



T.C.

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GLUTENSİZ GRANOLA ÜRETİMİ ve ZERDAÇAL (*Curcuma Longa L.*) ve  
MAHLEP (*Prunus Mahaleb L.*) İLAVESİNİN ANTİOKSİDAN ÖZELLİKLERE  
ETKİSİ

**Gizem GÜNGÖR**

Prof. Dr. Duygu GÖÇMEN

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2019

**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ ONAYI

Gizem GÜNGÖR tarafından hazırlanan “Glutensiz Granola Üretimi ve Zerdeçal (*Curcuma Longa* L.) ve Mahlep (*Prunus Mahaleb* L.) İlavesinin Antioksidan Özelliklere Etkisi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Prof. Dr. Duygu GÖÇMEN

**Başkan** : Prof. Dr. Duygu GÖÇMEN  
U.Ü. Ziraat Fakültesi,  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

**Üye** : Prof. Dr. Duygu GÖÇMEN  
U.Ü. Ziraat Fakültesi,  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

**Üye** : Doç.Dr. Yasemin ŞAHAN  
U.Ü. Ziraat Fakültesi,  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

**Üye** : Dr. Öğretim Üyesi A.Fatih DAĞDELEN  
Bursa Teknik Ü. Mühendislik ve Doğa  
Bilimleri Fakültesi Gıda Mühendisliği  
Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım

  
Prof. Dr. Ali BAYRAM

Enstitü Müdürü

29.11.2019

**U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

**24/01/2019**

**Gizem GÜNGÖR**



## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GLUTENSİZ GRANOLA ÜRETİMİ ve ZERDAÇAL (*Curcuma Longa* L.) ve MAHLEP (*Prunus Mahaleb* L.) İLAVESİNİN ANTIOKSİDAN ÖZELLİKLERE ETKİSİ

**Gizem GÜNGÖR**

Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Prof. Dr. Duygu GÖÇMEN

Bu tez çalışmasında, i) çölyak hastalarının tüketimlerine uygun, glutensiz granola formülasyonlarının geliştirilmesi, ii) zerdeçal ve mahlep ilavesiyle, fonksiyonel özelliklerin artırılması ve iii) böylece fonksiyonel özelliklere sahip, glutensiz fonksiyonel bir granola ile kahvaltılık tahıl alternatifi kazandırılması hedeflenmiştir. Bu amaçla, granola formülünde, yulaf yerine pirinç patlağı kullanılmıştır. Ayrıca ön denemelerle belirlenen oranlarda (% 2.5 ve 5) zerdeçal ve mahlep tozu ayrı ayrı ve kombinasyon şeklinde ilave edilmiştir. Zerdeçal ve mahlep ilavelerinin, glutensiz granolanın fiziksel özelliklerine, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite gibi fonksiyonel özelliklerine ve duyusal kalitesi üzerine etkisi araştırılmıştır.

Zerdeçal oranı arttıkça, granolaların renkleri, kontrole göre daha sarımsı olmuştur. Mahlep ilavesi ise renkte koyulaşmaya neden olmuştur. Mahlep ve zerdeçal katkıları, granola örneklerinin fenolik madde miktarlarını, kontrole göre yükseltmiştir. Katkı oranı arttıkça, fenolik madde içerikleri de, doğrusal bir şekilde artmıştır. %2.5 ve %5 oranında zerdeçal ve mahlep katkısı ile üretilen granolaların, tüm duyusal analiz parametrelerinden, 5.00 ve üzeri puan aldığı ve kabul edilebilir niteliklere sahip olduğu gözlenmiştir.

Sonuç olarak; zerdeçal ve mahlep ilaveleri ile çölyak hastaları için yeni, fonksiyonel kahvaltılık tahıl alternatifleri üretilmiştir. Yüksek fenolik madde içeriğine ve antioksidan aktiviteye sahip olan bu glutensiz granolaların, fonksiyonel ve glutensiz ürünler pazarına katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** granola, glutensiz, zerdeçal, mahlep, pirinç patlağı

## ABSTRACT

MSc Thesis

GLUTEN-FREE GRANOLA PRODUCTION and THE EFFECTS OF TURMERIC (*Curcuma Longa* L.) AND MAHALEB (*Prunus Mahaleb* L.) ON ITS ANTIOXIDANT PROPERTIES

**Gizem GÜNGÖR**

Uludağ University

Graduate School of Natural and Applied Science

Department of Food Engineering

**Supervisor:** Prof. Dr. Duygu GÖÇMEN

In this thesis, it is aimed i) to develop gluten free granola formulations suitable for consumption of celiac patients, ii) to increase the functional properties by the addition of turmeric and mahaleb powder, and iii) to give a new alternative product to breakfast cereals with a gluten free functional granola. For this purpose, in the granola formula, puffed rice is used instead of oat. In addition, turmeric and mahaleb powder were added separately and in combination at the rates determined by preliminary trials (2.5% and 5%). The effects of turmeric and mahaleb powder on the physical characteristics, functional properties such as phenolic content and antioxidant activity, and sensory quality of gluten free granola were investigated.

As the ratio of turmeric increased, the colors of the granolas were more yellowish than the control. The addition of mahaleb caused a darkening of the color. Mahaleb and turmeric additives increased the phenolic contents of granola samples compared to control. As the contribution ratio increased, the phenolic content increased in a linear manner. It was observed that the granolas produced with the supplementation of turmeric and mahaleb powders received scores of 5 and above from all sensorial parameters and had acceptable qualities.

As a result; new functional breakfast cereal alternatives with the addition of turmeric and mahaleb powders were produced for celiac patients. It is thought that these gluten-free granolas having high phenolic content and antioxidant activity will contribute to the market of functional and gluten-free products.

**Keywords:** granola, gluten-free, turmeric, mahaleb, puffed rice

## TEŞEKKÜR

Tez alıőmamın baőından sonuna kadar, her konuda bana yardımcı olan, yol gösteren değerli bilgilerini esirgemeyen, tez danıőmanım Prof. Dr. Duygu GÖÇMEN'e emeklerinden dolayı sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Araőtırmam süresince çalıőmalarımın yürütülmesinde bana yardımcı olan bölümümüz Araç. Gör. Elif YILDIZ ve her zaman yanımda olan arkadaőım Selçuk BAKACI ve sevgili iőverenim Olgun DÖNMEZ'e teőekkürlerimi sunarım.

Çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen ve hayatımın her evresinde bana destek olan canım annem Yelda GÜNGÖR ve rahmetli babam Hüseyin GÜNGÖR' e teőekkürlerimi sunarım.

Canım babamın anısına yazmıő olduğum bu tez çalışmasında, küçük ve ya büyük yardımını esirgemeyen herkese teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
2.1. Çölyak Hastalığı.....	3
2.2. Çölyak Hastalığının Tedavisi.....	4
2.3. Granola.....	9
2.3.1. Granülasyon.....	9
2.3.1.1. Yüksek kesme gücü etkili yaş granüleleştirici.....	11
2.3.1.2. Akışkan yataklı granülasyon.....	1
2.3.2. Granolanın tekstür özellikleri.....	17
2.3.3. Granola hammaddeleri.....	17
2.4. Granola ile ilgili yapılmış çalışmalar.....	18
2.5. Pirinç patlağı.....	1
2.6. Mahlep ( <i>Prunus mahaleb</i> L.).....	20
2.7. Zerdeçal ( <i>Curcuma longa</i> L.).....	22
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	25
3.1. Materyal.....	25
3.2. Yöntemler.....	25
3.2.1. Granola üretimi.....	25
3.2.2. Granola analizleri.....	28
3.2.2.1. Nem miktarı tayini.....	28
3.2.2.2. Toplam kül miktarı tayini.....	28
3.2.2.3. Toplam protein miktarı tayini.....	28
3.2.2.4. Toplam yağ miktarı tayini.....	28
3.2.2.5. Tekstür analizi.....	28
3.2.2.6. Renk analizi.....	29
3.2.2.7. Fenolik madde ekstraksiyonu.....	29
3.2.2.8. Fenolik madde miktarı tayini.....	30
3.2.2.9. Antioksidan aktivite tayini.....	31
3.2.2.9.1. CUPRAC yöntemi ile antioksidan aktivite tayini.....	31
3.2.2.9.2. DPPH yöntemi ile antioksidan aktivite tayini.....	32
3.2.2.10. Duyusal analiz.....	33
3.2.3. İstatistiksel analiz.....	35
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	36
4.1. Granola Örneklerinin Kimyasal Özellikleri.....	36
4.2. Granola Örneklerinin Renk Değerleri.....	37

4.3. Granola Örneklerinin Tekstür Özellikleri.....	38
4.4. Granola Örneklerinin Fenolik Madde İçerikleri.....	39
4.5. Granola Örneklerinin Antioksidan Aktiviteleri.....	41
4.6. Granola Örneklerinin Duyusal Özellikleri.....	44
5. SONUÇ.....	48
KAYNAKLAR.....	51
ÖZGEÇMİŞ.....	59





## SİMGELER ve KISALTMALAR

### Simgeler Açıklama

$\alpha$	Alfa
$\beta$	Beta
$\Delta$	Delta
$\gamma$	Gama

### Kısaltmalar Açıklama

AGA	Antigliadin Antikoru
BHA	Butillendirilmiş Hidroksianisol
BHT	Butillendirilmiş Hidroksitoluen
CUPRAC	Cupric Reducing Antioxidant Capacity
DPPH	1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl
EMA	Endomizyum Antikoru
GAE	Galik Asit Eşdeğeri
M	Mahlep
TGA	Transglutaminaz Antikoru
Z	Zerdeçal

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Yüksek kesme gücü etkili granüleştirci.....	11
Şekil 2.2. Yaş granülasyon.....	14
Şekil 2.3. Akışkan yataklı granüleştirci.....	16
Şekil 2.4. Mahlep ( <i>Prunus mahaleb</i> L.) tohumu ve tozu.....	21
Şekil 2.5. Zerdeçal ( <i>Curcuma longa</i> L.) kökü ve tozu.....	23
Şekil 3.1. Pirinç patlağı.....	25
Şekil 3.2. Granola hammaddeleri.....	26
Şekil 3.3. Granola ve ambalajlama.....	26
Şekil 3.4. Tekstür analizi.....	29
Şekil 3.5. Renk ölçümü .....	29
Şekil.4.1. Fenolik madde kalibrasyon grafiği.....	39
Şekil 4.2. CUPRAC kalibrasyon grafiği.....	42
Şekil 4.3. DPPH kalibrasyon grafiği.....	43

## ÇİZELGE DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Granola formülasyonları.....	27
Çizelge 4.1. Granolaların kimyasal bileşimleri.....	36
Çizelge 4.2. Granola örneklerinin renk ve tekstür değerleri.....	37
Çizelge 4.3. Granolaların fenolik madde içerikleri.....	40
Çizelge 4.4. Granola örneklerinin antioksidan aktivite değerleri.....	42
Çizelge 4.5. Granola örneklerinin duyuşal özellikleri.....	47



## 1.GİRİŞ

Çölyak hastalığı (ÇH), genetik olarak duyarlı bireylerde, buğday gluten'i, arpa ve çavdardaki benzer prolaminlerin tüketimi sonucunda ortaya çıkan, ince bağırsağın immün aracılı bir enteropatisidir (Di Sabatino ve Corazza 2009). Bu hastalıkta, söz konusu protein fraksiyonları, üst ince bağırsakta inflamatuvar tepkiye neden olmakta, yüzey epitelinin tahribatına ve villusun düzleşmesine yol açmaktadır (Green ve Cellier 2007, Bethune ve Khosla 2008). Villuslar zarar gördüğünde, gıdaların emilimi ve sindirimi gerektiği gibi yapılamamaktadır. Çölyak, besin alerjileri gibi kısa süreli ya da dönemsel değil, ömür boyu sürecek bir emilim bozukluğu olup, gluten tüketimi ile tetiklenen, kronik ve inflamatuvar bir bağırsak hastalığıdır (Serin ve Akbulut 2017). Bu nedenle, hastalığın semptomlarını hafifletmek ve bağırsak mukozasındaki antikoru normalleştirmek için ömür boyu glutensiz diyet uygulanması gereklidir (Green ve Cellier 2007).

Son zamanlarda gluten içermeyen tahıl bazlı gıdaların üretiminde, pirinç ve pirinç yan ürünleri, nişastalar (mısır nişastası, pirinç nişastası, patates nişastası) ve hidrokolloid (guar gam, ksantan gam, hidroksi propil metil selüloz) kombinasyonları ile hazırlanan formülasyonlar üzerine araştırmalar devam etmektedir (Özer ve Tuncel 2016). Pirinç unu, gluten içermediği için glutensiz ürünlerin üretiminde buğday unu yerine kullanılmaktadır. Pirinç unu aynı zamanda yumuşak bir tada, beyaz bir renge ve hipoalerjenik özellikli son derece yüksek sindirilebilirliğe sahiptir (Fabian ve Ju 2011).

Glutensiz diyetin uygulanabilmesi için alternatif ürün arayışları, devam etmektedir. Bu nedenle, glutensiz ürün yelpazesinin genişletilmesi, çölyak hastalarının tüketebileceği ürün sayısının artırılması ve endüstriyel boyutta AR-GE çalışmalarının yapılması da çok önemlidir. Ayrıca, glutensiz ürünlerin besin değerinin artırılması ve fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar da gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır.

Gıdaların fonksiyonelliğini geliştirmek için bazı katkılar, giderek daha yaygın kullanılmaya başlanmıştır. Bu bağlamda, fenolik bileşiklerce zengin bazı doğal ürünler, sağlık üzerine olumlu etkilerinden dolayı, fırıncılık ürünlerine de eklenmektedir. Özellikle doğal antioksidanlar, güvenilir, besleyici ve terapötik etkileri nedeniyle, ilgi çekmektedir (Kim ve ark. 2005, Peng ve ark. 2010).

Doğal antioksidan içeren başlıca baharatlardan biri olan zerdeçal (*Curcuma longa* L.), genellikle Asya'da tüketilmektedir. Zerdaçalın, antioksidan, anti-tümör ve anti-inflamatuvar aktivitelerde bulunduğu ve bir çok tıbbi özelliklere sahip olduğu bildirilmektedir (Ak ve Gülçin 2008). Tahıl ürünlerinde zerdeçal kullanımını ile ilgili çalışmalar, oldukça sınırlıdır.

Mahlep çekirdeği ve tozu da, fenolik bileşikler içerdiğinden, insan sağlığı üzerine yararlı etkilere sahiptir. Beyaz mahlebin meyveleri, koyu kırmızı renktedir ve koyu mavi veya kırmızı renkli sebzeler ve üzüksü meyveler arasında, en yüksek antioksidan aktiviteye sahiptir (Wu ve ark. 2004). Antioksidan aktiviteye sahip fenolik bileşiklerin, kalp damar rahatsızlıkları riskini azaltabileceği araştırmalarla ortaya konulmuştur (Hertog ve ark. 1993, Surh ve ark. 1999, Surh 2002). Mahlep çekirdeği ve tozu, geleneksel tıpta diüretik, antidiyabetik, tonik, afrodisyak ve balgam sökücü olarak değerlendirilmektedir. Ülkemizde de kandil simidi, kurabiye, poğaç, kek, kap kek ve turta gibi fırıncılık ürünlerinde, lezzet verici olarak kullanılmaktadır ( Öztürk ve ark. 2014).

Yapılan literatür taramasında, glutensiz bisküvi, makarna, ekmek, tarhana vb. ürünlerin optimizasyonu ile ilgili çok sayıda araştırmaya rastlanmasına rağmen, kahvaltılık hazır tahıl ürünü granola ile ilgili glutensiz ürün geliştirme üzerine sadece bir çalışmaya rastlanmıştır.

Buradan yola çıkılarak, bu çalışmada, bir kahvaltılık tahıl ürünü alternatifi olarak, çölyak hastalarının tüketimine uygun, glutensiz ve fonksiyonel özellikleri geliştirilmiş, granola üretimi amaçlanmıştır. Glutensiz granola formülasyonlarında, yulaf yerine, pirinç patlağı kullanılmıştır. Ayrıca, fonksiyonel özelliklerin geliştirilmesi amacıyla, zerdeçal ve mahlep ilavesi yapılmıştır. Üretilen granolaların tekstür, renk ve kimyasal özellikleri ile toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite gibi fonksiyonel özellikleri, tespit edilmiştir.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Çölyak Hastalığı

Genetik olarak duyarlı kişilerde karşılaşılan, buğdaydaki gluten ve arpa, çavdar, yulaf gibi tahıllardaki gluten benzeri diğer tahıl proteinlerine (prolaminler) karşı, kalıcı intolerans olarak gelişen, proksimal ince bağırsak hastalığına “Çölyak Hastalığı” denilmektedir (Dewar ve ark. 2004, Schuppan ve ark. 2009, Demirçeken 2011). Çölyak hastalığı, ince bağırsağın en yaygın kronik enflamasyonudur (Reilly ve Green 2012).

Bu hastalık, ilk olarak 1888 yılında tanımlanmış ve 1950 yılında bu hastalıkta, buğday ve çavdarda bulunan gluten isimli proteinin rolü olduğunu kanıtlamıştır. Çölyak hastalığı, insanlarda yaşam boyu süren, tek gıda alerjisidir. Günümüzde, insanoğlunun en sık rastlanan genetik hastalığı olarak kabul edilmektedir. Olgular, asemptomatik olabildiği gibi, teşhisin gecikmesinde ölüme kadar varabilen tehlikeli bir hastalık olarak karşımıza çıkmaktadır. Çölyak hastalığı, teşhis konulduktan sonra hastalık olmaktan çıkarak, bir yaşam biçimi haline dönüşmektedir (Aydoğdu ve Tümgör 2005).

İnce bağırsaklar, karbonhidrat, protein, yağ, mineraller ve vitaminler gibi besin gruplarının sindirimi ve emiliminde görevli olup, vücudun genel sağlığı için önemli bir organdır. Normal fizyolojik koşullar altında, bireylerin bağırsak epitelleri, makromoleküllerin birincil bariyeri olarak işlev gören hücreler arası sıkı bağlantılar, içermektedir. Buğday, çavdar ve arpada bulunan protein fraksiyonları; glutenin, gliadin, hordein ve sekalin, çölyak hastaları için aktive edici moleküller olarak görülen “gluten proteinleri” olarak sınıflandırılmaktadır (Niewinski 2008). Gluten proteinleri, çölyak hastalarının sindirim sisteminin üst kısmında, sindirim proteazları tarafından tam sindirime karşı dirençli olup, bağırsak lümeninde bozulmadan yüksek konsantrasyonlarda oldukça uzun peptidler (33 mers'e kadar) halinde kalmaktadır. (Shan ve ark. 2002, Green ve Cellier 2007, Bethune ve Khosla 2008). Ayrıca, çölyak hastalarında, transglütaminaz enzimi, hücrelerde inflamatuvar etkiye neden olan ve immünojenisiteyi arttıran, gluten protein fraksiyonlarını, deamine etmektedir. Bu yapı, villöz hasarın yanı sıra, dokuya zarar veren diğer araçları, serbest bırakmaktadır. Bu da yüzey epitelinin tahribatına ve villusun düzleşmesine yol açmaktadır (Green ve Cellier 2007, Bethune ve Khosla 2008). Emici tüyler zarar gördüğünde ise gıdaların emilimi ve

sindirimi gerektiği gibi yapılamamaktadır. Bu gelişim, besin alerjileri gibi kısa süreli ya da dönemsel değil, ömür boyu sürececek bir emilim bozukluğu olup, gluten tüketimi ile tetiklenen, kronik ve enflamatuvar bir bağırsak hastalığıdır (Serin ve Akbulut 2017).

Çölyak hastalığının yol açtığı emilim bozukluğu (malabsorpsiyon), başta vitaminler ve mineraller olmak üzere, vücudun gereksinim duyduğu çeşitli maddelerin eksikliğine yol açmaktadır. Zamanla emilim bozukluğuna bağlı olarak oluşan beslenme yetersizliği sonucunda, tedavi edilemeyen veya nedeni bulunamayan kansızlık, ishal, kemik zayıflığı, kilo kaybı, halsizlik, yorgunluk, anoreksiya, kas erimesi, apati, abdominal distansiyon, irritabilite ve kusma gibi belirtiler görülebilmektedir. Çocuklarda bunlara ilaveten, büyüme-gelişme geriliği gibi durumlar da ortaya çıkmaktadır (Gough ve ark. 1962). Çölyak hastalığı, dünya nüfusunun %1-2' sini etkilemektedir ( Özer ve Tuncel 2016).

Hayatın herhangi bir döneminde tipik belirtilerle ortaya çıkabilen bu hastalık, bazı hastalarda yıllarca hiç belirti vermeden, çok hafif seyredebilmektedir. Bu da hastalığın tanısının konulmasını zorlaştırmaktadır. Hastalığın teşhis edilebilmesi için öncelikle kanda antigliadin antikoru (AGA), endomizyum antikoru (EMA) ve transglutaminaz antikoru (TGA) araştırılması gerekmektedir. Bu antikordardan en az birisi pozitif olursa, çölyak hastalığı şüphesi ile ince bağırsak biyopsisi yapılması şarttır (Türksoy ve Özkaya 2006).

## **2.2. Çölyak Hastalığının Tedavisi**

Çölyak hastalığının tedavisinde, glutensiz diyet, temel prensiptir. Günde 50 mg gluten alımı bile, mukozal hasar yaratmaktadır (Catassi ve ark 2007). Bu sebeple buğday, buğday ürünleri(kırık buğday, buğday kepeği), çavdar, arpa ve malt türevleri (arpa maltı, malt özütü, malt tatlandırıcısı veya malt şurubu), gluten içerikleri nedeni ile glutensiz gıdaların bileşimlerinde yer almamalıdır (Pietzak 2013). Bu nedenle, glutensiz ürünler, gluten intoleransına sahip çölyak hastaları için fonksiyonel bir gıda olarak kabul edilmektedir (Gerzhova ve ark. 2016). Yapılan bazı araştırmalarda, en az toksik prolamin içeren yulafın da, çölyak hastalığı açısından şüpheli olduğu belirtilmektedir.

Hastaların yaklaşık %70'inde glutensiz diyetle başladıktan sonraki iki haftada, klinik bulgularında, düzelme olduğu görülmektedir (Aydoğdu ve Tümğör 2005). Çölyak hastalarında tanı ve glutensiz diyetle geçişle birlikte, kilo artışları söz konusu olmaktadır (See ve Murray 2006, Theethira ve ark. 2015). Kilo artışının temel sebepleri; ince bağırsak atrofisinin düzelmesi ve yüksek yağ, karbonhidrat, glisemik indeks ve yoğun kalori içeren glutensiz gıdaların tüketimidir (See ve Murray 2006, Penagini ve ark. 2013).

Çölyaklı hastalarda; yaşam boyu süren kesin bir “glutensiz diyet” uygulanmasının yanı sıra, gıdanın pişirilmesi ve hazırlanması sırasında olası kontaminasyon risklerine de çok dikkat edilmeli, hasta ve hasta yakını, glutensiz diyet ile ilgili ayrıntılı bir şekilde bilgilendirilmeli, hazır gıdalar ve etiketsiz gıdalar ile ilgili riskleri daima göz önünde bulundurmaları gerektiği, öğretilmelidir. Glutensiz diyetle adaptasyon sürecinde, diyetisyen kontrolü sağlanmalı, yetişkinlerde kilo takibi ve vitamin-mineral seviyesi kontrolü düzenli yapılmalı, çocuklarda bunların yanı sıra büyüme ve gelişme kontrolü sağlanmalıdır (Özkaya ve Özkaya 2018).

Gıdalara gluten kontaminasyonu, genel olarak, glutensiz gıdaların glutenli gıdalarla aynı hatta üretilmesi, paketlenmesi veya üretim sırasında aynı ekipmanların kullanılması sonucu oluşmaktadır. Glutensiz gıdalarda tespit edilen gluten, çapraz kontaminasyon nedeni ile mevcuttur. Bu nedenle, özellikle üretici firmalar, son ürünlerin gluten içeriklerini, mutlaka saptamalıdır. Çapraz bulaşmada en önemli risk, glutenli gıdaların hazırlandığı tezgah, pişirme ve depolama alanlarının ortak kullanımudur. Özellikle ortak kullanılan mutfak alanları ve restoranlar, gluten kontaminasyonu açısından riskli alanlardır. Bu nedenle besin hazırlama sırasında kullanılan ekipmanlar, mutfak araç-gereçleri, açıkta satılan yiyecekler, açık kaplarda muhafaza edilen gıdalar, gluten riski açısından mutlaka değerlendirilmelidir (See ve Murray 2006).

Çölyak hastalarının tolere edebileceği kesin gluten miktarının değerlendirilmesi güçtür ve bireyler arasında da, değişkenlik göstermektedir. Bununla beraber, gluten, günümüz gıda endüstrisinde “glutensiz” olarak adlandırılan ürünlerde bile tamamen yok edilemeyebilmektedir. Bu nedenle, glutensiz ürünlerde, çölyak hastaları için zararlı etki oluşturmayan gluten limitlerinin belirlenmesi, çok önemlidir (Koehler ve ark. 2014). Glutene duyarlı bireyler için günlük 10 mg'dan az gluten alımı, olası rahatsızlıklara yol



açmayacak, güvenli limit olarak belirlenmiştir (Catassi ve ark. 2007). *Türk Gıda Kodeksi Gluten İntoleransı Olan Bireylere Uygun Gıdalar Tebliği*'ne (Tebliğ No: 2012/4) göre; glutensiz gıda maddelerindeki gluten miktarı 20 ppm'i geçmemelidir (Anonim 2012). İspanya, İtalya, İngiltere, Kanada ve Amerika'da gluten limiti 20 ppm iken, Arjantin'de 10 ppm; Avustralya, Yeni Zelanda ve Şili'de 3 ppm'dir (Bascunan ve ark. 2017).

Uluslararası bir standart olan Codex Alimentarius'a göre glutensiz gıdalar (Anonim, 2008):

- (a) buğday, çavdar, arpa veya bunların melezlerinin prolaminlerini içermeyen bileşenlerden üretilen ve gluten seviyesi 20 ppm'i geçmeyen veya,
- (b) buğday, çavdar, arpa, yulaf, kılçıksız buğday veya bunların melezlerinden "glutensiz" olarak belirtilen bileşenleri içeren ve gluten seviyesi 20 ppm'i geçmeyen ve ya,
- (c) a ve b'deki bileşenlerden herhangi ikisinin karışımı olup gluten seviyesi 20 ppm'i aşmayan gıdalar şeklinde tanımlanmaktadır.

Ülkemizde de "*Türk Gıda Kodeksi Gluten İntoleransı Olan Bireylere Uygun Gıdalar Tebliği*" (Tebliğ No: 2012/4) yayımlanmıştır. Bu tebliğ; gluten intoleransı olan bireylerin özel beslenme ihtiyaçlarının sağlanması için özel olarak formüle edilen, işlenen veya hazırlanan özel beslenme amaçlı gıdaların tekniğine uygun ve hijyenik şekilde üretim, hazırlama, işleme, muhafaza, depolama, taşıma ve pazarlamasını sağlamak üzere özelliklerini düzenlemektedir. Bu Tebliğ kapsamında, gluten intoleransı olan bireyler için üretilen gıdaların bileşimi ve etiketlenmesi, aşağıda belirtilen kurallara uygun olmalıdır (Anonim 2012).

- a) Gluten intoleransı olan bireyler için üretilen, gluten seviyesini düşürmek için özel olarak işlenmiş buğday, arpa, yulaf, çavdar veya bunların melez çeşitlerinden elde edilmiş bir veya daha fazla bileşen içeren veya bunlardan oluşan, son tüketiciye sunulacak gıdada, gluten miktarı 100 mg/kg'ı aşamaz.

b) (a) bendinde belirtilen ürünlerin etiketlenmesi, reklamı ve tanıtımında “çok düşük glutenli” ibaresi kullanılır. Son tüketiciye sunulacak gıdadaki gluten seviyesinin 20 mg/kg’yi aşmaması koşuluyla “glutensiz” ibaresi kullanılabilir.

c) Gluten intoleransı olan bireyler için üretilen gıdaların içeriğinde bulunan yulafın; buğday, arpa, çavdar veya bunların melez çeşitlerinin bulaşması önlenecek şekilde özel olarak üretilmesi, hazırlanması veya işlenmesi gerekir. Bu yulafın gluten içeriği, 20 mg/kg’yi aşamaz.

ç) Son tüketiciye sunulmak üzere gluten intoleransı olan bireyler için üretilen, melez çeşitleri de dahil olmak üzere buğday, arpa, yulaf veya çavdarın yerini tutan bir veya daha fazla bileşen içeren veya bunlardan oluşan gıdada, gluten miktarı 20 mg/kg’yi aşamaz. Bu ürünlerin etiketlenmesinde, reklamında ve tanıtımında “glutensiz” ibaresi kullanılır.

d) Melez çeşitleri de dahil olmak üzere buğday, çavdar, arpa veya yulafın yerini tutan bileşenler ile gluten seviyesini düşürmek için özel işleme tabi tutulmuş buğday, çavdar, arpa, yulaf veya bunların melez çeşitlerinden yapılmış bileşenleri birlikte içeren gluten intoleransı olan bireyler için üretilen gıdalara (a), (b) ve (c) bentleri uygulanır, (ç) bendi uygulanmaz.

e) (b) ve (ç) bentlerinde yer alan “çok düşük glutenli” veya “glutensiz” ibareleri, gıdanın etiketi üzerinde, gıdanın adına yakın bir yerde bulunur.

Glutensiz ürün pazarı, eczaneden, büyük ölçekli perakende dağıtımına doğru hızla geçmektedir. Bununla birlikte, günlük glutensiz ürün fiyatları, gluten içeren muadillerinden çok daha pahalıdır (Lambert ve Ficken 2016). Özellikle ülkemizde glutensiz ürünler, eşdeğerlerine göre, 2-3 kat daha pahalı olduğundan, hastaların bu ürünleri teminde zorlanmaları, diyetle uyumu da geciktirmektedir. Ayrıca, çoğu glutensiz ürün, tüketiciler tarafından hoşça gitmemelerine karşın, zorunlu oldukları için tüketilmektedirler. İşte bu noktada, hem gluten içermeyen hem besleyici ve fonksiyonel hem de çölyak hastalarının severek tüketebileceği yeni ürünlerin geliştirilmesi, giderek daha önemli bir hal almaktadır.

Bazı glutensiz hammaddelerin gluten ikamesi olarak kullanımı ile, ekmek başta olmak üzere, çeşitli glutensiz gıda maddelerinin üretimi unlu mamüller teknolojisinin önemli konuları içerisinde yer almakta ve bu nedenle, yapılan araştırmaların sayısı da gün geçtikçe artmaktadır.

Yapılan bir çalışmada, buğday, çavdar, arpa karışımının, çimlenmiş tahıl enzimleri ile muamele edildiğinde, gliadinin in vitro olarak parçalandığı ve hidrolize gliadinin, bağırsak epitel hücreleri üzerinde daha az zararlı etki gösterdiği bildirilmiştir (Wolf ve ark. 2015).

Ekşi hamur yöntemiyle yapılan ekmek denemesinde, laktik asit bakterileri ile gerçekleştirilen uzun süreli ekşi hamur fermantasyonu sırasında, gluten'in tamamen parçalanmasını sağlayan ikincil proteoliz enzimlerinin oluştuğu tespit edilmiştir (Madsen ve ark. 2001, De Angelis ve ark. 2006, Rizzello ve ark. 2007).

Schober ve ark. (2003), yaptıkları bir çalışmada, farklı oranlarda kahverengi pirinç unu, mısır nişastası, patates nişastası, soya unu, karabuğday unu ve darı gevreği kullanarak üretilen glutensiz bisküvilerin, kalite kriterleri açısından uygunluğunu değerlendirmiştir. Kahverengi pirinç unu, mısır nişastası, patates nişastası ve soya unu içeren örneğin, buğday unu ile hazırlanan kontrol örneğine en yakın özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir.

Karabuğday ununun ve karboksimetil selülozun, glutensiz kurabiye kalitesi üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, karabuğday unu, % 10, 20 ve % 30 oranlarında pirinç unu ile ikame edilmiştir. Karboksimetil selüloz ve % 20 - 30 oranında karabuğday unu içeren bisküviler, buğday unu içeren kontrol örneği ile benzer mukavemet göstermiştir (Hadnağev ve ark. 2013).

Altındağ ve ark. (2015), karabuğday, pirinç ve mısır unlarının glutensiz kurabiye formülasyonlarında farklı düzeylerde kullanılması ve transglütaminazın (TG) kalite üzerine etkisini araştırmışlardır. TG'nin bisküvilerin tekstür özellikleri (sertlik ve kırılgenlik) üzerine önemli etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Aly ve Seleem (2015), manyok unu, pirinç unu, ekstrüde soya proteini (ESP) (% 5, 10, 15 ve 20) ve bal kabağı unu katkıları ile glutensiz bisküvi üretimi gerçekleştirmiştir.

Soya protein içeriği attıkça, protein, kül, yağ, diyet lif,  $\beta$ -karoten ve A vitamini içeriğinin artış gösterdiği belirlenmiştir. % 20 soya proteini içeren bisküvi örneğinin, duyuşsal ve tekstür değerlendirmelerine göre, diğer örneklerden daha iyi sonuçlar verdiği saptanmıştır.

### **2.3. Granola**

Granola, başta yulaf olmak üzere çeşitli tahıllar, kabuklu kuru yemişler, kuru meyveler ve bağlayıcı sıvıdan (bal, su veya yağ) oluşan ve kahvaltılık tahıl veya atıştırmalık olarak tüketilen, pişmiş ve granül yapılı bir gıda ürünüdür. Başka bir ifade ile granola, kuru bileşenlerin granül (kümelenmiş) yapı oluşturmak üzere, bir sıvı bağlayıcı ile birleştirilmesi ve pişirilmesi ile üretilen, gevrek yapılı bir üründür (Baş ve ark. 2011).

Granola; içeriğinde tahıl, badem, bal, kuru meyveler vb. sağlıklı ve doğal malzemeler bulunduğu için, dengeli bir diyete katkıda bulunabilen bir üründür (Pathare ve Byrne 2011) ve bu nedenle, her çeşit tüketiciye hitap etmektedir. Ayrıca, granola çok yönlü bir üründür, çünkü tek başına tüketilebildiği gibi süt, yoğurt veya dondurmayla da tüketilebilmektedir (Maurer ve ark. 2005). Tüketicilerin daha az yağlı, daha sağlıklı, daha doğal içerikli ve daha zengin içerikli ürünlere talebi artıkça, granola tüketimi de düzenli olarak artmaktadır (Liesse 1993, Celis ve ark. 1996).

Granola'nın işlenmesi, kuru bileşenlerin karıştırılmasını, ardından yağ granülasyon işleminin bir parçası olarak genellikle bal, su, melas ve / veya yağ içeren bağlayıcı bir sıvı ilavesini içerir. Granüler ürün, daha sonra 150–220 ° C sıcaklıkta, istenen ölçüde kızarana kadar pişirilir (La Grange ve ark. 1991).

#### **2.3.1. Granülasyon**

Granülasyon, küçük parçacıkların birleştirilerek (birbirine yapışarak bağlanması) daha büyük, fiziksel olarak daha kuvvetli granüller (kümeler) haline getirildiği ve birincil parçacıkların hala ayırt edilebilir olduğu, bir boyut büyütme işlemidir (Benali ve ark. 2009, Roy ve ark. 2010, Vengateson ve Mohan 2016). Bu işlem kuru veya yağ yöntemlerle gerçekleştirilebilmektedir.

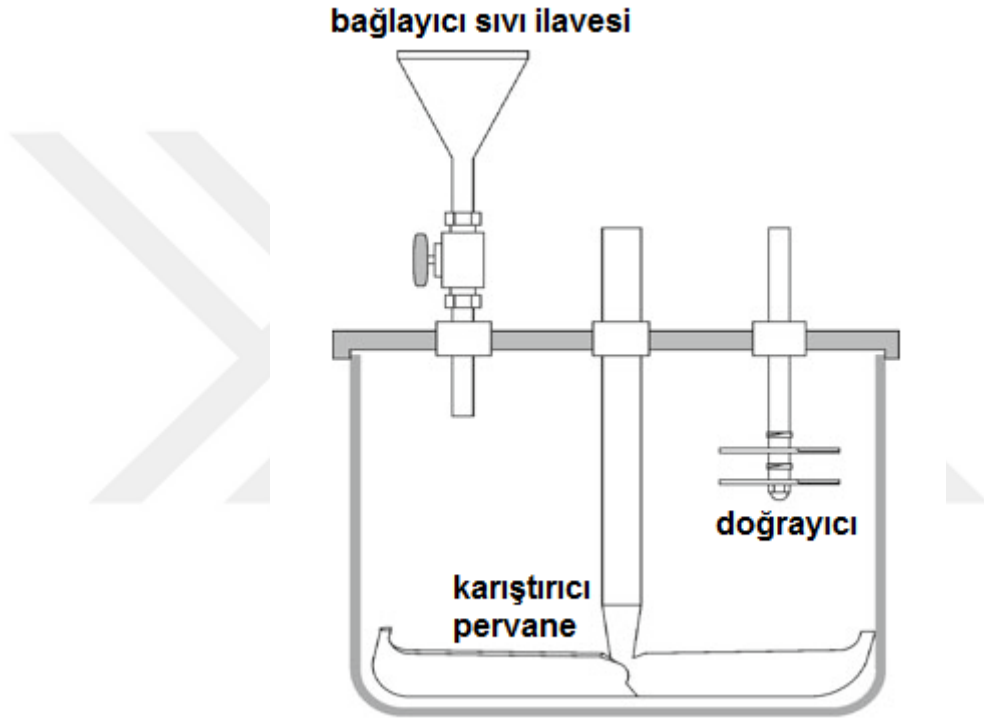
Kuru granülasyon, mekanik sıkıştırma (ağırlık veya silindirler kullanılarak) ile sağlanmakta ve bunu, kuru bir boyutlandırma işlemi takip etmektedir (Mackaplow ve ark. 2000).

Yaş granülasyon, ince partiküllü kuru bileşenlerin (tozlar, taneler, vb.), daha büyük granüller elde etmek için sıvı bağlayıcı ile bir araya getirildiği (kümeleştirildiği) bir işlemdir (Mackaplow ve ark. 2000). Yaş granülasyon işlemi, birkaç aşamada gerçekleştirilmektedir. Birincil parçacıkların kuru halde karıştırılmasından sonra, sıvı bağlayıcı, kuru karışıma eklenir. Bu sıvı, kuru malzemeler üzerine püskürtülebilir veya doğrudan dökülebilir. Islanan parçacıklar, çekirdek oluşturmak üzere diğer parçacıkları kendisine bağlar. Bu bağlanma, diğer parçacıkların bağlanması için yüzey sıvı hareketini tetikler (Bouwman ve ark. 2005). Yaş granülasyonda, birçok teknik ve farklı tipte ekipman kullanılabilir (Pathare ve Byrne 2011). En yaygın kullanılanlar ise yüksek kesme gücü etkili yaş granülleştirici ve akışkan yataklı yaş granülleştiricidir (Hegedus ve Pintye-Hodi 2007). Yaş granülasyon, granola üretiminde kilit bir süreçtir (Hegedus ve Pintye-Hodi 2007). Genellikle kümeleşme (granülasyon) olarak adlandırılır (Iveson ve ark. 2001, Dacanal ve Menegalli 2009, Srivastava ve Mishra 2010). Bu işlem sayesinde, birincil parçacıkların dispersiyon, çözünme ve akış özellikleri geliştirilmektedir (Jimenez ve ark. 2006, Chaudhury ve ark. 2013). Kümeleşmiş yapılı granüller, birincil bileşen partiküllerinin (kuru bileşen partikülleri) büyüklüğünden yaklaşık 10 mm'ye kadar değişen boyutlara sahip olup, kabaca küre şeklindedir. Genellikle yüksek kırılgenliğe ve ufalanabilirliğe sahiptirler (Baş ve ark. 2011).

Granola üretiminde, yaş granülasyon amacıyla, partikülleri kapiler ve viskoz kuvvetlerin bir kombinasyonu ile bir araya getirip kümeleştirmek amacıyla, sıvı bir bağlayıcı kullanılmaktadır (Iveson ve ark. 2001, Burggraeve ve ark. 2013). Granülasyonda sıvı bağlayıcı kullanıldığı için buna “yaş granülasyon” denilmektedir. Granolanın sanayi tipi üretimi, bir karıştırma düzeneğine (örneğin, pervane düzeneğine sahip) (Pathare ve ark. 2012) ve doğrayıcı bıçağa sahip olan yüksek kesme gücü etkili granülleştiricide (Baş ve ark. 2011) veya sıklıkla akışkan yataklı granülleştiricide gerçekleştirilmektedir (Pathare ve ark. 2012, Burggraeve ve ark. 2013, da Silva ve ark. 2014).

### 2.3.1.1. Yüksek kesme gücü etkili yaş granüleştirci

Yüksek kesme gücü etkili granülasyon, toz haldeki kuru bileşenleri, nispeten yoğun granüllere dönüştürmek için etkili bir yöntemdir. Granülleri oluşturmak için, bir karıştırma kabına toz bileşenler (kuru malzemeler) eklenir ve bunlar, büyük bir pervane ile karıştırılırlar (Tardos ve ark. 2004) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Yüksek kesme gücü etkili granüleştirci (Pathare ve Byrne 2011).

Yüksek kesme gücü etkili granülasyonda, birincil parçacıklardan granüllerin (kümelenmiş yapının) oluşturulması ve parçacıkların arasındaki bağlayıcı sıvının dağıtılması için mekanik enerji gereklidir ve bu pervane ile sağlanır. Yani yüksek kesme etkili granülasyonda, kuru bileşenleri kapalı bir alanda çalkalayarak karıştırmak için pervane kullanılır (Ennis 1996). Kullanılan büyük pervane, sürekli karıştırma hareketi sayesinde, çarpma enerjisini karışıma ilettiğinde, granüllerin aynı anda yuvarlanıp birbirleriyle temas halinde tutulduğu, dairesel bir akışa da neden olur. İyi kümeleşmiş bir granülün oluşması ve sıvının iyi dağıtımı için granüleştircide dairesel (yuvarlanma)

bir akış istenir (Ramaker ve ark. 1998). Büyük pervane, toz bileşenleri bir girdap halinde çeviren, oldukça yavaş hızlarda döner. Kuru bileşenler karıştırıldıktan sonra, üzerine yukarıdan bağlayıcı sıvı eklenir (Tardos ve ark. 2004). Yaş granülasyonda, kullanılan bağlayıcı sıvı miktarı, genellikle bağlayıcı sıvı kütesinin toz kütesine oranı olarak tanımlanır (Ennis 1996). Bununla birlikte, ilave edilecek bağlayıcı sıvının uygun miktarının tahmini, oldukça zordur, çünkü kuru toz karışımının nem içeriği, parçacık boyutu ve bağlayıcı sıvının viskozitesi gibi birçok değişken, ilave edilecek sıvı miktarını etkilemektedir (Knight 1993). Granüller üzerindeki artırılmış sıkıştırma kuvvetleri (örneğin daha yüksek bir pervane hızı) veya bağlayıcı sıvı miktarındaki artış, granüllerin yüzey ıslaklığını artırabilmektedir. Gerekli olan bağlayıcı sıvı miktarı, hammaddedeki değişikliklerden de etkilenmekte, bu da sürecin standartlaşmasını zorlaştırmaktadır (Litster ve ark. 2002).

Bağlayıcı sıvı ilavesinden sonra, primer parçacıklar, pervaneye ve kabın iç cidarına çarpma hareketleri sayesinde, birbirine yapışarak, granülleri (kümeleri) oluştururlar. Çekirdeklerin bu birleşme hareketi sayesinde oluşan granüllerdeki (kümelerde) çekirdekler arasında kalan bağlayıcı sıvı, granülün dışına doğru itilmekte ve bu da büyümeye neden olmaktadır (Tardos ve ark. 2004). Karıştırma, istenen en büyük granül (küme) boyutuna ve yoğunluğuna ulaşılan kadar devam eder. İşlem, granüller kontrolsüz bir şekilde büyümeye başlamadan önce, sona erer, buna "top büyümesi" denilmektedir (Ennis 1996). Bu sistem, yüksek kesme gücü etkili granülasyon olarak adlandırılrsa da, kesme kuvvetleri aslında her zaman "yüksek" değildir. Karıştırıcı, yüksek kesme kuvvetleri üretme potansiyeline sahiptir, ancak bu kuvvetler sadece, toz yeterince yapışkansa veya bağlayıcı ilavesi nedeniyle yapışkanlaşmış durumdaysa, kuru (toz) bileşen kütesine iletilir. Granülleştiricidedeki kesme kuvvetleri, yaş kütenin özelliklerine bağlıdır ve bir "granülasyon limiti" elde edilene kadar, hızla artarlar. Granülasyon limiti, granüllerin parçalanarak ayrıldığı ve toz oluşturmaya başladıkları noktadır (Litster ve ark. 2002).

Bazı durumlarda, maksimum granül boyutunu sınırlamak veya viskoz bir bağlayıcıyı sistem içinde dağıtmaya yardımcı olmak için yüksek kesme etkinliğine sahip bir doğrayıcı da sisteme ilave edilebilmektedir (Şekil 2.1) (Holm 1997). Granülleştirici içerisinde bulunan ve nispeten yüksek hızlarda dönen doğrayıcı, çok büyük granülleri

(kümeleri) keser, daha küçük parçalara ayırarak, daha küçük granül (küme) boyutu dağılımını sağlar (Tardos ve ark. 2004).

Eğer üretimin gerçekleştirildiği kap, vakumlu kurutma için uygun donanıma sahipse granül haline getirilmiş ürün, bu kabın içinde kurutulabilir, değilse akışkan yataklı kurutucuya aktarılarak orada kurutulur (Litster ve ark. 2002).

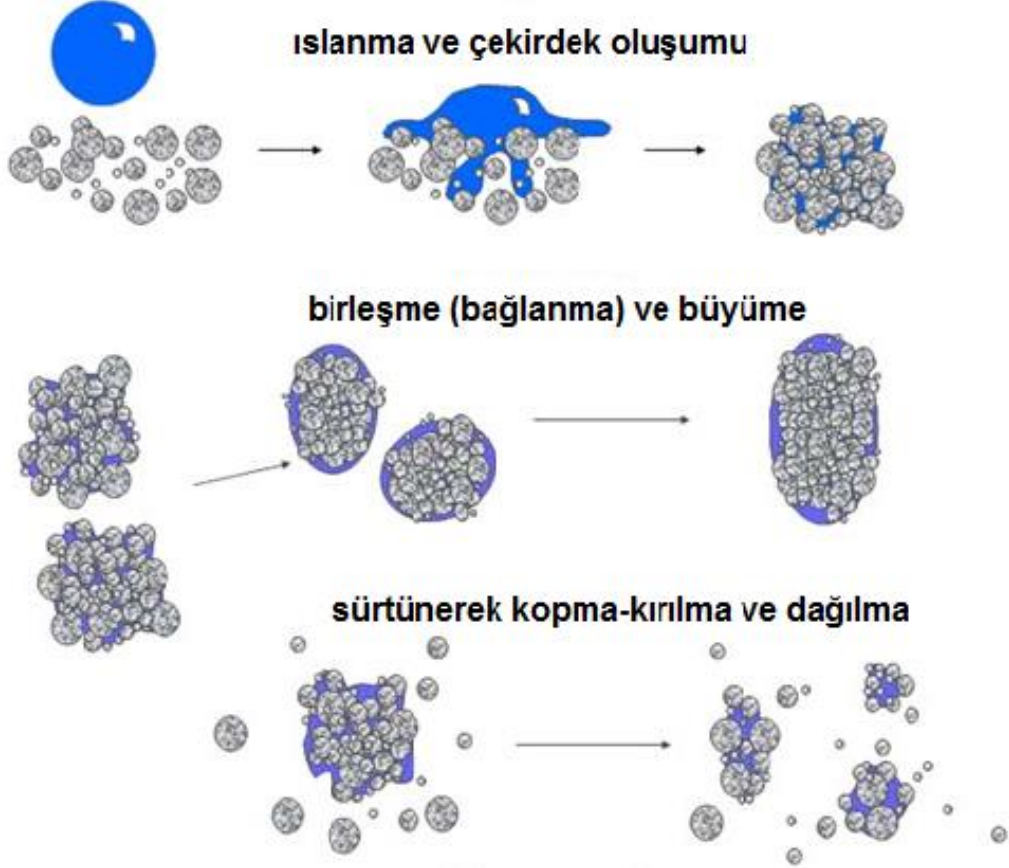
Yaş granülasyonda yer alan mekanizmalar; 1.İslatma ve çekirdek oluşumu, 2.Birleşme ve büyüme, 3. Sürtünerek kırılma ve ufalanma mekanizmalarıdır (Şekil 2.2). Bunlar aşağıdaki gibi tanımlanabilir (Kristensen 1996, Iverson ve ark. 2001, Litster ve ark. 2004, Pathare ve Byrne 2011):

**1. İslatma ve çekirdek oluşumu:** Kuru bileşenlerin üzerine sıvı eklendiğinde ve bu sıvı kuru toz kitlenin içine yayıldığında, kuru toz partiküller arasındaki boşluklar içinde bulunan hava, bağlayıcı sıvı ile yer değiştirir ve böylece kuru bileşenler ıslanmış olur. İslatma, granüllerin nihai kalitesinin belirlenmesinde kritik bir aşamadır; çünkü, ıslatma yeterli olmazsa, malzeme yeteri kadar ıslanamayacağından, birleşme, istendiği ölçüde gerçekleşmez. İslatma iyi yapıldığında, boyut dağılımı, dar ve sıvı damla boyutu dağılımına yakın olmaktadır. İyi bir ıslatma, nihayetinde daha dar bir granül boyutu dağılımı sağladığı için arzu edilen bir durumdur. Çekirdeklenme evresi, birleşme ve büyüme aşamasının, başlangıç evresidir. Birincil parçacıklar arasındaki sıvı köprülerin oluşumu ile gevşek yapının küçük çekirdekleri şekillenir.

**2. Birleşme ve büyüme:** Çekirdek oluşma aşamasında oluşmuş olan çekirdek granüllerin birbiriyle veya ortamda hala mevcut olan kuru toz bileşenlerle çarpışması ya da ekipman cidarına çarpması, çekirdek granülün sıkışmasına ve büyümesine yol açar. Granülleştiricideki karıştırma (çalkalama, sallama) işleminin etkinliği ve granülün deformasyona (parçalanıp dağılmaya) gösterdiği direnç, çekirdek granülün büyümesini etkiler. Birleşme sonucunda, çekirdeklerin bir araya gelmesi ile kümeler oluşmakta ve çekirdekler arasında kalan bağlayıcı sıvı, kümenin dışına doğru itilmektedir. Granülün büyümesi, nihai granüllerin gözenekliliğini ve yoğunluğunu belirler. İki granül çarpıştığında, tek bir büyük granül oluşturmak için birbirine yapışabilirler. Bu, birleşme nedeniyle büyümedir. Başarılı birleşme için (i) çarpışma sırasında çarpışma enerjisi



emilmelidir, böylece granüller tekrar bağlanmaz (birleşmez), (ii) çarpışan granüller arasındaki temasta, güçlü bir bağ oluşmalıdır.



Şekil 2.2. Yaş granülasyon (Litster ve ark. 2004)

- 3. Sürtünerek kopma-kırılma ve ufalanma:** Yaş veya kurutulmuş granüller, granülleştiricide, kurutucuda veya daha sonraki işlemler sırasında, darbe, sürtünme ve sıkıştırma nedeniyle, kopup kırılarak ayrılabilir ve dağılıp ufalanabilirler. Parçacık büyümesi, partiküllerin birleşmesinin neden olduğu büyüme olayı ile karıştırıcı pervanesinin veya karıştırıcı cidarının neden olduğu kırılma olayı arasında dengeye ulaşıldığında, durur. Yaş granüllerin kırılması, kopması ve ayrılması, özellikle yüksek kesme etkinliğine sahip granülleştiricilerde, nihai granül boyutu dağılımını etkilemekte ve kontrol etmektedir.

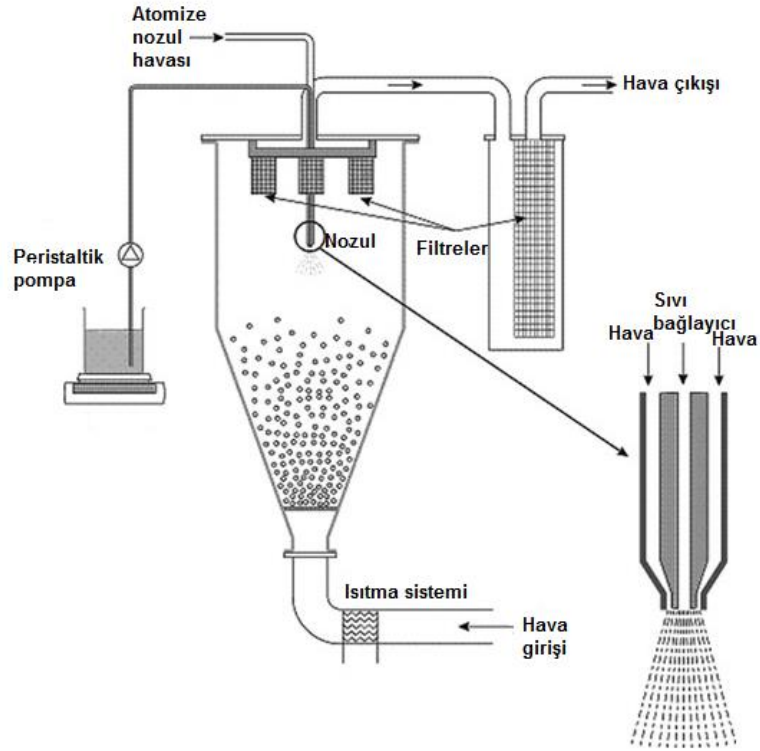
Öte yandan kuru granüllerin kırılması, kopması ve ayrılması ise toz partiküllerinin oluşumuna neden olur. Çoğu granülasyon işleminin amacı, toz partiküllerinin oluşmamasıdır, bu genellikle kaçınılması gereken istenmeyen bir durumdur (Holm 1997).

Yoğun küresel granüller (kümeler) üretilebilme olasılığı ve işleme süresinin kısa olması, yüksek kesme gücü etkili granülasyonunun avantajlarından. Akışkan yataklı granülleştiricilere ve geleneksel mikser granülleştiricilere kıyasla, yüksek kesme etkili granülleştiricilerde yapılan yaş granülasyon, çok kohezif tozları bile tutabilen, güçlü bir işlemdir (Kristensen 1996). Mevcut tüm boyut büyütme operasyonları arasında, yüksek kesme gücü etkili granülleştiricide gerçekleştirilen yaş granülasyon, yüksek derecede sıkıştırma sayesinde, düzenli şekilli granüller elde edilmesine imkan verdiği için özellikle ilgi çekicidir (Pathare ve Byrne 2011).

### **2.3.1.2. Akışkan yataklı granülasyon**

Akışkan yataklı granülasyon, yaygın olarak kullanılan bir diğer yaş granülasyon prosesidir; burada granülasyon, alttan verilen hava akımı ile havada uçuşur duruma getirilen (akışkanlaştırılmış) kuru bileşenlerin üzerine, bir bağlayıcı sıvı püskürtülerek gerçekleştirilmektedir (Şekil 2.3). Alt kısımdan üflenen hava ile akışkan hareket kazandırılmış kuru bileşenlerden oluşan yatağın üzerine bağlayıcı sıvı püskürtülerek, kuru partiküller ıslatılır ve sıvı köprülerle birbirine bağlanır. Bu şekilde üretilen ürünler, çoğu zaman daha iyi akıcılık ve görünüme sahiptir, ayrıca bazen daha hızlı granül çözünme oranları ve daha yüksek mukavemet gibi spesifik geliştirilmiş fiziksel özellikler de gösterebilmektedir (Tan ve ark. 2006).

Akışkan yataklı granülasyonun en önemli avantajı, bir çok kademenin (ön-karıştırma, granülasyon, kurutma) aynı ekipman içinde gerçekleştirilebildiği bir işlem olmasıdır. Genellikle, granülasyondan sonra ufalama gerekli değildir. Diğer avantajları ise genellikle, daha yüksek gözeneklilik ve daha küçük boyut dağılımı sağlamasıdır (Abberger 2001, Guignon ve ark. 2003, Boerefijn ve Hounslow 2005, Bouffard ve ark. 2005).



**Şekil 2.3.** Akışkan yataklı granüleleştirici (Pathare ve Byrne 2011).

Akışkan yataklı granülasyon, çeşitli değişkenlerden etkilenen karmaşık bir süreçtir (Rambali ve ark. 2001). Partiküllerin karıştırılması, ıslatılması ve kurutulması, aynı ortamda meydana geldiği için granülasyonun kontrolü zordur. Farklı süreçler birbirini etkiler ve bağımsız olarak kontrol etmek zorlaşır. Akışkan yataklı granülasyon üzerine etkili faktörler; ekipman ile ilgili, proses ile ilgili ve hammaddeler veya ürün ile ilgili faktörler olmak üzere, üç grupta toplanabilir (Aulton ve Banks 1981).

Ekipmanla ilgili faktörler; ekipman büyüklüğü ve şekli, püskürtme nozulunun konumu (üst, alt, teğet) ve püskürtme tabancalarının sayısı gibi değişkenlerdir (Yamamoto ve Shao 2009).

Prosesle ilgili faktörler ise akışkanlaştırıcı hava akış hızı (Gore ve ark. 1985), giriş havası sıcaklığı (Aulton ve Banks 1981), bağıl nem (Watano ve ark. 1995) ve nozul aktivitesidir (Waldie 1991).

Hammaddelerin özellikleri de, akışkan yataklı granülasyon prosesinde önemli bir role sahiptir. Granüllerin oluşumunda partiküllerin ıslanması esas olduğundan, hammaddelerin parçacık büyüklüğü, çok önemlidir. Hammaddelerin akışkanlaşma özellikleri, bağlayıcı sıvı tipi ve konsantrasyonu, granülasyonu büyük ölçüde etkiler (Schaefer ve Worts 1978).

### **2.3.2. Granolanın tekstür özellikleri**

Granolanın en önemli duyuşsal özelliği, gevrekliktir. Gevreklik, özellikle kahvaltılık tahıllarda, tüketici tarafından kabul edilebilirliği etkileyen en önemli tekstürel özelliktir (Sauvageot ve Blond 1991, Roudaut ve ark. 2002, Arimi ve ark. 2010).

Eğer gevrek bir ürünün ısırılması sırasında beklenen ses çıkmazsa, bayat ve kalitesiz olduğu kabul edilir ya da uygunsuz bileşenler kullanılarak veya uygunsuz işlemlerle üretildiği düşünülür. Ürünün ağızda algılanan tekstürü sayesinde, mekanik özellikleri ve işleme veya depolama koşulları arasındaki ilişkiyi, tahmin etmek mümkündür (Vincent ve ark. 2002).

### **2.3.3. Granola hammaddeleri**

Granola üretiminde başta yulaf olmak üzere çeşitli tahıllar, tahıl ezmeleri, tahıl patlakları, kabuklu kuru yemişler, kuru meyveler ve çeşitli baharatlar, kuru toz bileşen olarak kullanılmaktadır. Bağlayıcı sıvı bileşen olarak da bal, su, melas ve / veya yağ kullanılabilmektedir (Baş ve ark. 2011). Ancak son yıllarda, yağsız gıdalara talep arttığından, granola üretiminde de, yağ ilavesinden kaçınılmaktadır.

Bal, granola üretiminde yaygın olarak kullanılan bir sıvı bağlayıcıdır. Özellikle tatlılığı sağlamak için çoğunlukla saf ve doğal bal kullanır, bal, ürüne birçok tüketicinin tercih ettiği tatlı bir lezzet ve altın tonunda bir renk kazandırmaktadır. Unlu mamul ve şekerleme endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bal, tüketiciler tarafından tamamen doğal ve ürünlere değer katan bir gıda maddesi olarak algılanmaktadır (La Grange ve Sanders 1988, La Grange ve ark. 1991).

## 2.4. Granola ile ilgili yapılmış çalışmalar

Maurer ve ark. (2005), siyah ve kırmızı cins fasulye ilavesinin granola bileşimi ve kalitesine etkilerini araştırdıkları çalışmada, ürünlerin protein, lif, folik asit içeriklerinin yükseldiğini, yağ içeriklerinin ise düştüğünü tespit etmişlerdir. Tekstür özelliklerinin ise ticari örneklere yakın bulunduğu bildirilmiştir. Duyusal özellikler açısından kırmızı fasulye ilavelilerin daha çok beğenildiği belirtilmiştir.

Bir diğer çalışmada, granola bileşimine dirençli nişasta ilavesinin etkileri araştırılmış ve %15 oranına kadar dirençli nişasta ilavesinin, mümkün olabileceği tespit edilmiştir. Ancak, dirençli nişasta oranının bu limitin üzerine çıkması durumunda, granolanın renk, yapışkanlık ve çiğnenebilirlik özelliklerinde olumsuz değişikliklere neden olduğu bildirilmiştir (Aigster ve ark. 2011).

Baş ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada, pnömatik taşıma boru sistemi ile taşınan granolanın kırılma oranını tanımlamak için bir popülasyon dengesi modeli geliştirilmiştir.

Pathare ve ark (2012) tarafından yapılan bir diğer çalışmada, akışkan yataklı granülasyon prosesinde, nozul hava basıncı ve bağlayıcı sıvı sprey oranının, granüllerin oluşumu ve kalite özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Deneysel sonuçları, nozul hava basıncındaki azalmanın, daha büyük boyutlu granül oluşumuna neden olduğunu göstermiştir. Granola sertliğinin, nozul hava basıncından etkilendiği, buna karşın nozul hava basıncı ve bağlayıcı sıvı sprey oranının, gevreklik üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir.

Granola için ambalaj tasarımının yapıldığı bir çalışmada, parafilm ambalaj materyalinin nispi nem oranıyla en az etkilenen film olduğu ve sıcaklığın en etkili parametre olduğu tespit edilmiştir. Diğer biyoçözünür filmlerde ise sıcaklığın etkisinin, daha yüksek bağıl nemde, çok daha belirgin olduğu saptanmıştır (Macedo ve ark. 2013).

Glutensiz granola üretiminde kinoya, amarant ve keten tohumunun kullanıldığı çalışmada, granolaların protein, lipit,  $\alpha$ -linoleik asit ve mineral içeriğinde önemli düzeyde artış sağlanmıştır. Duyusal özellikler ise "biraz beğendim" skalası ile "çok fazla beğendim" skalası arasında değişmiştir (Pagamunici ve ark. 2014).

Agbaje ve ark. (2016) yaptıkları bir çalışmada pirinç gevreği, hurma, incir ve kuru üzüm ilavesi ile ürettikleri granoların yüksek enerji değerlerine sahip olduklarını tespit etmişlerdir.

Yapılan kaynak araştırmasında, granola ile ilgili çalışma sayısının oldukça az olduğu ve glutensiz granola üretimi hakkında ise sadece bir çalışmanın bulunduğu görülmektedir. Bu bağlamda, çölyak ve çölyak dışı gluten duyarlılığı olan hastaların tüketimlerine uygun, yeni bir alternatif granola çeşidi geliştirilmesi amacıyla, bu tez çalışması planlanmıştır. Bu amaçla, zerdeçal ve mahlep ilaveleriyle fonksiyonel özellikleri geliştirilmiş, pirinç patlağı bazlı, glutensiz granola formülasyonları oluşturulmuştur.

## **2.5. Pirinç Patlağı**

Pirinç, gluten içeriğine sahip olmadığı için çölyak hastalarına, güvenli bir gıda olarak önerilmekte (Fernandes ve ark. 2013) ve bu nedenle de glutensiz ürünlerde hammadde olarak kullanımı, son yıllarda oldukça artış göstermektedir (Özer ve Tuncel 2016).

Pirinç, hemen hemen her kıtada yetişebilen, dünya nüfusunun önemli besin kaynaklarından biridir (Özer ve Tuncel 2016). Birçok ülkenin başlıca temel gıda maddesidir ve dünyadaki gıda ihtiyacının % 20'sini karşılamaktadır (Osella ve ark. 2014). Çeltik, buğday ve mısırdan sonra, en fazla ekimi yapılan ve beslenmede önemli bir yere sahip olan bir tahıldır. Çölyak hastalığının tek tedavisinin hayat boyu glutensiz diyet uygulanması olması nedeniyle, hastaların tüketimlerine uygun olarak üretilen glutensiz fırıncılık ürünlerinde, gluten içeren buğday unu yerine, yapısında gluten proteinini bulundurmeyen pirinç unu, pirinç kepeği ve kahverengi pirinç unu sıklıkla kullanılmaktadır. Son zamanlarda, gluten içermeyen gıdalarda, pirinç ve pirinç yan ürünleri, nişastalar (mısır nişastası, pirinç nişastası, patates nişastası) ve hidrokolloid (guar gam, ksantan gam, hidroksi propil metil selüloz) kombinasyonları ile hazırlanan formülasyonlar üzerine araştırmalar devam etmektedir (Özer ve Tuncel 2016).

Pirinç, glutensiz ürünlerin üretiminde yapı ve lezzeti geliştirmek amacıyla kullanılmaktadır (Özer ve Tuncel 2016). Gluten içermemesi, yumuşak bir tada ve beyaz renge sahip olması, kolay sindirilebilir karbonhidrat içeriğinin yüksek olması ve hipoalerjenik özellikleri nedeniyle, çölyak hastalarının tüketimine uygun gluten

içermeyen ürünlerin üretimi için önemli bir hammadde konumundadır (Gujral ve ark. 2003, Gujral ve Rosell 2004, Lopez ve ark. 2004).

Pirincin bileşimi, yetiştirme koşulları, çeşit ve işleme yöntemlerine göre değişmektedir. Başta B vitamini (tiamin, riboflavin ve niasin) olmak üzere vitaminler, protein ve mineral (demir, fosfor, potasyum ve magnezyum) kaynağıdır ve kolesterol içermez (Champagne 2004). Pirincin glutamik ve aspartik asit içeriği yüksek, lisin içeriği ise diğer tahıllara göre yüksektir. Yüksek glutelin konsantrasyonu ve düşük prolamin içeriği ile tahıllar arasında önemli bir yer tutmaktadır (Lasztity 1999, Osella ve ark. 2014).

Bu bağlamda pirinç patlağı da, glutensiz ürünler için önemli bir hammadde olarak değerlendirilme potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, bu tez çalışması kapsamında, çölyak hastalarının günlük tüketimlerine uygun, glutensiz granola formülasyonlarının geliştirilmesi amacıyla, tahıl gevrekleri yerine, pirinç patlağının kullanım olanaklarının araştırılması amaçlanmıştır.

## **2.6. Mahlep ( *Prunus mahaleb* L.)**

Yapılan bazı çalışmalar, çeşitli bitki türlerinin antioksidan fonksiyonlu doğal biyoaktif fitokimyasallar içerdiğini göstermektedir (Liu ve Ng 2000, Yu ve ark. 2005). Doğal fenolik bileşikler, antialerjik, antiviral, anti- enflamatuvar ve anti- mutajenik özellikler de dahil olmak üzere birçok faydalı biyoaktiviteye sahiptir (Peng ve ark. 2010).

*Prunus mahaleb* L., Rosaceae alt familyası Prunoideae' ye ait bir bitkidir (Moghadam ve Khalighi 2007). Mahlep, Arapça bir kelime olup “tatlı kokulu” veya “parfüm kralı” anlamına gelmektedir. Kirazın yabani türü olan mahlebin, beyaz (*Prunus mahaleb* L.) ve siyah (*Monechma ciliatum* (Jacq.) Milne-Redh) olmak üzere iki çeşidi vardır (Özbey ve ark. 2011). Boylu çalı veya 10 – 15 m'ye kadar uzayabilen, dağınık ve geniş tepeli, meyve ve dalları özel kokulu, beyaz çiçekli, kışın yaprağını döken küçük bir ağaçtır (Öner ve ark. 2006). Batı Asya'da bol yetişen bir ağaçtır, ayrıca Orta Avrupa, Kuzey Afrika ve Orta Asya'da, özellikle sıcak ve kuru iklimlerde de yetişebilmektedir. Bu meyvenin, hem yabani hem de kültüre edilmiş formları bulunmaktadır (Moghadam ve Khalighi 2007).

Mahlebin olgunlaşmamış hali, yeşil renktedir ve olgunlaştıkça rengi, kırmızıdan koyu mora dönüşür ve sonunda siyah olur (Blando ve ark. 2016). Koyu mavi veya kırmızı renkli mahlep meyvesi, yaygın meyve ve sebzeler arasında, en yüksek antioksidan aktivitesine sahiptir (Wu ve ark. 2004).

Kurutulan meyveleri, baharat olarak değerlendirilebilmektedir. Tohumları öğütülüp toz haline getirilmek suretiyle, özellikle unlu mamullere koku vermek amacıyla kullanılırken, güzel kokulu dalları ise tütün çubuğu yapımında kullanılmaktadır (Öner ve ark. 2006). Mahlep tozu ülkemizde çoğunlukla, kandil simidi, kek, kurabiye, poğaç, kap kek ve turta gibi fırıncılık ürünlerinde lezzet verici olarak kullanılmakta, geleneksel tıpta ise diüretik, antidiyabetik, tonik, afrodisyak ve balgam sökücü olarak değerlendirilmektedir (Şekil 2.4) (Öztürk ve ark. 2014). Tohumları, krem ve ilaç sanayiinde de kullanılmaktadır. Protein ve yağ asitleri kaynağı olan mahlep çekirdeklerinden elde edilen yağ ise vernik hazırlamada oldukça değerlidir (Kalyoncu ve ark. 2008). Ayrıca dal ve sürgünleri, ağızlık ve baston üretiminde kullanılmaktadır. Meyve ve tohumlarının değerlendirilmesinin yanı sıra, mahlep ağacının odunu da mobilyacılıkta kullanılmaktadır. Birçok alanda değerlendirilebilen mahlep meyvelerinin jölesi, pestili ve şekerlemesi de yapılmaktadır (Öner ve ark 2006).



**Şekil 2.4.** Mahlep (*Prunus mahaleb*) tohumu ve tozu

Mahlep, fenolik bileşikler içerdiğinden, insan sağlığı üzerine yararlı etkilere sahiptir. Beyaz mahlebin meyveleri koyu kırmızı renktedir ve koyu mavi veya kırmızı renkli sebzeler ve üzüksü meyveler arasında, en yüksek antioksidan aktiviteye sahiptir (Wu ve ark. 2004). Polifenolik bileşikler, yapılarındaki hidroksil gruplarının varlığına bağlı



olarak, serbest radikalleri temizleyebilen, biyoaktif fitokimyasallardır ve bu toplam antioksidan aktivitesi ile bağıntılı bir özelliktir (Dai ve Mumper 2010). Mahlebe özel kokusunu veren ve antioksidan özellik kazandıran bileşenler, kumarin türevleridir (Mariod ve ark. 2010). Ayrıca mahlep meyvelerinde antioksidan özelliğe sahip dört farklı antosiyanin (siyanidin 3,5-O-diglukozit, siyanidin 3-O-sambubiosit, siyanidin 3-O-ksilosil-rutinosid ve siyanidin 3-O-rutinosid) tanımlanmıştır (Ieri ve ark. 2012). Öztürk ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada da, mahlep meyvesinde, dört siyanidin türevli antosiyanin varlığı bildirilmiştir, bunlardan ikisi, siyanidin 3-O-rutinosid ve siyanidin 3-O-glukozit olarak tanımlanmıştır.

Herken ve ark. (2017), mahaleb tozu ilavesinin, bisküvilerin protein ve toplam fenolik madde miktarları ile antioksidan aktivitesinde, önemli bir artışa yol açtığını ve mahlep ile zenginleştirilmiş nihai ürünlerin, tüketiciler için sağlıklı bir fonksiyonel gıda olma potansiyeline sahip olduğunu bildirmiştir.

Fenolik bileşik tüketiminin, bu bileşiklerin antioksidan aktivitesinden dolayı, kalp damar rahatsızlıkları gibi ciddi hastalıkların riskini azaltabileceği, araştırmalarla ortaya konulmuştur (Hertog ve ark. 1993, Surh ve ark. 1999, Surh 2002).

## **2.7. Zerdeçal (*Curcuma longa* L.)**

Zerdeçal (*Curcuma longa* L.), *Zingiberaceae* familyasına ait ve tüm dünyada yüz yıllardır, gıda, kozmetik, ilaç ve boya endüstrisinde kullanılan otsu bir bitkidir (Ak ve Gülçin 2008, Gupta ve ark. 2012).

Zerdeçal, yüksek kurkumin (sarı renk pigmenti) içeriğinden dolayı, renk vermek amacı ile gıda boyası olarak da kullanılmaktadır. Ucuz bir alternatif olduğu için sıkça tercih edilmektedir. İlave edildiği gıdaların tazeliğini koruması, gıdaya karakteristik koku ve tat sağlaması nedeniyle, büyük önem taşımaktadır. Köri sosunun en önemli baharatı olan ve aromatik bitkiler sınıfında yer alan *Curcuma longa* L. rizomları, sosun uzun süre saklanması sağlayarak, lezzetini arttırmakta ve koruyucu etki göstermektedir (Anonim 1999).



**Şekil 2.5.** Zerdeçal (*Curcuma longa* L.) kökü ve tozu

Zerdeçal (*Curcuma longa* L.), içeriğindeki sarı renkli fenolik pigment (kurkumin) nedeniyle, güçlü antioksidan aktiviteye sahip olup, gıda endüstrisinde, kozmetikte ve boya sanayiinde kullanılan en önemli baharatlardan biridir (Miquel ve ark. 2002, Ak ve Gülçin 2008, Gupta ve ark. 2012). Kurkuminoidler olarak bilinen kurkumin, demetoksi kurkumin ve bis-demetoksi kurkumin, zerdeçal bitkisinin ana aktif bileşenleridir (Ireson et al. 2001). Bunlar, bütillenmiş hidroksianisol (BHA), bütillenmiş hidroksitoluen (BHT),  $\alpha$ -tokoferol ve troloks'a göre daha yüksek hidrojen peroksit süpürücü etki göstermektedir (Ak ve Gülçin 2008). Antioksidatif aktivitesinin yanı sıra, zerdeçal, anti-kanserojen ve anti-tümör (Huang ve ark. 1991, Rao ve ark. 1995, Pereira ve ark. 1996, Buhrmann ve ark. 2014, Shakibaei ve ark. 2014, Toden ve ark. 2015), anti-enflamatuvar, anti-artrit ve anti-depresyon (Chandran ve Goel 2012, Sanmukhani ve ark. 2014) etkilerine de sahiptir.

Yapılmış birkaç çalışmada zerdeçalın ekmek (Lim ve ark. 2011), bisküvi (Choi ve ark. 2013) ve kek (Lean ve Mohamed 1999, Lim ve ark. 2010, Park ve ark. 2012) kullanımını araştırılmıştır.

Seo ve ark. (2010), çalışmalarında keke zerdeçal tozu ilavesinin, uygulanabilir olduğu sonucuna varmışlardır. Zerdeçal ilavesi sayesinde, kekin fonksiyonel bir gıda olarak ticarileşmesi mümkün görülmüştür.

Lim ve ark. (2010) kek bileşimine zerdeçal ilavesinin etkilerini inceledikleri çalışmalarında, iyi bir antioksidan aktivite tespit etmişlerdir. Elde edilen sonuçlar, zerdeçal tozu ilavesiyle, daha iyi fiziko-kimyasal özelliklere ve daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip, fonksiyonel kek eldesinin, mümkün olduğunu göstermiştir.

Lim ve ark. (2011) yapmış oldukları bir diğer çalışmada, zerdeçal tozu ilavesi ile ekmeklerde de daha yüksek antioksidan aktivite sağlandığını, tespit etmişlerdir.

Lean ve Mohamed (1999), zerdeçalın, kekta yüksek antioksidan aktivite sağladığını ve raf ömrünü uzattığını (4 haftadan uzun bir süre), rapor etmişlerdir.

Choi ve ark. (2013) zerdeçal tozunun, bisküvilerde yüksek antioksidan aktivite sağladığını saptamıştır.

Park ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada, zerdeçal tozunun, kekin kurkumin içeriğini ve antioksidan aktivitesini önemli ölçüde arttırdığı tespit edilmiştir. Araştırmacılar, zerdeçalın, gıdaların fonksiyonelliğini geliştirmek için doğal bir antioksidan kaynağı olarak kullanılabilceğini, bildirmişlerdir.

Lim ve Han (2016) zerdeçalın yukwa (pirinç unu ve soya fasulyesi ile üretilen derin yağda kızarmış bir tür atıştırma) kalitesi üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, oksidatif bozulmanın, zerdeçal tarafından etkili bir şekilde inhibe edildiğini ve daha yüksek serbest radikal temizleme aktivitesi sağlandığını, rapor etmişlerdir.

Hefnawy ve ark. (2016), yaptıkları bir çalışmada, zerdeçal özütünü, bisküvilerde sentetik antioksidanların etkisiyle karşılaştırmışlar ve zerdeçal özütünün oldukça yüksek bir antioksidan etkiye sahip olduğunu, tespit etmişlerdir. Zerdeçal özütünün, bisküvi üretiminde bütillenmiş hidroksianisolün (BHA) yerine doğal antioksidan olarak kullanılabilceğini, bildirmişlerdir.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Bu çalışmada zerdeçal ve mahlep tozları piyasadan temin edilmiştir. Granola üretimi için kullanılan pirinç patlağı ise Almanya'daki bir biyomarketten temin edilmiştir (Şekil 3.1). Granola formülasyonunda yer alan diğer bileşenler (badem, ayçekirdeği, keten tohumu, kuru üzüm, pekmez, bal, zeytinyağı, tarçın), piyasadan satın alınmıştır.



Şekil 3.1. Pirinç patlağı

#### 3.2. Yöntemler

##### 3.2.1. Granola üretimi

Granola üretimleri, Souza ve Silva (2015) tarafından uygulanan metodun modifikasyonu ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2, 3.3). Glutensiz granola formülünde yulaf yerine, pirinç patlağı kullanılmıştır. Formüle ön denemelerle belirlenen oranlarda (% 2.5 ve 5) zerdeçal ve mahlep tozu, ayrı ayrı ve kombinasyon şeklinde, ilave edilmiştir. Üretilen granola örneklerine ait formülasyonlar, Çizelge 3.1'de verilmiştir. Bütün bileşenler, pirinç patlağının ağırlığı üzerinden, yüzde (%) olarak hesaplanmak suretiyle, ilave edilmiştir.

Pekmez, bal ve su karışımı ile hazırlanan bağlayıcı sıvı, 60-70 °C'ye ısıtılmış ve buna kuru bileşenler eklenerek, karıştırılmak suretiyle, granül hale getirilmiştir. Elde edilen granüller, fırın tepsiyelerine yayılarak konvansiyonel fırında, 180 °C'de, altın rengini alana ve gevrek hale gelene kadar, her 10 dakikada bir manuel karıştırma ile 30 dakika pişirilmiştir. Pişirme işlemi tamamlanan granola örnekleri fırından çıkarıldıktan sonra, oda sıcaklığına (25 °C) ulaşana kadar soğuması beklenmiş ve tekstür analizi yapılmıştır. Daha sonraki analizlerde kullanılmak üzere, granola örnekleri polipropilen kaplara alınarak, sıcak pres cliopack makinesi ile kapatılmış ve analize kadar 4 °C'de depolanmıştır.



**Şekil 3.2.** Granola hammaddeleri



**Şekil 3.3.** Granola ve ambalajlama

Çizelge 3.1. Granola formülasyonları

Kod Numarası*	Pirinç patlağı (%)	Mahlep (%)	Zerdeçal (%)	Tarçın (%)	Tatlı Badem (%)	Ayçekirdeği (%)	Keten Tohumu (%)	Kuru Üzüm (%)	Pekmez (%)	Bal (%)	Zeytinyağ (%)	Su (%)
<b>Kontrol (M0-Z0)</b>	100	0	0	15	50	25	15	20	75	50	12	5
<b>Z2.5</b>	100	0	2,5	15	50	25	15	20	75	50	12	5
<b>Z5.0</b>	100	0	5,0	15	50	25	15	20	75	50	12	5
<b>M2.5</b>	100	2,5	0	15	50	25	15	20	75	50	12	5
<b>M5.0</b>	100	5,0	0	15	50	25	15	20	75	50	12	5
<b>M2.5-Z2.5</b>	100	2,5	2,5	15	50	25	15	20	75	50	12	5
<b>M2.5-Z5.0</b>	100	2,5	5,0	15	50	25	15	20	75	50	12	5
<b>M5.0-Z2.5</b>	100	5,0	2,5	15	50	25	15	20	75	50	12	5
<b>M5.0-Z5.0</b>	100	5,0	5,0	15	50	25	15	20	75	50	12	5

\*Z:Zerdeçal, M: Mahlep

### **3.2.2. Granola analizleri**

#### **3.2.2.1. Nem miktarı tayini**

Nem miktarı, AOAC Metot No: 925.40'a göre belirlenmiştir (Anonim 1990).

#### **3.2.2.2. Toplam kül miktarı tayini**

Toplam kül miktarı, AOAC Metot No: 923.03'e göre belirlenmiştir (Anonim 1990).  
Toplam kül miktarının hesaplanması kuru madde üzerinden yapılmıştır.

#### **3.2.2.3. Toplam protein miktarı tayini**

Ham protein miktarı, AOAC Metot No: 920.152'e göre belirlenmiştir (Anonim 1990).  
Toplam protein miktarı kuru madde üzerinden hesaplanmıştır.

#### **3.2.2.4. Toplam yağ miktarı tayini**

Ham yağ miktarı, AOAC Metot No: 920.39'a göre belirlenmiştir (Anonim 1990).  
Toplam yağ miktarı kuru madde üzerinden hesaplanmıştır.

#### **3.2.2.5. Tekstür analizi**

Pişirmeyi takiben, oda sıcaklığına (25 °C) soğutulan örneklerde tekstür ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Örneklerinin tekstür analizi için kırılma ölçümleri yapılmıştır. Tekstür analizinde, Kramer kesme hücresi ve 5 bıçaklı HDP/KS5 TA-HD PLUS model Tekstür Analiz Cihazı (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Surrey, İngiltere) kullanılarak, maksimum kuvvet (N) ölçülmüştür (Şekil 3.4).



**Şekil 3.4.** Tekstür analizi

### 3.2.2.6. Renk analizi

Granola örnekleri, renk analizi için öğütme işlemine tabi tutularak toz hale getirilmiştir. Örneklerin renkleri, Minolta CM 3600d model Renk Ölçüm Cihazı kullanılarak, belirlenmiştir. CIE Renk Değerleri (L, a, b)'nden oluşan üçlü skalada yüksek pozitif L beyaz, yüksek negatif L siyah; yüksek pozitif a kırmızı, yüksek negatif a yeşil; yüksek pozitif b sarı ve yüksek negatif b mavi olarak değerlendirilmiştir (Şekil 3.5).



**Şekil 3.5.** Renk ölçümü

### 3.2.2.7. Fenolik madde ekstraksiyonu

Ekstrakte edilebilir (serbest, çözünür) fenolik maddelerin ekstraksiyonu, Vitali ve ark. (2009)'nın geliştirdiği yöntemde modifikasyon yapılarak gerçekleştirilmiştir. Buna göre 2.0 g kuru örnek tartılıp, bunun üzerine 20 mL 1:80:10 oranında HCl<sub>kons</sub>/metanol/su karışımı ilave edilmiş ve orbital çalkalayıcıda (JB50-D;Shanghai Shengke Instruments, Shanghai, China) 20°C'de 2 saat çalkalanmıştır. Süre sonunda karışım, Sigma 3K 30



model santifüj ile 4 °C'de, 3500 rpm'de 10 dk santrifüjlenmiştir. İşlem sonrası ayrılan süpernatantlar (ekstrakte edilebilir, serbest, çözümlenir fenolikler) , analiz edilinceye kadar -20 °C'de muhafaza edilmiştir.

Hidrolize edilebilir (bağlı, çözünmez) fenoliklerin ekstrasyonuna, ekstrakte edilebilir fenoliklerin ekstraksiyonundan arta kalan kalıntı ile devam edilmiştir. Kalıntıya 20 mL 10:1 oranında metanol/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>kons karışımı ilave edilmiş ve 85 °C'deki su banyosunda 20 saat bekletilmiştir. Süre sonunda örnekler oda sıcaklığına gelinceye kadar soğutulmuş ve Sigma 3K 30 model santifüj ile 4 °C'de, 3500 rpm'de 10 dk santrifüjlenmiştir. İşlem sonrası ayrılan süpernatantlar (hidrolize edilebilir, bağlı, çözünmez fenolikler), analiz edilinceye kadar -20 °C'de muhafaza edilmiştir.

### **3.2.2.8. Fenolik madde miktarı tayini**

Granola örneklerinden elde edilen ekstraktların fenolik bileşen içeriği, Vitali ve ark. (2009) tarafından tanımlanan Folin-Ciocalteu kolorimetrik yöntemi ile belirlenmiştir. Fenolik bileşen değerleri gallik asit eşdeğeri (mg GAE 100g<sup>-1</sup>) cinsinden ifade edilmiştir. Kullanılan çözeltiler aşağıda belirtildiği şekilde hazırlanmıştır:

*Lowry A:* 0.1 mol/L NaOH (sodyum hidroksit) içinde %2'lik Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (sodyum karbonat) çözdürülerek hazırlanmıştır.

*Lowry B:* %1'lik NaKC<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub> (potasyum sodyum tartarat) içinde %0.5 CuSO<sub>4</sub> (bakır sülfat) çözdürülerek taze olarak hazırlanmıştır.

*Lowry C:* 50:1 (v/v) oranında *Lowry A* ve *Lowry B* karışımından elde edilmiştir.

*Reaktif:* 1:3 oranında saf su ile seyreltilmiş Folin-Ciocalteu

*Standart:* Gallik asit (5-50 mg/L)

Çözeltiler hazırlandıktan sonra öncelikle birkaç renk denemesi yapılarak analiz sırasında ne kadar örnek kullanılacağı belirlenmiştir. Deney tüplerine koyulan x mL örnek üzerine (2-x) mL saf su ve 2.5 mL *Lowry C* ilave edilip karıştırıldıktan sonra, 10 dk oda sıcaklığında bekletilmiştir. Süre sonunda, 1:3 oranında saf su ile seyreltilmiş Folin-ciocalteu reaktifinden 0.25 mL ilave edilerek karıştırılmış ve oda sıcaklığında

karanlık bir ortamda 30 dk bekletilmiştir. Deney tüplerinde bulunan örneklerde oluşan mavi rengin aralığına göre, spektrofotometrede okutulacak örnek miktarına karar verilmiştir. Örnek miktarı belirlendikten sonra, aynı işlemler örnekler için de tekrarlanmıştır. Kalibrasyon grafiği için 5-50 mg/L konsantrasyon aralığında gallik asit çözeltileri hazırlanmıştır. Örneklerin ve standart çözeltilerinin absorbans değerleri spektrofotometrede (Optizen marka 3220 UV-Mecasys model) 750 nm dalga boyunda okunmuştur. Okunan değerler, en küçük kareler yöntemiyle doğru denklemi olarak hesaplanmıştır. Ekstraktlar için fenolik madde miktarları, hesaplanan kalibrasyon denklemi kullanılarak, mg GAE 100 g<sup>-1</sup> örnek olarak ifade edilmiştir. Toplam fenolik madde miktarları ise ekstrakte edilebilir ve hidrolize edilebilir fenolik madde miktarlarının toplamı ile hesaplanmıştır.

### **3.2.2.9. Antioksidan aktivite tayini**

Antioksidan aktivitenin belirlenmesinde, CUPRAC (bakır iyonu indirgeme antioksidan aktivite analizi) (Apak ve ark. 2004) ve DPPH (2,2-difenil-1-picrylhydrazyl analizi) (Brand-Williams ve ark. 1995) yöntemleri kullanılmıştır.

#### **3.2.2.9.1. CUPRAC yöntemi ile antioksidan aktivite tayini**

CUPRAC yöntemi ile antioksidan aktivite tayini Apak ve ark.(2004)'nın belirttiği yöntemle göre belirlenmiştir. Çözeltiler aşağıda belirtildiği şekilde hazırlanmıştır:

*1.0×10<sup>-2</sup> M Bakır (II) klorür çözeltisi:* 0.4262 g bakır (II) klorür (CuCl<sub>2</sub>), tartılıp saf suda çözülerek 100 mL'ye tamamlanmıştır.

*7.5×10<sup>-3</sup> M Neokuproin çözeltisi:* 0.0390 g neokuproin (C<sub>14</sub>H<sub>12</sub>N<sub>2</sub>) tartıldıktan sonra % 96'lık etanolde çözülerek, 25 mL'lik ölçü balonunda ethanol ile çizgiye tamamlanmıştır.

*1 M Amonyum asetat tampon çözeltisi:* 19.27 g amonyum asetat (NH<sub>4</sub>Ac) saf suda çözülerek 250 mL ye saf su ile tamamlanmıştır.

Analiz için hazırlanan standart trolox çözeltisinden 5, 10, 25, 50, 100,150, 300 ve 500 µL konsantrasyonlarında alınıp, bunların üzerine toplam hacim 1 mL olacak şekilde saf su ilave edildikten sonra, 1'er mL CuCl<sub>2</sub>, neokuproin ve amonyum asetat çözeltileri eklenerek karıştırılmıştır. Standart troloks çözeltisi ile aynı zamanda kör örnek de

hazırlanmıştır. Bunun için 1 mL saf su üzerine, yine 1'er mL CuCl<sub>2</sub>, neokuproin ve amonyum asetat çözeltileri ilave edilmiştir. Daha sonra deney tüpleri, oda sıcaklığında, karanlık bir ortamda 30 dakika bekletilmiştir. Süre bitiminde hem standart troloks çözeltilisinin hem de kör örneğin, spektrofotometrede (Optizen marka 3220 UV-Mecasys model) 450 nm dalga boyunda, absorbans değerleri okunmuştur. Okunan standart troloks çözeltilisinin absorbans değeri, kör örneğin absorbans değerlerinden çıkartılmıştır. Daha sonra elde edilen bu değer ile birlikte standart troloks çözeltilisinin 5-500 µL aralığındaki konsantrasyon değerlerine karşılık gelen mg (0.00126-0.125 mg aralığında troloks çözeltisi) değerleri kullanılarak, kalibrasyon grafiği çizilmiştir ve bu grafikten en küçük kareler yöntemi ile doğru denklemi hesaplanmıştır.

Standart troloks çözeltilisinin farklı konsantrasyonlardaki absorbans aralıkları ve oluşan yeşil renk tonlarına göre, analizde kullanılacak örnek miktarına (x mL) karar verilmiştir. x mL örnek üzerine (1-x) mL saf su, ve 1'er mL CuCl<sub>2</sub>, neokuproin ve amonyum asetat çözeltileri ilave edilmiştir. Daha sonra deney tüpleri, oda sıcaklığında, karanlık bir ortamda, 30 dk bekletilmiş ve spektrofotometrede (Optizen marka 3220 UV-Mecasys model) 450 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunmuştur. Örnekler için antioksidan aktivite değerleri, hesaplanan kalibrasyon denklemi kullanılarak, µmol troloks g<sup>-1</sup> örnek olarak hesaplanmıştır.

#### **3.2.2.9.2. DPPH yöntemi ile antioksidan aktivite tayini**

DPPH yöntemi ile antioksidan aktivitenin belirlenmesinde, Brand-Williams ve ark. (1995)'nin uyguladığı yöntem kullanılmıştır.

*Stok DPPH (1mM):* (1x10<sup>-3</sup> M DPPH çözeltisi) 0.039 g DPPH metanolde çözülerek 100 mL'ye metanol ile seyreltilmiştir. (6x10<sup>-5</sup> M DPPH çözeltisi) 6 mL, 1mM'lık çözeltiden alınıp 100 mL'ye tamamlanmıştır.

Hazırlanan standart troloks çözeltilisinden 10, 25, 50, 75 ve 100 µL konsantrasyonlarında alınıp, bunların üzerine toplam hacim 4 mL olacak şekilde DPPH çözeltisi ilave edilmiştir. Daha sonra maksimum ve değişmeyen absorbans değerleri ölçülünceye kadar, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 dk karanlıkta bekletilmiştir. Süre sonunda spektrofotometrede (Optizen marka 3220 UV-Mecasys model) 515 nm dalga boyunda,

absorbans değerleri okunmuştur ( $A_{\text{\textit{ornek}}}$ ). Aynı işlemler k\textit{or} \textit{ornek} i\textit{c}in de ger\textit{c}ekleştirilmiştir ( $A_{\text{kor}}$ ). Elde edilen bu absorbans değerleri ile % inhibisyon değeri aşağıdaki form\textit{u}le g\textit{ore} hesaplanmıştır.

$$\% \textit{Inhibisyon} = \frac{A_{\text{kor}} - A_{\text{ornek}}}{A_{\text{kor}}} \times 100$$

Daha sonra hesaplanan % inhibisyon değerleri ve troloks \textit{c}ozeltisinin 10-100  $\mu\text{L}$  konsantrasyon değerlerine karşılık gelen (0.00252-0.0252 mg aralığında trolox \textit{c}ozeltisi) mg değerleri kullanılarak, kalibrasyon grafiği \textit{c}izilmiş ve bu grafikten en k\textit{uc}uk kareler y\textit{on}temi ile doğru denklemini hesaplanmıştır.

\text{O}n denemeler sonucunda belirlenen \textit{ornek} (x mL) \textit{u}zerine (4-x mL), DPPH \textit{c}ozeltisi ilave edilmiş ve yine \textit{on} denemelerle belirlenen s\textit{u}re kadar karanlıkta bekletilmiş ve absorbans değerleri okunmuştur ( $A_{\text{ornek}}$ ). \text{O}rneklerin antioksidan aktiviteleri, \textit{c}izilen kalibrasyon grafiğinden,  $\mu\text{mol}$  troloks  $\text{g}^{-1}$  \textit{ornek} olarak hesaplanmıştır.

### 3.2.2.10. Duyusal analiz

Granolaların duyusal analizlerinde 20 panelist g\textit{orev} almıştır. Tadımda g\textit{orev} alan katılımcılar, 25- 47 yaş aralığındadır. Granola \textit{ornek}leri, rastgele numaralandırılarak değerlendirmeye sunulmuştur. Değerlendirme aydınlık oda şartlarında ger\textit{c}ekleştirilmiştir. Sunum tercihe bağlı olarak s\textit{u}t, yoğurt ve su ile yapılmıştır. Granola \textit{ornek}leri; tat, koku, gevreklik, dişe yapışma, g\textit{or}n\textit{u}m, genel kabul edilebilirlik a\textit{c}ısından değerlendirilmiştir. Değerlendirme, dokuzlu hedonik skala (**1:Berbat; 2:Çok k\textit{ot}u; 3:K\textit{ot}u; 4:Fena değil; 5:Ne beğendim ne beğenmedim; 6:İdare eder; 7:G\textit{u}zel; 8:Çok iyi; 9:M\textit{u}kemmel**) \textit{u}zerinden yapılmıştır. Panelistlere yapılan duyusal analiz parametrelerinin puan a\textit{c}ıklamaları, aşağıda verilmiştir.

#### **Tat:**

9-Karakteristik granola tat-aroması var, ilave edilen maddenin hissedilen ve hoşa giden tat ve aroması var

7-G\textit{u}zel ve ilave edilen maddenin hafif tat ve aroması var

5-Yavan ama ilave edilen maddenin az da olsa fark edilen tat ve aroması var

- 3-Oldukça yavan, ilave edilen maddeden kaynaklanan istenmeyen tat aroma var
- 1-İlave edilen maddenin çok belirgin kabul edilemez tat ve aroması var

***Koku:***

- 9-Karakteristik granola kokusu var, ilave edilen maddenin hissedilen ve hoş giden kokusu var
- 7-İlave edilen maddenin hafif kokusu var
- 5-İlave edilen maddenin az da olsa fark edilen kokusu var
- 3-İlave edilen maddeden kaynaklanan istenmeyen koku var
- 1-İlave edilen maddenin çok belirgin kabul edilemez kokusu var

***Gevreklilik:***

- 9-Çok güzel, ağızda dağılan gevrek yapı
- 7-Güzel, ağızda dağılan gevrek yapı
- 5-Hafif gevrek yapı
- 3- Tam dağılmayan az gevrek yapı
- 1-Dağılmayan ve hiç gevrek olmayan sert yapı

***Dişe Yapışma:***

- 9-Çiğnerken dişe hiç yapışmayan yapı
- 7-Çiğnerken dişe çok çok az yapışan yapı
- 5-Çiğnerken hafif yapışkan yapı
- 3-Çiğnerken yapışkan yapı
- 1-Çiğnerken çok yapışkan yapı

***Görünüm:***

- 9- Karakteristik görünüm
- 7- Biraz açık veya biraz koyu görünüm
- 5- Çok açık veya çok koyu görünüm
- 3- Çok açık ve mat ya da çok koyu ve mat görünüm
- 1- Kabul edilemeyecek derecede koyu veya açık görünüm

***Genel Kabul edilebilirlik:***

9- Mükemmel

7- Güzel

5- Ne beğendim ne beğenmedim

3-Kötü

1- Kabul edilemeyecek derecede kötü, berbat

**3.2.3. İstatistiki analiz**

Elde edilen veriler, istatistiksel olarak JMP IN 7.0.0 (Statistical Discovery from SAS 2005. Institue Inc.) programı ile varyans analizi kullanılarak değerlendirilmiştir. LSD (Least Significant Differance) testi uygulanarak, elde edilen ortalama değerler arasındaki istatistiksel fark grupları  $p \leq 0.05$ 'e göre belirlenmiştir. Analizler 2 paralel, 3 tekerrür olarak gerçekleştirilmiştir.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Granola Örneklerinin Kimyasal Özellikleri

Granola örneklerine ait protein, yağ, kül ve nem miktarları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Granola örneklerinin protein içeriği %7.82- 10.49, yağ içeriği %15.37-20.86, nem içeriği %12.83- 14.03, kül içeriği % 7.41-9.48 arasında değişmektedir.

En yüksek nem içeriği % 14.03 ile kontrol örneğinde saptanırken, en düşük nem içeriği % 12.82 ile Z5.0 nolu örnekte saptanmıştır. Zerdeçal ve mahlep ilaveli örneklerin nem içerikleri, kontrol örneği ile kıyaslandığında, önemli düzeyde ( $p \leq 0.05$ ) düşük bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Granolaların kimyasal bileşimleri

Örnek Kodu	Nem (%)	Toplam Protein (%)	Toplam Yağ (%)	Toplam Kül (%)
M0-Z0 (Kontrol)	14.03±0.23 <sup>a</sup>	7.82±0.01 <sup>g</sup>	20.86±0.02 <sup>a</sup>	7.41±0.01 <sup>h</sup>
Z2.5	13.03±0.00 <sup>ef</sup>	8.26±0.01 <sup>f</sup>	19.94±0.14 <sup>b</sup>	8.26±0.04 <sup>g</sup>
Z5.0	12.83±1.73 <sup>f</sup>	8.83±0.01 <sup>d</sup>	19.84±0.16 <sup>b</sup>	8.43±0.02 <sup>f</sup>
M2.5	13.94±0.02 <sup>ab</sup>	8.81±0.01 <sup>d</sup>	19.52±0.33 <sup>c</sup>	8.60±0.01 <sup>e</sup>
M5.0	13.26±0.35 <sup>de</sup>	9.35±0.01 <sup>c</sup>	18.26±0.04 <sup>d</sup>	8.79±0.02 <sup>d</sup>
M2.5-Z2.5	13.79±0.07 <sup>b</sup>	8.28±0.00 <sup>f</sup>	16.71±0.01 <sup>e</sup>	8.98±0.01 <sup>c</sup>
M2.5-Z5.0	13.56±0.17 <sup>c</sup>	8.44±0.00 <sup>e</sup>	16.07±0.06 <sup>f</sup>	9.02±0.01 <sup>c</sup>
M5.0-Z2.5	13.71±0.36 <sup>bc</sup>	9.88±0.08 <sup>b</sup>	15.54±0.15 <sup>g</sup>	9.21±0.03 <sup>b</sup>
M5.0-Z5.0	13.29±0.28 <sup>d</sup>	10.49±0.01 <sup>a</sup>	15.37±0.16 <sup>g</sup>	9.48±0.02 <sup>a</sup>

\*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında  $p \leq 0.05$  oranında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır.

Üretilen granolaların protein içerikleri %7.82-10.49 arasında değişmektedir. Granola örneklerinde zerdeçal ve mahlep oranı arttıkça, protein miktarlarının, kontrole göre (% 7.82) önemli düzeyde ( $p \leq 0.05$ ) artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Zerdeçal ve mahlep ilaveli granolaların yağ miktarları %19.94-15.37 arasında değişmiş olup, zerdeçal ve mahlep oranı arttıkça, yağ miktarlarının, kontrole göre (% 20.86)

önemli düzeyde ( $p \leq 0.05$ ) azaldığı tespit edilmiştir.

En yüksek kül içeriği % 9.48 ile M5.0-Z5.0 nolu örnekte saptanırken, en düşük kül içeriği % 7.41 ile kontrol örneğinde saptanmıştır. Granola örneklerinde zerdeçal ve mahlep oranı arttıkça, kül miktarlarının, kontrole göre önemli düzeyde ( $p \leq 0.05$ ) artış gösterdiği tespit edilmiştir.

#### 4.2. Granola Örneklerinin Renk Değerleri

Dijital renk analizi sonucunda elde edilen  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değerleri ve tekstür analizi sonucu ölçülen sertlik (kırılma kuvveti) değerleri Çizelge 4.2.'de verilmiştir. Renk, tüketici açısından değerlendirildiğinde, başlangıç için çok önemli bir kalite kriteridir (Mamat ve ark. 2010).

Renk analizinde  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değerleri açısından granolaların, kontrole göre farklı olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.2. Granola örneklerinin renk ve tekstür değerleri

Örnek Kodu	$L^*$	$a^*$	$b^*$	Sertlik (Kırılma Kuvveti) (N)
M0-Z0 (Kontrol)	56.71±0.10 <sup>a</sup>	1.52±0.36 <sup>h</sup>	21.18±0.34 <sup>h</sup>	106.75±18.41 <sup>d</sup>
Z2.5	55.03±0.64 <sup>c</sup>	2.07±0.30 <sup>e</sup>	27.45±0.03 <sup>d</sup>	109.75±15.11 <sup>d</sup>
Z5.0	53.98±0.70 <sup>d</sup>	3.02±0.09 <sup>c</sup>	28.06±0.43 <sup>c</sup>	140.75±17.75 <sup>c</sup>
M2.5	55.67±2.50 <sup>b</sup>	1.78±0.35 <sup>g</sup>	22.92±0.86 <sup>g</sup>	143.00±19.25 <sup>c</sup>
M5.0	53.69±1.92 <sup>d</sup>	1.94±0.08 <sup>f</sup>	24.00±0.20 <sup>f</sup>	148.00±9.97 <sup>b</sup>
M2.5-Z2.5	54.93±0.14 <sup>c</sup>	2.70±0.26 <sup>d</sup>	26.88±0.17 <sup>e</sup>	146.75±14.36 <sup>c</sup>
M2.5-Z5.0	53.02±0.32 <sup>e</sup>	2.99±0.09 <sup>c</sup>	26.91±0.77 <sup>e</sup>	150.50±8.23 <sup>ab</sup>
M5.0-Z2.5	51.93±0.12 <sup>f</sup>	3.58±0.54 <sup>b</sup>	28.73±1.01 <sup>b</sup>	149.95±35.44 <sup>ab</sup>
M5.0-Z5.0	50.27±0.56 <sup>g</sup>	4.72±0.37 <sup>a</sup>	29.69±0.03 <sup>a</sup>	154.50±12.77 <sup>a</sup>

\*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında  $p \leq 0.05$  oranında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır.

Sadece zerdeçal ilave edilen örnekler incelendiğinde, zerdeçal oranı arttıkça, kontrol örneğine göre önemli düzeyde ( $p \leq 0.05$ ) olmak üzere,  $L^*$  değerlerinde düşüş,  $a^*$  ve  $b^*$



değerinde ise artış olduğu görülmektedir. Aynı şekilde, bileşime ilave edilen mahlep oranı sabit tutulup, zerdeçal oranı arttıkça da, granolaların  $L^*$  değerlerinde önemli düzeyde ( $p \leq 0.05$ ) azalma,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinde ise önemli düzeyde ( $p \leq 0.05$ ) artış gözlenmiştir. Zerdeçal ilavesi üründe baskın bir sarı renge sebep olmuştur. Lim ve Han (2016) tarafından yapılan bir çalışmada da, pirinç atıştırılmasına ilave edilen zerdeçalın, ürünün  $L^*$  değerini düşürdüğü tespit edilmiştir. Daha yüksek  $b^*$  değeri ise daha sarı bir rengi tanımlamaktadır, çalışmamızda da zerdeçal oranı arttıkça, daha çekici bir sarı renk gözlenmiştir. Yine Lim ve Han (2016) pirinç atıştırılmasında, zerdeçal oranı arttıkça, sarılık değerinin ( $b^*$ ) dikkat çekici bir şekilde yükseldiğini tespit etmişler ve zerdeçal tozunun sarı renge sahip olduğunu ve bunun, ürün rengi üzerinde önemli bir etkisi olduğunu bildirmişlerdir.

Sadece mahlep ilave edilen örnekler incelendiğinde ise mahlep oranı arttıkça, kontrol örneğine göre, önemli düzeyde ( $p \leq 0.05$ ) olmak üzere,  $L^*$  değerlerinde düşüş,  $a^*$  ve  $b^*$  değerinde ise artış olduğu görülmektedir. Yine aynı şekilde, granola örneklerine ilave edilen zerdeçal oranı sabit tutulup, mahlep oranı arttıkça, granolaların  $L^*$  değerlerinde önemli düzeyde ( $p \leq 0.05$ ) azalma,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinde ise önemli düzeyde ( $p \leq 0.05$ ) artış tespit edilmiştir. Mahlep ilavesi, granola örneklerinde rengin koyulaşmasına neden olmuştur. Bu sonuçlar, Herken ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmanın sonuçları ile paralellik göstermektedir. Araştırmacılar, mahlep ilaveli bisküvilerin, kontrol örneğinden, daha koyu renkli olduğunu tespit etmişler ve mahlep kullanımının bisküvilerde daha düşük parlaklık ( $L^*$ ), daha yüksek kırmızılık ( $a^*$ ) ve sarılık ( $b^*$ ) değerlerine neden olduğunu bildirmişlerdir.

### **4.3. Granola Örneklerinin Tekstür Özellikleri**

Tekstür, gıdanın yapısal ve mekaniksel özellikleri ile ilişkili olan kalite özelliklerini kapsamaktadır. Bu nedenle, gıdaların tekstürel özelliklerinin anlaşılmasında, mekaniksel özelliklerinin bilinmesi oldukça önemlidir.

Granola örneklerinin sertlik değerleri 106.75-154.50 N arasında değişmiştir (Çizelge 4.2). En düşük sertlik değeri, kontrol örneğinde ölçülürken, en yüksek sertlik değeri M5.0-Z5.0 kod numaralı örnekte, yani mahlep ve zerdeçalın en yüksek oranda ve

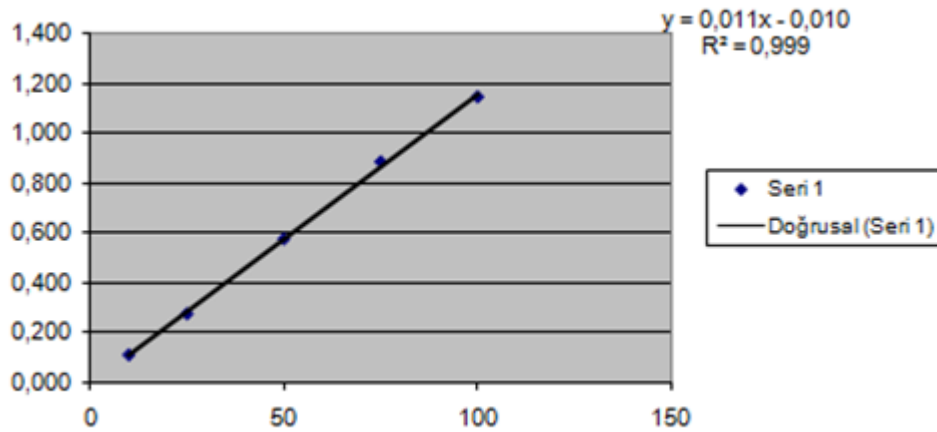
karışım halinde uygulandığı örnekte ölçülmüştür. Zerdeçal ve mahlep ilaveleri, granolanın sertliği üzerine önemli düzeyde etkili ( $p \leq 0.05$ ) bulunmuştur.

Granola üretiminde kuru bileşenler, bağlayıcı sıvı sayesinde birleştikçe, oluşan granülün yapısı daha güçlü olmakta ve daha az dağılıp ufalanma özelliği kazanmaktadır (Pathare ve ark. 2012).

#### 4.4. Granola Örneklerinin Fenolik Madde İçerikleri

Üretilen granola örneklerine ait ekstrakte edilebilir, hidrolize edilebilir ve toplam fenolik madde miktarları Çizelge 4.3'de, kalibrasyon grafiği de Şekil 4.1'de verilmiştir.

Granola örneklerine ait fenolik madde miktarının belirlenmesinde kullanılan kalibrasyon grafiği, gallik asit standardı kullanılarak çizilmiştir (Şekil 4.1). Örneklerin ekstrakte edilebilir fenolik madde miktarları 126.44- 339.97 mg GAE 100 g<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. Zerdeçal ve mahlep ilaveleri, granola örneklerinin ekstrakte edilebilir fenolik madde miktarlarında, kontrol örneğine göre, önemli düzeyde ( $p \leq 0.05$ ) artış sağlamıştır.



Şekil 4.1. Fenolik madde kalibrasyon grafiği

Sadece zerdeçal ilavesinin, sadece mahlep ilavesine göre ekstrakte edilebilir fenolik madde miktarını, daha fazla arttırdığı görülmektedir. Zerdeçal oranı %5'e çıkarıldığında, kontrol örneğine göre, ekstrakte edilebilir fenolik madde içeriğinde yaklaşık 2.5 kat artış olduğu belirlenmiştir. Aynı şekilde, karışım uygulamalarında da

bileşime ilave edilen mahlep oranı sabit tutulup, zerdeçal oranı arttıkça, granolaların ekstrakte edilebilir fenolik madde miktarlarında, kontrole göre önemli düzeyde ( $p \leq 0.05$ ) artış gözlemlenmiştir. En yüksek ekstrakte edilebilir fenolik madde miktarı (339.97 mg GAE 100 g<sup>-1</sup>), mahlep ve zerdeçalın en yüksek dozda ve beraber kullanıldığı örnekte (M5.0-Z5.0) elde edilmiştir.

**Çizelge 4.3.** Granolaların fenolik madde içerikleri\*

Örnek Kodu	Ekstrakte Edilebilir Fenolik Madde Miktarı (mg GAE 100 g <sup>-1</sup> )	Hidrolize Edilebilir Fenolik Madde Miktarı (mg GAE 100 g <sup>-1</sup> )	Toplam Fenolik Madde Miktarı (mg GAE 100 g <sup>-1</sup> )
<b>M0-Z0 (Kontrol)</b>	126.44±1.34 <sup>g</sup>	2335.96±22.35 <sup>c</sup>	2462.40±36.34 <sup>f</sup>
<b>Z2.5</b>	248.56±0.27 <sup>e</sup>	2593.80±14.97 <sup>c</sup>	2842.36±23.45 <sup>d</sup>
<b>Z5.0</b>	301.01±3.54 <sup>c</sup>	2675.06±25.43 <sup>b</sup>	2976.07±34.32 <sup>c</sup>
<b>M2.5</b>	194.84±2.62 <sup>f</sup>	2553.56±34.56 <sup>c</sup>	2748.40±13.44 <sup>e</sup>
<b>M5.0</b>	209.32±3.98 <sup>f</sup>	2619.68±21.23 <sup>b</sup>	2829.00±21.23 <sup>d</sup>
<b>M2.5-Z2.5</b>	253.89±1.69 <sup>e</sup>	2648.71±33.21 <sup>b</sup>	2902.60±13.01 <sup>c</sup>
<b>M2.5-Z5.0</b>	320.16±2.76 <sup>b</sup>	2737.33±24.32 <sup>a</sup>	3057.49±32.34 <sup>b</sup>
<b>M5.0-Z2.5</b>	278.89±0.24 <sup>d</sup>	2712.56±35.01 <sup>a</sup>	2991.56±21.93 <sup>c</sup>
<b>M5.0-Z5.0</b>	339.97±1.23 <sup>a</sup>	2798.14±21.23 <sup>a</sup>	3198.11±16.44 <sup>a</sup>

\*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında  $p \leq 0.05$  oranında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır.

Hidrolize edilebilir fenolik madde miktarları, 2335.96 mg GAE 100 g<sup>-1</sup> (kontrol) ile 2798.14 mg GAE 100 g<sup>-1</sup> (M5.0-Z5.0 nolu örnek) arasında değişim göstermiştir. Kontrol ile kıyaslandığında, zerdeçal ve mahlep ilavelerinin, % 5 oranındaki tek başlarına kullanımları ile kombinasyon halinde uygulamalarının, hidrolize edilebilir fenolik madde içeriklerini, önemli düzeyde ( $p \leq 0.05$ ) arttırdığı görülmektedir.

Toplam fenolik madde (TFM) miktarları, 2462.40 mg GAE 100 g<sup>-1</sup> (kontrol) ile 3198.11 mg GAE 100 g<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir. En yüksek toplam fenolik madde miktarı (3198.11 mg GAE 100 g<sup>-1</sup>), mahlep ve zerdeçalın en yüksek dozda ve beraber kullanıldığı örnekte (M5.0-Z5.0) elde edilmiştir. Mahlep ve zerdeçal katkıları,

granola örneklerinin toplam fenolik madde miktarlarını kontrole göre önemli düzeyde ( $p \leq 0.05$ ) yükseltmiştir. Katkı oranı arttıkça, toplam fenolik madde içerikleri de doğrusal bir şekilde artmıştır.

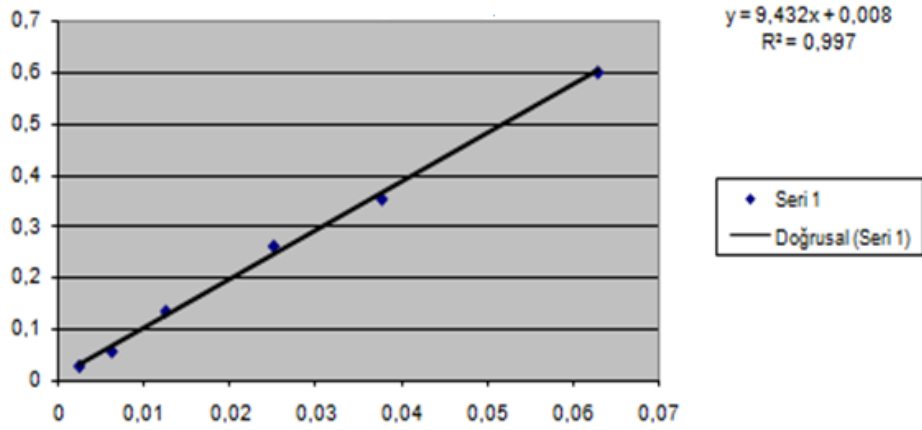
Blando ve ark. (2016) mahlep meyvelerinde, başlıca antosiyaninler, kumarik asit türevleri ve flavonoller olmak üzere dokuz tane polifenolik bileşik tespit etmiş ve mahlebin, biyoaktif bileşenlerin kaynağı olarak kullanılabilceğini bildirmişlerdir. Bu durum, çalışmamızın sonuçlarını desteklemektedir.

Herken ve ark. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, benzer sonuçlar elde edilmiştir. Söz konusu araştırmada, un ağırlığı üzerinden, % 0, 1, 2, 3 ve 4 oranlarında mahlep ilave edilen bisküvilerde, toplam fenolik madde (TFM) miktarları, sırasıyla, 58, 187, 197, 200 ve 213 mg GAE 100 g<sup>-1</sup> bulunmuş ve mahlep ilavesinin TFM miktarını doğrusal olarak artırdığı rapor edilmiştir.

Bir diğer çalışmada ise bitter çikolataya zerdeçal tozu ilave edildiğinde, fenolik içerik gelişmiş ve dolayısıyla da fenolik madde konsantrasyonunda %36 oranında artış gözlenmiştir. Bu yüksek konsantrasyon, zerdeçalın bileşimindeki en önemli fenolik bileşen olan kurkumine atfedilmiştir (Martini ve ark. 2018).

#### **4.5. Granola Örneklerinin Antioksidan Aktiviteleri**

Granola örneklerinin antioksidan aktivitelerinin CUPRAC yöntemi ile analizinde çizilen kalibrasyon grafiği (0.00126-0.125 mg aralığında troloks çözeltisi) Şekil 4.2.'de verilmiştir. Bu grafiklerden yararlanarak ekstraktların CUPRAC metoduna göre antioksidan aktiviteleri  $\mu\text{mol troloks g}^{-1}$  örnek olarak hesaplanmıştır. Örneklere ait CUPRAC metoduna göre antioksidan aktivite değerleri Çizelge 4.4'de görülmektedir.



Şekil 4.2. CUPRAC kalibrasyon grafiği

Çizelge 4.4. Granola örneklerinin antioksidan aktivite değerleri\*

Örnek Kodu	CUPRAC (µm Troloks g <sup>-1</sup> )	DPPH (µm Troloks g <sup>-1</sup> )
M0-Z0 (Kontrol)	28.76±0.93 <sup>g</sup>	97.05±7.43 <sup>f</sup>
Z2.5	36.07±1.23 <sup>d</sup>	132.81±9.24 <sup>d</sup>
Z5.0	37.79±0.54 <sup>c</sup>	136.68±4.32 <sup>c</sup>
M2.5	34.17±2.34 <sup>f</sup>	124.25±8.34 <sup>c</sup>
M5.0	35.43±3.23 <sup>e</sup>	130.43±10.73 <sup>d</sup>
M2.5-Z2.5	36.50±1.34 <sup>d</sup>	136.75±7.34 <sup>c</sup>
M2.5-Z5.0	36.89±2.34 <sup>d</sup>	137.89±8.42 <sup>c</sup>
M5.0-Z2.5	38.42±1.11 <sup>b</sup>	139.27±9.42 <sup>b</sup>
M5.0-Z5.0	39.19±1.53 <sup>a</sup>	141.44±7.65 <sup>a</sup>

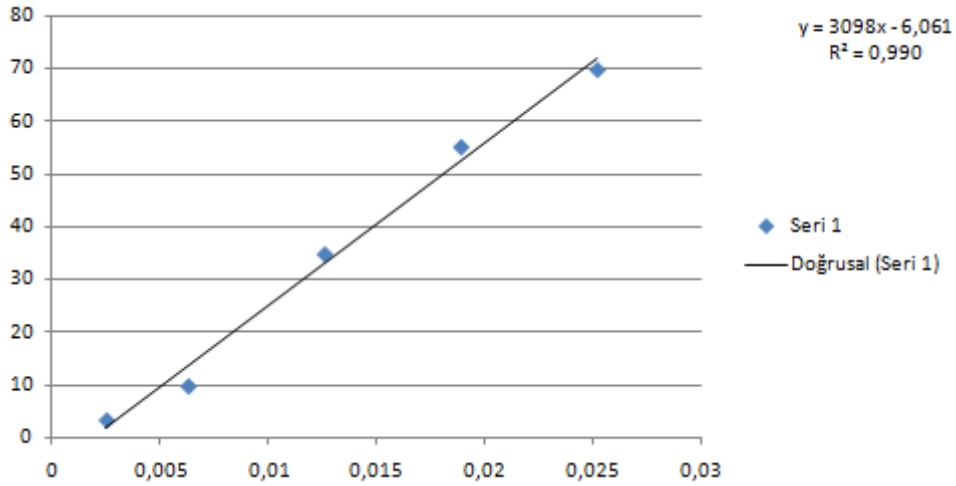
\*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında  $p \leq 0.05$  oranında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır.

Granola örneklerinde, CUPRAC metoduna göre antioksidan aktivite değerleri 28.76-39.19 µmol troloks g<sup>-1</sup> arasında saptanmıştır (Çizelge 4.4). CUPRAC yöntemine göre en yüksek antioksidan aktivite, M5.0-Z5.0 kodlu örnekte (39,19 µmol troloks g<sup>-1</sup>), en düşük antioksidan aktivite ise kontrol örneğinde (28.76 µmol troloks g<sup>-1</sup>) bulunmuştur.

Zerdeçal ve mahlep ilavesi ile granola örneklerinin antioksidan aktiviteleri, önemli düzeyde ( $p \leq 0.05$ ) artmıştır. Herken ve ark. (2017) da yaptıkları bir araştırmada, benzer sonuçlar elde etmiş ve güçlü antioksidan aktiviteye sahip olan mahlebin, bisküvi örneklerinde, antioksidan kapasitede artış sağladığını ve bu nedenle mahlebin, çeşitli fırıncılık ürünleri için çok geniş kullanım potansiyeline sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Sadece zerdeçalın kullanıldığı örneklerin CUPRAC metoduna göre değerleri, sadece mahlebin kullanıldığı örneklerinkine göre, önemli düzeyde ( $p \leq 0.05$ ) yüksek bulunmuştur. Hefnawy ve ark. (2016) ise sentetik antioksidanların etkisiyle karşılaştırıldığında, zerdeçalın sudaki özütünün, bisküvide mükemmel bir antioksidan etki gösterdiğini tespit etmişler ve bunun, bisküvi üretiminde sentetik antioksidan olan bütillenmiş hidroksianisol (BHA) yerine, doğal antioksidan olarak kullanılabileceğini rapor etmişlerdir.

DPPH yöntemi ile antioksidan aktivite analizinde çizilen kalibrasyon grafiği (0.00252-0.0252 mg aralığında troloks çözeltisi) Şekil 4.3'de verilmiştir. Bu grafiklerden yararlanarak ekstraktların DPPH antioksidan aktivite değerleri,  $\mu\text{mol troloks g}^{-1}$  örnek olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.4.).



**Şekil 4.3.** DPPH kalibrasyon grafiği

Granola örneklerinde, troloks eşdeğeri cinsinden DPPH yöntemine göre antioksidan aktivite değerleri, 97.05-141.44  $\mu\text{mol troloks g}^{-1}$  arasında değişmektedir (Çizelge 4.4). DPPH yöntemine göre en yüksek antioksidan aktivite değeri (141.44  $\mu\text{mol troloks g}^{-1}$ ),

M5.0-Z5.0 kodlu örnekte, en düşük değer ( $97.05 \mu\text{mol troloks g}^{-1}$ ) ise kontrol örneğinde bulunmuştur. Zerdeçal ve mahlep ilavesi ile granola örneklerinin DPPH metoduna göre antioksidan aktivite değerleri, aynen CUPRAC değerlerinde olduğu gibi önemli düzeyde ( $p \leq 0.05$ ) artmıştır. Sadece zerdeçalın kullanıldığı örneklerin antioksidan aktiviteleri, sadece mahlebin kullanıldığı örneklerinkine göre, daha yüksek bulunmuştur. Çalışmamızda toplam fenolik madde ve DPPH değerleri arasında, paralellik tespit edilmiştir.

Lim ve Han (2016) tarafından yapılan bir çalışmada ise zerdeçal tozu ilavesi ile üretilen yukwa'nın antioksidan özelliklerinin geliştiği tespit edilmiş ve beklendiği gibi, zerdeçalın yukwa oksidasyonu üzerindeki güçlü önleyici etkisi, DPPH radikal süpürücü aktivite ile kanıtlanmıştır. Aynı çalışmada, DPPH ile ölçülen oksidatif bozulma, artan zerdeçal tozu içeriği ile etkili bir şekilde inhibe edilmiş ve zerdeçal ilavesi sayesinde, yukwa'nın fonksiyonel özellikleri ve raf ömrü, önemli ölçüde iyileştirilmiştir.

Yapılan bir diğer çalışma da, mahlep meyvesinin, biyoaktif bileşenlerin kaynağı olarak kullanılabilceği bildirilmiştir. Araştırmacılar, mahlebin, doğal gıda renklendiricisi ve antioksidan bileşen kaynağı olarak kullanılabilme potansiyeline sahip olmasından dolayı, fonksiyonel gıda ve nutrasötik endüstrilerde ilgi gördüğünü ve *P. mahaleb* meyvelerinin antioksidan kapasitesinin, ticari nutrasötik ürünlerde sıklıkla kullanılan meyvelerinki ile kıyaslanabilir düzeyde, hatta nispeten yüksek olduğunu, rapor etmişlerdir (Blando ve ark. 2016)

#### **4.6. Granola Örneklerinin Duyusal Özellikleri**

Değerlendirme dokuzlu hedonik skala üzerinden yapılmış ve en çok beğenilen granolaya 9 puan, en az beğenilene ise 1 puan verilmiştir. Her bir panelistin her bir granola denemesi için verdiği değerlerin ortalaması alınmıştır. Granola örneklerinin duyusal analiz sonuçları Çizelge 4.5.'de verilmiştir.

Gıdaların besin değeri açısından zenginleştirilmesi amacıyla ilave edilecek maddeler, duyusal özelliklerinde herhangi bir değişiklik yapmamalı ya da az bir değişikliğe neden olmalı ve tüketicilerin alışkanlıklarına ters düşmemelidir (Eyidemir 2006).

**Tat puanları** incelendiğinde, değerler 7.10 – 8.00 arasında değişmektedir. Kontrol örneği en düşük puanı (7.10) alırken, % 5 oranlarında mahlep ve zerdeçalın birlikte kullanıldığı M5.0-Z5.0 nolu örnek, en yüksek puanı (8.00) almıştır. Sadece zerdeçal ilaveli örnekler daha düşük puan alırken, sadece mahlep ve kombinasyon katkılı örnekler daha yüksek tat puanı almıştır.

Granola örneklerinin **koku puanları** incelendiğinde, mahlep ve zerdeçal ilavesiz kontrol örneğine 6.95 puan verildiği görülmektedir. En yüksek puanı (7.50), M5.0-Z5.0 nolu örnek alırken, bunu 7.45 puanla M2.5-Z2.5 nolu örnek ve 7.35 puanla da M2.5 nolu örnek izlemiştir. Koku puanlarında dikkat çeken bir durum, sadece mahlep ilavelilerin, sadece zerdeçal ilavelilerden daha çok beğenilmiş olmasıdır.

Granola örneklerine verilen **gevreklik puanları** incelendiğinde, en düşük puanı (7.20) kontrol örneği alırken, en yüksek puanı (8.05) M5.0-Z5.0 nolu örnek almıştır. Sadece zerdeçal ilaveli örnekler, daha düşük puan alırken, mahlep ve zerdeçalın birlikte kullanıldığı kombinasyonlu örnekler, daha yüksek puan almıştır.

Granola örneklerinin **dişe yapışma puanları** incelendiğinde, en düşük puanı (7.10) kontrol örneği alırken, en yüksek puanı (7.60) M5.0-Z5.0 nolu örnek almıştır. Zerdeçal ve mahlep ilavelerinin dişe yapışma özelliğini azalttığı görülmektedir. Kombinasyon katkılılar, tek mahlep veya tek zerdeçal ilaveli olanlara göre daha yüksek puan almıştır.

Granola örnekleri **görünüm** açısından değerlendirildiğinde ise, puanlar 7.10- 8.05 arasında değişmektedir. Kontrol örneğinin puanı (7.10), diğerleri ile kıyaslandığında, önemli düzeyde ( $p \leq 0.05$ ) düşük bulunmuştur. En yüksek puanı (8.05) M5.0-Z5.0 nolu örnek almıştır. Görünüm puanlarında, sadece zerdeçal ilavelilerin, sadece mahlep ilavelilerden daha yüksek puan aldığı dikkat çekmektedir. Bu durumun, zerdeçalın verdiği çekici parlak sarı renkten kaynaklandığı düşünülmektedir. Keza kombinasyon ilaveliler de sadece mahlep ilavelilerden daha yüksek puan almıştır.

Granola örneklerinde **genel kabul edilebilirlik** puanları, 7.55-8.05 arasında değişmektedir. En düşük puan kontrol örneğine verilirken, en yüksek puan M5.0-Z5.0 nolu örneğe verilmiştir. Mahlep ve zerdeçal ilavesinin, granolaların genel kabul edilebilirliği üzerine önemli düzeyde ( $p \leq 0.05$ ) olumlu etkide bulunduğu tespit



edilmiştir. En çok kombinasyon katkıları beğenilirken, bunu sadece mahlep katkıları izlemiştir. Sadece zerdeçal katkıları ise genel kabul edilebilirlik açısından, daha düşük puan almıştır.

Yapılan bu çalışmada zerdeçal ve mahlep ilaveli glutensiz granola örneklerinin, duyu analizi parametrelerinden, 7.00-8.00 aralığında puan aldığı ve bu bağlamda, ‘güzel’ ve ‘çok iyi’ olarak nitelendirildiği görülmektedir.



Çizelge 4.5. Granola örneklerinin duyuusal özellikleri

Örnek Kodu	Tat	Koku	Gevreklik (çiğnenebilirlik)	Dişe Yapışma	Görünüm	Genel Kabul Edilebilirlik
<b>M0Z0 (Kontrol)</b>	7.10±2.26 <sup>e</sup>	6.95±2.34 <sup>c</sup>	7.20±1.60 <sup>i</sup>	7.10±2.05 <sup>e</sup>	7.10±2.10 <sup>f</sup>	7.55±2.06 <sup>d</sup>
<b>Z2.5</b>	7.30±1.42 <sup>d</sup>	7.00±2.32 <sup>c</sup>	7.30±1.50 <sup>h</sup>	7.20±2.06 <sup>d</sup>	7.45±1.98 <sup>de</sup>	7.70±1.85 <sup>c</sup>
<b>Z5.0</b>	7.35±1.62 <sup>d</sup>	7.05±2.18 <sup>c</sup>	7.40±1.66 <sup>g</sup>	7.25±2.07 <sup>d</sup>	7.65±1.59 <sup>c</sup>	7.80±1.50 <sup>c</sup>
<b>M2.5</b>	7.50±1.88 <sup>c</sup>	7.20±1.75 <sup>b</sup>	7.50±2.08 <sup>f</sup>	7.25±1.79 <sup>d</sup>	7.25±1.79 <sup>e</sup>	7.85±1.74 <sup>bc</sup>
<b>M5.0</b>	7.75±1.28 <sup>b</sup>	7.35±1.63 <sup>b</sup>	7.80±1.33 <sup>c</sup>	7.50±1.77 <sup>c</sup>	7.35±1.86 <sup>e</sup>	8.00±1.45 <sup>a</sup>
<b>M2.5-Z2.5</b>	7.85±1.09 <sup>b</sup>	7.45±2.07 <sup>b</sup>	7.90±1.22 <sup>b</sup>	7.55±1.77 <sup>c</sup>	7.60±1.88 <sup>c</sup>	8.00±1.61 <sup>a</sup>
<b>M2.5-Z5.0</b>	7.45±1.77 <sup>d</sup>	7.20±1.87 <sup>b</sup>	7.60±1.36 <sup>e</sup>	7.30±1.52 <sup>bc</sup>	7.80±1.69 <sup>b</sup>	7.80±1.75 <sup>b</sup>
<b>M5.0-Z2.5</b>	7.70±1.05 <sup>b</sup>	7.25±1.87 <sup>b</sup>	7.75±1.22 <sup>d</sup>	7.40±1.80 <sup>b</sup>	7.65±1.99 <sup>c</sup>	7.85±2.01 <sup>bc</sup>
<b>M5.0-Z5.0</b>	8.00±1.10 <sup>a</sup>	7.50±1.47 <sup>a</sup>	8.05±1.50 <sup>a</sup>	7.60±1.45 <sup>a</sup>	8.05±1.47 <sup>a</sup>	8.05±1.36 <sup>a</sup>

\*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında  $p \leq 0.05$  oranında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır.

## 5. SONUÇ

Bu çalışmanın amacı; bir kahvaltılık tahıl ürünü alternatifi olarak, çölyak hastalarının tüketimine uygun glutensiz ve fonksiyonel özellikleri artırılmış bir granola çeşidi geliştirmektir. Glutensiz granola formülasyonlarında, yulaf yerine, pirinç patlağı kullanılmıştır. Ayrıca, fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla zerdeçal ve mahlep ilavesi yapılmıştır. Üretilen granolaların tekstür, renk ve kimyasal özellikleri ile toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite gibi fonksiyonel özellikleri tespit edilmiştir.

Granola örneklerine zerdeçal ve mahlep tozu ilave edildiğinde, protein ve kül miktarları artarken, nem ve yağ içerikleri düşmüştür.

Zerdeçal ilavesi, granolada baskın bir sarı renk sağlamıştır. Mahlep ilavesi ise kontrol örneğine göre granola örneklerinin rengini koyulaştırmıştır.

Zerdeçal ve mahlep ilaveleri granola örneklerinde sertlik değerini, kontrole göre önemli düzeyde artırmıştır. Zerdeçal ve mahlep ilavelerinin, ürünün nem değerini düşürmüş olması da, sertlik üzerine etkili olmuştur.

Zerdeçal ve mahlep ilaveli granola örneklerinin ekstrakte edilebilir fenolik madde miktarları, kontrol örneğine göre, önemli düzeyde yüksek bulunmuştur. Zerdeçal oranı %5'e çıkarıldığında, kontrol örneğine göre, ekstrakte edilebilir fenolik madde içeriğinde yaklaşık 2.5 kat artış tespit edilmiştir.

Kontrol ile kıyaslandığında, zerdeçal ve mahlep ilavelerinin, tek başına veya kombinasyon halinde uygulamalarının, hidrolize edilebilir fenolik madde içeriklerini de önemli düzeyde artırdığı görülmüştür.

En yüksek toplam fenolik madde miktarı, mahlep ve zerdeçalın en yüksek dozda ve beraber kullanıldığı örnekte (M5.0-Z5.0) elde edilmiştir. Mahlep ve zerdeçal katkıları, granola örneklerinin toplam fenolik madde miktarlarını da kontrole göre önemli düzeyde yükseltmiştir.

Sonuç olarak, zerdeçal ve mahlep ilavesinin, glutensiz granola örneklerinin fenolik madde içeriklerini önemli oranda artırarak, fonksiyonel özelliklerini geliştirdiği ve çölyak hastaları için çok iyi bir alternatif yarattığı söylenebilir.

Granola örneklerinde, CUPRAC ve DPPH yöntemlerine göre en yüksek antioksidan aktivite, M5.0-Z5.0 kodlu örnekte, en düşük antioksidan aktivite ise kontrol örneğinde bulunmuştur. Zerdeçal ve mahlep ilavesi ile granola örneklerinin antioksidan aktiviteleri, önemli düzeyde artmıştır. Zerdeçal ve mahlep ilavesi ile antioksidan aktivitedeki bu artış, fenolik madde içeriğindeki artıştan kaynaklanmaktadır.

Duyusal değerlendirmede, tat puanları incelendiğinde, kontrol örneği en düşük puanı alırken, zerdeçal ve mahlep ilaveliler daha yüksek puan almıştır.

Granola örneklerinin koku puanları incelendiğinde, kontrol örneğine en düşük puan verildiği görülmektedir. En yüksek puanı, M5.0-Z5.0 nolu kombinasyon katkılı örnek almıştır. Koku puanlarında dikkat çeken bir durum, sadece mahlep ilavelilerin, sadece zerdeçal ilavelilerden daha çok beğenilmiş olmasıdır.

Granola örneklerine verilen gevreklik puanları incelendiğinde, sadece zerdeçal ilaveli örnekler, gevreklik değerlendirmesinde daha düşük puan alırken, mahlep ve zerdeçalın birlikte kullanıldığı kombinasyonlu örnekler, daha yüksek puan almıştır. Panelistlerin verdikleri gevreklik puanları, tekstür analiz sonuçları ile paralellik göstermiştir. Mahlep ve zerdeçal ilaveli örnekler tekstür analizinde kontrolden daha yüksek gevreklik göstermiş ve duyusal analizde de bu örnekler, kontrolden daha çok beğenilmiştir.

Granola örneklerinin dişe yapışma puanları incelendiğinde, zerdeçal ve mahlep ilavelerinin dişe yapışma özelliğini azalttığı ve daha yüksek puan aldıkları görülmektedir.

Granola örnekleri görünüm açısından değerlendirildiğinde, en yüksek puanı yine M5.0-Z5.0 nolu örnek almıştır. Görünüm değerlendirmesinde, sadece zerdeçal ilavelilerin, sadece mahlep ilavelilerden daha çok beğenildiği dikkat çekmektedir. Bu durumun, zerdeçalın verdiği çekici parlak sarı renkten kaynaklandığı düşünülmektedir.

Granola örneklerinde en yüksek genel kabul edilebilirlik puanı da M5.0-Z5.0 nolu örneğe verilmiştir. Mahlep ve zerdeçal ilavesinin, granolaların genel kabul edilebilirliği üzerine önemli düzeyde olumlu etkide bulunduğu görülmüştür.

Yapılan bu çalışmada; zerdeçal ve mahlep ilaveli glutensiz granola örneklerinin, duyu analizde panelistler tarafından “güzel” ve “çok iyi” düzeyinde kabul görmesi, oldukça önemli bir sonuçtur. Glutensiz granola üretiminde, pirinç patlağına ilave olarak zerdeçal ve mahlep kullanılması, genellikle tüketiciler tarafından çok beğenilerek tüketilmeyen glutensiz bir ürünün beğenisini ve kabul edilebilirliğini artırmış olması bakımından, oldukça önemli bir bulgu olarak değerlendirilmektedir.

Sonuç olarak, glutensiz granola formülasyonunda, pirinç patlağına ilaveten zerdeçal ve mahlep kullanımı, besinsel ve fonksiyonel özellikleri geliştirerek, ürünü zenginleştirmiştir. Zerdeçal ve mahlep katkıları, önemli bir kalite kaybı olmaksızın, kabul edilebilir duyu özelliklere sahip, glutensiz bir granola çeşidi eldesi sağlamıştır. Fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivitesi artırılmış, bu glutensiz granolanın, çölyak hastaları için yeni bir fonksiyonel kahvaltılık tahıl alternatifi olabileceği ve böylece fonksiyonel ve glutensiz ürün pazarına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

- Abberger, T. 2001.** The effect of powder type, free moisture and deformation behaviour of granules on the kinetics of fluid-bed granulation. *Eur. J. Pharm. Biopharm.*, 52(3):327–336.
- Agbaje, R., Hassan, C. Z., Norlelawati, A., Abdul Rahman, A., Huda-Faujan, N. 2016.** Development and physico-chemical analysis of granola formulated with puffed glutinous rice and selected dried sunnah foods. *Int. Food Res. J.* , 23(2): 498-506.
- 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 .2159-2165.
- Ak, T., Gülçin, I. 2008.** Antioxidant and radical scavenging properties of curcumin. *Journal of Chemico- Biological Interactions*, 174:27-37.
- Altındağ, G., Certel, M., Erem, F., İlknur Konak, Ü. 2015.** Quality characteristics of gluten-free cookies made of buckwheat, corn, and rice flour with/without transglutaminase. *Food Science and Technology International*, 21(3):213-220.
- Aly, M. M., Seleem, H. A. 2015.** Gluten-free flat bread and biscuits production by cassava, extruded soy protein and pumpkin powder. *Food and Nutrition Sciences*, 6(07):660.
- Anonim, 1990.** Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists (AOAC), Washington, DC, USA.
- Anonim, 1999.** Rhizoma Curcumae Longae, WHO monographs on selected medicinal plants (c. Vol 1). World Health Organisation.
- Anonim, 2008.** Standart for foods for special dietary use for persons intolerant to gluten. FAO, Yayın Tarihi: 22 Kasım 2016.
- Anonim, 2012.** Türk Gıda Kodeksi Gluten İntoleransı Olan Bireylere Uygun Gıdalar Tebliğ, Tebliğ No: 2012/4, T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara.
- Apak, R., Guclu, K., Ozyurek M., & Karademir S. E. (2004).** Novel Total Antioxidant Capacity Index for Dietary Polyphenols and Vitamins C and E, Using Their Cupric Ion Reducing Capability in the Presence of Neocuproine: CUPRAC Method. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 52, 7970-7981.
- Arimi, J.M., Duggan, E., O’Sullivan, M., Lyng, J.G., O’Riordan, E.D., 2010.** Effect of water activity on the crispiness of a biscuit (Cracker bread): mechanical and acoustic evaluation. *Food Research International*, 43 (6):1650–1655.
- Aulton, M., Banks, M. 1981.** Fluidised bed granulation—factors influencing the quality of the product. *Int. J. Pharm. Technol. Prod. Manuf.*, 2(4):24–29.
- Aydoğdu S., Tümgör G., 2005.** Çölyak Hastalığı. *Güncel Pediatri*, 2: 47-53.
- Bascunan, K. A., Vespa, M. C., Araya, M. 2017.** Celiac disease: understanding the gluten-free diet. *European Journal of Nutrition*, 56(2):449-459.
- Baş, N., Pathare, P.B., Çatak, M., Fitzpatrick, J.J., Cronin, K., Byrne, E.P. 2011.** Mathematical modelling of granola breakage during pipe pneumatic conveying. *Powder Technol.*, (1- 2): 170- 176.
- Benali, M., Gerbaud, V., Hemati, M. 2009.** Effect of operating conditions and physico-chemical properties on the wet granulation kinetics in high shear mixer. *Powder Technol.*, 190(1–2):160–169.
- Bethune, M. T., Khosla, C. 2008.** Parallels between pathogens and gluten peptides in celiac sprue. *PLoS Pathogens*, 4(2):34.

- Blando, F., Albano, C., Liu, Y., Nicoletti, I., Corradini, D., Tommasi, N., Gerardi, C., Mitaa, G., Kitts, D.D. 2016.** Polyphenolic composition and antioxidant activity of the under-utilised Prunus mahaleb L. fruit. *J. of the Sci. of Food and Agric.*, 96:2641-2649.
- Boerefijn, R., Hounslow, M.J. 2005.** Studies of fluid bed granulation in an industrial R&D context. *Chem. Eng. Sci.*, 60(14):3879–3890.
- Bouffard, J., Kaster, M., Dumont, H. 2005.** Influence of process variable and physicochemical properties on the granulation mechanism of mannitol in a fluid bed top spray granulator. *Drug Dev. Ind. Pharm.*, 31(9):923–933.
- Bouwman, A., Henstra, M., Hegge, J., Zhang, Z., Ingram, A., Seville, J., Frijlink, H. 2005.** The relation between granule size, granule stickiness, and torque in the high-shear granulation process. *Pharm. Res.*, 22(2):270–275.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C. 1995.** Use of free radical method to evaluate antioxidant activity . *Lebensmittel Wissenschaft and Technologie*, 28(1): 25-30.
- Buhrmann, C., Kraehe, P., Lueders, C., Shayan, P., Goel, A., Shakibaei, M. 2014.** Curcumin suppresses crosstalk between colon cancer stem cells and stromal fibroblasts in the tumor microenvironment: potential role of EMT. *Plos One*, 9(9):e107514.
- Burggraefe, A., Monteyne, T., Vervaet, C., Remon, J.P., Beer, T.D. 2013.** Process analytical tools for monitoring, understanding, and control of pharmaceutical fluidized bed granulation: a review. *Eur. J. Pharm. Biopharm.*, 83: 2–15.
- Catassi, C., Fabiani, E., Iacono, G., D'Agate, C., Francavilla, R., Biagi, F., Volta, U., Accomando, S., Picarelli, A., De Vitis, I., Pianelli, G., Gesuita, R., Carle, F., Mandolesi, A., Bearzi, I., Fasano, A. 2007.** A prospective, double-blind, placebo-controlled trial to establish a safe gluten threshold for patients with celiac disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 85:160-6.
- Celis, L., Rooney L., McDonough, C. 1996.** A ready-to-eat breakfast cereal from food- grade sorghum. *Cereal Chem.*, 73: 108-114.
- Champagne, E.T. 2004.** Rice: chemistry and technology. 3rd edition Edited by Elaine T. Champagne. AACC, St Paul, USA, 640 Pages.
- Chandran, B., Goel, A.A. 2012.** Randomized, pilot study to assess the efficacy and safety of curcumin in patients with active rheumatoid arthritis. *Phytotherapy Research*, 26:1719-1725.
- Chaudhury, A., Niziolek, A., Ramachandran, R. 2013.** Multi-dimensional mechanistic modeling of fluid bed granulation processes: an integrated approach. *Adv. Powder Technol.*, 24: 113–131.
- Choi, S.N., Choi, E.H., Yoo, S.S. 2013.** Quality characteristics and antioxidative activities of Majakgwa added with fermented turmeric powder. *Korean Journal of Food and Cookery Science*, 29:223-231.
- Dacanal, G.C., Menegalli, F.C. 2009.** Experimental study and optimization of the agglomeration of acerola powder in a conical fluid bed. *Powder Technol.*, 188:187–194.
- Dai, J., Mumper, R.J. 2010.** Plant phenolics: Extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15:7313–7352.
- da Silva, C.A.M., Butzge, J.J., Nitz, M., Taranto, O.P. 2014.** Monitoring and control of coating and granulation processes in fluidized beds – a review. *Adv. Powder Technol.*, 25: 195–210.
- De Angelis, M., Rizzello, C. G., Fasano, A., Clemente, M. G., De Simone, C., Silano, M., Gobbetti, M. 2006.** VSL# 3 probiotic preparation has the capacity to

hydrolyze gliadin polypeptides responsible for celiac sprue probiotics and gluten intolerance. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Basis of Disease*, 1762(1):80-93.

**Demirçeken, F.G., 2011.** Gluten Enteropatisi (Çölyak Hastalığı): Klasik Bir Öykü ve Güncel Gelişmeler. *Güncel Gastroenteroloji*, 15(1): 58-72.

**Dewar, D., Pereira, S. P., Ciclitira, P. J. 2004.** The pathogenesis of coeliac disease. *Int. J. Biochem. Cell Biol.*, 36: 17–24.

**Di Sabatino, A. , Corazza, G.R. 2009.** Coeliac disease, *Lancet* , 373: 1480–1493.

**Ennis, B.J. 1996.** Agglomeration and size enlargement session summary paper. *Powder Technol.*, 88(3):203–225.

**Eyidmir, E., 2006.** Kayısı çekirdeği ilavesinin eriştinin bazı kalite kriterlerine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Malatya.

**Fabian, C., Ju, Y. H. 2011.** A review on rice bran protein; its properties and extraction methods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51:816-827.

**Fernandes, M., Sehn, G., Leoro, M., Chang, Y., Steel, C., 2013.** Effect of adding unconventional raw materials on the technological properties of rice fresh pasta. *Food Sci. Technol.*, 33(2):257–264.

**Gerzhova, A., Mondor, M., Benali, M., Aider, M. 2016.** Incorporation of canola proteins extracted by electroactivated solutions in gluten-free biscuit formulation of rice–buckwheat flour blend: assessment of quality characteristics and textural properties of the product. *Int. J. of Food Sci. and Tech.*, 51: 814–827.

**Gore, A., McFarland, D., Batuyios, N. 1985.** Fluid-bed granulation: factors affecting the process in a laboratory development and production scale-up. *Pharm. Technol.*, 9:114–122.

**Gough, K. R., Read, A. E., Naish, J. M. 1962.** Intestinal reticulosis as a complication of idiopathic steatorrhea. *Gut*, 3(3):232-239.

**Green, P.H., Cellier, C. 2007.** Celiac disease. *N. Engl. J. Med.*, 357:1731-1743.

**Guignon, B., Regalado, E., Duquenoy, A., Dumoulin, E. 2003.** Helping to choose operating parameters for a coating fluid bed process. *Powder Technol.*, 130(1–3):193–198.

**Gupta, S.C., Patchva, S., Koh, W., Aggarwal, B.B. 2012.** Discovery of curcumin, a component of golden spice, and its miraculous biological activities. *Clin Exp Pharmacol Physiol.*, 39(3):283–99.

**Gurjal, H. S., Mehta, S., Samra, I. S., Goyal, P. 2003.** Effect of wheat bran, coarse wheat flour, and rice flour on the instrumental texture of cookies. *International Journal of Food Properties*, 6:329-340.

**Gujral, H. S., Rosell, C. M. 2004.** Functionality of rice flour modified with a microbial transglutaminase. *Journal of Cereal Science*, 39:225-230.

**Hadnadev, T. R. D., Torbica, A. M., Hadnadev, M. S. 2013.** Influence of buckwheat flour and carboxymethyl cellulose on rheological behaviour and baking performance of gluten-free cookie dough. *Food and Bioprocess Technology*, 6(7):1770-1781.

**Hefnawy T. H., El-Shourbagy, G.A., Ramadan, M.F. 2016.** Phenolic extracts of carrot, grape leaf and turmeric powder: antioxidant potential and application in biscuits. *Food Measure.*, 10:576–583.

**Hegedus, A. , Pintye-Hodi, K. 2007.** Influence of the type of the high-shear granulator on the physico-chemical properties of granules. *Chem. Eng. Process*, 46(10):1012–1019.



- Herken, E.N., Simsek, S., Ohm, J.B., Yurdunuseven, A. 2017.** Effect of mahaleb on cookie quality. *J. of Food Process.and Preser.*, 41: 13032.
- Hertog, M. L., Feskens, E. M., Hollman, P. H., Katan, M. B., & Kromhout, D. (1993).** Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart-diseases the Zutphen elderly study. *Lancet*, 342, 1007–1011.
- Holm, P. 1997.** High shear mixer granulators: Handbook of pharmaceutical granulation technology, drugs and the pharmaceutical sciences. Ed.: Parikh, D.M. , Marcel Dekker, New York, pp: 151–204.
- Huang, M.T., Wang, Z.Y., Georgiadis, C.A., Laskin, J.D., Conney, A.H. 1991.** Inhibitory effects of curcumin on tumor initiation by benzo[a]pyrene and 7,12-dimethylbenz[a]anthracene. *Carcinogenesis*, 13:2183-2186.
- Ieri, F., Pinelli, P., Romani, A. 2012.** Simultaneous determination of anthocyanins, coumarins and phenolic acids in fruits, kernels and liqueur of Prunus mahaleb L. *Food Chem.*, 135:2157–2162.
- Ireson, C.S., Orr, D.J.L., Jones, R., Verschoyle, C., Lim, J., Luo, L., Howells, L., Plummer, S., Jukes, R., Williams, M., Steward, W.P., Gescher A. 2001.** Characterization of metabolites of the chemopreventive agent curcumin in human and rat hepatocytes and in the rat in vivo, and evaluation of their ability to inhibit phorbol ester-induced prostaglandin E2 production. *Cancer Research*, 61:1058-1064.
- Iveson, S.M., Litster, J.D., Hapgood, K., Ennis, B.J. 2001.** Nucleation, growth and breakage phenomena in agitated wet granulation processes: a review. *Powder Technol.*, 117(1–2):3–39.
- Jimenez, T., Turchiuli, C., Dumoulin, E. 2006.** Particles agglomeration in a conical fluidized bed in relation with air temperature profiles. *Chem. Eng. Sci.*, 61: 5954–5961.
- Kalyoncu, İ. H., Ersoy, N., Aydın, M. 2008.** Mahlep (Prunus mahaleb L.) yeşil uç çeliklerinin köklenmesi üzerine farklı hormon ve nispi nem uygulamalarının etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(1): 32-41.
- Kim, G.Y., Kim, J.K., Kang, W.W., Kim, J.G., Joo, G.J. 2005.** Shelf- life extension of rice cake by the addition of persimmon leaf tea powder. *Food Sci Biotech.*, 14: 196-199.
- Knight, P.C. 1993.** An investigation of the kinetics of granulation using a high shear mixer. *Powder Technol.*, 77(2):159–169.
- Koehler P, Wieser H, Konitzer K. 2014.** Gluten-the precipitating factor. Celiac Disease and Gluten. 1st ed. Burlington: Elsevier Science; p.97-148.
- Kristensen, H.G. 1996.** Particle agglomeration in high shear mixers. *Powder Technol.*, 88(3):197–202.
- La Grange, V., Sanders, S.W. 1988.** Honey in cereal based new food products. *Cereal Food World*, 33:833.
- La Grange, V., Ropa, D., Mupoperi, C. 1991.** US food industry is “sweet” on honey. *The American Bee Journal*, 141:447.
- Lambert, K., Ficken, C. 2016.** Cost and affordability of a nutritionally balanced gluten-free diet: Is following a gluten-free diet affordable?. *Nutrition & dietetics*, 73(1): 36-42.
- Lasztity, R. 1999.** Cereal Chemistry. Akademiai Kiado Pub., Budapest, Hungary, 308pp.

- Lean, L.P., Mohamed, S. 1999.** Antioxidative and antimycotic effects of turmeric, lemon- grass, betel leaves, clove, black pepper leaves and *Garcinia atroviridis* on butter cakes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79: 1817-1822.
- Liesse, J. 1993.** Kellogg, top hot new products list. *Advert Age*, 64(1): 14.
- Lim, H.S., Ghafoor, K. , Park, S.H. , Hwang, S.Y. , Park, J. 2010.** Quality and antioxidant properties of yellow layer cake containing Korean turmeric (*Curcuma longa* L.) powder. *J. of Food and Nutr.Res.*, 49,3, 123-133.
- Lim, H. S., Park, S. H., Ghafoor, K., Hwang, S. Y., & Park, J. 2011.** Quality and antioxidant properties of bread containing turmeric (*Curcuma longa* L.) cultivated in South Korea. *Food Chem.*, 124, 1577–1582.
- Lim, S.T., Han, J.A. 2016.** Improvement in antioxidant functionality and shelf life of yukwa (fried rice snack) by turmeric (*Curcuma longa* L.) powder addition. *Food Chemistry*, 199:590-596.
- Litster, J.D., Hapgood, K.P., Michaels, J.N., Sims, A., Roberts, M., Kameneni, S.K. 2002.** Scale-up of mixer granulators for effective liquid distribution. *Powder Technol.*, 124(3):272–280.
- Litster, J., Ennis, B., Lian, L. 2004.** The science and engineering of granulation processes. Springer, Dordrecht, Print ISBN 978-90-481-6533-9, pp 250.
- Liu, F., Ng, T.B. 2000.** Antioxidative and free radical scavenging activities of selected medicinal herbs. *Life Sci.*, 66: 725-737.
- Lopez, A. C. B., Pereira, A. J. G., Junqueira, R. G. 2004.** Flour mixture of rice flour, corn and cassava starch in the production of gluten-free white bread. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47:63-70.
- Macedo, I.S.M., Sousa-Gallagher M.J., Oliveira J.C., Byrne E.P. 2013.** Quality by design for packaging of granola breakfast product. *Food Control*, 29: 438-443
- Mackaplow, M.B., Rosen, L.A., Michaels, J.N. 2000.** Effect of primary particle size on granule growth and endpoint determination in high-shear wet granulation. *Powder Technol.*, 108(1):32–45.
- Madsen, K., Cornish, A., Soper, P., McKaigney, C., Jijon, H., Yachimec, C., De Simone, C. 2001.** Probiotic bacteria enhance murine and human intestinal epithelial barrier function. *Gastroenterology*, 121(3):580-591.
- Mamat, H., Hardan, M.O.A., Hill, S.E. 2010.** Physicochemical properties of commercial semi-sweet biscuit. *Food Chemistry*, 121: 1029-1038.
- Mariod, A.A., Ibrahim, R.M., Ismail, M., Ismail, N. 2010.** Antioxidant activities of phenolic rich fractions (PRFs) obtained from black mahlab (*Monechma ciliatum*) and white mahlab (*Prunus mahaleb*) seedcakes. *Food Chem.*, 118:120–127.
- Martini, S., Conte, A., Tagliazucchi, D. 2018.** Comprehensive evaluation of phenolic profile in dark chocolate and dark chocolate enriched with Sakura green tea leaves or turmeric powder. *Food Res Int.*, 112, 1–16
- Maurer, G., Fukuda, G., Nielsen, S. 2005.** Development of bean-based granola bars and cereals. *Cereal Foods World*, 50(1): 27-32.
- Miquel, J., Bernd, A., Sempere, J.M., Diaz, A., Ramiraz, A. 2002.** The curcuma antioxidants: Pharmacological effects and prospects future clinical use. A review. *Archives of Gerontology and Geriatrics Supplement*, 34:37-46.

- Moghadam, E.G., Khalighi, A. 2007.** Relationship between vigor of Iranian Prunus Mahaleb L. selected dwarf rootstocks and some morphological characters. *Sciaentia Horticulturae*, 111:209-212.
- Niewinski, M. M. 2008.** Advances in celiac disease and gluten-free diet. *Journal of the American Dietetic Association*, 108(4):661-672.
- Osella, C., de La Torre, M., Sánchez, H. 2014.** Safe foods for celiac people. *Food Nutri. Sci.*, 5(9): 787–800.
- Öner N., Uysal M. 2006.** Mindos Tepe- Yeğren (Konya) Yöresinde Tesis Edilen Toros Sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) ve Mahlep (*Cerasus mahaleb* (L.) Miller.) Ağaçlandırmalarında Dip Çap-Boy İlişkileri. *Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 6 (1): 11-25.
- Özbey, A., Öncul, N., Yıldırım, Z. Yıldırım, M. 2011.** Mahlep ve mahlep ürünleri. *GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2):153-158.
- Özer, M., Tuncel, N.B., 2016.** Pirinç ve pirinç yan ürünlerinin glutensiz tahıl ürünlerinde kullanımı. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(2): 29-44.
- Özkaya, V., Özkaya, Ş. Ö. 2018.** Çölyak Hastalığına Diyetetik Yaklaşım. *Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 34(4):186-193.
- Özturk, I., Karaman, S., Baslar, M., Cam, M., Caliskan, O., Sagdiç, O., Yalcın, H. 2014.** Aroma, Sugar and Anthocyanin Profile of Fruit and Seed of Mahlab (*Prunus mahaleb* L.) : Optimization of Bioactive Compounds Extraction by Simplex Lattice Mixture Design. *Food Anal. Methods*, 7:761-773.
- Pagamunici, L.M., De Souza, A.H.P., Gohara, A.K. , Silvestre, A.A.F., Visentamer, J.V., De Souza, N.E., Gomes, S.T.M., Matsushita, M. 2014.** Multivariate study and regression analysis of gluten-free granola. *Food Sci. Technol, Campinas*, 34(1): 127-134.
- Park, S.H., Lim, H.S., Hwang, S.Y.. 2012.** Evaluation of antioxidant, rheological, physical and sensorial properties of wheat flour dough and cake containing turmeric powder. *Food Sci. and Techn.Int.*, 18(5) 435–443
- Pathare, P.B. and Byrne, E.P., 2011.** Application of wet granulation processes for granola breakfast cereal production. *Food Eng. Rev.*, 3:189-201.
- Pathare, P.B., Bas, N., Fitzpatrick, J.J., Cronin, K., Byrne E.P., 2012.** Production of granola breakfast cereal by fluidised bed granulation. *Food and Bioproducts Processing*, 90: 549–554
- Penagini, F., Dilillo, D., Meneghin, F., Mameli, C., Fabiano, V., Zuccotti, G. V. 2013.** Gluten-free diet in children: an approach to a nutritionally adequate and balanced diet. *Nutrients*, 5(11):4553-4565.
- Peng, X., Ma, J., Cheng, K.-W., Jiang, Y., Chen, F., Wang, M. 2010.** The effects of grape seed extract fortification on the antioxidant activity and quality attributes of bread. *Food Chemistry*, 119: 49-53.
- Pereira, M.A., Grubbs, C.J., Barnes, L.H., Li, H., Olson, G.R., Eto, I., Juliana, M., Whitaker, L.M., Kelloff, G.J., Steele, V.E., Lubet, R.A. 1996.** Effects of the phytochemicals, curcumin and quercetin, upon azoxymethane-induced colon cancer and 7,12-dimethylbenz[a]anthracene-induced mammary cancer in rats. *Carcinogenesis*, 17:1305-1311.
- Pietzak, M. 2013.** Nutritional considerations in the management of celiac disease. In: Coulston AM, Boushey CJ, Ferruzzi MG, eds. *Nutrition in the Prevention and Treatment of Disease*. 3rd ed. United Kingdom: Elsevier; p.780.

- Ramaker, J.S., Jelgersma, M.A., Vonk, P., Kossen, N.W.F. 1998.** Scale-down of a high-shear pelletisation process: flow profile and growth kinetics. *Int. J. Pharm.*, 166(1):89–97.
- Rambali, B., Baert, L., Massart, D.L. 2001.** Using experimental design to optimize the process parameters in fluidized bed granulation on a semi-full scale. *Int. J. Pharm.*, 220(1–2): 149–160.
- Rao, C.V., Rivenson, A., Simi, B., Reddy, B.S., 1995.** Chemoprevention of colon carcinogenesis by dietary curcumin, a naturally occurring plant phenolic compound. *Cancer Research*, 55:259-266.
- Reilly, N. R., Green, P.H.R. 2012.** Epidemiology and clinical presentations of celiac disease. *Semin. Immunopathol.*, 34: 473–478.
- Rizzello, C. G., De Angelis, M., Di Cagno, R., Camarca, A., Silano, M., Losito, I., Gianfrani, C. 2007.** Highly efficient gluten degradation by lactobacilli and fungal proteases during food processing: new perspectives for celiac disease. *Applied and Environmental Microbiology*, 73(14):4499-4507.
- Roudaut, G., Dacremont, C., Vallès Pàmies, B., Colas, B., Le Meste, M., 2002.** Crispness: a critical review on sensory and material science approaches. *Trends in Food Sci. and Tech.*, 13: 217–227.
- Roy, R., Khanna, R., Subbarao, D. 2010.** Granulation time in fluidized bed granulators. *Powder Technol.*, 119(1):95–99.
- Sanmukhani, J., Satodia, V., Trivedi, J., Patel, T., Tiwari, D., Panchal, B., Goel, A., Tripathi, C.B. 2014.** Efficacy and Safety of Curcumin in Major Depressive Disorder: A Randomized Controlled Trial. *Phytotherapy Research*, 28(4):579-585.
- Sauvageot, F., Blond, E. 1991.** Effect of water activity on crispness of breakfast cereals. *Journal of Texture Studies*, 22, 423–442.
- Schaefer, T., Worts, O. 1978.** Control of fluidized bed granulation. V. Factors affecting granule growth. *Arch. Pharm. Chem., Sci* 6:69–82.
- Schober, T. J., O'brien, C. M., McCarthy, D., Darnedde, A., Arendt, E. K. 2003.** Influence of gluten-free flour mixes and fat powders on the quality of gluten-free biscuits. *Eur Food Res and Tech.*, 216(5):369-376.
- Schuppan, D., Junker, Y., Barisani, D. 2009.** Celiac disease: from pathogenesis to novel therapies. *Gastroenterology*, 137: 1912–1933.
- See, J., Murray, J. A. 2006.** Gluten-free diet: the medical and nutrition management of celiac disease. *Nutrition in Clinical Practice*, 21(1):1-15.
- Seo, M.J. , Park, J.E. , Jang, M.S. 2010.** Optimization of Sponge Cake Added with Turmeric (*Curcuma longa* L.) Powder Using Mixture Design. *Food Sci. and Biotech.*, 19, 3, 617-625.
- Serin, Y., Akbulut, G. 2017.** Çölyak Hastalığı ve Glutensiz Diyet Tedavisine Güncel Yaklaşım. *Türkiye Klinikleri Journal of Health Sciences*, 2(3):192-200.
- Shakibaei, M., Buhrmann, C., Kraehe, P., Shayan, P., Lueders, C., Goel, A. 2014.** Curcumin chemosensitizes 5-fluorouracil resistant MMR-deficient human colon cancer cells in high density cultures. *Plos One*, 9(1):e85397.
- Shan, L., Molberg, O., Parrot, I., Hausch, F., Filiz, F., Gray, G. M., Sollid, L. M.; Khosla, C. 2002.** Structural basis for gluten intolerance in celiac sprue. *Science*, 297: 2275–2279.
- Souza, P.L.C., Silva, M.R. 2015.** Quality of granola prepared with dried caju-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz) and baru almonds (*Dipteryx alata* Vog). *J Food Sci Technol*, 52(3):1712–1717.

- Srivastava, S., Mishra, G. 2010.** Fluid bed technology: overview and parameters for process selection. *Int. J. Pharm. Sci. Drug Res.*, 2: 236–246.
- Surh, Y. J. 2002.** Anti-tumor promoting potential of selected spice ingredients with antioxidative and anti-inflammatory activities: A short review. *Food and Chemical Toxicology*, 40, 1091–1097.
- Surh, Y. J., Hurh, Y. J., Kang, J. Y., Lee, E., Kong, G., & Lee, S. J. 1999.** Resveratrol, an antioxidant present in red wine, induces apoptosis in human promyelocytic leukemia (HL-60) cells. *Cancer Letters*, 140(1–2): 1–10.
- Tan, H., Salman, A., Hounslow, M. 2006.** Kinetics of fluidised bed melt granulation I: the effect of process variables. *Chem. Eng. Sci.*, 61(5):1585–1601.
- Tardos, G., Hapgood, K., Ipadeola, O., Michaels, J. 2004.** Stress measurements in high-shear granulators using calibrated “test” particles: application to scale-up. *Powder Technol.*, 140(3):217–227.
- Theethira, T. G., Dennis, M. 2015.** Celiac disease and the gluten-free diet: consequences and recommendations for improvement. *Digestive Diseases*, 33(2):175–182.
- Toden, S., Okugawa, Y., Jascur, T., Wodarz, D., Komarova, N.L., Buhrmann, C., Shakibaei, M., Boland, C.R., Goel, A. 2015.** Curcumin mediates chemosensitization to 5-fluorouracil through miRNA-induced suppression of epithelial-to-mesenchymal transition in chemoresistant colorectal cancer. *Carcinogenesis*, 36:355–367.
- Türksoy, Ş., Özkaya, B. 2006.** Gluten ve Çölyak Hastalığı. Türkiye 9. Gıda Kongresi, 24-26 Mayıs 2006, Bolu.
- Waldie, B. 1991.** Growth mechanism and the dependence of granule size on drop size in fluidized-bed granulation. *Chem. Eng. Sci.*, 46(11):2781–2785.
- Watano, S., Morikawa, T., Miyanami, K. 1995.** Kinetics of granule growth in fluidized bed granulation with moisture control. *Chem. Pharm. Bull.*, 43(10):1764–1771.
- Wolf, C., Siegel, J. B., Tinberg, C., Camarca, A., Gianfrani, C., Paski, S., Pultz, I. S. 2015.** Engineering of Kuma030: a gliadin peptidase that rapidly degrades immunogenic gliadin peptides in gastric conditions. *Journal of the American Chemical Society*, 137(40):13106–13113.
- Wu, X., Beecher, G., Holden, J., Haytowitz, D., Gebhardt, S. E., & Prior, R.L. 2004.** Lipophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. *J. of Agric. and Food Chem.*, 52: 4026–4037.
- 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*, 2:124–135.
- Vincent, J., Saunders, D., Beyts, P. 2002.** The use of critical stress intensity factor to quantify “hardness” and “crunchiness” objectively. *J. Texture Stud.*, 33(2):149–160.
- Vitali, D., Vedrına Dragojevic, I., & Šebecic, B. 2009.** Effects of incorporation of integral raw materials and dietary fibre on the selected nutritional and functional properties of biscuits. *Food Chem.*, 114, 1462–1469.
- Yamamoto, K., Shao, Z.J. 2009.** Process development, optimization, and scale-up, fluid-bed granulation: Developing solid oral dosage forms. Ed.: Qiu, Y., Zhang G.G.Z., Mantri, R.V., Chen, Y., Yu, L., Academic Press, San Diego, pp 701–714.
- Yu, L.L., Zhou, K.K., Parry, J. 2005.** Antioxidant properties of cold pressed black caraway, carrot, cranberry and hemp seed oils. *Food Chem.*, 91: 723–729.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Gizem GÜNGÖR

Doğum Yeri ve Tarihi :Bursa, 27.02.1993

Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Bursa Nilüfer Fatih Lisesi, 2011

Lisans : Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği, 2015

Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Müh., 2018

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Yankı İnşaat Gıda San. Tic. Paz. A.Ş.

İletişim (e-posta) : gzm\_gngrr@hotmail.com

Yayımları :

**Gungor, G., Gocmen, D., Yıldız, E., Yılmaz, H. 2018.** Changes in bioaccessibility, phenolic content and antioxidant capacity of novel crackers with turmeric (*Curcuma longa* L.) and mahaleb (*Prunus mahaleb* L.) powders. Quality Assurance and Safety of Crops& Foods. (Yayına kabul edildi).