF) against acute hypobaric hypoxia. *Cell Stress and Chaperones*, 16: 529-537.
- Lund, M. N., & Ray, C. A. (2017). Control of Maillard reactions in foods: Strategies and chemical mechanisms. *Journal of agricultural and food chemistry*, 65(23): 4537-4552.
- Mahoney, C. R., Giles, G. E., Marriott, B. P., Judelson, D. A., Glickman, E. L., Geiselman, P. J., & Lieberman, H. R. (2019). Intake of caffeine from all sources and reasons for use by college students. *Clinical nutrition*, 38(2): 668-675.
- Mansour, B., Amarah, W., Nasralla, E., & Elias, N. (2019). Energy drinks in children and adolescents: demographic data and immediate effects. *European journal of pediatrics*, 178: 649-656.
- Manzocco, L., Calligaris, S., Mastrocola, D., Nicoli, M. C., & Lericci, C. R. (2000). Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. *Trends in food science & technology*, 11(9-10): 340-346.
- McLellan, T. M., & Lieberman, H. R. (2012). Do energy drinks contain active

- components other than caffeine?. *Nutrition reviews*, 70(12): 730-744.
- Menegazzo, F., Ghedini, E., & Signoretto, M. (2018). 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) production from real biomasses. *Molecules*, 23(9): 2201.
- Mesias, M., Delgado-Andrade, C., & Morales, F. J. (2020). Process contaminants in battered and breaded foods prepared at public food service establishments. *Food Control*, 114: 107217.
- Michalak, J., Czarnowska-Kujawska, M., & Gujska, E. (2019). Acrylamide and thermal-processing indexes in market-purchased food. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(23): 4724.
- Miranda, I. R., Ordonez, Y. M., & Ancona, D. B. (2022). Significance of hydroxymethylfurfural and melanoidins as products of maillard reactions in honey. *Uludag Bee Journal*, 22(1): 97-113.
- Monien, B. H., Frank, H., Seidel, A., & Glatt, H. (2009). Conversion of the common food constituent 5-hydroxymethylfurfural into a mutagenic and carcinogenic sulfuric acid ester in the mouse in vivo. *Chemical Research in Toxicology*, 22(6): 1123-1128.
- Morales, F. J. (2008). Hydroxymethylfurfural (HMF) and related compounds. *Process-induced food toxicants: Occurrence, formation, mitigation and health risks*, 135-174.
- Moreira, M. J., García-Díez, J., De Almeida, J. M. M. M., & Saraiva, C. (2019). Evaluation of food labelling usefulness for consumers. *International Journal of Consumer Studies*, 43(4): 327-334.
- Muangthai, P., & Wiwatchankit, Y. (2014). Analysis of 5-hydroxymethyl-2-furfuraldehyde in electrolytic products and energy drink products. *IOSR Journal of Applied Chemistry*, 7(7): 62-67.
- Murkovic, M., & Pichler, N. (2006). Analysis of 5-hydroxymethylfurfural in coffee, dried fruits and urine. *Molecular nutrition & food research*, 50(9), 842-846.
- Nadeem, I. M., Shanmugaraj, A., Sakha, S., Horner, N. S., Ayeni, O. R., & Khan, M. (2021). Energy drinks and their adverse health effects: a systematic review and meta-analysis. *Sports Health*, 13(3): 265-277.

- Nowak, D., & Gośliński, M. (2020). Assessment of antioxidant properties of classic energy drinks in comparison with fruit energy drinks. *Foods*, 9(1): 56.
- Nowak, D., & Jasionowski, A. (2015). Analysis of the consumption of caffeinated energy drinks among Polish adolescents. *International journal of environmental research and public health*, 12(7): 7910-7921.
- Oral, R. A., Mortas, M., Dogan, M., Sarioglu, K., & Yazici, F. (2014). New approaches to determination of HMF. *Food chemistry*, 143: 367-370
- Ou, J., Zheng, J., Huang, J., Ho, C. T., & Ou, S. (2020). Interaction of acrylamide, acrolein, and 5-hydroxymethylfurfural with amino acids and DNA. *Journal of agricultural and food chemistry*, 68(18): 5039-5048.
- Pastoriza de la Cueva, S., Álvarez, J., Végvári, Á., Montilla-Gómez, J., Cruz-López, O., Delgado-Andrade, C., & Rufián-Henares, J. A. (2017). Relationship between HMF intake and SMF formation in vivo: An animal and human study. *Molecular nutrition & food research*, 61(3): 1600773.
- Patrick, M., Kim, H. A., Oketch-Rabah, H., Marles, R. J., Roe, A. L., & Calderón, A. I. (2019). Safety of Guarana Seed as a Dietary Ingredient: A Review. *Journal of agricultural and food chemistry*, 67(41): 11281-11287.
- Petisca, C., Henriques, A. R., Pérez-Palacios, T., Pinho, O., & Ferreira, I. M. P. L. V. O. (2014). Assessment of hydroxymethylfurfural and furfural in commercial bakery products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 33(1): 20-25.
- Pomeranz, J. L., Munsell, C. R., & Harris, J. L. (2013). Energy drinks: an emerging public health hazard for youth. *Journal of public health policy*, 34: 254-271.
- Rahamathulla, M. P. (2017). Prevalence, side effects and awareness about energy drinks among the female university students in Saudi Arabia. *Pakistan journal of medical sciences*, 33(2): 347.
- Rais, N., Ved, A., Shadab, M., Ahmad, R., & Shahid, M. (2023). Taurine, a non-proteinous essential amino acid for human body systems: an overview. *Arab Gulf Journal of Scientific Research*, 41(1): 48-66.
- Raizel, R., Coqueiro, A. Y., Bonvini, A., & Tirapegui, J. (2019). Sports and energy drinks: Aspects to consider. In *Sports and Energy Drinks* (pp. 1-37). Woodhead Publishing.

- Rambe, P., & Jafeta, R. J. (2017). Impact of social media advertising on high energy drink preferences and consumption. *Journal of Applied Business Research (JABR)*, 33(4): 653-668.
- Rath, M. (2012). Energy drinks: what is all the hype? The dangers of energy drink consumption. *Journal of the American Academy of Nurse Practitioners*, 24(2): 70-76.
- Reid, J. L., McCrory, C., White, C. M., Martineau, C., Vanderkooy, P., Fenton, N., & Hammond, D. (2017). Consumption of caffeinated energy drinks among youth and young adults in Canada. *Preventive Medicine Reports*, 5: 65-70.
- Reissig, C. J., Strain, E. C., & Griffiths, R. R. (2009). Caffeinated energy drinks—a growing problem. *Drug and alcohol dependence*, 99(1-3): 1-10.
- Rufián-Henares, J. A., Delgado-Andrade, C., & Morales, F. J. (2009). Assessing the Maillard reaction development during the toasting process of common flours employed by the cereal products industry. *Food Chemistry*, 114(1): 93-99.
- Ruiz, L. D., & Scherr, R. E. (2019). Risk of energy drink consumption to adolescent health. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 13(1): 22-25.
- Sahu, P. K., Ramiseti, N. R., Cecchi, T., Swain, S., Patro, C. S., & Panda, J. (2018). An overview of experimental designs in HPLC method development and validation. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 147: 590-611.
- Seifert, S. M., Seifert, S. A., Schaechter, J. L., Bronstein, A. C., Benson, B. E., Hershon, E. R., ... & Lipshultz, S. E. (2013). An analysis of energy-drink toxicity in the National Poison Data System. *Clinical toxicology*, 51(7): 566-574.
- Seol, S. I., Kim, H. J., Choi, E. B., Kang, I. S., Lee, H. K., Lee, J. K., & Kim, C. (2021). Taurine protects against postischemic brain injury via the antioxidant activity of taurine chloramine. *Antioxidants*, 10(3): 372.
- Serdar, M., Mordelt, A., Müser, K., Kempe, K., Felderhoff-Müser, U., Herz, J., & Bendix, I. (2019). Detrimental impact of energy drink compounds on developing oligodendrocytes and neurons. *Cells*, 8(11): 1381.
- Severin, I., Dumont, C., Jondeau-Cabaton, A., Graillet, V., & Chagnon, M. C. (2010).

- Genotoxic activities of the food contaminant 5-hydroxymethylfurfural using different in vitro bioassays. *Toxicology letters*, 192(2): 189-194.
- Shapla, U. M., Solayman, M., Alam, N., Khalil, M., & Gan, S. H. (2018). 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) levels in honey and other food products: effects on bees and human health. *Chemistry Central Journal*, 12(1): 1-18.
- Somers, K. R., & Svatikova, A. (2020). Cardiovascular and autonomic responses to energy drinks—clinical implications. *Journal of Clinical Medicine*, 9(2): 431.
- Sundborn, G., Thornley, S., Merriman, T. R., Lang, B., King, C., Lanaspá, M. A., & Johnson, R. J. (2019). Are liquid sugars different from solid sugar in their ability to cause metabolic syndrome?. *Obesity*, 27(6): 879-887
- Surh, Y. J., Liem, A., Miller, J. A., & Tannenbaum, S. R. (1994). 5-Sulfooxymethylfurfural as a possible ultimate mutagenic and carcinogenic metabolite of the Maillard reaction product, 5-hydroxymethylfurfural. *Carcinogenesis*, 15(10): 2375-2377.
- Tahmassebi, J. F., & BaniHani, A. (2020). Impact of soft drinks to health and economy: a critical review. *European archives of paediatric dentistry*, 21: 109-117.
- Tamanna, N., & Mahmood, N. (2015). Food Processing and Maillard Reaction Products: Effect on Human Health and Nutrition. *International Journal of Food Science*, 2015: 526752.
- Tarragon, E., Calleja-Conde, J., Giné, E., Segovia-Rodríguez, L., Durán-González, P., & Echeverry-Alzate, V. (2021). Alcohol mixed with energy drinks: what about taurine?. *Psychopharmacology*, 238: 1-8.
- Taş, NG ve Gökmen, V. (2017). Fındık kavurma sırasında Maillard reaksiyonu ve karamelizasyon: Çok yanıtli bir kinetik çalışma. *Gıda kimyası*, 221: 1911-1922.
- Teixidó, E., Santos, F., Puignou, L., & Galceran, M. T. (2006). Analysis of 5-hydroxymethylfurfural in foods by gas chromatography–mass spectrometry. *Journal of chromatography A*, 1135(1): 85-90.
- Thakur, J. S. (2018). HMF as a quality indicator in Garcinia indica fruit juice concentrate. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 6(1):

227-233.

- Uwaifo, G. I. (2019). Beware energy drinks: a case of a toxic triad syndrome in a diabetic patient with nonalcoholic fatty liver disease. *The American Journal of the Medical Sciences*, 358(4): 304-311.
- van Dam, R. M., Hu, F. B., & Willett, W. C. (2020). Coffee, Caffeine, and Health. *The New England journal of medicine*, 383(4): 369-378.
- Verster, J. C., Benson, S., Johnson, S. J., Alford, C., Godefroy, S. B., & Scholey, A. (2018). Alcohol mixed with energy drink (AMED): A critical review and meta-analysis. *Human Psychopharmacology: Clinical and Experimental*, 33(2): e2650.
- Visram, S., Cheetham, M., Riby, D. M., Crossley, S. J., & Lake, A. A. (2016). Consumption of energy drinks by children and young people: a rapid review examining evidence of physical effects and consumer attitudes. *BMJ Open*, 6(10): e010380.
- Willson, C. (2018). The clinical toxicology of caffeine: A review and case study. *Toxicology reports*, 5: 1140-1152.
- Winniford, M. D. (2019). Energy Drinks: Another Cause of QT Prolongation?. *Journal of the American Heart Association*, 8(11): e012833.
- Wolk, B. J., Ganetsky, M., & Babu, K. M. (2012). Toxicity of energy drinks. *Current opinion in pediatrics*, 24(2): 243-251.
- Woolsey, C. L., Barnes, L. B., & Jacobson, B. H. (2014). Frequency of Energy Drink Use Predicts Illicit Prescription Stimulant Use. *SUBSTANCE ABUSE*, 35: 96-103.
- Wölkart, G., Schrammel, A., Koyani, C. N., Scherübel, S., Zorn-Pauly, K., Malle, E., ... & Mayer, B. (2017). Cardioprotective effects of 5-hydroxymethylfurfural mediated by inhibition of L-type Ca²⁺ currents. *British Journal of Pharmacology*, 174(20): 3640-3653.
- Yıldız, O., Şahin, H., Kara, M., Aliyazıcıoğlu, R., Tarhan, Ö., & Kolaylı, S. Maillard Reaksiyonları ve Reaksiyon Ürünlerinin Gıdalardaki Önemi. *Akademik Gıda*, 8(6): 44-51.

- Yu, H., Zhang, R., Yang, F., Xie, Y., Guo, Y., Yao, W., & Zhou, W. (2021). Control strategies of pyrazines generation from Maillard reaction. *Trends in Food Science & Technology*, 112: 795-807.
- Yunusa, I., & Ahmad, I. M. (2011). Energy-drinks: composition and health benefits. *Bayero journal of pure and applied sciences*, 4(2): 186-191.
- Yusupova, N., & Firdavs, O. (2022). Energy drinks. The composition of energy drinks and the effect on the body of their individual components. *Thematics Journal of Microbiology*, 6(1): 23-35.
- Zhang, X., Tao, N., Wang, X., Chen, F., & Wang, M. (2015). The colorants, antioxidants, and toxicants from nonenzymatic browning reactions and the impacts of dietary polyphenols on their thermal formation. *Food & function*, 6(2): 345-355.
- Zhao, M., Xu, J., Qian, D., Guo, J., Jiang, S., Shang, E. X., ... & Du, L. (2014). Characterization of the metabolism of 5-hydroxymethylfurfural by human intestinal microflora using ultra-high performance liquid chromatography-quadrupole time-of-flight mass spectrometry. *Analytical Methods*, 6(11): 3826-3833.
- Zhao, Q., Ou, J., Huang, C., Qiu, R., Wang, Y., Liu, F., ... & Ou, S. (2018). Absorption of 1-dicysteinethioacetal-5-hydroxymethylfurfural in rats and its effect on oxidative stress and gut microbiota. *Journal of agricultural and food chemistry*, 66(43): 11451-11458.
- Zhao, Q., Zou, Y., Huang, C., Lan, P., Zheng, J., & Ou, S. (2017). formation of a hydroxymethylfurfural-cysteine adduct and its absorption and cytotoxicity in caco-2 cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(45): 9902–9908. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b03938>
- Zulueta, A., Barba, F. J., Esteve, M. J., & Frígola, A. (2013). Changes in quality and nutritional parameters during refrigerated storage of an orange juice–milk beverage treated by equivalent thermal and non-thermal processes for mild pasteurization. *Food and Bioprocess Technology*, 6: 2018-2030.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

AD-SOYAD: Buse BÜKE

A.EĞİTİM

Yüksek Lisans: İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Beslenme ve Diyetetik 2021-2023.

Lisans: İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi 2017-2021.

B.YAYINLAR

Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Yayınlanan Bildiriler

1.Büke, B., Çatak, J., Servi Yıldırım, E., Demir, K., Kesik,S., Mızrak. Ö.F.(2022) Piyasadaki Çeşitli Enerji İçeceklerinde Hidroksimetilfurfural Düzeylerinin Belirlenmesi. 3. Uluslararası Marmara Bilimsel Araştırmalar ve İnovasyon Kongresi, Ekim 19-11, 2022- Sözlü Bildiri.