

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

PİYASADAKİ BAZI BAL, REÇEL VE PEKMEZLERİN
HMF MİKTARININ YÜKSEK PERFORMANSLI SIVI
KROMATOĞRAFİSİ (HPLC) İLE BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ayşe Sena COŞKUN

İstanbul

Ocak-2023

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

PİYASADAKİ BAZI BAL, REÇEL VE PEKMEZLERİN HMF
MİKTARININ YÜKSEK PERFORMANSLI SIVI
KROMATOĞRAFİSİ (HPLC) İLE BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ayşe Sena COŞKUN

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Jale ÇATAK

İstanbul

Ocak-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 onaylıyorum.

Doç. Dr. Erhan İÇENER

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ

Yüksek lisans tezi olarak hazırladığım **“Piyasadaki Bazı Bal, Reçel Ve Pekmezlerin HMF Miktarının Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC) İle 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.

Ayşe Sena COŞKUN

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, eş danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Halime Uğur'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 en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayşe Sena COŞKUN

İstanbul-2022

ÖZET

**PİYASADAKİ BAZI BAL, REÇEL VE PEKMEZLERİN HMF
MİKTARININ YÜKSEK PERFORMANSLI SIVI
KROMATOĞRAFİSİ (HPLC) İLE BELİRLENMESİ**

Ayşe Sena COŞKUN

Yüksek Lisans, Beslenme ve Diyetetik

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Jale ÇATAK

Ocak, 2023 - 77 Sayfa

Bu çalışmada, piyasada satışa sunulan bazı bal, reçel ve pekmezlerdeki hidroksimetilfurfural(HMF) düzeyinin saptanması ve *in vitro* sindirimin HMF oluşumuna etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Özellikle şekerli gıdaların uygun olmayan sıcaklıklarda depolanması ve üretimleri esnasında uygulanan ısıl işlem nedeniyle meydana gelen kimyasal tepkimelerle HMF oluşumu gerçekleşmektedir. HMF, asitli ortamda hegzozun parçalanması ile veya Maillard reaksiyonu esnasında bir ara ürün olarak ortaya çıkmaktadır. HMF oluşumu, ballarda depolama süresinin tayini ve uygun ısıl işlem yapıp yapılmadığını anlayabilmek için kullanılan kimyasal bir indekstir. Çalışmada, 10 farklı bal, 10 farklı reçel ve 10 farklı pekmez örneği İstanbul'daki marketlerden satın alınmıştır. Örneklerdeki HMF miktarları HPLC yöntemi ile belirlenmiştir. Laboratuvar ortamında bir *in vitro* insan sindirim modeli kullanılarak, sindirim sonrası biyoerişilebilir HMF değerleri elde edilmiştir. Analiz sonucunda, sindirim öncesi HMF değerleri ballarda 2,89 – 149,10 mg/kg, reçellerde 23,22– 247,10 mg/kg, pekmezlerde ise 1,39 – 113,29 mg/kg aralığında bulunmuştur. Sindirim sonrasında HMF değerleri ise, ballarda 12,05 – 186,09 mg/kg, reçellerde 28,03 – 253,57 mg/kg, pekmezlerde 64,07 – 176,86 mg/kg aralığında saptanmıştır. Sindirim sonrasında tüm örneklerdeki HMF düzeyleri dikkate değer ölçüde artış göstermiştir. Örneklerin HMF biyoerişilebilirlikleri, %99 ile %4476 aralığında oldukça yüksek değerler ile tespit edilmiştir. Fazla miktarda HMF oluşumu, aşırı ısıtmanın bir sonucu olabilir. Ek olarak, baldaki şeker oranı arttıkça (özellikle fruktoz) HMF oluşumu da artmaktadır. HMF oluşumunun engellenmesi için, üretim sırasında uygulanan ısıl işlem sıcaklığı ve süresi kontrol altında

tutulmalıdır. Ayrıca HMF oluşumunun önüne geçmek için depolama koşullarının sıcaklığına da dikkat edilmelidir.

Anahtar Kelimeler: HMF, Reçel, Bal, Pekmez, Biyoerişilebilirlik, *In Vitro* Sindirim



ABSTRACT
**DETERMINATION OF HMF AMOUNT IN SOME HONEY, JAM,
AND MOLASSES ON THE MARKET BY HIGH
PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY (HPLC)**

Ayşe Sena COŞKUN

Master, Nutrition and Dietetics

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Jale ÇATAK

January, 2023, 77 Pages

In this study, it was aimed to determine the level of hydroxy methylfurfural (HMF) in some honey, jam, and molasses sold on the market and to determine the effect of *in vitro* digestion on HMF formation. In particular, HMF formation occurs with the chemical reactions that occur due to the storage of sugary foods at inappropriate temperatures and the heat treatment applied during their production. HMF emerges as an intermediate product during the Maillard reaction or by the decomposition of hexose in an acidic environment. HMF formation is a chemical index used to determine the storage time in honey and to understand whether appropriate heat treatment is applied. In the study, 10 different honey, 10 different jams, and 10 different molasses samples were purchased from the markets in Istanbul. The amounts of HMF in the samples were determined by the HPLC method. Post-digestion bioaccessible HMF values were obtained using an *in vitro* human digestion model *in vitro*. As a result of the analysis, pre-digestion HMF values were found in the range of 2.89 – 149.10 mg/kg in honey, 23.22 – 247.10 mg/kg in jams, and 1.39 – 113.29 mg/kg in molasses. After digestion, HMF values were found in the range of 12.05 – 186.09 mg/kg in honey, 28.03 – 253.57 mg/kg in jams, and 64.07 – 176.86 mg/kg in molasses. After digestion, HMF levels in all samples increased significantly. The HMF bioaccessibility of the samples was determined with very high values in the range of 99% to 4476%. The formation of extensive amounts of HMF may be the result of over heating. In addition, as the sugar content in honey (especially fructose) increases, HMF formation also increases. To prevent the formation of HMF, the heat treatment temperature and time applied during

production should be kept under control. In addition, attention should be paid to the temperature of the storage conditions to prevent the formation of HMF.

Key Words: HMF, Honey, Jam, Molasses, Bioaccessibility, *In Vitro* Digestion



İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI.....	i
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ.....	ii
ÖN SÖZ.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiv
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xv
SEMBOLLER İSTESİ.....	xvi

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ.....	1
------------	---

İKİNCİ BÖLÜM

GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Bal.....	3
2.1.1. Balın İçeriği.....	4
2.1.2. Balların Sınıflandırılması.....	6
2.1.3. Balın İnsan Sağlığına Etkisi.....	6
2.1.4. Bal Üretim Aşamaları ve Kalite Değişimleri.....	7
2.1.4.1. Bal Üretim Aşamaları.....	7
2.1.4.2. Fermantasyon.....	8

2.1.4.3. Kristalizasyon.....	8
2.1.4.4. Maillard Reaksiyonu.....	8
2.1.4.5. HMF ve Diastaz Sayısı.....	9
2.2.Reçel.....	10
2.2.1. Reçelin Çeşitleri.....	11
2.2.2. Reçelin Üretiminde Kullanılan Ham Maddeler ve Diğer Malzemeler	11
2.2.2.1. Meyze ve Sebzeler.....	12
2.2.2.2. Pektin.....	12
2.2.2.3. Asit ve Tuzlar.....	12
2.2.2.4. Karbonhidrat ve Tatlandırıcılar	12
2.2.3. Reçelin Üretim Aşamaları ve Kalite Değişimi.....	13
2.3. Pekmez.....	14
2.3.1.Pekmez Çeşitleri.....	15
2.3.1.1. Üzüm Pekmezi.....	15
2.3.1.2. Dut Pekmezi.....	16
2.3.1.3 Keçiboynuzu Pekmezi.....	16
2.3.1.4. Hurma Pekmezi.....	17
2.3.1.5. Ardiç (Alıç) Pekmezi.....	17
2.3.2. Pekmezin İnsan Sağlığına Etkisi ve İçeriği.....	17
2.3.3. Pekmezin Üretim Aşamaları ve Kalite Değişimi	19
2.4. HMF.....	21
2.4.1. HMF'nin İnsan Sağlığına Etkisi.....	25
2.5. Biyoerişilebilirlik ve Biyoyararlılık.....	25

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE METOT.....	27
3.1. Araştırmanın Amacı.....	27
3.2. Araştırma Zamanı, Yeri ve Örneklem.....	27
3.3. Kullanılan Cihazlar.....	28
3.4. Analizi Yapılan Malzeme Listesi ve Miktarları.....	29
3.5. HMF Tayini.....	33
3.5.1. Örneklerin Hazırlanması ve Analiz.....	34
3.5.2. HPLC koşulları.....	29
3.6. <i>İn Vitro</i> Biyoerişilebilirlik Analizi.....	34
3.6.1 <i>İn Vitro</i> Sindirim.....	35
3.7. İstatistiksel Analizler.....	35

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR.....	36
4.1. Ürünlerin HMF Miktarı.....	36
4.1.1. Bal Numunelerinin HMF Sonuçlarının Belirlenmesi.....	37
4.1.2. Reçel Numunelerinin HMF Sonuçlarının Belirlenmesi.....	38
4.1.3. Pekmez Numunelerinin HMF Sonuçlarının Belirlenmesi.....	40

BEŞİNCİ BÖLÜM

TARTIŞMA.....	42
5.1. Ürünlerin HMF Miktarının Değerlendirilmesi.....	42
5.1.1. Bal Numunelerinin HMF Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	42
5.1.2. Reçel Numunelerinin HMF Sonuçlarının Değerlendirilmesi	43

5.1.3. Pekmez Numunelerinin HMF Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....45

SONUÇ VE ÖNERİLER.....47

KAYNAKÇA.....49

ÖZGEÇMİŞ..... 61



TABLULAR LİSTESİ

Tablo2.1:Balda Bulunan Bazı Bileşenlerin Miktarları.....	4
Tablo2.2: Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğinde Bildirilen Limitler.....	5
Tablo2.3: Balların Sınıflandırılması.....	6
Tablo2.4:Bal Üretim Aşamaları.....	7
Tablo2.5: Balın Çeşitli Isılarda Muhafazasının HMF Parametresine Etkisi.....	9
Tablo2.6: Türk Gıda Kodeksi'ne Göre Reçel Sınıflandırılması.....	11
Tablo2.7: Reçellerin Bazı Kalite Kriterleri.....	14
Tablo2.8: Pekmezin Sağlık Üzerine Etkileri.....	18
Tablo2.9: Pekmez Üretim Aşamaları.....	21
Tablo2.10:Bal, Pekmez ve Reçellerin HMF Miktarları.....	24
Tablo2.11: Biyoerişilebilirlik ve Biyoyararlanım Basamakları.....	26
Tablo3.1: Analizde Kullanılan Cihazlar	28
Tablo3.2: Bal Örneklerinin Menşei, Üretim Tarihi ve Son Kullanma Tarihi Bilgileri.....	29
Tablo3.3: Reçel Örneklerinin Menşei, Üretim Tarihi ve Son Kullanma Tarihi ve Bilgileri.....	29
Tablo3.4: Pekmez Örneklerinin Menşei, Üretim Tarihi ve Son Kullanma Tarihi Bilgileri.....	30
Tablo3.5: Analizi Yapılan Bal Örneklerin Bileşimleri ve İçindekiler.....	31
Tablo3.6: Analizi Yapılan Reçel Örneklerin Bileşimleri ve İçindekiler.....	32

Tablo3.7: Analizi Yapılan Pekmez Örneklerin Bileşimleri ve İçindekiler.....	33
Tablo4.1: Bal Örneklerinin Sindirim Öncesi ve Sonrası HMF Miktarları ve BiyoerişilebilirlikYüzdeleri.....	37
Tablo4.2: Reçel Örneklerinin Sindirim Öncesi ve Sonrası HMF Miktarları ve BiyoerişilebilirlikYüzdeleri.....	39
Tablo4.3: Pekmez Örneklerinin Sindirim Öncesi ve Sonrası HMF Miktarları ve Biyoerişilebilirlik Yüzdeleri.....	40
Tablo4.4: Örnek Gruplarının Sindirim Öncesi ve Sonrası HMF Miktarlarının ve Biyoerişilebilirlik Yüzdelerinin Ortalama Değerleri.....	41

ŞEKİLLER VE GRAFİKLER LİSTESİ

Şekil 2.1: Pekmez Üretim Aşamaları.....	20
Şekil 2.2: HMF Bileşiğinin Kimyasal Yapısı.....	22
Şekil 2.3: Yüksek Sıcaklıklarda Şekerlerin Ayrışması ile HMF Oluşumu- Karamelizasyon reaksiyonu.....	22
Şekil 2.4: Maillard Reaksiyonu Sırasında HMF Oluşumu.....	23
Şekil 3.1: Analiz Aşamaları.....	27
Şekil 4.1: Standart HPLC Kromatogramı.....	36
Şekil 4.2: Örnek HPLC Kromatogramı.....	36
Grafik 4.1: Bal Ürünlerinin HMF Biyoerişilebilirlik Yüzdeleri.....	38
Grafik 4.2: Reçel Ürünlerinin HMF Biyoerişilebilirlik Yüzdeleri.....	39
Grafik 4.3: Pekmez Ürünlerinin HMF Biyoerişilebilirlik Yüzdeleri.....	41

KISALTMALAR LİSTESİ

HMF: Hidroksimetilfurfural

MRP: Maillard Reaksiyon Ürünleri

HPLC: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi

TGK: Türk Gıda Kodeksi

5-SMF: 5-Sülfoksimetilfurfural

TDI: Tolere Edilebilir Günlük Alım

GI: Glisemik İndeks

vd: ve diğerleri

SEMBOLLER LİSTESİ

dk	:Dakika
g	:Gram
°C	:Santigrat Derece
mg	:Miligram
kg	:Kilogram
mm	:Milimetre
µg	:Mikrogram
%	:Yüzde

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Bir toplumda sıklıkla tüketilen gıdalar, ülkelere göre değişiklik göstermektedir. Genel olarak ülkelerin coğrafi konumları, ekonomik koşulları ve yıllardır süregelen örf ve adetleri nedeniyle günlük hayatta yaygın olarak kullanılan besinlerde farklılıklar görülebilmektedir (Kocatepe, 2015). Ancak kahvaltı, çoğu kültürde yer alan ve özellikle Türk Mutfak Kültüründe önemli bir konuma sahip olan bir öğündür. Bal, reçel ve pekmez de Türk Kahvaltısında tüketilen gıdalar arasında yer almaktadır (Çekal&Doğan, 2021).

Doğal olarak üretilen bal, eski çağlardan beri besin, ilaç ve tatlandırıcı olarak hayatımızda yer almaktadır. Bu zengin gıdanın içeriğinde; glikoz ve fruktozun yanında birçok vitamin, mineral ve aminoasit bulunmaktadır. Aynı zamanda fenolik içeriği nedeniyle insan vücudu için savunma mekanizmasına yardımcı olarak da görev yapmaktadır (Waheed vd., 2019).

Pekmez, balda olduğu gibi, besleyicilik bakımından oldukça zengin bir gıdadır ve Türk Mutfağında oldukça yaygın olarak tüketilmektedir. Üzüm, dut, kuru üzüm, elma, incir, şeker pancarı gibi farklı meyvelerden üretilir ve adını bu üretildiği meyvelerden alır (Karababa&Develi, 2005). Pekmez üretimi, kullanılan meyveye ve yöreye göre değişiklik gösterse de genel olarak benzer yapım aşamalarından geçmektedir. Yüksek miktarda glikoz ve fruktoz içerdiğinden, karbonhidrat içeriği zengindir ve bunun yanı sıra çeşitli vitamin, mineral ve protein yönünden de oldukça besleyici bir gıdadır (Tüzün vd., 2020).

Reçel ise bir veya daha fazla meyvenin püresinin, su ve şeker kullanılarak jöle kıvamına getirilmiş halidir ve en az %60-65 oranında çözünür katı madde içermesi nedeniyle önemli bir karbonhidrat kaynağıdır (Kaya&Kıvrak,2012). Kalsiyum, demir, fosfor, potasyum gibi mineraller ve C, B vitamini gibi önemli vitamin grupları yönünden verimli bir besin olması nedeniyle beslenmede önemli bir yere sahiptir.

Gıdaların besleyici yönünü korumasındaki en önemli etken saklama koşulları ve üretim aşamasında gördüğü işlemlerdir. Özellikle reçel ve pekmez gibi meyveden üretilen gıdalar, raf ömrünü uzatmak ve tüketimi kolaylaştırmak amacıyla çeşitli

işlemlerden geçmektedirler ve bu durum besinin içeriğini oldukça etkilemektedir (Hepsağ&Hayoğlu, 2017). Bu amaçla kullanılan yöntemlerden birisi de ısıtma işlemidir. Isıtma işlemi; su aktivitesini azalttığı, çeşitli mikroorganizmalardan arındırdığı ve besinlerin tat ile renklerinde olumlu anlamda değişiklik sağladığı bilinmektedir (Capuano&Fogliano, 2011).

Gıdaların ısıtma işlemi görmesi veya uzun süre boyunca uygun olmayan sıcaklıklara maruz kalması sonucu, yapılarında fiziksel ve kimyasal değişiklikler meydana gelir. Bal, reçel ve pekmez gibi karbonhidrat yönünden oldukça zengin besinlerin, üretimden tüketime kadar herhangi bir aşamasında ısıya maruz kalması sonucu insan sağlığını kötü yönde etkileyebilecek bazı maddeler ortaya çıkabilmektedir (Husøy vd., 2008). Bu maddelerden HMF (5-hidroksimetilfurfuraldehit), balın kalitesini değerlendirmek için kullanılır ve genellikle taze ballarda bulunmaz. Heksozların dehidrasyonu sırasında oluşur ve balın pH ile mineral içeriği gibi kimyasal özelliklerine bağlıdır. HMF miktarının genel olarak kötü depolama koşullarında arttığı görülmüştür (Zappalà vd., 2005).

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğinde, çiçek veya salgı ballarında bulunan HMF miktarları, kg başına en fazla 40 mg olacak şekilde belirtilmiştir. Ayrıca HMF ve türevlerinin; kanserojen, DNA'ya zarar verebilen ve enzim inhibe edici bazı olumsuz etkileri olduğu çeşitli çalışmalar ile ortaya koyulmuştur (Shapla vd., 2018).

Bu çalışmanın amacı, piyasadaki bazı bal, reçel ve pekmez çeşitlerinin HMF miktarlarının ve *in vitro* insan sindirim modeli kullanılarak HMF biyoerişilebilirliklerinin belirlenmesi ve karşılaştırılmasıdır.

İKİNCİ BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

2.1.Bal

Bal, arıların çiçek nektarından veya öz sudan ürettikleri doğal bir maddedir ve %80 oranında karbonhidrat (özellikle glikoz ve fruktoz) ile %20 oranında su içeren karmaşık bir yapıdır (Pita-Calvo & Vázquez, 2017). Besin değerinin yüksek olması ve insan sağlığına oldukça yararlı etkileri olması nedeniyle, dünyada yaygın olarak tüketilen bir besindir.

Ballar, temelde içerik anlamında birbirlerine benzer özellik gösterir, balın bileşimi; çevre koşullarına, işlenme durumuna ve üretildiği nektarın kökenine bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Bal üretiminden sorumlu arılar, doğada karşılaştıkları nektar veya öz suyu çevreden toplayarak kovana taşırlar. Kovanda, doğadan toplanmış bu sıvıların, bala dönüşme süreçleri gerçekleşir (Cianciosi vd., 2018). Bu nedenle balın içeriği, üretiminin her aşamasında farklı bir etkene maruz kaldığından bazı bileşenleri bitkilerden, bazıları bal arıları tarafından ve bazı bileşenleri ise balın olgunlaşması sırasında meydana gelen biyokimyasal reaksiyonlardan dolayı ortaya çıkar (Iglesias & de Lorenzo, 2004).

Ballar, çiçekli bir bitkinin nektarından elde edildiğinde çiçek balı olarak sınıflandırılırken, bitkilerin öz suyunu emen bazı böcekler tarafından salgılanan tortulardan elde edildiğinde ise salgı balı olarak farklı bir grup adı altında sınıflandırılırlar (Manyi-Loh vd., 2011). Balların; renk, pH, asitlik, kül içeriği, ve iletkenlik gibi fizikokimyasal özelliklerinin, çiçek ballarını, salgı ballarından ayırt etmek için kullanılan faydalı özellikler olduğu bilinmektedir (Silici, 2010). Örnek olarak salgı balları, çiçek ballarına göre daha koyu bir renge ve daha yüksek bir pH derecesine sahiptir (Manyi-Loh vd., 2011).

2.1.1. Balın İçeriği

Karbonhidrat yönünden oldukça zengin olması ile bilinen bal; vitaminler, mineraller, aminoasitler, organik asitler, enzimler ve fenolik bileşikler de dahil olmak üzere 180'den fazla biyoaktif bileşen içermektedir (İçli, 2021).

Glikoz ve fruktoz baldaki başlıca monosakkaritlerdir ve balın içeriğinde bulunan diğer çözünen katıların %65 ila %85'ini oluşturur. Kalan karbonhidratlar, diğer şekerlere göre daha düşük konsantrasyonda bulunan disakkaritler, trisakkaritler ve tetrasakkaritlerdir. Bu oligosakkaritler, esas olarak glikozidik bağ ile bağlanan glikoz ve fruktoz kalıntılarından oluşmuştur (Tedesco vd., 2020). Oligosakkaritler, balın hem coğrafi hem de botanik kökenini belirlemek için kullanılan önemli maddelerdir (Escuredo vd., 2014). Aşağıda yer alan Tablo 2.1'de, balda bulunan bazı bileşenlerin miktarlarına yer verilmiştir.

Tablo 2.1: Balda bulunan bazı bileşenlerin miktarları (100 gram örnek)

Kalori	325kkal	Lif	0 g
Karbonhidrat	81.23 g	Glikoz	31.81 g
Protein	0.13 g	Fruktoz	37.73 g
Yağ	0 g	Maltoz	2.52 g
Su	18.48 g	Laktoz	0 g
Kül	0.17 g	Sakkaroz	0 g

Kaynak: TURKOMP (Erişim Tarihi 19.02.2022)

Bal, ağırlıklı olarak glukonik asit ve sitrik asit içerdiğinden asidiktir. Aynı zamanda içeriğinde, özellikle B vitamini kompleksi ve C vitamini olmak üzere vitamin de mevcuttur. Balın mineral içeriği, bitkilerin coğrafi kaynağına bağlı olarak değişiklik gösterebilir, balda en yaygın olarak bulunan mineral potasyumdur ve toplam mineral içeriğinin yaklaşık üçte birini oluşturur (Al-Ghamdi & Ansari, 2021).

Antioksidan aktivite, balın gıdalarda görülen çeşitli oksidatif reaksiyonları azaltma yeteneği ve potansiyelidir. Balda doğal olarak bulunan bazı maddeler balın

antioksidan kapasitesine katkıda bulunurlar ve bal; flavonoidler ve fenolik asitler gibi polifenoller, glukoz oksidaz, katalaz gibi bazı enzimler, askorbik asit, organik asitler, ve peptitler olmak üzere antioksidan aktiviteye sahip dört geniş bileşen grubu içerir (Özkök vd., 2010).

Aminoasitler balın bileşenlerinin %1'ini meydana getirir ve bu oran balın kökenine, yani salgı veya çiçek balı olup olmamasına bağlıdır. Balın protein içeriği bal arılarının türüne göre değişiklik gösterebilir, ana protein kaynağı polendir (Hermosín vd., 2003). Bu nedenle polende en çok bulunan aminoasit prolin olduğundan balda da miktar olarak daha fazla ortaya çıkan aminoasit prolin dir. Prolin aynı zamanda arıların, nektardan bal üretimi sırasında, salva sıvılarından ortaya çıkmaktadır. Böylelikle balın olgunlaşmasının değerlendirilmesinde ve bazı durumlarda eklenmiş şekerle taşıyıcının değerlendirilmesinde bir kriter olarak da kullanılmaktadır (da Silva vd., 2015).

Ülkemizde balın kalitesini kontrol etmek amacıyla kullanılan en önemli standart, Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğidir. Bu tebliğde yer alan ve çiçek balı için belirlenmiş değerlere Tablo 2.2' de yer verilmiştir (Karahan Yılmaz, 2017).

Tablo 2.2: Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğinde bildirilen limitler

Özellikler	Bulunabilecek Miktar
Nem (%)	20 (en fazla)
Asitlik (meq/kg)	50 (en fazla)
Diastaz sayısı	8 (en az)
Hidroksimetilfurfural (HMF) (mg/kg)	40 (en fazla)
Sakkaroz (%)	5 (en fazla)
Fruktoz+Glikoz (%)	60 (en az)
Fruktoz/Glikoz	0.9-1.4

Kaynak: Karahan Yılmaz, 2017.

2.1.2. Balların Sınıflandırılması

Ballar Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğinde; kaynağına göre ve üretim şekillerine göre olmak üzere 2 grup altında sınıflandırılır. Tablo 2.3’de balların sınıflandırılmasına yer verilmiştir.

Tablo 2.3: Balların Sınıflandırılması

Kaynağına Göre Ballar	Çiçek Balı
	Salgı Balı
Üretim Şekillerine Göre Ballar	Petekli Bal
	Süzme bal
	Petekli Süzme Bal
	Sızma Bal
	Filtre Edilmiş Bal

Kaynak: Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği (Sayı: 2012/58).

2.1.3. Balın İnsan Sağlığına Etkisi

Balın içerisinde flavonoid ve fenolik bileşikler bulunduğu ve ek olarak şeker miktarının yüksek, nem oranının düşük oranda olması nedeniyle antimikrobiyal özellikte olduğu bilinmektedir. Ayrıca asidik özellikte olmasının antimikrobiyal özelliğine katkıda bulunduğu, yapılan çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir (Şen, 2019).

Balda bulunan oligosakkaritler, insan ve hayvan bağırsağının mikroflorasını büyütür ve dengeleyerek, gastrointestinal peristaltizmi harekete geçirerek, kolon kanseri ve ishal gibi ciddi rahatsızlıkların görülme olasılığını düşürür (Tedesco vd., 2020). Ayrıca, oligosakkaritlerin gastrointestinal sistemde yer alan organları koruduğu ve bifidobakteriler başta olmak üzere bazı spesifik bakterilerin büyümesini uyararak olumlu etkiler sağladığı, Ejtahed vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada ortaya koyulmuştur.

2.1.4. Bal Üretim Aşamaları ve Kalite Değişimleri

Balda önemli bir kriter olan kalite değişimleri; fermantasyon, kristalizasyon, Maillard reaksiyonu ve HMF ile diastaz sayısıdır.

2.1.4.1. Bal Üretim Aşamaları

Bal üretim süreci hakkında bilgi sahibi olmak, bakterilerin ve diğer mikroorganizmaların balın içine nasıl girebileceğini kavramak adına oldukça önemlidir. Bal üretimi, arıların çiçeklerden nektar ve polen toplamasıyla başlar, ancak bal yapımı için sadece nektar kullanılır. Nektar, çoğunluğu sıvı olan ve içerisinde çözülmüş şeker barındıran bir sıvıdır ve bitkilerin, arıları kendine çekmek için kullandığı bir “ödül” olarak tanımlanmıştır. Bal üretim aşamaları Tablo 2.4’de gösterilmiştir.

Tablo 2.4: Bal Üretim Aşamaları

Bal Üretim Aşamaları
Nektar, bal arıları tarafından hortumları yardımıyla çiçeklerden emilir ve arının yemek borusundan, göğüs kafesine ve son olarak da karnına geçer. Polen, arka ayak üzerinde kovana geri taşınırken, nektar midede taşınır.
Kovana geri dönüldüğünde nektar, petek hücrelerine yerleştirilir ve ardından fazla su buharlaşır. Bu işlem birkaç gün sürer.
Petek hücreleri daha sonra bir balmumu tabakası ile kaplanarak depolanır. Ancak arıların balı yemesini gerektiren bir durumda çıkarılır. Çok miktarda nektar toplandığında, arılar kovana havalandırmak için kanatlarını kullanarak buharlaşmayı hızlandırır.
Bu aşamalarda şekerde de değişiklikler gözlenir. Nektardaki şeker çoğunlukla büyük moleküllere sahip olan sakkarozdur. Arılar, fazla suyu buharlaştırarak sakkarozu daha küçük şekere dönüştürür ve her sakkaroz molekülünü glikoz ve fruktoza parçalayan bir enzim (invertaz) üretir.
Üretim sırasında su oranı istenilen düzeye düşürülen bal, petek gözlerinde depolanmak üzere ince bir balmumu tabakası ile kaplanır.

Kaynak: Olaitan vd., 2007.

Nektar, kovana taşınma ve diğer arılar tarafından olgunlaştırılması sırasında ortaya çıkan çeşitli enzimler nedeniyle kimyasal ve biyolojik değişime uğrar. Örnek olarak arılardan nektara geçmiş olan glikoz oksidaz enzimi, glikozu parçalayarak, glukonik asit ve hidrojen peroksit açığa çıkmasına neden olur (Korkmaz, 2021).

2.1.4.2. Fermantasyon

Bal yapısında nektar ve polen barındırdığından, içerisinde mantar ve maya bulundurmaya elverişlidir. Bu mantar ve mayalar, balın yapısında bulunan fruktoz ve glikozu parçalayarak, alkol ve karbondioksit açığa çıkarırlar. Balda yüksek düzeyde maya, gliserol, butanediol ve etanol bulunması sonucu, balın ekşi bir tat alması ile karakterize olmuş bu duruma fermantasyon adı verilir. Kristalleşmiş ballarda, fermantasyonun daha çok görüldüğü bildirilmiştir (Karadal & Yıldırım, 2012).

2.1.4.3. Kristalizasyon

Balın kristalleşme durumu, tüketiciler tarafından anlaşılması zor bir konudur. Birçok kişi, kristalize balın doğal olmayan bir ürün olduğunu varsayar. Ancak kristalleşme süreci doğal bir süreçtir ve kendiliğinden gelişir. Çoğu saf bal, zamanla kristalleşmeye doğal bir eğilim gösterir (Hamdan, 2010). Kristalizasyon, balın içerisinde bulunan glikozun, tanecikler haline gelmesi sonucu balın, akıcılığını kaybetmesi durumudur (Korkmaz, 2021). Glikoz sudan ayrılır ve böylelikle glikoz molekülleri baldaki diğer partiküller ile birlikte kristaller halinde çöker. Çoğu bal, fruktozdan daha az çözünür olan glikoz ile aşırı doymuştur; bu nedenle, glikozun monohidrat formunda oda sıcaklığında kendiliğinden kristalleşme olasılığı daha yüksektir (Conforti vd., 2006).

2.1.4.4. Maillard Reaksiyonu

Isıl işlem sırasında gıdalar, bazı kimyasal değişikliklere maruz kalabilir. Bunlardan biri, Maillard reaksiyonu nedeniyle, şekerlerin serbest amino asitlerle etkileşime geçmesiyle meydana gelen ve kahverengi pigmentlerin oluşumuna yol açan, enzimatik olmayan bir esmerleşme reaksiyonudur. Bal, kristalleşme eğilimini veya balın görünümünü değiştirmek ya da kendisini kirleten mikroorganizmaları yok etmek amacıyla iki farklı nedenden dolayı ısıl işlemlere tabi tutulur (Turkmen vd., 2006).

Bu reaksiyon, balın üretimi sırasında kullanılan ısı işlem sonucu meydana gelir. Buna ek olarak depolama sırasında da sıcaklığa bağlı bir şekilde de oluşabilir. Maillard reaksiyon ürünleri (MRP) balların rengini de etkiler. Uygulanacak ısı işlemin derecesi, MRP'lerden biri olan HMF oluşumunu katkıda bulunması nedeniyle kontrol altında tutulmalıdır (Brudzynski & Kim, 2011).

2.1.4.5. HMF ve Diastaz Sayısı

Balın kalite standardını belirlemede kullanılan en önemli parametreler HMF ve diastaz aktivitesidir. HMF, gıdalara uygulanan ısı temelli işlemler sırasında, asidik koşullar altında, şekerlerin Maillard reaksiyonu sebebiyle oluşan bir bileşiktir. Bu nedenle MRP olarak adlandırılır (Pasiyas vd., 2017). HMF, zaman ve sıcaklığa bağlı olarak artış gösterir ve taze balda bulunmaz. Balın işlenmesi ve depolanması sırasında ortaya çıkar. Saklama koşulları, pH, balın kaynağı gibi faktörler HMF düzeyini etkiler. Bu nedenle yüksek HMF seviyesi, kötü depolama ve kötü sıcaklık koşullarının bir göstergesidir (Bengü & Kutlu, 2018). Aşağıda yer alan Tablo 2.5'te, balın çeşitli ısılarda muhafazasının HMF parametresine etkisine yer verilmiştir.

Tablo 2.5: Balın çeşitli ısılarda muhafazasının HMF parametresine etkisi

Muhafaza Sıcaklığı °C	40 mg/kg HMF oluşması için geçen süre
10	10-20 yıl
20	2-4 yıl
30	0,5-1 yıl
40	1-2 ay
50	5-10 gün
60	1-2 gün
70	6-20 saat

Kaynak:Karadal&Yıldırım, 2012.

Diastaz, balda bulunan temel enzimlerden biridir. Taze bal, nişastanın parçalanmasından sorumlu olan ve ısıtma ile depolama nedeniyle parçalanan bu enzimi içerir (Ünübol Aypak vd., 2019). Diastaz miktarı ise; 100 gram bal örneğinde mevcut olan amilaz enzimlerinin, 38 – 40°C’de, 1 saat boyunca, daha önceden belirlenmiş koşullar altında parçaladığı nişasta miktarı olarak tanımlanmaktadır.

Aynı HMF’de olduğu gibi yüksek diastaz miktarları da istenmeyen bir durumdur çünkü balda diastaz sayısı yüksek olduğunda, asitlik derecesi arttığından fermantasyon durumu gözlenmektedir. Diastazın optimum pH’ı 5,3 olarak kabul edilmektedir (Çetin & Alkın, 2011).

2.2. Reçel

Meyve ve sebzeler; birçok vitamin, mineral, fenolik bileşikler ve lif yönünden zengin olduklarından, insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptirler. Günümüzde taze sebze ve meyve gibi bozulmaya elverişli besinlerin muhafaza edilmesi ve bozulmadan daha uzun süre depolanabilmesi, artan nüfus ve gıda talebi nedeniyle zorunlu hale gelmiştir. Bu doğrultuda kullanılan gıdalardan biri de meyvelere şeker ilavesi ile elde edilen reçellerdir (Hepsağ & Hayoğlu, 2017).

Reçel, meyvelerin; şeker kullanarak, çekirdekli veya çekirdeksiz, kabuklu veya kabuksuz, bütün ya da dilimlenmiş olarak daha dayanıklı hale getirilmesidir. Meyveye ısıtma işlemi uygulanarak, şeker, glikoz şurubu veya diğer katkı maddelerinin eklenmesi sayesinde koyulaştırılarak elde edilir (Güzel & Mercan, 2004). Reçel, toplam çözünür katı içeriğini %65’in üzerine çıkarmak için pişirildiğinden ve meyveler çoğunlukla yeterli asitliğe ve pektin içeriğine sahip olduğundan, pişirme esnasında ortaya çıkan bu maddeler reçelde doku gelişimine katkıda bulunur (Shinwari & Rao, 2018).

HMF, meyve ve sebzelerde doğal olarak bulunmayan bir maddedir; ancak reçellerin üretim aşamasında uygulanan ısıtma işleminin şiddetine göre HMF oluşmaktadır. Bu nedenle birçok şekerli üründe bulunan HMF miktarı, o ürüne üretim sırasında uygulanan ısıtma işlem düzeyinin bir belirteci olarak kullanılmaktadır (Güzel, 2011).

2.2.1. Reçel Çeşitleri

Reçel üretiminde meyvelerin yanında bazı sebzeler ve bitkilerin çeşitli çiçekleri ve kabukları da kullanılmaktadır. Sebze reçelleri olarak; patlıcan, havuç, domates ve limon reçelleri bilinmektedir. En yaygın olarak tüketilen çiçek reçeli; gül reçeli iken, kabuk reçellerinden turunçgil, bergamot gibi çeşitler de sofralarda yer almaktadır. Ayrıca çekirdekli/çekirdeksiz veya kuru meyvelerden yapılan reçeller ise şeftali, kayısı, elma, armut, çilek, ahududu reçelleridir (Kılıçer, 2011).

Türk Gıda Kodeksine göre reçel sınıflandırılması, Tablo 2.6'da gösterilmektedir.

Tablo 2.6: Türk Gıda Kodeksi'ne göre reçel sınıflandırılması

Geleneksel Reçel	Ekstra Reçel	Ekstra Geleneksel Reçel
Meyvelerin veya bitkilerin kök, yaprak, çiçek gibi yenilebilen kısımlarının su ve şeker ilave edilerek belirli kıvamına getirilmiş karışımlardır.	Bir veya birkaç çeşit meyvenin konsantre edilmemiş pulpunun, su ve şekerlerle uygun bir jel kıvamına getirilmiş, reçele oranla daha fazla meyve pulpu içeren karışımlardır.	Meyvelerin veya bitkilerin kök, yaprak, çiçek gibi yenilebilen kısımlarının su ve şeker ilave edilerek belirli kıvamına getirilmiş, geleneksel reçele oranla daha fazla meyve veya bitki parçası içeren karışımlardır.

Kaynak: Türk Gıda Kodeksi Reçel, Jöle, Marmelat ve Tatlandırılmış Kestane Tebliği. Tebliğ No:(2006/55).

2.2.2. Reçel Üretiminde Kullanılan Ham Maddeler ve Diğer Malzemeler

Reçel yapımında kullanılan meyve, sebze ve çiçeklerin türüne göre, reçelin içerdiği besin öğeleri değişiklik göstermektedir. Ayrıca kullanılan ham maddelerin yanında, reçelin içeriğinde bulunan katkı maddeleri dereçelin kalitesini oldukça önemli bir oranda etkilediğinden, bütün malzemeler göz önünde bulundurulmalıdır (Kıvrak, 2010).

2.2.2.1. Meyze ve Sebzeler

Reçelin hammaddesi meyve ve şekerdir. Genellikle taze meyve kullanılsa da, uzun saklama koşulları elde edilmek istenildiğinden, bazı meyve ve sebzeler çeşitli yöntemler ile muhafaza edilip daha sonra kullanılmak üzere depolanır. Taze sebze veya meyve kullanıldığında kullanılacak olan maddenin, tadı, dokusu ve rengine dikkat edilmelidir. Çünkü kullanılan hammadde reçelin kalitesini etkileyen en önemli unsurdur (Özel, 2006).

2.2.2.2. Pektin

Pektin, uygun pH ve şeker konsantrasyonunda jelleşmeye yardımcı olan bir polisakarit olarak bilinir. Yüksek su tutma kapasitesine sahip bileşiktir. Eklenen pektinin farklı konsantrasyonları, reçelin fiziko-kimyasal özelliklerinde değişiklik meydana getirir (Islam vd., 2012). İyi ve kaliteli bir reçel elde edebilmek için, iyi bir pektin jeli meydana gelmelidir. Aksi takdirde reçel hem istenilen kıvama ulaşmaz hem de şekerlenme adı verilen kristalizasyon meydana gelir (Güllü & Karagöz, 2017).

2.2.2.3. Asit ve Tuzlar

Ortamın pH derecesini belirli aralıkta tutmak ve lezzet ile tat kalitesini arttırmak amacıyla reçellere asit takviyesi yapılmaktadır. Bunun için genel olarak sitrik, tartarik, malik, laktik ve fosforik asitler kullanılır. Reçel yapımında kullanılan meyvenin asit oranı çok yüksek olduğu zaman ortamın pH derecesi ideal duruma göre düşük kalabilmektedir. Bu gibi durumlarda çeşitli tampon tuzları ilave edilerek ortamın pH'ı istenilen düzeylere çekilir (Kıvrak, 2010).

2.2.2.4. Karbonhidrat ve Tatlandırıcılar

Reçellerde kıvam arttırmak için pektin jelini oluşturmak amacıyla, şeker ilavesi söz konusudur. Bu sayede ortamda artan jel yapı sayesinde zararlı mikroorganizmaların üremesi azaltılarak, reçellerin raf ömrü artmaktadır (Güllü & Karagöz, 2017). Ayrıca herhangi bir kalori değeri bulunmayan aspartam, asesülfam-K gibi tatlandırıcılar kullanılarak farklı tatlılık oranları sağlanmaktadır (Demirağ & Şahin, 2012).

2.2.3. Reçelin Üretim Aşamaları ve Kalite Değişimleri

Reçel, meyvenin dokusunu korumak adına, uygun bir kıvam elde etmek için, kullanılan ana malzemenin(meyve, sebze veya çiçek); şeker, pektin, asit ve diğer maddelerle kaynatılarak elde edilmiş halidir. Reçel üretimi sırasında ve şeker benzer oranlarda karıştırılır. Genellikle ağırlıkça %45 meyve ve ağırlıkça %55 şeker oranında karıştırılarak yapılır (Nourmohammadi vd., 2021). Karışım daha sonra konsantrasyonun %65'i çözünür katı olana kadar ve yeterli depolama kapasitesine sahip lezzetli bir madde üretmek için pişirilir. Yüksek miktarda ısı işlem kullanılarak, gerekli toplam çözünür katı içeriği elde etmek için karışım konsantre edilir. Bu işlemin uygulanması sırasında reçelin; tadının, renginin ve besin değerlerinin olumsuz yönde etkilenmesi de meydana gelmektedir (MohdNaeem vd., 2017).

Bir çalışmada, reçel üretimi katlayarak ve doğrudan kaynatarak olmak üzere iki farklı şekilde sınıflandırılmıştır. Katlayarak reçel üretiminde çilek, vişne, erik, şeftali gibi meyveler bir gün önceden şeker ile katlanır ve bu sayede meyve suyu şeker tarafından alınmış olur. Bir diğer yöntem olan doğrudan kaynatmada ise portakal, armut, elma, ayva, kayısı, üzüm ve mandalina gibi sert meyveler kullanılır. Meyveler türlerine göre hazırlana şerbet içerisinde kaynatılır ve istenilen kıvama getirilir (Özel, 2006).

2011 yılında Milli Eğitim Bakanlığı'nın yayınladığı bir rapora göre; reçellerin kalite standartları söz konusu olduğunda; akışkanlık, renk değişimi, kristalizasyon, içerisinde bulunan parçaların sertleşmesi, fenolik ve antioksidan madde içeriği, HMF miktarı gibi bazı kriterler ön plana çıkmaktadır (Milli Eğitim Bakanlığı, 2011).

Karbonhidrat içeriğine sahip çok çeşitli gıdalarda aşırı ısıtma veya depolamanın bir sonucu olarak kalite bozulmasının bilinen bir göstergesi olan HMF; taze, işlenmemiş meyve sularında neredeyse sıfırdır ve HMF oluşumu, reçelerde ve meyve ürünlerinde bozulma organizmalarını yok etmede ısı işlemi etkinliğini değerlendirmek için en yararlı yöntem olarak değerlendirilmektedir. Tablo 2.7'de reçellerin bazı kalite kriterlerine yer verilmiştir.

Tablo 2.7: Reçellerin bazı kalite kriterleri

Kriter	Etkilediği Durum
--------	------------------

Akışkanlık	Pektin miktarı, pişirme süresi
Renk Değişimi	Kontaminasyon, uzun süre ısıya maruz kalma sonucu karamelizasyon
Kristalizasyon	Kuru madde oranının yüksek olması, düşük sıcaklıkta bekletilmesi, glikoz miktarının fazla tutulması
Parça Sertleşmesi	Kullanılan ana maddenin ön pişirmeden geçirilmemesi
HMF miktarı	Uygulana ısı miktarı, depolama/saklama koşullarının durumu

Kaynak: Milli Eğitim Bakanlığı, 2011; Rada-Mendoza vd., 2002.

2.3. Pekmez

Pekmez; üzüm, dut gibi çeşitli meyvelerden elde edilmektedir ve hazırlık sırasında çok fazla işlem gerektirmeyen sağlıklı ve doğal bir üründür. Vitamin ve mineral açısından oldukça zengin olduğundan kahvaltılarda, reçel veya marmelat yerine tercih edilebilmektedir (Alpaslan & Hayta, 2002). Pekmez genel olarak şeker veya diğer gıda katkı maddeleri ilave edilmeden kaynatılır ve bu yöntem ile elde edilmiş konsantre ve raf ömrü uzatılmış bir ürün olarak tüketiciye sunulur (Kaya & Belibağlı, 2002).

Günümüzde her ne kadar endüstriyel üretimde farklı ve modern üretim aşamaları yer alsada geleneksel yöntemde, üretim süreci, üzümlerin genellikle çizme giydirilmiş işçiler tarafından sıkılmasıyla başlar ve bu sayede sıvı kısım süzülerek posanın uzaklaştırılması sağlanır. Daha sonra elde edilen sıvı, pH 3-4 olana kadar kaynatılır ve bu durumda bulanık ve viskoz hale ulaşır. Son olarak pH değerini ayarlamak ve bulanıklığı gidermek için kalsiyum karbonat içeriği yüksek özel bir toprak eklenir (Helvacıoğlu vd., 2019).

Üzüm, incir, kuru üzüm, dut, elma, şeker pancarı ve en yaygın olarakda üzüm suyu gibi çeşitli meyve kaynakları tercih edilmektedir. Kullanılan ana maddeye bağlı olarak üzüm pekmezi veya dut pekmezi olarak isimlendirilir ve meyvenin adı genellikle pekmezden önce geçmektedir (Heshmati vd., 2019).

Ana madde, kuru veya taze olarak kullanılmaktadır. Ancak, örnek olarak, üzüm pekmezi üretimi sırasında kuru üzüm, sağladığı avantajlar nedeniyle daha çok tercih edilmektedir. Yaş üzümün daha çabuk bozulması ve depolama koşullarının daha

maliyetli olması gibi durumlar önemli etmenlerdir. Şeker ve organik asitler yönünden zengin olan meyveler ile kurutma veya depolama gibi aşamalar, HMF'nin oluşumuna zemin hazırlar. HMF'nin insan vücudunda fazla miktarlarda bulunması toksik etki yaratabileceğinden, Türk Gıda Kodeksi pekmezlerde bulunabilecek HMF miktarını 75 mg/kg olarak sınırlamıştır (Durmaz, 2018).

Üretildiği meyvelere göre içerdiği vitamin-mineral miktarı değişiklik gösterse de; yüksek enerjisi ve sahip olduğu besin değeri ile mide ağrısı, karın ağrısı, hemoroid ve astım gibi hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır (Özkan vd., 2021).

2.3.1. Pekmez Çeşitleri

Ülkemizde, yapım aşamalarında bazı farklılıklar bulunan, farklı yörelerde üretilen ve değişik tat, görünüm ve isimlerde pekmez çeşitleri bulunmaktadır. Çoğunlukla üzüm pekmezi tercih edilsede; andız, hurma, keçiboynuzu, dut, erik, elma, armut, şeker pancarı, karpuz ve nar gibi diğer malzemelerden yapılan yerel pekmezler de vardır. Üzümden sonra en çok tercih edilen pekmez ise dut pekmezidir.

Türkiye'de pekmez, hemen hemen her ilde gıda amaçlı tüketilirken, andız, çam ve harnup pekmezi özellikle sağlık amacıyla tüketilmektedir. Palamut pekmezi ise Anadolu'da çok dar bir alanda üretilen meşe pekmezidir. Bu bölgelerdeki meşe ağaçlarının yaprak veya meyvelerinde bulunan bal aromalı renksiz ve yapışkan şıradan elde edilir (Satıl & Selvi, 2022).

2.3.1.1. Üzüm Pekmezi

Üzüm pekmezi “fermente olmamış taze veya kuru üzüm ekstraktının uygun yöntemlerle asitliğinin azaltılıp durultulmasından sonra tekniğine uygun olarak vakum altında veya açıkta koyulaştırılması ile elde edilen kıvamlı ürün” olarak tanımlanmaktadır (Türkben & Uylaşer, 2018). İçerisinde bulunan kalsiyum, demir, potasyum ve magnezyum gibi mineraller sayesinde, günlük gereksinimin büyük bir kısmını karşıladığından sağlık açısından önemli bir konumdadır. Sahip olduğu pH değerine göre tatlı ve ekşi olarak, kıvamına göre ise sıvı veya katı pekmez olarak 2 gruba ayrılır. Pekmezin pH'ı 4,90 – 6,0 aralığında ise tatlı, pH 3,50 – 4,90 aralığında ise ekşi pekmez şeklinde adlandırılır (Batu, 2020).

2.3.1.2. Dut Pekmezi

Dut pekmezi; içerisinde bulunabilecek çeşitli böcek, yaprak gibi maddelerin uzaklaştırılması sonrası elde edilen taze veya kurutulmuş dutlardan elde edilen şıra kullanılarak yapılır. Bu şıra, açık veya vakumlu kazanlarda istenilen kıvam elde edilene kadar kaynatılıp, koyulaştırma yolu ile üretilir. Dut pekmezinin üretimi sırasında kullanılan meyvenin çeşidine bağlı olarak değişik teknikler kullanılmaktadır. Ancak yaygın olarak dut pekmezi, taze duttan elde edilir (Karataş vd., 2018).

Karataş ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, 6 ay boyunca 20°C'de depolanan dut pekmezlerinin fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivitesi gözlenmiştir. Bu süre sonunda toplam fenolik madde miktarında ve antioksidan aktivitesinde azalma görülürken, HMF miktarında ise bir artış olduğu belirtilmiştir. Bu yüzden Karataş ve arkadaşları, pekmezin daha düşük sıcaklıklarda depolanması gerektiği sonucuna ulaşmışlardır (Karataş vd., 2018).

2.3.1.3 Keçiboynuzu Pekmezi

Keçiboynuzu bakla ve tohum olmak üzere iki ana kısımdan oluşur. Tohum kısmı ağırlıklı olarak keçiboynuzu zambkı için gıda endüstrisinde kullanılmakta iken bakla kısmı ise pekmez üretiminde hammadde olarak kullanılmaktadır. Keçiboynuzu pekmezinin geleneksel üretimi temel olarak ekstraksiyon, durulama ve yoğunlaştırma aşamalarından oluşmaktadır. Baklalar, eleklerle elendikten sonra 85 °C'de sıcak su ile ekstrakte edilir. Daha sonra yaklaşık 3 saat boyunca ters akışla özütlenir ve çözünür katılar yavaş yavaş azalır. Ekstraksiyon işleminden sonra berraklaştırılır ve 50-60 °C arasında bir vakumlu evaporatör kullanılarak konsantre edilir (Tetik vd., 2010).

Keçiboynuzu baklaları yüksek konsantrasyonlarda şeker ve düşük konsantrasyonlarda protein ve yağ içerdiğinden bu baklalardan elde edilen pekmezin de şeker içeriği oldukça yüksektir. Ayrıca içerisinde K, Ca, Fe, P ve Mg mineralleri gibi faydalı bileşikler bulundurduğundan keçiboynuzu pekmezinin tüketimi günümüzde hızla artmaktadır (Turhan, 2021).

2.3.1.4. Hurma Pekmezi

Ülkemizde farklı isimlerle çeşitli bölgelerde yetişen bir meyve olan hurma, en çok Akdeniz bölgesinde üretilmektedir. Bunun yanında Marmara, Ege ve Karadeniz bölgelerinde de yetiştirilmektedir. Hurma karbonhidrat yönünden zengindir ve

içerisinde önemli miktarlarda C vitamini, kalsiyum ve potasyum içerdiğinden günlük diyetle önemli bir yere sahiptir. Buruk bir tada sahip olduğundan dolayı bu tadı azaltmak amacıyla pekmez üretimi sırasında meyvelerin tamamen olgunlaşması beklenir. Hurma olgunlaştıktan sonra buruk tadı gideceğinden dolayı bu aşamadan sonra ürüne eklenir (Sarıaltın, 2018).

2.3.1.5. Andız (Ardıç) Pekmezi

Andız veya bir diğer bilinen adıyla ardıç pekmezi, andız adı verilen bir bitkinin kozalağından elde edilmektedir. Sahip olduğu pH derecesine göre tatlı pekmez grubunda yer alır ve diğer pekmez çeşitlerinden farklı olarak daha buruk bir tada sahip olduğu bilinmektedir. Özellikle fosfor, kalsiyum, potasyum ve magnezyum olmak üzere çeşitli mineraller bakımından zengin bir besindir. Yapılan bazı araştırmalarda andız pekmezinin bu gibi mineraller yönünden; üzüm, keçiboynuzu ve incir pekmezinin göre daha zengin olduğu sonucu elde edilmiştir (Turhan, 2007).

2.3.2. Pekmezin İnsan Sağlığına Etkisi ve İçeriği

Gün geçtikçe gıda endüstrisinde besleyici ve biyolojik değeri yüksek besinler elde etmeye yönelik araştırmalar artmaya devam etmektedir. Küresel eğilimler göz önünde bulundurularak, şeker endüstrisinin bir yan ürünü olan pekmezin kalitesini araştırmak için kapsamlı çalışmalar yapılmaktadır. Pekmez; potasyum, kalsiyum, magnezyum, sodyum gibi mineraller ve protein, glutamik asit, pürin ve pirimidin bazları, organik asitler gibi birçok biyoaktif madde bulundurankonsantre bir üründür (Jevtić-Mučibabić, 2014).

Pekmezde bulunan karbonhidratın çoğu glikoz ve fruktoz gibi monosakkarit formunda olduğu için, bu moleküller sindirim olmadan kolayca kana geçer. Bu durum özellikle bebekler, çocuklar, sporcular ve acil enerji gerektiren durumlarda beslenme açısından oldukça önemlidir (Şengül vd., 2005). Ayrıca pekmezde bulunan demir kolayca emilebilir ve günlük demir ihtiyacının %35'i'de gün içinde tüketilen pekmez ile karşılanabilir (Levent vd., 2021). Tablo 2.8'de pekmezin sağlık üzerine etkileri gösterilmiştir.

Tablo 2.8: Pekmezin Sağlık Üzerine Etkileri

Sağlık Üzerine Etkisi	Açıklamalar
Obezite	Melas Konsantresi, karbonhidrat metabolizmasını değiştirebilen ve işlenmiş yiyecek ve içeceklerin GI'nin azalmasına katkıda bulunabilen doğal bir fonksiyonel bileşendir. Bu nedenle rafine şekere bir alternatiftir.
Anemi	Melas, demir içeriğinin yanında sülfür, fruktoz ve bakır gibi emilim artırıcıları içerdiğinden anemi için potansiyel bir besin takviyesidir.
Kemik Sağlığı	Şeker kamışı pekmezi iyi bir kalsiyum kaynağıdır. Bu nedenle kas ve kemik sağlığını korumak adına kullanılan çeşitli takviyelerde yer almaktadır. Ayrıca bağırsak mikroflorasının iyileşmesine ve damar hastalıklarının, osteoporozun önlenmesine yardımcı olur.
Antioksidan Etkisi	Şeker kamışından elde edilen pekmez, zengin bir antioksidan kaynağıdır. Oksidatif stres ve DNA hasarına karşı koruma sağlar.
Saç ve Deri Sağlığı	Kamış melasından hyaluronik asit üretimi; elastikiyeti ve nemi yeniden kazanmaya yardımcı olur. Ayrıca pekmez eser miktarda önemli vitamin ve mineraller içerdiğinden, saç sağlığına olan yararları hakkında araştırmalar mevcuttur.

Kaynak:Composition, valorization and therapeutical potential of molasses: a critical review (Jamir vd., 2021).

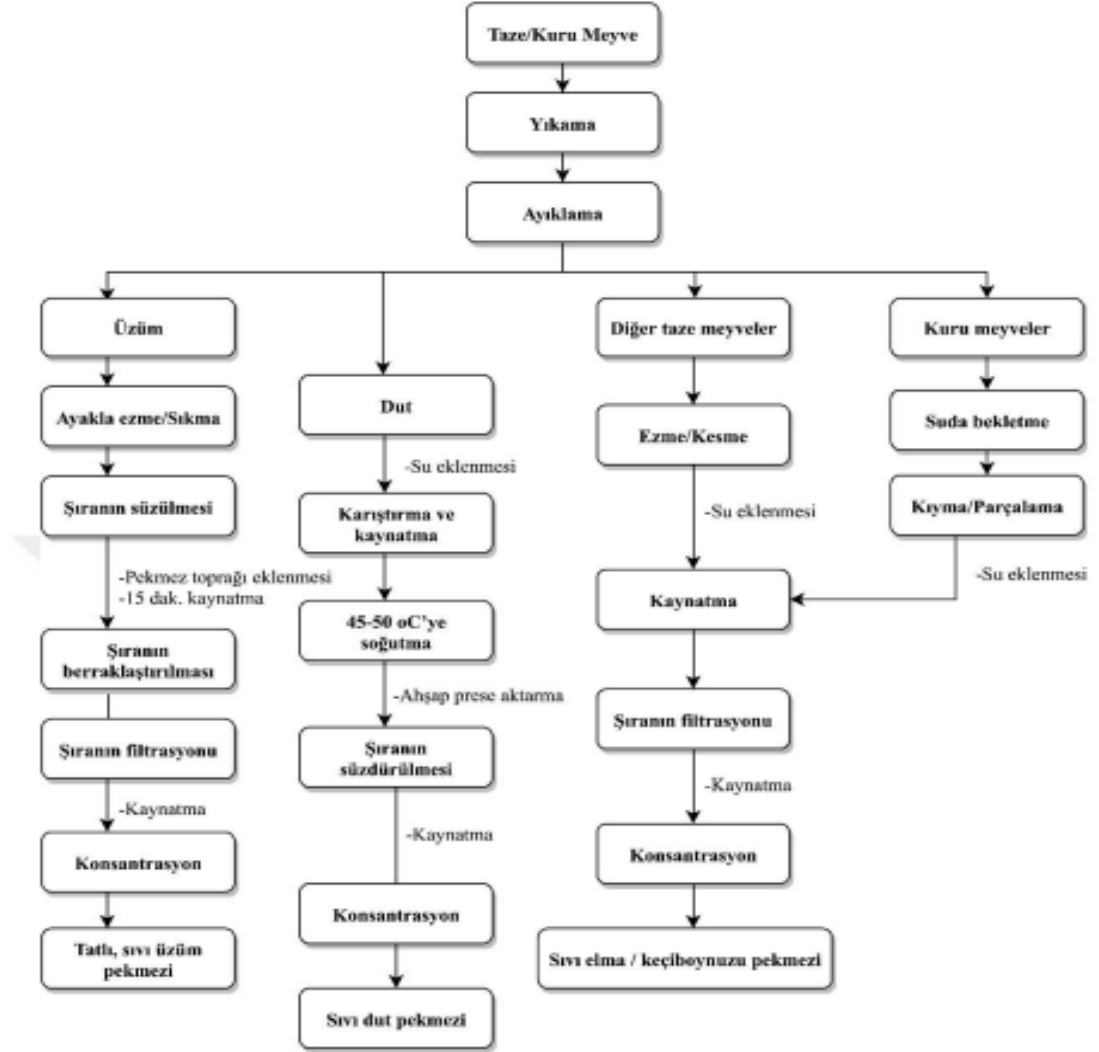
2.3.3. Pekmezin Üretim Aşamaları ve Kalite Değişimleri

Ülkemizde ve dünyada uzun süredir üzüm, keçiboynuzu, dut, hurma gibi çeşitli hammaddelerden pekmez üretimi yapılmaktadır. Bu doğrultuda, presleme yöntemi

ile elde edilen meyve suyunun veya preslenmesi mümkün olmayan keiboyunuzu gibi kuru meyvelerin su ile ekstraksiyonu sonucu elde edilen meyve suyu, konsantre edilerek, pekmez üretimi gerçekleştirilmektedir. Endüstriyel sektörde pekmez üretim aşamaları elde edilen hammaddenin yıkanması-temizlenmesi ile başlar ve ardından pekmez üretimi ile sonlanır (Turhan, 2007).

Pekmez haline getirilecek hammaddeler yıkanır, ardından parçalanır ve tipik bir üzüm pekmezinin işlenmesi sırasında, üzüm suyuna yaklaşık %90 kalsiyum karbonat içeren "zm pekmezi toprağı" adı verilen kireçli bir toprak eklenir. zm pekmezi toprağı, doğal olarak bulunan tartarik ve malik asitlerin neden olduğu asitliği, onları kalsiyum tartrat ve kalsiyum malat olarak okelterek düşürür. Daha sonra, genellikle açık kaplarda ve nadiren vakum altında konsantre edilerek, sıvı pekmez olarak adlandırılır (Rezaei, M.,2020).

şekil 2.1'de üzüm, dut pekmezi gibi pekmezlerin yanında, diğer taze ve kuru meyvelerin üretim aşamalarına yer verilmiştir.



Şekil 2.1: Pekmez Üretim Aşamaları

Son yıllarda, pekmez üretiminde endüstriyel üretim ve modern tesislerde üretimin yaygınlaşmasıyla birlikte, hem hammadde teminindeki zorluklar hem de girdilerin ve maliyetin fazla olması, pekmez üretiminde, hile ve taşış yollarına başvurmaya yol açmaktadır. Bu durumu önlemek ve tüketiciye güvenli gıda sunmak adına bazı kalite kriter kontrolleri yapılmaktadır (Kaya vd., 2012). Bu nedenle Tablo 2.9'da Türk Gıda Kodeksi Pekmez Tebliği'nde yer verilen bazı faktörler belirtilmiştir.

Tablo 2.9: Pekmezin bazı kalite kriterleri

Kriter		Sıvı Üzüm Pekmezi	Katı Üzüm Pekmezi
Suda Çözünür Katı Madde(Brix °)(En az, %)		68	80
Toplam Kül(En çok, %)		2.5	3
HMF (En çok, mg/kg)		75	100
pH	Tatlı Üzüm Pekmezi	5.0 – 6.0	
	Ekşi Üzüm Pekmezi	3.5 – 5.0	
Organik Asitler(TartarikAsit/Marik Asit Oranı)		≥ 1	

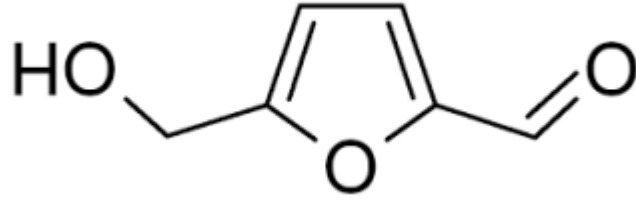
Kaynak:Türk Gıda Kodeksi Pekmez Tebliği

2.4. HMF

5-hidroksimetilfurfural (5-HMF) veya hidroksimetilfurfural (HMF), asit katalizli dehidrasyon reaksiyonları ve Maillard reaksiyonu sonucu oluşan aromatik bir bileşiktir. HMF, bal, reçel, pekmez ve meyve suyu gibi karbonhidrat içeren gıda örneklerinde doğal olarak bulunmayan kimyasal bir bileşendir. HMF oluşumu, işleme ve depolama koşullarında ortam pH'ına ve sıcaklığa bağlı olarak değişebilir (Elmastas vd., 2022).

Balda bulunan glikoz ve fruktoz gibi basit şekerlerin ve birçok asidin yanı sıra minerallerin varlığı, HMF'nin üretimini daha da artırabilir. HMF sadece bal, reçel, pekmez gibi ürünlerde bulunmaz; kahvaltılık gevrekler, ekmekler, süt ürünlerive günlük ısıtılmış işlem görmüş şeker içeren gıdalar olarak neredeyse her yerde bulunur. HMF konsantrasyonu, bal tazeliğini etkileyen bir parametre olarak kabul görmektedir çünkü taze ürünlerde genel olarak yoktur (veya çok küçük miktarlarda bulunur), bu nedenle HMF varlığı, kötü depolama koşulları veya işlem sırasında yüksek ısıya maruz kalma gibi durumların göstergesidir (Shapla vd., 2018).

Maillard reaksiyonunun ara ürünü olan HMF bileşiğinin kimyasal yapısı Şekil 2.2'de gösterilmiştir.

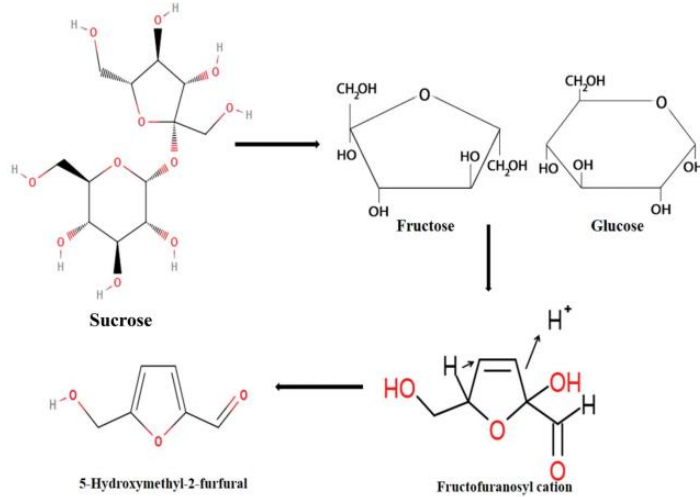


Şekil 2.2: HMF Bileşiminin Kimyasal Yapısı

Kaynak: Yıldız vd., 2010

HMF, hem aldehit hem de alkol (hidroksimetil) fonksiyonel grupları içeren altı karbonlu heterosiklik bir organik bileşiktir. Düşük erime noktasına sahip, ancak suda yüksek oranda çözünür olan katı, sarı bir maddedir. Glikoz ve fruktoz gibi basit şekerlerin ve birçok asidin varlığının bal üretimi için elverişli olduğu bildirilmiştir (Shapla vd., 2018).

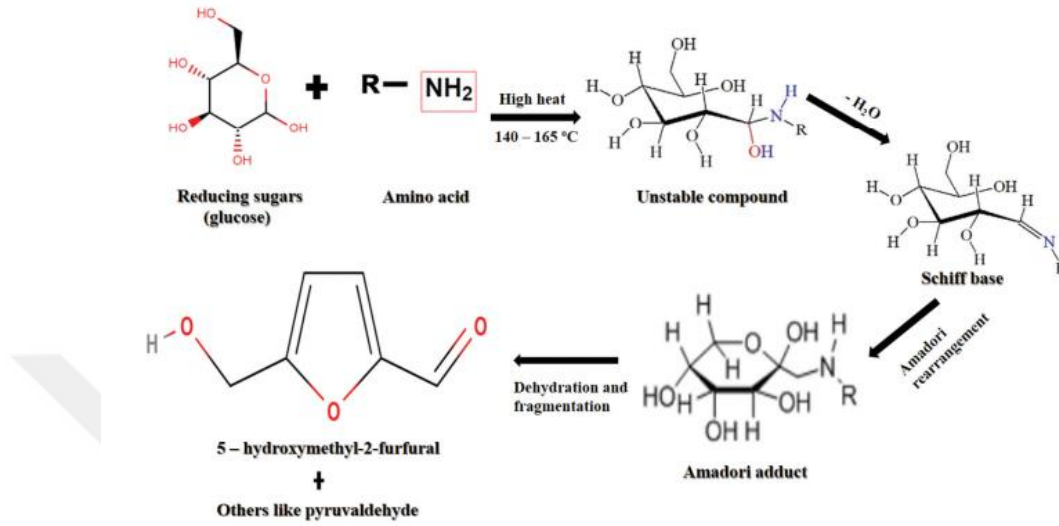
HMF, iki farklı reaksiyon sırasında meydana gelir. Bunlardan ilki ısı işlem altında şekerlerin karamelizasyonudur, bu yol ile sükröz, enolizasyon ve dehidrasyon sayesinde, fruktofuranosil kationu oluşturan glikoz ve fruktoza ayrıştırılır. Şekil 2.3'de yüksek sıcaklıklarda şekerlerin ayrışması ile HMF oluşumu gösterilmiştir.



Şekil 2.3: Yüksek Sıcaklıklarda Şekerlerin Ayrışması ile HMF Oluşumu - Karamelizasyon Reaksiyonu

Kaynak:Choudhary vd., 2021

HMF'nin ikinci oluşum yolu, maltoz veya glikoz gibi indirgeyici şekerlerin karbonil gruplarının ve serbest amino grupları ile ilgili reaksiyon olan Maillard reaksiyonudur. Şekil 2.4'te Maillard reaksiyonu sırasında HMF oluşumuna yer verilmiştir.



Şekil 2.4: Maillard Reaksiyonu Sırasında HMF Oluşumu

Kaynak:Choudhary vd., 2021

HMF miktarı, ortamın pH'ına, ısıl işlem durumuna, meyve gibi kullanılan ana maddenin şeker içeriğine, depolama sıcaklığı ve süresine göre değişiklik gösterir. Depolama koşullarının sıcaklığı ve depolama süresi arttıkça oluşan HMF miktarının da arttığı bilinmektedir. Farklı pekmez numunelerinin HMF içeriklerinin, sıcaklık ve zamana bağlı olarak ölçüldüğü bir çalışmada elde edilen sonuçlar, hem sıcaklık hem de zamanın doğrusal etkilerinin, tüm pekmez örneklerinin HMF içerikleri üzerinde önemli bir etki gösterdiğini açıkça ortaya koymaktadır. Deneye dahil edilen dut, üzüm ve keçiboynuzu pekmezlerinin HMF içeriğinin, depolama süresi ve sıcaklıkla birlikte önemli ölçüde arttığı görülmüştür (Toker, 2013).

Ek olarak depolama süresi ve sıcaklığın artması sonucu, aminlerin reaksiyonunun daha düşük bazikliğe sahip bileşikler oluşturması ve şekerlerin asitlere parçalanması sonucu, pekmez örneklerinin pH değerlerinin düştüğü ve HMF oluşumuna zemin hazırladığı bilinmektedir. Düşük sıcaklıklarda bile HMF'nin, ortam asidik olduğu müddetçe oluşabileceği bildirilmiştir (Lee vd., 1990).

HMF oluşumunda, depolama sıcaklığı-zamanı, pH vb. gibi durum haricinde, incelenen gıdanın kompozisyonu da oldukça önemlidir. Bilindiği üzere, karbonhidratlar ve amino asitler açısından zengin gıdaların herhangi bir ısıtma işlemine tabi tutulması sonucunda HMF sentezlenebilir. Son zamanlarda, gıdada sunulan bazı maddelerin, gıda ürünlerinde HMF ve diğer furan aldehit konsantrasyonlarını artıran katalizörler olarak çalışabileceği de gösterilmiştir. Bu alandaki çalışmalar, kalsiyum ve magnezyum içeren gıdalarda HMF oluşma veriminin arttığını bildirmektedir (Kowalski vd., 2013).

Su aktivitesi gıdalarda serbest halde bulunan su miktarı anlamına gelmektedir. Gıdaların üretimi sırasında uygulanan ısıtma işlemi, besinlerin su aktivitesinde azalmaya yol açar ve bu durum HMF oluşumu için daha uygun koşullar meydana getirir (Gökmen, 2007).

HMF'nin yüksek miktarlarda tüketimi sonrası görülebilen olumsuz etkilerini önlemek amacıyla ve ürünün tazeliği ile ısıtma işlemi görme durumu hakkında bilgi vermesi nedeniyle, bal, pekmez ve reçellerde bulunabilecek en fazla HMF miktarı, Türk Gıda Kodeksi tarafından sınırlandırılmıştır. Aşağıdaki Tablo 2.10'da bal, pekmez ve reçelin mg/kg cinsinden içerebileceği en yüksek HMF miktarları verilmiştir.

Tablo 2.10: Bal, Pekmez ve Reçelde Tebliğe Göre Bulunabilecek HMF Miktarı

Ürün Çeşidi	Bulunabilecek En Fazla HMF Miktarı (mg/kg)
Bal	40 mg/kg
Sıvı Pekmez	75 mg/kg
Katı Pekmez	100 mg/kg
Birinci Sınıf Reçel*	50 mg/kg
İkinci Sınıf Reçel*	100 mg/kg

Kaynak: Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Pekmez Tebliği, Reçel-Marmelat Tebliği

(*Son dönemde yürürlüğe giren reçel ve marmelat tebliğinde HMF parametre olarak belirtilmemiştir. Değerler bir önceki tebliğ temel alınarak yazılmıştır) (Hepsağ & Hayoğlu, 2017).

2.4.1. HMF'nin İnsan Sağlığına Etkisi

Gıdalarda bulunan HMF tüketiminin insanlar üzerindeki etkisi günümüzde hala araştırılmaktadır. DNA zincirine zarar verici ve mutajenik etkilerinin incelendiği bir çalışmada, HMF'nin genotoksik etki gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca HMF'nin sitotoksik etkilerinin incelendiği bir başka çalışmada, göz, deri ve mukoza membranlarını tahriş edici etki yaptığı ve özellikle üst solunum yolunu etkilediği görülmüştür (Şahinler, 2017).

Pastoriza de la Cueva ve arkadaşları (2016), HMF'nin insanlarda toksikolojik etkilerini araştırdıkları bir çalışmada diyet ile çok yüksek dozlarla alınan HMF haricinde, HMF'nin 5-sülfoksimetilfurfural'a (SMF) metabolik aktivasyonu sonrası SMF'nin potansiyel bir genotoksik ve mutajenik aktivite gösterdiğini belirtmişlerdir. Tolere Edilebilir Günlük Alımına (TDI) da dikkat çektikleri çalışmada, ilkokul çağındaki çocukların ortalama günlük HMF tüketimlerini 13,7 mg/gün olarak bulmuşlardır. Bu miktar, literatürde bildirilen 132 mg/gün'ün 10 kat altında bir sonuçtur.

Ek olarak, Abraham vd. (2011) yaptıkları prelinik bir çalışmada, 80 ila 100 mg/kg vücut ağırlığı arasında değişen günlük dozların insan vücudu üzerinde hiçbir toksik etkisinin olmadığını gözlemlemiştir. Bu nedenle gıdaların biyoerişilebilirlik durumlarını incelemek güvenli tüketim açısından önemli bir yere sahiptir.

2.5. Biyoerişilebilirlik ve Biyoyararlılık

Günlük hayatta sıklıkla tükettiğimiz besinlerin içeriklerini hesaplamak amacıyla kullanılan birçok farklı gıda veri tabanı veya besin değeri hesaplama araçları, çiğ ve pişmiş gıdaların besinsel bileşen değerlerini içerir. Diyetisyenler bu verileri kullanarak günlük besin alım değerlerini hesaplar ve bireyleri doğru yönlendirirler. Bu nedenle günlük besin alım değerlerinin tam olarak hesaplanması sağlık açısından önemlidir (Grande vd., 2020). Bu durum sonrası karşımıza biyoerişilebilirlik ve biyoyararlılık kavramları çıkmaktadır.

Biyoerişilebilirlik terimi, insan sağlığını iyileştirmek amacıyla geliştirilen gıda ve gıda formüllerinin, besinsel etkinliğini tespit etmek için kullanılan anahtar bir kavramdır. Biyoerişilebilirlik, bir bileşiğin gastrointestinal sistemdeki matriksinden salınan ve böylece bağırsak emilimi için uygun hale gelmesi durumu olarak

tanımlanmıştır ve biyoyararlıktan bahsedebilmek için, bir gıdanın biyoerişilebilir olması gerekmektedir. Bağırsak bariyerini geçemeyen ve gıda matrisinden salınmayan besin bileşenlerinin olduğu ortamda biyoerişilebilirlikten söz edilemez (Hedren vd., 2002).

Biyoyararlılık ise her ne kadar incelendiği araştırma alanına bağlı olarak birkaç farklı tanıma sahip olsada, beslenme açısından bakıldığında, vücuda alınan besin veya biyoaktif bileşiğin, fizyolojik işlevlerde kullanılmaya veya depolanmaya hazır olan miktarını ifade eder (Fernández-García vd., 2009).

Öte yandan, biyoaktivite terimi, oluşturduğu tüm fizyolojik etkileri, yani bileşiğin sistemik dolaşıma nasıl ulaştığını, hedef hücreye nasıl taşındığını ve biyomoleküllerle nasıl etkileşime girdiğini içerir. *Invitro* biyoerişilebilirlik ve biyoyararlanım yöntemleri, besinler ve gıda bileşenleri arasındaki etkileşimler, pH ve enzimlerin etkisi, gıda hazırlama ve işleme uygulamaları ile mikro besinlerin emilebilirliği veya bir besinin emilme potansiyeli hakkında derinlemesine bilgi sağlar. Bir bileşenin biyoyararlanımı hayvanlarda veya insanlarda *in vivo* olarak, izole edilmiş bir bileşiğin akut dozunun uygulanmasından sonra eğri altında elde edilen bileşik alanı olarak belirlenir (Thakur vd., 2020). Tablo 2.11’de biyoerişilebilirlik ve biyoyararlılık basamakları gösterilmiştir.

Tablo 2.11: Biyoerişilebilirlikve Biyoyararlılık Basamakları

Biyoerişilebilirlik	+	Biyoaktivite
Besin matrisinden salınım		Hedef dokuya ulaşım
Sindirim dönüşümleri		Asimilasyon
Bağırsak emilimi		Metabolizma
Metabolizma		Fizyolojik cevap
= Biyoyararlılık		
Gastrointestinal sindirim		
Emilim metabolizması		
Doku dağılımı		
Sistemik dolaşım		

Kaynak:Thakur vd., 2020; Yaman vd., 2021.

ÜÇÜNCÜBÖLÜM

MATERYAL VE METOT

3.1. Araştırmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, piyasadaki bazı bal, reçel ve pekmez çeşitlerinde HMF miktarlarının ve *in vitro* insan sindirim modeli kullanılarak HMF biyoerişilebilirliklerinin belirlenmesi ve karşılaştırılmasıdır. Laboratuvar deney aşaması Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Analiz Aşamaları

3.2. Araştırma Zamanı, Yeri ve Örneklem

Bu çalışma, Eylül 2022 tarihinde, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi AR-GE ve kimya laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Analiz sırasında kullanılan bal, pekmez ve reçel örnekleri İstanbul’da bulunan farklı marketlerden satın alınmıştır. Elde edilen ürünler, analiz aşamasına kadar kuru ve serin ortamda muhafaza edilmiştir. Örneklerde bulunan HMF’nin biyoerişilebilirliği HPLC yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

3.3. Kullanılan Cihazlar ve Standartların Hazırlanması

Araştırma sırasında kullanılan ekipmanlara Tablo 3.1’de yer 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 (25mm)
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 çalışmanın yapılacağı zaman hazırlandı. Hazırlanan çözeltiler süzme cihazından süzülerek ve 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(100mg/L): 100 mL’ lik balon joje içerisine 10 mg olarak tartılan HMF standardı konuldu. Çözelti hacmine tamamlandı.

3.4. Analizi Yapılan Malzeme Listesi ve Miktarları

Araştırmada yer alan bal örneklerinin menşei, dolum tarihi ve son kullanma tarihi bilgileri Tablo 3.2’de gösterilmiştir.

Tablo 3.2: Bal Örneklerinin Menşei, Üretim Tarihi ve Son Kullanma Tarihi Bilgileri

Örnek Kodu	Menşei	Dolum Tarihi	Son Kullanma Tarihi
Çiçek Balı 1	Türkiye	Belirtilmemiş	01.11.2023
Çiçek Balı 2	Türkiye	28.10.2021	28.04.2023
Çiçek Balı 3	Türkiye	16.11.2020	16.11.2022
Çiçek Balı 4	Türkiye	18.10.2021	18.10.2023
Çiçek Balı 5	Türkiye	24.09.2021	24.09.2023
Çam Balı 1	Türkiye	08.09.2021	08.09.2023
Çam Balı 2	Türkiye	22.10.2020	22.10.2022
Çam Balı 3	Türkiye	20.10.2021	20.10.2023
Çam Balı 4	Türkiye	25.09.2021	25.03.2023
Çam Balı 5	Türkiye	11.01.2021	11.01.2023

Araştırmada yer alan reçel örneklerinin menşei, dolum tarihi ve son kullanma tarihi bilgileri Tablo 3.3’de gösterilmiştir.

Tablo 3.3: Reçel Örneklerinin Menşei, Üretim Tarihi ve Son Kullanma Tarihi Bilgileri

Örnek Kodu	Menşei	Üretim Tarihi	Son Kullanma Tarihi
Kayısı Reçeli 1	Türkiye	Belirtilmemiş	18.06.2023
Ayva Reçeli 2	Türkiye	Belirtilmemiş	13.04.2023
Ahududu Reçeli 3	Türkiye	25.06.2021	25.06.2024
Böğürtlen Reçeli 4	Türkiye	17.08.2021	17.08.2024
Vişne Reçeli 5	Türkiye	14.10.2021	14.10.2024
Çilek Reçeli 6	Türkiye	19.09.2021	19.09.2024
Turunç Kabuğu Reçeli 7	Türkiye	Belirtilmemiş	21.01.2024
Yeşil İncir Reçeli 8	Türkiye	Belirtilmemiş	14.03.2024
Gül Reçeli 9	Türkiye	29.04.2021	29.04.2024
Portakal Reçeli 10	Türkiye	30.04.2021	30.04.2024

Araştırmada yer alan pekmez örneklerinin menēei, dolum tarihi ve son kullanma tarihi bilgileri Tablo 3.4’de gösterilmiştir.

Tablo 3.4: Pekmez rneklerinin Menēei, retim Tarihi ve Son Kullanma Tarihi Bilgileri

rnek Kodu	Menēei	retim Tarihi	Son Kullanma Tarihi
zm Pekmezi 1	Türkiye	Belirtilmemiş	24.10.2023
zm Pekmezi 2	Türkiye	18.10.2020	18.04.2022
zm Pekmezi 3	Türkiye	21.05.2021	21.05.2023
zm Pekmezi 4	Türkiye	Belirtilmemiş	20.08.2023
Keçiboynuzu Pekmezi 1	Türkiye	26.10.2021	26.10.2023
Keçiboynuzu Pekmezi 2	Türkiye	31.10.2021	30.04.2023
Keçiboynuzu Pekmezi 3	Türkiye	Belirtilmemiş	13.08.2023
Dut Pekmezi 1	Türkiye	Belirtilmemiş	16.03.2023
Dut Pekmezi 2	Türkiye	Belirtilmemiş	30.09.2022
Dut Pekmezi 3	Türkiye	Belirtilmemiş	23.09.2022

Araştırmada yer alan bal örneklerinin bileşimi ve içinekilere Tablo 3.5’de yer verilmiştir.

Tablo3.5:Analizi Yapılan Bal Örneklerin Bileşimleri ve İçinekililer

Örnek Kodu	İçinekililer	Enerji ve Besin Ögeleri (100 g)			
		Enerji(kkal)	Karbonhidrat(g)	Şeker(g)	Protein(g)
Çiçek Balı 1	Süzme çiçek balı	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş
Çiçek Balı 2	Süzme çiçek balı	329	82.29	75.29	0
Çiçek Balı 3	Süzme çiçek balı	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş
Çiçek Balı 4	Süzme çiçek balı	328	82.12	71.86	0
Çiçek Balı 5	Süzme çiçek balı	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş
Çam Balı 1	Süzme çam balı	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş
Çam Balı 2	Süzme çam balı	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş
Çam Balı 3	Süzme çam balı	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş
Çam Balı 4	Süzme çam balı	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş
Çam Balı 5	Süzme çam balı	335	83.86	0.3	4

Araştırmada yer alan reçel örneklerinin bileşimi ve içindekilere Tablo 3.6’de yer verilmiştir.

Tablo3.6:Analizi Yapılan Reçel Örneklerin Bileşimleri ve İçindekiler

Örnek Kodu	İçindekiler	Enerji ve Besin Ögeleri (100 g)			
		Enerji(kkal)	Karbonhidrat(g)	Şeker(g)	Protein(g)
Kayısı Reçeli 1	Şeker, kayısı, kıvam verici, asitlik düzenleyici	302	75.2	50.6	0.3
Ayva Reçeli 2	Şeker, ayva asitlik düzenleyici, kıvam arttırıcı	287	71.5	61.6	0.4
Ahududu Reçeli 3	Ahududu, şeker, glikoz şurubu, asitlik düzenleyici, kıvam arttırıcı	306	75.6	69.4	0.4
Böğürtlen Reçeli 4	Böğürtlen, şeker, glikoz şurubu, asitlik düzenleyici, kıvam arttırıcı	305	76.3	71.2	0.5
Vişne Reçeli 5	Vişne, şeker, glikoz şurubu, asitlik düzenleyici, kıvam arttırıcı	303	75	70.1	0.4
Çilek Reçeli 6	Çilek, şeker, glikoz şurubu, asitlik düzenleyici, kıvam arttırıcı	308	78.6	74.5	0.5
Turunç Kabuğu Reçeli 7	Şeker, turunç kabuğu, glikoz şurubu, su, kıvam arttırıcı	331	76.8	72.6	0.1
Yeşil İncir Reçeli 8	Şeker, yeşil incir, glikoz şurubu, su, kıvam arttırıcı	291	74.32	68	0.4
Gül Reçeli 9	Şeker, glikoz şurubu, gül yaprağı, asitlik düzenleyici, kıvam arttırıcı	332	83	76	0
Portakal Reçeli 10	Glikoz şurubu, portakal, şeker, asit düzenleyici, kıvam arttırıcı(pektin)	288	72	70	0

Araştırmada yer alan pekmez örneklerinin bileşimi ve içindekilere Tablo 3.7’de yer verilmiştir.

Tablo3.7:Analizi Yapılan Pekmez rneklerin Bileşimleri ve İçindekiler

rnek Kodu	İçindekiler	Enerji ve Besin eleri (100 g)			
		Enerji(kkal)	Karbonhidrat (g)	şeker(g)	Protein(g)
zm Pekmezi 1	zm Pekmezi	280	70	68	0
zm Pekmezi 2	zm	243	59.3	59.1	1.1
zm Pekmezi 3	zm Pekmezi	298	72.6	72	0
zm Pekmezi 4	zm	278	67.8	55.6	1.1
Keçiboynuzu Pekmezi 1	Keçiboynuzu Pekmezi	270	65.7	52.4	1.3
Keçiboynuzu Pekmezi 2	Keçiboynuzu, su	276	67	67	1.9
Keçiboynuzu Pekmezi 3	Keçiboynuzu	283	69.3	69.3	1.4
Dut Pekmezi 1	Dut	301	75.3	75.3	0.1
Dut Pekmezi 2	Dut	264	64	61.8	1.8
Dut Pekmezi 3	Dut	298	72.6	72	0

3.5. HMF Tayini

Bal, pekmez ve reçel örneklerinde bulunan HMF miktarı ve biyoerişilebilirliği HPLC yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

3.5.1. Örneklerin Hazırlanması ve Analiz

Çalışmada örneklem; bal, reçel, pekmez olmak üzere 3 gruba ayrılarak sınıflandırıldı. Analiz edilen her bir örnekten 5 gram tartıldı ardından 50 ml falkon tüplere alındı. Tartılan örneklerin üzerine 50 ml'yi tamamlayacak şekilde ultra saf su ilave edildi. Homojen bir karışım elde etmek için falcon tüpleri vortex karıştırıcıda 1 dakika karıştırıldı. Karıştırılan örnekler, 0.45 µm CA filtre kullanarak süzüldü ve vial tüplere alındı. Ardından HPLC' ye enjekte edildi.

3.5.2. HPLC koşulları

Kolon: Zorbax C-18 (4.6 mm × 150mm)

Mobil faz: Metanol/Su (92/8) karışımından oluşur.

Dedektör: HPLC-UV 255 nm

Dalga Boyu: 255 nm

Enjeksiyon Hacmi: 10 µl

Akış Hızı: 1 mL/dakika

kullanılarak gerçekleştirildi.

3.6. *In Vitro* Biyoerişilebilirlik Analizi

Çalışmadaki bal, pekmez ve reçelde bulunan HMF'nin biyoerişilebilirliği, *in vitro* ortamda insan sindirim sistemi modeli kullanılarak belirlendi. Analizi gerçekleştirmek için Lee vd. (2016) tarafından önerilen yöntem bu çalışmaya uygun hale getirilerek kullanıldı. Çalışmada kullanılmak üzere ağız, mide, ince bağırsak ve safra solüsyonları hazırlandı.

Ağız Ortamı: 500 ml'lik erlende, 8 ml üre(25g/L), 15 g ürik asit, 1,7 ml NaCl(175,3 g/L), 280 mg a-amilaz ve 25 mg müsün deiyonize su ile çözüldü. Ardından hacim saf su ile tamamlandı ve pH yaklaşık $6,8 \pm 0,2$ olacak şekilde ayarlandı. Asitlik değerini istenen seviyede tutmak için HCl veya NaOH kullanıldı.

Mide Ortamı: 500 ml'lik erlende, 6,5 ml HCl (37g/L), 18 mL $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (22,2 g/L), 3g müsün, 2,5 g pepsin ve 1 g sığır serum albümini deiyonize su ile çözüldü.

Ardından hacim saf su ile tamamlandı ve pH yaklaşık $1,5 \pm 0,2$ olacak şekilde ayarlandı. Asitlik değerini istenen seviyede tutmak için HCl veya NaOH kullanıldı.

İnce Bağırsak Ortamı:500 ml'lik erleninde, 6,3 ml KCl (89,6 g/L), 9 mL $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (22,2 g/L), 1 g pankreatin, 1,5 g lipaz ve 2 g sığır serum albümini deiyonize su ile çözüldü. Ardından hacim saf su ile tamamlandı ve pH yaklaşık $8 \pm 0,2$ olacak şekilde ayarlandı. Asitlik değerini istenen seviyede tutmak için HCl veya NaOH kullanıldı.

Safra:500 ml'lik erleninde, 68,3 ml NaHCO_3 (89,6 g/L), 10mL $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (22,2 g/L), 30 g safra ve 1,8 g sığır serum albümini deiyonize su ile çözüldü. Ardından hacim saf su ile tamamlandı ve pH yaklaşık $7 \pm 0,2$ olacak şekilde ayarlandı. Asitlik değerini istenen seviyede tutmak için HCl veya NaOH kullanıldı.

3.6.1. *In Vitro* Sindirim

Analiz edilen her bir örnekten 5 gram tartıldı ardından 50 ml falkon tüplere alındı. Üzerlerine 5 ml ağız solüsyonu eklendi. Homojen bir karışım elde etmek için falcon tüpleri vortex karıştırıcıda 1 dakika karıştırıldı. Ardından örnekler 5 dakika boyunca 37°C 'de inkübasyona bırakıldı. Bu aşama sonrasında mide ortamını hazırlamak amacıyla 12 ml mide solüsyonu eklendi ve 2 saat boyunca 37°C 'de tekrar inkübasyon edildi. İnce bağırsak ortamı için 10 ml ince bağırsak solüsyonu ve 5 ml safra eklendikten sonra tekrar 2 saat boyunca 37°C sıcaklıkta çalkalamalı su banyosunda inkübasyona bırakıldı. Sindirim işleminin ardından örneklerin üzerine 50 ml'yi tamamlayacak şekilde ultra saf su ilave edildi. Daha sonra numuneler 8000 rpm'de 5 dakika boyunca santrifüjlendi ve 0,45 μm CA filtre kullanarak süzülde, 1,5 ml'lik vial tüplere alındı. Ardından HPLC' ye enjekte edildi.

3.7. İstatistiksel Analizler

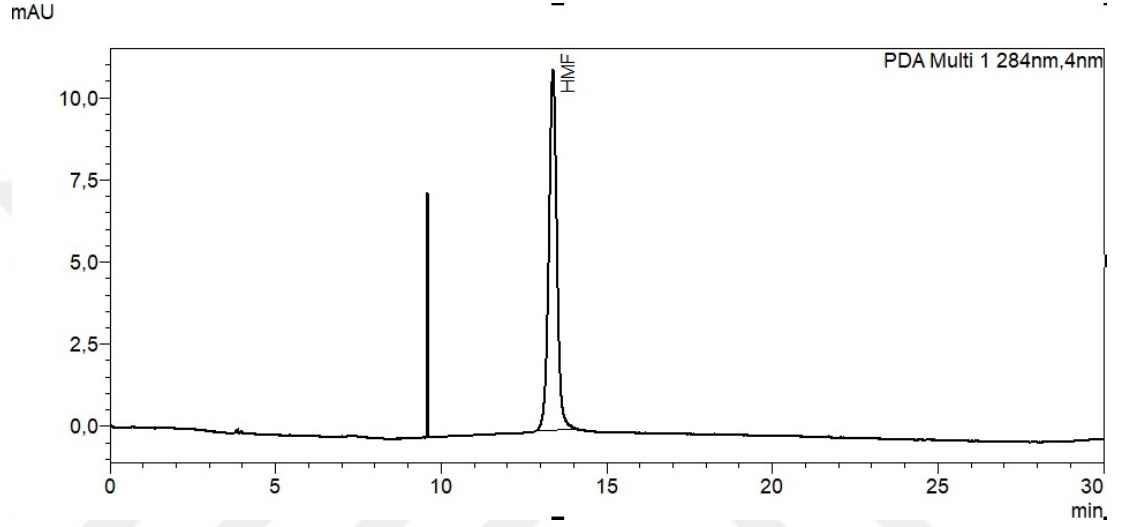
Her bir örnek üç defa analiz edildi. İstatistiksel analiz, tek yönlü varyans analizi (ANOVA, $p < 0,05$, Tukey testi) kullanılarak yapıldı. Gruplar arasındaki önemli farklılıklar istatistiksel olarak değerlendirildi. Tablolarda sunulan verilerin hepsi ortalama \pm standart sapmadır (SS).

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

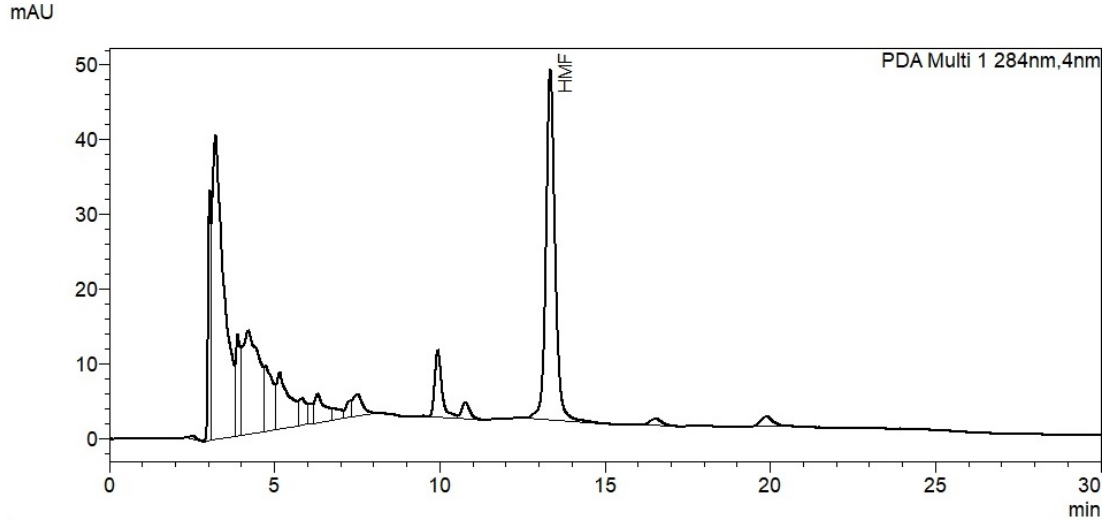
ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Ürünlerin HMF Miktarı

Marketlerden satın alınan çeşitli bal, reçel ve pekmez 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



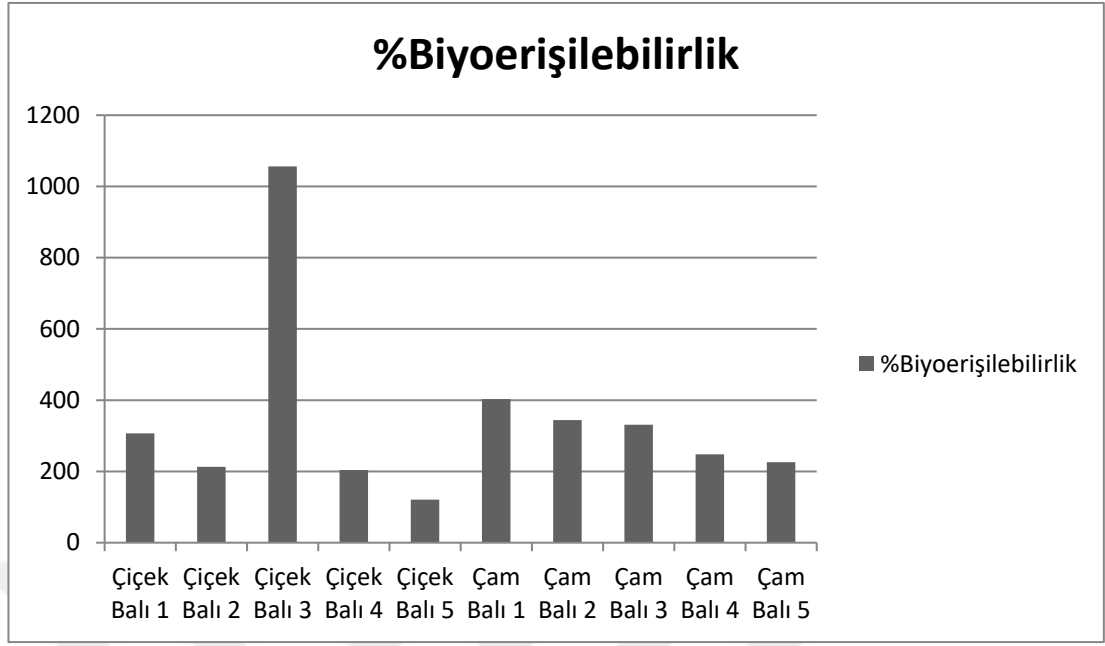
Şekil 4.2: Örnek HPLC kromatogramı

4.1.1. Bal Numunelerinin HMF Sonuçlarının Belirlenmesi

Bal örneklerinin HMF miktarları, HPLC yöntemiyle belirlenmiş ve *in vitro* sindirime uğradıktan sonraki miktar tayini yapılmıştır. Bal örneklerinin HMF sonuçları Tablo 4.1’de verilmiştir. Ballarda başlangıçta HMF miktarı 2,89 – 149,10 mg/kg aralığında tespit edilmiştir. Sindirim sonrası HMF miktarları 12,05 – 186,09 mg/kg aralığında bulunmuştur. En yüksek HMF miktarı Çiçek Balı 5 örneğinde tespit edilirken, en düşük HMF miktarı Çam Balı 1 örneğinde tespit edilmiştir. Bal örneklerinin HMF biyoerişilebilirlik yüzdeleri Grafik 4.1’de verilmiştir. Ballardaki HMF biyoerişilebilirliği %121 – 1056 aralığındadır.

Tablo 4.1: Bal Örneklerinin Sindirim Öncesi ve Sonrası HMF Miktarları ve Biyoerişilebilirlik Yüzdeleri

Örnekler	Sindirim öncesi HMF miktarı (mg/kg)	Sindirim sonrası HMF miktarı (mg/kg)	Biyoerişilebilirlik (%)
Çiçek Balı 1	8.16±0.3 ^a	25.85±1.1 ^a	307
Çiçek Balı 2	22.92±1 ^a	50.42±2.3 ^a	213
Çiçek Balı 3	4.49±0,2 ^a	49.03±2.2 ^a	1056
Çiçek Balı 4	41.56±1,8 ^a	87.68±3.9 ^a	204
Çiçek Balı 5	149.10±6.7 ^a	186.09±8.4 ^a	121
Çam Balı 1	2.89±0.1 ^a	12.05±0.5 ^a	403
Çam Balı 2	10.24±0.5 ^a	36.34±1.6 ^a	344
Çam Balı 3	8.60±0.4 ^a	29.44±1.3 ^a	331
Çam Balı 4	18.73±0.8 ^a	47.95±2.1 ^a	248
Çam Balı 5	10.51±0.5 ^a	24.54±1.1 ^a	226



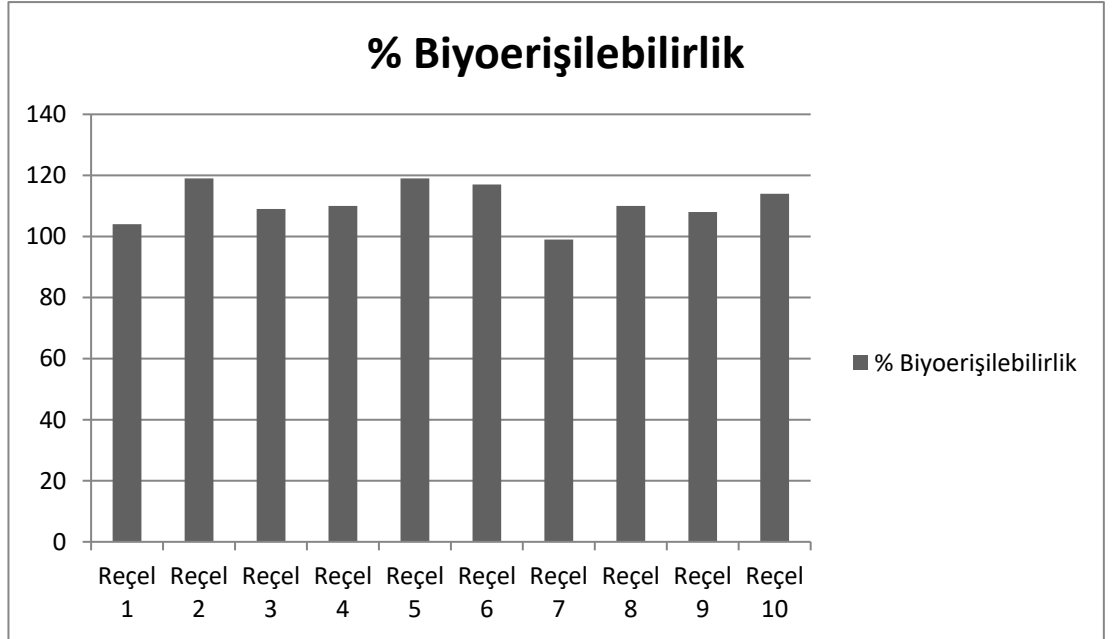
Grafik 4.1: Bal Ürünlerinin HMF Biyoerişilebilirlik Yüzdeleri

4.1.2. Reçel Numunelerinin HMF Sonuçlarının Belirlenmesi

Reçel örneklerinin HMF sonuçları Tablo 4.2’de verilmiştir. Reçelerde sindirim öncesi HMF miktarı 23,22 – 247,10 mg/kg aralığında tespit edilmiştir. Sindirim sonrası HMF miktarları 28,03 – 253,57 mg/kg aralığında tespit edilmiştir. En yüksek HMF miktarı Turunç Kabuğu Reçeli 7 örneğinde tespit edilirken, en düşük HMF miktarı Çilek Reçeli 6 örneğinde tespit edilmiştir. Reçel örneklerinin HMF biyoerişilebilirliği yüzdeleri Grafik 4.2’de verilmiştir. Reçellerin HMF biyoerişilebilirlikleri %99 – 119 aralığındadır.

Tablo 4.2: Reçel Örneklerinin Sindirim Öncesi ve Sonrası HMF Miktarları ve Biyoerişilebilirlik Yüzdeleri

Örnekler	Sindirim öncesi HMF miktarı (mg/kg)	Sindirim sonrası HMF miktarı (mg/kg)	Biyoerişilebilirlik (%)
Kayısı Reçeli 1	89.24±4.1 ^a	96.22±4.3 ^a	104
Ayva Reçeli 2	64.35±2.9 ^a	78.88±3.6 ^a	119
Ahududu Reçeli 3	97.41±4.4 ^a	110.21±4.9 ^a	109
Böğürtlen Reçeli 4	95.26±4.3 ^a	107.89±4.8 ^a	110
Vişne Reçeli 5	55.22±2.5 ^a	68.02±3.1 ^a	119
Çilek Reçeli 6	23.22±1.1 ^a	28.03±1.2 ^a	117
Turunç Kabuğu Reçeli 7	247.10±11.2 ^a	253.57±11.5 ^b	99
Yeşil İncir Reçeli 8	95.90±4,3 ^a	109.04±4.9 ^a	110
Gül Reçeli 9	65.28±2,9 ^a	73.10±3.3 ^a	108
Portakal Reçeli 10	96.83±4.4 ^a	114.44±5.2 ^a	114



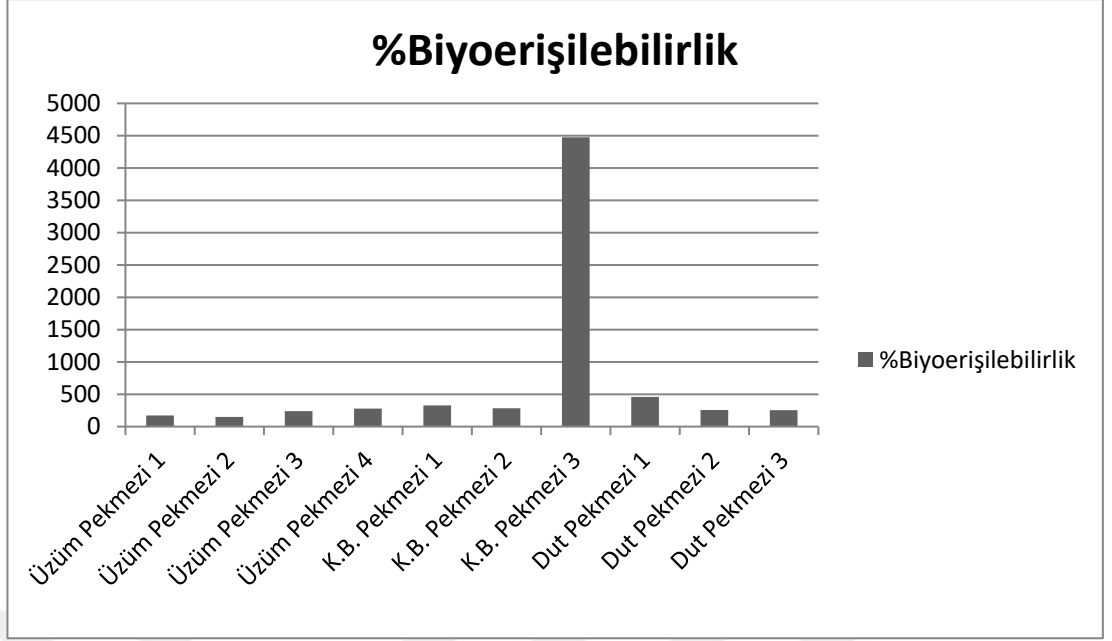
Grafik 4.2: Reçel Ürünlerinin HMF Biyoerişilebilirlik Yüzdeleri

4.1.3. Pekmez Numunelerinin HMF Sonuçlarının Belirlenmesi

Pekmez örneklerinin HMF sonuçları Tablo 4.3’de verilmiştir. Pekmez ürünlerinin sindirim öncesi HMF miktarı 1,39 – 113,29 mg/kg aralığında tespit edilmiştir. Başlangıçta, en yüksek HMF miktarı Üzüm Pekmezi 2 örneğinde tespit edilirken, en düşük HMF miktarı Keçiboynuzu Pekmezi 3 örneğinde tespit edilmiştir. Sindirim sonrası HMF miktarları 64,07 – 176,86 mg/kg aralığında bulunmuştur. Pekmez örneklerinin HMF biyoerişebilirliği yüzdeleri Grafik 4.3’de verilmiştir. Reçellerin HMF biyoerişilebilirlikleri %151 – 4476 aralığındadır.

Tablo 4.3: Pekmez Örneklerinin Sindirim Öncesi ve Sonrası HMF Miktarları ve Biyoerişilebilirlik Yüzdeleri

Örnekler	Sindirim öncesi HMF miktarı (mg/kg)	Sindirim sonrası HMF miktarı (mg/kg)	Biyoerişilebilirlik (%)
Üzüm Pekmezi 1	72.72±3.3 ^a	130.19±5.9 ^a	173
Üzüm Pekmezi 2	113.29±5.1 ^a	176.86±8 ^a	151
Üzüm Pekmezi 3	23.75±1.1 ^a	58.71±2.6 ^a	239
Üzüm Pekmezi 4	17.40±0.8 ^a	50.18±2.3 ^a	279
Keçiboynuzu Pekmezi 1	13.99±0.6 ^a	47.41±2.1 ^a	328
Keçiboynuzu Pekmezi 2	23.70±1.1 ^a	69.23±3.2 ^a	283
Keçiboynuzu Pekmezi 3	1.39±0.1 ^a	64.07±2.9 ^a	4476
Dut Pekmezi 1	6.71±0.3 ^a	31.85±1.4 ^a	460
Dut Pekmezi 2	95.39±4.3 ^a	253.19±11.5 ^a	257
Dut Pekmezi 3	18.68±0.8 ^a	49.27±2.2 ^a	255



Grafik 4.3: Pekmez Ürünlerinin HMF Biyoerişilebilirlik Yüzdeleri

Tablo 4.4’de örnek gruplarının sindirim öncesi ve sonrası HMF miktarlarının ve biyoerişilebilirlik yüzdelerinin ortalama değerleri gösterilmiştir.

Tablo4.4: Örnek Gruplarının Sindirim Öncesi ve Sonrası HMF Miktarlarının ve Biyoerişilebilirlik Yüzdelerinin Ortalama Değerleri

Örnek Grubu	Sindirim öncesi HMF miktarı (mg/kg)	Sindirim sonrası HMF miktarı (mg/kg)	Biyoerişilebilirlik (%)
Bal Grubu	27.72	54.94	345.3
Reçel Grubu	92.98	103.94	111
Pekmez Grubu	38.70	93.09	690.1

BEŞİNCİ BÖLÜM

TARTIŞMA

5.1. Numunelerin HMF Miktarının Değerlendirilmesi

Çalışmamızda, İstanbul'daki çeşitli marketlerden satın alınan bal, pekmez ve reçel örneklerinin HMF miktarları belirlenmiştir. İkinci aşama olarak bu örneklerdeki HMF biyoerişilebilirliği *in vitro* gastrointestinal sistem kullanarak incelenmiştir.

Gıdalara uygulanan ısı işlemler sırasında meydana gelen değişimlerin yoğunluğu ve depolama süresinin uzunluğu, genellikle HMF gibi bazı indikatörlerin konsantrasyonlarının artmasıyla izlenir, özellikle HMF uzun süredir bu amaçla kullanılmaktadır. Öte yandan, gıda maddelerinde bulunan HMF, yalnızca ısı temelli işlemlerin bir belirteci olarak değil, ayrıca zararlı özelliklere sahip olabilecek bir gıda kirletici olarak da çeşitli çalışmalarla incelenmektedir (Kowalski vd., 2013).

5.1.1. Bal Numunelerinin HMF Miktarının Değerlendirilmesi

Araştırmada elde edilen bulgulara göre bal örnekleri arasındaki çam ballarının başlangıçtaki HMF değerleri ortalaması 10,19 mg/kg, sindirim sonrası ortalama HMF değerleri ise 30,06 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Analize alınan 10 adet bal örneklerinden 8 tanesinin HMF miktarı 40 mg/kg'dan düşük olarak bulunmuştur ve tebliğe uygun olduğu belirlenmiştir. Çiçek Balı 4 ve Çiçek Balı 5 örneklerinde tebliğde belirtilen miktarın üstünde değerler saptanmıştır. Bulunan en yüksek HMF değeri 149,1 mg/kg sonucu ile Çiçek Balı 5 örneğidir. Sindirim analizi sonrası, ballarda bulunan HMF miktarlarının önemli ölçüde arttığı ve 10 örnekten 5 tanesinin önerilen sınırın üstüne çıktığı ve 1 örneğinde üst sınıra yaklaştığı gözlenmiştir.

Bilgen(2010)'in, farklı yörelerdeki çam ballarında HMF miktarlarını incelediği bir çalışmada, HMF miktarının değişim aralığı 0,17 – 6,64 mg/kg olarak bulunmuştur. Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular, Bilgen'in çalışması ile kıyaslandığında elde edilen verilerin daha yüksek olduğu görülmüştür. Bunun sebebi örneklemedeki balların fabrikalarda işlenme aşamasında maruz kaldıkları yüksek sıcaklıklar ve hasat

sonrası uygun olmayan depolama koşullarında uzun süreli depolamaya bağlı olarak, yüksek çıkan başlangıç değerleri olduğu düşünülmektedir.

Çalışmamızda çiçek balları örnekleri arasındaki HMF miktarı 4,49 – 149,1 mg/kg aralığında, ortalama HMF değerleri 45,24 mg/kg olarak bulunmuştur. Sindirim sonrası HMF değerleri ise 25,85 – 186,09 mg/kg aralığında, ortalama HMF değerleride 79,81 olarak bulunmuştur. HMF'nin zamana ve sıcaklığa bağlı değişimini ele alan bazı çalışmalar göz önüne alındığında, araştırmamızdaki sonuçlar ile uyumlu olduğu gözlenmiştir. Korkmaz ve arkadaşları(2017)'nin yürüttüğü ve çiçek ballarının 3 aylık aralıklar ile incelendiği bir deneyde elde edilen bulguların benzer olduğu sonucuna varılmıştır.

Hem çiçek hem de çam ballarındaki bazı örneklerin HMF değerlerinin, diğer örneklere göre daha yüksek HMF konsantrasyonuna sahip olması, şeker içeriğinin yanı sıra fruktoz ve glikoz oranına bağlı olarak da gelişebileceği düşünülmektedir. Bunun yanı sıra, doğal balın, sakkarozdan asit hidrolizi ile hazırlanan invert şurupla karıştırılmış olma olasılığını da düşündürmektedir (Wu vd., 2020).

Bizim çalışmamızda, balların HMF biyoerişilebilirliği yüzdeleri %121 – 1056 aralığında belirlenmiştir. Sindirim sonrasında HMF değerlerinde oldukça önemli artış gözlemlenmiştir. HMF'nin biyoerişilebilirliğinin incelendiği bir araştırmada, şekerden zengin ürünlerin üretimi sırasında ortaya çıkan ara ürünlerin, sindirim sırasında maruz kaldığı mide koşullarının, HMF oluşumuna katkı sağladığı ve bu nedenle miktarların arttığı düşünülmektedir (Hamzalıoğlu, 2017).

5.1.2. Reçel Numunelerinin HMF Miktarının Değerlendirilmesi

Araştırmamızda elde edilen bulgulara göre, reçel örneklerinin başlangıçtaki HMF miktarı 23,22 – 247,10 mg/kg aralığında, HMF değerleri ortalaması da 10,19 mg/kg olarak bulunmuştur. Sindirim sonrasında ise, HMF miktarları 28,03 – 253,57 mg/kg aralığında, sindirim sonrası ortalama HMF değerleri de 30,06 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Analize alınan reçel örneklerinden 9 tanesinin HMF miktarı 100 mg/kg'dan düşük olarak bulunmuştur ve tebliğe uygun olduğu belirlenmiştir. Bulunan en yüksek HMF miktarı Turunç Kabuğu Reçeli 7 örneğinde 247,1 mg/kg olarak tespit edilmiştir.

Çalışmamızda en yüksek HMF miktarı turunç kabuğu reçelinde çıkmıştır. HMF, genellikle asidik koşullarda oluştuğu için şekerden zengin gıdaların ısıl işleminde veya uzun süreli saklanmasıyla belirteç olarak kullanılmaktadır (Sadilova vd., 2009). Kopjar ve arkadaşlarının 2010 yılında yürüttüğü bir çalışmada, reçellerin pH değerlerinin düşük olma durumu veya pH değerlerinin düşürülmesi sonucu daha yüksek HMF içeriğine sahip olmaya ortam hazırladığı görülmüştür. Araştırma sonrası, HMF içeriği ile pH değeri arasında yapılan korelasyon sonucunda, bu iki parametre arasında çok yüksek bir ilişki olduğunu ortaya koymuşlardır (Kopjar vd.,2010). Bizim çalışmamızın sonuçlarına bakıldığında, reçel örnekleri arasında daha asidik olan ürünlerin HMF değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir.

Araştırmamızda, reçel örneklerinin HMF biyoerişebilirlikleri %99 – 119 aralığında değişmektedir. En yüksek HMF biyoerişebilirliği %119 oranı ile vişne reçelinde, en düşük HMF biyoerişebilirliği ise %99 oranı ile turunç kabuğu reçelinde bulunmuştur. Yukarıda bahsedilen çalışmada yer alan pH ve HMF arasındaki ilişki göz önüne alındığında, en düşük HMF biyoerişebilirlik yüzdesinin turunç kabuğu reçeli olarak bulunmasının nedeni yine pH seviyesi olarak düşünülebilir. Ancak HMF biyoerişebilirliğine dair yetersiz sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu nedenle, bu konuyu aydınlatmak amacıyla daha detaylı araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada elde edilen bulgular sonucunda gözlenen en düşük HMF miktarı 23,22 mg/kg ile çilek reçelinde belirlenmiştir. Bu bulgu, diğer çalışmalar ile uyumlu bulunmuştur. Çilek reçelinin HMF miktarının, kayısı ve kiraz reçelleri ile karşılaştırıldığı bir çalışmada, aynı sıcaklık ve zaman koşullarına maruz bırakılmasına rağmen, yine, örnekler arasında en düşük HMF miktarı, çilek reçelinde gözlenmiştir (Aslanova, 2010).

Araştırma sonucunda reçel örneklerinin, sindirim öncesi ortalama HMF miktarları bal ve pekmez gibi diğer örneklerle göre daha yüksek çıkmıştır. Genel olarak HMF miktarı yüksek olan reçeller, üretim sırasında fazla pişmiş, hatta yanık bir görüntü ve yanık bir tada sahip olana kadar ısıya maruz bırakıldıklarından, çalışmada yer alan diğer ürünlere göre daha yüksek HMF değerlerine sahip olabilecekleri bir çalışmada belirtilmiştir (Elmastas vd., 2022).

5.1.3. Pekmez Numunelerinin HMF Miktarının Değerlendirilmesi

Araştırmada elde edilen bulgulara göre pekmez örneklerinin sindirim öncesi HMF değerleri 1,39 – 113,29 mg/kg aralığında tespit edilmiştir. Sindirim sonrası HMF miktarları ise 64,07 – 176,86 mg/kg aralığında bulunmuştur.

Pekmez örnekleri arasında, üzüm pekmezlerinin sindirim öncesi HMF değerleri 17,40 – 113,29 mg/kg aralığında, sindirim sonrası HMF değerleri ise 50,18 – 176,86 mg/kg aralığında bulunmuştur. Keçiboynuzu pekmezlerinin sindirim öncesi HMF değerleri 1,39 – 23,70 mg/kg aralığında, sindirim sonrası HMF değerleri ise 47,41 – 69,23 mg/kg aralığında belirlenmiştir. Dut pekmezlerinin sindirim öncesi HMF değerleri ise 6,71 – 95,39 mg/kg aralığında, sindirim sonrası HMF değerleri 31,85 – 253,13 mg/kg aralığında tespit edilmiştir.

Analize alınan pekmez örneklerinden 8 tanesinin HMF miktarı 75 mg/kg'dan düşük bulunmuştur ve tebliğe uygun olduğu belirlenmiştir. Üzüm Pekmezi 2 ve Dut Pekmezi 2 örneklerinde tebliğde belirtilen miktarın üstünde değerler saptanmıştır. Bulunan en yüksek HMF değeri 113,29 mg/kg sonucu ile Üzüm Pekmezi 2 örneğindedir. Sindirim sonrası, pekmezlerde bulunan HMF miktarlarının önemli ölçüde arttığı ve 10 örnekten 3 tanesinin önerilen sınırın üstünde olduğu ve 2 örneğinde üst sınıra yaklaştığı gözlenmiştir.

Üzüm pekmezi depolanması sırasında, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarını inceleyen bir araştırmada, depolama sonrası HMF değerlerindeki artış, çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar ile uyumluluk göstermektedir. Ürünlerin yüksek pH değerleri, HMF gelişimini teşvik eder. Pekmezin pH değeri, üretimi sırasında uygulanan asit düşürme işlemi nedeniyle orijinal meyveden daha yüksektir. Sonuç olarak, daha yüksek pH, yüksek şeker ve protein içeren ortamda Maillard reaksiyonu uyarılacağından, HMF oluşumu hız kazanır (Tosun vd., 2003).

Farklı bir çalışmada Kus ve arkadaşları(2005), HMF'yi, dut pekmezlerinde 12,8 – 152 mg/kg aralığında belirlemişlerdir. Analize alınan dut pekmezi örneklerinden 2 tanesinin, tebliğe uygun olmadığı görülmüştür. Ancak çalışmamızın sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Yapılan çeşitli araştırmalarda, kazan ve vakum altında üretilen pekmezlerin HMF miktarlarındaki farklılıklar incelenmiştir ve içerikleri bakımından önemli farklılıklar bulunduğu saptanmıştır. Vakumda üretilen pekmezler 35,3 mg/kg HMF içerirken, açık kazan yöntemi ile üretilen pekmezlerin 681,4 mg/kg

HMF içerdiği görülmüştür. Açık kazan yöntemi ile üretilen pekmezler, yüksek sıcaklık uygulamasına maruz kaldıklarından HMF miktarları daha yüksek gözlenmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere geleneksel yöntemlere göre üretilmiş pekmezler yüksek sıcaklığa maruz kaldıklarından, HMF değerleri oldukça yüksek seviyelerde seyretmektedir (Batu vd., 2014).

Araştırmamızda pekmez örnekleri arasındaki keçiyoynuzu pekmezi örneklerinin, diğer örneklere göre, daha düşük HMF değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Yavuz ve arkadaşlarının (2022) yaptığı bir çalışmada, keçiyoynuzu pekmezi örneklerinin HMF değerleri 0,79 – 50,25 mg/kg arasında değişmektedir ve ortalama HMF değeri 11,33 mg/kg'dır. Pekmezde HMF tayini üzerine yapılan farklı araştırmalar, ortalama miktarı 1,53 mg/kg ve 12,25 mg/kg olarak tespit etmiştir. Çalışmamızda elde edilen verilerin, daha önceki çalışmaların sonuçları ile benzer olduğu görülmektedir. Ancak literatürde, yeni üretilip piyasaya sürülen ve bu nedenle uzun süre saklanmadığı bilinen keçiyoynuzu pekmezi örneğinin HMF değerinin 68,77 mg/kg düzeyinde saptanması, bu örneğin yüksek sıcaklıklarda ısıl işlem görmüş olabileceği ihtimalini öne çıkarmaktadır (Yavuz vd., 2022).

Çalışmamızda pekmez örneklerinin HMF biyoerişebilirlikleri %151 – 4476 aralığında değişmektedir. En yüksek HMF biyoerişebilirliği %4476 oranı ile Keçiyoynuzu Pekmezi 3, en düşük HMF biyoerişebilirliği ise %151 oranı ile Üzüm Pekmezi 2 olarak bulunmuştur. Keçiyoynuzu Pekmezi 3 örneğinin HMF biyoerişebilirliği oranı diğer örneklere göre oldukça yüksek çıkmıştır. Ancak şimdiye kadar, HMF'nin biyoerişebilirliğini ve gıda sindirimi sırasındaki kinetiğini ele alan çok az sayıda çalışma mevcuttur. Aynı zamanda, HMF'ye maruz kalmanın hangi ölçüde insan için sağlık riskleri ortaya çıkardığı da tam olarak açık değildir. Zararlı etkiler, HMF etkisinin doğrudan bir sonucu olabilir veya HMF'nin 5-sülfoksimetilfurfural (5-SMF) ve diğer metabolitlere geçişinin bir sonucu olabilir. Bu nedenle, *in vitro* sindirim modelleri, HMF gibi birçok maddenin akıbetini değerlendirmek için kullanılması gereken basit ve etkili simülasyon araçlarıdır (Nooshin vd., 2014).

SONUÇ VE ÖNERİLER

HMF, gıda sektöründe gıdaların işlenmesi veya uzun süre depolama sırasında Maillard reaksiyonu sonucunda şekerin parçalanmasıyla ortaya çıkan bir maddedir. HMF konsantrasyonu, bal, pekmez ve reçel gibi gıdaların tazeliğini belirlemede kullanılan bir parametre olarak kabul edilmektedir, çünkü taze bal, reçel ve pekmezlerde çok düşük miktarlarda bulunur.

Bu çalışmada, bal örneklerinin HMF biyoerişilebilirliği %121 – 1056 arasında değişirken, reçel örneklerinin HMF biyoerişilebilirliği %99 – 119, pekmez örneklerinin HMF biyoerişilebilirliği ise %151 – 4476 aralığında tespit edilmiştir.

Araştırma sonucunda reçel örneklerinin, sindirim öncesi ortalama HMF miktarları diğer örnekler göre daha yüksek çıkmıştır. Ayrıca, reçel örneklerinin, ortalama HMF miktarları, bal örneklerinin 3 katı, pekmez örneklerinin ise yaklaşık 2 katı fazla olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre, uygun bekleme koşullarında olsa bile reçellerin; bal ve pekmeze kıyasla, HMF oluşumunda daha elverişli olduğu görülmüştür.

Reçel örnekleri diğer örnekler göre sindirim öncesinde daha fazla HMF içerse de, ortalama HMF biyoerişilebilirlik değerleri kıyaslandığında, sindirim sonrası en fazla artış pekmezlerde tespit edilmiştir.

Çam ballarında sindirim öncesi HMF miktarı, çiçek ballarındaki miktara göre daha düşük bulunmuştur. Ancak her iki grup bal örneklerinin de sindirim sonrası HMF biyoerişilebilirlik sonuçları birbirlerine yakın çıkmıştır.

Yapılan analiz sonucunda, başlangıçta balların HMF değerleri 2,89 – 149,10 mg/kg, sindirim sonrasındaki HMF değerleri 12,05 – 186,09 mg/kg aralığında saptanmıştır. Analize alınan bal örneklerinin 8 tanesinin HMF içeriğinin, tebliğe uygun olduğu belirlenmiştir. Çiçek Balı 4 ve Çiçek Balı 5 örneklerinde tebliğde belirtilen miktarın üstünde değerler saptanmıştır. Sindirim analizi sonrası, ballarda bulunan HMF miktarlarının önemli ölçüde arttığı ve 10 örnekten 5 tanesinin önerilen sınırın üstüne çıktığı ve 1 örneğinde üst sınıra yaklaştığı gözlenmiştir.

Reçel örneklerinde ise, başlangıçtaki HMF değerleri 23,22 – 247,10mg/kg, sindirim sonrasındaki HMF değerleri 28,03 – 253,57 mg/kg aralığında saptanmıştır.

Analize alınan reçel örneklerinin sadece 1 tanesinin HMF içeriğinin, tebliğeye uygun olmadığı belirlenmiştir. Geri kalan bütün örneklerde tebliğede belirtilen miktara uygun değerler saptanmıştır. Sindirim analizi sonrası, reçelerde bulunan HMF miktarlarının arttığı ve tebliğeye uygun olan 9 örnekten 4 tanesinin sınırın üstüne çıktığı gözlenmiştir.

Pekmez örneklerinde ise, başlangıçtaki HMF değerleri 1,39 – 113,29 mg/kg, sindirim sonrasındaki HMF değerleri 64,07 – 176,86 mg/kg aralığında saptanmıştır. Analize alınan reçel örneklerinin 8 tanesinin HMF içeriğinin, tebliğeye uygun olduğu belirlenmiştir. Üzüm Pekmezi 2 ve Dut Pekmezi 2 örneklerinde tebliğede belirtilen miktarın üstünde değerler saptanmıştır. Sindirim analizi sonrası, pekmez örneklerinde bulunan HMF miktarlarının arttığı ve tebliğeye uygun olan 8 örnekten 1 tanesinin önerilen değerlerin üstüne çıktığı gözlenmiştir.

Diyet alımında, belirtilen sınırlar içinde tüketim sırasında önemli bir toksik etki gözlenmemesine rağmen aşırı tüketim durumunda, HMF ve türevlerinin sitotoksik, mutajenik ve kanserojen etkiler gösterebileceği düşünülmektedir.

İşlenmiş gıdaların bir bileşeni olarak karşımıza çıkan HMF, bilinen olumsuz etkilerinin yanında, insan sağlığı üzerinde ayrıca bazı yararlı etkilere de sahiptir. HMF'nin insan sağlığı üzerindeki bazı anti-kanserojen özellikleri de, yalnızca klinik öncesi seviyelerde yürütülen birçok çalışma ile araştırılmaya çalışılmıştır. Ancak bugüne kadar mevcut olan verilere dayanarak tolere edilebilen günlük alım miktarını belirlemek mümkün değildir ve HMF'nin diyet ile maruziyetine ilişkin veriler çok sınırlıdır. Bu nedenle, farklı popülasyonlar için ortalama ve maksimum alımı değerlendirmek adına ek çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Diyet yolu ile maruz kalınan HMF miktarını belirlemek adına birçok farklı gıdada HMF oluşumuna ilişkin geniş bir veri tabanı oluşturulmalıdır. Ek olarak, özellikle klinik düzeyde, HMF için bir TDI önermenin yolunu açan daha fazla araştırmaya gerek olduğu bilinmektedir.

KAYNAKÇA

- Abraham K, Gürtler R, Berg K, Heinemeyer G, Lampen A, Appel Ke (2011) Toxicology and Risk Assessment of 5-Hydroxymethylfurfural In Food. *Mol. Nutr. Food. Res.* 55:667–678.
- Al-Ghamdi, A. A.,& Ansari, M. J. (2021). Biological and Therapeutic Roles of Saudi Arabian Honey: A Comparative Review *Journal Of King Saud University Science*,33(2):101329. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2020.101329>
- Alpaslan, M.,& Hayta, M. (2002). Rheological and Sensory Properties of Pekmez (Grapemolasses)/Tahin(Sesamepaste) Blends. *Journal of Food Engineering*, 54(1): 89–93. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00197-2](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00197-2)
- 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 Doi: 10.1080/15569543.2020.1756857
- Aslanova, D., Bakkalbasi, E., Artik, N. (2010).Effect of Storage on 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) Formation and Color Change in Jams. *International Journal Of Food Properties*, 13(4):904-912. Doi:10.1080/10942910902908896
- Batu, A. (2020). Gastronomi Ve Moleküler Gastronomi Açısından Üzüm Pekmezi. *Aydın Gastronomy*,4(1):35-44.
- Batu, A., Aydoğmuş, R.E., Batu, H.S., “Formation of Hydroxymethylfurfural in Foods and Its Effects on Human Health” *Electronic Journal of Food Technologies*, 2014, 9(1):40-55.
- Bengü, A.,& Kutlu, M. A. (2018). Bingöl’de Üretilen Ballarda Bazı Kalite Kriterlerinin Belirlenmesi. *Türk Doğa Ve Fen Dergisi*, 7(1).
- Bilgen, S. (2010). *Türk Çam Balının Analitik Özellikleri*. Ankara.
- Brudzynski, K.,& Kim, L. (2011). Storage-Induced Chemical Changes in Active Components of Honey De-Regulate and It’s Anti Bacterial Activity. *Food*

Chemistry,126(3):1155–1163.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.151>

- 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. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.11.002>
- Cienciosi, D., Forbes-Hernández, T., Afrin, S., Gasparri, M., Reboredo-Rodríguez, P., Manna, P., Zhang, J., Bravo Lamas, L., Martínezflórez, S., Agudotoyos, P., Quiles, J., Giampieri, F., & Battino, M. (2018). Phenolic Compounds in Honey and Their Associated Health Benefits: A Review. *Molecules*, 23(9): 2322. <https://doi.org/10.3390/molecules23092322>
- Conforti, P. A., Lupano, C. E., Malacalza, N. H., Arias, V., & Castells, C. B. (2006). Crystallization Of Honey At -20°C . *International Journal of Food Properties*, 9(1):99–107. <https://doi.org/10.1080/10942910500473962>
- Çekal, N., & Doğan, E. (2021). A Study On Breakfast In Turkish And International Cuisines. *E-Journal Of New World Sciences Academy*, 16(1): 71–88. <https://doi.org/10.12739/nwsa.2021.16.1.4c0244>
- Çetin, K., & Alkın, E. (2011). Piyasada Satılan Çiçek Ballarının Kalite Kriterlerinin Belirlenmesi. *Gıda Ve Yem Bilimi - Teknolojisi Dergisi*, 49–56.
- Da Silva, P.M., Gauche, C., Gonzaga, L.V., Oliveiracosta, A.C., Fett, R., Honey: Chemical Composition, Stability And Authenticity, *Food Chemistry (2015)*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.051>
- Demirağ, K., & Şahin, R. (2012). Bazı Katkı Maddelerinin Düşük Kalorili Greyfurt Kabuğu Reçelinin Duyusal Kalitesi Üzerine Etkisi. *Akademik Gıda*, 10(3): 6-13.
- Durmaz, G. (2018). Ozon Kullanımının Üzüm Pekmezinin HMF Miktarına Etkisi. *Fruit Science*, 5(1): 1–5.
- Ejtahed, H. S., Soroush, A. R., Siadat, S. D., Hoseini-Tavassol, Z., Larijani, B., & Hasani-Ranjbar, S. (2019). Targeting Obesity Management Through Gut Microbiota Modulation By Herbal Products: A Systematic Review.

Complementary Therapies In Medicine, 42: 184–204.
<https://doi.org/10.1016/J.Ctim.2018.11.019>

Elmastas, A., Aydın, F., Umaz, A., Kılınc, E., Arslan, Y., & Aydın, I. (2022). Determination Of Hydroxymethylfurfural In Turkish Honeys, Pekmez (GrapeMolasses), And Jam Samples By High-Performance Liquid Chromatography With Diode Array Detection. *Journal Of Food Processing And Preservation*, 46(4). <https://doi.org/10.1111/Jfpp.16462>

Erbil, D., (2020). *Endüstriyel Ve Geleneksel Yöntemlerle Üretilmiş Farklı Pekmez Çeşitlerinin Bazı Fizikokimyasal Ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi*

Escuredo, O.,Dobre, I., Fernández-González, M., &Seijo, M. C. (2014). *Contribution Of Botanical Origin And Sugar Composition Of Honeys On The CrystallizationPhenomenon*
<https://doi.org/10.1016/J.Foodchem.2013.10.097>

Fernández-García, E., Carvajal-Lérida, I., &Pérez-Gálvez, A. (2009). In Vitro Bioaccessibility Assessment As A Prediction Tool Of Nutritional Efficiency.*NutritionResearch*,29(11):751760. Doi:10.1016/J.Nutres.2009.09.016

Gökmen, V., Açar, Ö. Ç., Serpen, A., Morales, F. J. (2007). Effect Of Leavening Agents And Sugars On The Formation Of Hydroxymethylfurfural In Cookies During Baking. *European Food Research And Technology*, 226(5): 1031–1037. Doi:10.1007/S00217-007-0628-6

Grande, F., & Vincent, A. (2020). The Importance Of Food Composition Data For Estimating Micronutrient Intake: What Do We Know Now And Into The Future?. *Global Landscape Of Nutrition Challenges In Infants and Children*, 93:39-50.

Güllü, M.,& Karagöz, Ş. (2017). Türk Kültüründe Kış Hazırlıkları: Reçel Türlerinin Ve Üretim Metotlarının Değerlendirilmesi. *Al-Farabi International Journal On Social Sciences*, (2): 156–167.

Güzel, E. K. (2011). *Maviyemişten (Vaccinum Sp.) Üretilen Reçel İleMarmelatın Fitokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi.*

- Güzel, Y. M., & Mercan, T. (2004). Farklı Reçeteler Kullanılarak Üretilen Çilek Reçellerinde Hidroksimetilfurfural (HMF) Oluşumu Ve Depolama Süresindeki Değişimi. *Gıda Ve Yem Bilimi-Teknolojisi*, 6.
- Hamdan, K. (2010). Crystallization Of Honey. *Bee World*, 87(4): 71–74. <https://doi.org/10.1080/0005772x.2010.11417371>
- Hamzalıoğlu, A., & Gökmen, V. (2017). Formation And Elimination Reactions Of 5-Hydroxymethylfurfural During In Vitro Digestion Of Biscuits. *Food Research International*, 99: 308–314. [Doi:10.1016/j.foodres.2017.05.034](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.05.034)
- Hedren, E., Diaz, V., & Svanberg, U. (2002). Estimation Of Carotenoid Accessibility From Carrots Determined By An In Vitro Digestion Method. *European Journal Of Clinical Nutrition*, 56(5):425-430.
- Hepsağ, F., & Hayoğlu, İ. (2017). Akdeniz Bölgesinde Satışı Yapılan Bazı Reçellerin Hidroksimetil Furfural Miktarlarının HPLC İle Belirlenmesi Ve Değerlendirilmesi. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 7(2/2).
- Helvacıoğlu, S., Charehsaz, M., Erdem, O., & Aydın, A. (2019). Assessment Of Toxic Element Content Of Some Grape Molasses Produced By Conventional And Industrial Techniques: Insights In To Human Safety. *Toxin Reviews*, 40(4):1198–1205. <https://doi.org/10.1080/15569543.2019.1673421>
- Hermosín, I., Chicón, R. M., & Dolores Cabezudo, M. (2003). Free Amino Acid Composition And Botanical Origin Of Honey. *Food Chemistry*, 83(2): 263–268. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00089-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00089-X)
- Heshmati, A., Ghadimi, S., Ranjbar, A., & Khaneghah, A. M. (2019). Changes In Aflatoxins Content During Processing Of Pekmez As A Traditional Product Of Grape. *Lwt*, 103: 178–185. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.01.001>
- Husøy, T., Haugen, M., Murkovic, M., Jöbstl, D., Stølen, L., Bjellaas, T., Rønningborg, C., Glatt, H., & Alexander, J. (2008). Dietary exposure to 5-Hydroxymethylfurfural From Norwegian Food And Correlation With Urine Metabolites Of Short-Term Exposure. *Food And Chemical Toxicology*, 46(12): 3697–3702. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2008.09.048>

- Iglesias, M., & De Lorenzo, C. (2004). Usefulness Of Amino Acid Composition To Discriminate Between Honeydew And Floral Honeys. Application To Honeys From A Small Geographic Area. *Journal Of Agricultural Food Chemistry*, 52: 84–89.
- Islam, M., Monalisa, K., & Hoque, M. (2012). Effect Of Pectin On The Processing And Preservation Of Strawberry Jam And Jelly. *International Journal Of Natural Sciences*, 2(1): 08–14. <https://doi.org/10.3329/ijns.V2i1.10877>
- İçli, N. (2021). Evaluation Of HMF Levels In Unbranded Flower Honeys In Terms Of Food Safety. *Ankara Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*.
- Tosun I., Ustun S. (2003) Nonenzymic Browning During Storage Of White Hard Grape Pekmez (Zile Pekmezi), *Food Chemistry, Volume 80, Issue 4: Pages 441-443*. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00196-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00196-6).
- Jamir, L., Kumar, V., Kaur, J., Kumar, S., & Singh, H. (2021). Composition, Valorization and therapeutical potential Of Molasses: A Critical review. *Environmental technology reviews*, 10(1):131–142. <https://doi.org/10.1080/21622515.2021.1892203>
- Jevtić-Mučibabić, R. (2014, October). *Molasses As A Supplement for baked products*. (J. Lević, Ed.; 423–428). University Of Novi Sad, Institute Of FoodTechnology.
- Karababa, E., & Develi Isikli, N. (2005). Pekmez: A Traditional Concentrated Fruit Product. *Food Reviews International*, 21(4):357–366. <https://doi.org/10.1080/87559120500222714>
- Karadal, F., & Yıldırım, D. (2012). Balın Kalite Nitelikleri, Beslenme Ve Sağlık Açısından Önemi. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 9(3): 197–209.
- Karahan Yılmaz, S. (2017). Erzincan İlinde Üretilen Balların Biyokimyasal Özellikleri. *Journal Of Agricultural Faculty Of Gaziosmanpaşa University*, 34(2017–2): 36–42. <https://doi.org/10.13002/Jafag1120>
- Karataş, N. & Şengül, M. (2018). Dut Pekmezinin Bazı Kimyasal Ve Fiziksel Özellikleri İle Antioksidan Aktivitesi Üzerine Depolamanın Etkisi. *Türk*

Tarım Ve Doğa Bilimleri Dergisi, 5 (1): 34-43
<https://Dergipark.Org.Tr/En/Pub/Turkjans/Issue/34475/381429>

- Kaya, A.,& Belibağlı, K. (2002). Rheology Of Solid Gaziantep Pekmez. *Journal Of Food Engineering*, 54(3): 221–226. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00205-9](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00205-9)
- Kaya, C., Akaydın İyibil, M. D.& Esin, Y. (2012). Bazı Ticari Sıvı ve Katı Üzüm Pekmezlerinin Özellikleri. *Akademik Gıda*, 10(3): 32-39.
- Kaya, C., Kivrak, A. (2012). Ticari Çilek, Kayısı Ve Visne Reçellerinin Özellikleri. *Academic Food Journal*, 10(4): 31–36.
- Kocatepe D, Tırıl A. (2015). Sağlıklı Beslenme Ve Geleneksel Gıdalar (Healthy Nutrition And Traditional Foods). *Journal Of Tourism And Gastronomy Studies*, 3(1):55–63.
- Kılıçer, M.C. (2011). *Geleneksel Yollarla Üretilen Reçel Örneklerindeki Hidroksimetilfurfural'ın Miktar Tayini*.
- Kivrak, A. (2010). *Ticari Olarak Üretilen Bazı Reçellerin Özelliklerinin Belirlenmesi*.
- Korkmaz, A. (2021). *Arıcılık : Anlaşılabilir Arıcılık*.
- Kopjar, M., Đurkan, I., & Piližota, V. (2010). HMF Formation And Colour Change Of Bitter Orange And Sweet Orange Jams During Storage. *Croatian Journal Of Food Science And Technology*, 2(2.):11-15.
- Korkmaz, S. D. & Küplülü, Ö. (2017). Effects Of Storage Temperature On HMF And Diastase Activity Of Strained Honeys. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 64 (4): 281-287. Doi: 10.1501/Vetfak_0000002811
- 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):207–225. <https://doi.org/10.2478/V10222-012-0082-4>.

- Kus, S., Gogus, F. & Eren, S. (2005) HydroxymethylFurfural Content Of Concentrated Food Products, *International Journal Of Food Properties*, 8:2: 367-375, Doi: 10.1081/Jfp-200060257.
- Lee, H. S., & Nagy, S. (1990). Relative Reactivities Of Sugars In The Formation Of 5-Hydroxymethylfurfural In Sugar-Catalyst Model Systems. *Journal Of Food Processing And Preservation*, 14(3): 171–178. Doi:10.1111/J.1745-4549.1990.Tb00126.X
- Lee, S. J., Lee, S. Y., Chung, M. S., & Hur, S. J. (2016). Development Of Novel In Vitro Human Digestion Systems For Screening The Bioavailability And Digestibility Of Foods. *Journal Of Functional Foods*, 22: 113-121.
- Levent, H., Sayaslan, A., & Yeşil, S. (2021). Enrichment Of Gluten-Free Cakes With Grape Molasses And Bioactive Rich Ingredients. *Brazilian Archives Of Biology And Technology*, 64. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2021200027>
- Manyi-Loh, C. E., Ndip, R. N., & Clarke, A. M. (2011). Volatile Compounds In Honey: A Review On Their Involvement In Aroma, Botanical Origin Determination And Potential Biomedical Activities. *International Journal Of Molecular Sciences*, 12(12):9514–9532. <https://doi.org/10.3390/ijms12129514>
- Milli Eğitim Bakanlığı (2011). *Gıda Teknolojisi - Reçel Üretimi (No. 541GI0128)*.
- Mohdnaeem, M., Mohdfairulnizal, M., Norhayati, M., Zaiton, A., Norliza, A., Wansyuriahti, W., Mohdazerulazree, J., Aswir, A., & Rusidah, S. (2017). The Nutritional Composition Of Fruit Jams In The Malaysian Market. *Journal Of The Saudi Society Of Agricultural Sciences*, 16(1): 89–96. <https://doi.org/10.1016/J.Jssas.2015.03.002>
- Nourmohammadi, A., Ahmadi, E., & Heshmati, A. (2021). Optimization Of Physicochemical, Textural, And rheological properties Of Sour Cherry Jam Containing Stevioside By Using Response Surface Methodology. *Food Science & Nutrition*, 9(5): 2483–2496. <https://doi.org/10.1002/Fsn3.2192>
- Olaitan, P., Olufemi E. (2007). Honey: A Reservoir For Microorganisms And An Inhibitory Agent For Microbes. *African Health Sciences*, 7(3): 159–165.

- Özel, .F., 2006. *Değişik Meyveler Ve Bu Meyvelerden Yapılan Reçellerde Ndf (Nötral Deterjan Lif), Adf (Asit Deterjan Lif) Ve Hemiselüloz İçeriğinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma.*
- Özkan, K., Karadağ, A., & Sağdıç, O. (2021). Determination Of The In Vitro bioaccessibility Of Phenolic Compounds And Antioxidant Capacity Of Juniper Berry (Pekmez). *Turkish Journal Of Agriculture And Forestry*, 45(3): 290–300. <https://doi.org/10.3906/Tar-2009-2>
- Özkök, A., D'arcy, B., & Sorkun, K. (2010). Total Phenolic Acid And Total Flavonoid Content Of Turkish Pine Honeydew Honey. *Journal Of Api Product & Api Medical Science*, 2(2): 65–71. <https://doi.org/10.3896/ibra.4.02.2.01>
- Pasias, I. N., Kiriakou, I. K., & Proestos, C. (2017). HMF and Diastase Activity In Honeys: A Fully Validated Approach And A Chemometric Analysis For Identification Of Honey Freshness And Adulteration. *Food Chemistry*, 229: 425–431. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.084>
- Pastoriza de la Cueva, S., Álvarez, J., Végvári, Á., Montilla-Gómez, J., Cruz-López, O., Delgado-Andrade, C., & Rufián-Henares, J. A. (2016). Relationship between HMF intake and SMF formation in vivo: An animal and human study. *Molecular Nutrition & Food Research*, 61(3): 1600773. doi:10.1002/mnfr.201600773sm
- Pita-Calvo, C., & Vázquez, M. (2017). Differences Between Honeydew And Blossom Honeys: A Review. *Trends In Food Science & Technology*, 59: 79–87. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.11.015>
- Rada-Mendoza, M., Olano, A., & Villamiel, M. (2002). Determination Of Hydroxymethylfurfural In Commercial Jams And In Fruit-Based Infant Foods. *Food Chemistry*, 79(4): 513–516. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00217-0](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00217-0)
- Nooshin R., Mohammad A., Jamal G., (2014). Estimated Bioaccessibility To 5-Hydroxymethylfurfural From Frequently Consumed Dried Fruits In Iran, *Journal Of Chemical Health Risks.*

- Rezaei, M., AlizadehKhaledabad, M., Moghaddas Kia, E., & Ghasempour, Z. (2020). Optimization Of Grape Juice Deacidification Using Mixture Of Adsorbents: A Case Study Of Pekmez. *Food Science & Nutrition*. Doi:10.1002/Fsn3.1586
- Sadilova, E., Stintzing, F.C., Kammerer, D.R., Carle, R. (2009). Matrix Dependent Impact Of Sugar And Ascorbic Acid Addition On Color And Anthocyanin Stability Of Black Carrot, Elderberry And Strawberry Single Strength And From Concentrate Juices Upon Thermal Treatment, *FoodRes. Int.* 42 (8): 1023–1033.
- Sarialtın, K. (2018). Karamanda Üretilen Bazı Pekmezlerin Vitamin İçeriklerinin Hplc Metodu İle Araştırılması. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Özel Sayı:* 131-139. <https://Dergipark.Org.Tr/En/Pub/Bahce/Issue/60281/878457>.
- Satıl, F.,& Selvi, S. (2022). Traditional Molasses Production From Different Plants In Anatolia And Its Ethnobotanical Features. *Biological Diversity And Conservation*. <https://doi.org/10.46309/Biodicon.2022.1068816>
- Sengül, M., Fatih Ertugay, M., &Sengül, M. (2005). Rheological, Physical and chemical characteristics Of Mulberry Pekmez. *Food Control*,16(1): 73–76. <https://doi.org/10.1016/J.Foodcont.2003.11.010>
- Shapla, U. M.,Solayman, M., Alam, N., Khalil, M. I., &Gan, S. H. (2018). 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) Levels İn Honey And Other Food Products: Effects On BeesAnd Human Health. *Chemistry Central Journal*,12(1). <https://doi.org/10.1186/S13065-018-0408-3>
- Shinwari, K. J.,&Rao, P. S. (2018). Stability Of Bioactive Compounds İn Fruit Jam And Jelly During Processing And Storage: A Review. *Trends İn Food Science&Technology*,(75):181–193 <https://doi.org/10.1016/J.Tifs.2018.02.002>
- Silici, S.(2011).Determination Of Volatile Compound Of Pine Honeys. *Turk. J. Biol.* (35): 641–645.

- Şahinler, N., & Şahinler, S. (2017). *Isıl İşlem Uygulamanın Balın Yapısı Ve Kalitesi Üzerine Etkileri*. 4th International Anatolian Agriculture, Food, Environment And Biology Congress.
- Şen, K. (2019). *Trakya Yöresi Ayçiçeği Balı, Meşe Balı Ve Karaçalı Balı' Nın Çeşitli Kalite Özellikleri Üzerine Bir Araştırma*.
- Tedesco, R.,Barbaro, E., Zangrando, R., Rizzoli, A., Malagnini, V., Gambaro, A., Fontana, P., &Capodaglio, G. (2020). Carbohydrate Determination İn Honey Samples By Ion Chromatography– Mass Spectrometry (HPAEC-MS). *Analytical And Bioanalytical Chemistry*, 412(22): 5217–5227. <https://doi.org/10.1007/S00216-020-02732-3>
- Tetik, N. , Turhan, İ. , Karhan, M. &Öziyici, H. R. (2010). Keçiboynuzu Pekmezinin Karakteristiği Ve 5-Hidroksimetilfurfural İçeriği (İngilizce) . *Gıda*, 35 (6): 417-422. <https://dergipark.org.tr/en/pub/gida/issue/6894/92212>
- Thakur, N., Raigond, P., Singh, Y., Mishra, T., Singh, B., Lal, M. K., &Dutt, S. (2020). Recent Updates On Bioaccessibility Of Phytonutrients. *Trends İn Food Science & Technology*. Doi:10.1016/J.Tifs.2020.01.019
- Toker, O. S., Dogan, M., Ersöz, N. B., &Yilmaz, M. T. (2013). Optimization Of The Content Of 5-Hydroxymethylfurfural (Hmf) Formed İn Some Molasses Types: HPLC-DAD Analysis To Determine Effect Of Different Storage Time And Temperature Levels. *Industrial Crops And Products*, 50: 137–144. Doi:10.1016/J.İndcrop.2013.05.030
- Turhan, İ. (2007). Andız Pekmezi Üretimi Ve Bilesimi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2: 65–69.
- Turhan, İrfan& Tetik, Nedim & Karhan, Mustafa. (2007). Keçiboynuzu Pekmezinin Bileşimi Ve Üretim Aşamaları. *Teknolojik Araştırmalar: Gted*. (1): 39-44.
- Turkmen, N., Sari, F., Poyrazoglu, E. S., &Velioglu, Y. S. (2006). Effects Of Prolonged Heating On Antioxidant Activity And Colour Of Honey. *FoodChemistry*,95(4):653–657. <https://doi.org/10.1016/J.Foodchem.2005.02.004>
- TURKOMP. (2022). <http://www.turkomp.gov.tr/> , Erişim Tarihi 27.11.2022
- Türk Gıda Kodeksi. *Bal Tebliği. Tebliğ No: 2020/7*.

Türk Gıda Kodeksi. *Pekmez Tebliği. Tebliğ No: 2017/8.*

Türk Gıda Kodeksi. *Reçel, Jöle, Marmelat Ve Tatlandırılmış Kestane Tebliği. Tebliğ No: 2006/55*

Türkben, C. & Uylaşer, V. (2018). Türkiye’de Farklı Lokasyonlarda Üretilen Pekmezin (Üzüm Pekmezi) Fiziksel Ve Kimyasal Özellikleri. *Bahçe, Bağcılık Sempozyumu. Özel Sayı (1): 131-139*

Tüzün, S., Baş, S., Karakavuk, E., Karaca Sanyürek, N., & Benzer, F. (2020). Çeşitli Pekmez Türlerinde Farklı Yöntemlerle Tespit Edilen Antioksidan Aktivitelerin Karşılaştırılması. *Türk Tarım Ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 323–330. <https://doi.org/10.30910/Turkjans.725782>

Ünal Turhan, E. (2021). Mikroenkapsüle Ve Serbest Probiyotik Kültür İlavesiyle Fonksiyonel Keçiboynuzu Pekmezi Üretimi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 11(1): 307–317. <https://doi.org/10.31466/Kfbd.910655>

Ünübol Aypak, S., İnci, A., Bakırcı, S., Dereli Fidan, E., & Soysal, M. (2019). Kovanlardan Ve Marketlerden Alınan Ballardaki Antioksidan Aktivite Ve Hidroksimetilfurfural (HMF) Düzeylerinin Karşılaştırılması. *The Journal Of Food.*: 86–92. <https://doi.org/10.15237/Gida.Gd18056>

Waheed, M., Hussain, M. B., Javed, A., Mushtaq, Z., Hassan, S., Shariati, M. A., Khan, M. U., Majeed, M., Nigam, M., Mishra, A. P., & Heydari, M. (2019). *Honey And Cancer: A Mechanistic Review. Clinical Nutrition*, 38(6): 2499–2503. <https://doi.org/10.1016/J.Clnu.2018.12.019>

Wu J., Duan Y., Gao Z., Yang X., Zhao D., Gao J., Han W., Li G., Wang S. (2020). Quality Comparison Of Multifloral Honeys Produced By Apis Cerana Cerana, Apis Dorsata And Lepidotrigona Flavibasis, Volume 134, 110225, <https://doi.org/10.1016/J.Lwt.2020.110225>

Yaman, M., Çatak, J., Uğur, H., Gürbüz, M., Belli, İ., Tanyıldız, S. N., Yaldız, M. C. (2021). The Bioaccessibility of Water-Soluble Vitamins: A Review. *Trends in Food Science & Technology* (109):552–563. [Doi:10.1016/J.Tifs.2021.01.056](https://doi.org/10.1016/J.Tifs.2021.01.056)

Yavuz Kucuk, A. & Duraklı Velioglu, S. (2022). “Keçiboynuzu Özü” Adı Altında Satışa Sunulan Ürünün Bazı Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi Ve

Keçiboynuzu Pekmezi İle Karşılaştırılması. *Gıda*, 47 (5):889-903. Doi: 10.15237/Gida.Gd22033

Yıldız, O., Şahin, H., Kara, M., Aliyazıcıoğlu, R., Tarhan, Ö., Ve Kolaylı, S., (2010). Maillard Reaksiyonları Ve Reaksiyon Ürünlerinin Gıdalardaki Önemi. *Akademik Gıda*, 8(6): 44- 51.

Zappalà, M., Fallico, B., Arena, E., & Verzera, A. (2005). Methods For The Determination of HMF in Honey: A Comparison. *Food Control*, 16(3):273–277. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.03.006>



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

AD SOYAD: AYŞE SENA COŞKUN

EĞİTİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans:İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi,Beslenme ve Diyetetik 2020-202

Lisans: İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Beslenme ve Diyetetik 2016-2020

Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Yayınlanan Bildiriler

1.Coşkun, A.S.,Çatak, J., Mızrak, Ö.F., H., Servi Yıldırım, E. (2022) Marketlerde Satılan Çam Ballarının Hidroksimetilfurfural(HMF) İçeriği Açısından İncelenmesi ve *İn Vitro* Sindirimin HMF Oluşumuna Etkisinin Saptanması. 9. Uluslararası Hipokrat Kongresi, Ekim 9-10, 2022- Sözlü Sunum.