

**T.C.**

**AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BESLENME VE DİYETETİK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**PEKMEZ VE BAL İLE YAPILAN GRANOLA  
BARLARDA HİDROKSİMETİL FURFURAL (HMF)  
İÇERİĞİNİN BELİRLENMESİ**

**İclal ŞAHİNER**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN**

**Prof. Dr. Serdal ÖĞÜT**

**AYDIN - 2024**

## KABUL VE ONAY

T.C. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı çerçevesinde İclal ŞAHİNER tarafından hazırlanan “Pekmez ve Bal ile yapılan Granola Barlarda Hidroksimetilfurfural (HMF) İçeriğinin Belirlenmesi” başlıklı tez, aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 17.07.2024

|            |                            |                                   |
|------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Üye (T.D.) | : Prof. Dr. Serdal ÖĞÜT    | Aydın Adnan Menderes Üniversitesi |
| Üye        | : Doç. Dr. Şeyda KIVRAK    | Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi   |
| Üye        | : Dr. Öğr. Üyesi Ali GÖNCÜ | Aydın Adnan Menderes Üniversitesi |

### ONAY:

Bu tez Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun görülmüş ve Sağlık Bilimleri Enstitüsünün ..... tarih ve ..... sayılı oturumunda alınan .....nolu Yönetim Kurulu kararıyla kabul edilmiştir.

Prof. Dr. ....

Enstitü Müdürü V.

## **TEŞEKKÜR**

Yüksek lisans tez sürecim boyunca bana her konuda yardımcı olan, desteklerinin esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Serdal ÖĞÜT'e teşekkürlerimi sunuyorum. Bu çalışmanın aşamalarında, değerli bilgilerini benimle paylaşan Aydın Adnan Menderes Üniversitesi öğretim elemanları Dr. Öğr. Üyesi Ali GÖNCÜ ve Dr. Aslı YILDIRIM VARDİN'e teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak her zaman yanımda ve arkamda olduklarını hissettiğim, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, hiçbir fedakarlıktan çekinmeyen canım aileme ve arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunuyorum.

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                                                            |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| KABUL VE ONAY .....                                                                                                        | i    |
| TEŞEKKÜR.....                                                                                                              | ii   |
| İÇİNDEKİLER. ....                                                                                                          | iii  |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....                                                                                        | .v   |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                                                                                      | vii  |
| TABLolar VE ÇİZELGELER DİZİNİ.....                                                                                         | viii |
| ÖZET .....                                                                                                                 | ix   |
| ABSTRACT.....                                                                                                              | x    |
| GİRİŞ .....                                                                                                                | .1   |
| 1.1. Granola Barların Temel Bileşenleri.....                                                                               | 4    |
| 1.1.1. Yulaf Ezmesi.....                                                                                                   | 4    |
| 1.1.2. Tereyağı .....                                                                                                      | 5    |
| 1.1.3. Kuru Meyve .....                                                                                                    | 5    |
| 1.1.4. Sert Kabuklu Kuruyemişler .....                                                                                     | 7    |
| 1.1.5. Şeker .....                                                                                                         | 8    |
| 1.2. Şeker İkameleri .....                                                                                                 | 8    |
| 1.2.1. Bal Çeşitleri ve Pekmez Türleri. ....                                                                               | 9    |
| 1.3. Hidroksimetil Furfural (HMF).....                                                                                     | 12   |
| 1.3.1. HMF'nin Yapısı, Özellikleri ve Sağlık Etkileri.....                                                                 | 12   |
| 1.3.2. HMF'nin Oluşum Mekanizmaları.....                                                                                   | 15   |
| 1.1. Şeker İkamelerinin Granola Barların Kalite Özelliklerine ve HMF<br>Miktarına Etkisine Yönelik Yapılan Çalışmalar..... | 17   |
| 2. GEREÇ VE YÖNTEM.....                                                                                                    | 20   |
| 2.1. Yöntem.....                                                                                                           | 20   |

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| 2.1.1. Granola Barın Hazırlanışı ve Pirişirilmesi..... | 20 |
| 2.2. Analizler.....                                    | 23 |
| 2.2.1. Renk Analizi.....                               | 23 |
| 2.2.2. pH Tayini.....                                  | 23 |
| 2.2.3. Nem Tayini.....                                 | 23 |
| 2.2.4. Kül Analizi.....                                | 23 |
| 2.2.5. Ham Yağ Tayini.....                             | 24 |
| 2.2.6. HMF Tayini.....                                 | 24 |
| 2.2.7. İstatistiksel Analiz.....                       | 25 |
| 3. BULGULAR.....                                       | 27 |
| 3.1. Granola Barların Fiziksel Analizleri.....         | 27 |
| 3.1.1. Renk Analizi Sonuçları.....                     | 27 |
| 3.2. Granola Barların Kimyasal Analizleri.....         | 28 |
| 3.2.1. Granola Barların pH Analizi Sonuçları.....      | 28 |
| 3.2.2. Granola Barların Nem Analizi Sonuçları.....     | 29 |
| 3.2.3. Granola Barların Kül Analizi Sonuçları.....     | 29 |
| 3.2.4. Granola Barların Ham Yağ Tayini Sonuçları.....  | 30 |
| 3.2.5. Granola Barların HMF Analizi Sonuçları.....     | 31 |
| 4. TARTIŞMA.....                                       | 32 |
| 5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....                              | 40 |
| KAYNAKLAR .....                                        | 42 |
| EKLER.....                                             | 57 |
| ÖZGEÇMİŞ.....                                          | 58 |

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

% Yüzde

°C Santigrat Derece

b\* Mavilik-Sarılık

cm Santimetre

dk Dakika

EFSA The European Food Safety Authority (Avrupa Gıda Güvenliği  
Otoritesi)

FDA Food and Drug Administration (Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi)

g Gram

HMF Hidroksimetilfurfural

HPLC Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi

kg Kilogram

kcal Kilokalori

L Litre

*L\** Siyahlık-Beyazlık

mg Miligram

mL Mililitre

mm Milimetre

Ort Ortalama

pH Power of Hidrojen (Hidrojen Gücü)

s Saniye

SPSS Statistical Package for the Social Sciences (Sosyal Bilimler İçin  
İstatistik Programı)

SS Standard Sapma

TSE Türk Standartları Enstitüsü

TÜBER Türkiye Beslenme Rehberi

TGK Türk Gıda Kodeksi

WHO World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 1.1.</b> 5-Hidroksimetil-2-Furfuralın Yapısı                                                         | 13 |
| <b>Şekil 1.2.</b> Şekerlerin Yüksek Sıcaklıklarda HMF Karamelizasyon Reaksiyonu Oluşturacak Şekilde Ayrışması | 16 |
| <b>Şekil 1.3.</b> Maillard Reaksiyonunda HMF Oluşum Mekanizması                                               | 17 |
| <b>Şekil 2.1.</b> Çalışmada kullanılan şeker ve şeker ikameleri                                               | 21 |
| <b>Şekil 2.2.</b> Granola barların hazırlanışı                                                                | 22 |
| <b>Şekil 2.3.</b> HMF Kalibrasyon Eğrisi                                                                      | 25 |

## TABLÖLAR VE ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablo 1.1.</b> Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğinde bildirilen limitler             | 9  |
| <b>Tablo 1.2.</b> Bal, Pekmez ve Reçelde Tebliğe Göre<br>Bulunabilecek HMF Miktarı | 14 |
| <b>Çizelge 2.1.</b> Çalışmada üretilen granola barların formülasyonları            | 21 |
| <b>Çizelge 2.2.</b> Çalışmada üretilen granola barların kısaltılışı                | 26 |
| <b>Çizelge 3.1.</b> Granola bar renk analizi değerleri (n=4)                       | 28 |
| <b>Çizelge 3.2.</b> Granola barların pH analizi sonuçları (n=4)                    | 28 |
| <b>Çizelge 3.3.</b> Granola barların nem analizi sonuçları (n=4)                   | 29 |
| <b>Çizelge 3.4.</b> Granola barların kül analizi sonuçları (n=4)                   | 30 |
| <b>Çizelge 3.5.</b> Granola barların yağ miktarı sonuçları (n=4)                   | 30 |
| <b>Çizelge 3.6.</b> Granola barların HMF içerikleri (n=4)                          | 31 |

## ÖZET

### PEKMEZ VE BAL İLE YAPILAN GRANOLA BARLARDA HİDROKSİMETİLFURFURAL (HMF) İÇERİĞİNİN BELİRLENMESİ

**Şahiner İ. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü,  
Beslenme ve Diyetetik Programı, Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 2024.**

Obeziteyle ilişkili sağlık sorunlarının artmasıyla birlikte, toplumun ve sağlık profesyonellerinin sağlıklı beslenmeye olan ilgisi artmaktadır. Hem tüketicilerin hem de gıda endüstrisinin odaklandığı konulardan biri, rafine şeker kullanımının azaltılmasıdır. Şeker ve şekerli gıdaların fazla tüketimi, aşırı enerji alımına ve besleyici değeri yüksek besinlerin tüketiminin azalmasına neden olabilir. Bu nedenle, uzmanlar bazı fırıncılık ürünlerinde rafine şeker yerine besin değeri yüksek olan bal ve pekmezi önermektedir. Hidroksimetilfurfural (HMF), şekerli gıdaların uygun olmayan sıcaklıkta saklanması ve ısıtılma işlemi tabii tutulması sonucunda oluşabilen ve yüksek konsantrasyonlarda alınması toksik etkiye yol açabilen kimyasal maddedir. Bal ve pekmezin yüksek indirgen şeker içeriği ve ısıtılma işlemi süreci, HMF oluşum riskini artırabilir. Bu çalışmada sükröz (esmer şeker), çam balı, çiçek balı, keçiboynuzu pekmezi, dut pekmezi ve üzüm pekmezi gibi rafine şeker ve şeker ikamelerinin kullanıldığı granola barlarda HMF içeriği belirlenmiştir. Tüm kimyasal ve fiziksel analizler için ortalamalar ‘One Way ANOVA’ testi ile değerlendirilmiş; Duncan çoklu karşılaştırma testleri uygulanmıştır. Granola barların HMF miktarları incelendiğinde en yüksek değerin 38,3885 mg/ kg ile çiçek balı ile tatlandırılan granola bar örneğine, en düşük değerin ise 15,2467 mg/ kg çam balı ile tatlandırılan granola bar örneğine ait olduğu bulunmuştur bu farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0.05$ ). Şeker ve şeker ikameleriyle tatlandırılan granola barların HMF değerleri sükröz (esmer şeker) ile tatlandırılan granola bar 30,76 mg/ kg, dut pekmezi ile tatlandırılan granola bar 31,02 mg/ kg, keçiboynuzu pekmezi ile tatlandırılan granola bar 33,00 mg/ kg ve üzüm pekmezi ile tatlandırılan granola bar 24,01 mg/kg’dır.

**Anahtar Kelimeler:** Hidroksimetilfurfural (HMF), Granola Bar, Sağlık, Beslenme

## SUMMARY

### **DETERMINATION OF HYDROXYMETYLFURFURAL (HMF) CONTENT IN GRANOLA BARS MADE WITH MOLASSES AND HONEY**

**Şahiner I. Aydın Adnan Menderes University Health Sciences Institute, Nutrition and Dietetics Program, Master's Thesis, Aydın, 2024.**

With the increase in obesity-related health problems, the interest of society and health professionals in healthy nutrition is increasing. One of the issues that both consumers and the food industry are focusing on is reducing the use of refined sugar. Excessive consumption of sugar and sugary foods can lead to excessive energy intake and decreased consumption of foods with high nutritional value. For this reason, experts recommend honey and molasses, which have high nutritional value, instead of refined sugar in some bakery products. Hydroxymethylfurfural (HMF) is a chemical substance that can be formed as a result of storing sugary foods at inappropriate temperatures and subjecting them to heat treatment, and taking them in high concentrations can lead to toxic effects. The high reducing sugar content and thermal processing of honey and molasses may increase the risk of HMF formation. In this study, HMF content was determined in granola bars containing refined sugar and sugar substitutes such as sucrose (brown sugar), pine honey, flower honey, carob molasses, mulberry molasses and grape molasses. For all chemical and physical analyzes, means were evaluated with 'One Way ANOVA' test; Duncan multiple comparison tests were applied. When the HMF amounts of granola bars were examined, it was found that the highest value belonged to the granola bar sample sweetened with flower honey with 38.3885 mg/kg, and the lowest value belonged to the granola bar sample sweetened with pine honey with 15.2467 mg/kg; this difference was statistically significant ( $p < 0.05$ ). The HMF values of granola bars sweetened with sugar and sugar substitutes were 30.76 mg/kg for granola bars sweetened with sucrose (brown sugar), 31.02 mg/kg for granola bars sweetened with mulberry molasses, 33.00 mg/kg for granola bars sweetened with carob molasses, and 24.01 mg/kg for granola bars sweetened with grape molasses.

**Key Words:** Hydroxymethylfurfural (HMF), Granola Bar, Health, Nutrition

# 1. GİRİŞ

Uzun yıllardır, sağlık profesyonelleri şeker tüketimini sınırlamanın önemini vurgulamaktadır. Rafine şekerin alınan enerji kalorisinin %10'unun altında olması sağlıklı beslenme için önerilmektedir (EFSA, 2021; WHO, 2015). Ayrıca, ek sağlık faydaları elde etmek için toplam enerjinin %5'inin altına düşürülmesi tavsiye edilmektedir (WHO, 2015). Serbest şeker tüketimi, diş çürükleri riskini artırmaktadır (EFSA, 2021; WHO, 2015). Günümüzde, fazla rafine şeker tüketimi ağırlık artışı ve obezite (WHO, 2015), metabolik sendrom (Cottrell, 2012) ve kardiyovasküler hastalıklar vb. kronik hastalıkların kişilerin sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri araştırmacılar için önemli bir konu olmaktadır (Johnson ve diğerleri, 2009; Watts, 2013).

İçecek ve yiyeceklerden aşırı serbest şeker alımı, obeziteye ve kilo artışına yol açabilmektedir. Yapılan çalışmalarda, rafine şeker tüketiminin kan basıncını ve serum lipid seviyeleri üzerine etkileri olduğu ve serbest şeker tüketiminin azaltılmasının kardiyovasküler hastalıkların risk faktörlerinde düşüş sağladığı gözlemlenmiştir (Te Morenga ve diğerleri, 2014). Bu nedenle, son yıllarda tüketicilerin ve gıda endüstrisinin odaklandığı konulardan biri rafine şeker kullanımının azaltılmasıdır. Bazı uzmanlar, rafine şekerin olumsuz etkilerinden kaçınmak için kek, kurabiye, bisküvi vb. fırıncılık ürünlerinin üretiminde şeker ikamesi olarak bal, pekmez vb. indirgen şeker içeriği yüksek alternatiflerin kullanılmasını önermektedirler (Kazancı, 2021).

Hidroksimetilfurfural (HMF), besinlerdeki şekerlerin dehidrasyonu ve aminoasitlerle tepkimeye girmesi sonucunda ısıtılma işlemleri uygulandığında ortaya çıkmaktadır. Besinlerde bulunan şekerler, organik asitler, amino asitler ve proteinler kendi aralarında kimyasal tepkimeye eğilimli maddelerdir. Özellikle sıcaklığın etkisiyle, organik asit katalizörlüğünde şekerler ve amino asitler arasında oluşan tepki sonucunda melanoidinler oluşur ve besinin rengi koyulaşır. Melanoidinlerin oluşumunda, Maillard reaksiyonu, karamelizasyon ve askorbik asit oksidasyonu mekanizmaları rol oynamaktadır. Hidroksimetilfurfural (HMF), melanoidinlerin oluşumu sırasında ara ürün olarak ortaya çıkar ve sadece Maillard tepkimesi ve karamelizasyon sonucunda meydana gelmektedir (Telatar, 1985). HMF oluşumunda sıcaklık önemli bir parametre olmakla birlikte, şekerin çeşidi, pH, su aktivitesi ve ortamın çift değerlikli katyon konsantrasyonu gibi diğer faktörler de önemlidir (Kıvanç,

2013). Gıda formülasyonlarında kullanılan karamel veya bal gibi bileşenler de HMF'nin kaynağı olabilir (Capuano ve diğerleri, 2011). HMF unlu gıdalar, meyve suları, kahve, sirke ve fırınlanmış ürünlerde bulunabilir. HMF (hidroksimetilfurfural) miktarları farklı gıdalarda şu şekildedir:

- Meyve suları: 2-22 mg/kg
- Balzamik sirke: 316-35,251 mg/kg
- Bira: 3.3-9.2 mg/kg
- Kırmızı şarap: 1-1.3 mg/kg
- Kavrulmuş kahve: 100-1,900 mg/kg
- Bal çeşitleri: 10.4-58.8 mg/kg
- Kahvaltılık tahıllar: 6.9-240.5 mg/kg
- Bisküviler: 0.5-74.5 mg/kg
- Beyaz ekmek: 3.4-68.8 mg/kg
- Dilimli kızarmış ekmek: 11.8-87.7 mg/kg
- Bebek maması (tahıl içerikli): 0-57.18 mg/kg
- Bebek maması (süt içerikli): 0.18-0.25 mg/kg
- Kuru meyveler: 25-2,900 mg/kg

Bu miktarlar, HMF'nin farklı gıdalarda bulunan aralıklarını göstermektedir. HMF, bazı gıdaların işlenmesi sırasında veya saklanması sırasında oluşabilen bir bileşiktir ve belirli bir aralıkta bulunması normal olarak kabul edilir (Capuano vd., 2011). Şekerli gıdaların yüksek sıcaklıklarda saklanması veya işlenmesi sırasında oluşan HMF (hidroksimetilfurfural), yüksek miktarlarda alındığında insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olabilecek bir bileşiktir. Ayrıca, HMF'nin (hidroksimetilfurfural) yüksek konsantrasyonlarda alınması durumunda üst solunum yollarında, gözde, deride ve mukoz membranlarda tahrişe neden olabileceği belirtilmiştir (Batu ve diğerleri, 2014). Yapılan çeşitli çalışmalar, HMF'nin hücre büyümesini engellediğini, sitotoksik ve genotoksik etki gösterdiğini, tümör oluşumunu ve gelişimini desteklediğini ortaya koymuştur (Ulbricht ve diğerleri, 1984).

Günümüzde insanların yaşam tarzlarındaki değişimler, hayat temposu yoğunluğu ve teknolojinin de ilerlemesi sebebiyle hazır, paketlenmiş, taşınması ve

pişmesi kolay yiyeceklerin beslenmedeki önemi artmaktadır. Bu bağlamda, son yıllarda ara öğünlerde tüketilen genleştirilmiş tahıl ürünleri (yemeye hazır ürünler), giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu tür ürünlerde buğday, yulaf ve diğer tahıllar istenilen oranlarda karıştırılabilmekte ve tüketiciye sunulmaktadır (Özer, 2007). Granolayla ilgili bulunan ilk kayıt 1870'lere kadar uzanmaktadır (Glowka, 1985). W. K. Kellogg'un biyografisini yazan Powell'a (1956) göre bu terim, Battle Creek Sanitarium'un başkanı Dr. John Harvey Kellogg tarafından icat edilmiştir. Sanatoryum hastalarına vejetaryen beslenme sağlayan Dr. Kellogg besleyici yiyecek biçimleri bulmak için çaba harcamıştır. Dr. Kellogg, nişastayı daha sindirilebilir dekstrine dönüştürmek amacıyla yenmeyen bazı tahıl yemekleri hazırladıktan sonra, sonunda bisküvi haline getirdiği ve ardından merdaneler arasında öğüttüğü bir tahıl karışımı elde etmiştir. Bu karışım ilk önce granül olarak adlandırılmıştır daha sonra granola olarak değiştirilmiştir (Powell, 1956).

1985 yıllarında granola, yulaf ezmesi, tatlandırıcı, yağ (soya, hindistancevizi veya susam), tam buğday unu veya buğday tohumu ve bazen badem, kuru üzüm, susam veya hindistan cevizinin pişmiş bir karışımı olarak tanımlanmaktadır. Modern granola üreticilerinin kullandığı tarif, altmışlı yılların ortalarında tarifi çeşitli şirketlere satan Layton Gentry tarafından yaratılmıştır. İlk başta, granola yalnızca sağlıklı gıda mağazalarında satılırken 1970 yılında Amerika'nın kahvaltılık gevreklerinin besin değeri üzerine yapılan kongre araştırmalarının ardından granola, daha sağlıklı kahvaltılık tahıllar için yeni bir kitlesel pazar yakalamanın bir yolu olarak büyük gıda şirketleri tarafından satın alınmıştır (Glowka, 1985).

Bireylerin içeriği zengin, doğal ve sağlıklı olan ürünlere talebi arttığı için granola tüketimi de düzenli olarak artmaya başlanmıştır (Celis ve diğerleri, 1996). Şeker tüketimini azaltmak amacıyla, şeker yerine bal ve pekmez gibi doğal tatlandırıcılar kullanılarak granola barlar üretilmeye başlanmıştır. Ancak pekmez ve bal gibi içeriklerde bulunan indirgen şekerlerin yüksek ısıda pişirilmesi veya ısıya direkt maruz kalmaları HMF oluşumu riskini artırabilmektedir. Ülkemizde ve dünyada bireylerin sağlıklı beslenmeye olan ilgisinin artmasıyla granola ürünlerinin talebinin arttığı ve bu taleple paralel olarak, endüstriyel ve evde granola barların üretiminde, rafine şeker ikamesi olarak bal çeşitleri ve pekmez çeşitlerinin kullanılmasının doğurabileceği risklerin yeterince araştırılmadığı düşünülmektedir.

Bu çalışmanın amacı fit tarifler adı altında şeker ikameleri yerine bal ve pekmez türevlerini kullanarak evde yapılan ve tüketimi çok sık olan granola barları HMF miktarı açısından incelemek, bu konuda halkı bilgilendirmek ve literatüre katkı sağlamaktır.

### **1.1. Granola Barların Temel Bileşenleri**

Granola barların yapılışında ilk olarak yulaf olmak üzere farklı tahıllar, tahıl ezmeleri, pirinç patlakları, sert kabuklu kuru yemişler (badem, ceviz, fındık vb.), çeşitli kuru meyveler ve baharatlar kullanılabilir. Bu malzemeler sıvı bir gıdayla (bal, pekmez, su, yağ) birbirlerine bağlanmaktadır (Baş ve diğerleri, 2011).

Granola barların yapımında bağlayıcı sıvı olarak bal sıkça tercih edilir. Özellikle tatlandırma amacıyla genellikle saf ve doğal bal tercih edilir. Bal, ürünlere tatlı bir lezzet ve altın tonlarında bir renk katarak tüketicilerin tercih ettiği bir bileşen haline gelmiştir. Fırıncılık ürünlerinde ve şekerleme endüstrisinde çokça kullanılan bal, tüketicilere göre doğal ve ürünlerin değerini artıran bir besin olarak algılanmaktadır (La Grange ve diğerleri, 1988; La Grange ve diğerleri, 1991).

Granola barların işlenmesi kuru bileşenlerin öncelikle karıştırılmasıyla başlar ardından bağlayıcı sıvılar (bal, pekmez, yağ vb.) eklenerek yaş granülasyon işlemi yapılır. Granülasyon küçük parçaların birbirine yapışarak bağlanmasıyla ve bu sayede daha sağlam granüller haline gelmesini sağlayan ve hala birincil parçacıkların ayırt edildiği boyut büyütme işlemidir (Vengateson ve diğerleri, 2016). Granüler ürün son olarak 150–220°C sıcaklıkta istenilen kızarıklığa gelene kadar pişirilir (La Grange ve diğerleri, 1991).

Granola bar yapımı için gerekli olan hammaddeler literatür ışığında belirlenmiş olup yulaf, kuru yemiş, kuru meyve, bal ve şeker kombinasyonlarıdır (Wang ve diğerleri, 2019).

#### **1.1.1. Yulaf Ezmesi**

Yulaf (*Avena sativa*), Gramineae familyasının Aveneae kolunda bulunan bir tür tahıldır. İki yabani türü *Avena fatua* (beyaz yulaf) ve *Avena sterilis* (kırmızı yulaf) ve üç kültür formu *Avena sativa* (beyaz yulaf), *Avena nuda* (çıplak yulaf) ve *Avena byzantina* (kırmızı yulaf) bulunmaktadır (Yürür, 1998). Yulaf tanesi %40 oranında nişasta içermesiyle beraber %20-30'u kavuzdan, %75'i endospermden ve %5'i ise embriyodan oluşmaktadır (Yürür, 1998).

Yulaf ezmesi serin iklim tahılları arasında en yüksek yağ, beta glukan ve lif içeriğine sahip olan tahıldır (Dağ ve diğerleri, 2019).

Dünya genelinde insan beslenmesi ve hayvan yemi olarak kullanılan bir besindir (Dumlupınar, 2010). Günümüzde, sağlığa olumlu etkilerinden dolayı yulafın tüketimi artmıştır; zira yulafın yüksek besin içeriği, insanların ilgisini çekmektedir (Food and Drug Administration [FDA], 1997).

Yulaf; yulaf kepeği, yulaf ezmesi ve yulaf unu olarak gelişmiş ülkelerde tercih edilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü, yulaf proteinin yumurta, et ve sütteki protein değerleriyle denk olduğunu açıklamıştır. Yulaf lifli besin içeriğinden ve sindirim sistemi üzerindeki yardımcı etkilerinden dolayı diyetlerde çoğunlukla tercih edilebilmektedir (Sarı ve diğerleri, 2013).

Yulaf yem sanayisinde önemli bir ham madde olarak kullanılmasının yanı sıra son yıllarda insan beslenmesi için de birçok kullanım alanı geliştirilmiştir. Özellikle fırıncılık ürünleri (bisküvi, ekmek vb.) bebek maması, probiyotik ürünler, diyetlerde sıklıkla kullanılan ve tok tutucu özelliği olan yulaf gevreği gibi ürünler şeklinde kullanılmaktadır (Karaman ve diğerleri, 2020).

Çalışmalar sonucunda yulafın besin içeriğindeki diyet lifleri olan avenin ve beta glukan maddelerinin günlük olarak tüketilmesi kronik hastalıkları (diyabet, obezite, kardiyovasküler hastalıklar, kanser vb.) önleyebileceği belirlenmiştir (Çağındı, 2009; Yaver ve diğerleri, 2013).

#### **1.1.2. Tereyağı**

Yarı katı bir besin olan tereyağı, tatlı veya ekşi kremadan bakteri kültürüyle ekşitilmiş olarak ya da tatlı krema ve peynir altı suyu kremasından yapılmaktadır (Özcan, 2023).

Ayrıca, beta karoten ve A vitamini ile esansiyel yağ asitlerince zengin olan tereyağı konjuge linoleik asit bakımından da içeriği zengin olduğundan dolayı besin değerleri açısından tüketiciler için önemli bir kaynaktır (Çakmakçı ve diğerleri, 2020).

#### **1.1.3. Kuru Meyve**

Türkiye Gıda ve Tarım Örgütü 2011 senesi istatistiklerine göre incir, kayısı ve fındık gibi birçok meyvenin üretiminde dünyada ilk sıralardadır (Anon, 2011). Kuru

meyvelerin (kuru üzüm, kuru incir, kuru kayısı vb.) stabilitesi, onların geniş alanlara nakliyesini mümkün kılmakla beraber gıdaların bozulmasından sorumlu bazı mikroorganizmaların gelişimi önlediği için raf ömrünü uzatmaktadır bundan dolayı da çoğu meyve kurutulup öyle muhafaza edilmektedir. Ayrıca, taze meyvelere kıyasla, nem içeriğinin daha az olmasından dolayı kuru meyvelerin polifenol içeriğinin daha fazla olması beklenmektedir (Kamiloğlu ve diğerleri, 2014).

Kuru üzüm, çoğunlukla *Vitis vinifera* L.'nin farklı çeşitlerinden elde edilen ve dünya çapında yaygın olarak tüketilen kurutulmuş üzümlerdir. Kuru üzümün türü üzüm çeşidine, rengine ve büyüklüğüne bağlıdır. En yaygın olanı, Thompson çekirdeksiz üzümlerinden elde edilen koyu renkli kuru üzümlerdir. Altın kuru üzüm veya Muskat, normalde beyaz Muskat üzümlerinden üretilir. Sultani çekirdeksiz sarı üzümlerden elde edilir ve genellikle diğer çeşitlere göre daha tatlı ve yumuşaktır. Zante kuş üzümü, kuş üzümü veya korint kuru üzümleri, siyah korint üzümlerinden üretilir ve boyutları daha küçüktür (Shahidi ve diğerleri, 2013).

Kuru üzümler, ağırlıklı olarak fruktoz ve glikoz olmak üzere yaklaşık %60 oranında şekerden oluştuğu için tatlıdır (Olmo-Cunillera ve diğerleri, 2019). Bununla birlikte, diyet lifi açısından zengindirler (100 g başına 3.3-4.5 g) (Camire ve diğerleri, 2003).

Kuru üzüm, insan sağlığına faydalı olabilecek fenolik bileşikler ve tartarik asit dahil olmak üzere potasyum ve diğer biyoaktif bileşiklerin önemli bir kaynağıdır (Shahidi ve diğerleri, 2013).

Antioksidan kapasiteleri fenolik madde içermesiyle ilişkili olup bu da kardiyovasküler sağlığın iyileştirilmesinde rol oynayabileceğinin göstergesidir. Ayrıca kuru üzüm, antibakteriyel aktivitesi, dişlere düşük yapışması ve optimum ağız pH'ı nedeniyle iyi bir ağız sağlığını korur (Olmo-Cunillera ve diğerleri, 2019).

İncir (*Ficus carica*), Akdeniz kıyılarının tipik bir meyvesidir. Türkiye'de özellikle İzmir ve Aydın en önemli üretim bölgeleridir. Kuru incir, oldukça besleyici ve sağlıklı bir gıda olmanın yanı sıra, dünyada üretimi en çok yapılan meyvelerden biridir. Kuru incir doğrudan tüketilebileceği gibi, incir ezmesi olarak da çeşitli tatlıların ve şekerlerin üretiminde kullanılmaktadır (Şen ve diğerleri, 2010).

İncir, içerdiği karbonhidrat, kalsiyum, potasyum, B1 ve B2 vitaminleriyle

oldukça zengin bir besindir. Yaş incirle karşılaştırıldığında, kuru incirin enerji, protein, karbonhidrat ve kalsiyum miktarının daha yüksek olduğu görülür. İncirin kurutulmasıyla su kaybı meydana gelir ve bu da kuru madde miktarının artmasına neden olmaktadır (Ünlü, 2023).

Kayısı (*Prunus armeniaca* L.), Rosaceae familyasına ait sert çekirdekli bir meyve olan *Prunus* cinsine aittir. Kayısı meyvesi taze ve kurutulmuş olarak tüketilebileceği gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadır (Malaslı ve diğerleri, 2012). Konserve, reçel, meyve suyu, sos, bebek mamalarında püre, şarap, likör ve sirke yapımında kullanılan kayısı, çekirdeğinin gevrek olması nedeniyle unlu mamullerde bütün veya parçalanmış olarak ve meze olarak da tüketilmektedir.

Kuru kayısı %30.9 su, %62.6 karbonhidrat, %7.3 lif, %53.4 şeker, %3.39 protein, %0.51 yağ, %2.57 kül içermektedir. Ayrıca 100 g kuru kayısıda, 1160.6 mg potasyum, 55 mg kalsiyum, 71 mg fosfor, 10 mg sodyum, 2.66 mg demir, 0.39 mg çinko, 32 mg magnezyum, 0.343 mg bakır bulunmaktadır (Çoşkuner, 2023). Aynı zamanda C vitamini,  $\beta$ -karoten, tiamin, riboflavin, niasin ve pantotenik asit ile fenoller ve karotenoidler açısından da zengin bir meyvedir (Karataş, 2022).

#### **1.1.4. Sert Kabuklu Kuruyemişler**

Sert kabuklu kuruyemişler (fındık, badem, ceviz vb.), tek tohumlu ve olgunlaştığında duvarı sertleşen kuru meyveler olarak tanımlanır. Çoğunlukla tekli doymamış yağ asitlerini içeren bu kuruyemişler, yağ içeriği yüksek ve enerji yoğun besinlerdir. Besin değeri açısından zengin olmaları nedeniyle bireysel ve toplumsal sağlıklı beslenme önerilerinde sıkça yer verilmektedir (Dikmen, 2015).

Fındık (*Corylus avellana* L.), Latince ismi *Corylus avellana* L. olan, sert kabuklu bir meyvedir. Türkiye'de önemli bir paya sahip olan fındık, yıl boyunca gereksinim duyulan bir besindir (Kibar, 2006). Fındık, yağ asitleri bileşiminin %82'sini oleik asit içerir. Bu, kan kolesterol düzeyini düşürerek kalp ve damar hastalıklarına karşı koruyucu bir etki gösterir (Öztürk ve diğerleri, 2022). Genel kimyasal bileşimi olarak fındık, ortalama %16 protein, %14 karbonhidrat, %63 yağ, %7 nem, selüloz ve mineral maddeler içerir. Enerji değeri olarak 100 g fındık 650 kilokaloriye sahiptir (Özcan, 2023). Sağlık kuruluşları, fındık dahil günlük kuruyemiş tüketimini koroner kalp hastalığı riskini azaltmak için sırasıyla 42,5 g ve 30 g önermektedir (EFSA, 2011; FDA, 2003).

Badem (*Prunus amygdalus* L. veya *Amygdalus communis* L.), Rosaceae familyasının *Prunus* cinsine aittir. Ülkemizde 12 farklı badem türü yetişmektedir (Gülsoy ve diğerleri, 2016). Badem yağ asitleri açısından zengin bir besindir ve son yıllarda kalp-damar hastalıklarının olumlu etkileri nedeniyle önem kazanmıştır. Yüksek düzeyde doymamış yağ içeriğiyle birlikte badem, protein, vitamin ve mineral açısından da zengindir (Yıldırım ve diğerleri, 2008).

Ceviz (*Juglans regia* L.), dünyada yetiştirilen en eski sert kabuklu meyvelerden biridir. Omega-3 ve omega-6 gibi çoklu doymamış yağ asitlerince zengin olmasının yanı sıra tekli doymamış yağları da içerir. Ayrıca ceviz içi, yağda çözünen ve suda çözünen birçok vitamin ile mineralleri içerir (Şimşek, 2016).

### 1.1.5. Şeker

Şekerler, meyve ve sebzeler ile süt gibi doğal kaynaklardan gelen şekerler ile bal, şurup, meyve ve sebze suları, meyve konsantreleri ve eklenmiş şekerler (rafine şeker dahil) olarak sınıflandırılmaktadır (EFSA, 2021).

Türkiye Beslenme Rehberi (TÜBER)-2015'e göre, şeker ticari olarak şeker pancarı, şeker kamışı veya nişastalı tahıllardan elde edilen bir bileşiktir. Günlük diyetle tüketilen toplam şeker miktarı, besinlerin doğal olarak içerdiği şekerlerle birlikte işlenme sırasında eklenen şekerlerin toplamını ifade eder. Şeker, ürünlerin raf ömrünü uzatarak koruyucu bir rol oynar (Akder, 2023). Ayrıca, Maillard reaksiyonu ve karamelizasyonda rol alarak, unlu mamullerin kabuk rengi ve lezzeti gibi temel duyuşal özelliklerin oluşmasına katkıda bulunur (Petisca vd., 2014; Van der Sman vd., 2021).

## 1.2. Şeker İkameleleri

Gıda endüstrisinde, fırıncılık ürünlerinde şeker yerine kullanılabilecek alternatiflerin araştırılması ve kullanımı giderek artmaktadır. Bu şekilde şeker içeriği ve kalorisi daha düşük ürünler üretilmektedir (Gao vd., 2016). Türk Gıda Kodeksi'ne göre, şeker, yağ ve karbonhidratı %25 düşürülmüş ürünler "düşük kalorili" olarak sınıflandırılmaktadır. Fırıncılık ürünlerinde rafine şekerin çeşitli fonksiyonları bulunmaktadır; tat olarak tatlı bir lezzet yaratma, nem içeriğinin korunmasını kontrol etme, hava kabarcıklarını dengeleme, ürünlerin tekstür ve gözenekli yapısını geliştirme, pişirme sırasında nişastanın jelleşmesini sınırlama, kütle oluşturma ve düzgün bir dokuya sahip sağlama gibi (Nip, 2014). Ancak, şekerin sağlık üzerindeki olumsuz

etkileriyle ilgili tartişmalar devam ederken, şeker ikamesi kullanarak hem şekerin olumsuz etkisini minimize etmek hem de fırıncılık ürünlerinin besin öğelerini zenginleştirerek fonksiyonel özelliklerini artırmak için yeni ürünler geliştirilmiştir.

Çalışmalarda kullanılan şeker ikameleri arasında lavanta balı, çam balı, üzüm pekmezi, keçiboynuzu pekmezi, sıvı stevia özütü, Stevia rebaudiana, bal tozu, Trabzon hurması, çiçek balı gibi ürünler bulunmaktadır (Kazancı, 2021; Palamutoğlu vd., 2018; Acun vd., 2024; Yüksek, 2019; Kılıç, 2019).

### 1.2.1. Bal ve Pekmez Türleri

Son yıllarda, tüketicilerin ve gıda endüstrisinin gündeminde olan konulardan biri, şeker yerine şeker ikameleri kullanarak şeker tüketiminin azaltılmasıdır. Bundan dolayı fırıncılık ürünlerinde indirgen şeker içeriği fazla olan pekmez, bal vb. şeker ikameleri kullanılması önerilmektedir (Kazancı, 2021). Bal arıları çiçek nektarıyla, çiçeklerle beslendikten sonra veya çiçeğin salgılarını emerek bal yapmaktadırlar. Toplanan maddeler, bal arılarından elde edilen diğer spesifik bileşiklerle karıştırılır ve daha sonra bal arıları tarafından balmumu peteklerinde biriktirilir ve zamanla olgunlaşması sağlanır. Balın bileşimi, arıların beslendiği bitkilerin kaynağına bağlıdır ve ağırlığının yaklaşık %80'i glikoz sakaroz ve fruktoz şekerlerinden, geri kalanı %20'si ise sudan oluşmaktadır. (Almasaudi, 2021). Balın içeriği fruktoz, glikoz, az miktarda protein, mineral, organik asitler ve sudan oluşmaktadır (Cortes vd., 2008). Türkiye'de balın kalitesini kontrol etmek amacıyla TGK Bal Tebliği kullanılmaktadır ve çiçek balı için bu tebliğe göre belirlenen değerler **Tablo 1'de** yer almaktadır (Karahana, 2017).

**Tablo 1.1. 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) | 40 (en fazla)        |
| Sakkaroz (%)                | 5 (en fazla)         |
| Fruktoz+Glikoz (%)          | 60 (en az)           |
| Fruktoz/Glikoz              | 0.9-1.4              |

**Kaynak: Karahana Yılmaz, 2017**

Isıl ve filtrasyon işlemler, balın işlenmesindeki önemli aşamalardır. Ancak balda uygulanan ısı işlem sıcaklığı ve süresi titizlikle kontrol altında tutulmalıdır (Alpözen, 2009). HMF (5-hidroksimetilfurfural), balda doğal olarak heksonların, özellikle de fruktozun asit katalizli dehidrasyonu ile oluşur (Czabaj vd., 2017). Taze balda HMF'nin varlığı son derece nadirdir ve beklenmedik bir durumdur; bu nedenle baldaki HMF içeriği, esasen ürünün kalitesiyle ilgili bilgileri sağlar; literatürde bildirildiği üzere, ürün aşırı ışığa maruz bırakıldığında kovanlarda aşırı ısınmaya ve yüksek sıcaklık koşulları altında uzun süre depolamaya maruz kaldığında balda daha yüksek HMF içeriği gözlenmektedir (Godoy vd., 2022). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre, balda HMF miktarı 40 mg/kg'a kadar izin verilmektedir (Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, 2012).

Ballar, TGK Bal Tebliği'ne göre kaynağına ve üretim şekline bağlı olarak iki ana grupta sınıflandırılır. Çiçek balı ve salgı balı kaynağına göre bal sınıfında yer alırken petekli bal, süzme bal, petekli süzme bal, sızma bal ve filtre edilmiş bal üretim şekillerine göre bal sınıfındadır (Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, 2012).

Anadolu'da yoğun bağcılık faaliyetleri, fazla üretilen meyvenin değerlendirilmesi amacıyla ortaya çıkan pekmezin oluşumunda önemli bir rol oynamıştır (Uçar, 2007). Pekmez, genel anlamda çabuk bozulan taze meyvelerin, açık havada veya vakum altında kaynatılarak koyulaştırılarak elde edilen yoğun kıvamlı bir ürün olarak tanımlanır (Erbil, 2020).

En yaygın olarak tercih edilen meyve üzüm olmakla birlikte, dut, keçiyoynuzu, andız, incir, elma, armut, karpuz gibi yüksek şeker içeriğine sahip meyvelerden de pekmez üretilmektedir (Kaya vd., 2005) kullanılan gıda maddesine göre adlandırılabilir, pekmezden önce çoğunlukla meyvenin adı gelmektedir (Heshmati vd., 2019). Pekmezin vitamin ve mineral miktarı kullanılan ana maddeye göre değişebilmektedir fakat kalorisinin yüksek olması ve besin değerleri ile astım, hemoroid, mide ve karın ağrısı vb. hastalıklarda kullanılabilmektedir (Özkan vd., 2021).

Üretilen pekmezler ekşi, tatlı, katı, sıvı, koyu renkli ve açık renkli gibi özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır (Kaya vd., 2005). Geleneksel olarak açık kazanlarda uzun süre kaynatılarak ya da modern işletmelerde vakum altında kontrollü bir şekilde endüstriyel olarak üretilen pekmez, hem geleneksel hem de modern yöntemlerle elde edilmektedir (Erbil, 2020).

Pekmez üretiminde tat ve renk oluşurken esmerleşme reaksiyonları rol oynamaktadır fakat bu reaksiyonun belli aşamalarında hidroksimetilfurfural oluşabilmektedir bu yüzden üretim yapılırken HMF içeriği kontrol altında olmalıdır. TS 12001 Dut Pekmezi Standardı ve sıvı üzüm pekmezi Tebliğlerinde HMF miktarının en fazla 75 mg/l olabileceği belirtilmektedir (Aksu vd., 1996; TSE, 2007). Pekmezin maruz kaldığı ısı işleme süresi ve sıcaklığı arttıkça HMF miktarı da doğrudan artmaktadır (Batu, 2006). Açık kazan yöntemiyle üretilen pekmezlerin aşırı sıcaklığa maruz kaldıkları için HMF miktarlarının vakum altında üretilen pekmezlerle göre daha çok olduğu gözlenmiştir (Batu vd., 2014)

Üzüm pekmezi koyu renkli, tatlı ve viskoz sıvı özelliklerine sahip fermente olmamış taze veya kuru üzüm meyvelerinden uygun yöntemlerle asitliğinin azaltılıp durutulmasından sonra elde edilen işlenmiş bir üründür. Yüzyıllardır geleneksel olarak üzüm suyunun kaynatılıp yoğunlaştırılmasıyla üretilmektedir. Türk mutfağında pekmez, eski çağlardan beri lezzet verici olarak, tatlıların besin değerini arttırmak veya kurabiyelerin lezzetini arttırmak amacıyla kullanılmıştır (Türkben vd., 2018; Helvacıoğlu vd., 2018).

Dut pekmezi kurutulmuş veya taze dutlardan elde edilir. Dut şırası kazanlarda koyulaşana ve yoğunlaşana kadar pişirilir. Şeker içeriği yüksek bir besindir (Salık vd., 2021). Geleneksel dut pekmezi üretim yöntemlerinde, genellikle pekmezin açık kazanlarda odun ateşinde pişirilmesi, güneşte bekletilerek kıvamının ayarlanması ve konsantrasyon aşamalarında farklılık gösteren durultma işlemleri (örneğin ağartma toprağı kullanımı gibi), hem bölgeler arasında çeşitlilik arz etmekte hem de endüstriyel uygulamalardan farklılık göstermektedir (Köksal, 2016; Karataş vd., 2018).

Keçiboynuzu pekmezi *Ceratonia siliqua* L. meyvesinden elde edilen ve insan beslenmesi için kullanılan geleneksel bir gıdadır (Küçük, 2021). Keçiboynuzu meyvesi tohum ve bakla bölümlerinden oluşmaktadır. Tohum kısmı genellikle gıda endüstrisinde kullanılan keçiboynuzu zıncı için kullanılırken, pekmez ürünlerinde daha çok bakla kısmı kullanılmaktadır. Keçiboynuzu pekmezi yapım aşaması, temel olarak ekstraksiyon, durultma ve konsantrasyon aşamalarından oluşmaktadır. Keçiboynuzu meyveleri öncelikle 5 ve 7 mm arası küçük parçalara ayrılır ve 85 °C sıcak su ile ekstrakte edilir. Bu süreçte keçiboynuzu parçaları yaklaşık 3 saat boyunca ters

akış yöntemiyle ekstrakte edilir. Elde edilen ekstrakt daha sonra berraklaştırılır ve vakumlu evaporatör kullanılarak 50-60 °C arasında konsantre edilir. Berrak ekstrakt, mikrobiyal gelişmeyi ve bozulmayı önlemek için 85 °C'de pastörize edilerek 65-70 Briks'e kadar konsantre edilir (Küçük vd., 2022).

### 1.3. Hidroksimetilfurfural (HMF)

Hidroksimetilfurfural veya kısaca HMF olarak bilinen madde, asit katalizli dehidrasyon reaksiyonları ve indirgen şekerlerin Maillard reaksiyonuyla oluşturulan aromatik bir aldehittir. Karbonhidrat içeren ürünlerde (unlu mamuller, bal, pekmez, reçel vb.) HMF doğal olarak bulunmayan kimyasal bir kirletici maddedir. HMF oluşumu bu ürünler işlenirken ve depolanırken ortamın asitliği- bazlığı ve sıcaklığına bağlı olarak değişebilmektedir (Elmastas vd., 2022). Bu nedenle, gıdaların üretimi ve saklanması sırasında HMF oluşumunu minimum seviyede tutmak önemlidir.

#### 1.3.1. HMF'nin Yapısı, Özellikleri ve Sağlık Etkileri

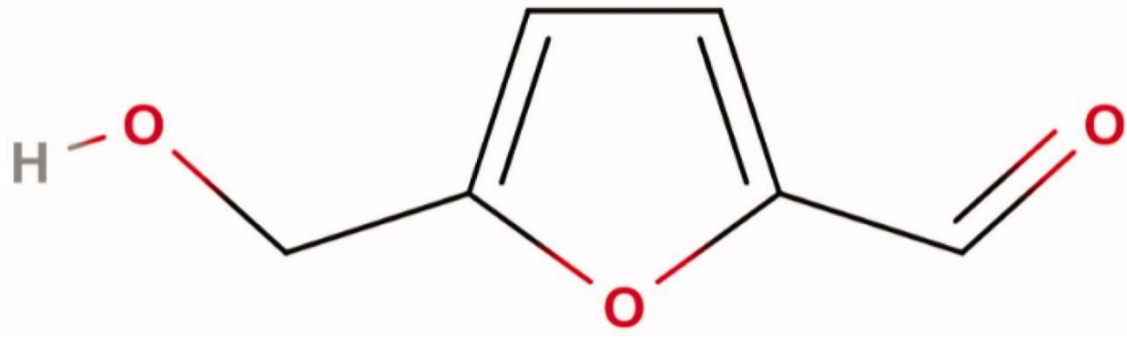
HMF aromatik alkol, aromatik aldehit ve furan halkasından oluşmaktadır. HMF kimyasal modeli Şekil 1.1'de yer almaktadır. Molekül ağırlığı 126,11 g/mol, yoğunluğu ise 1,29 g/cm<sup>3</sup> olan kimyasal formülü C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub>'tür. HMF asitli ortamda heksozların parçalanması veya Maillard reaksiyonu sırasında bir ara ürün olarak ortaya çıkar. Bu bileşik, meyve suları, süt, bal, tahıl ürünleri, reçel gibi birçok üründe depolama süresinin tayininde ve uygun ısıl işlemin uygulanıp uygulanmadığını anlamak için bir kimyasal gösterge olarak kullanılmaktadır (Ames, 1992; Batu vd., 2014).

HMF'nin oluşumu iki farklı reaksiyon süreciyle gerçekleşir. İlk olarak, ısıl işlem altında şekerlerin karamelizasyonu meydana gelmektedir. Bu süreçte sükröz, glikoz ve fruktoz gibi şekerler enolizasyon ve dehidrasyon yoluyla ayrışarak fruktofuranozil katyonu oluştururlar, bu da HMF'nin oluşumuna katkı sağlamaktadır. İkinci olarak, HMF'nin oluşumunda rol oynayan diğer bir süreç ise Maillard reaksiyonudur. Bu reaksiyon indirgeyici şekerlerin (glikoz, maltoz vb.) karbonil grupları ve serbest amino gruplarının birleşmesiyle oluşmaktadır. Bu süreç HMF'nin oluşumuna neden olmaktadır (Choudhary vd., 2021).

Maillard reaksiyonu, enzimatik olmayan ve ısıl işlem sonucu, heksozların dehidrasyonu sırasında karbonhidrat ve protein arasındaki etkileşimler sonucunda meydana gelir. Bu süreçte Amadori dönüşümü gerçekleşir ve HMF oluşur (Kroh, 1994). HMF, karbonil ve alkol (hidroksimetil) gruplarının yanı sıra furan halkasını içeren bir

bileşiktir. Formil ve hidroksimetil fonksiyonel grupları, sırasıyla halkanın 2 ve 5 pozisyonlarına bağlanmıştır (Bkz. Şekil 1.1) (Choudhary vd., 2021). HMF su, metanol, etanol, aseton, benzen, eter, kloroform ve etil asetatta iyi çözünürken; petrol eterinde çözünürlüğü çok düşüktür (Gökmen vd., 2014).

**Şekil 1.1.: 5-Hidroksimetil-2-Furfuralın Yapısı**



**Kaynak: Choudhary vd., 2021.**

HMF miktarının, ürünlerde kullanılan şeker içeriği, depolama sıcaklığı ve süresi yükseldikçe arttığı gözlemlenmiştir (Toker, 2013). HMF üzerinde yapılan çalışmalara bakıldığında pirinç şarabı, kurabiye ve bal ürünlerinde HMF miktarı şeker türü, ısıtma işlem süresi ve pişirme sıcaklığının etkilediği sonucunu destekler niteliktedir aynı zamanda sükröz içerikli kurabiyelerin glikoz ve früktoz içerikli kurabiyelere göre 250 derecenin altında daha az HMF oluşturduğu gözlemlenmiştir (Metin, 2014). Farklı pekmez numunelerinin (dut, üzüm ve keçiyoynuzu pekmezi) HMF içeriği üzerine yapılan bir çalışmada yine sıcaklık ve depolama süresine bağlı olarak HMF içeriğinin arttığı bulunmuştur (Toker, 2013).

Bazik özellikteki lizin, histidin, arjinin gibi aminoasitler, HMF oluşumunu azaltmaktadır (Kavousi vd., 2015). Elma suyu konsantresinin üretim sürecinde treonin, alanin, metiyonin, prolin aminoasitleri ile HMF oluşumu arasında pozitif bir korelasyon gözlenirken, asidik aminoasitlerin (glutamik asit ve aspartik asit) de HMF miktarını arttırdığı gösterilmiştir (Li vd., 2019). Formülasyonunda tuz (NaCl) yer alan kurabiyelerde HMF oluşumunun arttığı gözlenmiştir. Bunun nedeni, tuzun reaksiyonda bir Lewis asidi gibi davranarak sükrözün ayrışmasını hızlandırmasıdır (Fiore vd., 2012).

İncelenen gıdanın besin içeriği de depolama, asitlik-bazlık durumu ve sıcaklık gibi HMF oluşumunu etkilemektedir. Amino asit ve karbonhidrat içeriği yüksek olan besinlerin de ısıtma işlemine maruz kaldıklarında HMF sentezlenebildiği görülmektedir.

Son zamanlarda yapılan çalışmalar, gıda ürünlerinde HMF ve diğer furan aldehit konsantrasyonlarını artırabilen katalizörler olarak bazı maddelerin kullanılabileceğini göstermektedir. Bu konuda yapılan araştırmalara göre magnezyum ve kalsiyum minerallerini içeren besinlerde HMF miktarının yükseldiği gözlemlenmiştir (Kowalski vd., 2013).

Bal, pekmez ve reçeller gibi ürünlerde bulunabilecek maksimum HMF miktarı, Türk Gıda Kodeksi tarafından belirlenmiş ve sınırlandırılmıştır. Bu sınırlar, ürünlerin tazeliğini ve ısıtılma işlemi görmüş durumunu göstermek için önemlidir. HMF'nin yüksek miktarlarda tüketimi olumsuz etkilere yol açabileceğinden, belirlenen sınırlar ürünlerin güvenli tüketimini sağlamak amacıyla konulmuştur. Bal, reçel ve pekmez ürünlerinin içerebileceği maksimum HMF miktarları **Tablo 1.2**'de yer almaktadır.

**Tablo 1.2. 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 vd., 2017).

Gelişen dünyada üretilen ürün çeşitleri hızla artmakta ve bu durum, besin maddelerinin tüketicilere ulaşana kadar geçen aşamalarda çeşitli bulaşların oluşmasına neden olabilmektedir. Bu bulaşlar sebebiyle milyonlarca insan hastalanmaktadır (Demirdağ vd., 2009).

Mutajenik ve DNA yapısına olumsuz etki gösterdiği belirtilen HMF'nin, mutasyona yol açıcı etkilere sahip olduğu yapılan araştırmalarda ortaya konmuştur (Rufian-Henares vd., 2008; Durling vd., 2009).

HMF, kendi başına veya sulfoksimetilfurfural (SMF), klorometilfurfural gibi

yan ürünleri ile mutajenik ve toksik etkilere neden olabilir. HMF ve HMF'ye bağlı bileşikler üzerine yapılan bazı toksikolojik çalışmalar kolon kanseri, deri papillomaları, böbrek tümörleri gibi sağlık sorunlarıyla ilişkilerini araştırmıştır. SMF, HMF'den sülfat bağlanması sonucunda oluşur ve in vitro ortamda mutajenik aktivite gösterdiği bilinmektedir bu da HMF'nin genotoksik potansiyeline işaret etmektedir (Metin, 2014). Ancak bu aktivitenin etkilerini doğrulamak için in vivo çalışmaların yapılması gerekmektedir. Günümüzde, HMF'nin insan sağlığı üzerindeki potansiyel etkileri kesin olarak belirlenmemiş olsa da, yüksek dozlarda sitotoksik (hücre öldürücü) etkiye sahip olduğu ve gözlerde, üst solunum yollarında, deride ve mukozada iritasyona yol açabileceği bilinmektedir (Şahinler, 2017).

HMF'nin sitotoksik etkilerinin göz, deri, solunum yollarını ve mukoza zarlarını tahriş ettiği sıçanlara yüksek miktarda HMF verilmesinin etkilerini inceleyen çalışmalarda gözlemlenmiştir (Windsor vd., 2013; Doğan, 2013). Yine fareler üzerinde yapılan çalışmalarda ise HMF'nin öldürücü dozunun 3,1 g/ kg (gram/ vücut ağırlığı (kg)) olduğu saptanmıştır (Mıhçıoğlu, 2023).

Abraham vd. (2011) tarafından yapılan prelinik bir çalışmada ise, günlük olarak 80 ila 100 mg/kg miktarlarında HMF'nin insan vücudu üzerinde herhangi bir toksik etkiye sahip olmadığı gözlemlenmiştir.

### **1.3.2. HMF'nin Oluşum Mekanizmaları**

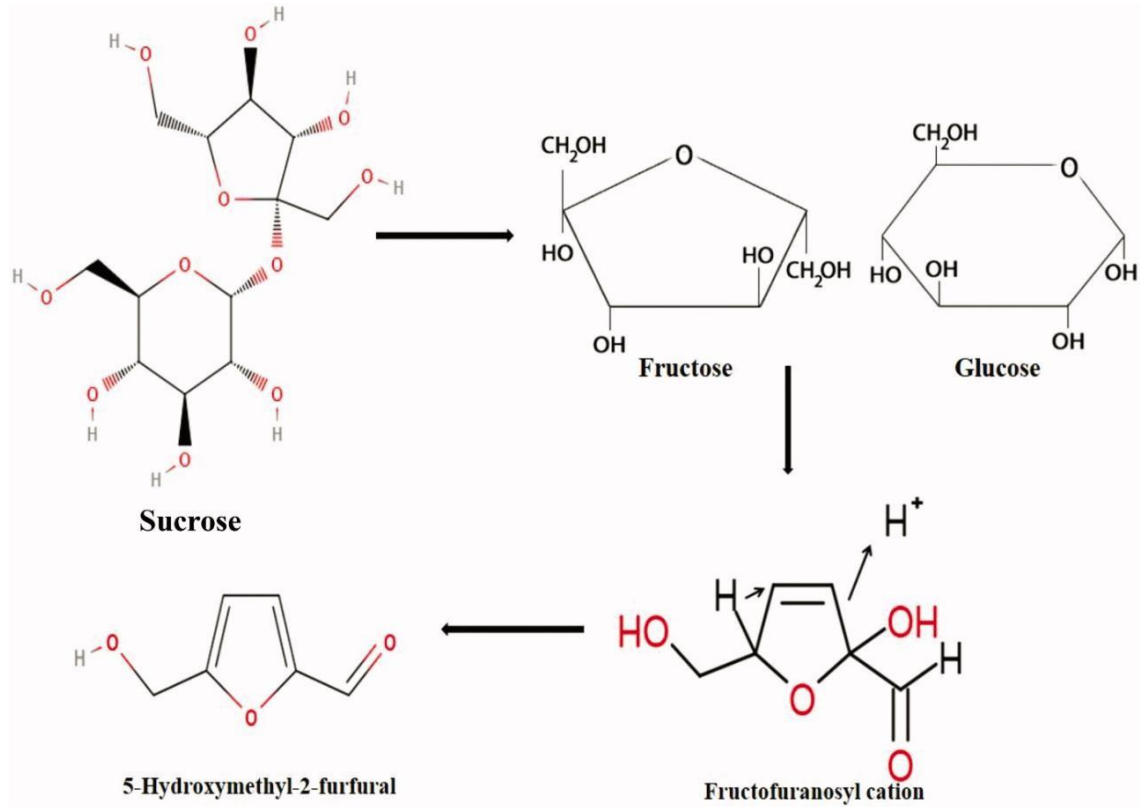
HMF, iki farklı reaksiyon sırasında oluşan ara ürün olarak kabul edilir. Bunlar, heksozun asit katalizli ayrışması (karamelizasyon) ve Maillard reaksiyonunda 3-deoksiglukozonun ayrışmasıdır (Shapla vd., 2018).

Maillard reaksiyonu, yüksek protein ve karbonhidrat içeriğine, orta düzeyde nem içeriğine, 50°C'nin üzerinde sıcaklığa ve 4-7 arası pH değerine sahip gıdalarda gözlemlenirken; karamelizasyon daha yüksek sıcaklıklara (>120°C), daha yüksek pH değerlerine ve düşük su aktivitesine ihtiyaç duymaktadır (Zhang vd., 2012).

HMF oluşumunu sağlayan karamelizasyon işlemi ise şekerin erime noktasının (186 derece) yüksek sıcaklıklara maruz kalmasıyla esmer renkli bileşiklere polimerize olan furfural türevlerinin dehidrasyon reaksiyonları sonucunda oluşmaktadır (Numanoğlu vd., 2018). Şekerlerin asidik koşullar altında ısıtılmasına tabi tutulması, özellikle kuru sistemlerde fruktozun asit katalizli parçalanması yoluyla fruktofuranoz

katyonlarını oluşturur (Martins vd., 2022). Bu reaksiyon kuru pirolitik koşullar altında devam ederken, fruktofuranoz katyonu HMF'ye dönüşebilmektedir (Choudhary vd., 2021). Şekerin yüksek sıcaklıklarda HMF oluşturacak şekilde ayrışması Şekil 1.2'de gösterilmiştir.

**Şekil 1.2. Şekerlerin Yüksek Sıcaklıklarda HMF Karamelizasyon Reaksiyonu Oluşturacak Şekilde Ayrışması.**



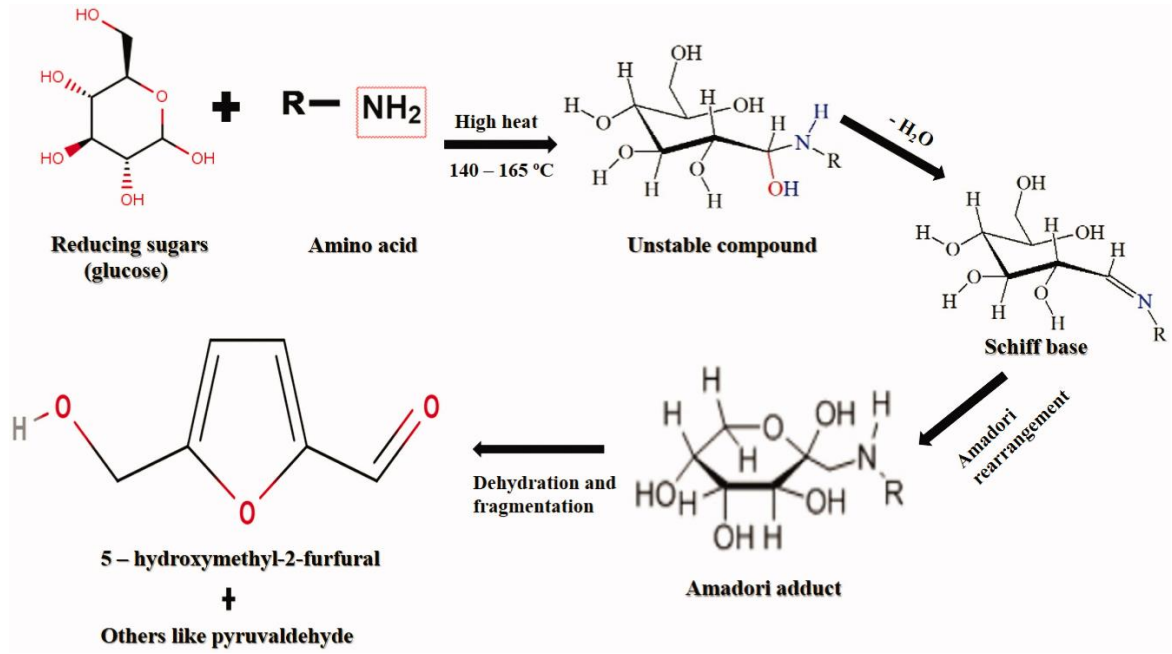
**Kaynak: Choudhary vd., 2021.**

HMF oluşumunu etkileyen maillard reaksiyonu ürünlerin karbonil ve amino gruplarının birleşmesi sonucu oluşmaktadır (Maillard, 1912). Maillard reaksiyonunun ilk aşamasında amadori ürünleri, ikinci aşamasında akrilamid, hidroksimetilfurfural, strecker aldehitleri veya pirazinler gibi ara ürünler oluşurken son aşamada melanoidinler oluşmaktadır (Hodge, 1953). Şekil 1.3'de Maillard reaksiyonunda HMF oluşum mekanizması gösterilmiştir.

İndirgeyici şekerler (fruktoz, glukoz vb.) ve amino asitler Maillard reaksiyonunda siklizasyon yoluyla Amadori ve Heyns yeniden düzenleme ürünlerini oluşturan bir Schiff bazı üretmektedir. Bu bileşikler oldukça kararsızdır ve pH

değerlerine bağlı olarak 1,2-eneaminol veya 1-amino-1-deoksiketoza bozunur. HMF oluşumu, 3-deoksiglukozon (3- DG) üreten 1,2 eneaminol konsantrasyonu ile doğrudan ilişkilidir. 3-DG'nin daha fazla dehidrasyonu ve siklizasyonu sonucu HMF oluşmaktadır (Koszucka vd., 2019; Martins vd., 2022).

### Şekil 1.3.Maillard Reaksiyonunda HMF Oluşum Mekanizması



Kaynak: Choudhary vd., 2021.

### 1.4. Şeker İkamelerinin Granola Barların Kalite Özelliklerine ve HMF Miktarına Etkisine Yönelik Yapılan Çalışmalar

Sethupathy vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, rafine şeker ikamesi olarak hindistancevizi şekeri, fruktooligosakarit ve inülin kullanılarak granola barlar hazırlanmış ve bu alternatiflerin duyuusal, fiziksel, glisemik indeks, enerji değerleri ve in-vitro nişasta sindirilebilirliğine bakılmıştır. Her üç sakaroz alternatifinin duyuusal ve fizikokimyasal özelliklerinin kontrol ürünle aynı düzeyde olduğu saptanmıştır. Tahıllı barlarda bal ve pekmez türlerinin bağlayıcı madde olarak kullanılmasıyla ilgili yapılan bir çalışmada bal, elma pekmezi ve nar pekmezi kullanılarak barlar üretilmiştir ve duyuusal analizleri yapılmıştır. Sonuç olarak bu analizlerde, "Genel Kabul Edilebilirlik" bakımından en yüksek puanı ballı tahıllı bar, en düşük puanı ise nar pekmezli tahıllı bar almıştır. "Genel Tat ve Aroma" açısından ise en yüksek puanı ballı tahıllı bar, en düşük

puanı nar pekmezli tahıllı bar almıştır. Tahıllı barların kül değerleri incelendiğinde ise en düşük kül değeri %1.66 ile bal kullanılan bar örneğinde bulunmuş, en yüksek kül değeri ise %2.02 olarak elma pekmez kullanılan barda tespit edilmiştir (Aşkin, 2016).

Erdoğan vd. (2024) tarafından yapılan çalışmada granola numuneleri agav şurubu, bal ve stevia ile tatlandırıldı ve sırasıyla 160°C ve 300 W sıcaklıklarda geleneksel fırında ve mikrodalgada pişirme teknikleri kullanılarak üretilmiştir. Stevialı mikrodalgada granola numunesinin tespit edilebilir HMF içermediği ve diğer numunelerin HMF oranı çoktan aza doğru sırasıyla Stevialı fırında granola, Ballı fırında granola, Agave şuruplu mikrodalgada granola, Ballı mikrodalgada granola, Agave şuruplu fırında granola şeklindedir. Mikrodalgada pişirmenin geleneksel fırında pişirmeye göre daha az HMF oluşturduğu görülüyor.

Benzer şekilde Petisca vd., sakaroz içeren mikrodalgada pişirilen keklerde (sadece 1,5 dakika pişirilenler için) HMF'yi belirlememiştir, ancak pişirme süresi arttıkça HMF oluşmuştur ve konsantrasyonu artmıştır (Petisca vd., 2013).

Singh vd. (2020) yaptığı başka bir çalışmada, optimize edilmiş bir besin barının geliştirilmesi için chia tohumları dahil edildi. Geliştirilen bar; besin kalitesi, duyuşal özellikler, fizyokimyasal özellikler ve depolama kalitesi açısından analiz edildi. HMF değerleri, kilitli torbalarda ve kart panel kutularında 37°, 25° ve 10°C saklanan barlarda ölçülmüştür. En yüksek değer ise 37 derecede karton kutularda saklanan örneklerde görülmüştür.

5-Hidroksimetilfurfural (HMF), şekerlerin termal ayrışmasıyla sentezlenir. Çok sayıda gıda ürünü önemli miktarda HMF içerir. Isıl işlemin yanı sıra diğer gıda işleme yöntemleri de (ürünün kurutulması ve dehidrasyonu, kavrulması, pişirilmesi ve depolanması) HMF sentezinde önemli faktörlerdir. HMF'nin olumsuz sağlık etkileri vardır (Choudhary vd., 2021).

HMF'nin tahmin edilen sınırların üzerinde tüketimi insanlar için sitotoksiktir ve üst solunum yolu, gözler, cilt vb. mukoza zarlarını tahriş eder (Pastoriza vd., 2017; Shapla vd., 2018). Kişi/gün başına 2 ila 30 mg arasında değişen dozlar insan beslenmesiyle ilgilidir (Abraham vd., 2011; Pastoriza vd., 2017) ve insanlar için sağlık riski taşımadığı sonucuna varılmıştır (Janzowski vd., 2000).

Literatürde günümüzde sağlıklı beslenmeye olan ilgilinin artmasıyla şeker

ikameleri ile üretilen granola barların kullanımının HMF'ye olan etkisini karşılaştıran çalışmaların oldukça az olduğu görülmüştür. Buradan hareketle çeşitli şeker ikamelerinin kullanımının (çam balı, çiçek balı, keçiboynuzu pekmezi, dut pekmezi, üzüm pekmezi) granola barların HMF düzeyine etkisini araştırmak, şeker ikamelerinin kullanılabilirliğini gözlemlemek amacıyla bu ikamelerin granola barların kalite ve duyuşal özelliklerine olan etkisini incelemek bu çalışmanın temel amacını oluşturmuştur.

## 2. GEREÇ ve YÖNTEM

Granola Bar yapımında farklı şeker ikameleri kullanımının HMF miktarına etkisini araştırmak amacıyla yapılmış bu çalışmada kontrol grubunu esmer şeker eklenerek yapılan granola bar grubu oluşturmuştur. Şeker ikamesi olarak seçilecek maddelerin yüksek viskoziteli sıvı formda olmasına dikkat edilmiştir. Kullanılacak yulaf ezmesi, çiğ fındık, kuru üzüm, tereyağı, esmer şeker ve şeker ikameleri Aydın ilindeki marketlerden alınmıştır. HPLC saflığında su, metanol, petrol eteri vb. kimyasal malzemeler, kimyasal malzeme satan firmalardan (Merck ve Sigma) ticari olarak satın alınmıştır.

### 2.1. Yöntem

#### 2.1.1. Granola Barın Hazırlanışı ve Piriştirilmesi

Çalışmada yer alan granola bar formülasyonları Çizelge 2.1’de, kullanılan şeker ve şeker ikameleri görselleri ise Şekil 2.1’de belirtilmiştir. Granola bar yapımı için gerekli olan hammaddeler literatür ışığında belirlenmiş olup yulaf, kuru yemiş, kuru meyve, bal ve şeker kombinasyonlarıdır (Wang vd., 2019). Kontrol granola bar (esmer şeker) formülasyonu ve hazırlanışı belirlenirken Kiat vd., (2021) yaptığı çalışma baz alınmıştır. Granola barların hazırlanışı Şekil 2.2’de belirtilmiştir.

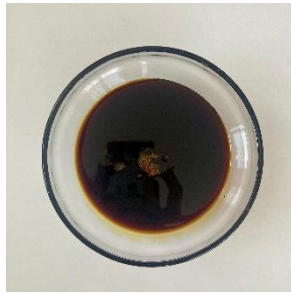
100 gram kuru üzüm, 100 gram çiğ fındık, 100 gram tereyağı, 150 gram şeker ikameleri (çam balı, çiçek balı, üzüm pekmezi, dut pekmezi, keçiyoynuzu pekmez), 150 gram esmer şeker, 200 gram yulaf kullanılıp dokuz adımda granola bar hazırlanmıştır. Bu adımlar ilk olarak fırının (ARÇELİK AFC 340 S) 150 dereceye ayarlanıp önceden ısıtılması, ikinci adım kuruüzüm ve çiğ fındıkları el blenderi (Arzum AR1042) ile küçük parçalar haline getirilmesi, üçüncü adım tereyağını büyük bir tencerede eritip içerisine şeker ikamesi (çam balı, çiçek balı, üzüm pekmezi, dut pekmezi, keçiyoynuzu pekmez) ve kontrol grubu için esmer şekeri eklemek, dördüncü adım bu bileşenleri iyice karıştırmak, beşinci adım yulaf, çiğ fındık, kuru üzüm parçalarını karışıma ekleyip uygun şekilde karıştırmak, altıncı adım 28,7 cm x 28,7 cm kare borcama (Paşabahçe 59314 Premium4100 cc) yağlı kağıt serip karışımı içine dökmek, yedinci adım fansız fırında orta bölümde 150 derece önceden ısıtılan fırında 30 dk boyunca ve karışım altın sarısı renk alana kadar pişirmek, sekizinci adım yaklaşık 15-20 dk boyunca soğumaya

bırakmak, son adım ise pişmiş ve soğumuş olan granola barı küçük kareler halinde kesmek.

**Çizelge 2.1. Çalışmada üretilen granola barların formülasyonları**

| Malzemeler / Granola Bar Adı   | Sükroz Granola Barı (Kontrol) SKR | Çam Balı Granola Barı CAM | Çiçek Balı Granola Barı CCK | Üzüm Pekmezi Granola Barı UZM | Dut Pekmezi Granola Barı DUT | Keçiboynuzu Pekmezi Granola Barı KCB |
|--------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| Yulaf Ezmesi (g)               | 200                               | 200                       | 200                         | 200                           | 200                          | 200                                  |
| Kuru Üzüm (g)                  | 100                               | 100                       | 100                         | 100                           | 100                          | 100                                  |
| Çiğ Fındık (g)                 | 100                               | 100                       | 100                         | 100                           | 100                          | 100                                  |
| Tereyağı (g)                   | 100                               | 100                       | 100                         | 100                           | 100                          | 100                                  |
| Şeker veya ikamesi (g)         | Esmer Şeker                       | Çam Balı                  | Çiçek Balı                  | Üzüm Pekmezi                  | Dut Pekmezi                  | Keçiboynuzu Pekmezi                  |
|                                | 150                               | 150                       | 150                         | 150                           | 150                          | 150                                  |
| <b>Toplam Ürün Miktarı (g)</b> | <b>650</b>                        | <b>650</b>                | <b>650</b>                  | <b>650</b>                    | <b>650</b>                   | <b>650</b>                           |

**Şekil 2.1. Çalışmada kullanılan şeker ve şeker ikameleri**



**Keçiboynuzu Pekmezi**



**Çam Balı**



**Üzüm Pekmezi**



**Esmer Şeker**



**Çiçek Balı**



**Dut Pekmezi**

## Şekil 2.2. Granola barların hazırlanışı



**Malzemelerin Hazırlanması**



**Tereyağının Eritilmesi**



**Kuru Üzüm Eklenmesi**



**Yulaf Ezmesi Eklenmesi**



**Malzemelerin Karıştırılması**



**Karışımın Fırın Tepsisine  
Yerleştirilmesi**



**150 °C'de 30 dk Pişirilmesi**



**Granola Barların 5x5  
Olacak Şekilde Kesilmesi**

## **2.2. Analizler**

Granola barlarda fiziksel analizler (renk analizi), kimyasal analizler (pH tayini, nem tayini, kül analizi, ham yağ tayini, HMF tayini) gerçekleştirilmiştir. Bütün analizler 2 tekerrürlü ve 2 paralel olarak gerçekleştirilmiştir.

### **2.2.1. Renk Analizi**

Granola Bar örneklerinin renk değerleri örnekler toz haline getirildikten sonra (Hunter *L* [0-100= koyuluk-açıklık], *a* [*a*+ = kırmızı, *a*- = yeşil] ve *b* [*b*+ = sarı, *b*- = mavi]), renk ölçüm cihazı (Konica Minolta, Osaka, Japan) ile belirlenmiştir. Renk ölçümü bütün numuneler için 2 tekerrür 2 paralel (n=4) olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

### **2.2.2. pH Tayini**

Öğütülen granola barların pH analizi için Torley vd.'nin (2008) yöntemi modifiye edilmiştir (Torley vd., 2008). Tüplere alınan 3 g örnek üzerine 30 ml distile su eklenmiş ve 3 dk vorteks yardımıyla karıştırılmıştır. Örnekler 1 saat bekletilmiştir. Ardından pH 4,00 ve pH 7,00 tampon çözeltileri ile kalibre edilen pH metre (Hanna HI 2211, Woonsocket, Rhode Island, Amerika Birleşik Devletleri) ile ölçümler gerçekleştirilmiştir.

### **2.2.3. Nem Tayini**

Örneklerdeki nem miktarı AOAC 925.10 metoduna uygun şekilde tayin edilmiştir (AOAC, 1990). Bu yöntemde saf su ile yıkanmış kurutma kapları sabit tartıma gelene kadar 105±2 °C'de etüvde (Mettler UFE400, Schwabach, Germany) kurutulmuştur. Kapların desikatörde soğutulmasının ardından 2 g numune tekrar sabit tartıma gelene kadar 105±2 °C'de etüvde kurutulmuştur.

### **2.2.4. Kül Analizi**

Örneklerdeki kül miktarı AOAC 923.03 metoduna uygun şekilde kül fırınında (Protherm, PLF 120/15, Türkiye) 550±10 °C'de 8 saat yakılarak belirlenmiştir (AOAC, 1990). AOAC. (1990). (Association of Official Analytical Chemists). Official methods of analysis. In: Aoac Washington, DC

### 2.2.5. Ham Yağ Tayini

Yağ analizi AACC 30-25 standartlarına uygun şekilde Soxhlet yöntemi kullanılarak yapılmıştır (AACC, 2010).

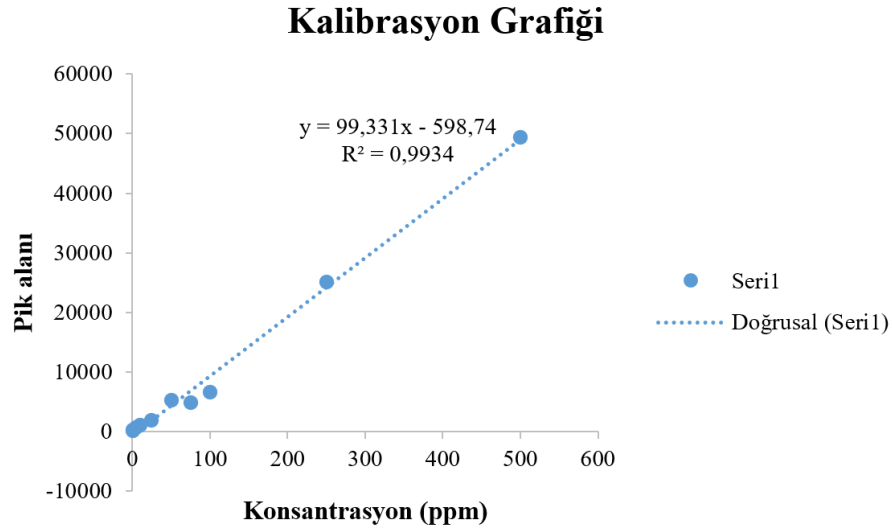
### 2.2.6. HMF Tayini

HMF analizi, yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İlk olarak, 6.9 gram örnek alınarak, 50 ml saf su ile seyreltilmiştir. Daha sonra örnekler, 0.45 mikrometrelik şırınga ucu membran filtre ile süzülerek safsızlıklarından arındırılmıştır. Ardından örnekler, HPLC cihazına enjekte edilmiştir. Örneklerdeki HMF miktarı, farklı konsantrasyonlarda hazırlanan HMF standardı kullanılarak kalibrasyon eğrisi oluşturularak kantitatif olarak belirlenmiştir. Mobil faz, 1 ml/dak akış hızında %80 saf su ve %20 metanol karışımından hazırlanmıştır.

Kromatografik ayırım, DAD dedektörde 285 nm dalga boyunda, oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Kullanılan kolonun özellikleri şu şekildedir: C18, partikül çapı 3 mikrometre, kolon boyutu 150x4.6 (Koç, 2015).

Granola Bar örneklerindeki HMF bileşeninin tanımlanması, standart HMF pikinin alıkonma zamanı (retention time), UV spektrumu ve benzerlikleri dikkate alınarak yapılmıştır. Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan HMF standardından elde edilen kalibrasyon grafiği kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır.

Kalibrasyon eğrisinin hazırlanması için HMF standardı (Sigma-Aldrich) saf su ile seyreltilerek 0.625-20 mg/kg arasında HMF içerecek şekilde hazırlanmıştır. Bu standartlar, yukarıda belirtilen HPLC çalışma koşullarında pik alanları belirlenerek kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Pik alanları ile HMF içerikleri arasındaki ilişki Şekil 2.3'te görülmektedir.



**Şekil 2.3. HMF Kalibrasyon Eğrisi**

### 2.2.7. İstatistiksel Analiz

Veriler ‘Statistical Package for the Social Sciences/Sosyal Bilimler İstatistik Paketi’ (SPSS) (versiyon 25) paket yazılımı ile analiz edilmiştir. P değerinin 0.05’ten küçük olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Tüm kimyasal ve fiziksel için ortalamalar ‘One Way ANOVA’ testi ile değerlendirilmiş; farklılığın önem derecesi ise Duncan çoklu karşılaştırma testi ile tespit edilmiştir. gruplar arasındaki farklı belirlemek için varyansların homojenliğine göre Duncan çoklu karşılaştırma testleri uygulanmıştır. Karşılaştırma sonuçlarında benzerlikleri ( $p > 0,05$ ) göstermek amacıyla her gruba bir harf verilmiştir. Harflendirmeler büyük olan değere a verilmek üzere alfabetik olarak ilerlemektedir. Örneğin; Duncan çoklu karşılaştırma testine göre granola barların  $L^*$  değerleri üç gruba ayrılmaktadır ve en büyük gruba a, ikinci olan gruba b, en küçük olan gruba ise c harfi verilmektedir (Bkz. Çizelge 3.1). Sükroz (esmer şeker) ile tatlandırılan granola bar SKR şeklinde, çam balı ile tatlandırılan granola bar CAM şeklinde, çiçek balı ile tatlandırılan granola bar CCK şeklinde, üzüm pekmezi ile tatlandırılan granola bar UZM şeklinde, dut pekmezi ile tatlandırılan granola bar DUT şeklinde, keçiyoynuzu pekmezi ile tatlandırılan granola bar KCB ifade edilmiştir. Şeker ve şeker ikameleri tatlandırılan granola barların kısaltılışı Çizelge 2.2.’de belirtilmiştir.

**Çizelge 2.2. Çalışmada üretilen granola barların kısaltılışı**

| <b>Granola Bar Adı</b>      | <b>Kısaltışı</b> |
|-----------------------------|------------------|
| <b>Sükroz (Esmer Şeker)</b> | <b>SKR</b>       |
| <b>Çam Balı</b>             | <b>CAM</b>       |
| <b>Çiçek Balı</b>           | <b>CCK</b>       |
| <b>Üzüm Pekmezi</b>         | <b>UZM</b>       |
| <b>Dut Pekmezi</b>          | <b>DUT</b>       |
| <b>Keçiboynuzu Pekmezi</b>  | <b>KCB</b>       |

### 3. BULGULAR

Sükroz (esmer şeker) ve ikameleri ile üretilen granola barların fiziksel (renk analizi), ve kimyasal (pH, nem, kül, ham yağ, HMF analizleri) sonuçlarına bu bölümde yer verilmiştir.

#### 3.1. Granola Barların Fiziksel Analizleri

##### 3.1.1. Renk Analizi Sonuçları

Çizelge 3.1’de öğütülmüş granola barlara ait renk analizi sonuçları bulunmaktadır. Granola barların  $L^*$  değerleri incelendiğinde en yüksek değer 52,4425 ile CCK’ye en düşük değerin ise 37,8675 ile KCB’ye ait olduğu bulunmuştur bu farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0.05$ ). SKR, CAM ve CCK örneklerinin  $L$  değerleri istatistiki açıdan benzer bulunurken, UZM ve DUT örnekleri de kendi içerisinde benzer bulunmuşlardır ( $p>0.05$ ).

Granola barların  $a^*$  değerleri incelendiğinde en yüksek KCB (12,5025) grubuna ait olmakla beraber KCB grubunun  $a^*$  değeri ile DUT grubunun  $a^*$  değerleri (12,165) kendi içerisinde benzer bulunmuştur ( $p>0.05$ ) ve bu grupların  $a^*$  değerleri istatistiksel olarak diğer gruplara göre yüksektir ( $p<0.05$ ). Granola bar  $a^*$  değeri en düşük SKR (9,3575) örneğine aittir ve bu değer CCK (9,9175) örneğiyle kendi içerisinde benzer bulunmuştur ( $p>0.05$ ) ve bu grupların sonuçları diğer gruplardan anlamlı derecede düşüktür ( $p<0.05$ ). CAM (10,4025) örneği ile CCK (9,9175) örneğinin  $a^*$  değerleri kendi içerisinde benzer bulunmuştur ( $p>0.05$ ). UZM (11,34) örneği ve DUT (12,165) örneğinin  $a^*$  değerleri benzerdir ( $p>0.05$ ). CAM (10,4025) örneği ile UZM (11,34) örneğinin  $a^*$  değerleri kendi içerisinde benzer bulunmuştur.

Granola barların  $b^*$  değerleri incelendiğinde en yüksek CCK örneğine (27,53) ait bulunmuştur ve CCK örneğinin  $b^*$  değeri ile CAM örneğinin (27,525)  $b^*$  değeri kendi içerisinde benzerdir ( $p>0.05$ ). Granola bar  $b^*$  değeri en düşük KCB örneğine (20,895) aittir ve bu değer istatistiksel anlamda diğer örneklerden düşük bulunmuştur ( $p<0.05$ ). SKR örneğine (24,835) ait  $b^*$  değeri UZM ve DUT örnekleriyle kendi içerisinde benzer bulunmuştur (sırasıyla 25,7275; 23,695) ( $p>0.05$ ).

**Çizelge 3.1. Granola bar renk analizi değerleri (n=4)**

|           | SKR                  | CAM                   | CCK                  | UZM                  | DUT                  | KCB                  |
|-----------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <b>L*</b> | 51,6275 <sup>a</sup> | 51,6025 <sup>a</sup>  | 52,4425 <sup>a</sup> | 44,9375 <sup>b</sup> | 41,7075 <sup>b</sup> | 37,8675 <sup>c</sup> |
| <b>a*</b> | 9,3575 <sup>e</sup>  | 10,4025 <sup>cd</sup> | 9,9175 <sup>de</sup> | 11,34 <sup>bc</sup>  | 12,165 <sup>ab</sup> | 12,5025 <sup>a</sup> |
| <b>b*</b> | 24,835 <sup>bc</sup> | 27,525 <sup>a</sup>   | 27,53 <sup>a</sup>   | 25,7275 <sup>b</sup> | 23,695 <sup>c</sup>  | 20,895 <sup>d</sup>  |

\*One Way ANOVA analizi kullanılmıştır. Varyans homojenliğine göre Duncan\*\*\* çoklu karşılaştırma testleri ile gruplar arasındaki farklılıklar belirlenmiştir. Aynı satırdaki aynı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak fark olmadığını ( $p>0,05$ ) göstermektedir. SKR: Sükroz (esmer şeker) ile tatlandırılmış, CAM: Çam balı ile tatlandırılmış, CCK: Çiçek balı ile tatlandırılmış, UZM: Üzüm pekmezi ile tatlandırılmış, DUT: Dut pekmezi ile tatlandırılmış, KCB: Keçiyoynuzu pekmezi ile tatlandırılmış granola bar.

### 3.2. Granola Barların Kimyasal Analizleri

#### 3.2.1. Granola Barların pH Analizi Sonuçları

Granola barların pH değerlerine ilişkin bulgulara Çizelge 3.2’de yer verilmiştir. Granola bar pH değeri en yüksek KCB (5,1750) örneğinde bulunmuştur ve bu değer pH değeri en düşük olan CCK (4,9050) örneğinden anlamlı derecede yüksektir ( $p<0.05$ ). SKR, CAM, UZM ve DUT örneklerinin pH değeri kendi içerisinde benzer bulunmuştur ( $p>0.05$ ). KCB örneği ile SKR, CAM, UZM, DUT örnekleri kendi içerisinde benzerdir ve CCK örneği ile SKR, CAM, UZM, DUT örnekleri de benzer bulunmuştur ( $p>0.05$ )

**Çizelge 3.2. Granola barların pH analizi sonuçları (n=4)**

|            | pH                   |
|------------|----------------------|
| <b>SKR</b> | 5.100 <sup>ab</sup>  |
| <b>CAM</b> | 4.9775 <sup>ab</sup> |
| <b>CCK</b> | 4.9050 <sup>b</sup>  |
| <b>UZM</b> | 5.0250 <sup>ab</sup> |
| <b>DUT</b> | 5.1300 <sup>ab</sup> |
| <b>KCB</b> | 5.1750 <sup>a</sup>  |

\*One Way ANOVA analizi kullanılmıştır. Aynı sütundaki aynı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak fark olmadığını ( $p>0,05$ ) göstermektedir. Varyans homojenliğine göre Duncan çoklu karşılaştırma testleri ile gruplar arasındaki farklılıklar belirlenmiştir. SKR: Sükroz (esmer şeker) ile tatlandırılmış, CAM: Çam balı ile tatlandırılmış, CCK: Çiçek balı ile tatlandırılmış, UZM: Üzüm pekmezi ile tatlandırılmış, DUT: Dut pekmezi ile tatlandırılmış, KCB: Keçiyoynuzu pekmezi ile tatlandırılmış granola bar.

### 3.2.2. Granola Barların Nem Analizi Sonuçları

Granola barların nem değerlerine ilişkin bulgulara Çizelge 3.3’de yer verilmiştir. Granola barların nem değerleri incelendiğinde en yüksek değerin 11,7734 g/ 100 g ile UZM’ye en düşük değerin ise 7,2185 g/100 g SKR’ye ait olduğu bulunmuştur bu farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0.05$ ). SKR (7,2185 g/100 g), CAM (9,0126 g/ 100 g) ve CCK (9,5418 g/ 100 g) örneklerinin nem içeriği kendi içerisinde benzer bulunmuştur ( $p>0,05$ ). UZM(11,7734 g/ 100 g) örneğinin nem içeriği DUT (10,3111 g/ 100 g), KCB (10,1633 g/ 100 g) ve CCK (9,5418 g/ 100 g) örnekleriyle kendi içerisinde benzer bulunmuştur ( $p>0.05$ ) .

**Çizelge 3.3. Granola barların nem analizi sonuçları (n=4)**

|     | Nem miktarı (%)       |
|-----|-----------------------|
| SKR | 7,2185 <sup>c</sup>   |
| CAM | 9,0126 <sup>bc</sup>  |
| CCK | 9,5418 <sup>abc</sup> |
| UZM | 11,7734 <sup>a</sup>  |
| DUT | 10,3111 <sup>ab</sup> |
| KCB | 10,1633 <sup>ab</sup> |

\*One Way ANOVA analizi kullanılmıştır. Aynı sütundaki aynı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak fark olmadığını ( $p>0,05$ ) göstermektedir. Varyans homojenliğine göre Duncan çoklu karşılaştırma testleri ile gruplar arasındaki farklılıklar belirlenmiştir. SKR: Sükroz (esmer şeker) ile tatlandırılmış, CAM: Çam balı ile tatlandırılmış, CCK: Çiçek balı ile tatlandırılmış, UZM: Üzüm pekmezi ile tatlandırılmış, DUT: Dut pekmezi ile tatlandırılmış, KCB: Keçiboynuzu pekmezi ile tatlandırılmış granola bar.

### 3.2.3. Granola Barların Kül Analizi Sonuçları

Granola barların kül miktarlarına ilişkin bulgulara Çizelge 3.4’de yer verilmiştir. Granola barların kül değerleri incelendiğinde en yüksek değerin 2,6520 g/ 100 g ile KCB’ye en düşük değerin ise 1,4968 g/100 g SKR’ye ait olduğu bulunmuştur bu farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0.05$ ). KCB örneğine (2,6520 g/ 100g) ait kül miktarı değeri UZM (2,4034 g/ 100 g) ait kül miktarıyla kendi arasında benzerdir ( $p>0,05$ ). SKR (1,4968 g/100 g) örneği ile CAM (1,5419 g/ 100 g) ve CCK (1,5047 g/ 100 g) örneklerinin kül miktarları kendi arasında benzerdir ( $p>0,05$ ).

**Çizelge 3.4. Granola barların kül analizi sonuçları (n=4)**

|     | Kül miktarı (%)     |
|-----|---------------------|
| SKR | 1,4968 <sup>c</sup> |
| CAM | 1,5419 <sup>c</sup> |
| CCK | 1,5047 <sup>c</sup> |
| UZM | 2,4034 <sup>a</sup> |
| DUT | 2,0257 <sup>b</sup> |
| KCB | 2,6520 <sup>a</sup> |

\*One Way ANOVA analizi kullanılmıştır. Aynı sütundaki aynı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak fark olmadığını ( $p>0,05$ ) göstermektedir. Varyans homojenliğine göre Duncan çoklu karşılaştırma testleri ile gruplar arasındaki farklılıklar belirlenmiştir. SKR: Sükroz (esmer şeker) ile tatlandırılmış, CAM: Çam balı ile tatlandırılmış, CCK: Çiçek balı ile tatlandırılmış, UZM: Üzüm pekmezi ile tatlandırılmış, DUT: Dut pekmezi ile tatlandırılmış, KCB: Keçiyoynuzu pekmezi ile tatlandırılmış granola bar.

### 3.2.4. Granola Barların Ham Yağ Tayini Sonuçları

Granola barların yağ miktarlarına ilişkin bulgulara Çizelge 3.5’de yer verilmiştir. Granola barların yağ miktarı incelendiğinde en yüksek değerin 26,3083 g/ 100 g ile DUT’a en düşük değerin ise 18,5266 G/ 100 g UZM’ye ait olduğu bulunmuştur bu farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0.05$ ). DUT (26,3083 g/ 100g) örneğinin yağ miktarı ile CCK’nin yağ miktarı (25,1751 g/ 100 g) kendi içerisinde benzer bulunmuştur ( $p>0,05$ ). UZM’nin (18,5266 g/100 g) yağ içeriği SKR (19,9410 g/ 100 g) ve CAM (20,6946 g/ 100g) örneklerine benzer bulunmuştur ( $p>0,05$ ). KCB örneğinin (22,2802 g/ 100 g) yağ miktarı tüm örneklerle kendi içerisinde benzer bulunmuştur ( $p>0,05$ ).

**Çizelge 3.5. Granola barların yağ miktarı sonuçları (n=4)**

|     | Yağ miktarı (%)       |
|-----|-----------------------|
| SKR | 19,9410 <sup>b</sup>  |
| CAM | 20,6946 <sup>b</sup>  |
| CCK | 25,1751 <sup>a</sup>  |
| UZM | 18,5266 <sup>b</sup>  |
| DUT | 26,3083 <sup>a</sup>  |
| KCB | 22,2802 <sup>ab</sup> |

\*One Way ANOVA analizi kullanılmıştır. Aynı sütundaki aynı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak fark olmadığını ( $p>0,05$ ) göstermektedir. Varyans homojenliğine göre Duncan çoklu karşılaştırma testleri ile gruplar arasındaki farklılıklar belirlenmiştir. SKR: Sükroz (esmer şeker) ile tatlandırılmış, CAM: Çam balı ile tatlandırılmış, CCK: Çiçek balı ile tatlandırılmış, UZM: Üzüm pekmezi ile tatlandırılmış, DUT: Dut pekmezi ile tatlandırılmış, KCB: Keçiyoynuzu pekmezi ile tatlandırılmış granola bar.

### 3.2.5. Granola Barların HMF Analizi Sonuçları

Şeker ve şeker ikamesi ürünlerle üretilmiş granola bar numunelerine ait HMF değeri ortalamaları Çizelge 3.6’da verilmiştir. Granola barların HMF miktarları incelendiğinde en yüksek değerin 38,3885 mg/ kg ile CCK’ye en düşük değerin ise 15,2467 mg/ kg CAM örneğine ait olduğu bulunmuştur bu farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0.05$ ). CCK örneğinin (38,3885 mg/ kg) HMF içeriği ile SKR örneği (30,7657 mg/ kg), DUT (31,0199 mg/ kg) ve KCB örneklerinin (kg ve 33,0012 mg/ kg) HMF miktarıyla kendi içerisinde benzer bulunmuştur ( $p>0.05$ ). SKR (30,7657 mg/ kg) örneğinin HMF miktarı UZM, DUT (sırasıyla 24,0083 mg/ kg, 31,0199 mg/ kg) HMF miktarıyla kendi içerisinde benzer bulunmuştur ( $p>0.05$ ).

**Çizelge 3.6. Granola barların HMF içerikleri (n=4)**

|            | HMF miktarı (mg/kg)   |
|------------|-----------------------|
| <b>SKR</b> | 30,7657 <sup>ab</sup> |
| <b>CAM</b> | 15,2467 <sup>c</sup>  |
| <b>CCK</b> | 38,3885 <sup>a</sup>  |
| <b>UZM</b> | 24,0083 <sup>b</sup>  |
| <b>DUT</b> | 31,0199 <sup>ab</sup> |
| <b>KCB</b> | 33,0012 <sup>a</sup>  |

\*One Way ANOVA analizi kullanılmıştır. Aynı sütundaki aynı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak fark olmadığını ( $p>0.05$ ) göstermektedir. Varyans homojenliğine göre Duncan çoklu karşılaştırma testleri ile gruplar arasındaki farklılıklar belirlenmiştir. SKR: Sükroz (esmer şeker) ile tatlandırılmış, CAM: Çam balı ile tatlandırılmış, CCK: Çiçek balı ile tatlandırılmış, UZM: Üzüm pekmezi ile tatlandırılmış, DUT: Dut pekmezi ile tatlandırılmış, KCB: Keçiboynuzu pekmezi ile tatlandırılmış granola bar.

#### 4. TARTIŞMA

Bu tez çalışması kapsamında granola barların fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla renk analizi yapılmıştır.  $L$  parlaklık değeri olup, sıfır (0) değeri siyahlığı belirtirken, 100 değeri beyazlığı belirtmektedir.  $L^*$  değeri 0-50 arası koyu renkli numuneyi, 51-100 olması ise açık renkli numuneyi gösterir.  $a^*$  ve  $b^*$  renk değerleri -60 ile +60 aralığında değer almaktadır.  $a^*$  negatif değeri, yeşil rengi ifade ederken, pozitif değeri kırmızı rengi ifade etmektedir.  $b^*$  pozitif değeri sarı rengi ifade ederken, negatif değeri ise mavi rengi ifade etmektedir (Yıldız, 2023).

Grupların  $L^*$  değerleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla **çiçek balı> sükroz (esmer şeker)> çam balı> üzüm pekmezi> dut pekmezi> keçiyoynuzu pekmezi** ile tatlandırılan granola barlardır (Bkz. Çizelge 3.1). Bal ile tatlandırılan granola barların parlaklığı pekmez ile tatlandırılan granola barlardan daha fazladır. Granola barlara pekmez eklenmesiyle  $L^*$  değeri düşmüştür. Bulunan bu sonuç yapılan çalışmalar (Kazancı, 2021; Aşkin, 2016; Aigster vd., 2011) ile uyumludur.

Kazancı'nın (2021) yaptığı çalışmada, kek üretiminde pekmez ilave edilmesi üretilen ürünlerin  $L^*$  değerini düşürdüğü ve pekmezin kendi renginin siyaha yakın bir renk olmasının da bu sonucu etkilediği belirtilmiştir. Aşkin'in (2016) tahıllı barlar üzerinde yaptığı çalışmada ise en yüksek  $L^*$  değeri bal ilave edilen barda 50,77 olarak ölçülmüştür, en düşük  $L^*$  değeri ise nar pekmezi eklenen barda 39,58 olarak tespit edilmiştir. Elma pekmezli ve nar pekmezli tahıllı barların parlaklığının ballı tahıllı bara göre daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Aigster vd. (2011), formülasyonunda dirençli nişasta eklenerek yapılan tahıllı barların duyu ve fizikokimyasal özelliklerini incelemiştir sonuç olarak bal eklenerek yapılan barın  $L^*$  değerini 50,3 olarak belirtmişlerdir. Yaptığımız çalışmanın sonuçları, diğer çalışmalarda (Kazancı, 2021; Aşkin, 2016; Aigster vd., 2011) bulunan ortalama  $L^*$  değerlerine oldukça yakın ve çalışmamızı destekleyici niteliktedir. Ancak, çalışmamızda kontrol grubu olarak kullanılan sükrozun esmer şeker olarak kullanılması, literatürdeki diğer çalışmalardan farklılık göstermektedir. Akder (2023)'in yaptığı çalışmada sükroz ile tatlandırılan kekin iç renginin  $L^*$  değerinin, diğer keklere göre anlamlı olarak daha yüksek olduğu bulunmuştur. Benzer şekilde, yapılan bir diğer çalışmada ise sakkarozla hazırlanan hamur ve kek kırıntılarının  $L$  değerlerinin, incir ve

hurma şuruplu keklere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Hedayati vd., 2022).

Grupların  $a^*$  değerleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla **keçiboynuzu pekmezi> dut pekmezi> üzüm pekmezi> çam balı> çiçek balı> sükroz (esmer şeker)** ile tatlandırılan granola barlardır (Bkz. Çizelge 3.1). Pekmez eklenen ürünlerde kırmızılık değeri daha yüksek bulunmuştur.  $a^*$  değerlerindeki farklılık bağlayıcı madde olarak kullanılan keçiboynuzu, dut ve üzüm pekmezinin kırmızılık değerinin çam balı, çiçek balı ve sükrozun kırmızılık değerinden fazla olması ile açıklanabilir.

Aşkin (2016) tarafından yapılan çalışmada, tahıllı barlarda çeşitli pekmezlerin ve balların bağlayıcı sıvı olarak kullanılmıştır bu çalışmaya göre en yüksek  $a^*$  değeri 10,19 olarak nar pekmezi ilave edilen bar örneğinde tespit edilirken en düşük  $a^*$  değeri ise 7,38 olarak bal ilave edilen bar örneğinde tespit edilmiştir. Elma pekmezi eklenerek yapılan barda ise  $a^*$  değeri, bal eklenerek yapılmış olan bardan yüksek olup, nar pekmezi eklenen bardan ise düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Yaman'ın (2019) 18 farklı üzüm pekmezi üzerinde gerçekleştirdiği renk analizlerinin sonuçlarına bakıldığında ise üzüm pekmezinin  $a^*$  değerlerinin yüksek ve pozitif olduğu, kırmızıya yakın bir renkte olduğu gösterilmiştir. Kazancı (2021) tarafından yapılan çalışmada, formülasyonda kullanılan pekmez miktarının artmasıyla  $a^*$  değerinin de arttığı gözlemlenmiştir. Aigster vd. (2011) tarafından dirençli nişasta eklenerek yapılan tahıl bazlı barların fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerini incelediği çalışmada  $a^*$  değerinin 6,58 olarak belirtildiği görülmüştür. Granola barlarda pekmez ve bal kullanarak yaptığımız çalışma, diğer çalışmalarla tutarlı sonuçlar göstermiştir. Bulduğumuz ortalama  $a^*$  değerleri, diğer çalışmalarla aynı sıralamaya sahiptir; ancak, bazı araştırmacıların bulduğu ortalama değerlerden yüksektir. Bu farkın sebebi, çalışmamızda granola barların öğütülerek yapılması olabilir.

Grupların  $b^*$  değerleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla **çiçek balı> çam balı> üzüm pekmezi> sükroz (esmer şeker)> dut pekmezi> keçiboynuzu pekmezi** ile tatlandırılan granola barlardır (Bkz. Çizelge 3.1).  $b^*$  değerlerindeki farklılık, bağlayıcı madde olarak kullanılan çiçek balı ve çam balı sarılık değerinin üzüm pekmezi, dut pekmezi, keçiboynuzu pekmezi ve sükrozun (esmer şekerin) sarılık değerinden fazla olması ile açıklanabilir. Aşkin (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, bal, elma pekmezi ve nar pekmezi kullanılarak hazırlanan barların  $b^*$  değerleri 19,54 ila 27,02 arasında değiştiği belirtilmiştir. Literatürde yapılan diğer çalışmalarda ise granola

barların  $b^*$  değerleri farklılık göstermektedir. Aigster vd. (2011), tarafından granola barların renk analizlerini yapılmıştır ve sonuç olarak  $b^*$  değerinin  $30,3 \pm 0,76$  olduğu rapor edilmiştir. Diğer bir çalışmada ise Gasga vd. (2014), tarafından granola barların  $b^*$  değerinin  $21,79 \pm 1,36$  ile  $25,20 \pm 1,38$  arasında değiştiği bildirilmiştir. Arı ürünleriyle zenginleştirilmiş granola barların  $b^*$  değerleri ise  $17,88 \pm 0,16$  ile  $33,86 \pm 0,70$  arasında değiştiği bulunmuştur (Dikyokuş, 2022). Yaptığımız çalışmanın sonuçlarına göre, bulduğumuz ortalama  $b^*$  değerleri, diğer araştırmacıların bulduğu ortalama değerlerle uyumlu niteliktedir.

Bu çalışma kapsamında granola barların kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla pH analizi, nem analizi, kül analizi, ham yağ tayini ve HMF analizi yapılmıştır.

Gıdaların pH dereceleri; tat, aroma ve gıdanın yapısı üzerinde önemli etkiye sahiptir. Şeker ve şeker ikameleri eklenerek yapılan granola barların pH değerleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla **keçiboynuzu pekmezi> dut pekmezi> sükroz (esmer şeker)> üzüm pekmezi> çam balı> çiçek balı** ile tatlandırılan granola barlardır (Bkz. Çizelge 3.2). Kontrol grubu olan SKR örneğinin pH değeri diğer örneklerle benzer çıkmış olup anlamlı bir fark yoktur ( $p>0,05$ ). Fakat granola bar pH değeri en yüksek KCB (5,1750) örneğinde bulunmuştur ve bu değer pH değeri en düşük olan CCK (4,9050) örneğinden yüksektir ve bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0,05$ ).

Yılmaz vd. (2001) tarafından balın pH değerlerine bakılmıştır ve sonuç olarak balın pH değerinin 3,2- 4,3 arasında olduğu tespit edilmiştir. Balın fizikokimyasal özelliklerini incelendiği bir diğer çalışmada ise, balın pH değerinin 3,95- 5,12 arasında olduğunu tespit edilmektedir (Çınar, 2010). pH değerinin tatlı pekmez için  $\leq 5,0$ - 6,0; ekşi pekmezler için  $3,5$ - $5,0 >$  olduğu bildirilmektedir (Genç, 2017). Murat (2021) tarafından yapılan bir çalışmada hurma şurubu, üzüm çekirdiği, karabuğday patlağı kullanılarak glutensiz fonksiyonel bar üretimi yapılmıştır bu çalışmaya göre üretilen barların pH oranı 4,06 olarak bulunmuştur. Papaya ve muzdan iki farklı bar üretilen çalışmada ise sırasıyla pH değerleri 3,9 ve 3,8 (Megala vd., 2011). Meyveler kullanılarak yapılan barların pH değerleri çalışmamıza göre düşük bulunmuştur. Bunun sebebi kullanılan meyvelerin pH değerlerinin çalışmamızda kullanılan bal (Yılmaz, 2001; Çınar, 2010) ve pekmez (Genç, 2017) türlerinin pH oranından daha düşük olduğu için kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Küçük vd. (2022) yaptığı çalışmada keçiboynuzu pekmezi örneklerinin pH değerleri ortalama 5,12 olarak bulunmuştur. Kazancı (2021), yaptığı bir çalışmada formülasyonuna pekmez eklenen kekin pH değerlerine bakılmıştır ve çalışmaya göre en yüksek pH değeri kontrol grubunda (sükroz) (8,18) tespit edilirken, en düşük pH ise üretilirken eklenen şeker oranının %100'ü üzüm pekmezi kullanılarak üretilen (5,74) kek ürününde bulunmuştur. Formülasyonunda %100'ü çiçek balı (7,01) kullanılan kek örneği ise ikisinin arasındadır. Yaptığımız çalışma sonucunda bulunan üzüm pekmezi ile tatlandırılan granola bar (5.02) pH değerleri Kazancı (2021) yaptığı çalışmaya uygundur.

Besinlerdeki nem miktarı kalite göstergelerinden birisidir ve unlu mamullerde arzu edilen duyuşal özelliklerden biridir. Uygun miktarda nem genellikle yumuşak ürünle ilişkilendirilmektedir (Dadkhah vd., 2012). Çalışmamızda en yüksek nem miktarı keçiboynuzu pekmezi ile tatlandırılan granola bara (10,1633), en düşük nem miktarı sükroz (esmer şeker) ile tatlandırılan granola bara (%7,2185) aittir (Bkz. Çizelge 3.3). Flynn vd. (2010), tahıllı bar örneklerinin nem miktarlarını %11,8 olarak bulmuştur. Aşkin (2016), bağlayıcı sıvı olarak bal, elma pekmezi ve nar pekmezi kullanılarak tahıllı bar üretilmesi üzerine yapılan çalışmasında ise nem değerleri %6,78 ila %7,62 arasında bulunmuştur. Tahıllı barlarda yapılan çalışmaların sonucu bizim çalışmamızla benzerdir. Aşkin (2016), çalışmasında en düşük nem %6,78 olarak elma pekmezi eklenerek yapılan barda tespit edilirken, en yüksek nem değeri ise %7,62 olarak bal eklenerek yapılan barda tespit edilmiştir. Aigster vd. (2011), dirençli nişasta eklenerek tahıl bazlı barların fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri incelemiştir. Sonuç olarak barın nem miktarını %7,14 olarak tespit etmiştir. Akder (2023) yılında yaptığı çalışmada sükroz ile tatlandırılan keklerde nem miktarı en düşük bulunmuştur.

Demir vd., 2019 yılında yaptığı bir araştırmada ise formülasyonunda bal püskürtmeli bir kurutucu kullanılarak şeker ve farklı oranlarda ikame edilmesiyle üretilen kek örneklerinde kimyasal, duyuşal ve fiziksel özelliklerine bakılmıştır. Bal tozu %25, %50, %75 ve %100 oranlarında şeker yerine ikame olarak kullanılmıştır ve kek formülasyonuna bal tozu oranının artmasıyla nem içeriklerinin arttığı görülmektedir. Yaptığımız çalışmada da granola barlara pekmez ve bal eklenmesiyle nem oranı artmıştır.

Nem miktarı sonuçlarındaki farklılığın sebebi şekerlerin hidroksil grupları

nedeniyle su ile hidrojen bağı kurduğu için bal, pekmez çeşitleri sükroza göre daha fazla fonksiyonel grup içermesi daha fazla hidrojen bağı oluşmasına neden olmuş olabilir. Daha fazla hidrojen bağı ise serbest suyun hareketliliğinin azalmasına ve dolayısıyla nem miktarının artmasına yol açmış olabilir (Ayoubi vd., 2017).

Kül miktarı besinlerin yanması sonucu oluşur ve geride kalan kül mineral maddelerin olduğunu kanıtlar. Şeker ve şeker ikameleri eklenerek yapılan granola barların külmiktarları büyükten küçüğe doğru sırasıyla **keçiboynuzu pekmezi> üzüm pekmezi> dut pekmezi> çam balı> çiçek balı> sükroz (esmer şeker)** ile tatlandırılan granola barlardır (Bkz. Çizelge 3.4). Aşkin (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, bal, elma pekmezi ve nar pekmezi kullanılarak hazırlanan barların kül değerleri %1,66 ila %2,02 arasında değiştiği rapor edilmiştir. En düşük kül değeri %1,66 ile bal eklenerek yapılan barda tespit edilirken, en yüksek kül değeri ise %2,02 olarak elma pekmezi eklenerek yapılan barda tespit edilmiştir. TKG Pekmez Tebliği'ne (2017) göre, sıvı üzüm pekmezi için toplam kül miktarı en fazla %2,5 olmalıdır. Bizim çalışmamızda, pişirilmesine rağmen üzüm pekmezi eklenerek yapılan granola barın kül içeriği %2,4 olarak ölçülmüştür ve Türk Gıda Kodeksi'ne (2017) uygun bulunmuştur.

Dutcosky vd. (2005), yaptığı bir çalışmada, prebiyotik özellikli tahıl çubukları geliştirilmiştir ve duyuusal, kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Sonuç olarak tahıl çubuklarının kül miktarı %1,51 olarak tespit edilmiştir. Sun-Waterhouse ve arkadaşlarının (2010) çalışmasında ise lif ve polifenol içeriği yüksek snack barların geliştirilmesi amaçlanmıştır. Snack barların kül miktarının hesaplandığı başka bir çalışmada ise %0,71 ila %0,89 arasında bulunmuştur.

Bilgiçli ve ekibinin (2009) yaptıkları araştırmada ise kek üretiminde rafine şeker yerine farklı pekmezlerin (dut, kayısı, andız, üzüm ve karpuz) kullanılmasıyla bazı kimyasal ve besinsel özelliklere bakılmıştır. Pekmez ilavesiyle üretilen keklerde kül ve mineral içeriğinin arttığı tespit edilmiştir.

Akşin (2016), tahıllı barların analizine yönelik çalışmasında, pekmez ilave edilen barların kül miktarının bal ilave edilen barlara kıyasla daha fazla olduğu bulunmuştur.

Yaptığımız çalışmadaki kül miktarları literatürle uyumludur. Kontrol grubu olan sükrozla (esmer şeker) yapılan granola barın kül içeriğinin düşük olması mineral

içeriğinin daha düşük olmasıyla açıklanabilir. Çalışmamıza ve literatür taramasına göre pekmezele yapılan barların kül içeriği daha yüksektir bu pekmezin mineral içeriğinin bal ve sükroza (esmer şeker) göre daha yüksek olduğula açıklanabilir. Pekmezler arasındaki kül miktarı farkıise pekmezlerin hammaddelerinden kaynaklı olabilir.

Akşin'in (2016) çalışmasında, şeker ve şeker ikameleri eklenerek yapılan granola barların yağ miktarları %18,52 ile %26,30 arasında değişmektedir. Aynı çalışmada, bal, elma pekmezi ve nar pekmezi kullanılarak hazırlanan barların yağ miktarları ise %12,07 ile %12,18 arasında değiştiği gözlenmiştir. Flynn vd. (2010), çalışmasında tahıllı barın yağ içeriğinin %15,9 olduğu rapor edilmiştir. Aigster vd. (2011), dirençli nişasta kullanılarak yaptığı barlarda ise yağ miktarının %18,6 olduğu belirtilmiştir.

Yaptığımız çalışma sonucunda bulduğumuz ortalama yağ değerleri, Aigster vd. (2011), bulduğu ortalama değere oldukça yakın ve çalışmamızı destekler niteliktedir (Bkz. Çizelge 3.5). Akşin (2016), bulduğu ortalama değerler ise çalışmamızdan düşük bulunmuştur. Bunun sebebi bizim çalışmamızın baz aldığı çalışmanın (Kiat vd., 2021) formülasyonunda tereyağının bulunması olabilir.

HMF daha önce de bahsedildiği gibi uzun süredir gıdaların üretiminde uygunsuz saklama koşulları, depolama sıcaklıkları ve süreleri, ısıtma işlem yoğunluğu gibi koşulların göstergesi olarak kullanılmaktadır (Kuşçu vd., 2021). Bununla birlikte ürünlerde saptanan HMF sadece ısıtma işlem uygulanmasının bir belirteci değildir. Aynı zamanda toksik etki yaratabilecek bir kirletici olarak da çalışmalara konu olmuştur (Kowalski vd., 2013). Şeker ve şeker ikameleri eklenerek yapılan granola barların HMF miktarları büyükten küçüğe doğru sırasıyla **çiçek balı> keçiyoynuzu pekmezi> dut pekmezi> sükroz (esmer şeker)> üzüm pekmezi> çam balı** ile tatlandırılan granola barlardır (Bkz. Çizelge 3.6). TKG Bal Tebliği'ne göre baldaki HMF miktarı 40 mg/kg ile sınırlanmıştır. Yaptığımız bu çalışmada, fansız fırında orta bölümde 150 derecede 30 dk fırında kalan granola barların pişilmesine rağmen HMF değeri <40 mg/kg altında bulunmuştur. Mihçioğlu (2023) tarafından fit barlarda HMF düzeyinin belirlenmesini amaçlayan çalışmada HMF miktarlarına bakıldığı zaman, fit bar örneklerinde 1,0 – 1295,2 mg/kg aralığında yer aldığı görülmüştür.

Çoşkun'un (2023) yaptığı bir çalışmanın sonuçlarına bakıldığında bal örnekleri arasındaki çam ballarının HMF değerleri ortalaması 10,19 mg/kg olarak tespit

edilmiştir. Farklı bölgelerdeki çam balları üzerinde HMF miktarlarını saptantandığı bir başka çalışmada ise HMF miktarının değişim aralığının 0,17 mg/kg ile 6,64 mg/kg olduğu bulunmuştur (Bilgen, 2010). Yaptığımız çalışmadaki çam balı içeren granola barın HMF miktarı, bu çalışmalara göre daha fazla bulunmuştur. Bu farklılığın sebebi bizim çalışmamızda kullandığımız çam balının granola bara eklenip pişirilmesiyle HMF değerinin artmasıyla açıklanabilir.

Çiçek balı ile tatlandırılan granola bar örneğinin HMF değerinin en yüksek, çam balı ile tatlandırılan granola bar örneğinin HMF değerinin en düşük olması, yapılanın kullanılan doğal balların sakkarozdan asit hidrolizi ile üretilmiş invert şurupla karıştırılmış olabileceğini akla getirmektedir (Wu vd., 2020).

Analize alınan üzüm pekmezi, dut pekmezi ve keçiboynuzu pekmezi eklenerek yapılan granola barların HMF miktarı 75 mg/kg'dan düşük bulunmuştur bulduğumuz değerler pişirilmesine rağmen pekmez tebliğinden daha düşük bulunmuştur.

Çoşkun'un (2023) yaptığı çalışmada, pekmez örnekleri arasında üzüm pekmezlerinin HMF değerlerinin 17,40 – 113,29 mg/kg aralığında, keçiboynuzu pekmezlerinin HMF değerlerinin 1,39 – 23,70 mg/kg aralığında, dut pekmezlerinin ise 6,71 – 95,39 mg/kg aralığında bulunduğu gözlemlenmiştir. Çalışmamızdaki pekmez kullanılarak yapılan granola barlardaki HMF miktarının bu çalışmayla uyumlu olduğu belirlenmiştir (Bkz. Çizelge 3.6).

Yaptığımız çalışmada keçiboynuzu pekmezi ile tatlandırılan granola barın pH oranı ve HMF oranı diğer pekmez örneklerine göre daha yüksek bulunmuştur (Bkz. Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.6). Bunun sebebi, ürünlerin pH değerleri arttıkça HMF gelişiminin artması ve keçiboynuzu pekmezi üretilirken kullanılan asit düşürme sebebiyle orijinal meyveden daha yüksek olmasıyla açıklanabilir (Tosun vd., 2003).

Farklı çalışmalarda benzer gıdalar için belirlenen HMF düzeylerinin birbirinden oldukça farklı olduğu görülmektedir. HMF tayininde kullanılan yöntemin (kalorimetrik analiz veya HPLC) farklı olması bu durumun nedenlerinden biri olabilir. Ayrıca ısı işlem görmüş gıdalarda HMF oluşumu işlem sıcaklığı, pH, su aktivitesi, şeker tipi ve ortamda fenolik bileşen varlığı gibi birçok faktörle ilişkili olması da bulunan sonuçların çeşitliliğine yol açmış olabilir (Tounsi vd., 2020).

Granola barlarda HMF miktarının saptanmasına dair literatürde çok az çalışma

yapılmıştır. Bu konu üzerine yapılan çalışmaların az olması kapsam alanının daralmasına sebep olmuştur. Bu yüzden çalışmamızda karşılaştırmalar yapılırken pişmemiş bal ve pekmez türleri üzerine yapılan HMF analiz sonuçlarına bakılmıştır.

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Şeker tüketiminin artmasıyla birlikte obezite ve buna bağlı sağlık sorunlarının artışı, toplum ve sağlık uzmanlarının sağlıklı beslenmeye verdiği önemi giderek artırmaktadır. Bu durum, beslenme bilgisi, yeme alışkanlıkları ve davranışları ile besin tercihlerinde değişikliklere yol açabilmektedir. Son dönemlerde, basit şeker tüketimini azaltmak için şeker ikamelerinin gıdalarda kullanımına yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışma, "fit tarifler" adı altında, bal, pekmez gibi doğal tatlandırıcıları kullanarak ev yapımı ve sık tüketilen granola barlarının HMF (hidroksimetilfurfural) miktarını incelemeyi, halkı bilgilendirmeyi ve literatüre katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Altı farklı granola bar örneği üzerinde fiziksel ve kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonuçları ve ortaya çıkan bulgular ile öneriler aşağıda özetlenmiştir.

Çalışmamız sonucunda şeker ve şeker ikameleri ile tatlandırılan granola barlarda çiçek balı, esmer şeker, çam balı ile tatlandırılan granola barlar üzüm pekmezi, dut pekmezi, keçiboynuzu pekmezi ile tatlandırılan granola barlara göre daha parlaktır. Granola barların renk analizi değerlerindeki farklılık kullanılan şeker ikamelerinin renk değerlerinin farklı olmasından kaynaklanabilir.

Şeker ikameleri içeren tüm granola barların nem değeri kontrol grubuna kıyasla yüksek bulunmuştur. En yüksek nem değeri üzüm pekmezi ile ikame edilen granola bara aittir. Besinlerdeki nem miktarı kalite göstergelerinden birisidir ve unlu mamullerde arzu edilen duyuşsal özelliklerden biridir fakat gıdalardaki nem değeri mikrobiyolojik bozulmaları tetikleyeceğinden dolayı nem değeri yüksek olan granola barların (üzüm pekmezi, dut pekmezi, keçiboynuzu pekmezi) hızlı bir şekilde tüketilmesi önerilebilir. Kontrol grubu olan sükrozla (esmer şeker) yapılan granola barın kül içeriği şeker ikameleriyle yapılan granola barlardan daha düşük bulunmuştur. Bu durum sükroz (esmer şeker) içeren granola barın mineral içeriğinin daha düşük olmasıyla açıklanabilir.

Fit barların içeriğindeki HMF değeri için özel bir tebliğ bulunmaması nedeniyle, yaptığımız araştırmada TGK'nin Bal ve Pekmez Tebliği'ne başvurulmuştur. Tatlı ürünlerin ısıtılma işlem aşamasında Maillard Reaksiyonu sırasında HMF oluştuğu göz önüne alınmıştır. Araştırmada, en yüksek HMF değeri çiçek balı ile tatlandırılan granola

barında bulunmuştur. Bulunan HMF değerleri, TKG'nin Bal ve Pekmez Tebliği'ne göre düşük olsa da, şeker ikamelerinin kullanımının sağlık açısından potansiyel tehlike yaratmadığını düşündürmektedir. Ancak, 150°C'de 30 dakika boyunca uygulanan ısı işlem, bal ve pekmez içeriğindeki indirgen şeker miktarını ve ürüne uygulanan yüksek sıcaklıkların ve sürenin HMF oluşumunu artırabileceği bilinmelidir. HMF miktarı diyetle alınan sınırlar içeriğinde tüketildiği zaman önemli bir olumsuz etkisi olmamasına rağmen aşırı tüketiminde sağlık üzerinde olumsuz etkilerinin (kanserojen, mutajenik, genotoksik vb.) olduğunu unutulmamalıdır. Bu nedenle, fırıncılık ürünlerinde pekmez ve bal kullanımına dikkat edilmelidir.

Granola barlarda ve unlu gıdalarda yapılan çalışmalara bakıldığında HMF miktarının farklı değerlerde olduğu görülmüştür. Bu kullanılan ürünün üretim, hazırlama, depolama vb. aşamalarında kullanılan ısı işlemin derecesi ve bekleme süresine göre değişmesiyle açıklanabilir. Bu yüzden şeker ve şeker ikameleri kullanarak yapılan çalışmaların sayısı arttırılmalıdır. HMF'nin diyet ile maruziyetine ait çalışmaların da kısıtlı olmasıyla beraber sağlık üzerine etkileri için net konuşulamamakta bu yüzden bu konu üzerinde de çalışma sayısının arttırılıp halkı bilinçlendirmek önemlidir.

## KAYNAKLAR

AACC. (2010). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 11th ed. American Assoc. of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota.

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.

Acun, S., Gül, H., Ulutürk, Ş., Çevik, H. E., & Yaver, Y. (2024). Şeker İkamesi Olarak Doğal Tatlandırıcılar ile Glutensiz Muffin Kek Üretimi ve Kalite Değerlendirmesi. *Aydın Gastronomy*, 8(1), 15-30.

Aigster, A., Duncan, S. E., Conforti, F. D., & Barbeau, W. E. (2011). Physicochemical properties and sensory attributes of resistant starch-supplemented granola bars and cereals. *LWT-Food Science and Technology*, 44(10), 2159-2165.

Akder N. R, (2023). Farklı şeker ikamelerinin keklerin kalite özellikleri ve hidroksimetil furfural (HMF) düzeylerine etkisi. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi.

Aksu, M.İ. ve Nas, S. (1996). Dut Pekmezi Üretim Tekniği ve Çeşitli Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri. *Gıda*, 21 (2):83-88. 43.

Almasaudi, S. (2021). The antibacterial activities of honey. *Saudi journal of biological sciences*, 28(4), 2188-2196.

Alpözen, E., (2009). Balda Hidroksimetilfurfural Oluşumu, Arıcılık Araştırma Dergisi Sayı:1 24-25.

Ames, C. (1992). Classrooms: Goals, structures, and student motivation. *Journal of educational psychology*, 84(3): 261.

Anon 2011. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://apps.fao.org/page/collections?subset=agriculture>.

AOAC. (1990). (Association of Official Analytical Chemists). Official methods of analysis. In: Aoac Washington, DC.

Aşkin, B. (2016). *Tahıllı barlarda bağlayıcı madde olarak çeşitli pekmezlerin kullanımı ve bazı özelliklerinin belirlenmesi* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Ayoubi, A. and Porabolghasem, M. (2017). Substituting sugar with date syrup in cupcake. *Iranian Food Science & Technology Research Journal*, 13(5), 808-819.

Baş, N., Pathare, P. B., Catak, M., Fitzpatrick, J. J., Cronin, K., & Byrne, E. P. (2011). Mathematical modelling of granola breakage during pipe pneumatic conveying. *Powder Technology*, 206(1-2), 170-176.

Batu, A. (2006). Klasik Ve Modern Yönteme Göre Sıvı Ve Beyaz Katı Üzüm Pekmezi (Zile Pekmezi) Üretimi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2006 (2) 9-26.

Batu, A., Aydoymuş, R. E., & Batu, H. S. (2014). Gıdalarda hidroksetilfurfural (HMF) oluşumu ve insan sağlığı üzerine etkisi. *Electronic Journal of Food Technologies*, 9(1), 40-55.

Bilgiçli, N. and Akbulut, M. (2009). Effects of different pekmez (fruit molasses) types on chemical, nutritional content and storage stability of cake. *Journal of Food Quality*, 32(1), 96-107.

Camire, M. E., & Dougherty, M. P. (2003). Raisin dietary fiber composition and in vitro bile acid binding. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(3), 834-837.

Capuano, E., Fogliano, V. (2011). Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural (HMF): A review on metabolism, toxicity, occurrence in food and mitigation strategies, *Food Science and Technology*, 44, 793-810.

Celis, L. P. C. Y., Rooney, L., McDonough, C., & Production, F. (1996). A ready-to-eat breakfast cereal from food-grade sorghum. *Cereal Chemistry*, 73, 108-114.

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.

Cortés, C., Esteve, M. J., & Frígola, A. (2008). Color of orange juice treated by high intensity pulsed electric fields during refrigerated storage and comparison with pasteurized juice. *Food control*, 19(2), 151-158.

Coşkun, A. S. (2023). *Piyasadaki bazı bal, reçel ve pekmezlerin HMF miktarının yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) ile belirlenmesi* (Master's thesis, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi).

Coşkuner, G. (2023). *Kuru Kayısı Diyet Liflerinin Kalın Bağırsak Mikroorganizmaları Tarafından Fermente Edilebilirliklerinin In Vitro Şartlar Altında Belirlenmesi* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Cottrell, R. C. (2012). Sugar: an excess of anything can harm. *Nature*, 483(7388), 158-158.

Çağındı, Ö. (2009). Ayçiçeği, keten tohumu, yulaf ve mürdüm eriği kurusu ile zenginleştirilmiş sütlü, acı (bitter) ve beyaz çikolataların raf ömrü boyunca bazı fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerinin araştırılması. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir, 346 s

ÇAKMAKÇI, S., Çelik, K., Ertem, H., & ÇALIŞKAN, H. (2020). Tereyağı olarak satılan yağlarda bazı hileler ve kalite özelliklerinin tespiti: Erzurum örneği. *Gıda*, 45(4), 800-813.

Çınar, B. S., (2010). Türk Çam Balının Analitik Özellikleri, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 81s.

Czabaj, S., Kawa-Rygielska, J., Kucharska, A. Z., & Kliks, J. (2017). Effects of mead wort heat treatment on the mead fermentation process and antioxidant activity. *Molecules*, 22(5), 803.

Dadkhah, A., Hashemiravan, M. & Seyedain-Ardebili, M. (2012). Effect of shortening replacement with nutrim oat bran on chemical and physical properties of shortened cakes. *Annals of Biological Research*, 3(6), 2682-2687.

Dağ, Ş. R. O. ve Özkan, A. M. G. (2019). Kinoa (Chenopodium quinoa Willd.) Üzerine Bir Derleme. *Ankara Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 43(3), 309-333.

Demir, M. K. ve Kılınç, M. (2019). Bal tozu ikamesinin kek kalitesi üzerine etkisi. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1(1), 53-58.

Demirağ K., Yılmaz H. ,2009. Gıda Güvenliği, Sürdürülebilirliği ve Yerel Yönetimler.

Dikmen, D. (2015). Sert kabuklu kuruyemişler ve sağlık üzerine etkileri. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 43(2), 174-182.

Dikyokuş, H. (2022). *Arı ürünleri ile zenginleştirilmiş karabuğday granola üretiminin yanıt yüzey yöntemiyle optimizasyonu* (Doctoral dissertation, Bursa Uludağ University (Turkey)).

Doğan, M. (2013). Ege bölgesinde üretilen hayıt ve çam ballarında ısıtmanın ve depolama süresinin hidroksimetilfurfural miktarı ve diastaz sayısı üzerine etkileri (Master's thesis, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Dumlupınar, Z. (2010). Türkiye orijinli yerel yulaf genotiplerinin avenin proteinleri ile morfolojik, fenolojik ve agronomik özellikler yönünden karakterizasyonu. [Doktora Tezi]. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.

Durling LJK, Busk L, Hellman BE (2009). Evaluation of the DNA damaging effect of the heat-induced food toxicant 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) in various celllines with different activities of sulfotransferases. *Food and Chemical Toxicology* 47: 880-884.

Dutcosky, S. D., Grossmann, M. V. E., Silva, R. S. S., & Welsch, A. K. (2006). Combined sensory optimization of a prebiotic cereal product using multicomponent mixture experiments. *Food chemistry*, 98(4), 630-638.

EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). (2011). Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to nuts and essential fatty acids (omega-3/omega-6) in nut oil (ID 741, 1129, 1130, 1305, 1407) pursuant to Article 13 (1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA journal*, 9(4), 2032.

EFSA, E. (2021). Tolerable upper intake level for dietary sugars. *Alimentos Hoy*, 29(54), 76-79.

EFSA. (2021, July 22). EFSA explains draft scientific opinion on a tolerable upper intake level for dietary sugars.

Elmastas, A., Aydin, F., Umaz, A., Kılinc, E., Arslan, Y., & Aydin, 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* (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Erdoğan, S. L., Çetintaş, Y., Barut, Y. T., Süfer, Ö., Koç, G. Ç., & Yüksel, A. N. (2024). Exploring Granola Production Through Oven And Microwave Baking With Different Sweeteners In Trendy Breakfast Cereal.

European Food Safety Authority (EFSA), Maxim, L., Mazzocchi, M., Van den Broucke, S., Zollo, F., Rasche, M., ... & Smith, A. (2022). *EU Insights study on consumers and dietary sugars* (Vol. 19, No. 3, p. 7213E).

Fiore, A., Troise, A. D., Ataç Mogol, B. e., Roullier, V., Gourdon, A., El Mafadi Jian, S., Hamzalıoğlu, B. A. l., Gökmen, V. & Fogliano, V. (2012). Controlling the Maillard reaction by reactant encapsulation: sodium chloride in cookies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(43), 10808-10814.

Flynn, C.S., Foster, K.D., Bronlund, J.E., Lentle, R.G., Jones, J.R., Morgenstern, M.P., 2010. Identification of Multiple Compartments Present During the Mastication of Solid Food. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 56, 345-352.

Food and Drug Administration (FDA). (1997). Food labeling: Health claims; oats and coronary heart disease. Final Rule. Federal Register, 62: 3583-3601. <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-1997-01-23/pdf/97-1598.pdf>.

Food, U. S. Drug Administration. Qualified Health Claims: Letter of Enforcement Discretion-Nuts and Coronary Heart Disease (Docket No 02P-0505) 2003.

Gao, J., Brennan, C.S., Mason, S.L., Brennan, M.A., (2016). Effect of sugar replacement with stevianna and inulin on the texture and predictive glycaemic response of muffins. *International Journal of Food Science and Technology*, 51, 1979-1987.

Gao, J., Brennan, M. A., Mason, S. L. & Brennan, C. S. (2017). Effects of sugar substitution with “stevianna” on the sensory characteristics of muffins. *Journal of Food Quality*, 2017.

Genç, S. (2017). Endüstriyel pekmez üretim sürecinde enerji analizi. *Akademik Gıda*, 15(1), 51-59.

Glowka, A. W. (1985). The Continuing Story of-Ola. *American Speech*, 60(2),

150-156.

Godoy, C. A., Valderrama, P., & Boroski, M. (2022). HMF Monitoring: Storage Condition and Honey Quality. *Food Analytical Methods*, 15(11), 3162-3176.

Gökmen, V. and Morales, F. (2014). Processing contaminants: hydroxymethylfurfural. In Y. Motarjemi (Ed.), *Encyclopedia of Food Safety* (Vol. 2). Elsevier.

Güler, Z. (2005). Doğu Karadeniz Bölgesinde üretilen balların kimyasal ve duyuşsal nitelikleri. *Gıda*, 30(6).

Gülsoy, E., ERTÜRK, Y., & Şimşek, M. (2016). Türkiye lokal badem (*Prunus amygdalus* L.) seleksiyon çalışmaları. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 26(1), 126-134.

Hedayati, S., Ansari, S., Javaheri, Z., Golmakani, M. T., & Ansarifard, E. (2022). Multi-objective optimization of cakes formulated with fig or date syrup and different hydrocolloids based on TOPSIS. *LWT*, 171, 114088.

Helvacioğlu, S., Charehsaz, M., Güzelmeriç, E., Türköz, A. E., Yeşilada, E., & Aydın, A. (2018). Comparatively investigation of grape molasses produced by conventional and industrial techniques. *Marmara pharmaceutical journal*, 22(1), 44-51.

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).

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>

Hodge, J.E. (1953). Dehydrated foods, chemistry of browning reactions in model systems. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 1(15), 928-943. <https://doi.org/10.1021/jf60015a004>

Janzowski, C., Glaab, V., Samimi, E., Schlatter, J., & Eisenbrand, G. (2000). 5-Hydroxymethylfurfural: assessment of mutagenicity, DNA-damaging potential and

reactivity towards cellular glutathione. *Food and chemical toxicology*, 38(9), 801-809.

Johnson, R. K., Appel, L. J., Brands, M., Howard, B. V., Lefevre, M., Lustig, R. H., ... & Wylie-Rosett, J. (2009). Dietary sugars intake and cardiovascular health: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 120(11), 1011-1020.

Karahan Yılmaz, S. (2017). Erzincan İlinde Üretilen Balların Biyokimyasal Özellikleri. *Journal Of Agricultural Faculty Of Gaziosmanpasa University*, 34(2017–2): 36–42.

KARAMAN, R., AKGÜN, İ., & TÜRKAY, C. (2020). İnsan beslenmesinde alternatif besin kaynağı: Yulaf. *Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi*, 2(2), 78-85.

Karatas, N. (2022). Evaluation of nutritional content in wild apricot fruits for sustainable apricot production. *Sustainability*, 14(3), 1063.

Karataş, N. & Şengül, M. (2018). Dut Pekmezinin Bazı Kimyasal Ve Fiziksel Özellikleri İle Antioksidan Aktivitesi Üzerine Depolamanın Etkisi. *Türk 54 Tarım Ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5 (1).

Kaya, C., Yıldız, M., Hayoğlu, İ., ve Kola, O. (2005). Pekmez Üretim Teknikleri. GAP VI. Tarım Kongresi, 1482-1490.

Kazancı, M. (2021). *Formülasyonunda şeker yerine pekmez ve bal kullanılarak üretilen bazı fırıncılık ürünlerinde akrilamid oluşumunun araştırılması* (Master's thesis, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi).

Kılınç, M. (2015). *Püskürtülerek kurutulmuş bal tozunun bisküvi üretiminde şeker ikamesi olarak kullanım olanakları* (Master's thesis, Necmettin Erbakan University (Turkey)).

Kıvanç, S. Ö. (2013). Süne-Kımıl (*Eurygaster* spp. ve/veya *Aelia* spp.) Zararı Görmüş Unların Kek, Bisküvi ve Ekmeklerde Akrilamid ve Hidroksimetilfurfural (HMF) Oluşumuna Etkisi.

Kiat, I. C. C., Adnan, S. Y., Maliki, S., Seleh, A. A., Usit, K., & Idek, S. (2021). PROMOTING FRUIT CONSUMPTION THROUGH GRANOLA BARS OF A TROPICAL FLAVOUR.

Kibar, H. (2006). Bazı fındık çeşitlerinde ürün nem kapsamı ile depolama etkili ürün şev karakteristikleri arasındaki ilişkiler. [Yüksek Lisans Tezi]. Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı, Ondokuz Mayıs Üniversitesi.

Koszucka, A. and Nowak, A. (2019). Thermal processing food-related toxicants: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(22), 3579-3596.

Kowalski, S., Lukaszewicz, 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.

Köksal O. 2016. Erzincan'dan Erzurum'a yol gider; Clavijo'dan Evliya Çelebi'ye seyyahların penceresinden şehrin sosyoiktisadi panoraması. Uluslararası Erzincan Sempozyumu (Cilt 1), 28 Eylül-1 Ekim 2016, Erzincan, Türkiye, ss: 293-299

Kroh, L. W., 1994. Caramelisation in food and beverages. *Food Chemistry*, 51, 373-379.

Kuşçu, A., & Bulantekin, Ö. (2021). Determination of phenolics, organic acids, minerals and volatile compounds of jujube (*Ziziphus jujuba miller*) jam produced by under vacuum evaporation compared with open pan method. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(2), 1127-1138.

Küçük, A. Y. (2021). *Keçiboynuzu özü adı altında satışı sunulan ürünün bazı kimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve keçiboynuzu pekmezi ile karşılaştırılması* (Master's thesis, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi).

Küçük, A. Y., & Velioğlu, S. D. (2022). Determining some chemical properties of the product marketed under the name of "carob extract" and comparison with carob pekmez.

LaGrange, V., & Sanders, S. W. (1988). Honey in cereal-based new food products. *Cereal foods world (USA)*.

LaGrange, V., Ropa, D., & Mupoperi, C. (1991). US food industry is «sweet» on honey.

Li, Z., Yuan, Y., Yao, Y., Wei, X., Yue, T. & Meng, J. (2019). Formation of 5-

hydroxymethylfurfural in industrial-scale apple juice concentrate processing. Food Control, 102, 56-68.

Liesse, J. (1993). Kellogg, Alpo, top hot new products list. *Advertising Age*, 64(1), 14-21.

Maillard, L. (1912). Réaction générale des acides aminés sur les sucres. *Journal de Physiologie*, 14, 813.

Malaslı, MZ., Altıkat, S. & Çelik, A. (2012). Iğdır İli Kayısı Tarımının Mekanizasyon Sorunları ve Çözüm Önerileri. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 47-54.

Martins, F. C., Alcantara, G. M., Silva, A. F. S., Melchert, W. R. & Rocha, F. R. (2022). The role of 5- hydroxymethylfurfural in food and recent advances in analytical methods. *Food Chemistry*, 395, 133539.

McGuire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27(12), 1254-1255.

METİN, D. Z. E. ANKARA PİYASASINDA SATIŞA SUNULAN NAR EKŞİSİ, NAR EKŞİSİ SOSU VE ÜZÜM PEKMEZLERİNİN HİDROKSİMETİLFURFURAL DÜZEYİNİN SAPTANMASI.

Megala P, Hymavathi TV. Inulin and fructooligosaccharides incorporated functional fruit bars. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 2011; 59: 393- 398

Mıhcıoğlu, M. (2023). *Fit barlarda hidroksimetilfurfural (HMF) içeriğinin ve in vitro sindirim modeli ile HMF biyoerişilebilirliğinin araştırılması* (Master's thesis, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi).

Murat, B. D. (2021). *Glutensiz Fonksiyonel Bar Üretimi ve Bazı Kalite Özelliklerinin İncelenmesi* (Master's thesis, Marmara Üniversitesi (Turkey)).

Nip, W.K.,(2014). Sweeteners. *Bakery Products: Science and Technology* (ed:W. Zhou& Y.H. Hui). Pp. 137– 160. Oxford: WileyBlackwell. ISBN: 978-1-119-96715-6.

NUMANOĞLU, E. N., & ÇELİK, A. G. (2018). Antioksidanların enzimatik

esmerleşme üzerine etkileri. *Bilim Armonisi*, 1(1), 3-9.

Olmo-Cunillera, A., Escobar-Avello, D., Pérez, A. J., Marhuenda-Muñoz, M., Lamuela-Raventós, R. M., & Vallverdú-Queralt, A. (2019). Is eating raisins healthy?. *Nutrients*, 12(1), 54.

Özcan, S. (2023). *Gıda üretiminde hammadde karışım değerlerinin matematiksel modelleme ile bulunması= Finding raw material mixture values in food production by mathematical modeling* (Master's thesis, Sakarya Üniversitesi).

Özer, E., A., 2007. Ekstrüzyon Yöntemiyle Besleyici Değeri Yüksek Çerez Tipi Fonksiyonel Bir Ürün Geliştirme, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 236 S

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>

Öztürk, Ş., Öztürk, E., ve Uyar, Ö. (2022). Karadeniz fındık ve mamulleri ihracatçılar birliği uygulamalı fındık rehberi (1. baskı). Erol Ofset Matbaacılık Yayıncılık.

Palamutoğlu, R., Kasnak, C. & Moral, B. (2018). Şeker ikamesi olarak stevya estraktı kullanımının keklerin bazı fiziksel ve duyuşal özellikleri üzerine etkisi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 8(1), 98-108.

Pastoriza de la Cueva, S., Álvarez, J., Végvári, Á., Montilla-Gómez, J., Cruz-López, O., Delgado-Andrade, C., & Rufián-Henares, J. A. (2017). Relationship between HMF intake and SMF formation in vivo: An animal and human study. *Molecular nutrition & food research*, 61(3), 1600773.

Petisca C, Henriques AR, Pérez-Palacios T et al. (2013). Study of hydroxymethylfurfural and furfural formation in cakes during baking in different ovens, using a validated multiple-stage extraction-based analytical method. *Food Chemistry* 141(4):3349-3356.

Petisca, C., Henriques, A., Pérez-Palacios, T., Pinho, O. & Ferreira, I. (2014). Assessment of hydroxymethylfurfural and furfural in commercial bakery products.

Journal of Food Composition and Analysis, 33(1), 20-25.

Pita-Calvo, C., & Vázquez, M. (2017). Differences Between Honeydew And Blossom Honeys: A Review. *Trends In Food Science & Technology*, 59: 79–87.

Powell, Horace B. (1956). *The Original Has His Signature*-W K. Kellogg.  
Englewood Cliffs: Prentice-Hall

Rufian-Henares, J. A., & De la Cueva, S. P. (2008). Assessment of hydroxymethylfurfural intake in the Spanish diet. *Food Additives and Contaminants*, 25(11): 1306-1312.

Salık, M. A., Arslaner, A., & Çakmakçı, S. (2021). Determination of some physical, chemical and antioxidant properties of Erzincan traditional mulberry pekmez (molasses).

Sarı, N., ve Ünay, A. (2013). Bazı yulaf genotiplerinin beta glukan içeriğinin kümeleme analizi ile değerlendirilmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi* 22 (1): 6-12.

Selahattin, G. (2022). Mitigation of acrylamide formation in bakery products by using asparaginase enzyme.

Sethupathy, P., Suriyamoorthy, P., Moses, J. A., Chinnaswamy, A. (2020). Physical, sensory, in-vitro starch digestibility and glycaemic index of granola bars prepared using sucrose alternatives, *International Journal Of Food Science And Technology*, 55, 348– 356. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14312>

Shahidi, F., & Tan, Z. (2013). Raisins: Processing, phytochemicals, and health benefits. *Dried Fruits*, 372-392.

Shapla, U. M., Solayman, M., Alam, N., Khalil, M. I. & Gan, S. H. (2018). 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) levels in honey and other food products: effects on bees and human health. *Chemistry Central Journal*, 12(1), 1-18.

Singh, J., Sharma, B., Madaan, M., Sharma, P., Kaur, T., Kaur, N., ... & Rasane, P. (2020). Chia seed-based nutri bar. *Current Science*, 118(9), 1394-1400.

Sun-Waterhouse, D., Teoh, A., Massarotto, C., Wibisono, R., & Wadhwa, S.

(2010). Comparative analysis of fruit-based functional snack bars. *Food chemistry*, 119(4), 1369-1379.

Şahinler, N., & Şahinler, S. (2017). Isıl İşlem Uygulamanın Balın Yapısı Ve Kalitesi Üzerine Etkileri. 4th International Anatolian Agriculture, Food, Environment And Biology Congress.

Şimşek, M., & Gülsoy, E. (2016). Ceviz ve İçerdiği Yağ Asitlerinin İnsan Sağlığı Açısından Önemi Üzerine Yapılan Bazı Çalışmalar. *Journal of the Institute of Science & Technology/Fen Bilimleri Estitüsü Dergisi*, 6(4).

T.C. Sağlık Bakanlığı, Türkiye Beslenme Rehberi (TÜBER) 2015. T.C. Sağlık Bakanlığı Yayın No: 1031, Ankara 2016.

Te Morenga, L. A., Howatson, A. J., Jones, R. M., & Mann, J. (2014). Dietary sugars and cardiometabolic risk: systematic review and meta-analyses of randomized controlled trials of the effects on blood pressure and lipids. *The American journal of clinical nutrition*, 100(1), 65-79.

Telatar, K. Y. (1985). Elma Suyu ve Konsantrelerinde Hidroksimetilfurfural (HMF), I. Farklı Elma Çeşitlerinin Elma Suyu ve Konsantresine İşlenmesi Süresinde HMF Oluşumu. *Gıda*, 10(4).

Tetik, N. , Turhan, İ. , Karhan, M. & Öziyici, H. R. (2010). Keçiboynuzu Pekmezinin Karakteristiği Ve 5-Hidroksimetilfurfural İçeriği (İngilizce) . *Gıda*, 35 (6): 417-422.

Toker, O. S., Dogan, M., Ersöz, N. B., & Yilmaz, M. T. (2013). Optimization Of The Content Of 5-Hydroxymethylfurfural (Hmf) Formed In 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.Indcrop.2013.05.030

Torley, P., De Boer, J., Bhandari, B., Kasapis, S., Shrinivas, P. & Jiang, B. (2008). Application of the synthetic polymer approach to the glass transition of fruit leathers. *Journal of Food Engineering*, 86(2), 243-250.

Tosun I., Ustun S. (2003) Nonenzymic Browning During Storage Of White Hard

Grape Pekmez (Zile Pekmezi), FoodChemistry, Volume 80, Issue 4: Pages 441-443.

Tounsi, L., Ghazala, I. & Kechaou, N. (2020). Physicochemical and phytochemical properties of Tunisian carob molasses. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14, 20-30.

TSE. (2007) Türk Gıda Kodeksi Üzüm Pekmezi Tebliği (Tebliğ No: 2007/27, Resmi Gazete Tarihi: 15.06.2007, Resmi Gazete Sayısı: 26553). 44.

TÜRK GIDA KODEKSİ BAL TEBLİĞİ. (TEBLİĞ NO: 2012/58). Sayı:28366.

<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/07/20120727-12.htm>

Türk Gıda Kodeksi Üzüm Pekmezi Tebliği (Tebliğ No: 2017/8)

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

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*

Uçar, A. (2007). Geleneksel Türk Tadı: Pekmez. *Uluslararası Asya ve Kuzey Afrika Çalışmaları Kongresi*, 38, 10-15.

Ulbricht, R. J., Northup, S. J., & Thomas, J. A. (1984). A review of 5-hydroxymethylfurfural (HMF) in parenteral solutions. *Toxicological sciences*, 4(5), 843-853.

Ünlü, E. (2023). *Açıkta Satılan Kuru İncirlerin Mikrobiyal Florasının Araştırılması* (Master's thesis, Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü).

Van der Sman, R. and Renzetti, S. (2021). Understanding functionality of sucrose in cake for reformulation purposes. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(16), 2756-2772.

Vengateson, U., & Mohan, R. (2016). Experimental and modeling study of fluidized bed granulation: Effect of binder flow rate and fluidizing air velocity. *Resource-Efficient Technologies*, 2, S124-S135.

Wang, T. Y., Hsiao, H. I., & Sung, W. C. (2019). Quality function deployment modified for the food industry: An example of a granola bar. *Food science & nutrition*,

7(5), 1746-1753.

WHO. (2015). Guideline: Sugars intake for adults and children. Geneva: World Health Organization;18.

Windsor S., Kavazos K., Brooks, P. ,2013. The quantitation of hydroxymethylfurfural in Australian Leptospermum honeys. Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy, 5(1): 21-25

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

Yaman, N. (2019). Dut, keçiboynuzu ve üzüm pekmezlerine glukoz şurubu katılarak yapılan tağşişin fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) spektroskopisi ile tespiti (Yüksek Lisans Tezi), Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

Yaver, E. ve Ertaş, N. (2013). Yulafın bileşimi, hububat endüstrisinde kullanım alanları ve insan sağlığı üzerine etkileri. Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi, (13), 41-50

Yıldırım, A., Koyuncu, F., Tekintaş, E., & Yıldırım, F. A. (2008). Isparta bölgesinde selekte edilen badem (prunus amygdalus batsch.) genotiplerinin bazı kimyasal özellikleri ve yağ asitleri kompozisyonları.

YILDIZ, Z. (2023). Farklı Yöntemlerle Kurutulan Muz Halkalarının Renk Analizi. *Journal of Agriculture*, 6(1), 11-25.

Yılmaz, H. ve Küfrevioğlu, İ. 2001. Composition of Honeys Collected from Eastern and South-Eastern Anatolia and Effect of Storage on Hydroxymethylfurfural Content and Diastase Activity. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 25, 347-349

Yüksel, G. N. (2019). Şeker otu (Stevia rebaudiana) ve ürünlerinin kek ve kurabiyede şeker yerine kullanılabilirliğinin belirlenmesi.

Yürür, N. (1998). Serin İklim Tahılları-I. Uludağ Üniversitesi Yayınları, 7, 250

Zamora-Gasga, V. M., Bello-Pérez, L. A., Ortiz-Basurto, R. I., Tovar, J., & Sáyago-Ayerdi, S. G. (2014). Granola bars prepared with Agave tequilana ingredients:

Chemical composition and in vitro starch hydrolysis. *LWT-Food Science and Technology*, 56(2), 309-314.

Zhang, Y.-Y., Song, Y., Hu, X.-S., Liao, X.-J., Ni, Y.-Y. & Li, Q.-H. (2012).

Effects of sugars in batter formula and baking conditions on 5 hydroxymethylfurfural and furfural formation in sponge cake models. *Food Research International*, 49(1), 439-445.

## **BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ**

Yüksek lisans tezi olarak hazırladığım "Pekmez ve Bal ile Yapılan Granola Barlarda Hidroksimetilfurfural (HMF) İçeriğinin Belirlenmesi" adlı çalışmamın öneri aşamasından sonuçlandığı aşamaya kadar geçen süreçte bilimsel etiğe uyarak çalıştığımı beyan ederim. Tez içerisinde yer alan tüm bilgileri bilimsel çerçevede elde ettiğimi ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığımı, her kaynağa atıf yaptığımı beyan ederim.

İclal Şahiner

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

**AD-SOYAD:** İclal ŞAHİNER

### A. EĞİTİM

**Yüksek Lisans:** Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı, 2021-2024

**Lisans:** Ege Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik, İzmir, 2016- 2020

### B. YAYINLAR

#### Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Yayınlanan Bildiriler

1. Şahiner, İ., Ayakdaş G., Öğüt, S., Karaman, D., A., (2022). Dijitalleşmenin Gıda Güvenliğinde Yaşanan Değişimlere Etkisi. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi. International Young Researchers Student Congress, Şubat, 2022- Sözlü Bildiri.
2. Şahiner İ., Öğüt, S., (2023). Hedonik Açlık ile Obezite İlişkisi. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi. Young Researchers Student Congress, Haziran, 2023- Sözlü Bildiri