

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**β -GLUKAN İLAVESİ İLE FONKSİYONEL ÇİKOLATA
ÇEŞİTLERİNİN (SÜTLÜ, BİTTER, BEYAZ VE SÜRÜLEBİLİR
KAKAOLU FINDIK KREMASI) GELİŞTİRİLMESİ**

Eylem TEMEL ÖZAT

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2018**

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

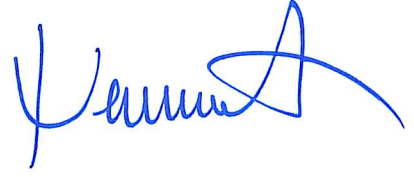
Eylem TEMEL ÖZAT tarafından hazırlanan “ β -Glukan İlavesi ile Fonksiyonel Çikolata Çeşitlerinin (Sütlü, Bitter, Beyaz ve Sürülebilir Kakaolu Fındık Kreması) Geliştirilmesi” adlı tez çalışması 26/11/2018 tarihinde aşağıda jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Recai ERCAN
Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı



Jüri Üyeleri :

Başkan: Prof. Dr. Nevzat ARTIK
Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye : Prof. Dr. Recai ERCAN
Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye : Prof. Dr. Filiz ÖZÇELİK
Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye : Prof. Dr. Behiç MERT
Orta Doğu Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye : Doç. Dr. Nevzat KONAR
Siirt Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Atila YETİŞEMİYEN
Enstitü Müdürü

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

26/11/2018



Eylem TEMEL ÖZAT

ÖZET

Doktora Tezi

β -GLUKAN İLAVESİ İLE FONKSİYONEL ÇİKOLATA ÇEŞİTLERİNİN (SÜTLÜ, BİTTER, BEYAZ VE SÜRÜLEBİLİR KAKAOLU FINDIK KREMASI) GELİŞTİRİLMESİ

Eylem TEMEL ÖZAT

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Recai ERCAN

Fonksiyonel gıdalar, temel beslenme gereksinimlerini karşılamanın ötesinde sağlığa faydalı gıdalar olarak kabul edilir. Bu çalışmada, diyet lif kapsamında bulunan β -glukanlar, kaynağına göre değişmekle birlikte kolesterol ve kan şekeri düşürme, kilo verme, bağışıklığı düzenleme gibi sağlık üzerine birçok etkileri olması nedeniyle çikolata çeşitleri ve kakaolu fındık kremasının bileşiminde biyoaktif bileşen olarak kullanılarak, fonksiyonel gıda geliştirilmiştir.

Yulaf, arpa ve ekmek mayası (*Saccharomyces cerevisiae*) olarak 3 farklı kaynaktan elde edilmiş β -glukan konsantratlarının sütlü, bitter, beyaz çikolata çeşitleri ve sürülebilir kakaolu fındık kreması bileşiminde % 5, % 10 ve % 15 oranlarında şeker ikamesi olarak yer almasının, ürün kalite parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen örneklerde başlıca kalite parametreleri olarak partikül büyüklüğü, kül miktarı, nem miktarı, su aktivitesi, tekstür özellikleri, duyu özellikler, renk, çiçeklenme, reoloji özellikleri ve erime profili incelenmiştir. Ayrıca β -glukankonsantratlarında nem, kül ve toplam β -glukan miktarları belirlenerek örneklerde β -glukan miktarları hesaplanmıştır.

Örneklerde β -glukan konsantratı miktarı arttıkça partikül büyüklükleri, kül ve nem oranları artmış, a_w değerleri azalmıştır ($p<0.05$). Ayrıca; çikolata çeşitlerinde β -glukan konsantratı miktarı arttıkça sertlik azalmış, sürülebilir kakaolu fındık kreması ürünlerinde ise sıklık ve yapışkanlık değerleri artmıştır ($p<0.05$). Genel olarak, β -glukan konsantratı miktarı arttıkça tüm örneklerde duyu özellik puanları da azalmıştır. Ancak, % 5 oranında β -glukan konsantratı içeren bütün örneklerde duyu özellikler kontrol örneği ile önemli fark göstermemiştir ($p<0.05$). Çikolata çeşitlerinde duyu özellikler açısından en iyi sonuçlar yani kontrol örneği ile önemli farklılık göstermeyen sonuçlar yulaf kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örnekler olduğu belirlenmiştir. Sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinde ise, en iyi duyu özellikler maya kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde bulunmuştur.

Kasım 2018, 172 sayfa

Anahtar Kelimeler: β -glukan, çikolata, fonksiyonel gıda

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

WITH ADDITION OF β -GLUCAN FUNCTIONAL TYPES OF CHOCOLATE (MILK, DARK, WHITE AND SPREADABLE HAZELNUT CREAM WITH COCOA) DEVELOPMENT

Eylem TEMEL ÖZAT

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Recai ERCAN

Functional foods are considered to be beneficial foods in addition to meeting basic nutritional requirements. In this study, functional food was developed as a bioactive component in the composition of chocolate varieties and spreadable cocoa hazelnut cream due to various effects on health such as decreasing cholesterol and blood sugar, weight loss and immunity while varying depending on the source of β -glucans in dietary fiber.

Product quality parameters of β -glucan concentrates obtained from 3 different sources as oats, barley and yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) as sugar substitutes in 5% , 10% and 15% ratios in dark, milk, white chocolate varieties and spreadable cocoa hazelnut cream composition the effects on them have been examined. Particle size, ash content, moisture content, water activity, texturing properties, sensory properties, color, blooming, rheology properties and melting profile were investigated as main quality parameters in the obtained samples. In addition, amounts of β -glucan in samples were calculated by determining the amounts of moisture, ash and total β -glucan in β -glucan concentrates.

As the amount of β -glucan concentrate increased, the particle sizes, ash and moisture contents increased and a_w values decreased ($p < 0.05$). In addition, as the amount of β -glucan concentrate increased in chocolate varieties, the hardness decreased and the value of firmness and stickiness increased in spreadable cocoa hazelnut cream products ($p < 0.05$). In general, as the amount of β -glucan concentrate increased, the sensory score decreased in all samples. However, in all samples containing 5% β -glucan concentration, sensory properties did not differ significantly with the control samples ($p < 0.05$). The best results in terms of sensory properties in chocolate varieties, ie, results that do not differ significantly with the control sample were determined as samples oat-containing β -glucan concentrates. In the case of spreadable cocoa hazelnut cream, the best sensory properties were found in samples containing yeast-derived β -glucan concentrate.

November 2018, 172 pages

Key Words: β -glucan, chocolate, functional food

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince bilgi ve tecrübesi ile bana yol gösteren ve her konuda hoşgörüsü ile desteğini esirgemeyen değerli danışmanım Sayın Prof. Dr. Recai ERCAN'a, (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı) fikirleri ve yönlendirmeleri ile destek olan Prof. Dr. Nevzat ARTIK'a (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Öğretim Üyesi), laboratuvar olanaklarından yararlandığım Siirt Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nden başta Bölüm Başkanı Prof. Dr. Ender Sinan POYRAZOĞLU'na olmak üzere, Siirt Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi öğretim üyeleri ve araştırma görevlilerine, araştırma konumun belirlenmesinden itibaren çalışmamın her safhasında emekleri olan Doç. Dr. Nevzat KONAR'a (Siirt Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi), hammadde temini ve renk analizlerinin yapılmasında yardımcı olan Derya GENÇ POLAT ve Osman Gökhan GÜLFİDAN'a (TAYAŞ Gıda A.Ş.), reoloji analizlerinin yapılmasında yardımcı olan Dr. Öğr. Üyesi İbrahim PALABIYIK'a (Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü), erime profili analizlerinin yapılmasında yardımcı olan Dr. Öğr. Üyesi Ömer Said TOKER'e (Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya Metalürji Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü),

Yetişmemde emeği olan bütün saygıdeğer hocalarıma, asla haklarını ödeyemeyeceğim anne ve babama, hayatımın her anında olduğu gibi, bu zorlu çalışma süresince büyük bir özveri ile benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli eşim Eşef ÖZAT'a ve sevgili kızım Güneş Dilek ÖZAT'a

En içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu doktora tezi, 117O748 nolu 1002-Hızlı Destek Programı ile Tübitak tarafından desteklenen “Biyoaktif Bileşen Olarak β -Glukan Kullanılması ile Fonksiyonel Çikolata Çeşitlerinin Geliştirilmesi” konulu proje tarafından desteklenmiştir.

Eylem TEMEL ÖZAT

Ankara, Kasım 2018

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	
ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	8
2.1 Fonksiyonel Gıdalar ve β -Glukan.....	8
2.1.1 Diyet lifler	10
2.1.2 Yulaf, arpa ve maya kaynaklı β -glukanlar ve yapıları.....	13
2.1.3 β -Glukanların biyolojik aktiviteleri üzerinde fiziksel ve kimyasal özelliklerinin etkileri.....	16
2.1.4 Yulaf, arpa ve maya kaynaklı β -glukan üretimi	17
2.1.5 Yasal düzenlemelerde yulaf, arpa ve maya kaynaklı β -glukanlar	21
2.1.6 β -glukanların sağlığa etkileri ile ilgili yapılmış bazı çalışmalar	21
2.1.7 Gıdalarda β -glukan kullanımı ve yapılmış bazı çalışmalar	36
2.2 Çikolata ve Çikolata Ürünleri.....	45
2.2.1 Çikolata ve çikolata ürünlerinin üretiminde kullanılan hammaddeler	46
2.2.1.1 Kakao kitlesi	46
2.2.1.2 Kakao Tozu.....	47
2.2.1.3 Kakao yağı	47
2.2.1.4 Süt bazlı hammaddeler	48
2.2.1.5 Şeker	49
2.2.1.6 Emülgatörler.....	50
2.2.1.7 Kakao yağı dışındaki bitkisel yağlar	52
2.2.1.8 Fındık püresi.....	53
2.2.1.9 Aroma.....	54
2.2.2 Çikolata çeşitleri ve sürülebilir kakaolu fındık kreması üretim prosesi.....	54
2.2.2.1 Çikolata üretimi	54
2.2.2.2 Sürülebilir kakaolu fındık kreması üretimi.....	59
2.2.2.3 Çikolata Teknolojisinde Bilyalı Değirmen Kullanımı	60
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	67
3.1 Materyal	67
3.2 Yöntem	68
3.2.1 Çikolata üretimi	68
3.2.1.1 Sütlu çikolata üretimi	69
3.2.1.2 Bitter çikolata üretimi.....	72
3.2.1.3 Beyaz Çikolata üretimi	74
3.2.2 Sürülebilir kakaolu fındık kreması üretimi.....	76
3.3 Analiz Yöntemleri	79
3.3.1 β -glukan kaynaklarında yapılan analizler	79
3.3.1.1 Kül tayini	79

3.3.1.2 Nem tayini.....	79
3.3.1.3 β -glukan miktarı tayini.....	79
3.3.2 Çikolata ve sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinde yapılan analizler	80
3.3.2.1 Partikül boyutu analizi	80
3.3.2.2 Kül tayini	81
3.3.2.3 Nem tayini.....	81
3.3.2.4 Su aktivitesi analizi	82
3.3.2.5 Tekstür analizi.....	83
3.3.2.5.1 Çikolata örneklerinin tekstür analizi	83
3.3.2.5.2 Sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin tekstür analizi	84
3.3.2.6 Duyusal analiz	85
3.3.2.7 Renk analizi	90
3.3.2.8 Fat blooming (çiçeklenme) belirlenmesi.....	90
3.3.2.9 Reoloji analizi	91
3.3.2.10 Erime profili	91
3.3.3 İstatistik analiz	92
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	93
4.1 β -Glukan Kaynaklarında Yapılan Analizlerin Sonuçları	93
4.1.1 Nem ve kül tayini sonuçları.....	93
4.1.2 β -glukan miktarı tayini sonuçları	93
4.2 Çikolata ve Sürülebilir Kakaolu Fındık Kreması Örneklerinin Analiz Sonuçları	94
4.2.1 Partikül boyutu analizi sonuçları	94
4.2.2 Kül tayini sonuçları.....	99
4.2.3 Nem tayini sonuçları	103
4.2.4 Su aktivitesi analizi sonuçları.....	107
4.2.5 Tekstür analizi sonuçları	111
4.2.5.1 Çikolata örneklerinin tekstür analizi sonuçları	111
4.2.5.2 Sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin tekstür analizi sonuçları	115
4.2.6 Duyusal analiz sonuçları.....	117
4.2.7 Renk analizi sonuçları.....	129
4.2.8 Fat blooming(çiçeklenme) sonuçları.....	136
4.2.9 Reoloji analizi sonuçları	139
4.2.10 Erime profili sonuçları.....	135
5. SONUÇ	151
KAYNAKLAR	154
ÖZGEÇMİŞ	171

SİMGELER DİZİNİ

%	Yüzde
~	Yaklaşık
<	Küçük
>	Büyük
°C	Santigrad Derece
µm	Mikrometre
D ₉₀	Partiküllerin % 90'ının Küçük Olduğu Çap Değeri
ΔH	Tamamen Erime İçin Gerekli Olan Enerji Değişimi
N ₂	Azot Gazı
T _{ilk}	Erimenin Başladığı Sıcaklık
T _{pik}	Maksimum Sıcaklık
T _{son}	Erimenin Tamamlandığı Sıcaklık
α	Alfa
β	Beta
ω	Omega
µ	Mikro
L*	Parlaklık Değeri
C*	Kroma
h°	Hue Açısı

Kısaltmalar

AACC	Amerikan Klinik Kimya Derneği
cm	Santimetre
dk	Dakika
DSC	Diferansiyel Taramalı Kalorimetri
EFSA	Avrupa Birliği Gıda Güvenliği Otoritesi
FDA	Amerika Gıda ve İlaç Dairesi
FOSHU	Belirlenen Sağlık Kullanımları için Gıda
g	Gram
HDL	Yüksek Yoğunluklu Lipoprotein

inç	İnch
kg	Kilogram
kkal	Kilokalori
kob	Koloni Oluşturan Birim
L	Litre
LDL	Düşük Yoğunluklu Lipoprotein
mg	Miligram
mL	Mililitre
mm	Milimetre
nm	Nanometre
PGPR	Poligliserol Polirisinolat Esterleri
PUFA	Çoklu Doymamış Yağ Asidi
rpm	Dakikada Devir Sayısı
sn	Saniye
VLDL	Çok Düşük Yoğunluklu Lipoprotein
WI	Beyazlık İndeksi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Diyet liflerin sınıflandırılması	12
Şekil 2.2 β -glukanların yapıları.....	15
Şekil 2.3 Maya hücre duvarının majör polisakkarit bileşenleri	16
Şekil 3.1 Laboratuvar tipi bilyalı değirmen	67
Şekil 3.2 Çikolata örneklerinin hazırlanması	68
Şekil 3.3 Bilyalı değirmen heliks bölümü sirkülasyonu	71
Şekil 3.4 Çikolata kalıbı.....	72
Şekil 3.5 Sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin akım şeması	77
Şekil 3.6 Dijital mikrometre.....	80
Şekil 3.7 Kül fırını	81
Şekil 3.8 Örneklerin etüvde nem tayini.....	82
Şekil 3.9 Su aktivitesi ölçüm cihazı	82
Şekil 3.10 Tekstür analiz cihazı ve çikolata çeşitleri için kullanılan prob.....	83
Şekil 3.11 Tekstür analiz cihazı ve sürülebilir ürün probu	85
Şekil 3.12 Çikolata örneklerinin duyuusal analizde panelistlere sunumu.....	89
Şekil 3.13 Sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin duyuusal analizde panelistlere sunumu.....	89

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Fonksiyonel gıdaların bazı kuruluşlar tarafından yapılmış tanımları	8
Çizelge 2.2 Genel lif takviyelerinin ve bileşenlerinin sağlık etkilerine genel bakış	11
Çizelge 2.3 Bazı tahıl bazlı gıdalarda çözünür glukan içeriği	14
Çizelge 2.4 β -glukan üretim prosesi	18
Çizelge 2.5 Çeşitli kaynaklardan β -glukan üretim prosesleri, süreleri ve üretim verimleri	19
Çizelge 2.6 Bilyalı değirmen kullanarak yapılmış çalışma örnekleri	61
Çizelge 3.1 Sütü çikolata örnek bileşimi	70
Çizelge 3.2 Bitter çikolata örnek bileşimi	73
Çizelge 3.3 Beyaz çikolata örnek bileşimi	75
Çizelge 3.4 Sürülebilir kakaolu fındık kreması örnek bileşimleri	78
Çizelge 3.5 Teksür analiz cihazı çalışma koşulları (çikolata çeşitleri için	84
Çizelge 3.6 Teksür analiz cihazı çalışma koşulları (sürülebilir ürünler için	85
Çizelge 3.7 Çikolata çeşitlerinin duyuşal değerlendirme puanlama prosedürü	86
Çizelge 3.8 Çikolata çeşitlerinin puanlama testi panel formu örneği	87
Çizelge 3.9 Sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin duyuşal değerlendirme puanlama prosedürü	88
Çizelge 3.10 Sürülebilir kakaolu fındık kremasının örneklerinin puanlama testi panel formu örneği	88
Çizelge 4.1 β -glukan konsantratlarının kül ve nem tayini sonuçları	93
Çizelge 4.2 β -glukan konsantratlarının β -glukan miktarları	93
Çizelge 4.3 Çikolata çeşitleri ve sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin bir porsiyonda içerdikleri β -glukan miktarları	94
Çizelge 4.4 Çikolata çeşitleri ve sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin partikül boyut analizi sonuçları	96
Çizelge 4.5 Çikolata çeşitleri ve sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin kül tayini sonuçları	100
Çizelge 4.6 Çikolata çeşitleri ve sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin nem tayini sonuçları	104
Çizelge 4.7 Çikolata çeşitleri ve sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin su aktivitesi analizi sonuçları	108
Çizelge 4.8 Çikolata örneklerinin tekstür analizi sonuçları	113
Çizelge 4.9 Kakaolu fındık kreması örneklerinin tekstür analizi sonuçları	116
Çizelge 4.10 Sütü çikolata örneklerinin duyuşal analiz sonuçları	118

Çizelge 4.11 Bitter çikolata örneklerinin duyusal analiz sonuçları.....	121
Çizelge 4.12 Beyaz çikolata örneklerinin duyusal analiz sonuçları.....	124
Çizelge 4.13 Sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin duyusal analiz Sonuçları	127
Çizelge 4.14 Sütlu çikolata örneklerinin renk analizi sonuçları	130
Çizelge 4.15 Bitter çikolata örneklerinin renk analizi sonuçları.....	131
Çizelge 4.16 Beyaz çikolata örneklerinin renk analizi sonuçları.....	132
Çizelge 4.17 Kakaolu fındık kreması örneklerinin renk analizi sonuçları.....	134
Çizelge 4.18 Çikolata örneklerinin beyazlık indeksi sonuçları.....	137
Çizelge 4.19 Çikolata çeşitleri ve sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin reoloji analizi sonuçları	141
Çizelge 4.20 Sütlu çikolata örneklerinin erime özellikleri.....	146
Çizelge 4.21 Bitter çikolata örneklerinin erime özellikleri.....	147
Çizelge 4.22 Beyaz çikolata örneklerinin erime özellikleri	149

1. GİRİŞ

Bir gıda, sağlık ve yaşam kalitesini geliştiren ya da hastalık riskini azaltacak şekilde, yeterli beslenmenin ötesinde, vücutta bir veya daha fazla hedef fonksiyonu olumlu etkilediği tatmin edici bir şekilde ispatlandığı takdirde, “fonksiyonel” kabul edilebilir (Roberfroid 2000).

Fonksiyonel gıdaların sürekli gelişimi, sağlıkla ilgili artan tüketici farkındalığı ve yaşam kalitesinin iyileştirilmesinde gıdaların rolüne bilim ve sanayinin bir tepkisidir (Angelov vd. 2006). Fonksiyonel gıdalar temel beslenme gereksinimlerini karşılayanın ötesinde sağlığa faydalı gıdalar olarak kabul edilir. Bu nedenle, belirli bir gıda kategorisinde alışveriş yaparken tüketiciler fonksiyonel ve geleneksel gıdalar arasında seçim yapmak zorundadır ve geleneksel gıdalardan daha sağlıklı algılanan fonksiyonel gıdaları tercih edebilmektedirler (Ares vd. 2010).

Şekerleme, özellikle çikolata ve kakao ürünleri endüstrisi de son yıllarda dinamik değişimler yaşamakta olup, sağlıklı ve fonksiyonel çikolata taleplerinden etkilenmektedir (Belscak-Cvitanovic vd. 2015, Morato vd. 2015).

Çikolata dünyada yaygın tüketime sahip olup eşsiz tat ve dokusu kakao katı maddesi, şeker ve kakao yağı kombinasyonunun sonucudur (Rezende vd. 2015). Tadı, yüksek karbonhidrat ve yağ içeriği ve spesifik bileşenlerinden elde edilen çok lezzetli duyuşal özellikleri lüks bir gıda olarak nitelendirilmesine neden olabilmektedir (Crichton vd. 2016). 1753'te Carl Linnaeus *Theobroma cacao*'yu “tanrıların gıdası” olarak adlandırmıştır. Çok eski zamanlardan günümüze kadar çikolata ateş düşürmek, çocukluk dönemi ishalini tedavi etmek, cinsel gücü artırmak, öksürükle balgam çıkarmayı sağlamak, dışkıya kanın geçişini azaltmak, böbrek taşı atılmasının sağlamak, anne sütü verimini artırmak, uykuya teşvik etmek ve dişleri temizlemek için kullanılmıştır (Wilson 2010).

Kilo kontrolü ve sağlıklı kalma çabaları, tüketicilerin hastalık risklerini azaltmaya yönelik beslenme esaslı çözümler aramalarına neden olmaktadır. Bu çözümlerden birisi de diyetle yağ içeriğini azaltarak kalori kısıtlamasını sağlamak ve obezitenin önlenmesine katkıda bulunmaktadır. Bu yaklaşım, çikolata gibi temel diyetin parçası olmayan gıdalarda daha önemlidir. Ancak çok özel reolojik, tekstürel ve duyuşsal özelliklere sahip bir gıda olması nedeniyle çikolatanın bazı biyoaktif maddelerle zenginleştirilmesi sonucu fonksiyonel formülasyonların geliştirilmesinde zorluklar ile karşılaşabilmektedir (Rezende vd. 2015). Bu nedenle, bilimsel literatürdeki çalışmalar, özellikle bu kalite parametrelerinin incelendiği fonksiyonel çikolata geliştirme üzerine yoğunlaşmıştır.

Şekerleme ürünleri, fonksiyonel bileşenlerin eklenmesiyle veya mevcut bileşenlerin ikame edilmesiyle “fonksiyonel” hale getirilebilir (Roberfroid 2000). Örneğin, inulin bir fonksiyonel gıda bileşeni olup, potansiyel olarak prebiyotik madde özelliği taşımakta ve bu tür maddeler çeşitli gıdaların bileşimine dahil edilebilmektedir. Golob vd. (2004) tarafından prebiyotik bir bileşen olan inulinin, çikolatanın duyuşsal özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Konar vd. (2014a), farklı düzeylerde inulin içeren çikolataların hazırlanmasında, üç farklı konçlama süresi ve üç farklı ortalama partikül büyüklüğü kullanımının, fiziksel (renk, sertlik, su aktivitesi) ve reolojik özellikler üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Konar vd. (2015) tarafından gerçekleştirilen bir başka çalışmada ise inulin ve maltitol içeren sütlü çikolatalara farklı miktarlarda kalsiyum karbonat ilave edilmesi ile elde edilen örneklerin bazı fiziksel (partikül büyüklük dağılımı, parlaklık, kroma, su aktivitesi ve sertlik) ve reolojik özellikleri incelenmiştir.

Bir başka potansiyel prebiyotik madde ve fonksiyonel gıda girdisi ise polidekstrozdur. Konar vd. (2014b), bir başka çalışmada farklı düzeylerde polidekstroz içeren çikolataların hazırlanmasında, üç farklı konçlama süresi ve üç farklı ortalama partikül büyüklüğü kullanımının, fiziksel (renk, sertlik, su aktivitesi) ve reolojik özellikler üzerindeki etkisini incelemişlerdir.

Farzanmehr ve Abbasi (2009) tarafından yapılan bir çalışmada prebiyotik özelliğe sahip şekeri azaltılmış sütlü çikolata üretimi değerlendirilmiştir. Sukraloz ile birlikte çeşitli

oranlarda inülin, polidekstroz ve maltodekstrin şeker ikamesi olarak kullanılmıştır. Fizikokimyasal, mekaniksel ve duyuşal özelliklerin optimum oranlarını belirlemek amacıyla 15 adet formülasyon incelenmiştir.

Sökmen ve Güneş (2006) tarafından bazı tatlandırıcıların çikolatanın reolojik özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Bu çalışmada, kalorisini azaltılmış çikolata üretmek amacıyla sakkaroz ikame etmek için bazı alternatif maddeler kullanılmıştır ve farklı partikül boyut aralıkları olan farklı tatlandırıcıların (maltitol, izomalt, ve ksilitol) erimiş çikolatanın reolojik özelliklerine etkileri araştırılmıştır.

Aidoo vd. (2010), çikolata üretiminde süt ikamesi olarak dehidre edilmiş fıstık-börölce sütü tozunun kullanımını araştırmışlardır. Araştırmada, fıstık ve börölce tozu, protein, diyet lifi, folat, mineral ve vitaminler gibi besin öğelerinin kaynağı olarak çikolatada kullanımı amaçlanmıştır.

Belscak-Cvitanovic vd. (2012), antioksidan özellikleri nedeniyle yara iyileştirmek, ishali önlemek, karın ağrısını, sabah bulantısını tedavi etmek gibi potansiyel sağlık faydaları olan, halk hekimliğinde kullanılan kırmızı ahududu yaprağı (*Rubus idaeus L.*) ekstraktı ile zenginleştirilmiş sütlü, yarıtatlı ve bitter çikolatanın biyoaktif bileşen içeriği, fiziksel ve duyuşal özellikleri incelemişlerdir.

Botelho vd. (2014), kolesterolü azaltmak için fitosterol ile zenginleştirilmiş fonksiyonel bitter çikolatanın oksidatif stabilitesini incelemiş olup, çikolata işleme ve depolama sırasında oksidatif kararsızlığın fitosterol biyoaktivitesini azaltabileceğini belirtmişlerdir.

Yapılan literatür araştırmalarına göre ve yukarıda bahsedilen fonksiyonel çikolata ile ilgili yapılmış çalışmalarda görüldüğü üzere diyet lifler ile ilgili çok az çalışmaya rastlanmıştır. Oysa diyet liflerin gıdanın tekstürünü etkilemeden yağlar ve şekerler ile değiştirilebilir fonksiyonu vardır ve daha dengeli bir besin kompozisyonu olan ürün elde edilmesini sağlayabilmektedir (Rezende vd. 2015).

Diyet liflerin sağlık üzerindeki olumlu etkileri uzun yıllardır kabul gören bir olgudur (Brennan ve Cleary 2005). Diyet lifi, vücuttaki bir veya daha fazla hedeflenen fonksiyonu olumlu bir şekilde etkileyebileceği için fonksiyonel gıdaların tanımına uyar (Roberfroid 2000). Amerika Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), gıda üreticilerinin diyet lifi ile düşük kalp rahatsızlığı riski arasındaki bağlantıyla ilgili belirli sağlık beyanlarını kullanmalarına izin vermektedir (Wildman 2007).

Diyet lifi alımının artması üzerinde durulmasına rağmen, yalnızca miktarı değil aynı zamanda fizyolojik tepkiyi etkileyenin diyet lifinin türü olmasıda önemlidir (Roberfroid 2000).

β -glukanlar lif formunda bir polisakkarit olup arpa, yulaf gibi tahıllarda ve maya ve mantar gibi mikroorganizmalarda bulunanlifin majör bileşenlerindendir (Kim vd. 2006, Angelov vd. 2006, Souza vd. 2015). Bira ve fırıncılıkta kullanılan maya hücre duvarı β -glukanların zengin kaynakları arasında yer almaktadır (Nicolosi vd. 1999). β -glukanların etkileri özellikle kaynağı ve yapısına bağlıdır(Stier vd. 2014).

β -glukanlar, tıp ve eczacılık, gıda, kozmetik ve kimya endüstrilerinde, veterinerlik tıbbında ve yem üretiminde potansiyel bir uygulama alanı bulmuştur (Zhu vd. 2016).

Tahıl β -glukanlarının kullanımına olan ilginin büyük kısmı, fonksiyonel bir diyet lifi olarak kullanımından kaynaklanmıştır (Barsanti vd. 2011, Du vd. 2014a). Özellikle tahıl orijinli β -glukanlar, kolesterol düzeyini düşürerek kalp hastalıkları riskini azaltmak ve kan şekerini kontrol etmek için kullanılmaktadır (Brennan ve Cleary 2005, Kim vd. 2006).Birçok çalışmada lipit düşürücü etkisi, kan şekerini azaltma, kilo verme, bağışıklığı düzenleme ve anti karsinojen etkileri açısından β -glukan araştırılmıştır (Kim vd. 2006, Kusmıatı ve Dhewantara 2016). Ayrıca β -glukanların antisitotoksik, antitümörojenik ve antimutajen özellikleride vardır (Mantovani vd. 2008).

Yapılan bir çalışmada insan fekal mikrobiyotası tarafından arpa ve yulaf β -glukanı fraksiyonlarının fermentasyonu araştırılmış ve olumlu etkileri görülmüştür (Hughes vd. 2008).

Yulaf kaynaklı β -glukanın kan-serum glukozunu, trigliseriti, toplam kolesterolü, düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) ve çok düşük yoğunluklu lipoprotein (VLDL) düzeylerini ve glisemik indeksi düşürdüğünü gösteren diyet denemeleri yapılmıştır (Bell vd. 1999, Jenkins vd. 2002, Sürücüoğlu 2003). Ayrıca *Escherichia coli* ve *Bacillus subtilis*'e karşı antimikrobiyal etkileri kanıtlanmıştır (Shin vd. 2005). Buna ek olarak, β -glukan bifidobakteri gibi bazı yararlı kolon mikroorganizmaların gelişimini uyarıcı prebiyotik olarak bilinmektedir (Angelov vd. 2006).

Arpa kaynaklı β -glukanın serum kolesterolünü düşürmek, kilo kontrolünü desteklemek, glisemik indeksi azaltmak (Izydorczyk ve Dexter 2008), bağışıklık sistemini geliştirmek (Shah vd. 2016), yararlı bağırsak mikroflorasının gelişimini teşvik etmek (Mitsou vd. 2010), kolon kanseri riskini düşürmek (Izydorczyk ve Dexter 2008) için önemli bir fonksiyonel madde olduğu belirlenmiştir.

Maya kaynaklı β -D-glukanlar çeşitli fonksiyonel özellikleri nedeniyle gıda maddeleri yanı sıra ilaç, kozmetik ve kimya endüstrilerinde geniş bir kullanıma sahiptir (Khan vd. 2016). Toplam kolesterol konsantrasyonlarını önemli düzeyde düşürdüğü ve yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL)-kolesterol konsantrasyonlarının artışı tolere edilebilecek kadar arttırdığını (Bell vd. 1999, Nicolosi vd. 1999, Khan vd. 2016), diğer taraftan, kansere karşı savaşan bağışıklık sistemini desteklemek ve enfeksiyonları engellemek için kullanılabileceğini (Kim vd. 2006, Stier vd. 2014, Kusmiati ve Dhewantara 2016, Wang vd. 2016a) ortaya koyan çalışmalar yapılmıştır.

β -glukanların yüksek molekül ağırlıklı polimerler olması problem teşkil ettiği gibi (Khan vd. 2016), yüksek su tutma kapasitesi ve kalınlaştırma, düşük konsantrasyonlarda jel oluşturabilme ve emülsifiye edici özellikleri nedeniyle gıda endüstrisinde kullanılabilmektedir. Ancak özellikle sağlık üzerindeki olumlu etkileri nedeni ile gıda formülasyonlarında yer alabilmektedir (Souza vd. 2015, Rezende vd. 2015).

Ulusal ve uluslararası bilimsel literatür incelendiğinde farklı kaynaklardan elde edilen β -glukanların hazır çorba (Lyly vd. 2004), peynir çeşitleri (Konuklar vd. 2004, Tudorica vd. 2004, Volikakis vd. 2004, Aydınol ve Özcan 2017), hamur kızartması (Lee ve Inglett 2007), buğday ekmeği (Ahmad vd. 2008), bisküvi ve fıstık ezmesi (Lee vd. 2009a), kek üretimi (Lee vd. 2005, Kalinga ve Mishra 2009, Jalil vd. 2015, Onacik-Gur vd. 2016), atıştırmalık ürünler (ekstrüde) (Brennan vd. 2013), glutensiz ekmek (Ronda vd. 2015), prebiyotik sosis üretimi (Sarteshnizia vd.2015), yoğurt (Rinaldi vd. 2015) ve prebiyotik yoğurt üretimi (Rosburg vd. 2010) ve bisküvi (Bacha vd. 2018) gibi çeşitli gıda maddelerinin bileşiminde kullanım olanaklarının incelendiği çalışmalar ile karşılaşmıştır.

Çikolata üretiminde β -glukanların kullanıldığı çalışma sayısı ise yok denecek kadar azdır. Örneğin Lee vd. (2009b) düşük yağlı ve düşük kalorili çikolata üretmek amacıyla kakao yağı yerine yulaf orjinli β -glukanca zengin hidrokolloid kullanmışlardır ve β -glukanın çikolataların reolojik, tribolojik ve tekstürel özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Bir başka çalışmada ise Rezende vd. (2015) kakao yağının kısmi ikamesi olarak inulin ve β -glukan konsantratu gibi besinsel lifleri ekleyerek bir karışım oluşturulması sonucu sakkaroz içermeyen çikolata formülasyonları geliştirmeyi amaçlamışlardır. İnulin, β -glukan konsantratu ve kakao yağının farklı içeriklerde kombinasyonlarının çikolatanın reolojik ve duyusal özelliklerine etkilerini belirlemişlerdir. Yapılan bu çalışmalarda tek çeşit çikolatada, tek kaynaktan elde edilmiş β -glukan kakao yağı yerine kullanılmıştır.

Yapılan değerlendirmelere göre bu tez çalışmasında farklı kaynaklı β -glukanların farklı çikolata çeşitleri ve sürülebilir kakaolu fındık kreması ürünlerinde şeker yerine kullanılması nedeniyle özgün bir araştırma niteliğindedir. Ayrıca çikolata üretiminde genel olarak kullanılan silindir içeren inceltici ve konçlama sistemleri yerine bilyalı değirmen ile yapılmış çalışma sayısının oldukça kısıtlı olması ve tez kapsamında bilyalı değirmende ürünlerin üretiminin yapılması da çalışmanın bir diğer özgün noktasıdır.

Tez kapsamında ticari olarak üretilen yulaf, arpa ve maya kaynaklı β -glukan konsantratları sütlü, bitter ve beyaz çikolata çeşitleri ve sürülebilir kakaolu fındık

kreğinde kısmi Şeker ikamesi olarak kullanımının bazı kalite parametreleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi hedeflenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular, β -glukan kullanımı sonucu çikolata çeşitlerinin fiziksel, tekstürel, reolojik ve duysal özelliklerinin belirlenmesi, fonksiyonel çikolata çeşitlerinde optimum β -glukan miktarının ve kaynağının belirlenmesi açılarından önem taŐımaktadır.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Fonksiyonel Gıdalar ve β -Glukan

“Fonksiyonel gıda” ve “nutrasötik gıda” terimleri, fizyolojik faydaları olduğu kanıtlanmış ve/veya kronik hastalık riskini azaltan gıdalarla ilişkili ürünleri belirtmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Cirillo vd. 2015). Fonksiyonel gıdaların bazı otoriteler tarafından yapılmış tanımları çizelge 2.1’de yer almaktadır (Aryee ve Boye 2015).

Çizelge 2.1 Fonksiyonel gıdaların bazı kuruluşlar tarafından yapılmış tanımları

Kuruluş	Tanım
Beslenme ve Diyetetik Akademisi (Academy of Nutrition and Dietetics)	“Etkili düzeylerde düzenli bir şekilde düzenli bir diyetin bir parçası olarak tüketildiğinde sağlık üzerinde potansiyel olarak yararlı bir etkiye sahip, güçlendirilmiş zenginleştirilmiş veya geliştirilmiş gıdalarla birlikte tüm gıdalar.”
International Food Information Council(Uluslararası Gıda Bilgi Konseyi)	“Temel beslenmenin ötesinde bir sağlık yararı sağlayabilecek ve bazı hastalıkların ve diğer sağlık durumlarının riskini azaltmada veya en aza indirmede rol oynayabilecek gıdalar veya diyet bileşenleri.”
Institute of Food Technologists (Gıda Teknolojistleri Enstitüsü)	“Temel beslenmenin ötesinde bir sağlık yararı sağlayan gıdalar ve gıda bileşenleri (hedeflenen nüfus için).”
International Life Sciences Institute(Uluslararası Yaşam Bilimleri Enstitüsü)	“Fizyolojik olarak aktif gıda bileşenlerinin varlığından dolayı temel beslenmenin ötesinde sağlık yararları sağlayan gıdalardır.”
European Commission (Avrupa Komisyonu)	“Vücudun bir ya da daha fazla hedef işlevini, yeterli beslenme etkilerinin ötesinde, gelişmiş bir sağlık durumu ve refahı ve/veya hastalık riskinin azaltılması ile ilgili olarak faydalı bir şekilde etkileyen bir gıdadır. Normal bir gıdanın parçasıdır. Bu bir hap, kapsül veya herhangi bir diyet takviyesi değildir.”
Japanese Ministry of Health, Labour, and Welfare(Japon Sağlık, Çalışma ve Refah Bakanlığı)	“FOSHU (Food for Specified Health Uses)(Belirlenen sağlık kullanımları için gıda), sağlık için işlevlere sahip olan ve insan vücudu üzerindeki fizyolojik etkilerini iddia etmek için resmi olarak onaylanmış içerikler içeren gıdaları ifade eder. FOSHU, kan basıncı veya kan kolesterolü de dahil olmak üzere sağlık koşullarını kontrol etmek isteyen kişiler tarafından sağlık veya özel sağlık kullanımlarının sürdürülmesi / teşviki için tüketilmelidir.”

Çizelge 2.1’de görüldüğü gibi, fonksiyonel gıda tanımı, demografiye ve ilgili düzenleyici otoriteye bağlıdır. Türkiye’de ise 5 Haziran 2004 tarihli 5179 sayılı

Gıdaların Üretimi, Tüketimi ve Denetlenmesine Dair Kanun Hükmünde Kararnamenin Değiştirilerek Kabulü Hakkında Kanun çerçevesinde “fonksiyonel gıdalar” ilk defa mevzuatımıza gitmiştir. Kanun kapsamında fonksiyonel gıdalar, “Besleyici etkilerinin yanı sıra bir ya da daha fazla etkili bileşene bağlı olarak sağlığı koruyucu, düzeltici ve/veya hastalık riskini azaltıcı etkiye sahip olup, bu etkileri bilimsel ve klinik olarak ispatlanmış gıdalar” şeklinde tanımlanmıştır.

Buna göre bir gıda, sağlık ve/veya yaşam kalitesini destekleyen ya da hastalık riskini azaltacak şekilde, yeterli beslenme ötesinde, vücutta bir veya daha fazla hedef fonksiyonu olumlu etkilediği tatmin edici bir şekilde ispatlandığı takdirde, “fonksiyonel” kabul edilebilir. Bu temelde fonksiyonel bir gıda doğal bir gıda, olumlu bir bileşenin eklendiği veya zararlı bir bileşenin çıkarıldığı bir gıda, bir veya birden fazla bileşenin niteliğinin değiştirildiği bir gıda, bir veya daha fazla bileşenin biyoyararlanımının değiştirildiği bir gıda veya bu olasılıkların birleşimi olabilir (Roberfroid 2000).

Amerikan Diyetisyenler Derneği, fonksiyonel gıdaları dört gruba ayırarak tanımlı genişletmiştir. Bunlar, geleneksel, değiştirilmiş, tıbbi ve özel diyet kullanımı için gıdalardır. Geleneksel gıdalar arasında, biyoaktif kimyasallar ve çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) içeren sarımsak, kuruyemişler, tam tahıllar, yağlı balıklar ve domatesler gibi bütün gıdalar bulunur. Örneğin, yulaf ezmesi fonksiyonel bir gıda olarak kabul edilir, çünkü doğal olarak kolesterol seviyelerinin düşmesine yardımcı olabilecek çözünür lif içerir. Değiştirilmiş gıdalar, fitokimyasallar veya antioksidanlar gibi biyoaktif maddeler ekleyerek sağlık yararlarına sahip olmak veya artırmak için zenginleştirilmiş, geliştirilmiş ya da güçlendirilmiş olanlardır. Bu tür gıdalar arasında omega-3 (ω -3) ile zenginleştirilmiş yumurtalar, canlı yararlı bakteriyel kültürleri olan yoğurtlar, kalsiyum takviyeli portakal suyu, folat bakımından zenginleştirilmiş ekmek ve enerji barları bulunur. Tıbbi gıdalar, laktoz içermeyen süt ve glutensiz ekmekler gibi ürünler de dahil olmak üzere özel tıbbi amaçlara ve diyet kullanımı için kullanılanlardır (Aryee ve Boye 2015).

Tüketicilerin gıda ve sağlık arasındaki ilişkiye olan ilgisinin artmasıyla fonksiyonel gıdalar üzerine yapılan çalışmalarda artmış ve sürekli yeni ürünler ortaya çıkmıştır. Dünyadaki fonksiyonel gıda pazarı değerinin 2017 yılında 300 milyar dolardan 2022 yılında 440 milyar dolara yükseleceği tahmin edilmektedir (<https://www.statista.com> 2018a).

Artan piyasa büyümesinin bir sonucu olarak, fonksiyonel gıdaların geniş bir yelpazesi vardır. Bunlar arasında: enerji ve spor içecekleri gibi içecekler, tahıl ve bebek mamaları, ekmekçilik ürünleri, şekerleme ürünleri, süt ürünleri, özellikle yoğurt ve diğer fermente süt ürünleri, sürülebilir ürünler, et ürünleri ve hayvan yemleri bulunur (Roberfroid 2000).

2.1.1 Diyet lifler

“Diyet lifi” terimi ilk olarak 1953 yılında Hispley tarafından gebelik sırasında toksemiye karşı koruyucu olması önerilen gıdaların bitki hücre duvar bileşenlerini tanımlamak için yapılmıştır (Guillon vd. 2000). Amerikan Klinik Kimya Derneği (AACC)’nin tanımına göre diyet lifi, kalın bağırsakta tam veya kısmi fermentasyon ile ince bağırsakta sindirime ve emilmeye dirençli bitkilerin veya benzer karbonhidratların yenilebilir parçalarıdır. Diyet lifi, polisakkaritler, oligosakkaritler, lignin ve ilişkili bitki maddelerini içerir. Diyet lifleri, laksasyon ve/veya kan kolesterol azaltması ve/veya kan şekeri azalması dahil olmak üzere yararlı fizyolojik etkileri teşvik eder (Anonymous 2001).

Bu maddeler, gastrointestinal hareketliliğin düzenlenmesine katılabilir, glukoz ve lipid metabolizmasını etkileyebilir, fekal çıkışı teşvik edebilir, bakteriyel metabolik aktiviteyi düzenleyebilir, kolon lümen içeriğini detoksifiye edebilir ve bağırsak mukozasının bütünlüğünü ve bağırsak ekosisteminin dengesini korumaya katkıda bulunabilir. Bu bağlamda, diyet lifi, vücuttaki bir veya daha fazla hedeflenen fonksiyonu olumlu bir şekilde etkileyebileceği için fonksiyonel gıdaların tanımına uyabilir (Guillon vd. 2000).

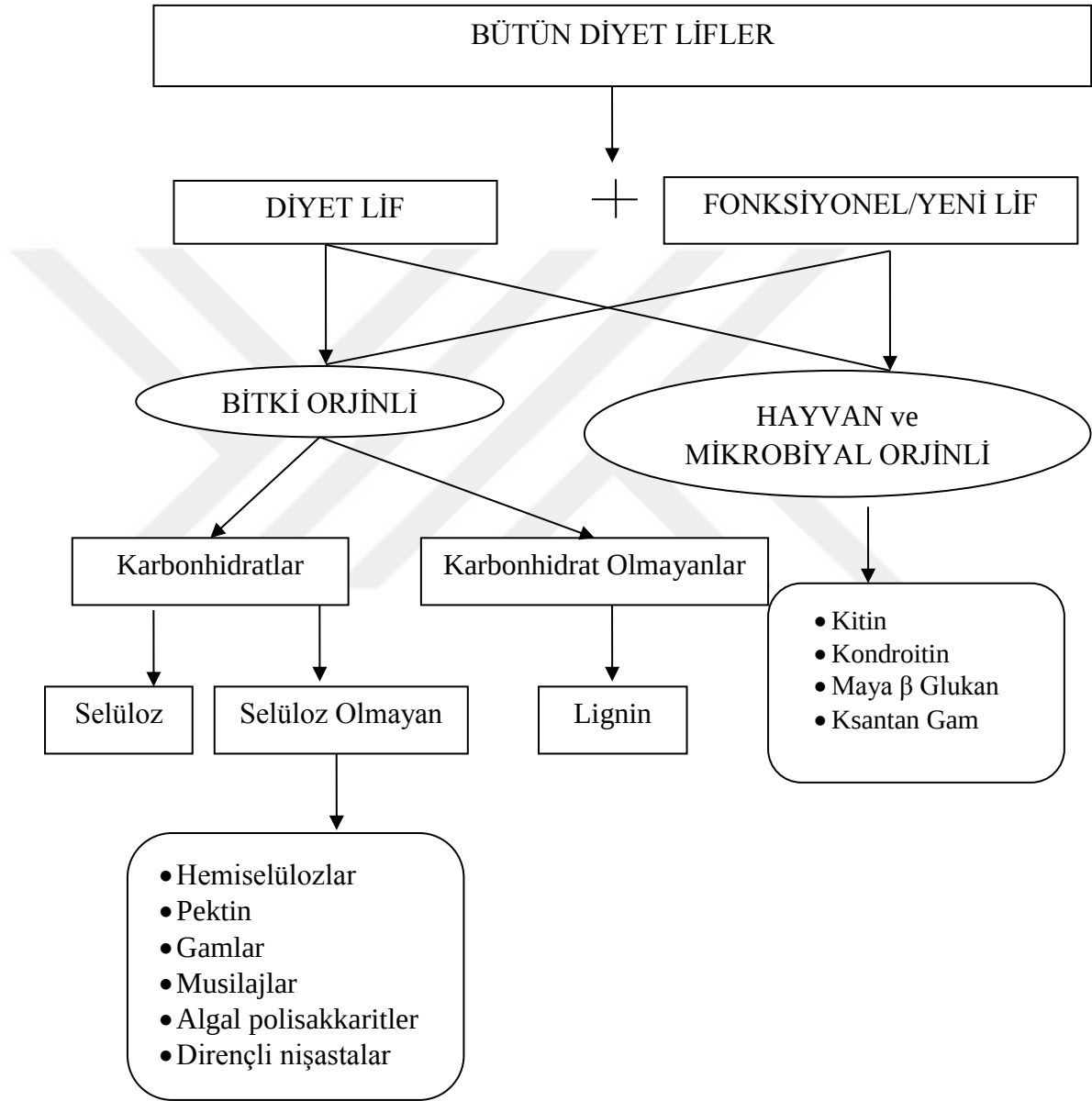
Çizelge 2.2’de diyet lifi takviyelerinin ve bileşenlerinin sağlık üzerine etkileri ile ilgili genel bilgiler verilmiştir (Dreher 2018).

Çizelge 2.2 Genel lif takviyelerinin ve bileşenlerinin sağlık etkilerine genel bakış

	Çözünmeyen	Çözünür viskoz olmayan		Çözünür düşük viskozite		Çözülür daha yüksek viskozite		
Sağlık yararları	Buğday kepeği	Dirençli dekstrinler	Kısmen hidroliz edilmiş guar gam	İnulin/Hindiba Kök	Polidekstroz	Psyllium	β-glukan/Bütün yulaf	Poli Glycopleks
Glisemik kontrolü iyileştirmek	–	–	–	–	–	+	+	+
LDL kolesterol düşürme	–	–	–	–	–	+	+	+
Hipertansif kan basıncı düşürme	–	–	–	–	–	+/–	+	–
Kilo kontrolü/kayıbı	+/–	+/–	–	–	+/–	+/–	+/–	+/–
Laksasyon/Dışkı yumuşatıcı	+	+/–	+/–	–	+/–	+	+/–	–
Fermente edilebilirlik	Partikül boyutuna bağlı olarak değişir	+/–	+/–	+	+/–	+/–	+/–	+/–

+: pozitif etki, +/-: orta düzeyde olumlu etki, -: önemli bir etki yok

Şekil 2.1’de diyet liflerinin sınıflandırılması yer almaktadır (Sharma vd. 2016). Toplam diyet lif, yani fonksiyonel/yeni lif bitkilerinin intrinsik kaynaklarından elde edilen ve sentezlenip veya üretilen ve daha sonra gıdaya ilave edilen liflerin toplamı olarak kabul edilebilir.



Şekil 2.1 Diyet liflerin sınıflandırılması

Diyet lifleri ayrıca suda çözünürlüklerine göre sınıflandırılır. Çözünür olmayan diyet lifi (hemiselüloz, selüloz ve lignin), çözünebilir diyet lifi (pektin, β-glukanlar,

galaktomannanlar, fruktanlar, oligosakkaritler, bazı hemiselülozlar, guar, gamlar, müsilaaj) ile karşılaştırıldığında daha düşük kalori içeriğine sahiptir. Kolonda çözünmeyen diyet lifin fermentasyon oranı ve derecesi, çözünür liflerden daha yavaştır. Çözünmeyen diyet lifi açısından zengin olan gıda maddeleri keten tohumu, tam tahıllar, kahvaltılık tahıllar, sebzeler (kereviz, havuç, vb.), tahıl kabukları, çözünebilir diyet lifleri bakımından zengin olanlar ise baklagiller (fasulye, mercimek), sebzeler (brüksel lahanası, lahana), meyveler (elma, çilek), yulaf kepeği, psyllium tohumlarıdır. Hayvansal veya mikrobiyal kökenli lifler, kitin, maya β -glukanı, ksantan zımkı olabilir (Sharma vd. 2016).

Selüloz ve hemiselüloz gibi polisakkaritler, diyet lifinin dayanak noktasıdır. Birçok diyet lifinde, selülozun büyük moleküler boyutu, lifin “lifli” görünümünü verir. Diğer diyet lifleri yani β -glukanlar gibi polisakkaritler, çözünebilir diyet liflerinin gamsı, jelatinimsi karakteristik özelliğini sağlar. Sindirilemeyen, fermente olabilen polisakkaritlerin tümü, ister selüloz veya β -glukanlar gibi poliglukozlar, ister inulin gibi polifruktozlar veya arabinoksilanlar ve arabinogalakatanlar veya benzer karbohidratlar gibi heteropolimerler diyet lifi tanımına dahil edilir (Anonymous 2001).

Diyet lifi, sağlıklı bir diyetin önemli bir bölümünü oluşturur ve tahıllarda özellikle arpa, yulaf ve bazı mantarlarda bulunan β -glukanlar, çözünebilir diyet lifinin temel fraksiyonlarından biridir (Tiwari ve Cummins 2009, Ahmad vd. 2012). β -glukanlar diyet liflerinin tüm fizyolojik özellikleri ile birlikte viskoz ve jel oluşturan tüm gıda hidrokoloidlerin fonksiyonel özelliklerini yansıtır (Lazaridou ve Biliaderis 2007).

2.1.2 Yulaf, arpa ve maya kaynaklı β -glukanlar ve yapıları

β -glukanlar tahıllar, mantarlar, mayalar, bazı bakteriler ve yosunlarda bulunan değerli bir diyet lifi türüdür. Fakat farklı kaynaklardaki β -glukanlar farklı bağlantı türlerine, dallanma davranışlarına ve moleküler ağırlığa sahiptir (Du vd. 2014b).

β -glukan, arpa ve yulafın endosperm hücre duvarlarında bulunan ve genellikle tane ağırlığının % 3–7’si kadar olan ve yapısal olarak, selüloz benzeri kısımlara(1-3) glikozidik bağları aracılığıyla bağlanan (1-3, 1-4)- β -D-glukandır ve bu nedenle daha da çözünür hale gelen bir lineer glukoz polimeridir. Bazı β -bağları, insan gastrointestinal kanalındaki enzimler tarafından sindirilemez, bu da β -glukanın çözünebilir bir diyet lifi olarak sınıflandırılmasına neden olur (Burkus ve Temelli 2005, Du vd. 2014b, Gunenc vd. 2017).

β -glukanın yapısı sellülozunkine benzer, tek farkı zincirde β -(1-3) bağlarının bükülme oluşturmalarıdır. Katlanma olgusu β -glukana stabilite verir ve aggregate form oluşturmaya yatkınlığı azaltır, dolayısıyla β -glukanın çözünürlüğü büyük ölçüde bu tür bir eğilimden etkilenir. Yapılan araştırmalarda (1-4) bağlarının uzun zincirleri yakın moleküller arası etkileşim nedeniyle β -glukanın daha az çözünür olmasını sağlar (Ahmad vd. 2012).

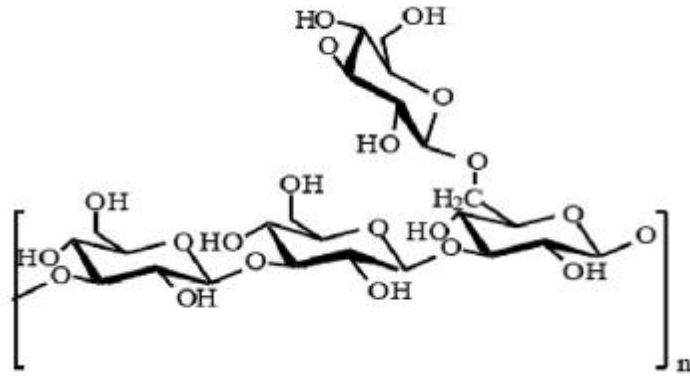
Genelde (1-3, 1-4)- β -D-glukan, tahıllardan buğdayda % 1, yulafta % 3-7 ve arpada % 5-11 aralıklarında bulunur (Brennan ve Cleary 2005). Bazı tahıl liflerinin ana fonksiyonel bileşeni olarak kabul edilen β -glukanın bulunduğu miktarlar çizelge 2.3’te yer almaktadır (Aryee ve Boye 2015).

Çizelge 2.3 Bazı tahıl bazlı gıdalarda çözünür glukan içeriği

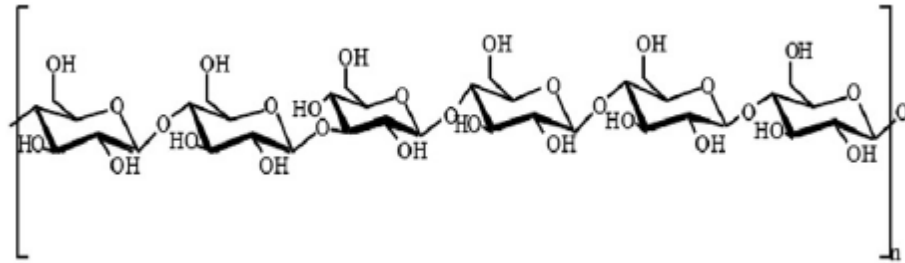
Tahıl	Gıda	Çözünür β -Glukanlar (g/100 g kuru ağırlık)
Buğday	Tam tane	0.39
	Kepek	1.38
	Kabuksuz tahıl	0.42
Arpa	Tam tane	3.35-3.95
	Kepek	4.14
	Kabuksuz tahıl	5.28
Yulaf	Tam tane	2.66-4.51
	Kabuksuz tahıl	3.5-5.0
	Kepek konsantresi	7.48-17.0
	Gevrek	2.64-4.6

Çizelgede 2.3’de görüldüğü gibi tahıllar arasında, arpa ve yulaf önemli β -glukan kaynaklarıdır (Tiwari ve Cummins 2009). β -glukan her 2-3 birimde β (1-3) bağı ile birleşen glukoz birimlerinin β -(1-4) glikosidik bağlarıyla birleşmesinden oluşan nişasta olmayan bir polisakkarittir (Naumann vd. 2006, Khan vd. 2016). Başlıca β -1,3-glukan β -1,6-glukan olarak doğal maya ve mantarlarda ve β -1,3-glukan β -1,4-glukan olarak yulaf ve arpada bulunur (Kim vd. 2006). Maya hücre duvarının şeklini ve sertliğini özellikle (1-3)- β -D yapısı verir (Kusmıatı ve Dhewantara 2016).

Ayrıca *Saccharomyces cerevisiae* maya hücre duvarıda β -D-glukanın önemli bir kaynağıdır (Borchani vd. 2016). Ekmek mayasında β -glukan β -(1-3) ve (1-6) bağları içerir (Zhu vd. 2016). Dallanma *S. cerevisiae*’de her 5. glukoz biriminde bir ya da iki defadır (Aimaniand vd. 2009). Şekil 2.2’de β -glukanların yapıları gösterilmiştir (Zhu vd. 2016).



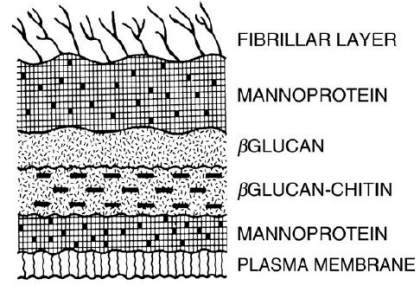
a) β (1-6) bağı ile dallanma gösteren (1-3) β -glukanlar



b) β (1-4) bağı ile dallanma gösteren (1-3) β -glukanlar

Şekil 2.2 β -glukanların yapıları

Maya hücre duvarının kuru ağırlığının yaklaşık % 75'i polisakaritlerden oluşur ve bu toplam maya hücre duvarı polisakaritlerinin de % 50-60'ını β -D-Glukan oluşturur (Klis vd. 2002, Kogan ve Kocher 2007). Şekil 2.3'te maya hücre duvarının majör polisakarit bileşenlerinin kesiti gösterilmiştir (Kogan ve Kocher 2007).



Şekil 2.3 Maya hücre duvarının majör polisakarit bileşenleri

2.1.3 β -glukanların biyolojik aktiviteleri üzerinde fiziksel ve kimyasal özelliklerinin etkileri

β -glukanlar, kanıtlanmış fonksiyonel ve tıbbi özelliklere sahip olan lifli polisakaritlerdir (Ahmad 2008). β -glukanların fonksiyonel potansiyeli büyük ölçüde kaynağına ve izolasyon prosesine göre değişen yapısına, boyutuna ve viskozitesine bağlıdır (Guillon vd. 2000, Brennan ve Cleary 2005, Stier vd. 2014, Ahmad vd. 2016, Borchani 2016). Yani farklı kaynaklardan ve farklı molekül ağırlıklarında elde edilen β -glukanlar farklı biyolojik aktivitelere sahiptir (Du ve Xu 2014).

β (1-3) bağlarının varlığı zincir polimerinde katlanmayı sağlar, zincirler arasında su birikmesine izin verir ve bu da β -glukanı suda çözünür yapar (Souza vd. 2015). Bu nedenle, çözünür diyet lif bileşeni olarak sınıflandırılan β -glukan alımı ile su emilimi ve gastrointestinal sistemde şişme artar, buda tokluk kan glukozunu düşürücü, serum kolesterolünü azaltıcı ve insülin direncine etkileri ile ilişkilidir (Souza vd. 2015). Ayrıca, tahıl lifleri jel benzeri yapı oluşturma yeteneği nedeniyle midede şişkinliği artırır ve tokluk hissini veren gastrointestinal viskoziteyi değiştirir (Souza vd. 2015). Lif alımı daha az enerji sağladığından kilo kontrolünde ve obezitenin tedavi ve önlenmesinde uygulanabilir (Souza vd. 2015).

Liflerin fizikokimyasal özellikleri, ince bağırsak veya kolon gibi sindirim sistemini etkiledikleri yolu belirler. En çok incelenen etki, muhtemelen β -glukanlar ve arabinoxylans gibi liflerin viskozitesinin diğer besin öğelerinin (glukoz veya kolesterol) sindirim ve metabolik kaderi üzerindeki etkisidir (Fardet 2017).

β -glukanlar gıdalarda kalınlaşma, stabilizasyon, emülsifikasyon ve jelasyon gibi çeşitli fonksiyonel özelliklere de sahiptir (Ahmad vd. 2012). Bu özellikler çeşitli çalışmalar ile incelenmiştir. Temelli (1997), potansiyel gıda uygulamalarını değerlendirmek için arpa β -glukan gamının viskozitesi, kırılabilirliği, köpük stabilitesi ve emülsiyon stabilizasyon kapasitesi gibi fiziksel özelliklerini araştırmıştır. Condor arpa ununda ekstraksiyon sıcaklığının (40- 55 °C) ve pH'nın (7.0- 10.0) β -glukanın geri kazanımı, saflığı ve fonksiyonel özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Maksimum emülsiyon stabilitesi ve viskozite pH 7.0 ve 55 °C'de elde edilmiştir. Buna göre arpa β -glukanı gamının çorbalar, soslar, tatlılar ve salata sosları gibi ürünlerde kalınlaştırıcı veya stabilizatör olarak büyük potansiyel gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca Brummer vd. (2014), değişen moleküler ağırlığına sahip yulaf β -glukan jellerinin tekstürel ve reolojik özelliklerini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlar β -glukan jellerinin tekstürel özellikleri ve erime profillerinin moleküler ağırlık fraksiyonlarının oransal ayarlanmasıyla ya da farklı uygulamalar için şeker eklenmesiyle ayarlanabildiğini belirtmişlerdir. Liu vd. (2010), yaptıkları çalışmada daha büyük safra asidi bağlama kapasitesinin β -glukanın yapısal-moleküler değişimiyle ve/veya işleme sırasında artan mevcudiyetiyle β -glukanların arttırılmış kapasitesinden kaynaklanmış olabileceğini göstermiştir.

2.1.4 Yulaf, arpa ve maya kaynaklı β -glukan üretimi

β -glukanların fonksiyonel, biyoaktif maddeler olarak kabulü ile popülerliği ve tahıl bazlı gıdaların yanı sıra hücre duvarı ile zenginleştirilmiş tahıl fraksiyonları, β -glukan konsantreleri ve izolatları ile desteklenmiş bir çok gıdanında tüketimi artmıştır (Lazaridou 2007). Bu konsantrat, preparat veya izolatların üretiminde yulaf, arpa, buğday gibi tahılların yanı sıra mantar meyvesi ve miselyumundan, mayalar, algler ve bakterilerden de yararlanılmaktadır (Ahmad vd. 2012, Varelas vd. 2016, Zhu vd. 2016).

Her ne kadar β -glukanlar esas olarak buğday, çavdar, arpa ve yulaf dahil olmak üzere tahıllarda mevcut olsa da, bunlar önemli miktarlarda yulaf veya arpadan ticari olarak üretilmektedir (Gunenc vd. 2017). β -glukan ekstraksiyonu çok zor olmasına rağmen, yulafın ucuz bir kaynak olması yulaf β -glukanının daha ucuz olmasına neden olmaktadır (Daou ve Zhang 2012). Ayrıca ticari β -glukan ekstraktları genellikle ekmek mayası ya da *S. cerevisiae* olarak bilinen mayalardan da üretilmektedir (Kim vd. 2006).

En uygun ekstraksiyon yöntemi, β -glukanların kaynaklarına ve yapılarına bağlıdır. Sıcak su ekstraksiyonu β -glukanın en yaygın ekstraksiyon yöntemidir (Zhu 2016). Laboratuvar ölçeğinde ve pilot ölçekte β -glukanın tüm ekstraksiyonu ve üretim prosesi, çizelge 2.4'te gösterildiği gibi özetlenebilir (Zhu vd 2016).

Çizelge 2.4 β -glukan üretim prosesi

Ön işlem	Ekstraksiyon	İzolasyon ve saflaştırma
Öğütme	Sıcak su ekstraksiyonu	İzoelektrik çöktürme
Ezme	Sıcak alkali ekstraksiyonu	Amonyum sülfat ile çöktürme
Niştanın ayrılması (alfa-amylase tarafından nişasta hidrolizi)	Hızlandırılmış çözücü ekstraksiyonu	Etanol ile çöktürme
Deproteinizasyon	Ultrason destekli ekstraksiyon	Pıhtılaşma ve filtrasyon
Homojenizasyon	Mikrodalga destekli ekstraksiyon	Selüloz kolonda afinite kromatografisi
Mekanik karıştırma	Kızgın su ekstraksiyon	Anyon değişim kromatografisi
Filtrasyon	Reflü ekstraksiyonu	Anyon değişim kromatografisi
Renk giderimi	Enzimle ekstraksiyon	Sephadex kolon kromatografisi
Santrifüj	Asit ekstraksiyonu	Selüloz kolon kromatografisi
Kurutma	Sıralı ekstraksiyon	
	Buhar patlaması	

β -glukan için uygun ekstraksiyon tekniğinin seçimi son verimlilik, saflık, yapısı, reolojik özellikleri, moleküler ağırlığı ve ekstrakte edilen β -glukanın diğer fonksiyonel özellikleri üzerine etkileri nedeniyle önemlidir (Brennan ve Cleary 2005, Ahmad vd. 2012, Varelas vd. 2016). Bu özellikler çeşitli gıda sistemlerinde β -glukanın kullanımına olanak sağlar ve insan sağlığında önemli etkileri vardır (Ahmad vd. 2012). Örneğin, gastro intestinal sistemde çözünen β -glukanın hem miktarı hem de molekül ağırlığı, β -glukan içeren gıdaların kan-glukoz ve kolesterol düşürücü özellikleri değerlendirilirken dikkate alınmalıdır (Wang ve Ellis 2014). Çizelge 2.5'te literatürde bildirilen farklı üretim çalışmalarından elde edilen β -glukan üretim verimleri gösterilmiştir. Üretim verimi β -glukan kaynağının ağırlığının yüzdesi olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 2.5 Çeşitli kaynaklardan β -glukan üretim prosesleri, süreleri ve üretim verimleri

β -glukan kaynağı	Üretim prosesi	Üretim verimi (%)	Referans
Kavuzsuz arpa kepeği	Nişasta ve proteinin uzaklaştırılması, hızlandırılmış çözücü ekstraksiyonu ve susuz etanol ile çöktürme	8.8	Du vd. 2014c
	Ultrason destekli ekstraksiyon	0.3	
	Mikrodalga destekli ekstraksiyon	0.3	
	Reflü ekstraksiyonu	2.2	
Kavuzlu arpa	Yüksek sıcaklık ve yüksek nem ekstrüzyonu	8	Sharma ve Gujral 2013
Kavuzsuz arpa kepeği(Azhul)	Alkali ekstraksiyon ve alkali saflaştırma	11.85	Bhatti 1995
Kavuzsuz arpa kepeği(Azhul)		5.62	
Yulaf kepeği(National)		8.08	
Yulaf kepeği (Robin hood)		3.92	
Arpa(2 çeşit)	40°C'de ve 90°C'de suyla muamele, enzim ve alkali ekstraksiyonu	2.79-3.04	Saulnier vd. 1994
Arpa	Farklı pH larda sıcak suyla ekstraksiyon ve asit ve enzimatik prosesle saflaştırma	5.1	Burkus ve Temelli 1998
Arpa (6 çeşit)	Suyla ekstraksiyon, nişasta ve proteinin enzimatik uzaklaştırılması ve daha sonra amonyum sülfat doyması ile çökeltmesi.	3.71-5.65	Irakli vd. 2004
Arpa	Sıcak su ile ekstraksiyon, yüksek hızda karıştırma ve santrifüjasyon	5.4	Ahmad vd. 2009
	Enzimatik ekstraksiyon	5.22	
	Asidik ekstraksiyon	4.65	
	Alkali ekstraksiyon	3.94	

Çizelge 2.5 Çeşitli kaynaklardan β -glukan üretim prosesler, süreleri ve üretim verimleri (devam)

β -glukan kaynağı	Üretim prosesi	Üretim verimi (%)	Referans
Yulaf unu	Enzimlerle ekstraksiyon	5.14	Ahmad vd. 2010
	Asidik ekstraksiyon	3.74	
	Alkali ekstraksiyon	~ 4.5	
Yulaf kepeği	Enzimler ve kontrollü sıcaklıkla ekstraksiyon, santrifügasyon ve değişik	6.23	Immerstrand vd. 2009
Yulaf ezmesi	Alkali uygulaması, izoelektrik çöktürme ve alkolle çöktürme	2.73	Dawkins ve Nnanna 1993
Yulaf kepeği	Alkali uygulaması, izoelektrik çöktürme ve alkolle çöktürme	5.85	
Maya (<i>S. cerevisiae</i>)	Alkali ekstraksiyon, asitle muamele, DEAE (diethyl-aminoethyl) ve ConA(concanavalin A) kromatografileri	4	Lee vd. 2001
Maya (<i>S. cerevisiae</i>)	Sonikasyon ve enzim uygulaması	11.08	Magnani vd. 2009
Maya (<i>S. cerevisiae</i>)	Alkali ekstraksiyonu, asit uygulaması, anyon değişim kromatografisi, afinite kromatografisi	16.58	Shokri vd. 2008
Maya (<i>S. cerevisiae</i>)	Su ve organik çözücü muamelesi, homojenizasyon ve proteaz hidrolizi	11.2	Liu vd. 2008
Maya (<i>S. cerevisiae</i>)	Hafif enzimatik izolasyon	25-26	Freimund vd. 2003
Maya (<i>S. cerevisiae</i>)	Otoliz - sodyum hipoklorit oksidasyonu	22.9	Wang vd. 2003

2.1.5 Yasal düzenlemelerde yulaf, arpa ve maya kaynaklı β -glukanlar

1997 yılında, A.B.D.Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından yulaftan (yulaf kepeği, yulaf ezmesi ve yulaf unu) elde edilen suda çözülebilen lifin kalp hastalığı riskini azaltabileceği kabul edilmiştir. Bu sağlık önerisinin karşılanabilmesi için gıdadan en az 3 g/gün yulaf β -glukanı alınması önerilmektedir (Anonymous 1997). 2005 yılında ise yulaf ya da arpa ya da karışımı kaynaklı çözünebilir β -glukanın 3 g/gün ya da daha fazla tüketilmesi gerektiği, gıdanın minimum 0.75 g β -glukan/öğün içermesi gerektiği bildirilmiştir (Anonymous 2005).

Avrupa Birliği Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) (Anonymous 2009) ise kanda kolesterol konsantrasyonunun normal düzeyde tutulması ve normal vücut ağırlığının sağlanması için bir ya da daha fazla porsiyonda yulaf, yulaf kepeği, arpa, arpa kepeği ya da işlenmemiş ya da minimum işlenmiş β -glukanlardan sağlanacak β -glukan miktarının en az 3 g/gün olması gerektiğini belirtmiştir. Ayrıca (Anonymous 2010), yulaf β -glukanının kan kolesterolünü düşürerek ve kalp (koroner) hastalığı riskini azaltarak faydalı bir fizyolojik etkisi olduğu belirtilmiştir. Daha sonra yayınlanan bilimsel görüşle ise (Anonymous 2011a), arpa ve yulaf orjinli β -glukanının normal kan LDL kolesterol konsantrasyonlarını düzeltmede, enerji alımında azalmaya yol açan tokluğun artışında, tokluk glisemik direncinin azaltılmasında ve sindirim fonksiyonlarında etkili olduğu belirtilmiştir. Avrupa Birliği Gıda Güvenliği Otoritesi (Anonymous 2011b), maya β -glukanının gıda takviyelerinde kullanım dozunun en fazla 375 mg/gün ve özel beslenme amaçlı gıdalarda en az 600 mg/gün olmasının güvenli olduğunu bildirmiştir.

2.1.6 β -glukanların sağlığa etkileri ile ilgili yapılmış bazı çalışmalar

Birçok çalışmada kan serum kolesterolü düzeyini düşürerek kalp hastalıkları riskini azaltma, lipid düşürücü etkileri, kan şekeri azaltma, sindirim sisteminde hidroliz edilemedikleri için kalorisiz olmaları nedeniyle kilo azaltma, jel benzeri yapı oluşturma yeteneği nedeniyle midede şişkinliği artırma ve tokluk hissini vererek gastrointestinal viskoziteyi değiştirme, immün modülatör ve anti karsinojen etkileri açısından β -

glukanın etkinlikleri incelenmiştir (Brennan ve Cleary 2005, Kim vd. 2006, Lazaridou ve Biliaderis 2007, Souza vd. 2015, Kusmıatı ve Dhewantara 2016, Borchani vd. 2016).

Özellikle yulaf ve/veya arpa kaynaklı β -glukanlar ile yapılan çalışmalar yoğunluktadır. Örneğin yapılan bir çalışmada (Biörklund vd. 2005) 5 veya 10 g yulaf ya da arpa kaynaklı β -glukanlarla zenginleştirilmiş içeceklerin serum lipoproteinleri ve yemek sonrası glukoz ve insülin konsantrasyonları üzerindeki yan etkileri araştırılmıştır. Toplam 100 hiperkolesterolemik hasta ile başlanan çalışmayı 89 denek tamamlamıştır. 8 haftalık çalışmada ilk 3 hafta tüm denekler kontrollü içecek tüketmiş ve takip eden 5 haftalık dönemde ise dört grup 5 veya 10 g yulaf veya arpa kaynaklı β -glukan içeren içecek alırken diğer grup kontrollü içecek ile devam etmiştir. 0, 2, 3, 7 ve 8.haftadaki kan örneklerinde serum lipidleri, lipoproteinler, glukoz ve insülin analiz edilmiştir. Kontrol ile karşılaştırıldığında yulaf kaynaklı 5 g β -glukan kullanımı toplam kolesterölü % 7.4 ve yemek sonrası glukozun (30 dakika) ve insülinin (30 dakika) konsantrasyonlarını önemli ölçüde düşürmüştür. Yulaf kaynaklı 10 g β -glukan içeren içecek kullanımı kontrol ile karşılaştırıldığında ise serum lipidlerini önemli ölçüde etkilemediği görülmüştür. Arpa kaynaklı β -glukan içeren içeceklerin kontrolüne kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunmamıştır.

Başka bir çalışmada (Behall vd. 1997) yulaf lifi ekstraktının tipik bir diyet içine eklenip eklenemeyeceği ve plazma lipidlerinin diyetle eklenen β -glukan miktarı ile azalıp azalmayacağını belirlemek için yapılmıştır. Çalışmada 23 hafif derecede hiperkolesterolemik birey (7 erkek ve 16 kadın) düşük (ağırlıkça % 1) veya yüksek (ağırlıkça % 10) β -glukan içeren yulaf ekstraktı ile 2 periyotta beslenmiştir. Çözünen yulaf lifi ekstraktı muffin, kek, browni, gofret, yoğurt, spagetti sosu ve et gibi çeşitli gıdalarda diyetlere ilave edilmiştir. 11 haftalık çalışma boyunca, enerji alımı artmasına rağmen, denekler ortalama 2.1 kg ağırlık kaybetmiştir. Açlık kanları plazma, trigliseridler, toplam kolesterol ve lipoprotein kolesterol fraksiyonları için analiz edilmiştir. Yulaf ekstraktı diyetlerinden sonra HDL ve VLDL kolesterolü ve trigliserid düzeyleri bakım diyetinden sonraki değerlerden önemli ölçüde farklı bulunmamıştır. Yulaf ekstraktları içeren diyetten sonra toplam ve LDL seviyeleri genel bakım haftası düzeylerinden önemli ölçüde azalmıştır. Toplam kolesterol düzeyi yüksek β -glukan

ekstraktı diyetinden sonra düşük β -glukan diyetinden sonrakinden daha düşük bulunmuştur. Çalışma sonunda diyet içine katılan az miktarda yulaf ekstraktı ile kolesterolün fevkalade azaldığı belirlenmiştir.

β -glukan içeren yulaf ürünlerinin glisemik indeksi ne kadar düşürdüğünü ve yüksek seviyelerde β -glukanın lezzeti bozup bozmadığını belirlemek amacıyla yapılan çalışmada (Jenkins vd. 2002) ayakta tedavi gören Tip 2 diyabetli 16 gönüllüye (10 erkek, 6 kadın) rastgele sırayla 50 g mevcut karbonhidrat porsiyonları verilmiştir. Gıda örnekleri beyaz ekmek, ticari yulaf kepekli kahvaltı gevreği (% 4.4g β -glukan) ve her ikisi de β -glukan bakımından zengin (sırasıyla % 8.1 ve % 6.5g β -glukan) prototip kahvaltılık gevrek ve bar olarak belirlenmiştir. Kapiller kan örnekleri açlıktan sonra yemekten 30, 60, 90, 120, 150 ve 180 dakika sonra alınmıştır. Glisemik indeksleri prototip β -glukan gevreği ve barı tüketimi sonrasında ticari yulaf kepekli kahvaltı gevreği ve beyaz ekmek tüketiminden sonrakinden önemli düzeyde düşük bulunmuştur. β -glukanın eklenmesi, lezzeti korurken glisemik indekside tahmin edilebilir şekilde azaltmıştır. 50 gramlık bir karbohidrat porsiyonunda, her gram β -glukan glisemik indeksi 4 birim olarak azaltmıştır ve bu nedenle β -glukanın postprandial glisemiye azaltmak için yararlı bir fonksiyonel gıda bileşeni olabileceği belirtilmiştir.

Başka bir çalışmada (Frank vd. 2004) 22 gönüllüye (11 kadın, 11 erkek) 2 haftalık kontrollü diyet periyodundan sonra 3 hafta boyunca normal diyetlerinin bir parçası olarak düşük veya yüksek molekül ağırlığına sahip β -glukan (6 g/gün) içeren iki yulaf kepekli mayalı ekmek verilmiştir. Aç olarak alınan kan örnekleri lipidler, insülin, glukoz ve alfa ve gama-tokoferol için analiz edilmiş ve düşük molekül ağırlıklı β -glukan içeren ekmeklerin etkileri olmamasına rağmen yüksek molekül ağırlığına sahip β -glukan içeren ekmeklerin tüketimi serum insülinini % 22.6 oranında artırmış ve kan glukoz konsantrasyonlarını % 3.4 düşürmüştür. Dolayısıyla, molekül ağırlığındaki farkın bu çalışmada gözlemlenen fizyolojik etkiler için önemli bir faktör olmadığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca ekmekler deneklerin serum tokoferol konsantrasyonlarını etkilememiştir. Veriler cinsiyete göre ayrı ayrı analiz edildiğinde, sadece kadınlarda serum insülinindeki değişim anlamlı bulunmuş ve kadınlarda düşük molekül ağırlıklı β -glukan içeren ekmekler etkisiz iken yüksek molekül ağırlıklı β -glukan içeren ekmekler,

total ve LDL kolesterol konsantrasyonlarını ve LDL/HDL oranını başlangıca kıyasla düşürmüştür. Ekmeklerin hiçbirinin erkekler üzerinde bir etkisi bulunmamıştır. Sonuç olarak mayalı yulaf kepeği ekmeğindeki mevcut β -glukanın moleküler ağırlığının orta derecede hiperkolesterolemik insanlarda önemli bir fizyolojik rol oynamadığı görülmüştür.

Başka bir çalışmada (He vd. 2004) yulaf β -glukanın kan basıncı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Amerika'da, kan basıncı optimumdan yüksek olan ya da 1.evre hipertansiyonu olan yaşları 30-65 arasında değişen kadın ve erkek toplam 110 katılımcıya günde 7.3 g β -glukan içeren ya da hiç β -glukan içermeyen kek veya kahvaltılık yulaf ezmesi 6 ve 12 hafta boyunca verilmiştir. Yulaf β -glukan alımı, sistolik kan basıncını 2.0 mm-Hg kadar önemli ölçüde düşürmüştü ve diyastolik kan basıncını ise önemsiz ölçüde yani 1.0 mm-Hg kadar azalmıştır. Bu çalışmada, yüksek ve düşük lif tüketen gruplar arasındaki kan basıncı düşüşündeki farklılık istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte, grup içi sonuçlar yüksek lifli bir diyetin kan basıncını azaltabileceğini göstermiştir. Yüksek lifli diyet tüketen katılımcıların hem sistolik kan basıncını hem de diyastolik kan basıncı anlamlı olarak azalmış, aksine, düşük lifli bir diyet tüketenlerde kan basıncı önemli ölçüde azalmamıştır.

Yulaf β -glukan içeren gıdaların, kan basıncı üzerindeki klinik etkilerini değerlendirmek amacıyla yapılan bir başka çalışmada (Maki vd. 2007) Amerika'da 40 yaşından büyük 97(kadın ve erkek) fazla kilolu/obez hipertansif (ortalama sistolik kan basıncı 130-179 mm Hg/diyastolik kan basıncı 85-109 mm Hg) bireye 7.7 g yulaf β -glukan içeren veya β -glukan içermeyen kontrol ürünü olarak kahvaltılık gevrek, atıştırmalık ya da toz şeklinde 3 farklı gıda 12 hafta boyunca hergün verilmiştir. Yulaf β -glukan açısından zengin gıdalar tüketen obez bireylerin, kontrol grubuna kıyasla sistolik kan basıncı 8.3 mm-Hg ve diyastolik kan basıncını 3.9 mm-Hg azalmıştır. Obez olmayan bireylerde kan basıncı tepkilerinde anlamlı farklılık gözlenmemiştir.

Başka bir çalışmada 10 sağlıklı denek porsiyonu başına 4 g veya 8 g, farklı molekül ağırlıklarına sahip β -glukan ihtiva eden yulaf kepeği muffinleri ve birtam buğdaylı muffini tüketmiş ve gece boyunca açlıktan sonra glisemik tepkileri ölçülmüştür. Kontrol

ile karşılaştırıldığında 4g β -glukan içeren muffinlerin kan glukozu pik artışını % 15 azalttığı, 8 g β -glukan içeren muffinlerin ise % 44 azalttığı tespit edilmiştir. Keklerdeki β -glukanın moleküler ağırlığının azaltılmasının, insanlarda kan glukozunu ve insülin tepkilerini arttırdığı görülmüştür (Tosh vd. 2008).

Bu çalışmada (Beck vd. 2009) yaşları 29-45 arasında değişen 7 kadın ve 7 erkek katılımcıya 2 farklı teknolojiyle üretilmiş farklı dozlarda yulaf β -glukanı içeren 5 farklı kahvaltılık gevrek tüketirildikten sonra akut biyokimyasal analizleri, kahvaltıdan 4 saat sonraki yemekte alınan enerji miktarı ve subjektif doygunluk ölçümleri yapılmıştır. Tüketilen kahvaltılık gevrekler yulaf unu, mısır unu, şeker, maltodekstrin, sodyum bikarbonat, tuz, su ve bir mısır bazlı kontrol örneği, üç adet düşük-orta-yüksek (2.16, 3.82, 5.45 β -glukan g/öğün) dozda β -glukan içeren örnekler ve ekstraksiyonu farklı olan yüksek dozda β -glukan(5.65 β -glukan g/öğün) içeren bir örnek olmak üzere 5 farklı β -glukan içeriğinden formüle edilmiştir. Glukoz, insülin, ghrelin (açlık hormonu) ve kolesistokinin ölçümü için kan toplanmış ve görsel analog skala ile subjektif tokluk ölçülmüştür. β -glukan, tokluk ve kolesistokinin salınımını mekanizmanın bir parçası olarak geliştirir. Kolesistokinin gibi iştah bastırıcılar, β -glukanın minimum 3.8 g dozuna karşılık olarak salınır. Subjektif tokluk, 2.2 g'lık bir β -glukan dozunda artmıştır. Sonraki yemek alımı, daha yüksek β -glukan dozu (>5 g) ile 400 kJ'den daha fazla azalmıştır. Bu çalışmada Tip 2 diyabetin gelişimi ile ilgili insülin yanıtları, en az 3.8g β -glukan dozunda önemli ölçüde azalmıştır.

Yapılan bir başka çalışmada (Maki vd. 2010) kilo kaybı için bir diyet programının parçası olarak viskoz lif içeren bir tam tahıllı, hazır yulaf gevreğinin, LDL kolesterol seviyelerini düşürüp düşürmediği ve diğer kardiyovasküler hastalık risk belirleyicilerinin tek başına bir diyet programından daha fazla geliştirip geliştirmediği değerlendirilmiştir. Bazal LDL kolesterol düzeyleri 130-200 mg/dL (3.4-5.2 mmol/L) arasında olan aşırı kilolu ve obez 144 yetişkin katılımcıya günde 500 kkal kısıtlamayı teşvik eden enerjisi azaltılmış diyet programının bir parçası olarak, günde 2 porsiyon tam tahıllı hazır yulaf (3 g/gün yulaf β -glukan) veya düşük lifli gıdalar (kontrol) verilmiş ve açlık lipoprotein düzeyleri, bel çevresi, triseps deri kıvrımı kalınlığı ve vücut ağırlığı başlangıçta ve 4, 8, 10 ve 12. haftalarda ölçülmüştür. Tam tahıllı hazır

yulaf gevreği kontrol ile karşılaştırıldığında LDL kolesterol düzeyi (-8.7 ± 1.0 'e karşı $\% -4.3 \pm 1.1$) anlamlı olarak azalmıştır. Toplam kolesterol (-5.4 ± 0.8 'e karşı $\% -2.9 \pm 0.9$) ve yüksek yoğunluklu olmayan lipoprotein kolesterol (-6.3 ± 1.0 'e karşı $\% -3.3 \pm 1.1$) de, tam tahıllı hazır yulaf gevreği ile önemli ölçüde daha fazla düşmüştür. HDL ve trigliserit yanıtları ise gruplar arasında farklılık göstermemiştir. Kilo kaybı gruplar arasında farklı değil (-2.2 ± 0.3 'e karşı -1.7 ± 0.3 kg) ancak tam tahıllı hazır yulaf gevreği ile bel çevresi daha fazla (-3.3 ± 0.4 'e karşı -1.9 ± 0.4 cm) azalmıştır. Tam tahıllı hazır yulaf gevreği grubunda LDL, total ve yüksek dansiteli olmayan lipoprotein kolesterol düzeylerinin ve bel çevresinin 4. haftaya kadar büyük oranda azaldığı tespit edilmiştir.

Kapsamlı olarak incelenen liflerin bir başka özelliği, safra asitlerini bağlama yetenekleridir ve bu nedenle kolesterolü azaltarak kolesterol metabolizmasını etkiler (Fardet 2017). β -glukanların da kolesterol düşürücü etkisi ince bağırsaktan safra tuzu geri emilimini önlemesine bağlanmıştır (Mikkelsen vd. 2014). Kim ve White (2010)'ın çalışmasında β -glukan moleküler ağırlığının in vitro safra asidini bağlanması ve insan fekal florası ile in vitro fermentasyon üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Çalışmada yulaftan düşük, orta ve yüksek moleküler ağırlıklı β -glukan fraksiyonları ekstrakte edilmiştir. $\% 100$ safra asidi bağladığı düşünülen kolestiramin kontrolüne karşılık sırasıyla yulaf unu, yüksek, orta ve düşük moleküler ağırlıklı β -glukanların safra asidini bağlama değerleri $\% 15, 21, 24$ ve 27 olarak bulunmuştur. Düşük moleküler ağırlıklı β -glukan, yüksek moleküler ağırlıklı β -glukandan daha fazla safra asiti bağlamıştır. Ekstrakte edilerek yüksek, orta ve düşük moleküler ağırlıklı olarak elde edilmiş β -glukanın in vitro fermentasyonunda kısa zincirli yağ asitlerinin üretimi sonucunda pH düşmüştür. Düşük moleküler ağırlıklı β -glukan 24 saatlik fermentasyondan sonra yüksek moleküler ağırlıklı β -glukandan daha yüksek kısa zincirli yağ asitleri üretimi sağlamıştır. Ekstrakte edilen β -glukanlar, kolesterolü düşürmek için büyük potansiyele sahip daha fazla miktarda propiyonat üretmiştir.

Yapılan başka bir çalışmada (Li vd. 2016) yulaf alımının kısa ve uzun vadeli etkilerini değerlendirmek ve aşırı kilolu Tip 2 diyabet hastaları için makul bir diyet planı geliştirmek amaçlanmıştır. 298 kilolu katılımcı, hiçbir müdahale almayan genel takip grubu ($n = 60$), az yağlı ve yüksek lifli bir diyet alan sağlıklı diyet grubu ($n = 79$), 50 g-

yulaf grubu (n = 80) ve 100 g-yulaf grubu (n = 79) olmak üzere 4 gruptan birine rastgele tahsis edilmiştir. Diyet bileşenlerinden 50 g-yulaf grubu 2.65 g yulaf β -glukanı ve 100 g-yulaf grubu 5.3 g yulaf β -glukanı içermekteydi. Katılımcılar 30 günlük bir merkezi müdahale ile ve 1 yıl serbest olarak takip edilmiştir. Antropometrik, kan glisemik ve lipid değişkenleri ölçülmüştür. Dört grup arasında 30 günlük bir müdahale ile açlık plazma glukozu, tokluk plazma glukozu, glikolize hemoglobin, insülin direncinin homeostaz modeli değerlendirmesi, toplam kolesterol, toplam trigliseritler ve LDL kolesterol değişikliklerinde önemli farklılıklar gözlenmiştir. Sağlıklı diyet grubuna kıyasla, 50 g-yulaf grubunda tokluk plazma glukozu ve toplam kolesterolde daha büyük bir düşüş; 100 g-yulaf grubunda tokluk plazma glukozu, insülin direncinin homeostaz modeli değerlendirmesi, toplam kolesterol ve LDL kolesterolde daha büyük bir azalma bulunmuştur. 1 yıllık izlemde, 100 g-yulaf grubunda kilo verme, glukolize hemoglobin ve toplam trigliseritlerin azaltılmasında daha fazla etki gözlenmiştir. Sonuç olarak, kısa ve uzun vadeli yulaf alımının hiperglisemi kontrolünde, kan lipidini düşürmede ve kilo vermede önemli etkileri gözlenmiştir.

Yapılan bir çalışmada (Rebello vd. 2016) 2 adet yulaf bazlı kahvaltılık ürünün iştah, tokluk ve besin alımı üzerindeki etkisi karşılaştırılmıştır. 18 yaşında veya daha büyük, 48 sağlıklı birey, en az bir hafta arayla ya yulaf ezmesi ya da yulaf bazlı hazır kahvaltılık gevrek tüketmişlerdir. Yulaf ezmesinin viskozitesi, β -glukan içeriği, moleküler ağırlığı yulaf bazlı hazır kahvaltılık gevreğinkinden daha yüksektir. Yulaf ezmesi doygunluk oranını artırmış ve açlığı, yeme arzusu ve muhtemel alımını yulaf bazlı hazır kahvaltılık gevrekten daha fazla azaltmıştır. Yulaf ezmesi içeren kahvaltıdan 4 saat sonra verilen öğle yemeğinde enerji tüketimi, yulaf bazlı hazır kahvaltılık gevreği ile karşılaştırıldığında daha düşük belirlenmiştir. Buna göre β -glukanın fizyokimyasal özellikleri ve yulafın yeterli hidrasyonu, tokluk vermesi ve bu nedenle enerji alımını etkileyen önemli faktörler olarak değerlendirilmiştir.

Arpa kaynaklı β -glukanın sağlık üzerine etkileri ile ilgili yapılan çalışmalar yulaf kaynaklı β -glukana göre daha azdır. Bu çalışmalardan birinde, bir ekmeklik buğday unu, bir arpa unu ve bir arpa çeşidinden elde edilen 2 adet glukana zengin un fraksiyonunun ekmeklik buğday unu ile karıştırılmasıyla elde edilen unlardan üretilmiş

4 çeşit ekmek pilot ölçekli olarak pişirilmiş ve duyuşal nitelikleri, kimyasal kompozisyonu değeriendirilmiştir. Ayrıca sekiz yetişkin, aynı miktarda (50 g) karbonhidrat içeren dört ekmekle beslenmiş ve kan numunelerinden glisemik indeksleri hesaplanmıştır. β -glukan içeriğinin artması ile glisemik indekste doğrusal bir azalma bulunmuştur. Bu araştırmada, yüksek glisemik indeksi olan gıdalarda bile, postprandiyal (yemek sonrası) kan glukoz düzeylerini azaltmada β -glukanın etkinliği doğrulanmıştır (Cavallero vd. 2002).

Amerika’da yapılan bir başka çalışmada farklı miktarlarda β -glukan sağlamak için buğday ve/veya arpa içeren 5 farklı kahvaltılık ürünün akut ve postprandiyal glisemik yanıt üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Vücut kitle indeksi 30’a eşit veya daha büyük olan, normoglisemik(kan şeker seviyesi normal sınırlar içinde olan) fakat insülin direncinin artma riski olan 17 kadın 0, 2.5, 5.0, 7.5 ve 10 g β -glukan içeren kahvaltılık gevrekleri tüketmişler ve 30, 60, 120 ve 180 dakika sonra kan şekeri ve insülin yanıtı ölçümleri alınmıştır. 10 g arpa β -glukan tüketimi 30 dakikada pik glukoz yanıtını önemli ölçüde azaltmış ve glukoz yanıtı oranını geciktirmiştir. İnsülin direnci için risk altında olan obez kadınlarda 10 g arpa β -glukanın glukoz cevabını önemli ölçüde geciktirdiği ve insülin düzeylerini düşürdüğü görülmüştür (Kim vd. 2009).

Bir çalışmada arpa β -glukanın in vivo koşullarda prebiyotik potansiyeli değeriendirilmiştir. FDA’in yulaf hakkındaki sağlık talebine göre, tek porsiyonda arpa β -glukanın minimum gerekli dozajının prebiyotik fonksiyonelliğini gösterme kabiliyeti araştırılmıştır. 39-70 yaş arasındaki 52 sağlıklı gönüllü birey, günde 0.75 g arpa β -glukan içeren kek veya bir plasebo örneğini 30 gün tüketmeleri için rasgele belirlenmiştir. Çalışmaya katılan gönüllülerin fekal mikrofloralarında arpa β -glukanın potansiyel in vivo etkileri incelenmiştir. Arpa β -glukanı içeren bir kekin günlük alımının, normal sağlıklı diyetlerini kullanan daha yaşlı sağlıklı gönüllülerde iyi tolere edildiği ve önemli bifidojenik özelliklere sahip olduğu sonucuna varılmıştır (Mitsou vd. 2010).

Rondanelli vd. (2011)’nin yaptığı çalışmada, hafif hiperkolesterolemik erkeklerde diyetin arpa kaynaklı β -glukan veya pirinç kepeği ile zenginleştirilmesinin etkileri ve

karşılaştırılması yapılmıştır. Denekler başlangıçta 3 haftalık periyotta pirinç kepeği ile zenginleştirilmiş gıdalar ile Amerikan Kalp Derneği diyetini uygulamışlar ve bu adaptasyon döneminden sonra, her biri 4 hafta olmak üzere 2 periyotta arpa kaynaklı β -glukan veya pirinç kepeği ile zenginleştirilmiş gıdaları tüketmişlerdir. 2 periyot arası yine 3 haftalık başlangıçta uygulanan adaptasyon diyeti uygulanmıştır. Diyetlerde tüketilen gıdalar zenginleştirilmiş makarna, domates sosu, sebze çorbası, ekmek ve kek olarak belirlenmiştir. Arpa kaynaklı β -glukan içeren gıdalardan günde toplam 5.99 g β -glukan almışlardır. 18-60 yaş arasında 24 katılımcı 14 haftalık denemeyi tamamlamıştır. Her iki çalışma periyodunda LDL kolesterol (birincil sonuç), toplam kolesterol, HDL kolesterol, trigliseritler, apolipoprotein AI, apolipoprotein B ve glukoz seviyeleri ölçümü için açlık kan örnekleri 0., 21., 49., 70. ve 98. günlerde toplanmıştır. 3 haftalık adaptasyon dönemindeki denekler LDL kolesterol, toplam kolesterol, toplam kolesterol/HDL kolesterol, LDL/HDL kolesterol, apolipoprotein A-I, apolipoprotein A-I/apolipoprotein B ve glukozun ortalama değişimlerinde önemli düşüşler yaşamışlardır. Müdahale diyeti dönemlerinde, LDL ve toplam kolesterol ortalama değişikliklerinde tedavi grupları arasında fark bulunmuştur. Değerlendirilen diğer parametreler diyet tüketiminden önemli ölçüde etkilenmemiştir. Bu klinik denemenin sonucunda β -glukanla zenginleştirilmiş gıdaların, pirinç kepeği açısından zenginleştirilmiş gıdalara kıyasla serum HDL kolesterol seviyelerini düşürmede daha etkili olduğu gösterilmiştir.

Bir başka çalışmada bir kontrol örneği veya bir düşük doz β -glukan (3 g/gün) veya bir yüksek doz β -glukan (6 g/gün) içeren ahududu aromalı içeceklerin verildiği 3 grup ile yapılmıştır. Çalışmayı 12 haftada 30-70 yaşları arasında 44 katılımcı tamamlamıştır. Katılımcılardan 6 defa alınan kanlarda açlık plazma glukozu ve oral glukoz tolerans testi değerlerine bakılmıştır. Sonuçlara göre içeceklerle beraber 12 hafta boyunca tüketilen 6 g/gün arpa β -glukanın önceden diyabet tanısı konulmamış ve vücut ağırlığında bir değişiklik olmayan hiperglisemik bireyler arasında insülin duyarlılığını artırabileceği öngörülmüştür (Bays vd. 2011).

Bir çalışmada, meyve suyuna 3 g arpa β -glukan veya 2.5 g meyve kaynaklı diyet lifi veya hiçbirini içermeyen kontrol örnekleri olmak üzere üç içeceğin doyurucu kapasitesi değerlendirilmiştir (Lumaga vd. 2012). On dört sağlıklı gönüllü ile yapılan çalışmada

kahvaltıdan 3 saatten sonra iştah ve öğlen yemeğinde enerji alımı, kan şekeri, insülin, gut hormon konsantrasyonları ve 24 saat gıda alımları değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, diyet lif içeren içeceklerin kahvaltıdan 3 saat sonra doyumluk hissini artırdığını ancak arpa β -glukan ile zenginleştirilmiş içeceğin öğle yemeğinde enerji alımlarını % 18, günün geri kalanında % 40 oranında önemli ölçüde azalttığını göstermiştir.

Başka bir çalışmada sağlıklı bireylerde farklı moleküler ağırlık ve saflıklarda arpa β -glukanının glisemik yanıt, gastrik boşalma ve diyetle indüklenen termogenez üzerine etkileri değerlendirilmiştir (Thondre vd. 2013). Çalışmada 15 sağlıklı bireye temel ölçümleri takiben, yüksek molekül ağırlıklı arpa β -glukan veya düşük molekül ağırlıklı arpa β -glukan içeren veya arpa β -glukan içermeyen kontrol örneği olarak 3 adet çorba verilmiştir. Kahvaltı tüketimini takiben glisemik yanıt, gastrik boşalma ve diyetle indüklenen termogenez ölçülmüştür. Arpa β -glukanı içermeyen ve düşük molekül ağırlıklı arpa β -glukanı içeren öğünlerin yüksek molekül ağırlıklı arpa β -glukan içeren öğünlerden daha büyük bir glisemik yanıtla sahip oldukları görülmüştür. Tüm gastrik boşalma zaman noktalarında farklılıklar varken, yüksek molekül ağırlıklı arpa β -glukan içeren öğünleri tüketenler en düşük gastrik boşalma zamanına sahip bulunmuştur. Glisemik yanıt ve başlangıç gastrik boşalma zamanları arasında bir korelasyon bulunmuştur. Bu çalışma, yüksek molekül ağırlıklı arpa β -glukanın viskozitenin artması nedeniyle gastrik boşalmayı geciktirme yeteneğine sahip olduğunu ve bunun sonucunda azaltılmış glisemik yanıt ve diyetle indüklenen termogeneze neden olduğunu göstermiştir.

Kanada'da yapılmış bir başka çalışmada (Wang vd. 2016b) arpa β -glukanı ile zenginleştirilmiş kahvaltılık tahılların bağırsak mikrobiyota bileşimi ve değişik mikrobiyotaların kardiyovasküler hastalık risk faktörlerini iyileştirmesinin β -glukanın biyoaktivitesi ile ilişkili olup olmadığını saptamak için 30 hafif hiperkolesterolemik yetişkin katılımcıya 4 haftalık bir arınma periyodundan sonra 5 haftalık dönemde Amerikan Kalp Kuruluşu'nun diyeti yanısıra 3 g yüksek molekül ağırlıklı arpa β -glukan, 3 g ve 5 g düşük molekül ağırlıklı arpa β -glukan ve rafine buğday ve pirinç (kontrol) içeren dört adet kahvaltı verilmiştir. Yüksek molekül ağırlıklı β -glukan

kontrollere kıyasla, *Bacteroidet*'lerin çoğalmasını önemli ölçüde arttırmış ve *Firmicute*'ların çoğalmasında azaltmıştır. Cins düzeyinde, 3 g/gün yüksek molekül ağırlıklı β -glukan tüketimi *Bacteroidet*'leri artırmış, *Prevotella*'yı artışa yöneltmiş ancak *Dorea*'yı azaltmıştır. Düşük molekül ağırlıklı β -glukan diyetlerinin hiçbiri mikrobiyota kompozisyonunu değiştirmemiştir. Mikrobiyota bileşimindeki yüksek molekül ağırlıklı β -glukan değişiklikleri, azalmış vücut kitle indeksi, bel çevresi, kan basıncı ve trigliserit düzeyleri de dahil olmak üzere, kardiyovasküler hastalık risk faktörlerinin değişmesi ile anlamlı olarak korelasyona sahip bulunmuştur. Bu çalışma, yüksek molekül ağırlıklı β -glukanın mikrobiyota sağlık etkilerini göstermiştir.

Tahıl kaynaklı β -glukanın sağlık üzerine etkileri dışında az olmakla beraber farklı mikrobiyal kaynaklardan elde edilen β -glukanların sağlık üzerine etkileride sıklıkla araştırılmıştır. Ancak genellikle maya kaynaklı β -glukan kaynağı olarak ekmek veya bira mayası kaynaklı üretilen konsantre ürünler piyasada bulunmaktadır. Bunun dışında mantar ve farklı mikroorganizmaların saflaştırılmasıyla üretilen ürünlerde vardır.

Maya kaynaklı β -glukanın sağlık üzerine etkileri ile ilgili yapılmış çalışmalar yulaf ve arpa kaynaklı olanlara göre daha az ve konu üzerinde çalışanlarda kısıtlı sayıdadır. Örneğin bir çalışmada (Lehne vd. 2005) mikrobiyal ve toksik etkilere karşı savunma mekanizmalarının güçlendirilmesi amacıyla ağız, yutak ve yemek borusu mukozasına lokal uygulama için geliştirilen yeni bir oral çözünür dallanmış maya β -1,3-D-glukan solüsyonunun erken safhada insan farmakolojik çalışmasında (fazI) güvenlik ve tolere edilebilirliği araştırılmıştır. Yaşları 20-30 arasında değişen 18 sağlıklı gönüllü birey ile 4 günlük bir uygulama süresi ve 5. ve 8. günlerde bir takip periyodundan oluşan 1: 1: 1 doz arttırmalı bir çalışma yapılmıştır. Altı kişilik gruplar, arka arkaya 4 gün boyunca sırasıyla günde 100 mg/200 mg veya 400 mg β -1,3-D-glukan solüsyonunu almıştır. Takip günlerinde katılımcılardan tükürük ve kan örnekleri alınmıştır. Tükürükte, kullanılan en yüksek β -1,3-D-glukan dozu için immünoglobulin A konsantrasyonu önemli ölçüde artmıştır. Buna göre, oral β -1,3-D-glukan oral mukozanın çeşitli mikroorganizmalara karşı daha fazla korunmasını sağlayabileceği ve bunun da immün sistemi baskılanmış hastalar ve ağız boşluğunu içeren radyoterapi alan hastalar için yararlı olabileceği bildirilmiştir.

Başka bir çalışmada ticari olarak mevcut bir diyet takviyesinin üst solunum yolu semptomları ve ruh hali üzerindeki etkisini değerlendirmek için tasarlanmış bir araştırma yapılmıştır (Talbott ve Talbott 2009). Çalışmada 18-53 yaş arasında 75 maraton koşucusuna (35 erkek, 40 kadın) maraton sonrası 4 hafta boyunca günlük olarak 250 mg veya 500 mg maya kaynaklı (*S. cerevisiae*) β -1,3/1,6 gluklan içeren diyet takviyeleri ve β -1,3/1,6 gluklan içermeyen kontrol diyet takviyeleri verilmiştir. Katılımcılara, 2-4 haftalık tedavi sonrasında duygu durumu profili değerlendirmesi, sağlık durumu ve üst solunum yolu enfeksiyonu belirtilerini ölçen bir anket doldurtulmuştur. Çalışma sırasında, tedavi gruplarındaki günde 250 mg ve 500 mg β -1,3/1,6 gluklan kullanan katılımcılarda kontrol takviyesi kullananlara kıyasla, daha az üst solunum yolu enfeksiyonu belirtisi olduğu ve duygu durum profilinde de genel sağlık, yorgunluk, gerginlik ve öfkenin azaldığı ve aktifliğin arttığı bildirmiştir. Çalışmanın başlamasından 2 hafta sonra, kontrol takviyesi kullanan gruptaki hastaların % 68'inde üst solunum yolu enfeksiyonu ile ilişkili semptomlar bildirilirken, β -1,3/1,6 gluklan takviyesi kullanan gruplarının sadece % 32'sinde (250 mg) ve % 24'ünde (500 mg) benzer üst solunum yolu enfeksiyonu belirtileri bildirilmiştir. 4. haftada ise üst solunum yolu enfeksiyonları her iki tedavi grubundakilerin sadece % 8'inde, kontrol takviyesi kullanan grupta ise % 24'ünde bildirilmiştir. Buna göre β -1,3/1,6 gluklan takviyesinin üst solunum yolu enfeksiyonu belirtilerini önleyebileceği ve rekabetçi bir maraton sonrasında genel sağlık ve ruh halini iyileştirebileceği sonucuna varılmıştır.

Talbott ve Talbott(2010)'un yaptıkları bir başka çalışmada da yine aynı diyet takviyeleri (kontrol(pirinç unu) veya 250 mg veya 500 mg maya kaynaklı β -1,3/1,6 gluklan içeren kapsüller) bu defa 18-65 yaş arasında 150 (45 erkek, 105 kadın) katılımcıya hergün kahvaltıdan en az yarım saat önce, 4 hafta boyunca almaları için verilmiştir. 2 hafta sonra, kontrol grubundaki katılımcıların % 32'si üst solunum yolu enfeksiyonu ile ilişkili semptomları bildirmiş, ancak 250 mg grubunda sadece % 10 ve 500 mg β -gluklan grubunda ise % 8 üst solunum yolu enfeksiyonu semptomları bildirmiştir. Çalışmada diyet takviyesinin katılımcıların üst solunum yolu semptomları ve ruh hali üzerindeki etkisi değerlendirilmiş ve her iki tedavi grubunda (günde 250 mg ve 500 mg β -1,3/1,6 gluklan), daha az üst solunum yolu enfeksiyonu semptomları, daha iyi genel sağlık ve

daha fazla canlılık rapor edilmiş ve gerilme, yorgunluk ve kafa karışıklığı gibi ruh hali durumlarının azaldığı bildirilmiştir.

Başka bir çalışmada (Fuller vd. 2012) 18-65 yaş aralığında 100 sağlıklı üniversite öğrencisine doğuştan gelen bağışıklık hücrelerinin antimikrobiyal aktivitesini geliştirdiği belirtilen maya (*S. cerevisiae*) kaynaklı 1,3/1,6 β -glukan içeren bir gıda takviyesinin enfeksiyon mevsiminin en yoğun döneminde 90 gün boyunca üst solunum yolu enfeksiyonu semptomlarının sıklığı ve şiddetine etkisinin olup olmadığı araştırılmıştır. Katılımcılara 250 mg β -glukan içeren veya pirinç unu içeren kontrol gıda takviyesinden günde bir defa tüketmeleri için verilmiştir. Genel durum günlük, üst solunum yolu enfeksiyonu belirtileri 2 gün arayla takip edilmiştir. 97 (48 katılımcı 250 mg β -glukan takviyesi, 49 katılımcı kontrol takviyesi) katılımcının tamamladığı çalışmada üst solunum yolu enfeksiyonu belirtileri azalma eğiliminde olmuştur. β -glukan takviyesi kullanan grupta rahat nefes alma durumu önemli ölçüde artmış, diğer belirti şiddetleri puanları anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Buna göre çalışmada β -glukan takviyesi kullanımının üst solunum yolu enfeksiyonu semptomlarının süresini ve şiddetini azaltabileceği sonucuna varılmıştır.

Yapılan bir başka çalışmada (McFarlin vd. 2013) amaç, ekmek mayası β -glukanı iki deneyde kullanarak yoğun egzersiz stresine maruz kalan bireylerin bağışıklık sistemini olumlu yönde etkileyip etkilemediğini belirlemektir. Birincisinde 29-46 yaşları arasında (182 erkek ve kadın) katılımcıların, β -glukan veya kontrol takviyesi (pirinç unu) alımlarında 28 günlük maraton sonrası için üst solunum yolu enfeksiyonu semptomlarının oranı karşılaştırılmıştır. Katılımcılar günlük sağlık durumlarını bildirmişlerdir. İkinci deneyde 18-35 yaşları arasında (60 erkek ve kadın) katılımcıların β -glukan (250 mg/gün) veya kontrol (pirinç) ile 10 gün boyunca takviye edildiğinde 50 dakikalık yorucu bisiklet döngüsünden sonra tükürük immünoglobulinA değişimleri değerlendirilmiştir. Birinci deney sonucunda β -glukan kullananların kontrole göre soğuk algınlığı/grip belirtileri % 37 daha az bulunmuştur. İkinci deneyde ise β -glukan kullananların kontrole göre tükürük immünoglobulin A değerleri % 32 daha fazla bulunmuştur. Yani, bu çalışmada egzersiz sonrası maya β -glukan takviyesinin üst

solunum yolu enfeksiyonunun günlerini azaltabileceğini ve mukozal bağışıklığı iyileştirebileceği gösterilmiştir.

Bir başka çalışmada (Carpenter vd. 2013) 60 katılımcı(kadın ve erkek) 7 günlük bir kontrol periyodundan sonra 10 gün boyunca kontrol(pirinç unu) veya ekmek mayası (*S. cerevisiae*) β -glukan (250 mg β -1,3/1,6-glukan/gün) takviyesi kullandıktan sonra ortalama 49 dakikalık bisiklet turu yapmışlardır. Kan örnekleri takviye kullanımından önce, egzersizden hemen önce ve hemen sonra ve egzersizden 2 saat sonra olmak üzere 4 defa toplanmıştır. 10 günlük β -glukan takviyesi kullanımı ile egzersiz sonrası bağışıklık sisteminde oluşan değişimlerin bağışıklık sistemini etkilenmesini önleyebileceği sonucuna varılmıştır.

Başka bir çalışmada Ohio'da yılın belli dönemlerinde ragweed(bir bitki) alerjisi olduğunu söyleyen 18–53 yaşları arasında 48 kişiye 4 hafta boyunca günlük 250 mg maya (*S. cerevisiae*) kaynaklı β -1,3/1,6-glukan veya kontrol (pirinç unu) takviyesi verilmiş ve genel sağlık, fiziksel ve duygusal durumları, serum IgE konsantrasyonu, allerji semptomları karşılaştırılmıştır. Kontrol takviyesi ile karşılaştırıldığında, β -glukan takviyesi alanlarda toplam allerji semptomları (% 28) ve semptom şiddeti (% 52) azalmış ancak serum IgE seviyeleri üzerinde hiçbir etki olmamıştır. Ayrıca β -glukan takviyesi alanların enerjileri (% 10) artmış, gerilim (% 34), depresyon (% 45), öfke (% 41), yorgunluk (% 38) ve duygu karışıklığı (% 34) azaltmıştır. Bunun yanı sıra β -glukan takviyesi alan grupta uyku problemlerinde (% 53), nazal semptomlarda (% 59), göz semptomlarında (% 57), nazal olmayan semptomlarda (% 50) azalma gözlenmiştir (Talbott vd. 2013).

Yapılan bir *in vitro* çalışmada (Williams vd. 2016) bira ve ekmek mayası kaynaklı β -glukanlar ile bağışıklık düzenleyici etkileri nedeniyle satılan, fermentasyonla üretilen ve ekmek mayası kaynaklı ticari bir markanın ürünün anti-inflamatuar biyoaktiviteleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada mitojen ile uyarılmış insan kan hücrelerinde üretilen bu ürünlerin ticari kontrolden daha güçlü anti-enflamatuar aktivite sergiledikleri görülmüştür.

Ekmek mayası kaynaklı β -glukanın Çin’de soğuk mevsimlerde 1-4 yaş arasındaki çocuklarda bulaşıcı hastalıkların görülme sıklığı üzerindeki etkisini değerlendirmek üzere bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada 12 haftalık periyotta 174 Çinli çocuğa günde bir defa düşük (35 mg) veya yüksek (75 mg) olmak üzere 2 dozda β -glukan tabletleri kullanandırılmıştır. Maya kaynaklı β -glukanı kullanan çocukların kontrol grubuna göre daha az çocukluk dönemi bulaşıcı hastalık evresi yaşadıkları ve üst solunum yolu hastalıklarının süresinin ve sayısının azaldığı görülmüştür. Güvenlik ve etkinlik açısından iki doz kullanımının farklı sonuç vermemesi nedeniyle 35 mg/gün dozun yeterli olduğu belirtilmiştir (Meng 2016).

Bir başka çalışmada amaç, maya (*S. cerevisiae*) kaynaklı β -1,3/1,6 glukanın, üst solunum yolu enfeksiyonunun (URTI) oluşumunu önleyebileceğini veya şiddetini azaltabileceğini test etmek ve daha yaşlı yetişkinlerin kış aylarında doğal bağışıklık sistemlerine etkilerini düzenlemektir. Çalışmada, kış mevsiminde 90 gün boyunca günde bir kez kontrol veya β -1,3/1,6 glukan (Wellmune 250 mg/gün) rastgele seçilen 50-70 yaş arası yetişkinlere kullanandırılmıştır. Her grupta 49 katılımcı çalışmayı tamamlamıştır. Üst solunum yolu enfeksiyonu atakları takip edilmiş ve belirgin şiddetli rapor edilen üst solunum yolu enfeksiyonları kaydedilmiştir. Doğal bağışıklık parametrelerinin ölçümü için 0. ve 45. günlerde kan ve tükürük numuneleri toplanmıştır. 28 adeti kontrol grubunda ve 17 adeti β -1,3/1,6 glukan kullanan grupta olmak üzere toplam 45 üst solunum yolu enfeksiyonu tespit edilmiştir. β -1,3/1,6 glukan grupta hastalık belirti gün sayısının azalma yönünde güçlü bir eğilimi oluşmuştur. Belirti şiddetinde gruplar arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir. Çalışma sonucunda günlük oral β -1,3/1,6 glukanın, üst solunum yolu enfeksiyonlarına karşı koruma sağlayabileceği ve enfekte olduktan sonra yaşlı bireylerde üst solunum yolu enfeksiyonu belirtilerinin süresinin azaltabileceği gözlenmiştir (Fuller vd. 2017).

Görüldüğü üzere maya kaynaklı β -glukan kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalar daha çok bağışıklık sistemi üzerine etkileri ile ilişkilidir.

2.1.7 Gıdalarda β -glukan kullanımı ve yapılmış bazı çalışmalar

β -glukanların teknolojik ve beslenme işlevi genellikle reolojik davranışı ile ilgilidir (Lazaridou ve Biliaderis 2007). β -glukan suda çözünürlük, viskozite ve jelleşme gibi spesifik fiziksel özellikleri nedeniyle, gıda ve diğer endüstriler tarafından giderek daha fazla kullanılmaktadır (Zhu vd. 2016). Önceleri yaklaşık % 8-30 β -glukan içeren konsantratlar ya da izolatların daha sonra % 95'e kadar β -glukan içerdiği belirtilmektedir. Piyasada bu tür bileşenlerin bulunması β -glukanlarla zengin birçok gıda ürününün araştırılma ve geliştirilmesini teşvik etmiştir (Lazaridou ve Biliaderis 2007).

Tahıl β -glukanlarının kullanımındaki ilginin çoğu, fonksiyonel bir diyet lifi olarak kullanımından kaynaklanmıştır (Barsanti vd. 2011).

β -glukanlar gıda formülasyonlarının tekstür ve görünüşlerini modifiye etmek için kalınlaştırıcı ajanlar olarak kullanılmaktadırlar. Örneğin Lyly vd. (2004)'nin yaptıkları çalışmada iki yulaf ve bir arpa β -glukan preparatının konsantrasyon ve molekül ağırlığının dondurmada önce ve sonra hazır çorba prototipinin algılanan duyu kalitesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Çorbalarda kullanılan Yulaf-1(14.5 β -glukan g/100 g), yüksek moleküler ağırlıklı β -glukan içeren kepek tipi bir preparat iken Yulaf-2 (19.3 β -glukan g/100 g) ve Arpa (34.5g β -glukan/100 g) daha fazla işlenmiş ve daha düşük molekül ağırlıklı saflaştırılmış ürünlerdir. 0.25-2.0 g arasında β -glukan/100 g içeren dokuz çorba ve nişasta ile koyulaştırılmış bir referans çorba, duyu bir panel ile değerlendirilmiş ve viskozitesi ve β -glukan moleküler ağırlığı analiz edilmiştir. Dondurma işleminin, çorbaların duyu kalitesi üzerinde hiçbir etkisi bulunmamıştır. Aynı konsantrasyonda kepek tipi preparatla yapılan çorbalar, işlenmiş, düşük molekül ağırlıklı ürünler ile yapılanlara oranla daha viskoz ve daha yüksek algılanan viskoziteye sahip bulunmuştur. Arpa çorbasının, yulaf çorbasından daha çok lezzet yoğunluğuna sahip olduğu belirlenmiştir. Duyu tekstür özellikleri ile viskozite arasında iyi korelasyon, lezzet özellikleri ile viskozite arasındaki ise orta düzeyde korelasyonlar elde edilmiştir. Teknolojik olarak, β -glukanların, çorbalarda uygulanabilir koyulaştırıcı ajan alternatifleri olarak değerlendirilebileceği belirtilmiştir. Daha düşük moleküler ağırlık

ve viskoziteye sahip maddeleri, bir gıda ürününe yüksek miktarda eklemek daha kolaydır, ancak fizyolojik işlevsellikte yüksek molekül ağırlıklı β -glukanın rolünün daha fazla olduğu belirtilmiştir.

Başka bir çalışmada (Kalinga ve Mishra 2009), arpa ve yulaftan elde edilen iki β -glukan konsantresinin % 20, 30 ve 40 düzeyinde yağ ile değiştirilmesinin kek hamurunun reolojik ve fiziksel özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Sonuçta ortaya çıkan keklerin hacim indeksi, tekstür profili, kabuk rengi ve kırıntı gibi kalite özellikleri ve üç depolama koşulunun bayatlama özelliklerine etkisi değerlendirilmiştir. Arpa β -glukan konsantresinin ve yulaf β -glukan konsantresinin sırasıyla % 60 ve % 50 β -glukan içerdiği megazyme β -glukan kiti ile belirlenmiştir. β -glukan konsantrelerinin seviyesi arttıkça, hamurun kıvam, akış davranış indeksleri, depolama ve kayıp modülleri artmıştır. β -glukan konsantresinin eklenmesi hacmi azaltmış ve sertliği arttırmıştır. Kekin kabuk rengi daha açık ve kırıntı rengi daha koyu olmuştur. Bayatlama sertlik gelişimi ile ölçüldüğü gibi, üç depolama sıcaklığının, depolama süresinin ve β -glukan konsantresinin seviyesinin bir fonksiyonu olarak artmıştır. Dondurulmuş depolamada bayatlamada minimum sapma görülmüştür. % 20 arpa β -glukan konsantresi içeren kek, tam yağlı bir kek ile benzer kalitede olmuştur.

Yapılan bir başka çalışmanın amacı, glutensiz pirinç kaynaklı un formülasyonunun, farklı düzeylerde (% 1.3-3.9 β -glukan konsantrasyonu, un bazlı) arpa ve yulaf kaynaklı β -glukan içeren ticari konsantratlar ile zenginleştirilmesinin hamur reolojisine, unlu mamul hazırlama performansı üzerine ve ekmek kalite özellikleri üzerindeki etkisini incelemektir. Glutensiz ekmeğin kalitesinin iyileştirilmesi için hamurun reolojik özellikleri su içeriğinden önemli ölçüde etkilendiğinden hamur hidrasyonunun optimizasyonu için β -glukan takviyeli ürünlerde su içeriği değiştirilmiştir. Ekmekte β -glukan içeriği ve moleküler ağırlığının pişirme işlemine etkisi de değerlendirilmiştir. Bulgular düşük molekül ağırlıklı arpa β -glukanlarının daha yüksek konsantrasyonlarda bir jel ağ yapısı geliştirebilme yeteneği ile açıklanabilirken, yüksek molekül ağırlıklı yulaf β -glukanının hazırlanması daha viskoz benzeri bir reolojik tepki sergilediğini göstermiştir. Sonuç olarak ticari β -glukan konsantratları ile zenginleştirilmiş glutensiz ekmekler elde edilebilmesine rağmen, ham materyallerde β -glukanaz aktivitesinin

kontrolü, bu biyoaktif polisakkaritlerin tüketimi ile ilişkili tüm fizyolojik yararlardan faydalanabilmek için kritik bir sorun olabileceği vurgulanmıştır (Ronda vd. 2015).

Başka bir çalışmada nutrosötik yağ ikame maddesi olarak belirtilen, β -glukan hidrokolloidal bileşiği olan ve % 5.5 çözünür β -glukan içeren yulaf kaynaklı Nutrim ile üretilen 3 aylık düşük yağlı Cheddar peynirlerinin yapısal özellikleri, enstrümental yöntemler ve duyuşal paneller ile incelenmiştir. Enstrümental yöntem olarak tekstür analizi, erime akış indeksi ölçümü ve parçalanabilirlik analizi kullanılmıştır. Az yağlı kontrol peynirleri (% 11.2 yağ) Nutrim-I (% 6.8 yağ) ve Nutrim-II (% 3.47 yağ) peynirleri ile karşılaştırılmıştır. Nutrim peynirlerinin yağ seviyeleri önemli ölçüde az olmasına rağmen, sertlik, parçalanabilirlik ve eriyik akış indeks-zaman değerleri düşük yağlı kontrol peynirlerinden önemli ölçüde düşük bulunmuştur. Elastikiyet ve yapışıklık değerleri tüm peynirler için benzer belirlenmiştir. Duyusal paneldeki çoğu tekstürel nitelik, daha macun kıvamında olan Nutrim-II peynirleri hariç, önemli ölçüde benzer bulunmuştur. Nutrim ile yağın önemli ölçüde değiştirilmesi, daha az erime süresine sahip yani daha iyi eriyen, duyuşal olarak daha az puan alan ve daha yumuşak Cheddar peynirleri ile sonuçlanmıştır (Konuklar vd. 2004).

Başka bir çalışmada (Volikakis vd. 2004) iki farklı düzeyde (ağırlıkça % 0.7 ve % 1.4) yulaf β -glukan konsantresi (% 22.2 β -glukan) ekleyerek geleneksel bir yöntemle üretilen az yağlı salamura beyaz peyniri ve tam yağlı ve az yağlı kontrol örnekleri ile karşılaştırılmıştır. β -glukan konsantresi içeren ürünler, kontrol numunelerinden daha yüksek verim değerleri ve 60 ve 90 günlük depolama sırasında önemli ölçüde daha düşük pH sergilemişlerdir. β -glukan konsantresinin düşük yağlı peynir sütüne dahil edilmesi, peynirin olgunlaşması boyunca laktik, asetik ve bütirik asit üretiminde önemli bir artışa yol açmıştır. β -glukan konsantresi içeren ürünlerin tekstürel parametrelerinde kontrole kıyasla daha iyi sonuçlar alınmış ancak peynir görünüşü ve lezzeti olumsuz yönde etkilenmiştir.

Yapılan bir çalışmada yulaf kaynaklı β -glukan (Oatrim, % 5.8 β -glukan) keklerde % 20,% 40 ve % 60 oranlarında yağ ikamesi olarak kullanılmış ve keklerin fiziksel ve reolojik özellikleri pişirme öncesi, pişirme sırasında ve pişirme sonrası araştırılmıştır.

Yağ ile ikame edilen yulaf β -glukan kullanılması keklerin özgül ağırlığı, hacmi ve reolojisini etkilemiştir. Ancak, % 20 ikame edilen ürünlerle kontrol arasında önemli farklılık görülmemiştir. Kek hamurlarında mevcut olan hava kabarcıkları sayısı önemli ölçüde değişmiş ancak gözlemlenen kabarcıkların boyutu değişmemiştir. Ağırlıkça % 20'ye kadar Oatrim ile hazırlanan keklerin yumuşaklığı önemli düzeyde değişmemiş ve genellikle kontrol keki ile benzer fiziksel özellikler sergilemiştir (Lee vd. 2005).

Başka bir çalışmada (Lee ve Inglett 2007) % 32 yulaf kaynaklı β -glukan içeren hidrokolloid C-trim30'u kızartılmış gıdaların yağ alımı üzerindeki etkisini değerlendirmek için kuru bir bileşen olarak hamur formülasyonlarına eklenmiştir. C-trim30'un yağ düşürücü etkisi su tutma kapasitesi ve reolojik özellikleri ile ilişkilidir. Hamur formülasyonlarında C-trim30 kullanıldığında, hamurların viskozitesi ve toplanması artmış ve daha az nem kaybı meydana gelmiştir. Hamur formülasyonunda % 4 C-trim30 kullanıldığında yağ içeriği % 40'a kadar azalmıştır. C-trim30'un önemli miktarları, tekstürü ve reolojik özellikleri değiştirdiğinden, çözünebilir diyet liflerinin yararlarını karşılayabilecek miktarı gıdalara eklenemeyebilir ancak yağ ve kalorinin azaltılmasını sağladığı için kızartılmış gıda ürünlerinin tüketimini artırabilir sonucuna varılmıştır.

Diğer bir çalışmada (Lee vd. 2009a) yulaf kaynaklı β -glukanca zengin hidrokolloidler olan Nutrim-OB (10 g β -glukan/100 g) ve C-Trim20 (20 g β -glukan/100 g) şekerli bisküvi ve fıstık ezmelerinin üretiminde değişen oranlarda kullanılmış ve ürünler tanımlayıcı bir duyusal panel ile lezzet ve tekstür açısından değerlendirilmiştir. Bisküvilerin yapışkanlığı ve nemliliği, artan Nutrim-OB miktarları ile artmıştır ancak kontrolden farklılığı % 20'lik bir değişime kadar önemli görülmemiştir. Bisküvilerin yapışkanlığı, yoğunluğu ve nemli olması, C-Trim20'nin artan miktarları ile artmış ancak % 20'lik bir değişime kadar önemli bir farklılık göstermemiştir. Buna göre bisküvilerde un ile Nutrim-OB'nin % 20'ye ve un ile C-Trim20'nin % 10'a varan oranlarda değiştirilmesinin lezzet ve tekstürü olumsuz etkilemeyeceği belirtilmiştir. Fıstık ezmesinde fıstık unu veya yağı ikame edilmiş ve yağın % 5'ini Nutrim-OB ile değiştirmek lezzetini önemli ölçüde etkilememiş fakat % 9 ikame yağlı aromayı önemli ölçüde azaltmış ve sertliği artırmıştır. Fıstık ezmesinde aroma ve tekstürde istenmeyen

değişiklikler olmadan fıstık ununun % 13'e kadar ve yağın % 5'e kadar Nutrim-OB ile ikame edilmesinin mümkün olduğu belirtilmiştir. Fıstık ezmesinde yağın yerine % 5–13 C-Trim20 kullanılması, kontrolden önemli ölçüde daha fazla yapışkanlığa ve sertliğe neden olmuştur. Ezmeler % 9'a varan oranlarda C-Trim20'den etkilenmemiştir.

Lee vd. (2009b) düşük yağlı ve düşük kalorili çikolata üretmek amacıyla kakao yağı yerine ağırlıkça % 5, % 10 ve % 15 oranlarında yulaf β -glukan açısından zengin bir hidrokolloid (C-trim30; β -glukan içeriği % 32) kullanmışlardır. C-trim30'un çikolataların reolojik, tribolojik ve tekstürel özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Artan C-trim30 konsantrasyonu ile erimiş çikolataların viskozitesi, Casson viskozitesi ve akma gerilmesinin arttığı görülmüştür. Ayrıca, C-trim30 ile kakao yağının değiştirilmesi ile üretilen çikolataların daha yumuşak yani sertliğinin daha az olduğu belirlenmiştir.

Rosburg vd. (2010) yoğurdun soğukta depolama süresi boyunca, yulaf kaynaklı β -glukanın *Bifidobacterium* türlerinin yaşam süresi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Yoğurt üretiminde, modifiye mısır nişastası ve yulaftan ekstrakte edilmiş β -glukan (% 0.44 β -glukan içeren) kullanılmıştır. Probiyotik kültür olarak *B. breve* ve *B. longum* 10^9 kob/mL konsantrasyonunda yoğurda ilave edilmiştir. Yapılan çalışma, yoğurttaki β -glukan varlığının, *Bifidobacterium* türleri üzerinde koruyucu etkilere sahip olduğunu ve probiyotik mikroorganizma sayısının beklenen etkiyi sağlayacak sayıda kaldığını göstermiştir.

Başka bir çalışmada Sarteshnia vd. (2015), dirençli nişasta, yulaf kaynaklı β -glukan (çözünür β -glukan içeriği % 34-36) ve nişasta ile prebiyotik sosis formülasyonunu optimize etmiştir. β -glukan, sosisin pişme verimi, kızartma kaybı, renk, tekstür özellikleri gibi fiziksel ve duyuşal özellikleri üzerinde belirgin bir etkiye sahip bulunmuş ve sonuç olarak, β -glukan ve dirençli nişasta kombinasyonu kullanılarak prebiyotik sosis üretiminin mümkün olduğu gösterilmiştir.

Yapılan başka bir çalışmada (Aydınol ve Özcan 2017) labne peynirinde inulin ve yulaf bazlı β -glukan (C-trim30)'nın yağ ikamesi olarak kullanılma olasılığı araştırılmış ve

ortaya çıkan ürünün fiziko-kimyasal, tekstürel ve duyusal özellikleri incelenmiştir. Genel olarak tam yağlı ve az yağlı labne peynirleri inulin ve β -glukan içeren labne peynirlerde dahil olmak üzere bütün düşük yağlı peynirlerden daha sert ve daha iyi bir tada sahip bulunmuştur. Fakat inulin ve yulaf β -glukan, aynı zamanda, organik asitlerin üretilmesi için fermente olabilen lifler oldukları için düşük yağlı süt ürünlerinde yağ ikamesi olarak kullanılabilir sonucuna varılmıştır.

Gıda ürünlerinde arpa kaynaklı β -glukan kullanılarak yapılan çalışmalarda bulunmaktadır. Örneğin Tudorica vd. (2004) tam yağlı, yarım yağlı ve yağsız süte % 0.5-2 g/100 g süt arasında değişen oranlarda arpa kaynaklı β -glukan (GlucagelTM, % 86 β -glukan) eklemişler ve sütün koagülasyon özellikleri ile taze peynirin reoloji, tekstür ve mikroyapısal özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Reolojik ölçümler ile koagülasyon oranını ve optimum pıhtı kesim süresini hesaplanmışlardır. Sonuçlar, β -glukanın dahil edilmesiyle sütün pıhtılaşma/jelleşme zamanının önemli ölçüde azaltılabileceğini, pıhtı veriminin artabileceğini ve pıhtının viskoelastik özelliklerinin değişebileceğini göstermiştir. Çalışma sonucunda arpa β -glukanın düşük yağlı süt ürünlerinde yağ ikame edici olarak kullanılma potansiyeline sahip olduğu belirtilmiştir.

Başka bir çalışmada β -glukan, sıcak su ekstraksiyon tekniği ile lokal bir arpa çeşidinden ekstrakte edilmiş ve çeşitli konsantrasyonlarda buğday unundan yapılan ekmeğe ilave edilmiştir. β -glukan üretiminde sıcak su ekstraksiyon tekniği % 83.48'lik yüksek bir geri kazanım sağlanmıştır. Ekmeğin dış ve iç özellikleri organoleptik yöntemle değerlendirilmiştir. Hem iç hem de dış özelliklerde ekmek duyusal kalitesi β -glukan eklenmesi ile olumlu yönde etkilenmiştir. Daha düşük seviyelerde β -glukan ilavesine kıyasla daha yüksek β -glukan konsantrasyonunun daha belirgin bir etkisi olduğu ortaya çıkmıştır. Ekmeğin depolanması ile hacim, aroma, tat, çiğneme ve tekstürü üzerindeki etkisi de incelenmiş ve bu özelliklerin olumsuz etkilendiği görülmüştür (Ahmad vd. 2008).

Brennan vd. (2013)'in çalışmasında ise arpa ve mantardan elde edilen β -glukanca zengin fraksiyonların ekstrüde atıştırmalıkların üretiminde kullanılması değerlendirilmiştir. Kontrol ile karşılaştırıldığında arpa β -glukan açısından zengin

fraksiyonlar ve mantar β -glukan fraksiyonlarının % 10 seviyesinde eklenmesi ekstrüde ürünlerin toplam diyet lifi içeriğini arttırmıştır. Ürün genişlemesi, hem arpa hem de mantar fraksiyonunun eklenmesiyle artmış ve bu da ürün sertliğinde bir azalmaya neden olmuştur. In vitro sindirim sonuçları, arpa ve mantar β -glukanı açısından zengin fraksiyonların dahil edilmesinin, nişasta sindirilebilirlik profilini ve dolayısıyla sindirim sırasında glukoz salım hızını kontrol numunesine kıyasla düzenlediğini göstermiştir. Yani, arpa β -glukan açısından zengin fraksiyonlar için % 20-25 arasında ve mantar β -glukan açısından zengin fraksiyonlar için % 17-25 arasında örneklerin potansiyel glisemik tepkisinde önemsiz bir azalmaya neden olmuştur. Sonuçlar bu fraksiyonların ekstrüde atıştırmalıklara dahil edilmesinin, glisemik tepkiyi düzenlemek için gıda endüstrisi tarafından kullanılabileceğini göstermiştir.

Rinaldi vd. (2015)'nin yaptığı çalışmada, farklı polisakkaritler içeren yoğurt proteinlerinin in vitro gastrointestinal sindirim sırasında peptitlerin ve amino asitlerin biyolojik olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Arpa kaynaklı β -glukan ve pektin içeren yoğurtlar nişasta içeren veya polisakkarit içermeyenlere göre daha hızlı proteoliz olmuş, büyük peptitlerin ve daha yüksek oranda serbest amino asitin daha az salınımını sağlamıştır.

Yapılan bir başka çalışmada (Ahmed 2015) % 10'a kadar arpa β -glukan konsantresi (β -glukan içeriği % 19.6) ilavesinin standart buğday unu hamuruna etkisi, seçilen sıcaklıklarda (25-85°C) küçük ve büyük deformasyon reolojik ölçümler ile değerlendirilmiştir. Hamurların mikroyapısı taramalı elektron mikroskobu ile incelenmiştir. β -glukan konsantresinin (% 5) eklenmesi ile karıştırma süresinde, hamur stabilitesinde ve su emiliminde önemli artış ve uzayabilirlikte azalma kaydedilmiştir. Kompozit hamurların mekanik mukavemeti, nem içeriğinin artmasıyla azalmış, ancak incelenen frekans aralığı içinde β -glukan konsantresi katılmasıyla sabit nem içeriğine getirilerek mukavemet düzeltilmiştir.

Rezende vd. (2015)'nin yaptığı bir çalışmada ise kakao yağının kısmi ikamesi olarak besinsel lifleri ekleyerek bir karışım oluşturulması sonucu sakkaroz içermeyen çikolata formülasyonları geliştirmek amaçlanmıştır. İnulin, arpa kaynaklı β -glukan konsantratu

(27 g/100 g β -glukan) ve kakao yağının farklı içeriklerde kombinasyonunun çikolatanın reolojik ve duyuşal özelliklerine ve kabuledilebilirliğine etkilerini incelemiştir. 100 g. çikolatada kakao yağındaki azalmaya karşılık gelen 0 dan 10 g a kadar inulin ve β -glukan konsantresi içeriğindeki artış son ürünü daha viskoz ve daha akmaya dayanıklı yapmıştır. Bu etkiler β -glukan için daha belirgin bulunmuştur. Kakao yağının formülasyonda % 50'ye kadar ikame edildiği ürünlerde daha iyi kabuledilebilirlik alınmıştır. En az kabul edilebilir olarak bulunan maksimum β -glukan konsantrasyonunasahip (10 g/100 g çikolata) üründe yapışkanlık gibi reolojik özellik ve karakteristik olmayan çikolata aroması gibi duyuşal özelliklerde olumsuz etki görülmüştür.

Bir başka çalışmada (Jalil vd. 2015), siyah çay ve/veya arpa kaynaklı β -glukan konsantratu (Glucagel™) eklenmesinin buğday ekmeğinin özellikleri ve fonksiyoneliği üzerine etkileri araştırılmıştır. Yapılan çalışmalar nişasta hidrolizinin insan beslenme denemelerinde doğrudan glisemi ve insülinemik yanıtla ilişkili olduğunu gösterdiğinden bu çalışmada ekmeklerin nişasta hidrolizleri incelenmiştir. Siyah çay içeren ekmekle beyaz ekmek arasındaki nişasta hidrolizinde anlamlı bir fark bulunmamış fakat β -glukan konsantratu içeren ekmek ile karşılaştırıldığında β -glukan konsantratu-siyah çay eklenmiş ekmek kısa süreli nişasta hidrolizini azaltmıştır. β -glukan konsantratu ve β -glukan konsantratu-siyah çay eklenmiş ekmeklerdeki nişasta granüllerinin eliptik ve birbirine çok yakın bir şekilde konumlandıkları bulunmuştur.

Onacik-Gur vd.(2016)'nin yaptıkları çalışmanın amacı ise endüstride çoğunlukla keklerde kullanılan doymuş yağ asitleri açısından zengin katı yağın arpa β -glukan preparatı (β -glukan > % 23, VITACEL®) ile kısmi değiştirilmesinin kek hamuru ve kek ürünlerin fiziksel, duyuşal ve reolojik özelliklerine etkisini belirlemektir. Çalışmada toplam hamur ağırlığının % 16'sı kadar yağ içeren kontrol örneği ve yağın % 10, % 15, % 20 ve % 25 oranlarında azaltılarak yerine β -glukan preparatı kullanılması ile toplam 5 kek reçetesi ile üretim yapılmıştır. Keklerde yağın arpa β -glukan ile kısmi yer değiştirmesinin hamurun(kabarma, havalanma) ve pişmiş ürünün(hacim ve yoğunluğu) fiziksel özelliklerini negatif etkilediği görülmüştür. Keklerde yağ ikamesinin artırılması ile kontrole göre gözeneklerin daha fazla büyüdüğü ve genel duyuşal kalitenin azaldığı

tespit edilmiştir. Bununla birlikte, yağ içeriğinin % 10 azaldığı ürünlere β -glukan eklenmesi tipik tadı önemli ölçüde etkilememiştir. Yağ içeriğinin % 20 oranında azaltıldığı keklerin tekstür özellikleri kontrol ile daha çok benzer bulunmuştur. Sonuç olarak fiziksel ve duyuşal özellikler üzerindeki olumsuz etkisine rağmen, ürünlerin besin değerini arttırmak için % 10'a kadar β -glukan kullanılması makul bulunmuştur.

Maya hücre duvarının ve onun özel bileşenlerinden mannan oligosakkaritlerinin ve β -glukanın hayvan yemi içinde fonksiyonel bileşen olarak evrensel düzeyde benimsenmesi gıda sanayisine aktarılamamıştır (Moran 2004). Yani gıda sanayinde kullanımı ve çalışmaları kısıtlıdır. Ancak yapılan bir çalışmada (Borchani vd. 2016), ekmek mayası *S. cerevisiae*'den enzimatik ekstraksiyon işlemiyle elde edilen hücre duvarı fraksiyonlarının fiziksel (renk, partikül boyut dağılımı, viskozite), fonksiyonel (şişme gücü, su bağlama kapasitesi, yağ bağlama kapasitesi) ve yapısal özellikleri karakterize edilmiş ve genel olarak maya β -glukanının, gıdalarda ve ayrıca tıbbi ve farmasötik ürünlerde prebiyotik bir bileşen olarak kullanım için iyi bir potansiyele sahip olduğu gösterilmiştir (Borchani vd. 2016).

Bacha vd. (2018)'nin yaptığı çalışmanın amacı, buğday unu yerine % 1, % 2 ve % 4 oranlarında mayadan izole edilmiş β -glukan kullanarak üretilen bisküvilerin fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerinin, antioksidan kapasitesinin, oksidatif stabilitesinin, depolama stabilitesinin ve mikrobiyolojik güvenliğinin araştırılmasıdır. Elde edilen sonuçlara göre, % 2 maya β -glukan takviye edilmiş bisküvilerin duyuşal kalite açısından tatmin edici olduğu kanıtlanmıştır. Depolama çalışması sırasında % 2 veya % 4 β -glukan içeren bisküvilerde β -glukanın oksidasyonu önlemede etkin olduğunu gösteren peroksit değeri kabul edilebilir aralıkta bulunmuştur. Ayrıca, % 2 veya % 4 β -glukan içeren bisküviler mikrobiyolojik güvenliği gösteren en az mikrobiyal yüke sahip bulunmuştur. Yani β -glukan tazelik kayıplarında gecikmeyle bisküvilerin daha uzun rafömrüne sahip olmalarını sağlamıştır.

2.2 Çikolata ve Çikolata Ürünleri

Çikolata Güney Amerika'ya özgü olan ve Amazon ve Orinoco vadileri kökenli olduğuna inanılan kakao ağacının (*Theobroma cacao*) meyve merkezindeki kakao çekirdeklerinden üretilir (Afoakwa 2010).

Çikolata, Türk Gıda Kodeksi Kakao ve Çikolata Ürünleri Tebliği'nde "Kakao ürünleri ile şekerlerden elde edilen, en az % 18 kakao yağı ve en az % 14 yağsız kakao kuru maddesi içeren toplam kakao kuru maddesi içeriği en az % 35 olan ürünü ifade eder." şeklinde tanımlanmaktadır. Ayrıca bu tanımdaki çikolatalarda "bitter" ifadesinde kullanılabileceği belirtilmiştir. Tebliğ kapsamında sütlü çikolata "Kakao ürünleri, şekerler ve süt veya süt ürünlerinden elde edilen, en az % 25 toplam kakao kuru maddesi, en az % 14 süt kuru maddesi, en az % 2.5 yağsız kakao kuru maddesi, en az % 3.5 süt yağı, en az % 25 toplam yağ (kakao yağı ve süt yağı) içeren ürünü", beyaz çikolata "Kakao yağı, süt veya süt ürünleri ile şekerlerden elde edilen, bileşiminde en az % 20 kakao yağı ve en az % 14 süt kuru maddesi bulunan ve süt yağı içeriği en az % 3.5 olan ürünü" şeklinde tanımlanmıştır (Anonim 2017).

Dünyada çikolata üretiminin en fazla olduğu ilk dört ülke ABD, Almanya, İsviçre ve Belçika'dır (<https://www.investopedia.com> 2018b). 2015/2016 yılında dünya çapında perakende çikolata-şekerleme tüketimi yaklaşık 7.3 milyon tona ulaşmış ve tüketimin 2018/2019'a kadar 7.7 milyon tona ulaşması beklenmektedir (<https://www.statista.com> 2018c). 2016 yılında, Batı Avrupa, dünya çikolata pazarının tüketici değer dağılımında % 36'sını temsil etmiştir (<https://www.statista.com> 2018d). 2017 yılında dünya çapında kişi başına çikolata tüketimine ülke bazında bakıldığında İsviçre kişi başına ortalama 8.8 kg tüketim ile en yüksek çikolata tüketicisidir (<https://www.statista.com> 2018e). Türkiye'de ise yıllık kişi başı çikolata tüketimi 2.5 kg seviyelerindeyken 600 g artarak 3.1 kg'ya ulaşmıştır (Anonim 2018). Türkiye şekerleme piyasası 2016 yılında 2.4 milyar Amerikan doları olmuştur ve 2021 yılına kadar yıllık % 7.0 büyüyeceği tahmin edilmektedir. Türkiye'nin çikolata-şekerleme pazarı, incelenen 36 ülkeden 9. sırada bulunmaktadır (<https://www.candyusa.com> 2018f).

2.2.1 Çikolata ve çikolata ürünlerinin üretiminde kullanılan hammaddeler

Çikolata ve sürülebilir kakaolu fındık kreması gibi çikolata ürünlerinin üretiminde çeşidine göre değişmekle birlikte genel olarak kakao kitlesi, kakao tozu, kakao yağı, bitkisel yağlar, şeker, süt ürünleri (yağlı ve yağsız süttozu, peynir altı suyu tozu), öğütülmüş fındık, emülgatörler (lesitin, poligliserol polirisinolat esterleri) ve aroma (vanilya) gibi hammaddeler kullanılmaktadır.

2.2.1.1 Kakao kitlesi

Genellikle Batı Afrika kakao çekirdekleri, Avrupa’da çikolata üretimi için kullanılmaktadır, ancak yüksek kakao içeren çikolatalara olan ilginin artması nedeniyle, Güney Amerika ve/veya Batı Hindistan kakao çekirdekleri de karışımarda kullanılabilmektedir. Ayrıca istenen aroma özelliklerini elde edebilmek için kakao çekirdeği karışimleri da kullanılır (Kamphuis 2009).

Fermente edilmiş, kurutulmuş kakao çekirdekleri seçilir ve kavrulur. Kabuk çıkarılır ve kavrulmuş çekirdekler, kakao kitlesi (kakao likörü) retmek için pim değirmenleri ve bilyalı değirmenler kullanılarak öğütülür. Bu aşamadaki en önemli hususlar kakao kitlesinin aroma, yağ içeriği ve partikül büyüklüğüdür (Yates 2009). Kakao kitlesi yağ içeriği minimum % 53 olmalıdır. Kakao kitlesinin mikrobiyolojik kalitesi, endüstri için anahtar bir parametre olduğu için spesifikasyonları karşılayan bir ürün elde etmek için ısıtıl işlem uygulanmalıdır (Kamphuis 2009).

Kakao kitlesi üretiminde belirli bir aroma ve renk kazandırmak amacıyla kakao nibine bir alkali (oğunlukla potasyum karbonat) zeltisi ilave edilerek alkalizasyon işlemi gerçekleştirilebilir (Kamphuis 2009). Alkalizasyon işlemi uygulanan kakao niblerinden elde edilen ürün alkalize kakao kitlesidir. Alkalizasyon işlemi uygulanmadan elde edilen ürün ise naturel kakao kitlesidir (Löser 2009).

Kakao kitlesi daha sonra kakao yağı veya kakao keki (kakao haline getirilir ve daha sonra kakao tozuna işlenir) üretmek için preslenir ya da çikolata üretimi için temel bileşen olarak kullanılır (Yates 2009).

2.2.1.2 Kakao tozu

Kakao kitlesinin preslenmesi ile kakao yağının bir kısmı uzaklaşır ve kakao pres keki denilen katı bir madde kalır. Presleme süresi ve presin ayarlarına bağlı olarak % 22 ile % 24 arasında artık yağ içeren yüksek yağlı kek ve % 10 ile % 12 arasında artık yağ içeren az yağlı kek elde edilebilir (Afoakwa 2010). Bu kekler daha sonra kakao tozu üretilmek üzere farklı kompozisyonlarda ve farklı oranlarda yağ içeren toz kakao haline getirilir. Kakao keki tercihen kaba formda alkalize edilir (Minifie 1989). Kakao keki öğütme hatları genellikle kakao kek parçacıklarını belirlenen kakao tozu inceliğindeki seviyeye kadar ufalayan öğütücüler içerir (Afoakwa 2010). Türk Gıda Kodeksi Kakao ve Çikolata Ürünleri Tebliği'ne göre kakao kuru madde ağırlığına göre en az % 20 kakao yağı içeren ve % 9'dan fazla nem içermeyen ürün olarak belirtilmiştir (Anonim 2017).

2.2.1.3 Kakao yağı

Kakao kitlesi yaklaşık % 55 kakao yağı içerir (Beckett 2008). Bu yağ kakao kitlesinden yüksek basınç uygulayan hidrolik presler vasıtasıyla kısmen çıkarılır (Afoakwa 2010). Yüksek kaliteli yağ, kakao tozuna öğütülen, içecekler, kek ve benzeri ürünlerde kullanım için sert bir kek malzemesi bırakarak doğrudan presle elde edilir. Kakao yağı ayrıca aromayı uzaklaştırmak ve deodorize edilmiş bir yağ üretmek için kimyasal olarak ekstrakte edilebilir ve/veya işlenebilir (Beckett 2009). Kullanılan işlem tipi kakao yağının kalitesini etkileyebilir. Örneğin, çok yüksek bir deodorizasyon sıcaklığı veya çok şiddetli bir alkalizasyon özelliklerini tamamen değiştirebilir. Kaliteli kakao yağını elde etmek için yüksek kaliteli hammaddeler gerekir. Yüksek kalite için diğer önemli faktörler, çekirdeklerin kaynağı ve kullanılan işleme koşullarıdır. En çok çikolata endüstrisinde kullanılan kakao yağı deoderize (kısmen) edilir (Kamphuis 2009). Kokusu giderilmiş kakao yağı genellikle preslenmiş kakao yağında mevcut olan istenmeyen

kokuların uzaklaştırılması için yapılır ve deoderize edilmiş kakao yağı özellikle beyaz çikolata yapımında tercih edilir (Beckett 2009).

Kakao yağı Avrupa Birliği tarafından yayınlanan kakao yağı spesifikasyonunda serbest yağ asidi içeriğinin genellikle % 1.75'ten, sabunlaşma değerinin ise % 0.5'ten fazla olmaması gerektiği şeklinde tanımlanmıştır (Martinez-Inchausti 2009). Kakao yağı trigliseritleri, 1,3 konumlarında doymuş yağ asitlerine ve 2 konumunda oleik aside sahiptir. Yağ asidi içeriği oleik (% 35), stearik (% 34) ve palmitik asit (% 26) ile birlikte polar lipidler, steroller ve tokoferollerden oluşur ve kakaonun yetiştirme koşulları ve köken gibi faktörlerine bağlıdır. Basit gliserid bileşimi 23-37 °C sıcaklık aralığında çikolatanın erimesini sağlar (Afoakwa 2010).

2.2.1.4 Süt bazlı hammaddeler

Süt ürünleri çikolataya yumuşak bir tat ve besleyicilik kazandırmaktadır. Çikolata üretimde kullanılanlar yağlı ve yağsız süttozu ve peynir altı suyu tozudur. Çikolata endüstrisinde kullanılan süt tozu genellikle püskürterek kurutulmuştur. Tozun süt yağını içereceği şekilde sütün kurutulması mümkündür ve yağsız süt kullanılanlardan daha iyi bir tada sahip olduğu söylenir. Bu nedenle birçok üretici, yağsız süt tozu kullanmayı ve işlem sırasında süt yağını ilave etmeyi tercih etmektedir. Bu, akışkan formdaki çikolataya, tam yağlı süt tozu kullanıldığında olduğundan daha iyi akış özellikleri kazandırma eğilimindedir (Beckett 2009).

Çikolatada kullanılan süt tozlarının performansında tam yağlı süttozunun serbest yağ içeriği, önemli etkiye sahip olan kritik bir parametredir. Sütlü çikolatada kullanılmak üzere tam yağlı süttozunu seçerken, özellikle partikül büyüklüğü ve serbest yağ için uygun özelliklerin sağlandığından emin olmak gerekir (Haylock ve Dodds 2009).

Süt bazlı hammaddelerdeki laktoz, amorf bir formda daha düşük seviyelerde bulunur ve çikolata aromasını ve akış özelliklerini etkileyen bir miktar süt yağı içerir. Laktoz Maillard reaksiyonlarına katılarak esmerleşmeyi artırır (Afoakwa 2010).

Çikolatada kullanılacak yağsız süttozunun fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri önemlidir. En önemli kimyasal parametresi titre edilebilir asitlik ve peynir altı suyu proteini azot indeksidir. Çikolatada kullanılan yağsız süttozu üretiminde, pişmiş tatların geliştirilmesi için genellikle yüksek ısı muameleleri (düşük peynir altı suyu proteini azot indeksi değerlerine yol açar) uygulanır. Süttozunun mikrobiyolojik kalitesi çikolata üretiminin pastörizasyon sıcaklığı altında olması nedeniyle önemlidir. Süttozlarının kütle yoğunluğu ve partikül büyüklüğü dağılımı, kullanılan kurutucu tipi ve konfigürasyona bağlı olarak değişen faktörlerdir. Genellikle daha yüksek kütle yoğunluğu ve dar aralıkta değişim gösteren partikül büyüklüğü dağılımı, çikolata formülasyonundaki toplam yağ gereksinimlerinin en aza indirilmesinde yararlı olur (Haylock ve Dodds 2009).

Peynir yapımından bir yan ürün olarak üretilen ve genellikle püskürtmeyle kurutulan peynir altı suyu tozu, tatlılık düzeyini azaltmak ve maliyeti düşürmek için kullanıldığı için şekeri azaltmak için sütlü çikolatada kullanılabilir. Farklı peynir altı suyu tozu türleri mevcuttur ve bunlar mineral madde oranlarına bağlı olarak farklı şiddetlerde tuzluluk hissi verebilmekte olup, kullanımlarında dikkate alınması gereken faktörler arasında yer alır. Peynir altı suyu tozu yenilebilir bir madde olarak sınıflandırılır ancak yasal olarak toplam süt katı maddesi düzeyine katkıda bulunmaz (Yates 2009).

% 80 kazein ve % 20 peynir altı suyu proteinleri içeren süt proteinleri sütlü çikolatanın kremamsı algılanmasını sağlar. Kazein fraksiyonu, yüzey aktif maddeler olarak etki ederek çikolatanın viskozitesini azaltırken peynir altı suyu proteinleri ise viskoziteyi artırır (Afoakwa 2010).

2.2.1.5 Şeker

Kristal şeker veya kaba şeker bazen tercih edilmesine rağmen normalde standart granül şeker (sakaroz) çikolata üretiminde kullanılır. İdeal şeker dar bir partikül boyutu dağılımı aralığına sahip olmalı ve nem oranının düşük olması gerekir. Diğer birçok uygulamadan farklı olarak, renk genellikle önemli bir kalite kriteri değildir (Beckett 2009).

Şeker, lezzet özellikleri bakımından çikolatada genel olarak inert bir madde olarak kabul edilir ve tatlılığa katkıda bulunur. Şeker içeriğinde % 1-2'lik bir değişim, maliyetler ve diğer ekonomik faktörler üzerinde büyük bir etkiye sahiptir ve % 5'lik değişimde büyük lezzet değişiklikleri görülür. İnce kristal sakaroz, çikolatada % 50'ye kadar kullanılır. Monosakkaritler, glukoz ve fruktoz şurupları çikolatanın kurutulması zor olduğundan nadiren kullanılır. Çünkü, çikolatanın içinde mevcut olan ilave nem, şeker partikülleri arasındaki etkileşimleri ve viskoziteyi artırır (Afoakwa 2010).

Son yıllarda, şeker içermeyen çikolatalar, düşük kalorili olmalarından dolayı tüketiciler ve üreticiler arasında popüler hale gelmiştir. Düşük kalorili, dişlere dost ve sakaroz içermeyen çikolatalarda şeker alkoller ve sıklıkla polidekstroz gibi diğer hacim arttırıcı ajanlarla sakarozun yer değiştirilmesiyle üretilir. Ksilitol, sorbitol, mannitol, eritritol, maltitol, maltitol şurubu, izomalt ve laktitol dahil olmak üzere şeker alkoller daha düşük kalorili veya şekersiz ürünlerin üretimi için kullanılır (Afoakwa 2010). Bunlar bazen daha düşük sıcaklıkta konçlama gerektirir ve laksatif nitelikleri nedeniyle aşırıya kaçmadan kullanılmalıdır (Beckett 2009). Sakkarozun şeker alkoller ile ikamesi, bununla birlikte reolojik özellikleri ve dolayısıyla proses koşullarını ve kaliteyi etkiler (Afoakwa 2010).

2.2.1.6 Emülgatörler

Emülgatörler uzun süredir çikolata kitlesinin akış özelliklerini düzenlemek için kullanılmaktadırlar. Özel moleküler yapıları nedeniyle, bu yüzey aktif bileşenler, sabit ve sürekli faz arasındaki ara yüzey gerilimini düşürür ve reolojinin yanı sıra, neme ve ısıya duyarlılık ve temperleme davranışı gibi birtakım özellikleri etkiler (Schantz ve Rohm 2005). Çikolatada şeker içinde hidrofilik ve lipofobik olarak çözünmeyen sürekli bir yağ fazı vardır, bu nedenle yüzeyler yağ ile kaplanmalıdır (Afoakwa 2010). Şeker partiküllerinin yağ ile kaplanması gerekli olmakla birlikte, şeker yüzeyi lipofobik olduğundan bu her zaman kolay değildir, yani yağı tutmamaya çalışır. Ancak akış, normalde ikisi arasında bir emülsiyon olarak bilinen yüzey aktif bir maddenin eklenmesiyle dengelenir (Beckett 2009a).

Lesitin ve poligliserol polirisinolat esterleri (PGPR), ikolata ürünlerinin üretiminde kullanılan emlgatrlerdendir (Schantz ve Rohm 2005, Pajin vd. 2011). 1930'dan beri çikolatada en yaygın olarak kullanılan ve hidrofilik olan (yani nemi çekip tutabilen) emülgatör lesitindir (E322) (Beckett 2009a). Soya yağı üretiminin bir yan ürünü olan lesitin, doğal fosfogliseritlerin bir karışımıdır. ikolatada, lesitin (esas olarak oleik $C_{18:1}$ ve palmitik asit $C_{16:0}$) en yüzey aktif bileşenin fosfatidilkolin olduğuna inanılmaktadır (Afoakwa 2010). Molekln bir ucu lipofiliktir, bu yüzden yağda kalır, lipofobik olan diğer ucu şeker yüzeyine yapışır (Beckett2009a). Lesitin ilavesi, yield stress değerini ve plastik viskoziteyi önemli ölçüde değiştirir ve % 0.1 ila % 0.3 arasında eklendiğinde, çikolata viskozitesini azaltır ve daha yüksek nem seviyelerine toleransı arttırır. % 0.5'ten fazla eklendiğinde plastik viskozite düşmeye devam ederken yield stress değeri artar. Yield stress değerindeki artış, sürekli fazda misel oluşumuyla bağlantılıdır, muhtemelen şeker etrafında çok tabakalı olarak akışı engeller. Alternatif olarak, ters fazda ters miseller meydana gelebilir ve tamamen kaplanmış şeker partikülleri ile etkileşime girebilir ve sonuç olarak yield stress değerini arttırabilir. Daha küçük şeker partiküllerinin yüzeylerini kaplamak için daha fazla lesitin gerektirdiğinden kalınlaşma partikül boyutu dağılımına bağlıdır (Afoakwa 2010). Lesitin yaklaşık % 0.3'e kadar olan miktarlarda ilave edildiğinde akış özelliklerine kakao yağı ağırlığının on katına eşit bir etkiye sahiptir (Beckett 2009a).

Lesitin normalde soya kaynaklıdır ancak soyanın genetik modifikasyonu ve genetik modifikasyona karşı tüketicinin ortaya çıkmasıyla birlikte ayeği ve kolza lesitini gibi diğer lesitin kaynaklarında piyasada kolay bulunabilmektedir (Brown 2009).

Yaygın olarak kullanılan bir başka emlgatrde PGPR'dır. (Beckett 2009a). Kastor yağı ve gliserolün polikondensasyonu ile elde edilen PGPR, di-, tri- ve tetragliserollerin egemen olduğu poligliserol bileşeni ile kompleks bir karışımıdır. Avrupa Birliği tarafından yasal olarak onaylanmış PGPR, kakao bazlı şekerlemelerde % 0.5'e kadar kullanılabilir. Lesitin aksine, ikolatadaki PGPR süspansiyon içinde yapılanmaz, ancak sürekli faz hacim fraksiyonunu arttırır ve ikolatadaki kalıntı suyu bağlar, böylece katı partikülleri hidratlamak ve şişirmek için kullanılamaz (Afoakwa 2010). PGPR, ikolatanın yield stress değerini güçlü bir şekilde azaltma Newtonian akışı kazandırma

yeteneğine sahiptir (Beckett 2009a). Çikolatanın yield stress değerindeki azalma, aynı zamanda, çikolata yüzeyine gelen direnç daha az olduğundan çikolatada sıkışan hava kabarcıklarının daha kolay çıkarılması avantajına sahiptir (Brown 2009).

Birçok çikolata üreticisi PGPR ve lesitini, istenen yield stress değeri ve plastik viskozite için kombinasyon halinde kullanmaktadır. % 0.5 oranında lesitin içeren çikolataya PGPR eklenmesi, yield stress değerinde daha fazla bir azalma ve plastik viskozitede sadece hafif bir artış sağlar. % 0.5'in üzerinde lesitin konsantrasyonlarında plastik viskozitede artışlar kontrolsüzdür ve PGPR ekleyerek yield stress değeri azaltımı üzerindeki etkileri, çikolatanın akış özellikleri üzerinde daha fazla etkiye sahiptir. PGPR çiçeklenme oluşumunu inhibe etmede daha az etkilidir. (Afoakwa 2010). Lesitin ve PGPR'nin bir kombinasyonu, özellikle düşük yağlı çikolatalarda iyi akış özellikleri üretebilir (Beckett 2009a).

Diğer emülgatörler, citrem, soritan tristearat, sakaroz esterleri ve kalsiyum-stearoil laktoil laktatı içerir. Citrem (sitrik asit esteri) lesitin/PGPR kombinasyonunun özelliklerine sahiptir, sorbitan tristearat ise viskozite kontrolünden çok çiçeklenme oluşumunu azaltmak için kullanılan bir emülgatördür (Beckett 2009a).

Emülgatörün eklendiği süreçteki aşama çok önemli bir faktördür, örneğin, konçlamanın sonuna doğru eklenen lesitin, başlangıçta tam olarak aynı miktar eklendiğinden daha fazla miktarda viskoziteyi azaltır. Bunun nedeni lesitin bir kısmının uzun süreli karıştırma ve öğütmede kakao partiküllerine emilmesidir ve yield stress değerinin düşmesidir. Ayrıca yüksek sıcaklıklar lesitin etkinliğine zarar verir. Bu nedenle yüksek sıcaklıklarda konçlama yapıldığında lesitin çikolata soğutulduğunda eklenmesi gerekir (Beckett 2009b).

2.2.1.7 Kakao yağı dışındaki bitkisel yağlar

Çikolata ile ilgili çok çeşitli üründen biri olan sürülebilir çikolata ya da kahvaltılık çikolata olarak bilinen ve genellikle fındık içeren sürülebilir kakaolu fındık kreması

ideal sürülebilir krem, hafif bir kıvama sahiptir. Sürülebilir kakaolu fındık kremaları buzdolabından oda sıcaklığına kadar geniş bir sıcaklık aralığında sürülebilir olmalı ve aynı zamanda iyi bir raf ömrüne sahip olmalıdır. Parlak ve çekici bir görünüme sahip olmalı ve her şeyden önce sıvı yağın ürünün yüzeyinde birikerek görünmesi engellemelidir (Mohos 2010). Yani ürün yüzeyinde yağ fazı ayrılmasının ürünün depolama süresi boyunca olmaması gerekmektedir.

Sürülebilir kakaolu fındık kremasının kıvamı, sıvı yağ ve katı yağların dengesi ile ayarlanmaktadır. Sürülebilir ürünlerin bileşimindeki en önemli bileşen yağdır. Ürüne zenginlik, yumuşaklık, aroma ve iyi bir damak tadı verir. Bazı araştırmacılar, kullanılan yağların bitkisel yağlarla kısmi olarak değiştirilmesinin, buzdolabı sıcaklığında (4 °C) sürülebilirliği iyileştirdiğini ve katıyağ-bitkisel yağ karışımli ürünlerde arzu edilen yağ asidi profili ve düşük kolesterol seviyesi gibi besin değerlerini geliştirdiğini bildirmişlerdir (Mousazadeh vd. 2014).

Genel olarak soya yağı, kolza yağı, hurma yağı, pamuk yağı ve ayçiçek yağı kullanılmaktadır. Yapılan bazı çalışmalarda El-Hadad vd. (2011) kırmızı palm olein yağı, Racolta vd. (2014) palm yağı ve hindistancevizi yağı, Jeyarani vd. (2015) soya yağı ve hindistancevizi yağı, Loncareviç vd. (2016) kolza yağı ve susam yağı gibi farklı bitkisel yağlarda farklı oranlarda kullanmışlardır.

2.2.1.8 Fındık püresi

İç fındığın kavrulup zarlarından ayrıldıktan sonra tamamen ezilme ve/veya öğütülmesi ile elde edilen fındık püresi kakaolu kremaların önemli bir bileşenidir. Birçok işletme fındık püresini kendi üretmektedir. Fındık püresi sürülebilir ürünlere lezzet ve istenen bir aroma vermektedir.

2.2.1.9 Aroma

Vanilin, tarçın, kassia yağı, badem esansiyel yağları, limon ve portakal, balzam çeşitleri ve reçinelerin yanı sıra üretilen kombinasyon aromaları da dahil olmak üzere aromalar çikolataya eklenebilir. Aromaların eklenme amacı ürünün kusurlarını maskeleyerek olmamalıdır (Minifie 1989).

Türk Gıda Kodeksi Kakao ve Çikolata Ürünleri Tebliğinde “çikolata veya süt yağını taklit eden aroma vericiler kullanılamaz” ibaresi yer almaktadır. Avrupa Birliği çikolata mevzuatında da aynı koşul bulunmaktadır. Çikolatada kullanılan ana aromalar vanilya, doğal özdeş bir aroma ve doğal vanilyadır (Yates 2009).

2.2.2 Çikolata çeşitleri ve sürülebilir kakaolu fındık kreması üretim prosesi

2.2.2.1 Çikolata üretimi

Çikolata üretim prosesi genellikle şu ortak özelliklerden oluşmaktadır (Afoakwa 2010).

- 1) Karıştırma
- 2) Refining (inceltme)/Öğütme
- 3) Konçlama
- 4) Temperleme
- 5) Kalıplama ve kalıptan çıkarma
- 6) Paketleme

Çikolata üretimi sırasında bileşenlerin karıştırılması temel bir işlem olup sıcaklık-zaman kombinasyonlarının kullanılmasıyla sabit formülasyon kıvamı elde etmek için sürekli ya da kesikli mikserler kullanılmaktadır. Kesikli karıştırmada, kakao kitlesi, şeker, kakao yağı, süt yağı ve süt tozu (ürün kategorisine bağlı olarak) içeren çikolata bileşenleri 40-50 °C’de 12-15 dakika iyice karıştırılır. Sürekli karıştırma otomatik yoğurucular

kullanılarak, biraz sert tekstür ve yoğurulabilir kıvam elde etmek için büyük çikolata üreticileri tarafından kullanılır (Afoakwa 2010).

Çikolatanın inceltilmesi istenen pürüzsüz tekstür üretimi için önemlidir. Çikolata karışımı ikili ve beşli silindir kombinasyonlarının kullanımıyla 30 µm'den daha küçük partikül büyüklüğüne kadar inceltir. Son partikül büyüklüğü reolojik ve duyuşal özellikleri önemli düzeyde etkiler (Afoakwa2010). Gerçek boyut, çikolatanın türüne ve satıldığı pazara bağlıdır, ancak genel olarak partiküllerin büyük çoğunluğu 40 µm'den 0.0015 inç) daha küçük olmalıdır (Beckett 2009c).

Beşli silindir inceltici dikey olarak dizilmiş dört tane boş silindirden oluşur, sıcaklık hidrolik basınç ile birlikte tutulan, içerden su akışı tarafından kontrol edilir. Çikolata karışımının ince filmi giderek daha hızlı silindirlere çekilir ve silindir içinde dolaşır. Silindir katı parçacık kısımlarını parçalar, yeni yüzeyler yağ ile kaplanır ve kakao bileşenlerinden uçucu aroma bileşiklerini absorbe eder (Afoakwa2010).

Özet olarak silindirler sadece partikül büyüklüğünün azaltılmasını ve topaklanmayı engellemez aynı zamanda sürekli faz boyunca yağ ile kaplanan partiküllerin dağılmasını da etkiler (Afoakwa2010).

Çikolata kütlesinin inceltilmesinde silindirlerin dışında bilyalı değirmenlerde kullanılmaktadır. Karıştırıcı bilyalı değirmenler, şekerleme endüstrisinde küçük üretimler için, çikolata kütlesinin inceltilmesinde ve krem ürünler ve çikolata benzeri ürünlerin üretiminde yaygın alternatifler haline gelmiştir (Fidaleo vd. 2017a). Çikolata kütlesinin sirkülasyonu bilyalı değirmen ile sağlanır ve standart çikolata kütlesi üretimindeki inceltme ve konçlama olan iki aşamanın yerini alır. Geleneksel inceltme ve konçlama, bilyalı değirmen kullanılarak gerçekleştirilen“sıvı” inceltme işlemi ile değiştirilebilir (Pajin vd. 2011). Yani çikolata, silindir inceltici ve konçlamaya alternatif olarak bilyalı değirmen ile üretilebilir (Bolenz ve Manske 2013).

Bilyalı değirmenler inceltme ve bir sonraki basamak olan konçlamanın daha kısa sürede yapılmasını sağlar. Küçük ölçekte üretim yapılan işletmelerde kullanılan bir alternatif yöntemdir. İnceltme sırasında yüksek yağ içeriği gereklidir. Çünkü bilyalı değirmenler sıvı beslemeye ihtiyaç duyar (Ziegler ve Hogg 2009). Bu sistemin diğer bir avantajı ise, ürünün tamamen kapalı ortamda ve hijyen ve yabancı cisim kirlenmesine engel olmasıdır (Beckett 2009b).

Konçlama 50°C'den yüksek sıcaklıklarda birkaç saat çikolatanın karıştırılması, yoğrulması ve havalandırılması işlemidir. Konçlama, çikolata üretiminde nihai işlem ya da son nokta olarak görülen, viskozite, tekstür ve aromanın gelişmesine katkıda bulunan önemli bir aşamadır (Afoakwa2010). Geleneksel olarak, konçlama üç aşamada veya fazda gerçekleşmektedir. Bu üç aşama çikolata kütlesinin ufalanıp neminin uzaklaştırıldığı kuru faz, çikolata kütlesinin kalın macun gibi olduğu macun faz ve son yağ ve emülgatör ilavelerini karıştırmak için yüksek hızlı karıştırmanın yapıldığı sıvı fazdır (Beckett 2009b).

Önceki kademelerde, asetik asit gibi bazı istenmeyen aktif uçucu aromanın uzaklaştırılmasıyanısıra nem azaltılmakta ve daha sonra sabit ve sürekli faz arasındaki etkileşimler arttırılmaktadır. Neme ve uçucu asidin uzaklaştırılmasına ek olarak, konçlama işlemi yüksek sıcaklıklarda uzun süre karıştırma nedeniyle aroma gelişmesini ve süt olmayan kırıntı çikolatada kısmen karamelize aromanın oluşmasını sağlamaktadır. Konçlama ayrıca işlem boyunca inceltilmiş kütlenin viskozitesinde azalmaya, partikül boyutunda azalmaya ve istenmeyen kısımların uzaklaşmasına yardımcı olur (Afoakwa2010).

Konçlama süreleri ve sıcaklıkları sütlü çikolata için 49-52 °C'de 10-16 saat, süt tozu eklenmiş ürünlerde 60 °C'de 16-24 saat ve bitter çikolatada 70 °C'den 82 °C'ye kadar çıkarak değişiklikler göstermektedir. Tam yağlı süt tozu ile yağsız süt tozu ve katıyağ yer değiştirdiğinde sıcaklık 70 °C'ye kadar kullanılabilir. Çikolataya uygun viskoziteyi vermek için eklenen kakao yağı ve lesitin konçlamanın sonuna doğru temperlemeden önce çikolatanın ince ve sıvı olması için eklenir (Afoakwa 2010).

Nemin çoğunluğu konçlamanın ilk bölümü sırasında çikolata kütlesinden buharlaşmaktadır. Eğer bu aşamada çok miktarda lesitin varsa, nemi tutacak ve çikolatayı daha kalın hale getirecektir. Benzer şekilde, konçlama işleminin ilk aşamalarında mevcut olan fazla yağ, katı partikülleri kaplayarak nemin çıkışını daha zor hale getirecektir (Beckett 2009b).

Yağ normalde konçlamanın başlangıcında eklenir. Genel bir kural olarak, bu asgari düzeyde tutulmalıdır, ancak motoru durdurmayacak, zorlamayacak kadar yeterli olmalıdır. Konçlamanın sonuna doğru eklenen yağ ve emülgatörler normal olarak son viskozitede başlangıçta eklenen değerden çok daha büyük bir etkiye sahiptir (Beckett 2009a).

Çikolatada temperleme, sıvıdan katıya uygun bir şekilde işlenmeden önce son üründe erimeye daha dayanıklı kakao yağı formunu elde edebilmek için yapılan kontrollü bir kristalizasyon tekniğidir (Talbot 2009). Kakao yağının katılaşmasını etkileyen yağ asidi bileşimiyle trigliserit bileşiminin bir fonksiyonu olarak belli sayıda polimorfik formda kristalize olabilmektedir. Kakao yağının temelde α , β ve β' olan 6 tane polimorfik formu(I-VI) vardır. β polimorfu olan formV genellikle en çok istenen, parlak görünümlü, istenen kırılmalıya sahip ve çiçeklenme direnci fazla iyi temperlenmiş çikolatada olan bir formdur (Afoakwa 2010).

Eğer çikolata kötü temperlenmiş ise β Form IV formu ortaya çıkar ve hızlı şekilde FormV'e dönüşür. Rengi etkileyen bu durum düzensiz kristal gelişimi ile karışık renk yansımalarına neden olur. Temperlenmemiş çikolata yumuşak olur ve iyi bir şekilde kalıptan çıkarılamaz. Kakao yağında V ve VI formları en kararlı formlardır. Form VI'nın yüksek bir erime sıcaklığı (36 °C) ve iri kristalleri vardır ve dil üzerinde kumlu yapı hissi verir. Kararsız olan form I'in erime noktası 17 °C olup hızlı bir şekilde form III and IV e daha yavaş bir şekilde form II'ye dönüşür (Afoakwa 2010).

Polimorfik form işlem koşulları ile belirlenir. Çikolatanın uygun polimorfik formda olmasında temperleme çok önemlidir. Ayrıca, renk, sertlik, ambalajlama ve raf ömrü gibi nihai kalite özelliklerini etkilemektedir. Temperleme, kakao yağının kararlı formda

kristalleşmesini sağlarken en yaygın kullanılan yöntemde çikolata kütlesini tamamen eritme (50 °C), kristalizasyon noktasına kadar soğutma (32 °C), kristalizasyon (27 °C) ve son olarak kararsız kristallerin erimesi (29-31 °C) şeklinde dört basamak bulunur (Talbot 2009, Afoakwa2010).

Temperleme işleminde çikolata kütlesinin bileşenindeki farklılıklar, temperleme ekipmanı ve hatta çikolatanın kullanımamacıda bu sıcaklıklarda bazı değişiklikler yapılmasını gerektirir (Talbot 2009, Afoakwa2010). Örneğin sütlü çikolata temperleme prosesinin bitter çikolatadan biraz farklılıklar içermesinin nedeni süt yağı moleküllerinin kristal oluşumuna etkisinden kaynaklanır. Çiçeklenme oluşumunu önleyen ötektik etkiye sütlü çikolatanın içerdiği bir miktar yağ düşük erime noktasına, tekstürün yumuşamasına ve temperleme işlemi için kristal tohumları elde etmek için sıcaklığın düşürülmesine neden olur (Afoakwa 2010).

İyi temperlenmiş çikolata; şekil, renk, parlaklık, kalıpta büzülme, ağırlık kontrolü, sertlik ve ısıya dayanaklılık açılarından dahastabil ürün (paketleme sırasında daha az parmak izi bırakan) ve uzun raf ömrü gibi özelliklere sahip olur (Afoakwa 2010).

Temperleme makinelerinin icadından önce, bu işlem çikolata kütlesinin bir mermer yüzey üzerine dökülmesi ve kalınlaşana kadar esnek bir spatula ile karıştırılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Kristalizasyon sıcaklığına kadar soğutma aşamasında soğuk çikolata kütlesi eklenerek kristalizasyon tamamlanmaktadır. Bu yöntem hala çok az miktarda üretim yapan çikolata üreticileri tarafından kullanılsa da, yıllar boyunca birçok farklı temperleme yöntemleri geliştirilmiş olup sürekli otomatik temperleme üniteleri artık yaygın olarak kullanılmaktadır (Talbot 2009).

Çikolata kütlesinin kalıba doldurulmasında bazı üreticiler otomasyon ve elektronik teknikler kullanmaktadır ve temperlenen çikolata kütlesinin kalıplanmasında zamanla metal kalıpların yerini plastik veya polikarbon kalıplar almıştır. Eğer temperlenmiş çikolata yaklaşık olarak aynı sıcaklıkta olmayan (ideal olarak ± 1 °C) kalıplara konulursa üründe bazı problemler ortaya çıkabilir. Kalıplar çok sıcaksa, ürünün kalıptan

çıkarılamaması, zayıf parlaklık ve çiçeklenme ile karşılaşılabilir. Çok soğuk ise, zayıf parlaklık ve kalıba yapışma problemleri görülür (Gray 2009).

Çikolatanın kalıplara doldurulmasından sonra sıkışmış hava kabarcıklarını çıkarmak için olabildiğince çabuk vibrasyon işlemine başlamak önemlidir. Hava kabarcıkları, bir çikolata tabletinin görünümünü bozabilir ve aşırı olduğu durumlarda ağırlık değişimlerine yol açabilir. Hava kabarcıklarının uzaklaştırmak amacıyla kullanılan çoğu vibratör dikey olarak hareket eder ve kalıp belirli bir frekansta bir eksantrik kam veya bir hava silindiri tarafından ayarlanmış bir mesafede itilir. Bu amaçla sistemlerde, ideal olarak hem frekans hem de mesafe ayarlanabilir olmalıdır. Yatay titreşim, ince bir parça halinde küçük miktar çikolataya büyük bir mesafede yaymak için kullanılabilir. Titreşim süreleri en az 30 s ve ideal olarak 55–60 s olmalıdır (Gray 2009).

Hava kabarcıkları uzaklaştırılarak kalıplanan çikolataya uygun soğutma uygulanmazsa yeterli sertlikte olmaz ve çiçeklenme problemi ile karşılaşılabilir (Afoakwa 2010). Soğutma aşamasında kakao yağının kristalleşmesi nedeniyle hacimsel azalma olur ve çikolata kalıpta büzülür. Bu nedenle çikolatanın kalıptan çıkarılması için normal olarak çok küçük bir kuvvete ihtiyaç vardır (Gray 2009).

Kalıptan çıkarılan çikolata ambalajlanır. Çikolata ambalajının ürünü nem transferinden, fiziksel deformasyondan ve ışıktan korumak amacıyla uygun malzemeden yapılmış olması gerekmektedir. Uygun sıcaklıklarda ve ortamda muhafaza edilen çikolatalar rafömrü süresince çiçeklenme probleminin oluşmasını engeller.

2.2.2.2 Sürülebilir Kakaolu Fındık Kreması Üretimi

Sürülebilir ürünler, şeker, bitkisel yağ, kakao, süt tozu ve aroma veya çeşidine göre değişen diğer bileşenleri içeren, ortam sıcaklığından buzdolabı sıcaklığına kadar geniş sıcaklık aralığında yağ fazı göçü olmaksızın iyi sürülebilir kabiliyeti olan, zengin kremalı tadı ve homojen pürüzsüz yapısı olan şekerleme ürünleridir (Petkoviç vd. 2013, Fidaleo vd. 2017a).

Sürülebilir ürünlerin üretiminde kullanılan hammaddelerin hepsi bilyalı değirmene beslendikten ve istenen sıcaklıkta koşullandırıldıktan sonra karıştırma ve sirkülasyon işlemlerine başlar ve çeşide, hammaddeye göre değişen sürelerde inceltme yapılır. Çeşitli zaman aralıklarında, kütlenin partikül boyutu ölçülür (Loncarević vd. 2014, Fidaleo vd. 2017a). Genellikle bilyalı değirmende üretimi gerçekleştirilen sürülebilir ürünlerin reolojik özellikleri, bilyalı değirmen içerisinde karıştırma, öğütme (bilyaların etkisi altında) ve kütle devir daimi ile oluşur. Bu sırada her partikül yüzeyi yağ fazı ile kaplanır (Petkovic vd. 2013).

Sürülebilir ürünlerde kakao yağı ikameleri ve kakao yağı yerine kullanılabilen hammaddeler kullanıldığında ürünlerin temperlenmesi gerekli değildir (Popov-Raljić vd. 2013). İnceltme aşamasından sonra ürün ambalajlanır ve depolanır.

2.2.2.3 Çikolata Teknolojisinde Bilyalı Değirmen Kullanımı

Karıştırıcı bilyalı değirmenler, 20. yüzyılın ilk yıllarında boya inceltici olarak tasarlandıklarından, literatürde madencilik ve toz endüstrilerinde kullanımları ile ilgili bazı çalışmalar mevcuttur (Gao ve Forssberg 1995, Tüzün vd. 1995, Gao vd. 1996, Kheifets ve Lin 1998, Ma vd. 1998). Ancak, bilyalı değirmenler vasıtasıyla çikolata inceltme ile ilgili az sayıda çalışma yapılmıştır. Bilyalı değirmende çikolata üretimi doksanlı yıllarda başlamıştır. Bilyalı değirmen, şekerleme endüstrisinde, çikolata kütlesinin inceltilmesinde ve benzer krem yapıda ürünler ve çikolata benzeri ürünlerin üretiminde geniş uygulama alanı bulmuştur (Pajin vd. 2011).

Yapılan literatür çalışmasında bilyalı değirmen ile üretilen çikolata ve sürülebilir ürünler ile ilgili çalışmalarda kullanılan üretim parametrelerinden bazıları aşağıdaki çizelgede özetlenmiştir (Çizelge 2.6).

Çizelge 2.6 Bilyalı değirmen kullanarak yapılmış çalışma örnekleri

Yapılan Çalışma	Ürün adı	Üretim miktarı	Üretim parametreleri	Bilya çapları ve ağırlıkları
Lucisano vd. 2006	Sütlü Çikolata	8 kg.	64 rpm/180dk	6.5 mm
Alamprese vd. 2007	Bitter Çikolata	100 kg.	40-90 rpm/33dk-76dk	9.5 mm
Pajin vd. 2011	Sütlü Çikolata	5 kg.	50 rpm/30dk-60dk-90dk-120dk	9.1 mm, 25, 30, 35 kg
Zaric vd. 2012	Sütlü Çikolata	5 kg.	50-70 rpm/30dk-90dk	9.1 mm
Petkovic vd. 2013	Sürülebilir kakao ürünü	-	30, 40, 50 rpm/150dk/30°C, 35°C, 40°C	-
Bolenz ve Manske 2013	Sütlü Çikolata	15 kg.	500 rpm/55dk-59dk	6 mm
Pajin vd. 2013	Sütlü Çikolata	5 kg.	50 rpm/30dk-60dk-90dk/50°C	9.1 mm., 30 kg
Bolenz vd. 2014a	Sütlü Çikolata	5 kg.	860 rpm/45dk 715 rpm/45dk	2.7 mm 6 mm
Bolenz vd. 2014b	Sütlü Çikolata	200 g	600 rpm	6 mm, 600 g
Zaric vd. 2015	Sütlü Çikolata	5 kg.	50 rpm / 30dk,60dk, 90dk	9.1 mm, 30 kg.
Fidaleo vd. 2017b	Sürülebilir kakao ürünü(dondurma için)	400 kg	42°C, 50 rpm/60, 90, 120, 150, 195, 225 dk	9.5 mm
Loncareviç vd. 2017	Sürülebilir kakao ürünü	5 kg	40°C/25, 37.5 ve 50 rpm/30, 45 ve 60 dk.	9.1 mm.

Bilyalı değirmen, arasında sıcak su dolaşan çift cidarlı dikey veya yatay bir silindirdir. Silindirin orta kısmında kürekli karıştırıcılar bulunur. Silindirin % 60-80'i bilyalar ile doldurulur. Bilyalar farklı malzemelerden yapılabilir. Gıda endüstrisinde kullanılan paslanmaz çelik, çelik, seramik veya diğer malzemelerden yapılabilir. İnceltme işlemi sırasında, bilyalar çikolata kütlesinin partikülleri ile çarpışır ve çarpma kuvveti, sürtünme ve kayma nedeniyle partikül boyutu azalması meydana gelir. Bilyalı değirmende çikolata kütlesinin sirkülasyonu sağlanır ve standart çikolata üretimindeki inceltme ve konçlama olan iki fazın yerini alır (Pajin vd. 2011).

Yatay kolları olan dikey şaft dönerken çelik bilyaları harekete geçirir ve geri dönüşüm pompası çikolata kütesini bilya yatağında çevirir. İki bitişik bilya arasındaki veya bir bilya ile değirmenin yan duvarı arasındaki çarpma partiküllerin parçalanmasını sağlar (Alamprese vd. 2007). Bu karıştırma, öğütme ve devir daim işlemi sırasında katı partiküllerin boyutu azalır ve yüzeyleri, yağın reolojik ve dokusal özelliklerini veren akışkan faz ile sarılır (Petkovic vd. 2013).

Proses parametrelerinin (sıcaklık, mikser devir dönüşü) dışında çikolata ve sürülebilir kakao krema kütesinin viskozitesi, yağ fazı içeriği, katı içeriği, su içeriği ve mevcut yüzey aktif maddelerin türü/miktarından etkilenir (Petković vd.2013).

Bilyalı değirmende yapılan bir çalışmada sütlü çikolatanın fiziksel özellikleri üzerine hem formülasyon hem de işleme değişkenlerinin etkisi öğütme sırasında incelenmiştir (Lucisano vd. 2006). Farklı yöntemlerle üretilmiş 3 adet süttozu ve inceltme işlemi sırasında lesitin ve süt tozu ekleme süresine göre örneklerin üretimi gerçekleştirilmiştir. Öğütme işleminden 2 saat sonra alınan numuneler için partikül boyutu, nem, Casson plastik viskozite ve yield stress değerleri incelenmiştir. Tüm denemelerde, katı partikül boyutu, inceltme işleminin ilk 120 dakikası boyunca etkili bir şekilde azalmıştır. İnceltmenin başlangıcında lesitin ilavesi, ürün viskozitesini işlem boyunca düşük ve sabit tutmuş ve böylece süt kurutma tekniği ne olursa olsun işlemin başlangıcından itibaren süttozu eklenmesine izin vermiştir ki buda üretim sürecini basitleştirmede önemli bir sonuçtur.

Alamprese vd. (2007)'nin yaptıkları çalışmada, bilyalı öğütücü bazlı inceltme sürecinin çikolatanın inceltme süresi ve enerji tüketimi açısından optimize edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada ilk koşullar 100 kg'lık bir parti için 70 rpm'de 55 dakika olmuştur. Çalışma sonucunda yeni optimal koşullar yine 100 kg'lık bir parti için 58 rpm'de 38.5 dakika olmuştur. Bu değişiklikle birlikte verimde % 43'lük bir artışla, ürün çıkışı 109 kg/saat'ten 156 kg/saat'e çıkmıştır. Böylelikle, yeni çalışma koşulları, bilyalı değirmen alternatif teknolojisinin çikolata üretiminde inceltme yeteneğini doğrulamıştır.

Bir başka çalışmada amaç, sütlü çikolatanın, geleneksel olmayan bir prosedürle, yani bilyalı değirmen kullanılarak üretilmesinde çikolata kütlesinin uygun reolojik özellikleri kazanması için bilyalı değirmende tutulma süresi, bilya miktarı, emülsifiyer (lesitin ve PGPR) tipi ve konsantrasyonu gibi işlem parametrelerinin tanımlanması ve optimizasyonu incelenmiştir. Bu şekilde üretilen çikolata kütlesinin kalitesi, nem, en büyük kakao partikülünün boyutu, yield stress ve Casson plastik viskozitesi parametreleri incelenmiştir. Uygun reolojik parametreleri sağlayan 5 kg kapasiteli bilyalı değirmende çikolata kütlesinin optimal üretim koşulları 30 kg'lık bilya kütlesi, 90 dakikalık inceltme süresi ve toplam hammadde kütle bazında % 0.2 PGPR ve % 0.3 lesitin kombinasyonunun eklenmesi olarak tespit edilmiştir (Pajin vd. 2011).

Zaric vd. (2012) yaptığı bir çalışmada ise amaç bilyalı değirmende üretilen sütlü çikolata örneklerinin dokusal ve duyuşsal özellikleri üzerindeki etkisini incelemektir. Araştırmada, 30, 60 ve 90 dakikalık inceltme işlemi sırasında bilyalı değirmende üretilen çikolata örnekleri ve 5 silindirik inceltici kullanılarak üretilen çikolata örnekleri 26, 28 ve 30°C'de ön-kristalleştirilmiştir. Uygulanan ön-kristalizasyon sıcaklığından bağımsız olarak bilyalı değirmende üretilen çikolataların standart üretim yöntemiyle üretilen çikolatalardan 2.5 kat daha sert olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca bilyalı değirmende çikolata üretiminin, sütlü çikolatanın duyuşsal özelliklerinin de geliştirdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Üretimde karıştırma, inceltme ve konçlama basamaklarının yapılabileceği bilyalı değirmenin kullanımı ile daha az zaman ve sermaye yatırımı gereklidir ve çikolata öğütülür ve aynı zamanda konçlanır. Ancak bilyalı değirmende klasik kuru konçlamada olduğu gibi nemi ve istenmeyen uçucuları uzaklaştırmak zordur (Bolenz ve Manske 2013). Nitekim bu nedenle bilyalı değirmen ile yapılan bir çalışmada önceden kurutulmuş hammaddeler kullanılmıştır (Bolenz ve Manske 2013). Bu çalışmada sütlü çikolata örnekleri pilot ölçekli bir bilyalı değirmende üretilmiş ve yağ içeriğinin öğütme süresince partikül boyut dağılımına ve akış özelliklerine etkisi incelenmiştir. Silindirik incelticilerden farklı olarak, azaltılmış yağ içeriklerinde partikül boyut dağılımı daha da genişlemiştir. İnceltici, sıkıştırılmış partikülleri bir boşluk boyunca zorlar. Orada partiküller kırılırlar ve aynı zamanda birbirlerini de kırarlar. Daha az yağlı içerikte daha

az hareket edebilir ve daha ince partiküller oluşturabilirler. Bir bilyalı değirmende, partiküller hareket etmek ve yontulmaktan kaçmak için genellikle toplar arasında ki daha fazla alana geçer. Endüstriyel koşullar altında, çikolata kütlesi öğütme işlemi için pompalanabilir olmalıdır. Ayrıca bu çalışmada üretimde yağ ve lesitin eklenmeside sonuçları etkilemiştir. Lesitin erken eklenmesi gözenekli partiküller tarafından absorplanmasına ve fonksiyonelliğini kaybetmesine neden olabileceği sonucuna varılmıştır.

% 100 sakaroz içeren ve sakaroz yerine farklı oranlarda maltitol (% 100,% 70 ve % 30 bir hacim arttırıcı madde) içeren 4 grup sürülebilir ürün, bilya çapı 9.1 mm olan bilyalı değirmende farklı sıcaklıklarda (30 °C, 35 °C, 40 °C) ve farklı karıştırıcı devir hızında (30, 40, 50 rpm) üretilmiştir. Hammaddeler 30 dk karıştırıldıktan sonra toplam öğütme işlemi 150 dk. olarak uygulanmıştır. Ürünlerin kalitesi nem, en büyük kakao partikülünün boyutu, yield stress değeri ve Casson plastik viskozite ile belirlenmiştir. En düşük enerji değerleri % 100 maltitol içeren sürülebilir ürünlerde bulunmuştur. Çalışmada sürülebilir ürünler ve tatlandırıcı tipine bakılmaksızın, maksimum mikser devir dönüşünde (50 rpm) üretilen sürülebilir ürünler en düşük partikül büyüklüğüne sahip bulunmuştur. % 100 maltitol içeren sürülebilir ürünler daha fazla plastik viskoziteye ve belirgin viskoz özelliklere sahiptir. Reoloji parametrelerine göre, en iyi ve en kötü sonuçlar sakarozun sırasıyla % 100 ve % 30 oranında bir hacim arttırıcı madde olarak maltitol ile değiştirilmesi olarak bulunmuştur (Petkovic vd. 2013).

Yapılan bir başka çalışmanın amacı bilyalı değirmende üretilen % 20 soya sütü içeren çikolatanın ön-kristalizasyonu için en uygun koşulları tanımlamaktır. Çikolata kütlesi ve soya sütü, üç inceltme süresi (30, 60 ve 90 dakika) ve üç ön-kristalizasyon sıcaklığı (26, 28 ve 30 °C) kullanılarak bilyalı değirmende inceltmiştir. İnceltme süresinin uzamasıyla, sistem baskın olarak akışkan hale gelmiştir. Üç parametrenin, yani viskozitenin, akma gerilmesinin ve tiksotropik alanının dikkate alınmasıyla, 30 °C'lik ön-kristalizasyon sıcaklığında 90 dakikalık bir inceltme süresi optimum olarak bulunmuştur. Termoreogram temelinde, değirmendeki çikolata kütlesinin inceltme süresindeki bir artışın, soya sütlü çikolata kütlesinin kristalizasyon hızı üzerinde herhangi bir etkisi olmadığı, oysa ön-kristalizasyon sıcaklığındaki bir artışın bu

parametrenin net bir düşüşüne neden olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, ön-kristalleşme sıcaklığındaki artış, inceltme süresine bakılmaksızın uzun bir çekirdeklenme süresine yol açmıştır (Pajin vd. 2013).

Bolenz vd. (2014a)'nin yaptıkları bir çalışmada süt tozu sütlü çikolatanın işleme davranışını, akış özelliklerini ve tadını etkilediği için amorf veya kristal laktoz içeren yağsız süt tozlarının akış özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla silindirli öğütme ve konçlama yoluyla veya alternatif olarak bilyalı öğütme ile numuneler hazırlanmıştır. Bilyalı değirmende sütlü çikolata üretiminde 2 farklı süttozu olan amorf ve kristal laktozdan, kristal laktoz içeren örneklerin, 40 sn^{-1} 'de % 15 gibi önemli düzeyde viskoziteyi düşürdüğü ve bu nedenle, bu işlem için kristal laktoz içeriği yüksek süt tozu kullanılması önerilmiştir.

Yapılan bir başka çalışmada sütlü çikolatanın bilyalı öğütme işleminden kaynaklanan partikül boyut dağılımını optimize etmek ve mümkün olan en iyi akış özelliklerine yönelik proses koşullarını belirlemek amacıyla laboratuvar ve pilot ölçekte çeşitli sütlü çikolata örnekleri üretilmiş ve bunların partikül boyut dağılımı ve akış özellikleri incelenmiştir. Aynı partikül boyutuna sahip bileşim yerine ince ve kaba fraksiyonlar karıştırıldığında, bilyalı öğütücü ile inceltmiş ürünlerde silindirle inceltmiş olanlarla aynı partikül boyut dağılımında ürün elde edilmesi mümkün olmuştur (Bolenz vd. 2014b).

Başka bir çalışmada yine bilyalı değirmende % 15 ve % 20 soya sütü tozu içeren 2 çikolata formülasyonunda farklı öğütme süreleri (30, 60 ve 90 dakika) ve farklı ön kristalizasyon sıcaklıkları (26, 28 ve 30 °C) uygulanmış ve çikolatanın besin bileşimi, sertlik, termoreolojik özellikleri ve çikolata kütlesinin termal özellikleri karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar, daha yüksek miktarlarda soya sütü proteinleri içeren çikolata kütlesinin daha uzun süre öğütülmeye ve ön-kristalizasyon için daha düşük sıcaklıklara ihtiyaç duyduğu belirlenmiştir (Zaric vd. 2015).

Başka bir çalışmada (Fidaleo vd. 2017b) sürülebilir kakaolu fındık kremasına benzeyen fakat 20-25 °C gibi daha düşük sıcaklıklarda daha akıcı olan ve dondurma için susuz

findık ve kakao esaslı macunun inceltilmesinde karıştırıcı bilyalı değirmenin enerji kullanımı ve ürün viskozitesi, partikül boyutu, duyuşal ve reolojik özellikleri incelenmiştir. Her bir kg macun için 0.03 kW'lık spesifik bir öğütme gücü ile, 22.4-30.4 µm partikül inceliğı, sırasıyla 225-150 dakikada elde edilmiştir. İnceltme süresindeki daha fazla bir artış, birçok tekstürel özellikte, özellikle ağızdaki histe önemli bir değışikliğe neden olmadığından optimal inceltmenin, 0.3 kW'lık bir güçte 150 dakika olduğu sonucuna varılmıştır.

Loncarević vd.'nin (2017) yaptıkları çalışmada ana öğütme değışkenlerinin, yani karıştırıcı şaft hızının (% 50, 75 ve 100 , yani sırasıyla 25, 37.5 ve 50 rpm) ve öğütme süresinin (30, 45 ve 60 dk.) sürülebilir kakao ürününün fiziksel ve duyuşal özelliklerinin yanı sıra, bir laboratuvar değirmenin üretim sırasında enerji tüketimi etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Karıştırıcı şaft hızının ürünün fiziksel özellikler (partikül boyutu dağılımı, reolojik ve tekstürel nitelikler) ve duyuşal özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu, öğütme enerjisi tüketiminin ise % 55.4'lük katkıda bulunması ile öğütme süresinden büyük ölçüde etkilendiğı belirlenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Çikolata ve sürülebilir kakaolu fındık kreması üretiminde toz şeker, kakao yağı (Altınmarka, Beşel Gıda, İstanbul Türkiye), kakao kitlesi (naturel ve alkalize) (Altınmarka, Beşel Gıda, İstanbul, Türkiye), yağsız süttozu (Enka Süt ve Gıda, Konya, Türkiye), tam yağlı süttozu (İzi, Konya, Türkiye), kakao tozu (Altınmarka, Beşel Gıda, İstanbul, Türkiye), bitkisel yağ (pamuk yağı (Turna, Sayınlar Gıda, Gaziantep) ve palm yağı (Besler Gıda, İstanbul, Türkiye), demineralize peyniraltı tozu (Özgüllü Gıda, Antalya, Türkiye), fındık furesi, lesitin (ayçiçek) (Brenntag Chemistry, İstanbul, Türkiye), PGPR (E476) (Palsgaard, Zierikzee, Hollanda) ve vanilin kullanılmıştır.

Ayrıca yulaf kaynaklı (Blooms, Avustralya) β -glukan konsantratu, arpa kaynaklı (Valechol, Slovenya) β -glukan konsantratu ve maya (*S. cereviciae*) hücre duvarından üretilen β -glukan konsantratu (Intewall^(R), İntegro Gıda, Türkiye), kullanılmıştır.

Örnekler 5 L kapasiteli, dönüş hızı 90 rpm olan laboratuvar tipi bilyalı değirmen (Akaygam, Akay Gıda, İstanbul, Türkiye)(Şekil3.1) kullanılarak üretilmiştir. Bilyalı değirmende yaklaşık 7 kg, çapları 6.1-6.3 mm arasında değişen bilyalar kullanılmıştır.

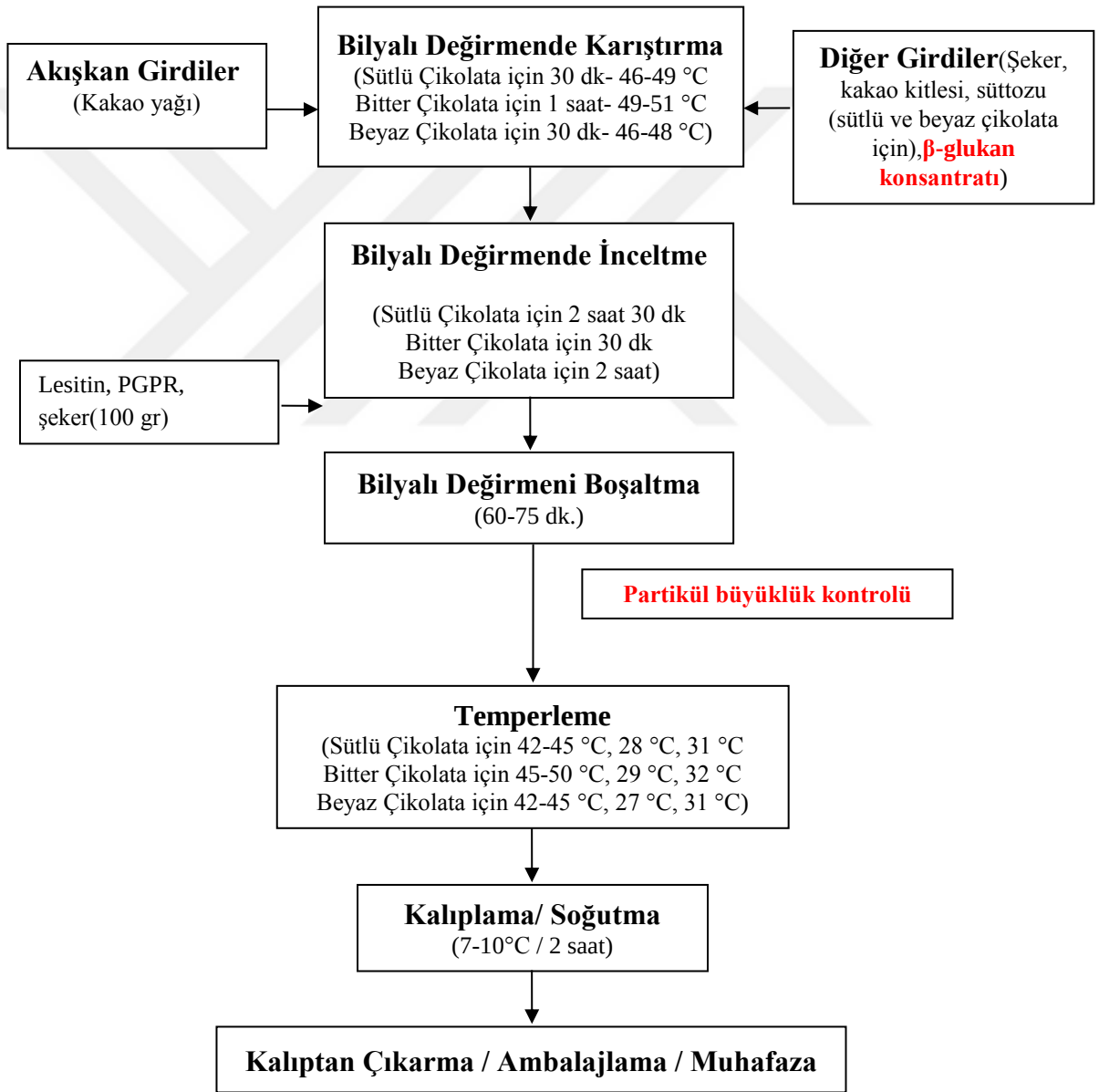


Şekil 3.1 Laboratuvar tipi bilyalı değirmen

3.2 Yöntem

3.2.1 Çikolata üretimi

Örneklerin hazırlanmasında literatür çalışmaları dikkate alınarak ön denemeler gerçekleştirilmiştir. Buna göre çikolata çeşitlerinin (sütlü, bitter ve beyaz) bilyalı öğütücü ile üretiminde akım şeması şekil 3.2’deki gibi belirlenmiştir.



Şekil 3.2 Çikolata örneklerinin hazırlanması

3.2.1.1 Sütlü ikolata retimi

Sütlü ikolata örnekleri kontrol rneği dahil olmak üzere 3 farklı kaynaklı β -glukan konsantratının şeker ikamesi olarak % 5, % 10 ve % 15 (m/m) düzeylerinde kullanılması ile toplam 10 formülasyona göre üretilmiştir (izelge 3.1).

Sütlü ikolata örnekleri için bilyalı değirmen 46 °C'ye ulaştığında formülasyonlarda (izelge 3.1) belirtilen oranlarda şeker (100 g eksik), naturel kakao kitlesi, kakao yağı, tam yağlı süttozu, yağsız süttozu ve β -glukan konsantratı tartılarak bilyalı değirmene boşaltılmıştır. Karışım 30 dk karıştırıldıktan sonra formülasyonlarda belirtilen lesitin, PGPR ve şeker (100 g) tartılarak homojen karışıma eklenmiştir.

Çizelge 3.1 Sütli çikolata örnek bileşimi (g/100g)

Bileşen	Örnek Kodları*									
	KM	MY5	MY10	MY15	MA5	MA10	MA15	MC5	MC10	MC15
Şeker	39	34	29	24	34	29	24	34	29	24
Naturel Kakao Kitlesi	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Kakao Yağı	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5
Tam Yağlı Süttozu	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Yağsız Süttozu	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Lesitin	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
PGPR	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
β-Glukan konsantratu	0	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

* : K: Kontrol örneği, M: Sütli çikolata, Y: Yulaf kaynaklı β-Glukan konsantratu, A: Arpa kaynaklı β-Glukan konsantratu, C: Maya (*S. cerevisiae*) kaynaklı β-Glukan konsantratu, 5: % 5 β-Glukan konsantratu,10: % 10 β-Glukan konsantratu,15: % 15 β-Glukan konsantratu.

Örneklerin karıştırma süreleri bilyalı değirmen içindeki heliks bölümünde karışımın sirkülasyon olmaya başladığı zaman olarak belirlenmiştir (Şekil 3.3). Çünkü örnek bileşenleri sıvı hale gelerek bilyalı değirmen içinde ve heliks bölümünde sirküle olmaya başlar.

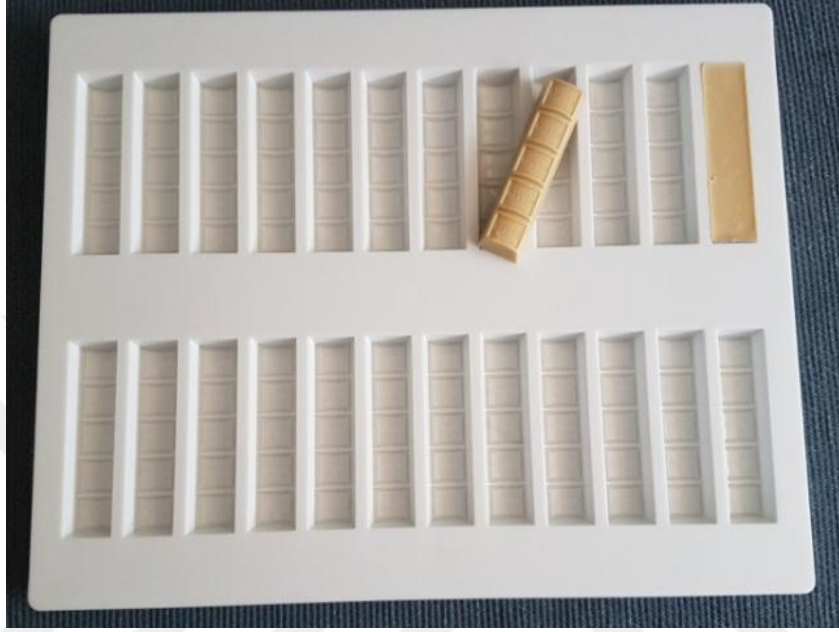


Şekil 3.3 Bilyalı değirmen heliks bölümü sirkülasyonu

Karıştırma aşamasından sonra sütlü çikolata örnekleri için toplam 2 saat 30 dk inceltme ve konçlama işlemi uygulanmıştır. İnceltme işleminden sonra çikolata karışımı bilyalı değirmenden yaklaşık 60-75 dakikada boşaltılmış ve 1/3'ü tartılarak buzdolabında 1 saat muhafaza edilmiştir. Kalan 2/3 ise ortam sıcaklığında bırakılmıştır.

Temperleme işleminde 2/3 oranında ayrılmış sütlü çikolata karışımı 42-45 °C'ye benmari usulü eritilmiştir. Daha önce ayrılan 1/3 oranındaki karışımın ise boyutları küçültülerek eritilmiş karışıma yavaş yavaş eklenmiş ve sıcaklık 28 °C'ye gelinceye kadar karıştırılarak soğutulmuştur. Karışım kalıplama sıcaklığı olan 31 °C'ye ısıtılmış ve kalıplara dökülmüştür. Kalıplarda titreşim uygulayarak hava kabarcıklarının uzaklaştırılması sağlanmıştır.

Temperlenen ikolatalar 15x20x100 mm boyutlarındaki kalıplara dökülmüştür (Şekil 3.4) ve 7-10 °C’de yaklaşık 2 saat soğutulmuştur. Soğuyan kalıplardan çıkarılan ikolatalar alüminyum folyo ile sarılıp ortam sıcaklığında muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.4 ikolata kalıbı

3.2.1.2 Bitter ikolata üretimi

Bitter ikolata örnekleri kontrol örneği dahil olmak üzere 3 farklı kaynaklı β -glukan konsantratinin şeker ikamesi olarak % 5, % 10 ve % 15 (m/m) düzeylerinde kullanılması ile toplam 10 formülasyona göre üretilmiştir (Çizelge 3.2).

Bitter ikolata örnekleri için bilyalı değirmen 49 °C’ye ulaştığında formülasyonlarda (Çizelge3.2) belirtilen oranlarda şeker(100 g eksik), alkalize kakao kitlesi, naturel kakao kitlesi, kakao yağı ve β -glukan konsantrati tartılarak bilyalı değirmene boşaltılmıştır. Karışım 1 saat karıştırıldıktan sonra formülasyonlarda belirtilen lesitin, PGPR ve şeker (100 g) tartılarak homojen karışıma eklenmiştir.

Çizelge 3.2 Bitter çikolata örnek bileşimi (g/100g)

Bileşen	Örnek Kodları*									
	KB	BY5	BY10	BY15	BA5	BA10	BA15	BC5	BC10	BC15
Şeker	41.5	36.5	31.5	26.5	36.5	31.5	26.5	36.5	31.5	26.5
Kakao Yağı	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Alkalize Kakao Kitlesi	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Naturel Kakao Kitlesi	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Lesitin	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
PGPR	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
β-Glukan konsantratu	0	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

* : K: Kontrol örneği, B: Bitter çikolata, Y: Yulaf kaynaklı β-Glukan konsantratu, A: Arpa kaynaklı β-Glukan konsantratu, C: Maya (*S. cerevisiae*) kaynaklı β-Glukan konsantratu, 5: % 5 β-Glukan konsantratu,10: % 10 β-Glukan konsantratu,15: % 15 β-Glukan konsantratu.

Karıştırma aşamasından sonra bitter çikolata örnekleri için 30 dk inceltme işlemi uygulanmıştır. Üretim parametrelerinden olan inceltme süreleri, karışımda partikül boyut kontrolü yapılarak belirlenmiştir. Bunun için el mikrometresi kullanılmıştır (Fidaleo vd. 2017a).

İnceltme işleminden sonra çikolata karışımı bilyalı değirmenden yaklaşık 60-75 dakikada boşaltılmış ve 1/3'ü tartılarak buzdolabında 1 saat muhafaza edilmiştir. Kalan 2/3 ise ortam sıcaklığında bırakılmıştır.

Temperleme işleminde 2/3 oranında ayrılmış bitter çikolata karışımı 45-50 °C'ye, benmari usulü eritilmiştir. Daha önce ayrılan 1/3 oranındaki karışımın ise boyutları küçültülerek eritilmiş karışıma yavaş yavaş eklenmiş ve sıcaklık 29 °C'ye gelinceye kadar karıştırılarak soğutulmuştur. Karışım kalıplama sıcaklığı olan 32 °C'ye ısıtılmış ve kalıplara dökülmüştür. Kalıplarda titreşim uygulayarak hava kabarcıklarının uzaklaştırılması sağlanmıştır. Temperlenen çikolatalar 7-10 °C'de yaklaşık 2 saat soğutulmuştur. Soğutma sonrası kalıplardan çıkarılan çikolatalar alüminyum folyo ile sarılıp ortam sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

3.2.1.3 Beyaz Çikolata üretimi

Beyaz çikolata örnekleri kontrol örneği dahil olmak üzere 3 farklı kaynaklı β -glukan konsantratinin şeker ikamesi olarak % 5, % 10 ve % 15 (m/m) düzeylerinde kullanılması ile toplam 10 formülasyona göre üretilmiştir (Çizelge 3.3).

Beyaz çikolata örnekleri için bilyalı değirmen 46 °C'ye ulaştığında formülasyonlarda (Çizelge 3.3) belirtilen oranlarda şeker (100 g eksik), kakao yağı, tam yağlı süttozu, yağsız süttozu ve β -glukan konsantrati tartılarak bilyalı değirmene boşaltılmıştır. Karışım 30 dk karıştırıldıktan sonra formülasyonlarda belirtilen lesitin, PGPR ve şeker (100 g) tartılarak homojen karışıma eklenmiştir.

Çizelge 3.3 Beyaz çikolata örnek bileşimi (g/100g)

Bileşen	Örnek Kodları*									
	KW	WY5	WY10	WY15	WA5	WA10	WA15	WC5	WC10	WC15
Şeker	44.5	39.5	34.5	29.5	39.5	34.5	29.5	39.5	34.5	29.5
Kakao Yağı	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Tamyağlı Süttozu	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Yağsız Süttozu	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Lesitin	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
PGPR	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
β-Glukan konsantratu	0	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

* : K: Kontrol örneği, W: Beyaz çikolata, Y: Yulaf kaynaklı β-Glukan konsantratu, A: Arpa kaynaklı β-Glukan konsantratu, C: Maya (*S. cerevisiae*) kaynaklı β-Glukan konsantratu, 5: % 5 β-Glukan konsantratu,10: % 10 β-Glukan konsantratu,15: % 15 β-Glukan konsantratu.

Karıştırma aşamasından sonra sütlü çikolata örnekleri için 2 saat inceltme işlemi uygulanmıştır. İnceltme işleminden sonra çikolata karışımı bilyalı değirmenden yaklaşık 60-75 dakikada boşaltılmış ve 1/3'ü tartılarak buzdolabında 1 saat muhafaza edilmiştir. Kalan 2/3 ise ortam sıcaklığında bırakılmıştır.

Temperleme işleminde 2/3 oranında ayrılmış beyaz çikolata karışımı 42-45 °C'ye benmari usulü eritilmiştir. Daha önce ayrılan 1/3 oranındaki karışımın ise boyutları küçültülerek eritilmiş karışıma yavaş yavaş eklenmiş ve sıcaklık 27 °C'ye gelinceye kadar karıştırılarak soğutulmuştur. Karışım kalıplama sıcaklığı olan 31 °C'ye ısıtılmış ve kalıplara dökülmüştür. Kalıplarda titreşim uygulayarak hava kabarcıklarının uzaklaştırılması sağlanmıştır. Temperlenen çikolatalar 7-10 °C'de yaklaşık 2 saat soğutulmuştur. Soğutma sonrası kalıplardan çıkarılan çikolatalar alüminyum folyo ile sarılıp ortam sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

3.2.2 Sürülebilir kakaolu fındık kreması üretimi

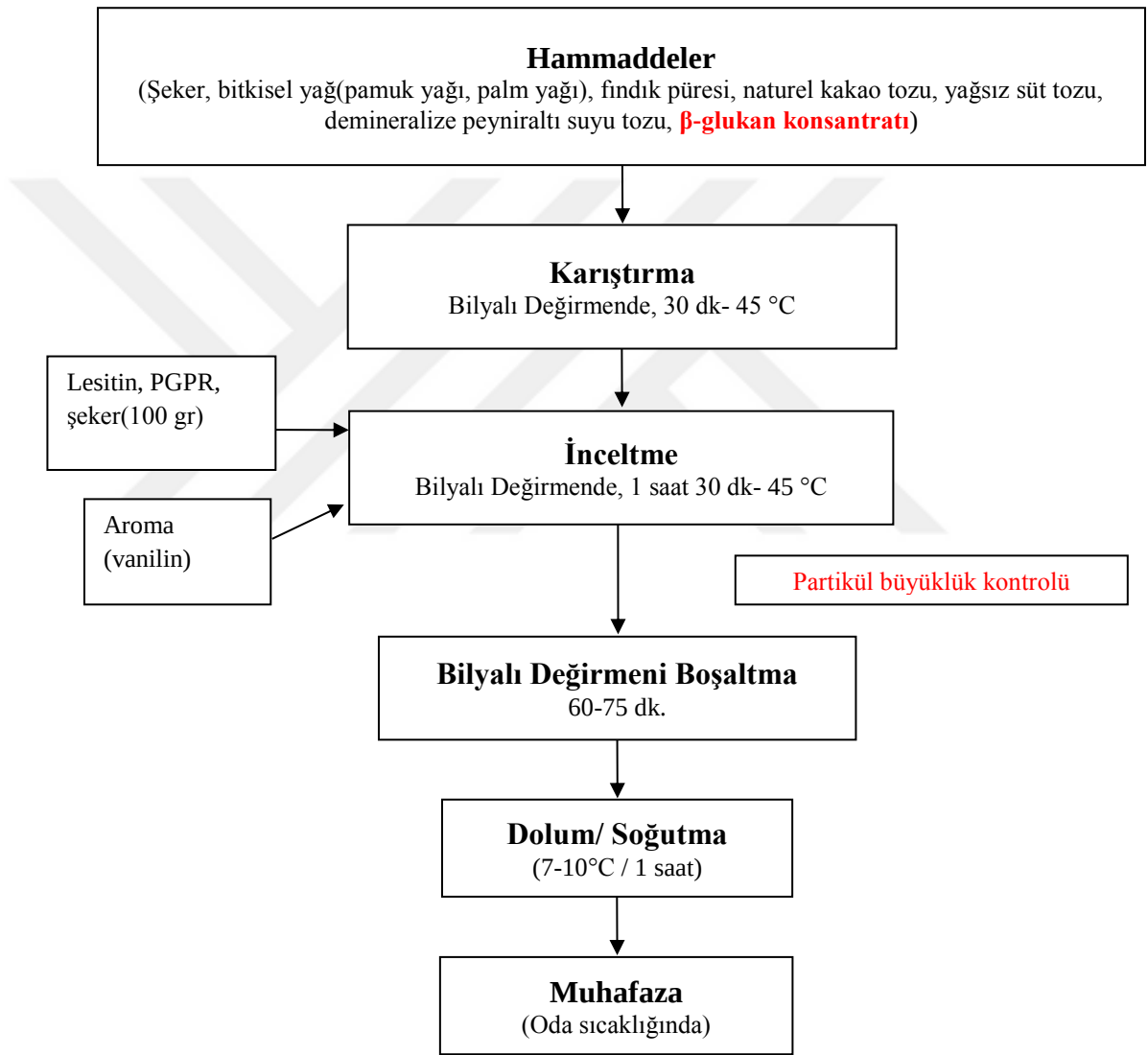
Örneklerin hazırlanmasında literatür çalışmaları dikkate alınarak ön denemeler gerçekleştirilmiştir. Buna göre bilyalı öğütücü ile yapılan üretimde akım şeması şekil 3.5'teki gibi belirlenmiştir.

Sürülebilir kakaolu fındık kreması üretiminde çizelge 3.4'te yer alan formülasyon kullanılmıştır.

Sürülebilir kakaolu fındık kreması örnekleri kontrol örneği dahil olmak üzere 3 farklı kaynaklı β -glukan konsantratinin şeker ikamesi olarak % 5, % 10 ve % 15 (m/m) düzeylerinde kullanılması ile toplam 10 formülasyona göre üretilmiştir (Çizelge 3.4).

Sürülebilir kakaolu fındık kreması formülasyonunda belirtilen bileşenlerden 100 g şeker, lesitin ve aroma (vanilin) dışındaki bileşenler tartılmış ve bilyalı değirmende 30 dakika karıştırılmıştır. İnceltme süresini etkilemeyen ve endüstriyel ölçekte üretimde kullanılan sıcaklık esas alınarak bilyalı değirmenin çalışma sıcaklığı 45 °C'ye

ayarlanmıştır. (Fidaleo vd. 2017a). Karıştırma aşamasından sonra önceden tartılıp ayrılan şeker ve lesitin eklenerek 1 saat 30 dakika inceltme işlemi uygulanmıştır. İnceltme aşamasının son 5 dakikasında aroma eklenmiştir. Daha sonra ürün makinadan çıkartılmıştır. Kavanozlara doldurulan sürülebilir kakaolu fındık kreması örnekleri üretim sonrası 1 saat 7-10 °C dolapta bekletilmiş ve daha sonra oda sıcaklığında analizler için muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.5 Sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin akım şeması

Çizelge 3.4Sürülebilir kakaolu fındık kreması örnek bileşimleri (g/100g)

Bileşen	Örnek Kodları*									
	KS	SY5	SY10	SY15	SA5	SA10	SA15	SC5	SC10	SC15
Şeker	45	40	35	30	40	35	30	40	35	30
Bitkisel Yağ (Pamuk yağı, palm yağı)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Fındık Püresi	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5
Naturel Kakao Tozu	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
Yağsız Süttozu	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Demineralize Peyniraltı Suyu Tozu	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Lesitin	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Aroma(vanilin)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
β-Glukan konsantratı	0	5	10	15	5	10	15	5	10	15
TOPLAM	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

* : K: Kontrol örneği, S: Sürülebilir Kakaolu Fındık Kreması, Y: Yulaf kaynaklı β-Glukan konsantratı, A: Arpa kaynaklı β-Glukan konsantratı, C: Maya (*S. cerevisiae*) kaynaklı β-Glukan konsantratı, 5: % 5 β-Glukan konsantratı,10: % 10 β-Glukan konsantratı,15: % 15 β-Glukan konsantratı.

3.3 Analiz Yöntemleri

3.3.1 β -glukan kaynaklarında yapılan analizler

3.3.1.1 Kül tayini

β -glukan konsantratlarının kül tayinleri, Magmaterm (Türkiye) markalı kül fırınında önceden sabit tartıma getirilmiş krozelere 2-5 g arasında tartılan örneklerin 900 °C’de yaklaşık 4 saat yakılması ile yapılmıştır. Analizler 3 paralel olarak yapılmıştır. Desikatörde soğutulan örneklerin yakma sonrası tartımları yapılmış ve kül miktarları hesaplanmıştır.

3.3.1.2 Nem tayini

β -glukan konsantratlarının nem tayini için Pol-Eko Aparatura (Polonya) marka 20-300°C aralığında çalışan etüv kullanılmıştır. Örnekler önceden temizlenmiş, etüvde kurutulmuş petri kaplarına numaralandırılarak hassas terazide 2-5 g arasında 3 paralel olarak tartılmıştır. Örnekler 130±2 °C’ye ayarlanmış etüvde sabit tartıma gelinceye kadar yaklaşık 4 saat kurutulmuştur. Desikatörde soğutulan örneklerin kurutma sonrası tartımları yapılmış ve nem miktarları hesaplanmıştır.

3.3.1.3 β -glukan miktarı tayini

Ticari olarak satışı yapılan yulaf kaynaklı (Blooms, Avustralya), arpa kaynaklı (Valechol, Slovenya) ve maya kaynaklı (Intewall^(R), Türkiye) konsantratların içerdikleri β -glukan miktarları ticari kit (Megazyme, İrlanda) kullanılarak enzimatik ve spektrofotometrik olarak ölçülmüştür.

Yulaf ve arpa kaynaklı β -glukan konsantratı örneklerinde un veya kepek örneklerine uygun karışık bağlı ((1-3)(1-4))- β -D-glukan analizinin yapılmasında ise K-BGLU 05/15

kodlu ürün, maya kaynaklı β -glukan konsantratu örneğinde (1,3)(1,6)- β -glukan analizinin yapılmasında ise K-EBHLG 02/1715 kodlu ürün kullanılmıştır.

Standart olarak kitlere dahil olarak verilen ve β -glukan miktarları bilinen yulaf, arpa ve maya tozları kullanılmıştır. Hazır kitlere ait test prosedürlerinde belirtildiği şekilde hazırlanan çözeltiler ile örnekler muamele edilmiş ve Shimadzu markalı spektrofotometre (UV-1280 UV-VIS, Japonya)'de 510 nm'de absorbansları okunmuştur. Hesaplamalar, Megazyme Mega-Calc™ kullanılarak yapılmış ve β -glukan konsantratlarının β -glukan miktarları 100 g'da nemli ve kuru ağırlık üzerinden bulunmuştur.

3.3.2 Çikolata ve sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinde yapılan analizler

3.3.2.1 Partikül boyutu analizi

0-25 mm ölçüm aralığında ve 0.001 mm hassasiyette dijital mikrometre IP65 (Mitutoyo, Tokyo, Japonya) ile örneklerde partikül boyut ölçümleri D_{90} parametresi belirlenerek yapılmıştır (Şekil 3.6) (Lucisano vd. 2006, Löser 2009, Fidaleo vd. 2017a). D_{90} değeri partiküllerin % 90'ının küçük olduğu çap değerini göstermektedir. Partikül boyutu ölçümleri çikolata çeşitlerinde ikişer örnekte üçer ölçüm yapılarak, sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinde ise 5 paralel ölçüm yapılarak tekrarlanmıştır.



Şekil 3.6 Dijital mikrometre

3.3.2.2 Kül tayini

Kül, bir gıda maddesinde organik maddenin tamamen yanmasından veya tamamen oksidasyonundan sonra kalan inorganik kalıntılar anlamına gelir (Marshall 2010).

Çikolata ve sürülebilir kakaolu findık kreması örneklerinin kül tayinleri Magmaterm (Türkiye) markalı kül fırınında (Şekil 3.7) yapılmıştır. 5-10 g arasında tartılan örnekler 350-400 °C’de ön yakma işleminden sonra 600 °C’de 6 saat yakılmıştır. Analizler 3 paralel olarak yapılmış ve ortalama kül miktarları hesaplanmıştır.



Şekil 3.7 Kül fırını

3.3.2.3 Nem tayini

Çikolata ve sürülebilir kakaolu findık kreması örneklerinde nem tayini için Pol-Eko Aparatura (Polonya) marka 20-300 °C aralığında çalışan etüv kullanılmıştır.

Çikolata örnekleri nem tayini öncesinde dolapta bir süre bekletilerek soğutulmuş ve plastik rende ile rendelenmiş ve homojen hale getirilmiştir. Rendelenmiş çikolata örnekleri ve sürülebilir kakaolu findık kreması örnekleri daha sonra önceden temizlenmiş, etüvde kurutulmuş ve sabit tartıma getirilmiş petri kaplarına numaralandırılarak hassas terazide 2-5 g arasında 2 paralel olarak tartılmıştır (Şekil 3.8). Örnekler 105±2 °C’ye ayarlanmış etüvde sabit tartıma gelinceye kadar yaklaşık 6

saat kurutulmuştur (Cemeroğlu 2007). Desikatörde soğutulan örneklerin kurutma sonrası tartımları yapılmış ve nem miktarları hesaplanmıştır.



Şekil 3.8 Örneklerin etüvde nem tayini

3.3.2.4 Su aktivitesi analizi

Çikolata ve sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin su aktivitesi ölçümleri Novasina LabTouch-aw (Novasina, Switzerland) markalı su aktivitesi ölçüm cihazı ile yapılmıştır (Şekil 3.9). Çikolata örnekleri önce dolapta bir süre bekletilerek soğutulmuş, plastik rende ile rendelenmiş ve homojen hale getirilmiştir. Homojen hale getirilen çikolata ve sürülebilir kakaolu fındık kreması örnekleri cihazın örnek kabına belirtilen sınır çizgiye kadar konularak 25 °C’de su aktivitesi ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Su aktivitesi analizi her örnekte 3 paralel yapılmıştır.

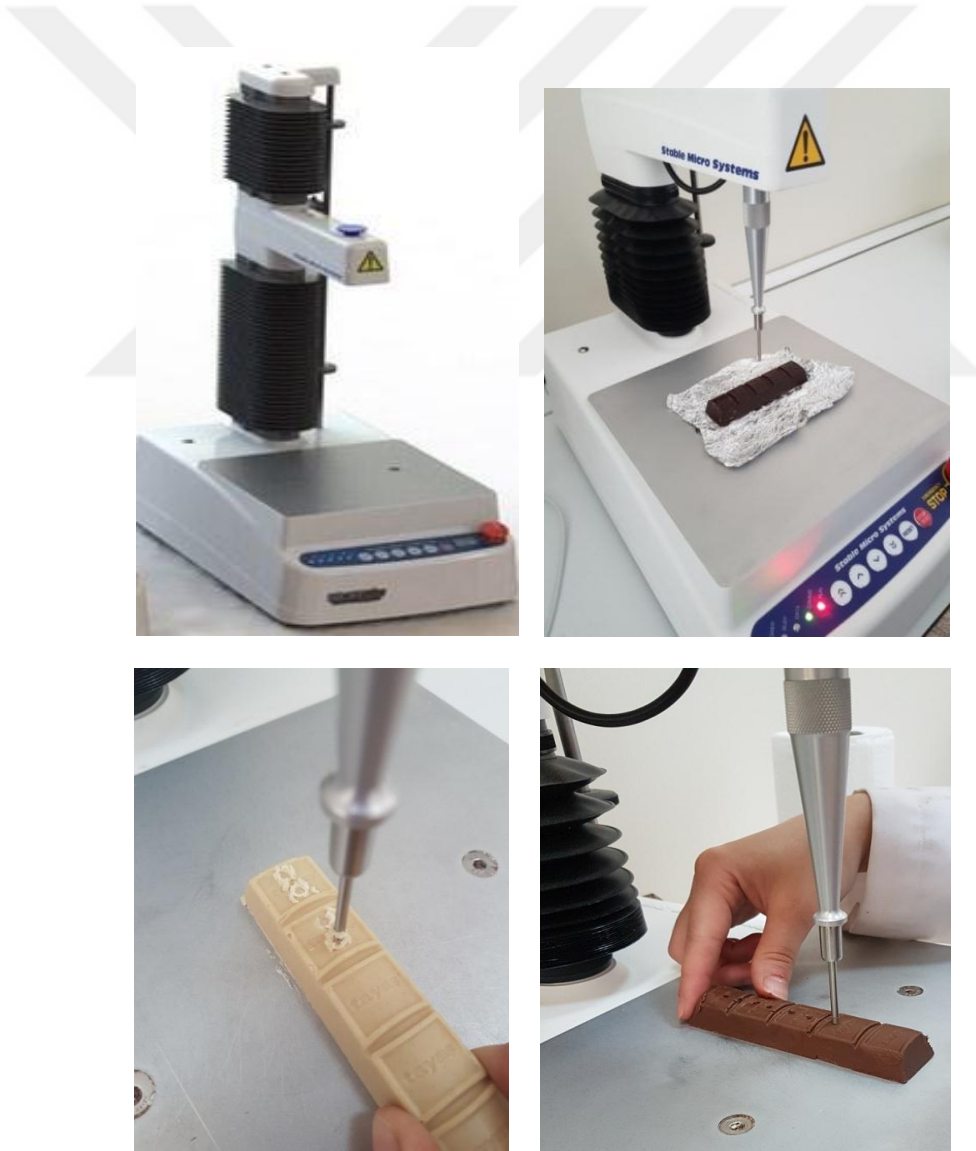


Şekil 3.9 Su aktivitesi ölçüm cihazı

3.3.2.5 Tekstür analizi

3.3.2.5.1 Çikolata Örneklerinin Tekstür analizi

Çikolata örneklerinin penetrasyon tekniği ile sertlik (hardness) değerleri Texture Analyzer Model TA.XT-plus (İngiltere) cihazı kullanılarak ölçülmüştür (Şekil 3.10). Ölçümde 3 mm silindir prob (P/3) kullanılmıştır. Tekstür ölçüm parametreleri Ali vd. (2001)'ne göre modifiye edilerek saptanmıştır. Tekstür analizi cihazının çalışma koşulları çizelge 3.5'te gösterilmiştir. Örneklerde 5-6 noktadan ölçüm yapılmış ve bir örnekte ortalama sertlik (N) hesaplanmıştır. 2 paralel olarak analizler tekrarlanmıştır.



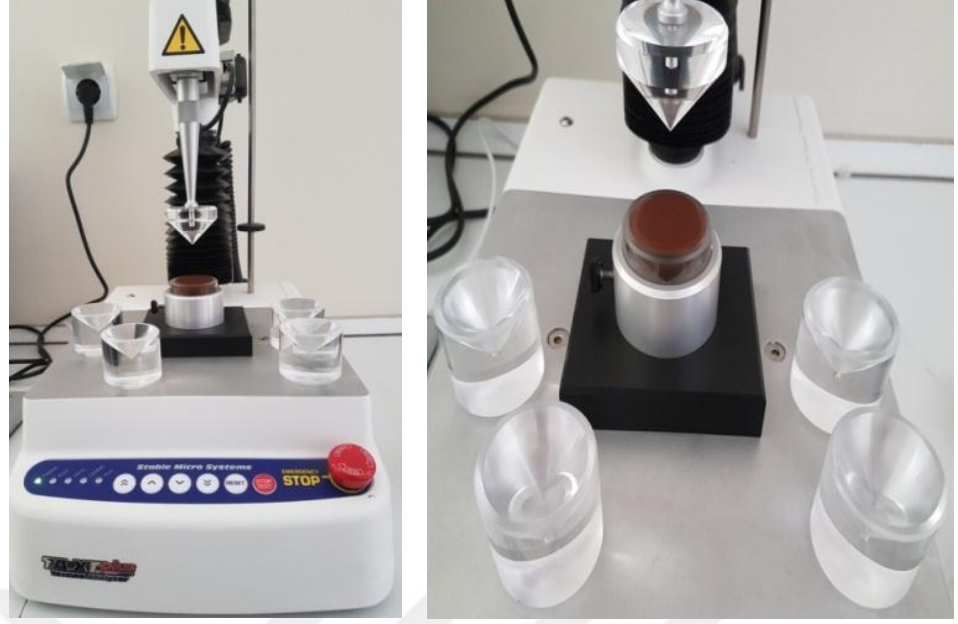
Şekil 3.10 Tekstür analiz cihazı ve çikolata çeşitleri için kullanılan prob

Çizelge 3.5 Teksür analiz cihazı çalışma koşulları (çikolata çeşitleri için)

Metot Koşulu	Değer
Test Modu	Sıkıştırma
Ön Test Hızı	1.00 mm/sn
Test Hızı	1.00 mm/sn
Post Test Hızı	10.00 mm/sn
Hedef Modu	Uzaklık
Uzaklık	5 mm
Tetik Tipi	Auto Force
Tetik Gücü	5.0 g
Kırma Modu	Kapalı
Dara Modu	Otomatik
İleri seçenekler	Açık
Kontrol Fırını	Devredışı

3.3.2.5.2 Sürülebilir Kakaolu Fındık Kreması Örneklerinin Tekstür analizi

Sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin tekstürel özellikleri Texture Analyzer Model TA.XT-plus (İngiltere) cihazı kullanılarak ölçülmüştür (Şekil 3.11). Ölçümde Ağır Hizmet Platformu (HDP/90) kullanılan TTC Sürülebilirlik Eldesi (HDP/SR) içeren prob ve Stable Micro Systems referans uygulamaların parametreleri kullanılmıştır. Örneklerin tekstür analizinde sıklık (firmness) (g), kesme (work of shear) (g.s), yapışkanlık (stickiness) (g), yapışma (work of adhesion) (g.s) değerleri ölçülmüştür. Tekstür analizleri 5 paralel olarak tekrarlanmıştır.



Şekil 3.11 Tekstür analiz cihazı ve sürülebilir ürün probu

Tekstür analizi cihazının çalışma koşulları çizelge 3.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.6 Teksür analiz cihazı çalışma koşulları (sürülebilir ürünler için)

Metot Koşulu	Değer
Test Modu	Sıkıştırma
Ön Test Hızı	1.00 mm/sn
Test Hızı	3.00 mm/sn
Post Test Hızı	10.00 mm/sn
Hedef Modu	Uzaklık
Uzaklık	23 mm
Tetik Tipi	Auto Force
Tetik Gücü	5.0 g

3.3.2.6 Duyusal analiz

Çikolata ve sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin duyusal değerlendirilmesinde kullanılmak üzere literatür çalışmaları araştırılarak puanlama prosedürleri modifiye edilerek oluşturulmuştur (Popov-Raljić ve Laličić-Petronijević 2009, Özgüven 2014).

Çikolata ve sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin duyuşal değerdendirmeşinde Duyusal Değerdendirme Puanlama Prosedürleri kullanılmıştır (Çizelge 3.7, Çizelge 3.9). Panelistlere duyuşal değerdendirme öncesinde örneşlerde değerdendirmeleri istenen duyuşal özellikler ve puanlarının tanımları hakkında kısa bilgi verilmiştir. Panelistlerden yaptıkları duyuşal analizde 3 haneli rastgele sayılarla kodlanmış ilgili örneşlerin olduğu Puanlama Testi Panel Formu Örneğini doldurmaları istenmiştir (Çizelge 3.8, Çizelge 3.10).

Yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren çikolata örneşlerinin duyuşal analizleri 14 panelist, arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren çikolata örneşlerinin duyuşal analizleri 15 panelist, maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren çikolata örneşlerinin duyuşal analizleri ise 17 panelist tarafından yapılmıştır.

Çizelge 3.7 ikolata çeşitlerinin duyuşal değerdendirme puanlama prosedürü

Temel Duyusal Özellikler	Puan	Değerdendirilen özelliğin tanımı
Görünüm (renk, parlaklık, yüzey)	5	Pürüzsüz, parlak yüzey; kusursuz renk dağılımı; homojen ve düzgün çikolata yapısı
	4	Pürüzsüz parlak yüzeyden çok hafif azalma; iyi renk dağılımı; homojen ve düzgün çikolata yapısı
	3	Yetersiz parlak yüzey; bozuk renk dağılımı, hava kabarcıkları (az sayıda); önemsiz ambalaj hasarı
	2	Pürüzlü ve/veya mat yüzey; yüzeyde hafif beyazlıklar (şeker ya da yağ çiçeklenmesi); çok sayıda hava kabarcıkları, ambalaj hasarı
	1	Tamamen pürüzlü ve/veya mat yüzey; yüzeyde gri-beyaz lekelerin fazla görölmesi; homojen ve düzgün olmayan renk; ambalaj hasarı
Tekstür (Doku) (yapı, sıklık)	5	İdeal sertlik ve gevreklikte
	4	Sertlik ve gevreklikte biraz azalma; yumuşak yapı
	3	Sertlik ve gevreklik uygunsuz; daha yumuşak yapı
	2	Sertlik ve gevreklik çok az; çok yumuşak yapı
	1	Sertlik ve gevreklik yok; gevşek yapı

Çizelge 3.7 Çikolata çeşitlerinin duyuşal değerdendirme puanlama prosedürü (devam)

Çiğneme ve Diğer Tekstürel Özellikler	5	Uygun çiğneme; ağızda homojen eriyen yumuşak yapı; yayılabilir kıvam
	4	İyi çiğnenebilirlik; ağızda daha yavaş erime ve yayılabilme
	3	Orta düzeyde çiğnenebilirlik; zayıf kumsu taneli yapı düşük yayılabilme;
	2	Zor çiğnenebilirlik; ağızda çok yavaş erime; kumsu, taneli yapı; yapışkanlık
	1	Çok yavaş erime; çok kumsuluk; yapışkanlık
Koku	5	Kendine özgü, aromatik(kakao, süt vb.); güçlü aroma
	4	Kendine özgü, aromatik
	3	Zayıf aromatik
	2	Uygun olmayan aroma; ekşimsi
	1	Yabancı koku; ekşi; küflü
Tat (damak tadı)	5	Kendine özgü tipik çikolata lezzetinde ve tatlılığında
	4	Çikolata lezzet ve tadında azalma
	3	Lezzet ve tat çok az
	2	Belirgin yabancı lezzet oluşumu
	1	Kabul edilemez derecede rahatsız edici yabancı lezzet, bozulmuş tat
Genel Değerlendirme	5	Çok iyi
	4	İyi
	3	Orta
	2	Kötü
	1	Çok kötü

Çizelge 3.8 Çikolata çeşitlerinin puanlama testi panel formu örneğı

Duyusal Özellik	Örnek Kodları			
Görünüm				
Tekstür (doku)				
Çiğneme				
Koku				
Tat				
Genel Değerlendirme				

Çizelge 3.9 Sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin duyuusal değerlendirme puanlama prosedürü

Temel Duyusal Özellikler	Puan	Değerlendirilen özelliğin tanımı
Görünüm	5	Pürüzsüz, parlak yüzey, kusursuz renk dağılımı
	1	Tamamen pürüzlü, mat yüzey, homojen ve düzgün olmayan renk
Sürülebilirlik	5	Kolay sürülebilirlik ve ideal kıvam
	1	Zayıf sürülebilirlik, sert yapı
Tekstür ve Yapısal Özellikler (Ağızda bıraktığı izlenim)	5	Ağızda homojen eriyen yumuşak yapı; yayılabilir
	1	Çok yavaş erime; çok kumsuluk; yapışkanlık
Koku	5	Kendine özgü, aromatik (kakao, fındık, süt vb.) ; güçlü aroma
	1	Yabancı koku; ekşi; bozuk
Tat	5	Kendine özgü lezzet ve tatlılıkta
	1	Kabul edilemez derecede rahatsız edici yabancı lezzet, bozulmuş tat
Genel Değerlendirme	5	Çok iyi
	4	İyi
	3	Orta
	2	Kötü
	1	Çok kötü

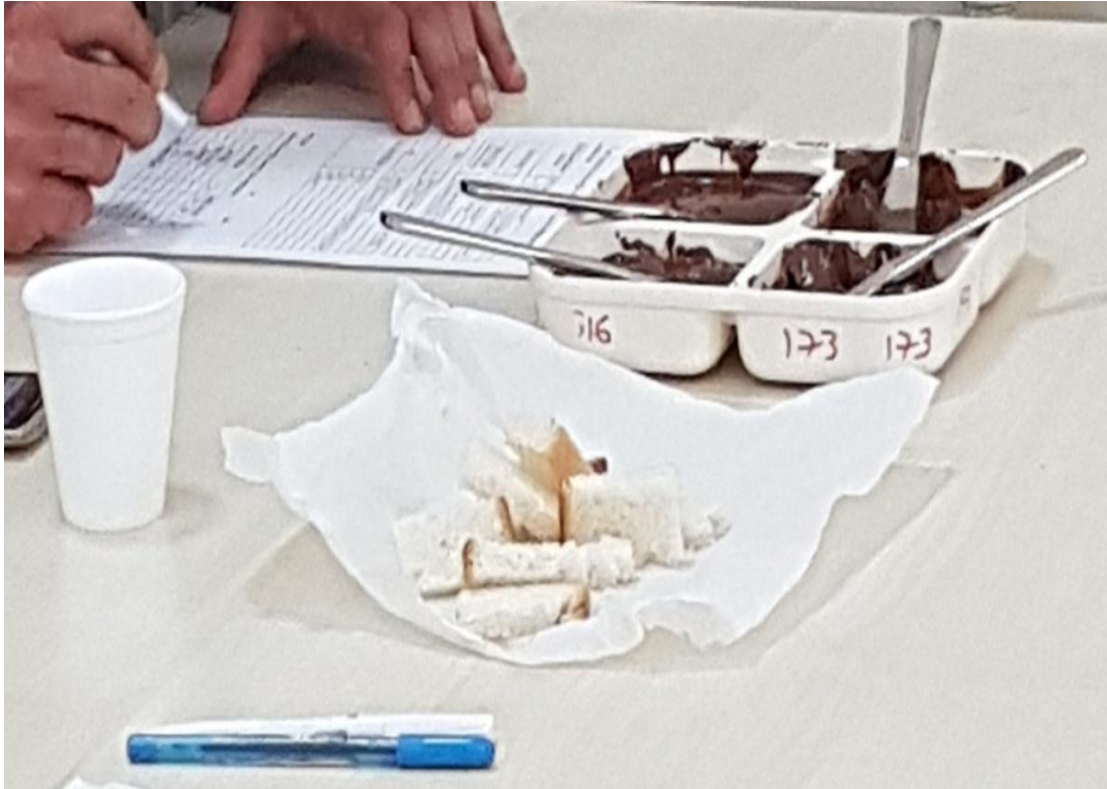
Çizelge 3.10 Sürülebilir kakaolu fındık kremasının örneklerinin puanlama testi panel formu örneği

Duyusal Özellik	Örnek Kodları			
Görünüm				
Sürülebilirlik				
Tekstür ve Yapısal Özellikler				
Koku				
Tat				
Genel Değerlendirme				

Şekil 3.12-3.13'te panelistlere çikolata ve sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin sunumu gösterilmiştir.



Şekil 3.12 Çikolata örneklerinin duysal analizde panelistlere sunumu



Şekil 3.13 Sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin duysal analizde panelistlere sunumu

Yulaf ve arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin duyusal analizleri 12 panelist, maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin duyusal analizleri ise 10 panelist tarafından yapılmıştır.

3.3.2.7 Renk analizi

Çikolata ve sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin renk analizleri renk ölçüm cihazı Minolta CM-2500d (Chroma Meter CR-400, Konica Minolta, Japan) kullanılarak ölçülmüştür.

Oda sıcaklığında muhafaza edilen örneklerin renk parametreleri CIE Lab renk sistemine göre; L^* , a^* , b^* , chroma, hue açısı olup, kolorimetrik yöntem ile belirlenmiştir. Renk ölçümlerinde örneklerin L^* (parlaklık, aydınlık), a^* (kırmızılık/yeşillik) ve b^* (sarılık/mavilik) değerleri tespit edilmiştir. L^* değeri 0-100 arasında değişen bir değerdir. Analizler 3 paralel olarak yapılmıştır. a^* koordinatları kırmızı-yeşil eksen boyunca kromanın bir göstergesidir. b^* koordinatları ise sarı-mavi eksen boyunca kromanın bir ölçüsüdür.

Kroma (C^*) (parlaklık/matlık, renk yoğunluğu) ve hue açısı (h°) (renk açısı) değerleri eşitlikler (3.1-3.2) kullanılarak hesaplanmıştır;

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (3.1)$$

$$h^\circ = \arctan (b^*/a^*) \quad (3.2)$$

3.3.2.8 Fat blooming (çiçeklenme) belirlenmesi

Çikolata örneklerinde fat blooming belirlenmesi amacıyla Torbica vd. (2014) tarafından kullanılan yöntem ve kolorimetre ile gerçekleştirilen ölçümlerde elde edilen L^* , a^* , b^* değerleri eşitlik (3.3) kullanılarak beyazlık indeksi (WI) hesaplanmıştır.

Çikolata örneklerinin kolorimetre cihazı ile ölçülen L^* , a^* , b^* değerleri hesaplanarak beyazlık indeksi belirlenmektedir (Briones ve Aguilera 2005, Nopens vd. 2008).

$$WI = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2} \quad (3.3)$$

3.3.2.9 Reolojik analiz

Çikolata örneklerinin reolojik özellikleri, reometre (TA Instruments, Discovery HR-2 Rheometers, Amerika) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, ICA (International Confectionery Association) tarafından önerilen metod kullanılmıştır. Çikolata örneklerinin reolojik analizi 40 °C’de belirlenmektedir. Örneklerde kayma hızının etkisini incelemek için 0.1-100 s⁻¹ kayma hızı aralığında her örnekte iki tekrar yapılarak reolojik ölçümler uygulanmıştır. Ölçümlerde kayma hızı 0.1 1/s’den 100 1/s’e gitmekte ve sonra beklemeden 100 s⁻¹’den 0.1 s⁻¹’e dönmektedir. Örnekler çok basamaklı kayma hızı programı uygulanmıştır. Ölçümlerde 0-100 s⁻¹ kayma hızı aralığında 100 noktada kayma gerilimi ve viskozite değeri belirlenmiştir. Elde edilen verilerden akış eğrisi ve viskozite eğrisi çizilerek, örneğin reolojik davranışı modellenmiştir.

Elde edilen veriler Casson modeline uyarlanarak ilgili parametreler hesaplanmıştır.

$$\tau^{0.5} = \tau_0^{0.5} + \eta_{pl} \gamma^n$$

burada τ , kayma gerilimini; γ , kesme hızını, τ_0 , akış için gerekli basıncı (yield stress); η_{pl} , plastik viskozite değerini ifade etmektedir.

3.3.2.10 Erime profili

Örneklerin erime profili analizinde diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) (TA Q20, Instruments New Castle, USA) kullanılmıştır (Vasanthan ve Bhatta 1996, Afoakwa vd. 2008a).

Çikolata örnekleri (5-10 mg) 40 mL kapasiteli yassı alüminyum kaplara yerleştirilerek basınçla hermetik olarak kapatılmıştır. Kaplar N₂ akımında Sıcaklık 5 °C'den 50 °C'ye 10 °C/dakika ısıtılacak şekilde ayarlanmıştır. Başlangıç sıcaklığı (T_{ilk}), pik sıcaklık (T_{pik}), son sıcaklık (T_{son}) ve örneklerin tamamen erimesi için gerekli olan enerji (ΔH), ölçümlerden elde edilen termogramlar kullanılarak hesaplanmıştır.

3.3.3 İstatistik analiz

Deneyler sonucunda toplanan veriler IBM SPSS Statistics 21 software istatistik paket programı kullanılarak tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirilmiştir. Hangi gruplar arasında farklılık olduğunun tespiti ise Tukey testi kullanılarak yapılmış ve farklılıkların düzeyleri ortaya konulmuştur ($p < 0.05$). İstatistiksel analizlerde α değeri, 0.05 olarak belirlenmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 β -glukan kaynaklarında yapılan analizlerin sonuçları

4.1.1 Nem ve kül tayini sonuçları

Tez kapsamında kullanılan yulaf kaynaklı (Blooms, Avustralya), arpa kaynaklı (Valechol, Slovenya) ve maya kaynaklı (Intewall^(R), Türkiye) β -glukan konsantratlarının ortalama nem ve kül miktarları çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 β -glukan konsantratlarının kül ve nem tayini sonuçları

β -glukan konsantratı	Nem*	Kül*
Yulaf kaynaklı	6.16 $\pm$ 0.11	3.90 $\pm$ 0.02
Arpa kaynaklı	11.20 $\pm$ 0.02	1.52 $\pm$ 0.01
Maya (<i>S. cerevisiae</i>) kaynaklı	5.63 $\pm$ 0.03	4.71 $\pm$ 0.02

* : Analiz sonuçları ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde verilmiştir.

Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi en düşük nem miktarı maya kaynaklı β -glukan konsantratında en yüksek nem miktarı ise arpa kaynaklı β -glukan konsantratında tespit edilmiştir. En düşük kül miktarı arpa kaynaklı β -glukan konsantratında, en yüksek kül miktarı ise maya kaynaklı β -glukan konsantratında tespit edilmiştir ($p < 0.05$).

4.1.2 β -glukan miktarı tayini sonuçları

Tez kapsamında kullanılan yulaf kaynaklı, arpa kaynaklı ve maya kaynaklı konsantratların β -glukan analizi ticari kit kullanılarak enzimatik ve spektrofotometrik olarak ölçülmüş ve sonuçlar çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2 β -glukan konsantratlarının β -glukan miktarları

β -glukan konsantratı	β -glukan (g/100 g yaş ağırlık)	β -glukan (g/100 g kuru ağırlık)
Yulaf kaynaklı	15.56	16.58
Arpa kaynaklı	10.26	11.56
Maya (<i>S. cerevisiae</i>) kaynaklı	8.61	9.12

Tez çalışması ile, 25 g üründe günlük tavsiye edilen β -glukan miktarını karşılayabilecek düzeyde β -glukan ilavesi ile sütlü, bitter ve beyaz çikolatalar ve sürülebilir kakaolu fındık kremasının geliştirilmesi hedeflenmiştir. Çünkü, çikolata için önerilen birporsiyon (serving size) 25 g/gün olarak belirtilebilir (Konar vd. 2016). Çizelge 4.2’de görülen analiz sonuçlarına göre 3 farklı β -glukan konsantratından % 5, % 10 ve % 15 oranlarında kullanılan ürünlerde bulunan β -glukan miktarları hesaplanmıştır.

Çizelge 4.3 Çikolata çeşitleri ve sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin bir porsiyonda içerdikleri β -glukan miktarları (β -glukan g/25 g örnek)

β -glukan konsantratı	β -glukan konsantratı oranları		
	% 5	% 10	% 15
Yulaf kaynaklı	0.195	0.389	0.584
Arpa kaynaklı	0.128	0.257	0.385
Maya (<i>S. cerevisiae</i>) kaynaklı	0.108	0.215	0.323

Çizelge 4.3’de görüldüğü gibi örneklerde ki β -glukan miktarları ilgili otoriteler tarafından bir porsiyonda tüketilmesi tavsiye edilen miktarlardan daha düşük β -glukan içerdikleri görülmektedir.

4.2 Çikolata Çeşitleri ve Sürülebilir Kakaolu Fındık Kreması Analiz Sonuçları

4.2.1 Partikül boyutu analizi sonuçları

Çikolata ısıtılıp ağızda eridiğinde önemli faktörlerden biri maksimum partikül boyutudur. Çikolatada önemli bir miktarda 30 mikrondan (0.03 mm) büyük partiküller varsa, çikolata dil üzerinde kumlu yapı hissettirecektir. Buna ek olarak, 30 mikrondan küçük boyutlar için, maksimum partikül boyutunda 2-3 mikronluk bir fark, farklı pürüzsüzlük seviyeleri olarak algılanabilir (Beckett 2008).

D₉₀ değeri, mikrometre ölçümleri ile belirlenen ve çikolatalarda bulunan iri partikülleri göstermekte olup bu değer çikolatanın duyusal özelliklerini belirleyen önemli bir parametredir (Afoakwa vd. 2008b). En büyük kakao partiküllerinin büyüklüğünün

reolojik ve duyusal özelliklere doğrudan etkisi vardır. En büyük partiküller duyusal özellikleri (ağızda kumsu yapı) için önemlidir ve küçük partiküller reolojik özellikler (akış özellikleri) için daha önemlidir (Afoakwa vd. 2010). Partikül boyutu 35 μm 'nin üzerindeki çikolata ağızda kumsu ya da kaba hale gelir ve daha düşük düzeyde kabul edilebilirliğe neden olur (Petkovic vd. 2013). Ancak daha küçük partiküller oluşturmakla spesifik yüzey alanı artar ve bu daha sonra onu örtmek için daha fazla yağa ihtiyaç duyulur (Bolenz ve Manske 2013). Çikolatanın daha küçük partikül boyutlarına sahip olması kakao yağı ile temas halindeki artan yüzey alanına bağlı olarak plastik viskozite ve akma gerilmesi artmaktadır (Afoakwa 2010).

Sütlü çikolatada 65 μm 'ye kadar partiküllerin küçük bir kısmı daha iyi bir doku sağlar. İyi bir bitter çikolata ise maksimum 35 μm partikül boyutunu gerektirir. Limit değerleri, özellik ve ürün bileşimindeki hedeflere göre belirlenir. Genellikle, çikolata viskozitesi kakao yağı ve yüzey aktif ajanlar (soya lesitini ve PGPR gibi) ile kontrol edilir (Afoakwa 2010).

Sütlü, bitter ve beyaz çikolata çeşitlerine ve sürülebilir kakaolu fındık kremasına yulaf, arpa ve maya kaynaklı 3 farklı β -glukan konsantratından % 5, % 10 ve % 15 oranlarında şeker yerine ikame edilmiş örneklerin partikül boyutu ölçüm sonuçları çizelge 4.4'te yer almaktadır.

Çizelge 4.4 Çikolata çeşitleri ve sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin partikül boyut analizi sonuçları

Örnek Kodları *	Partikül Boyutu (µm)**	Örnek Kodları *	Partikül Boyutu (µm)**	Örnek Kodları *	Partikül Boyutu (µm)**	Örnek Kodları *	Partikül Boyutu (µm)**
KM	34.34 ^c ±5.89	KB	26.84 ^d ±2.35	KW	33.75 ^d ±2.47	KS	24.30 ^d ±0.91
MY5	79.67 ^b ±1.41	BY5	39.00 ^c ±3.78	WY5	79.00 ^c ±0.00	SY5	60.20 ^c ±1.10
MY10	91.50 ^b ±1.65	BY10	64.67 ^b ±1.89	WY10	95.33 ^b ±1.41	SY10	76.00 ^b ±2.12
MY15	105.33 ^a ±1.41	BY15	90.17 ^a ±2.12	WY15	111.17 ^a ±2.12	SY15	94.00 ^a ±1.41
KM	34.34 ^b ±5.89	KB	26.84 ^d ±2.35	KW	33.75 ^d ±2.47	KS	24.30 ^d ±0.91
MA5	44.34 ^b ±0.47	BA5	43.34 ^c ±0.47	WA5	51.00 ^c ±0.47	SA5	46.80 ^c ±0.84
MA10	64.00 ^a ±0.47	BA10	51.34 ^b ±0.47	WA10	69.84 ^b ±0.23	SA10	62.20 ^b ±1.79
MA15	74.00 ^a ±0.00	BA15	57.00 ^a ±0.47	WA15	86.67 ^a ±0.47	SA15	91.40 ^a ±0.89
KM	34.34 ^b ±5.89	KB	26.84 ^c ±2.35	KW	33.75 ^b ±2.47	KS	24.30 ^c ±0.91
MC5	40.67 ^{ab} ±1.41	BC5	33.17 ^b ±0.71	WC5	39.17 ^{ab} ±2.12	SC5	28.80 ^b ±0.45
MC10	43.50 ^{ab} ±0.71	BC10	36.50 ^{ab} ±1.17	WC10	42.00 ^a ±2.36	SC10	30.40 ^{ab} ±0.89
MC15	50.00 ^a ±2.36	BC15	39.84 ^a ±1.18	WC15	46.67 ^a ±0.00	SC15	31.60 ^a ±1.52

* : K: Kontrol örneği, B: Bitter çikolata, M: Sütlu çikolata, W: Beyaz çikolata, S: Sürülebilir Kakaolu Fındık Kreması, Y: Yulaf kaynaklı β-glukan konsantratu, A: Arpa kaynaklı β-glukan konsantratu, C: Maya (*S. cerevisiae*) kaynaklı β-glukan konsantratu, 5: % 5 β-glukan konsantratu, 10: % 10 β-glukan konsantratu, 15: % 15 β-glukan konsantratu

** : Analiz sonuçları ortalama ±standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütundaki farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasında istatistik olarak fark önemlidir (p<0.05).

Çizelge 4.4'te görüldüğü gibi farklı kaynaklı β -glukan konsantratlarından içeren sütlü çikolata örneği gruplarında β -glukan konsantratının miktarı arttıkça örneklerin partikül boyutları da artmıştır.

Aynı oranda farklı kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerden en yüksek partikül boyutları yulaf kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde, en düşük partikül boyutları ise maya kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde ölçülmüştür.

Partikül boyutlarına göre aynı β -glukan kaynağı içeren örnekler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve partikül büyüklükleri ortalamaları bakımından istatistik olarak fark önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve yulaf kaynaklı β -glukan konsantratı içeren sütlü çikolata örneklerinde bütün oranlarda β -glukan konsantratı içeren sütlü çikolata örneklerin partikül boyutları ortalamaları kontrol örnekleri ile istatistik olarak farklı grupta yer almıştır. Arpa kaynaklı β -glukan konsantratı içeren sütlü çikolata örneklerinde sadece % 5 oranında β -glukan konsantratı içeren örneklerin partikül boyutları ortalamaları kontrol örnekleri ile istatistik olarak aynı grupta yer almıştır. Maya kaynaklı β -glukan konsantratı içeren sütlü çikolata örneklerinde % 5 ve % 10 oranlarında β -glukan konsantratı içeren örneklerin partikül boyutları ortalamaları kontrol örnekleri ile istatistik olarak aynı grupta yer almıştır.

Çizelge 4.4'te görüldüğü gibi farklı kaynaklı β -glukan konsantratlarından içeren bitter çikolata örneği gruplarında β -glukan konsantratının miktarı arttıkça örneklerin partikül boyutları da artmıştır.

% 5 oranında farklı kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerden en yüksek partikül boyutları arpa kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde, en düşük partikül boyutları ise maya kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde ölçülmüştür. % 10 ve % 15 oranlarında farklı kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerin partikül boyutları karşılaştırıldığında ise en yüksek partikül boyutları yulaf kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde, en düşük partikül boyutları ise maya kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde ölçülmüştür.

Partikül boyutlarına göre aynı β -glukan kaynağını içeren örnekler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve partikül büyüklükleri ortalamaları bakımından istatistik olarak fark önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata örneklerinde bütün oranlarda β -glukan konsantratu içeren örneklerin partikül boyutları ortalamaları kontrol örneklerinden istatistik olarak farklı grupta yer almıştır.

Çizelge 4.4'te görüldüğü gibi farklı kaynaklı β -glukan konsantratlarından içeren beyaz çikolata örneği gruplarında β -glukan konsantratının miktarı arttıkça örneklerin partikül boyutları da artmıştır.

Aynı oranlarda farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerden en yüksek partikül boyutları yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, en düşük partikül boyutları ise maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür ($p<0.05$).

Partikül boyutlarına göre aynı β -glukan kaynağı içeren örnekler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve partikül büyüklükleri ortalamaları bakımından istatistik olarak fark önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve yulaf ve arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örnekler ise partikül boyutları ortalamaları bakımından kontrol örneğinden farklı gruplarda yer almaktadır. % 5 maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin partikül boyutları ortalamaları bakımından kontrol örneği ile istatistik olarak aynı grupta yer almaktadır.

Çizelge 4.4'te görüldüğü gibi farklı kaynaklı β -glukan konsantratlarından içeren sürülebilir kakaolu findık kreması örnek gruplarında β -glukan konsantratının miktarı arttıkça örneklerin partikül boyutları da artmıştır ($p<0.05$).

Aynı oranlarda farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu findık kreması örneklerinden en yüksek partikül boyutları yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, en düşük partikül boyutları ise maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür.

Partikül boyutlarına göre aynı β -glukan kaynağı içeren örnekler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve partikül büyüklükleri ortalamaları bakımından istatistik olarak fark önemli bulunmuştur. Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve üç farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin partikül boyutları ortalamaları bakımından kontrol örneğinden farklı gruplarda yer almaktadır.

4.2.2 Kül tayini sonuçları

Bitter ikolata örneklerindeki sonuçlar β -glukan konsantratlarının kül miktarları ile aynı paralel sonuçları vermiştir. Yani en yüksek kül miktarı bulunan β -glukan konsantratını içeren çikolata en yüksek kül miktarını içermektedir.

Sütlü, bitter ve beyaz çikolata çeşitlerine ve sürülebilir kakaolu findık kremasına yulaf, arpa ve maya kaynaklı 3 farklı β -glukan konsantratından % 5, % 10 ve % 15 oranlarında şeker yerine ikame edilmiş örneklerin % kül miktarları izelge 4.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.5 Çikolata çeşitleri ve sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin kül tayini sonuçları

Örnek Kodları*	% Kül**	Örnek Kodları*	% Kül**	Örnek Kodları*	% Kül**	Örnek Kodları*	% Kül**
KM	2.20 ^d ±0.04	KB	1.96 ^d ±0.02	KW	1.75 ^d ±0.00	KS	1.31 ^d ±0.01
MY5	2.42 ^c ±0.00	BY5	2.01 ^c ±0.00	WY5	1.93 ^c ±0.00	SY5	1.51 ^c ±0.01
MY10	2.58 ^b ±0.02	BY10	2.25 ^b ±0.00	WY10	2.15 ^b ±0.02	SY10	1.73 ^b ±0.00
MY15	2.79 ^a ±0.01	BY15	2.52 ^a ±0.01	WY15	2.29 ^a ±0.00	SY15	1.92 ^a ±0.01
KM	2.20 ^c ±0.04	KB	1.96 ^c ±0.02	KW	1.75 ^d ±0.00	KS	1.31 ^d ±0.01
MA5	2.21 ^c ±0.01	BA5	1.91 ^d ±0.02	WA5	1.82 ^c ±0.01	SA5	1.40 ^c ±0.01
MA10	2.27 ^b ±0.00	BA10	2.01 ^b ±0.01	WA10	1.90 ^b ±0.01	SA10	1.47 ^b ±0.01
MA15	2.37 ^a ±0.01	BA15	2.09 ^a ±0.00	WA15	1.99 ^a ±0.00	SA15	1.56 ^a ±0.01
KM	2.20 ^c ±0.04	KB	1.96 ^d ±0.02	KW	1.75 ^d ±0.00	KS	1.31 ^d ±0.01
MC5	2.21 ^c ±0.00	BC5	2.16 ^c ±0.00	WC5	1.96 ^c ±0.01	SC5	1.55 ^c ±0.02
MC10	2.63 ^b ±0.01	BC10	2.36 ^b ±0.00	WC10	2.17 ^b ±0.03	SC10	1.82 ^b ±0.02
MC15	2.86 ^a ±0.01	BC15	2.60 ^a ±0.00	WC15	2.38 ^a ±0.03	SC15	2.09 ^a ±0.01

* : K: Kontrol örneği, B: Bitter çikolata, M: Sütlu çikolata, W: Beyaz çikolata, S: Sürülebilir Kakaolu Fındık Kreması, Y: Yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu, A: Arpa kaynaklı β -glukan konsantratu, C: Maya (*S. cerevisiae*) kaynaklı β -glukan konsantratu, 5: % 5 β -glukan konsantratu, 10: % 10 β -glukan konsantratu, 15: % 15 β -glukan konsantratu

** : Analiz sonuçları ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütundaki farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasında istatistik olarak fark önemlidir ($p < 0.05$).

Farklı kaynaklı β -glukan konsantratlarından içeren sütlü çikolata örneklerinde β -glukan konsantratının miktarı arttıkça örneklerin kül miktarları da artmıştır($p<0.05$).

Çizelge 4.5'te görüldüğü gibi % 5 oranında farklı kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerden en yüksek % kül miktarı yulaf kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde ölçülmüştür. % 5 oranında maya ve % 5 oranında arpa kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde ise % kül miktarı yaklaşık aynı ölçülmüştür. % 10 ve % 15 oranlarında farklı kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerden en yüksek % kül miktarı maya kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde, en düşük % kül miktarı arpa kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde ölçülmüştür.

% kül miktarlarına göre aynı β -glukan kaynağı içeren örnekler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve örneklerin % kül miktarlarının ortalamaları bakımından istatistik olarak önemli fark bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve sadece % 5 arpa ve % 5 maya kaynaklı β -glukan konsantratı içeren sütlü çikolata örneklerinin % kül miktarları ortalamaları kontrol örnekleri ile istatistik olarak aynı grupta yer almıştır.

Farklı kaynaklı β -glukan konsantratlarından içeren bitter çikolata örneklerinde β -glukan konsantratının miktarı arttıkça örneklerin kül miktarları da artmıştır.

Çizelge 4.5'te görüldüğü gibi aynı oranlarda farklı kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerden en yüksek % kül miktarı maya kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde, en düşük % kül miktarı ise arpa kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde ölçülmüştür.

% kül miktarlarına göre aynı β -glukan kaynağı içeren örnekler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve örneklerin % kül miktarlarının ortalamaları bakımından istatistik olarak önemli fark bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve farklı kaynaklı β -glukan konsantratı içeren bitter çikolata örneklerinde bütün oranlarda β -glukan

konsantratu içeren örneklerin % kül miktarları ortalamaları kontrol örneklerinden istatistik olarak farklı grupta yer almıştır.

Farklı kaynaklı β -glukan konsantratlarından içeren beyaz çikolata örneklerinde β -glukan konsantratının miktarı arttıkça örneklerin kül miktarları da artmıştır.

Çizelge 4.5'te görüldüğü gibi aynı oranlarda farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerden en yüksek % kül miktarı maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, en düşük % kül miktarı arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür.

% kül miktarlarına göre aynı β -glukan kaynağı içeren örnekler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve örneklerin % kül miktarlarının ortalamaları bakımından istatistik olarak önemli fark bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örneklerinin % kül miktarları ortalamaları kontrol örnekleri ile istatistik olarak farklı grupta yer almıştır.

Farklı kaynaklı β -glukan konsantratlarından içeren sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinde β -glukan konsantratının miktarı arttıkça örneklerin kül miktarları da artmıştır.

Çizelge 4.5'te görüldüğü gibi aynı oranlarda farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinden en yüksek % kül miktarı maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, en düşük % kül miktarı arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür.

% kül miktarlarına göre aynı β -glukan kaynağı içeren örnekler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve örneklerin % kül miktarlarının ortalamaları bakımından istatistik olarak önemli fark bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve β -glukan

konsantratu içeren sürülebilir kakaolu findık kreması örneklerinin % kül miktarları ortalamaları kontrol örnekleri ile istatistik olarak farklı grupta yer almıştır.

4.2.3 Nem tayini sonuçları

Çikolata nem içeriği genellikle % 0.5-1.5 arasındadır (Afoakwa vd. 2007). Bu çalışmada β -glukan konsantratının nem miktarı üretilen çikolata ve sürülebilir kakaolu findık kreması örneklerinin nem, su aktivitesi ve bunlara bağlı olarak tekstür ve duyuşal özelliklerini de etkilemiştir.

β -glukan konsantratlarından en yüksek nem içeriği arpa kaynaklıda olmasına rağmen % 5 β -glukan konsantratu içeren bitter çikolatada düşük nem içeriği olması arpa β -glukanının nem tutma özelliği ile ilişkilendirilebilir.

β -glukan konsantratlarından en fazla β -glukan içeren konsantrat yulaf kaynaklı en az içeren ise maya kaynaklı olan konsantrattır. Kimyasal yapıları farklı olmasına rağmen β -glukan miktarının fazla olması örneklerde nem miktarını artırmaktadır.

Yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu arpa kaynaklıdan daha düşük nem içermesine rağmen bitter çikolata örneklerinde yulaf kaynaklı β -glukan içeren arpa kaynaklı β -glukan ierenden daha yüksek nem içeriğine sahiptir. Bu sonuç arpa kaynaklı β -glukan konsantratının yulaf kaynaklı β -glukan konsantratından daha fazla nem tutmasıile açıklanabilir.

Sütlü, bitter ve beyaz çikolata çeşitlerine ve sürülebilir kakaolu findık kremasına yulaf, arpa ve maya kaynaklı 3 farklı β -glukan konsantratından % 5, % 10 ve % 15 oranlarında şeker yerine ikame edilmiş örneklerin % nem miktarları izelge 4.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6 Çikolata çeşitleri ve sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin nem tayini sonuçları

Örnek Kodları*	% Nem**	Örnek Kodları*	% Nem**	Örnek Kodları*	% Nem**	Örnek Kodları*	% Nem**
KM	1.14 ^c ±0.00	KB	1.35 ^d ±0.03	KW	1.26 ^c ±0.05	KS	0.96 ^c ±0.01
MY5	1.77 ^b ±0.05	BY5	1.55 ^c ±0.04	WY5	1.42 ^{bc} ±0.08	SY5	1.06 ^{bc} ±0.00
MY10	1.99 ^a ±0.04	BY10	1.84 ^b ±0.03	WY10	1.65 ^{ab} ±0.01	SY10	1.13 ^b ±0.04
MY15	2.01 ^a ±0.08	BY15	1.98 ^a ±0.01	WY15	1.82 ^a ±0.10	SY15	1.40 ^a ±0.03
KM	1.14 ^c ±0.00	KB	1.35 ^c ±0.03	KW	1.26 ^d ±0.05	KS	0.96 ^c ±0.01
MA5	1.49 ^b ±0.09	BA5	1.42 ^c ±0.03	WA5	1.42 ^c ±0.04	SA5	1.33 ^b ±0.03
MA10	1.83 ^a ±0.04	BA10	1.66 ^b ±0.02	WA10	1.59 ^b ±0.05	SA10	1.38 ^b ±0.03
MA15	1.86 ^a ±0.03	BA15	1.91 ^a ±0.02	WA15	1.77 ^a ±0.02	SA15	1.77 ^a ±0.01
KM	1.14 ^b ±0.00	KB	1.35 ^c ±0.03	KW	1.26 ^a ±0.05	KS	0.96 ^c ±0.01
MC5	1.22 ^b ±0.06	BC5	1.46 ^{bc} ±0.02	WC5	1.32 ^a ±0.21	SC5	1.28 ^b ±0.01
MC10	1.60 ^a ±0.05	BC10	1.56 ^{ab} ±0.02	WC10	1.48 ^a ±0.08	SC10	1.79 ^a ±0.02
MC15	1.64 ^a ±0.02	BC15	1.65 ^a ±0.04	WC15	1.64 ^a ±0.03	SC15	1.89 ^a ±0.09

* : K: Kontrol örneği, B: Bitter çikolata, M: Sütü çikolata, W: Beyaz çikolata, S: Sürülebilir Kakaolu Fındık Kreması, Y: Yulaf kaynaklı β-glukan konsantratu, A: Arpa kaynaklı β-glukan konsantratu, C: Maya (*S. cerevisiae*) kaynaklı β-glukan konsantratu, 5: % 5 β-glukan konsantratu, 10: % 10 β-glukan konsantratu, 15: % 15 β-glukan konsantratu

** : Analiz sonuçları ortalama ±standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütundaki farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasında istatistik olarak fark önemlidir (p<0.05).

Çizelge 4.6’da görüldüğü gibi her farklı kaynaklı β -glukan konsantratından içeren sütlü çikolata örneklerinde β -glukan konsantratının miktarı arttıkça örneklerin nem miktarları da artmıştır.

Aynı oranda farklı kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerden en yüksek % nem miktarı yulafkaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde, en düşük % nem miktarı ise maya kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde ölçülmüştür.

% nem miktarlarına göre aynı β -glukan kaynağı içeren örnekler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve örneklerin % nem miktarlarının ortalamaları bakımından istatistik olarak önemli fark bulunmuştur ($p < 0.05$). Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve % 5 maya kaynaklı β -glukan konsantratı içeren sütlü çikolata örnekleri dışında bütün oranlarda β -glukan konsantratı içeren sütlü çikolata örnekleri % nem miktarları ortalamaları kontrol örneklerinden istatistik olarak farklı grupta bulunmuştur.

Çizelge 4.6’da görüldüğü gibi her farklı kaynaklı β -glukan konsantratlarından içeren bitter çikolata örneklerinde β -glukan konsantratının miktarı arttıkça örneklerin nem miktarları da artmıştır.

% 5 oranında farklı kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerden en yüksek % nem miktarı yulafkaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde, en düşük % nem miktarı ise arpa kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde ölçülmüştür.

% 10 ve % 15 oranlarında farklı kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerden en yüksek % nem miktarı yulaf kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde, en düşük % nem miktarı ise maya kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde ölçülmüştür.

% nem miktarlarına göre aynı β -glukan kaynağı içeren örnekler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve örneklerin % nem miktarlarının ortalamaları bakımından istatistik olarak önemli fark bulunmuştur ($p < 0.05$). Bu

farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve % 5 maya ve arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata örnekleri dışında bütün oranlarda β -glukan konsantratu içeren örneklerin % nem miktarları ortalamaları kontrol örneklerinden istatistik olarak farklı grupta bulunmuştur.

Çizelge 4.6'da görüldüğü gibi her farklı kaynaklı β -glukan konsantratlarından içeren beyaz çikolata örneklerinde β -glukan konsantratının miktarı arttıkça örneklerin nem miktarları da artmıştır.

%5 oranında farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerden en düşük % nem miktarı maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür. % 10 ve % 15 oranlarında farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerden en yüksek % nem miktarı yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, en düşük % nem miktarı ise maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür.

% nem miktarlarına göre aynı β -glukan kaynağı içeren örnekler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve yulaf ve arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin % nem miktarlarının ortalamaları arasında istatistik olarak önemli fark bulunmuş, maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin % nem miktarlarının ortalamaları arasında istatistik olarak önemli fark bulunmamıştır ($p < 0.05$). Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve % 5 yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örneklerin % nem miktarları ortalamaları da kontrol örneği ile istatistik olarak aynı grupta bulunmuştur. Arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin % nem miktarlarının ortalamaları ise kontrol örnekleri ile istatistik olarak farklı grupta yer almıştır. Maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin % nem miktarlarının ortalamaları kontrol örnekleri ile istatistik olarak aynı grupta yer almıştır.

Çizelge 4.6'da görüldüğü gibi her farklı kaynaklı β -glukan konsantratından içeren sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinde β -glukan konsantratının miktarı arttıkça örneklerin nem miktarları da artmıştır.

Aynı oranda farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerden en düşük % nem miktarı yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür. % 5 oranında farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerden en yüksek nem miktarı arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde belirlenmiştir. % 10 ve % 15 oranlarında farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ise en yüksek nem miktarı maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde belirlenmiştir.

% nem miktarlarına göre aynı β -glukan kaynağı içeren örnekler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve örneklerin % nem miktarlarının ortalamaları bakımından istatistik olarak önemli fark bulunmuştur ($p < 0.05$). Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve % 5 yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu fındık kreması örnekleri dışında bütün oranlarda β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu fındık kreması örnekleri % nem miktarları ortalamaları bakımından kontrol örneklerinden istatistik olarak farklı grupta bulunmuştur.

4.2.4 Su aktivitesi analizi sonuçları

Su aktivitesi, bir gıdanın mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal stabilitesi hakkında bilgi verir. Bu parametre gıda üretiminde kullanılan hammaddelerin ve ürünlerin depolanması ve proses aşamalarında da etkilidir. Çikolatada ise depolama stabilitesini etkileyen önemli bir parametredir.

Sütlü, bitter ve beyaz çikolata çeşitlerine ve sürülebilir kakaolu fındık kremasına yulaf, arpa ve maya kaynaklı 3 farklı β -glukan konsantratından % 5, % 10 ve % 15 oranlarında şeker yerine ikame edilmiş örneklerin su aktivitesi analiz sonuçları çizelge 4.7’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7 Çikolata çeşitleri ve sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin su aktivitesi analizi sonuçları

Örnek Kodları*	% a _w **	Örnek Kodları*	% a _w **	Örnek Kodları*	% a _w **	Örnek Kodları*	% a _w **
KM	0.271 ^a ±0.012	KB	0.278 ^a ±0.015	KW	0.318 ^a ±0.004	KS	0.225 ^a ±0.003
MY5	0.258 ^{ab} ±0.011	BY5	0.260 ^{ab} ±0.003	WY5	0.292 ^b ±0.008	SY5	0.213 ^b ±0.004
MY10	0.243 ^{bc} ±0.004	BY10	0.244 ^{bc} ±0.006	WY10	0.244 ^c ±0.010	SY10	0.203 ^c ±0.000
MY15	0.225 ^c ±0.003	BY15	0.226 ^c ±0.001	WY15	0.223 ^d ±0.007	SY15	0.198 ^c ±0.003
KM	0.271 ^a ±0.012	KB	0.278 ^a ±0.015	KW	0.318 ^a ±0.004	KS	0.225 ^a ±0.003
MA5	0.226 ^b ±0.005	BA5	0.259 ^a ±0.002	WA5	0.264 ^b ±0.001	SA5	0.218 ^b ±0.001
MA10	0.197 ^c ±0.009	BA10	0.229 ^b ±0.006	WA10	0.252 ^c ±0.002	SA10	0.215 ^b ±0.002
MA15	0.194 ^c ±0.008	BA15	0.215 ^b ±0.002	WA15	0.218 ^d ±0.003	SA15	0.202 ^c ±0.002
KM	0.271 ^a ±0.012	KB	0.278 ^a ±0.015	KW	0.318 ^a ±0.004	KS	0.225 ^a ±0.003
MC5	0.264 ^a ±0.002	BC5	0.275 ^a ±0.004	WC5	0.263 ^b ±0.001	SC5	0.217 ^b ±0.001
MC10	0.239 ^b ±0.005	BC10	0.246 ^b ±0.003	WC10	0.241 ^c ±0.005	SC10	0.202 ^c ±0.004
MC15	0.226 ^b ±0.005	BC15	0.212 ^c ±0.003	WC15	0.231 ^c ±0.008	SC15	0.191 ^d ±0.004

* : K: Kontrol örneği, B: Bitter çikolata, M: Sütü çikolata, W: Beyaz çikolata, S: Sürülebilir Kakaolu Fındık Kreması, Y: Yulaf kaynaklı β-glukan konsantratu, A: Arpa kaynaklı β-glukan konsantratu, C: Maya (*S. cerevisiae*) kaynaklı β-glukan konsantratu, 5: % 5 β-glukan konsantratu, 10: % 10 β-glukan konsantratu, 15: % 15 β-glukan konsantratu

** : Analiz sonuçları ortalama ±standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütundaki farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasında istatistik olarak fark önemlidir (p<0.05).

Çizelge 4.7’de görüldüğü gibi farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sütlü çikolata örneklerinde β -glukan konsantratının miktarı arttıkça örneklerin su aktiviteleri azalmıştır.

% 5 ve % 15 oranlarında farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerden en yüksek su aktivitesi maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, en düşük su aktivitesi ise arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür. % 10 oranlarında farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerden en yüksek su aktivitesi yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, en düşük su aktivitesi ise arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür.

Su aktivitesi değerlerine göre aynı β -glukan kaynağı içeren örnekler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve örneklerin su aktivitesi değerlerinin ortalamaları bakımından istatistik olarak önemli fark bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve % 5 oranında yulaf β -glukan konsantratu ve %5 oranında maya β -glukan konsantratu içeren sütlü çikolata örneklerinde su aktivitesi değerleri ortalamaları bakımından istatistik olarak kontrol örnekleri ile aynı grupta yer almıştır.

Çizelge 4.7’de görüldüğü gibi farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata örneklerinde β -glukan konsantratının miktarı arttıkça örneklerin su aktiviteleri azalmıştır.

Bitter çikolata örneklerindeki bu sonuçlar β -glukan konsantratlarının nem miktarları ile zıt sonuçları vermiştir. Yani en yüksek nem miktarı bulunan β -glukan konsantratını içeren çikolata en düşük su aktivitesine sahiptir.

% 5 ve % 10 oranlarında farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerden en yüksek su aktivitesi maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, en düşük su aktivitesi ise arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür. % 15 oranlarında farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerden en yüksek su

aktivitesi yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, en düşük su aktivitesi ise maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür.

Su aktivitesi değerlerine göre aynı β -glukan kaynağı içeren örnekler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve örneklerin su aktivitesi değerlerinin ortalamaları bakımından istatistik olarak önemli fark bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata örneklerinde % 5 oranında β -glukan konsantratu içeren örneklerin su aktivitesi değerleri ortalamaları istatistik olarak kontrol örnekleri ile aynı grupta yer almıştır.

Çizelge 4.7’de görüldüğü gibi farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örneklerinde β -glukan konsantratının miktarı arttıkça örneklerin su aktiviteleri azalmıştır.

% 5 oranında farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerden en yüksek su aktivitesi yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, en düşük su aktivitesi ise maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür. % 10 oranında farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerden en yüksek su aktivitesi arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, en düşük su aktivitesi ise maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür. % 15 oranlarında farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerden en yüksek su aktivitesi maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, en düşük su aktivitesi ise arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür.

Su aktivitesi değerlerine göre aynı β -glukan kaynağı içeren örnekler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve örneklerin su aktivitesi değerlerinin ortalamaları bakımından istatistik olarak önemli fark bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve her farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örneklerinde β -glukan konsantratu içeren örneklerin su aktivitesi değerleri ortalamaları istatistik olarak kontrol örnekleri ile farklı grupta yer almıştır.

Çizelge 4.7’de görüldüğü gibi farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu findık kreması örneklerinde β -glukan konsantratının miktarı arttıkça örneklerin su aktiviteleri azalmıştır.

% 5 oranında farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerden en yüksek su aktivitesi arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, en düşük su aktivitesi ise yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür. %10 ve % 15 oranlarında farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerden en yüksek su aktivitesi arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, en düşük su aktivitesi ise maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür.

Su aktivitesi değerlerine göre aynı β -glukan kaynağı içeren örnekler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve örneklerin su aktivitesi değerlerinin ortalamaları bakımından istatistik olarak önemli fark bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve farklı oranlarda farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu findık kreması örneklerinde su aktivitesi değerleri ortalamaları bakımından istatistik olarak kontrol örnekleri ile farklı grupta yer almıştır.

4.2.5 Tekstür analizi sonuçları

4.2.5.1 Çikolata örneklerinin tekstür analizi sonuçları

Tekstür analizi cihazı ile ölçülen sertlik, penetrasyon için maksimum kuvvet olarak tanımlanır. Duyusal açıdan ise katı bir maddeyi dişler arasında veya yarı katı bir maddeyi dil damak arasında sıkıştırarak belirli bir deformasyon veya penetrasyon sağlamak için gerekli olan kuvvet olarak ifade edilmektedir (Szczeniak 2002).

Sertlik, ürünlerin fiziksel dokusunu belirler ve tüketim sırasında doğrudan duyusal özelliklerle ilişkilidir (Afoakwa 2010). Bileşim, üretim koşulları, temperleme ve sonuç

olarak yağ kristal polimorfizmini içeren çeşitli faktörler, çikolatanın nihai sertliğini etkiler (Shah vd. 2010).

Sütlü, bitter ve beyaz çikolata çeşitlerine yulaf, arpa ve maya kaynaklı 3 farklı β -glukan konsantratından % 5, % 10 ve % 15 oranlarında şeker yerine ikame edilmiş örneklerin sertlik değerleri sonuçları çizelge 4.8’de gösterilmiştir.



Çizelge 4.8 Çikolata örneklerinin tekstür analizi sonuçları

Örnek Kodları *	Sertlik(N) **	Örnek Kodları *	Sertlik(N) **	Örnek Kodları *	Sertlik(N) **
KM	79.45 ^a ±1.20	KB	105.49 ^a ±0.04	KW	78.57 ^a ±0.72
MY5	74.62 ^{ab} ±0.81	BY5	101.38 ^b ±0.58	WY5	74.51 ^b ±0.61
MY10	71.78 ^{bc} ±0.72	BY10	95.09 ^c ±0.23	WY10	67.96 ^c ±1.23
MY15	67.60 ^c ±2.00	BY15	92.11 ^d ±0.01	WY15	65.51 ^c ±1.03
KM	79.45 ^a ±1.20	KB	105.49 ^a ±0.04	KW	78.57 ^a ±0.72
MA5	57.89 ^b ±0.60	BA5	78.63 ^b ±0.14	WA5	64.76 ^b ±1.28
MA10	56.98 ^b ±0.16	BA10	65.83 ^c ±0.69	WA10	63.02 ^b ±0.13
MA15	49.55 ^c ±0.59	BA15	60.83 ^d ±0.59	WA15	62.20 ^b ±0.70
KM	79.45 ^a ±1.20	KB	89.39 ^a ±0.60	KW	67.84 ^a ±1.53
MC5	63.86 ^b ±3.19	BC5	88.38 ^a ±2.18	WC5	61.30 ^b ±0.77
MC10	61.70 ^b ±1.26	BC10	84.86 ^{ab} ±0.91	WC10	58.46 ^{bc} ±0.40
MC15	60.94 ^b ±0.17	BC15	82.08 ^b ±1.48	WC15	55.66 ^c ±1.32

* : K: Kontrol örneği, B: Bitter çikolata, M: Sütlu çikolata, W: Beyaz çikolata, Y: Yulaf kaynaklı β -glukan konsantrati, A: Arpa kaynaklı β -glukan konsantrati, C: Maya (*S. cerevisiae*) kaynaklı β -glukan konsantrati, 5: %5 β -glukan konsantrati, 10: % 10 β -glukan konsantrati, 15: %15 β -glukan konsantrati

** : Analiz sonuçları ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütundaki farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasında istatistik olarak fark önemlidir ($p<0.05$).

Çizelge 4.8’de görüldüğü gibi her farklı kaynaklı β -glukan konsantratlarından içeren sütlü çikolata örneklerinde β -glukan konsantratının miktarı arttıkça örneklerin sertlikleri azalmıştır.

Aynı oranlarda farklı kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerden en yüksek sertlik değerleri yulaf kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde, en düşük sertlik değerleri ise arpa kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde ölçülmüştür.

Sertlik değerlerine göre aynı β -glukan kaynağını içeren örnekler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve örneklerin sertliklerinin ortalamaları bakımından istatistik olarak önemli fark bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve sadece % 5 yulaf kaynaklı β -glukan konsantratı içeren sütlü çikolata örneklerinin sertlikleri kontrol örneği ile istatistik olarak aynı grupta yer almıştır. Maya ve arpa kaynaklı β -glukan konsantratlarında ise bütün oranlarda β -glukan konsantratı kullanılmış örneklerin sertlik değerleri ortalamaları kontrol örneklerinden istatistik olarak farklı grupta yer almıştır.

Çizelge 4.8’de görüldüğü gibi her farklı kaynaklı β -glukan konsantratlarından içeren bitter çikolata örneklerinde β -glukan konsantratının miktarı arttıkça örneklerin sertlikleri azalmıştır. En sert bitter çikolata grubu yulaf kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde tespit edilmiştir.

Aynı oranlarda farklı kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerden en yüksek sertlik değerleri yulaf kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde, en düşük sertlik değerleri ise arpa kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde ölçülmüştür.

Sertlik değerlerine göre aynı β -glukan kaynağını içeren örnekler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve örneklerin sertliklerinin ortalamaları bakımından istatistik olarak önemli fark bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve yulaf ve arpa kaynaklı β -glukan konsantratlarında ise bütün oranlarda β -glukan konsantratı kullanılmış

örneklerin sertlik değerleri ortalamaları kontrol örneklerinden istatistik olarak farklı grupta yer almıştır. % 5 ve % 10 maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata örneklerinin sertlikleri kontrol örneği ile istatistik olarak aynı grupta yer almıştır.

Çizelge 4.8’de görüldüğü gibi her farklı kaynaklı β -glukan konsantratlarından içeren beyaz çikolata örneklerinde β -glukan konsantratının miktarı arttıkça örneklerin sertlikleri azalmıştır.

Aynı oranlarda farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerden en yüksek sertlik değerleri yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, en düşük sertlik değerleri ise maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür.

Sertlik değerlerine göre aynı β -glukan kaynağından içeren örnekler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve örneklerin sertliklerinin ortalamaları bakımından istatistik olarak önemli fark bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve her farklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örneklerinin sertlikleri kontrol örneği ile istatistik olarak farklı grupta yer almıştır.

4.2.5.2 Sürülebilir Kakaolu Fındık Kreması Örneklerinin Tekstür analizi sonuçları

Yüksek sıkılık değeri, test ürününün sürülebilirliğinin daha düşük olduğunu gösterir. Başka bir deyişle, sürülebilirlik, bir parça ekmek veya bisküviye yayılma yeteneği ile ilgilidir (Mousazadeh vd. 2014).

Sürülebilir kakolu fındık kreması örneklerinin tekstür analizi sonuçlarının sıkılık (firmness), kesme (work of shear), yapışkanlık (stickiness), yapışma (work of adhesion) değerlerinin ortalamaları ve standart sapmaları çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9 Kakaolu fındık kreması örneklerinin tekstür analizi sonuçları

Örnek Kodları *	Sıkılık (g) **	Yapışkanlık (g) **	Kesme (g s) **	Yapışma (g s) **
KS	342.23 ^c ±21.73	-638.24 ^a ±42.49	173.71 ^c ±12.08	-89.11 ^a ±8.07
SY5	393.14 ^b ±2.47	-706.89 ^b ±14.60	199.74 ^{bc} ±2.18	-104.67 ^b ±3.39
SY10	419.26 ^b ±9.11	-744.97 ^b ±16.98	219.42 ^b ±7.06	-117.16 ^c ±3.75
SY15	592.40 ^a ±16.61	-958.28 ^c ±49.42	357.89 ^a ±27.92	-168.63 ^d ±7.92
KS	342.23 ^c ±21.73	-638.24 ^a ±42.49	173.71 ^d ±12.08	-89.11 ^a ±8.07
SA5	523.78 ^b ±25.59	-968.84 ^b ±47.44	257.86 ^c ±14.91	-139.04 ^b ±4.02
SA10	564.57 ^b ±36.11	-991.39 ^b ±33.28	288.94 ^b ±7.56	-149.53 ^b ±5.47
SA15	685.18 ^a ±42.68	-1135.01 ^c ±28.35	384.23 ^a ±15.35	-210.27 ^c ±7.20
KS	342.23 ^d ±21.73	-638.24 ^a ±42.49	173.71 ^c ±12.08	-89.11 ^a ±8.07
SC5	399.91 ^c ±20.33	-758.44 ^b ±37.80	203.79 ^b ±11.99	-108.95 ^b ±6.18
SC10	448.83 ^b ±25.44	-875.18 ^c ±52.78	224.92 ^b ±11.72	-129.10 ^c ±10.23
SC15	499.77 ^a ±29.39	-959.62 ^c ±63.10	265.37 ^a ±15.39	-143.45 ^c ±12.36

* : K: Kontrol örneği, S: Sürülebilir Kakaolu Fındık Kreması, Y: Yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu, A: Arpa kaynaklı β -glukan konsantratu, C: Maya (*S. cerevisiae*) kaynaklı β -glukan konsantratu, 5: %5 β -glukan konsantratu, 10: % 10 β -glukan konsantratu, 15: % 15 β -glukan konsantratu

** : Analiz sonuçları ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütundaki farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasında istatistik olarak fark önemlidir ($p<0.05$).

Çizelge 4.9’da görüldüğü gibi her farklı kaynaklı β -glukan konsantratlarından içeren sürülebilir kakaolu findık kreması örneklerinde β -glukan konsantratının miktarı arttıkça örneklerin sıklık, yapışkanlık, kesme ve yapışma değerleri artmıştır.

Aynı oranlarda farklı kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerden en yüksek sıklık, kesme ve yapışma değerleri arpa kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde, en düşük sıklık, kesme ve yapışma değerleri ise % 5 ve 10 yulaf kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde ve % 15 maya kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde ölçülmüştür. Aynı oranlarda farklı kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerden en yüksek yapışkanlık değerleri arpa kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde, en düşük yapışkanlık değerleri ise yulaf kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde ölçülmüştür.

Tekstür analizi değerlerine göre aynı β -glukan kaynağından içeren örnekler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve örneklerin tekstür analizi değerlerinin ortalamaları bakımından istatistik olarak önemli fark bulunmuştur ($p < 0.05$). Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve % 5 yulaf kaynaklı β -glukan konsantratı içeren sürülebilir kakaolu findık kreması örneklerinin kesme değerleri dışında her farklı kaynaklı β -glukan kaynağı içeren örnek grubunda tekstür analizi değerlerinin ortalamaları bakımından kontrol örneği ile istatistik olarak farklı grupta yer almıştır.

4.2.6 Duyusal analiz sonuçları

Çikolata kalitesi görünüm, tat, tekstür ve ağızda kalan son tat gibi özellikleri ve tüketici memnuniyet düzeyi ile tanımlanabilir. Çikolatada viskozite, akış özellikleri ve dokuyu ölçmek için birçok ekipman geliştirilmiş olmasına rağmen insan ağzı bunların çoğundan daha duyarlıdır (Beckett 2008). Çikolata partikül boyutu dağılımı, viskozitesi ve sertliği nihai ürünün algılanan tadını belirlemektedir (Ziegleder 2009).

Sütlü, bitter ve beyaz çikolata çeşitlerine ve sürülebilir kakaolu findık kremasına yulaf, arpa ve maya kaynaklı 3 farklı β -glukan konsantratından % 5, % 10 ve % 15 oranlarında şeker yerine ikame edilmiş örnekler için panelistlerin doldurduğu formların sonuçları sırasıyla çizelge 4.10-4.13’te verilmiştir.

Çizelge 4.10 Sütü çikolata örneklerinin duyusal analiz sonuçları

Örnek Kodları *	DUYUSAL ÖZELLİK **					
	Görünüm	Tekstür (doku)	Çiğneme	Koku	Tat	Genel Değerlendirme
KM	3.21 ^a ±1.12	4.07 ^a ±1.14	3.68 ^a ±1.07	3.71 ^a ±0.91	3.79 ^{ab} ±0.97	3.46 ^a ±1.01
MY5	3.86 ^a ±0.77	4.14 ^a ±1.03	3.57 ^a ±0.85	3.57 ^a ±0.76	3.93 ^a ±0.83	3.50 ^a ±0.85
MY10	3.64 ^a ±0.84	3.50 ^a ±0.94	2.93 ^{ab} ±0.27	3.07 ^a ±0.83	3.50 ^{ab} ±1.02	3.14 ^a ±0.95
MY15	3.14 ^a ±0.95	3.14 ^a ±1.10	2.64 ^b ±1.15	3.14 ^a ±0.86	2.79 ^b ±1.31	2.86 ^a ±1.23
KM	3.80 ^b ±0.68	4.40 ^a ±0.63	4.33 ^a ±0.90	3.93 ^a ±0.80	4.40 ^a ±0.91	4.37 ^a ±0.72
MA5	4.47 ^a ±0.52	3.83 ^{ab} ±0.84	3.47 ^b ±0.74	3.57 ^a ±0.68	3.33 ^b ±0.98	3.53 ^b ±0.64
MA10	4.20 ^{ab} ±0.68	3.67 ^{ab} ±0.90	3.20 ^b ±0.86	3.27 ^a ±0.80	3.13 ^b ±0.92	3.27 ^b ±0.88
MA15	3.73 ^b ±0.80	3.47 ^b ±0.83	2.83 ^b ±0.65	3.23 ^a ±0.73	2.67 ^b ±0.72	3.07 ^b ±0.78
KM	3.82 ^a ±0.81	4.35 ^a ±0.86	4.24 ^a ±0.75	4.00 ^a ±0.87	4.18 ^a ±0.88	4.12 ^a ±0.70
MC5	3.88 ^a ±0.86	4.47 ^a ±0.80	4.29 ^a ±0.77	3.82 ^a ±1.13	4.18 ^a ±1.07	4.06 ^a ±0.83
MC10	4.12 ^a ±0.99	4.35 ^a ±0.70	3.82 ^a ±0.81	3.59 ^a ±0.94	3.29 ^{ab} ±1.31	3.59 ^{ab} ±1.06
MC15	4.18 ^a ±0.64	4.29 ^a ±0.77	3.71 ^a ±0.77	3.35 ^a ±0.93	2.82 ^b ±1.29	2.88 ^b ±1.36

* : K: Kontrol örneği, M: Sütü çikolata, Y: Yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu, A: Arpa kaynaklı β -glukan konsantratu, C: Maya (*S. cerevisiae*) kaynaklı β -Glukan, 5: % 5 β -glukan konsantratu, 10: % 10 β -glukan konsantratu, 15: % 15 β -glukan konsantratu

** : Analiz sonuçları ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütündeki farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasında istatistik olarak fark önemlidir ($p<0.05$).

Çizelge 4.10'da bulunan sütlü çikolata duyusal analiz sonuçlarına göre yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sütlü çikolata örneklerinin görünüm özelliği puanlarında % 5 ve % 10 yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sütlü çikolatalar kontrol örneğinden daha yüksek puanlar almıştır. Ayrıca tekstür, tat ve genel değerlendirme puanlarında % 5 yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sütlü çikolatalar kontrol örneğinden daha yüksek puanlar almıştır.

Yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sütlü çikolata örnekleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan varyans analizine göre görünüm, koku ve genel değerlendirme puanları ortalamaları arasında birbirlerinden farklılıkları $p<0.05$ düzeyinde önemli fark bulunmamış, tekstür, çiğneme ve tat puanlarında fark bulunmuştur. Farklılıkları belirlemek için yapılan karşılaştırma testi sonuçlarına göre ise % 15 yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sütlü çikolata örneğinin çiğnemepuanları ortalaması dışında farklı oranlarda yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sütlü çikolata örneklerinin bütün duyusal özellik puanları ortalamaları kontrol örneği ile istatistik olarak aynı grupta yer almıştır.

Arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sütlü çikolata örneklerinden % 5 ve % 10 arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin görünüm puanları ortalamaları kontrol örneğinkinden yüksektir. Diğer duyusal özellik puanlarında ise arpa kaynaklı β -glukan konsantratu oranı arttıkça azalma görülmektedir.

Arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sütlü çikolata örnekleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan varyans analizine göre bütün duyusal özelliklerin aldığı puanların ortalamaları arasında birbirlerinden farklılıkları $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Farklılıkları belirlemek için yapılan karşılaştırma testi sonuçlarına göre % 5 β -glukan konsantratu içeren örnek görünüm puanı ortalamaları bakımından, % 15 β -glukan konsantratu içeren örnek tekstür puanı ortalamaları bakımından kontrol örneğinden istatistik olarak farklı grupta yer almaktadır. Ayrıca arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bütün sütlü çikolata örneklerinin çiğneme, tat ve genel değerlendirme puanları ortalamaları bakımından kontrol örneğinden istatistik

olarak farklı grupta yer almaktadır. Sadece koku özelliği puanları ortalamaları bakımından kontrol örneği ile istatistik olarak aynı grupta yer almaktadır.

Maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sütlü çikolata örneklerinde maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bütün örneklerin görünüm puanları kontrol örneğinden yüksektir. Örneklerin tekstür puanlarında ise % 5 maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örnek kontrol örneğinden daha yüksek puan almıştır. % 10 maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneğin tekstür puanı ise kontrol örneği ile aynı ortalamaya sahiptir. Çiğneme puanlarında ise yine % 5 maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örnek kontrol örneğinden daha yüksek puan almıştır. Koku ve genel değerlendirme puanlarında ise maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bütün örnekler kontrol örneğinden daha düşük puan almıştır. Tat puanlarında % 5 maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örnek kontrol örneği ile aynı ortalamaya sahiptir.

Maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sütlü çikolata örnekleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan varyans analizine göre görünüm, tekstür, çiğneme ve koku puanları ortalamaları arasında birbirlerinden farklılıkları $p < 0.05$ düzeyinde önemli bulunmamış, tat ve genel değerlendirme özellikleri ortalamaları arasında birbirlerinden farklılıkları önemli bulunmuştur. Bu farklılıkları belirlemek için karşılaştırma testi yapılmıştır. Buna göre tat ve genel değerlendirme puanlarının ortalamaları bakımından % 15 maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sütlü çikolata örnekleri dışında bütün duyu özelliklerinde ve bütün oranlarda maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örnekler istatistik olarak kontrol örneği ile aynı grupta yer almıştır.

Çizelge 4.11 Bitter çikolata örneklerinin duyuusal analiz sonuçları

Örnek Kodları *	DUYUSAL ÖZELLİK **					
	Görünüm	Tekstür (doku)	Çiğneme	Koku	Tat	Genel Değerlendirme
KB	3.79 ^a ±0.70	3.96 ^a ±0.69	3.43 ^a ±0.94	3.64 ^a ±1.15	3.71 ^a ±0.61	3.61 ^a ±0.68
BY5	3.93 ^a ±0.62	3.86 ^a ±0.95	3.86 ^a ±0.77	3.79 ^a ±0.89	3.89 ^a ±0.92	3.79 ^a ±0.89
BY10	4.36 ^a ±0.84	3.79 ^a ±0.80	3.21 ^a ±0.70	3.64 ^a ±0.84	3.07 ^a ±0.83	3.32 ^a ±0.82
BY15	3.71 ^a ±0.99	3.79 ^a ±1.12	3.21 ^a ±1.19	3.79 ^a ±0.80	3.00 ^a ±1.24	3.11 ^a ±1.11
KB	4.27 ^a ±0.59	4.40 ^a ±0.63	4.13 ^a ±0.92	4.27 ^a ±0.59	4.17 ^a ±0.84	4.47 ^a ±0.64
BA5	4.00 ^a ±0.93	4.20 ^{ab} ±0.56	4.03 ^a ±0.61	3.93 ^a ±0.80	4.17 ^a ±0.70	4.03 ^{ab} ±0.48
BA10	4.07 ^a ±1.10	3.67 ^b ±0.98	3.47 ^a ±0.92	3.60 ^a ±0.91	2.97 ^b ±1.08	3.33 ^b ±0.90
BA15	4.60 ^a ±0.51	3.83 ^{ab} ±0.59	3.70 ^a ±0.75	3.73 ^a ±0.70	3.07 ^b ±0.70	3.43 ^b ±0.86
KB	4.29 ^a ±0.77	4.53 ^a ±0.72	4.06 ^a ±0.75	4.29 ^a ±0.59	4.29 ^a ±0.85	4.24 ^a ±0.75
BC5	4.24 ^a ±0.66	4.41 ^a ±0.62	3.76 ^a ±0.75	3.94 ^{ab} ±0.75	4.18 ^a ±0.95	4.06 ^a ±0.75
BC10	4.47 ^a ±0.72	4.53 ^a ±0.72	3.71 ^a ±0.85	3.53 ^b ±0.87	3.53 ^a ±1.33	3.59 ^{ab} ±1.06
BC15	3.88 ^a ±0.78	4.24 ^a ±0.83	3.59 ^a ±1.00	3.24 ^b ±0.90	2.29 ^b ±1.26	2.88 ^b ±0.93

* : K: Kontrol örneği, B: Bitter çikolata, Y: Yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu, A: Arpa kaynaklı β -glukan konsantratu, C: Maya (*S. cerevisiae*) kaynaklı β -Glukan, 5: % 5 β -glukan konsantratu, 10: % 10 β -glukan konsantratu, 15: % 15 β -glukan konsantratu

** : Analiz sonuçları ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütundaki farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasında istatistik olarak fark önemlidir ($p<0.05$).

Çizelge 4.11’de bulunan bitter çikolata duyusal analiz sonuçlarına göre maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata örneklerinden bütün duyusal özelliklerde en düşük puanları % 15 oranında maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örnek almıştır. En yüksek puanlar ise görünüm özelliği dışında kontrol örneğine aittir. Görünüm özelliğinde en yüksek puanı % 10 maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata örneği almıştır.

Yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata örneklerinden görünüm özelliği puanları en yüksek olan örnek % 10 β -glukan konsantratu içeren örnek en düşük % 15 β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata bulunmuştur. Tekstür puanı en yüksek örnek kontrol örneği ike en düşük % 15 β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata örneğine aittir. Çiğneme, tat ve genel değerlendirme puanlarında en yüksek puanları % 5 yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolatalar alırken, en düşük puanları % 15 β -glukan konsantratu içeren bitter çikolatalar almıştır. Koku özelliği puanı en yüksek % 5 β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata iken en düşük % 10 β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata almıştır.

Yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata örnekleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan varyans analizine göre görünüm, tekstür, çiğneme, koku ve genel değerlendirme puanları ortalamaları arasında birbirlerinden farklılıkları $p < 0.05$ düzeyinde önemli fark bulunmamış, sadece tat puanlarında fark bulunmuştur. Farklılıkları belirlemek için yapılan karşılaştırma testi sonuçlarına göre ise farklı oranda yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata örnekleri bütün duyusal özellik puanlarına göre kontrol örneği ile istatistik olarak aynı grupta yer almıştır.

Arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata örneklerinde görünüm özelliği puanı en yüksek örnek % 15 oranında β -glukan konsantratu içeren örnek, en düşük ise % 5 oranında β -glukan konsantratu içeren örnek almıştır. Görünüm özelliği dışındaki bütün duyusal özelliklerde en yüksek puanlar kontrol örneğine, en düşük puanlar ise % 10 β -glukan konsantratu içeren örneklerle aittir.

Arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata örnekleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan varyans analizine göre görünüm, çiğneme ve koku özellikleri puanları ortalamaları arasında birbirlerinden farklılıkları $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmamış, tekstür, tat ve genel değerlendirme puanları ortalamaları arasında birbirlerinden farklılıkları önemli bulunmuştur. Farklılıkları belirlemek için yapılan karşılaştırma testi sonuçlarına göre % 10 β -glukan konsantratu içeren örnek tekstür, tat özelliği ve genel değerlendirme puanları bakımından, % 15 β -glukan konsantratu içeren örnek ise tat özelliği ve genel değerlendirme puanları bakımından kontrol örneğinden istatistik olarak farklı grupta yer almaktadır.

Maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata örnekleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan varyans analizine göre görünüm, tekstür ve çiğneme puanları ortalamaları arasında birbirlerinden farklılıkları $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmamış, koku, tat ve genel değerlendirme özellikleri ortalamaları arasında birbirlerinden farklılıkları önemli bulunmuştur. Bu farklılıkları belirlemek için karşılaştırma testi yapılmıştır. Buna göre duysal özelliklere verilen puanların ortalamaları bakımından koku özelliği puanlarında % 10 ve % 15 maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata, tat özelliği puanlarında % 15 maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata ve genel değerlendirme puanı ortalamalarında % 15 maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolataların puan ortalamaları kontrol örneği ile istatistik olarak farklı grupta yer almaktadır. Görünüm, tekstür ve çiğneme özellikleri ortalamaları bakımından farklı oranlarda maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata örnekleri istatistik olarak kontrol örneği ile aynı gruptadır.

Çizelge 4.12 Beyaz çikolata örneklerinin duyuusal analiz sonuçları

Örnek Kodları *	DUYUSAL ÖZELLİK **					
	Görünüm	Tekstür (doku)	Çiğneme	Koku	Tat	Genel Değerlendirme
KW	3.71 ^a ±1.20	3.79 ^a ±0.80	4.00 ^a ±0.78	3.00 ^a ±0.78	3.57 ^{ab} ±1.28	3.82 ^a ±0.77
WY5	3.71 ^a ±0.99	3.79 ^a ±0.97	3.71 ^{ab} ±0.73	3.14 ^a ±0.86	3.79 ^a ±1.31	3.57 ^{ab} ±1.02
WY10	3.07 ^a ±0.83	3.50 ^a ±0.94	3.07 ^{bc} ±0.73	2.86 ^a ±0.66	2.64 ^{ab} 1.08	3.04 ^{ab} ±0.93
WY15	3.21 ^a ±0.70	3.43 ^a ±1.16	2.79 ^c ±0.89	2.86 ^a ±0.77	2.50 ^b ±1.09	2.86 ^b ±0.95
KW	4.67 ^a ±0.62	2.87 ^b ±1.13	4.13 ^a ±0.99	3.93 ^a ±0.70	4.07 ^a ±1.28	4.00 ^a ±1.07
WA5	4.00 ^{ab} ±0.76	4.00 ^a ±0.65	3.67 ^{ab} ±0.72	3.67 ^a ±0.90	3.67 ^a ±0.82	3.70 ^{ab} ±0.59
WA10	3.40 ^b ±0.99	3.60 ^{ab} ±0.99	3.33 ^b ±0.62	3.27 ^a ±0.88	3.33 ^a ±0.98	3.23 ^{ab} ±0.98
WA15	3.27 ^b ±0.80	3.50 ^{ab} ±0.87	3.17 ^b ±0.70	3.33 ^a ±0.98	3.20 ^a ±0.77	3.10 ^b ±0.76
KW	4.88 ^a ±0.33	4.53 ^a ±0.80	4.18 ^a ±0.88	3.76 ^a ±1.09	4.12 ^a ±1.05	4.18 ^a ±0.73
WC5	4.12 ^b ±0.49	4.41 ^a ±0.80	3.88 ^a ±0.99	3.82 ^a ±0.64	3.76 ^{ab} ±1.30	3.65 ^{ab} ±0.86
WC10	3.47 ^b ±0.80	4.24 ^a ±0.66	3.53 ^a ±1.07	3.06 ^a ±1.03	2.88 ^{bc} ±1.17	2.88 ^{bc} ±0.99
WC15	3.71 ^b ±1.05	4.24 ^a ±0.75	3.53 ^a ±0.80	3.12 ^a ±0.93	2.00 ^c ±1.22	2.76 ^c ±1.09

* : K: Kontrol örneği, W: Beyaz çikolata, Y: Yulaf kaynaklı β-glukan konsantratu, A: Arpa kaynaklı β-glukan konsantratu, C: Maya (*S. cerevisiae*) kaynaklı β-Glukan, 5: % 5 β-glukan konsantratu, 10: % 10 β-glukan konsantratu, 15: % 15 β-glukan konsantratu

** : Analiz sonuçları ortalama ±standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütundaki farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasında istatistik olarak fark önemlidir (p<0.05).

Çizelge 4.12’de bulunan beyaz çikolata duyuşal analiz sonuçlarına göre yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örneklerinin görünüm ve tekstür özelliği puanları ortalamalarında % 5 yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolatalar kontrol örneği ile aynı puanları almıştır. Yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örneklerinde yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bütün örneklerin çiğneme ve genel değerlendirme puanları kontrol örneğinden düşüktür. Ancak koku ve tat özelliği puanlarında % 5 yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolatalar kontrol örneğinden daha yüksek puanlar almıştır.

Yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örnekleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan varyans analizine göre görünüm, tekstür ve koku puanları ortalamaları arasında birbirlerinden farklılıkları $p<0.05$ düzeyinde önemli fark bulunmamış, çiğneme, tat ve genel değerlendirme puanları ortalamaları arasında birbirleri arasındaki istatistik olarak önemli fark bulunmuştur ($p<0.05$). Farklılıkları belirlemek için yapılan karşılaştırma testi sonuçlarına göre ise yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örneklerinin görünüm, tekstür, koku ve tat puanları ortalamaları kontrol örneği ile istatistik olarak aynı grupta yer almıştır. Yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örneklerinden % 5 oranında yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin çiğneme özelliği puanları ortalamaları ve % 5 ve % 10 oranlarında yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin genel değerlendirme puanları ortalamaları kontrol örneği ile istatistik olarak aynı grupta yer almıştır.

Arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örneklerinin görünüm, çiğneme, koku, tat ve genel değerlendirme puanları ortalamaları kontrol örneğinin puanlarından düşüktür. Sadece tekstür özelliği puanları ortalamalarında % 5 arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin puanları ortalamaları kontrol örneği dahil diğer örneklerinkinden de yüksektir.

Arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örnekleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan varyans analizine göre koku ve tat duyuşal özelliklerin ortalamaları arasında birbirlerinden farklılıkları $p<0.05$ düzeyinde önemli

bulunmamış, görünüm, tekstür, çiğneme ve genel değerlendirme puanları ortalamaları arasında birbirlerinden farklılıkları önemli bulunmuştur. Farklılıkları belirlemek için yapılan karşılaştırma testi sonuçlarına göre % 5 β -glukan konsantratu içeren örneklerin görünüm ve çiğneme puanları ortalamaları bakımından kontrol örneği ile istatistik olarak aynı grupta yer almaktadır. % 10 ve % 15 β -glukan konsantratu içeren örneklerin tekstür özelliği puanları ortalamaları bakımından kontrol örneği ile istatistik olarak aynı grupta yer almaktadır. Koku ve tat özelliği puanları ortalamaları bakımından arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bütün beyaz çikolata örnekleri kontrol örneği ile istatistik olarak aynı grupta yer almaktadır. Genel değerlendirme puanları ortalamaları bakımından ise % 5 ve % 10 β -glukan konsantratu içeren örneklerin puanları ortalamaları bakımından kontrol örneği ile istatistik olarak aynı grupta yer almaktadır.

Maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örneklerinde maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bütün örneklerin görünüm, tekstür, çiğneme, tat ve genel değerlendirme puanları kontrol örneğinden düşüktür. Örneklerin koku puanlarında ise % 5 maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örnek kontrol örneğinden daha yüksek puan almıştır.

Maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örnekleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan varyans analizine göre tekstür ve çiğneme ortalamaları arasında birbirlerinden farklılıkları $p < 0.05$ düzeyinde önemli bulunmamış, görünüm, koku, tat ve genel değerlendirme puanları ortalamaları arasında birbirlerinden farklılıkları önemli bulunmuştur. Bu farklılıkları belirlemek için karşılaştırma testi yapılmıştır. Buna göre maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örneklerinin görünüm puanları ortalamaları kontrol örneği ile farklı grupta yer almıştır. Ancak maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örneklerinin tekstür, çiğneme ve koku puanları ortalamaları kontrol örneği ile aynı grupta yer almıştır. Tat ve genel değerlendirme puanlarının ortalamalarında ise % 5 maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örnekler kontrol örneği ile aynı ortalama sahiptir.

Çizelge 4.13 Sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin duyu analizi sonuçları

Örnek Kodları *	DUYUSAL ÖZELLİK**					
	Görünüm	Sürülebilirlik	Tekstür ve yapısal özellikler	Koku	Tat	Genel Değerlendirme
KS	4.92 ^a ±0.29	4.67 ^a ±0.49	4.42 ^a ±0.67	4.58 ^a ±0.67	4.25 ^a ±0.87	4.50 ^a ±0.80
SY5	4.50 ^a ±0.67	3.92 ^{ab} ±1.00	3.58 ^{ab} ±1.00	3.83 ^{ab} ±1.11	3.58 ^{ab} ±0.90	3.83 ^{ab} ±0.58
SY10	3.50 ^b ±1.09	3.58 ^{bc} ±0.79	3.42 ^b ±0.67	3.67 ^{ab} ±1.07	3.00 ^{bc} ±0.60	3.54 ^b ±0.66
SY15	3.17 ^b ±1.27	3.00 ^c ±0.95	2.33 ^c ±0.89	3.08 ^b ±1.08	2.17 ^c ±0.72	2.25 ^c ±0.75
KS	4.83 ^a ±0.39	4.50 ^a ±0.67	4.25 ^a ±0.75	4.58 ^a ±0.51	4.33 ^a ±0.78	4.50 ^a ±0.80
SA5	4.08 ^{ab} ±1.16	3.75 ^a ±0.97	3.67 ^{ab} ±1.07	4.17 ^{ab} ±1.27	3.50 ^{ab} ±1.31	3.83 ^{ab} ±1.11
SA10	3.42 ^{bc} ±1.00	3.58 ^a ±1.00	3.25 ^b ±0.62	3.42 ^b ±1.00	2.92 ^{bc} ±0.79	3.29 ^{bc} ±0.62
SA15	2.75 ^c ±1.42	2.50 ^b ±1.09	2.25 ^c ±1.06	3.08 ^b ±1.16	2.17 ^c ±0.83	2.42 ^c ±0.79
KS	4.40 ^a ±0.84	4.15 ^a ±0.88	4.60 ^a ±0.70	4.20 ^a ±1.32	4.50 ^a ±0.85	4.30 ^a ±0.67
SC5	4.40 ^a ±0.84	3.50 ^a ±0.97	3.80 ^a ±0.92	3.70 ^a ±1.25	3.90 ^{ab} ±0.74	3.50 ^{ab} ±0.85
SC10	4.30 ^a ±0.67	3.70 ^a ±1.16	3.60 ^a ±1.43	3.50 ^a ±1.51	2.80 ^{bc} ±1.48	3.20 ^b ±0.92
SC15	4.50 ^a ±0.71	3.90 ^a ±0.99	3.50 ^a ±1.18	3.30 ^a ±1.25	2.10 ^c ±1.45	2.70 ^b ±0.67

* : K: Kontrol örneği, S: Sürülebilir Kakaolu Fındık Kreması, Y: Yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu, A: Arpa kaynaklı β -glukan konsantratu, C: Maya (*S. cerevisiae*) kaynaklı β -Glukan, 5: % 5 β -glukan konsantratu, 10: % 10 β -glukan konsantratu, 15: % 15 β -glukan konsantratu

** : Analiz sonuçları ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütundaki farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasında istatistik olarak fark önemlidir ($p < 0.05$).

Çizelge 4.13'te bulunan duyusal analiz sonuçlarına göre yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin bütün duyusal özellik puanları ortalamaları kontrol örneğinden daha düşüktür.

Yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu fındık kreması örnekleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan varyans analizine göre bütün duyusal özelliklerin puanları ortalamaları arasında birbirlerinden farklılıkları $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Farklılıkları belirlemek için yapılan karşılaştırma testi sonuçlarına göre ise % 5 oranında yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu fındık kreması örneğinin görünüm, sürülebilirlik, tekstür ve yapısal özellikler, tat ve genel değerlendirme puanları ortalamaları kontrol örneği ile istatistik olarak aynı grupta yer almıştır. Ayrıca % 10 oranında yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu fındık kreması örneğinin koku puanı ortalaması kontrol örneği ile istatistik olarak aynı grupta yer almıştır.

Arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin bütün duyusal özellik puanları ortalamaları kontrol örneğinden daha düşüktür. Arpa kaynaklı β -glukan konsantratu oranı arttıkça bütün duyusal özellik puanları ortalamaları azalmaktadır.

Arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu fındık kreması örnekleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan varyans analizine göre bütün duyusal özelliklerin aldığı puanların ortalamaları arasında birbirlerinden farklılıkları $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Farklılıkları belirlemek için yapılan karşılaştırma testi sonuçlarına göre % 5 oranında arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneğin bütün duyusal özellik puanları ortalamaları bakımından kontrol örneği ile istatistik olarak aynı grupta yer almaktadır. % 10 oranında arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneğin sürülebilirlik özelliği puanı ortalamaları bakımından kontrol örneği ile istatistik olarak aynı grupta yer almaktadır.

Maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu fındık kreması örnek grubunda % 15 oranında maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin görünüm

puanları kontrol örneğinden yüksektir. % 5 oranında maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin görünüm puanları ise kontrol örneği ile aynı ortalamaya sahiptir. Maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin sürülebilirlik, tekstür ve yapısal özellikler, koku, tat ve genel değerlendirme puanları ortalamaları kontrol örneğinden düşük puanlar almıştır.

Maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu fındık kreması örnekleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan varyans analizine göre görünüm, sürülebilirlik, tekstür ve yapısal özellikler ve koku ortalamaları arasında birbirlerinden farklılıkları $p < 0.05$ düzeyinde önemli bulunmamış; tat ve genel değerlendirme puanları ortalamaları arasında birbirlerinden farklılıkları önemli bulunmuştur. Bu farklılıkları belirlemek için karşılaştırma testi yapılmıştır. Buna göre tat ve genel değerlendirme puanlarının ortalamaları bakımından % 10 ve 15 oranlarında maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu fındık kreması örnekleri dışında bütün duyu özellik puanları ortalamalarında ve bütün oranlarda maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örnekler istatistik olarak kontrol örneği ile aynı grupta yer almıştır.

4.2.7 Renk analizi sonuçları

Bir gıdanın görünümü, gelen ışığın, optik özelliklerinin ve insan algısının karmaşık bir etkileşiminin sonucudur. Gıda ürünlerinin tüketicinin beklentilerine cevap vermesi gerektiği düşünüldüğünde, görünüm en önemli ticari özelliklerden biridir (Briones vd. 2006). Parlaklık, şekil, yüzey düzgünlüğü veya pürüzlülük, pus, saydamlık ve rengi içeren birçok görsel özellik çikolatanın görünüşünü tanımlamak için kullanılabilir (Aidoo vd. 2014). Çikolatanın renk değişimleri, genellikle üretim sırasındaki bileşim ve işleme parametrelerindeki farklılıktan kaynaklanmaktadır (Aidoo vd. 2014).

Sütlü, bitter ve beyaz çikolata çeşitlerine ve sürülebilir kakaolu fındık kremasına yulaf, arpa ve maya kaynaklı 3 farklı β -glukan konsantratından % 5, % 10 ve % 15 oranlarında şeker yerine ikame edilmiş örneklerin renk analizi sonuçları sırasıyla çizelge 4.14-4.17'de verilmiştir.

Sütlü çikolata örneklerinin renk analizi sonuçlarının verildiği çizelge 4.14'te görüldüğü gibi % 5 yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sütlü çikolata örneklerinin L^* değerleri ortalamaları aynı oranda maya ve arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sütlü çikolata örneklerinin L^* değerleri ortalamalarından yüksektir. % 10 ve % 15 arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sütlü çikolata örneklerinin L^* değerleri ortalamaları ise aynı oranda maya ve yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sütlü çikolata örneklerinin L^* değerleri ortalamalarından yüksektir yani örnekler daha parlaktır. Aynı oranda β -glukan konsantratu içeren sütlü çikolata örneklerinin C^* ve h^0 değerleri ortalamalarında ise maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sütlü çikolata örneklerinin C^* ve h^0 değerleri ortalamaları yulaf ve arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerinkinden daha yüksektir.

Çizelge 4.14 Sütlü çikolata örneklerinin renk analizi sonuçları

Örnek Kodları **	Renk değerleri***		
	L^*	C^*	h^0
KM	34.59 ^d ±0.44	15.48 ^a ±0.40	0.87 ^a ±0.01
MY5	40.70 ^a ±0.49	12.79 ^b ±0.31	0.69 ^c ±0.00
MY10	39.20 ^b ±0.18	12.10 ^b ±0.14	0.72 ^b ±0.02
MY15	37.83 ^c ±0.49	11.09 ^c ±0.07	0.62 ^d ±0.01
KM	34.59 ^b ±0.44	15.48 ^a ±0.40	0.87 ^a ±0.01
MA5	39.74 ^a ±0.61	13.34 ^b ±0.43	0.70 ^b ±0.02
MA10	39.69 ^a ±0.46	13.59 ^b ±0.65	0.68 ^b ±0.01
MA15	39.18 ^a ±0.44	13.10 ^b ±0.28	0.67 ^b ±0.01
KM	34.59 ^a ±0.44	15.48 ^a ±0.40	0.87 ^a ±0.01
MC5	33.64 ^{ab} ±0.49	14.51 ^b ±0.12	0.86 ^{ab} ±0.01
MC10	33.68 ^{ab} ±0.33	14.05 ^b ±0.20	0.85 ^b ±0.00
MC15	33.30 ^b ±0.15	14.36 ^b ±0.05	0.87 ^{ab} ±0.01

** : K: Kontrol örneği, M: Sütlü çikolata, Y: Yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu, A: Arpa kaynaklı β -glukan konsantratu, C: Maya (*S. cerevisiae*) kaynaklı β -Glukan, 5: % 5 β -glukan konsantratu, 10: % 10 β -glukan konsantratu, 15: % 15 β -glukan konsantratu

*** : Analiz sonuçları ortalama ±standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütündeki farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasında istatistik olarak fark önemlidir ($p<0.05$).

Renk analizi değerlerine göre farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sütlü çikolata grupları içinde örnekler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmıştır. Buna göre her farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sütlü çikolata örneklerinin bütün renk özellikleri değerlerinin ortalamaları arasında birbirlerinden farklılıkları önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılıkları belirlemek için yapılan

karşılaştırma testine göre yulaf ve arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bütün örneklerin bütün renk özelliği değerlerinin ortalamaları bakımından istatistik olarak kontrol örneğinden farklı gruplarda bulunmaktadır. Karşılaştırma testi sonuçlarına göre % 15 maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin L^* değerleri ortalamaları ve % 10 maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin h^0 değerleri ortalamaları bakımından kontrol örneği ile istatistik olarak farklı gruplarda bulunmaktadır. Maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin hepsinin C^* değerleri ortalamaları bakımından istatistik olarak kontrol örneğinden farklı gruplarda bulunmaktadır.

3 farklı β -glukan konsantratından % 5, % 10 ve % 15 oranlarında şeker yerine ikame edilmiş bitter çikolata örneklerinin renk analizi sonuçları çizelge 4.15'te verilmiştir.

Çizelge 4.15 Bitter çikolata örneklerinin renk analizi sonuçları

Örnek Kodları**	Renk değerleri***		
	L^*	C^*	h^0
KB	26.28 $^{c\pm 0.35}$	6.58 $^{a\pm 0.21}$	0.69 $^{a\pm 0.02}$
BY5	31.92 $^{a\pm 0.33}$	5.84 $^{b\pm 0.16}$	0.25 $^{b\pm 0.03}$
BY10	31.38 $^{ab\pm 0.16}$	4.88 $^{c\pm 0.07}$	0.12 $^{c\pm 0.02}$
BY15	30.84 $^{b\pm 0.06}$	4.05 $^{d\pm 0.02}$	0.08 $^{c\pm 0.04}$
KB	26.28 $^{b\pm 0.35}$	6.58 $^{a\pm 0.21}$	0.69 $^{a\pm 0.02}$
BA5	31.50 $^{a\pm 0.43}$	5.92 $^{ab\pm 0.47}$	0.27 $^{b\pm 0.06}$
BA10	30.38 $^{a\pm 0.42}$	5.44 $^{b\pm 0.42}$	0.19 $^{b\pm 0.02}$
BA15	30.48 $^{a\pm 0.78}$	5.31 $^{b\pm 0.29}$	0.19 $^{b\pm 0.01}$
KB	26.28 $^{a\pm 0.35}$	6.58 $^{ab\pm 0.21}$	0.69 $^{a\pm 0.02}$
BC5	26.27 $^{a\pm 0.17}$	6.94 $^{a\pm 0.31}$	0.70 $^{a\pm 0.00}$
BC10	26.18 $^{a\pm 0.41}$	6.26 $^{bc\pm 0.06}$	0.70 $^{a\pm 0.01}$
BC15	26.80 $^{a\pm 0.41}$	5.86 $^{c\pm 0.13}$	0.69 $^{a\pm 0.01}$

** : K: Kontrol örneği, B: Bitter çikolata, Y: Yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu, A: Arpa kaynaklı β -glukan konsantratu, C: Maya (*S. cerevisiae*) kaynaklı β -Glukan, 5: % 5 β -glukan konsantratu, 10: % 10 β -glukan konsantratu, 15: % 15 β -glukan konsantratu

*** : Analiz sonuçları ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütundaki farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasında istatistik olarak fark önemlidir ($p<0.05$).

Çizelge 4.15'te görüldüğü gibi bitter çikolata örneklerinden yulaf ve arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin L^* değerleri maya kaynaklı β -glukan konsantratu içerenlerinkinden daha yüksektir. Farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren her grup içinde β -glukan konsantratu miktarı arttıkça C^* azalmaktadır yani örnekler matlaşmaktadır.

Renk analizi değerlerine göre farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata grupları içinde örnekler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmıştır. Buna göre maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin L^* ve h^0 değerleri ortalamaları bakımından aralarında istatistik olarak önemli fark bulunmamış, C^* değerleri ortalamaları bakımından ise aralarında istatistik olarak önemli fark bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata örneklerinin bütün renk değerleri bakımından bütün oranlarda β -glukan konsantratu içeren örnekler kontrol örneği ile istatistik olarak farklı gruplarda yer almaktadır. Arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata örneklerinde L^* ve h^0 değerleri bakımından kontrol örneği ile istatistik olarak farklı gruplarda yer almaktadır. C^* değerleri bakımından % 5 arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örnekte yine kontrol örneği ile aynı grupta yer almaktadır. Karşılaştırma testine göre % 5 ve % 10 maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolataların bütün renk değerleri kontrol örneği ile istatistik olarak aynı grupta yer almaktadır. % 15 maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolataların C^* değerleri kontrol örneği ile istatistik olarak farklı grupta yer almaktadır.

3 farklı β -glukan konsantratından % 5, % 10 ve % 15 oranlarında şeker yerine ikame edilmiş beyaz çikolata örneklerinin renk analizi sonuçları çizelge 4.16’da verilmiştir.

Çizelge 4.16 Beyaz çikolata örneklerinin renk analizi sonuçları

Örnek Kodları**	Renk değerleri***		
	L^*	C^*	h^0
KW	81.51 ^a ±0.35	24.36 ^a ±0.06	-1.40 ^c ±0.00
WY5	78.54 ^b ±0.23	19.50 ^c ±0.21	-1.52 ^d ±0.00
WY10	77.01 ^c ±0.69	19.66 ^c ±0.13	1.55 ^a ±0.01
WY15	72.90 ^d ±0.35	20.24 ^b ±0.30	1.51 ^b ±0.00
KW	81.51 ^a ±0.35	24.36 ^a ±0.06	-1.40 ^b ±0.00
WA5	81.93 ^a ±1.44	18.22 ^c ±0.39	-1.49 ^c ±0.01
WA10	77.34 ^b ±1.15	19.30 ^{bc} ±0.89	-1.55 ^d ±0.00
WA15	77.37 ^b ±0.78	20.00 ^b ±0.23	1.54 ^a ±0.02
KW	81.51 ^a ±0.35	24.36 ^b ±0.06	-1.40 ^d ±0.00
WC5	70.44 ^b ±0.21	24.62 ^b ±0.24	1.54 ^a ±0.01
WC10	67.19 ^c ±0.37	25.77 ^a ±0.10	1.47 ^b ±0.01
WC15	62.68 ^d ±0.76	25.95 ^a ±0.48	1.43 ^c ±0.01

** : K: Kontrol örneği, W: Beyaz çikolata, Y: Yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu, A: Arpa kaynaklı β -glukan konsantratu, C: Maya (*S. cerevisiae*) kaynaklı β -Glukan, 5: % 5 β -glukan konsantratu, 10: % 10 β -glukan konsantratu, 15: % 15 β -glukan konsantratu

*** : Analiz sonuçları ortalama ±standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütundaki farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasında istatistik olarak fark önemlidir ($p<0.05$).

Çizelge 4.16’da görüldüğü gibi genel olarak β -glukan konsantratu oranı arttıkça L^* değerleri ortalamaları azalmaktadır, yani örnekler daha az parlak olmaktadır. Aynı oranda β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örneklerinin L^* değerleri ortalamalarından arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örneklerinin ki maya ve yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örneklerinin L^* değerleri ortalamalarından yüksektir. Aynı oranlarda farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örneklerinden en düşük L^* değerleri maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örneklerine aittir.

β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örneklerinin C^* değerleri ortalamaları örneklerde β -glukan konsantratu oranı arttıkça artmaktadır. Aynı oranda farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örneklerinden en yüksek C^* değerleri ortalamaları maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, en düşük ise arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür.

Farklı oranlarda farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örneklerinin h^0 değerleri ortalamalarında ise dalgalanmalar görülmektedir.

Renk analizi değerlerine göre farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata grupları içinde örnekler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmıştır. Buna göre her farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin bütün renk değerleri ortalamaları bakımından aralarında istatistik olarak önemli fark bulunmuştur ($p < 0.05$). Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örnekleri bütün renk değerleri bakımından kontrol örneği ile istatistik olarak farklı gruplarda yer almaktadır. Karşılaştırma testi sonuçlarına göre ise sadece % 5 arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örnekleri L^* değerleri bakımından kontrol örneği ile istatistik olarak aynı gruplarda yer almaktadır. Arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örnekler diğer renk değerleri bakımından kontrol örneği ile istatistik olarak farklı gruplarda yer almaktadır. Maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolatalardan sadece % 5 maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin C^* değerleri ortalamaları kontrol örneği ile istatistik olarak aynı grupta yer almaktadır.

3 farklı β -glukan konsantratından % 5, % 10 ve % 15 oranlarında şeker yerine ikame edilmiş sürülebilir kakaolu findık kreması örneklerinin renk analizi sonuçları çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.17 Kakaolu findık kreması örneklerinin renk analizi sonuçları

Örnek Kodları **	Renk değerleri ***		
	L*	C*	h°
KS	41.17 ^a ±0.20	9.73 ^a ±0.41	0.58 ^b ±0.02
SY5	39.42 ^c ±0.18	10.50 ^a ±0.41	0.63 ^{ab} ±0.02
SY10	40.45 ^b ±0.12	10.21 ^a ±0.10	0.65 ^a ±0.02
SY15	38.16 ^d ±0.36	10.33 ^a ±0.16	0.61 ^{ab} ±0.02
KS	41.17 ^a ±0.20	9.73 ^b ±0.41	0.58 ^b ±0.02
SA5	40.48 ^{ab} ±0.06	11.13 ^a ±0.27	0.64 ^a ±0.01
SA10	40.60 ^{ab} ±0.51	10.11 ^b ±0.26	0.60 ^b ±0.01
SA15	40.31 ^b ±0.29	10.01 ^b ±0.32	0.59 ^b ±0.01
KS	41.17 ^a ±0.20	9.73 ^{ab} ±0.41	0.58 ^{ab} ±0.02
SC5	41.34 ^a ±0.36	9.83 ^a ±0.10	0.60 ^a ±0.01
SC10	42.05 ^a ±0.29	9.71 ^{ab} ±0.17	0.60 ^{ab} ±0.01
SC15	39.38 ^b ±1.19	8.92 ^b ±0.52	0.56 ^b ±0.03

** : K: Kontrol örneği, S: Sürülebilir Kakaolu Findık Kreması, Y: Yulaf kaynaklı β -glukan konsantratı, A: Arpa kaynaklı β -glukan konsantratı, C: Maya (S. cerevisiae) kaynaklı β -Glukan, 5: % 5 β -glukan konsantratı, 10: % 10 β -glukan konsantratı, 15: % 15 β -glukan konsantratı

*** : Analiz sonuçları ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütundaki farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasında istatistik olarak fark önemlidir ($p<0.05$).

Çizelge 4.17’de görüldüğü gibi % 5 ve % 10 oranlarında β -glukan konsantratı içeren sürülebilir kakaolu findık kreması örneklerinin L* değerleri ortalamalarından maya kaynaklı β -glukan konsantratı içeren sürülebilir kakaolu findık kreması örneklerinin ki yulaf ve arpa kaynaklı β -glukan konsantratı içeren sürülebilir kakaolu findık kreması örneklerinin L* değerleri ortalamalarından yüksektir. % 15 oranında β -glukan konsantratı içeren sürülebilir kakaolu findık kreması örneklerinin L* değerleri ortalamalarından arpa kaynaklı β -glukan konsantratı içeren sürülebilir kakaolu findık kreması örneklerinin ki maya ve yulaf kaynaklı β -glukan konsantratı içeren sürülebilir kakaolu findık kreması örneklerinin L* değerleri ortalamalarından yüksektir. Aynı oranlarda farklı kaynaklı β -glukan konsantratı içeren sürülebilir kakaolu findık kreması örneklerinden en düşük L* değerleri yulaf kaynaklı β -glukan konsantratı içeren sürülebilir kakaolu findık kreması örneklerine aittir.

% 5 oranında β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu findık kreması örneklerinden en yüksek C^* değerleri arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, en düşük C^* değerleri ortalamaları ise maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür. % 10 ve % 15 oranında β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu findık kreması örneklerinden en yüksek C^* değerleri yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, en düşük C^* değerleri ortalamaları ise maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür.

Aynı oranlarda farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu findık kreması örneklerinin h^0 değerleri ortalamalarında dalgalanmalar görülmektedir. % 5 oranında β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu findık kreması örneklerden en yüksek h^0 değerleri arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, en düşük h^0 değerleri ortalamaları ise maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür. % 10 oranında β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu findık kreması örneklerden en yüksek h^0 değerleri ortalamaları yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür. % 10 oranında maya ve arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu findık kreması örneklerinin h^0 değerlerinin ortalamaları ise aynı çıkmıştır. % 15 oranında β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu findık kreması örneklerden en yüksek h^0 değerleri ortalamaları yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, en düşük h^0 değerleri ortalamaları ise maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür.

Renk analizi değerlerine göre farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu findık kreması grupları içinde örnekler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmıştır. Buna göre yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin C^* değerleri ortalamaları bakımından aralarında birbirlerinden farklılıkları $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmamış, diğer renk değerleri ortalamaları arasında birbirlerinden farklılıkları önemli bulunmuştur. Maya ve yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin bütün renk değerleri ortalamaları bakımından aralarında istatistik olarak önemli fark bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve % 5 ve % 15 yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu findık kremalarının C^* ve h^0 değerleri ortalamaları

kontrol örneği ile istatistik olarak aynı grupta yer almaktadır. % 10 yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu fındık kremalarının C^* değerleri ortalamaları kontrol örneği ile istatistik olarak aynı grupta yer almaktadır.

Karşılaştırma testi sonuçlarına göre % 5 arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu fındık kreması örnekleri L^* değerleri bakımından kontrol örneği ile istatistik olarak aynı grupta yer almaktadır. % 10 arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örnekler bütün renk değerleri ortalamaları bakımından kontrol örneği ile istatistik olarak aynı gruplarda yer almaktadır. % 15 arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu fındık kremalarının C^* ve h^0 değerleri ortalamaları kontrol örneği ile istatistik olarak aynı grupta yer almaktadır.

Karşılaştırma testi sonuçlarına göre % 5 ve % 10 oranlarında maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu fındık kremalarının bütün renk özelliği değerleri ortalamaları kontrol örneği ile istatistik olarak aynı grupta yer almaktadır. % 15 maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu fındık kremalarının C^* ve h^0 değerleri ortalamaları kontrol örneği ile istatistik olarak aynı grupta yer almaktadır.

4.2.8 Fat blooming(çiçeklenme) sonuçları

Çikolata yüzey renk değişiklikleri çoğunlukla, duyuusal analiz yöntemleriyle (görsel teknikleri kullanılarak) ya da kolorimetrik enstrümantal ölçüm yöntemleri ile değerlendirilir. Beyazlık indeksi ölçümleri ürün yapısı ve tekstüründe değişikliğe neden olan, çikolatanın iç kısmından yüzeye yağ göçü sebebiyle oluşan renk değişimlerinin bir göstergesidir (Torbica vd. 2011). WI, büyük olasılıkla soğutma aşamasından sonra ve uygun olmayan depolama koşullarında sıcaklık dengeleme sırasında uygun olmayan koşullarda indüklenen renk değişikliklerinin (Popov-Raljić ve Laličić-Petronijević, 2009) veya yetersiz/uygun olmayan temperlemenin bir sonucu olarak oluşur (Afoakwa 2010).

Beyazlık indeksindeki artış renk gelişiminin göstergesi olarak kullanılabilir. Değer ne kadar yüksek ise, yağ çiçeklenmesi gelişimin daha yüksek düzeyde olduğu kabul edilir (Altımiras 2007).

Sütlü, bitter ve beyaz çikolata çeşitlerine yulaf, arpa ve maya kaynaklı 3 farklı β -glukan konsantratından % 5, % 10 ve % 15 oranlarında şeker yerine ikame edilmiş örneklerin kolorimetre cihazı ile ölçülen L^* , a^* , b^* değerleri ile hesaplanan beyazlık indeksi değerleri çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18 Çikolata örneklerinin beyazlık indeksi sonuçları

Örnek Kodları *	WI**	Örnek Kodları *	WI**	Örnek Kodları *	WI**
KM	32.78 ^d ±0.34	KB	25.98 ^c ±0.33	KW	69.41 ^b ±0.19
MY5	39.34 ^a ±0.46	BY5	31.66 ^a ±0.32	WY5	71.00 ^a ±0.15
MY10	38.01 ^b ±0.17	BY10	31.20 ^{ab} ±0.16	WY10	69.75 ^b ±0.62
MY15	36.85 ^c ±0.47	BY15	30.72 ^b ±0.06	WY15	66.18 ^c ±0.42
KM	32.78 ^b ±0.34	KB	25.98 ^b ±0.33	KW	69.41 ^b ±0.19
MA5	38.28 ^a ±0.51	BA5	31.25 ^a ±0.38	WA5	74.33 ^a ±1.27
MA10	38.17 ^a ±0.51	BA10	30.16 ^a ±0.45	WA10	70.21 ^b ±0.38
MA15	37.79 ^a ±0.37	BA15	30.28 ^a ±0.76	WA15	69.80 ^b ±0.45
KM	32.78 ^a ±0.34	KB	25.98 ^a ±0.33	KW	69.41 ^a ±0.19
MC5	32.08 ^{ab} ±0.49	BC5	25.94 ^a ±0.19	WC5	61.53 ^b ±0.10
MC10	32.20 ^{ab} ±0.32	BC10	25.91 ^a ±0.40	WC10	58.28 ^c ±0.23
MC15	31.78 ^b ±0.13	BC15	26.57 ^a ±0.40	WC15	54.53 ^d ±0.35

*: K: Kontrol örneği, B: Bitter çikolata, M: Sütlü çikolata, W: Beyaz çikolata, Y: Yulaf kaynaklı β -glukan konsantratı, A: Arpa kaynaklı β -glukan konsantratı, C: Maya (*S. cerevisiae*) kaynaklı β -Glukan, 5: % 5 β -glukan konsantratı, 10: % 10 β -glukan konsantratı, 15: % 15 β -glukan konsantratı

** : Analiz sonuçları ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütundaki farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasında istatistik olarak fark önemlidir ($p < 0.05$).

Çizelge 4.18’de görüldüğü gibi aynı oranda β -glukan konsantratı içeren sütlü çikolata örneklerinin beyazlık indeksi değerleri ortalamalarına bakıldığında maya kaynaklı β -glukan konsantratı içerenlerinki yulaf ve arpa kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerinkinden daha düşüktür.

Sütlü çikolata örneklerinin beyazlık indeksi değerlerine göre farklı kaynaklı β -glukan konsantratı içeren gruplar içinde örnekler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla

varyans analizi yapılmış ve farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sütlü çikolata grupları içinde örneklerin WI değerlerinin ortalamaları bakımından aralarında istatistik olarak önemli fark bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve çizelge 4.18’de görüldüğü gibi yulaf ve arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örnekler ise WI değerleri bakımından kontrol örneğinden farklı gruplarda yer aldığı görülmektedir. % 5 ve % 10 maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin WI değerlerinin ortalamaları bakımından kontrol örneği ile istatistik olarak aynı grupta yer almaktadır.

Bitter çikolata örneklerinin beyazlık indeksi değerlerine göre farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren gruplar içinde örnekler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin WI değerlerinin ortalamaları bakımından aralarında istatistik olarak önemli fark bulunmamış, yulaf ve arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin WI değerlerinin ortalamaları bakımından aralarında istatistik olarak önemli fark bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve çizelge 4.18’de görüldüğü gibi maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin WI değerlerinin ortalamaları bakımından kontrol örneği ile istatistik olarak aynı grupta yer almaktadır. Yulaf ve arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örnekler ise WI değerleri bakımından kontrol örneğinden farklı gruplarda yer aldığı görülmektedir.

Çizelge 4.18’de görüldüğü gibi farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örneklerinde β -glukan konsantratu oranı arttıkça beyazlık indeksi değerleri ortalamaları azalmaktadır.

Aynı oranlarda farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örneklerinden en düşük beyazlık indeksi değerleri maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örneklerine, en yüksek beyazlık indeksi değerleri ise arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklere aittir.

Beyaz ikolata örneklerinin beyazlık indeksi değerlerine göre farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren gruplar içinde örnekler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata grupları içinde örneklerin WI değerlerinin ortalamaları bakımından aralarında istatistik olarak önemli fark bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve izelge 4.18’de görüldüğü gibi yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde % 10 oranında β -glukan konsantratu içeren rnekler WI değerleri bakımından kontrol rneği ile aynı grupta yer almaktadır. Arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ise % 10 ve % 15 oranında β -glukan konsantratu içeren rnekler WI değerleri bakımından kontrol rneği ile aynı grupta yer almaktadır. Maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin WI değerlerinin ortalamaları bakımından kontrol rneği ile istatistik olarak farklı grupta yer almaktadır.

4.2.9 Reoloji analizi sonuçları

ikolatanın reolojik özelliklerinin belirlenmesi, yüksek kalitede ve iyi yapıda çikolata üretebilmek açısından önem taşımaktadır. ikolatanın yağ bileşeni, partikül büyüklük dağılımı, nem içeriği, emülgatör tipi, konçlama süresi ve sıcaklığı çikolatanın reolojik özelliklerini etkilemektedir (Sökmen ve Gneş2006, Afoakwa vd. 2007, Afoakwa vd. 2008a, Afoakwa vd. 2008c). Casson modeli ile hesaplanan yield stress değeri çikolatanın akışkanlığının ölçüsüdür. Partikül boyutu küçüldükçe çikolatanın duyuasal özelliği iyileşmekte ancak partiküllerin yüzey alanı genişlediği için viskozite ve yield stress değeri artmaktadır (Sökmen ve Güneş 2006).

Sütlü, bitter ve beyaz çikolata çeşitlerine ve sürülebilir kakaolu fındık kremasına yulaf, arpa ve maya kaynaklı 3 farklı β -glukan konsantratından % 5, % 10 ve % 15 oranlarında şeker yerine ikame edilmiş örneklerin reoloji analizi sonuçları izelge 4.19’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.19’da görüldüğü gibi farklı oranlarda farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sütlü çikolata örneklerinden en yüksek yield stress maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde llmştir. % 5 oranında farklı kaynaklı β -glukan

konsantratu içeren örneklerden en düşük yield stress arpa kaynaklı ̢-glukan konsantratu içeren örneklerde, % 10 ve % 15 oranlarında farklı kaynaklı ̢-glukan konsantratu içeren örneklerden en düşük yield stress yulaf kaynaklı ̢-glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür.

Yield stress değerlerine göre aynı kaynaklı ̢-glukan konsantratu kaynağı içeren sütlü çikolata örnekleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve örneklerin yield stress değerlerinin ortalamaları bakımından istatistik olarak önemli fark bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve farklı oranlarda yulaf kaynaklı ̢-glukan konsantratu içeren örneklerin hepsi yield stress ortalamaları bakımından istatistik olarak kontrol rneği ile aynı grupta yer alırken % 15 oranında arpa kaynaklı ̢-glukan konsantratu içeren örnek yield stress ortalamaları bakımından istatistik olarak kontrol rneği ile aynı grupta yer almıştır. Farklı kaynaklı ̢-glukan konsantratu içeren sütlü çikolata örneklerinden % 5 ve % 10 oranında maya kaynaklı ̢-glukan konsantratu içeren örneklerin yield stress değeri ortalaması istatistik olarak kontrol örnekleri ile aynı grupta yer almıştır.

Çizelge 4.19 Çikolata çeşitleri ve sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin reoloji analizi sonuçları

Örnek Kodları *	Yield Stress (Pa) **	Viskozite (Pa.s) **	Örnek Kodları *	Yield Stress (Pa) **	Viskozite (Pa.s) **
KM	5.30 ^a ±0.37	13.38 ^a ±0.57	KB	4.54 ^a ±0.10	5.35 ^b ±0.07
MY5	2.95 ^a ±0.99	11.64 ^a ±1.05	BY5	2.28 ^b ±0.07	3.94 ^d ±0.13
MY10	2.70 ^a ±0.42	9.93 ^a ±0.76	BY10	2.20 ^b ±0.40	4.83 ^c ±0.08
MY15	2.99 ^a ±0.71	9.89 ^a ±1.07	BY15	2.23 ^b ±0.04	6.02 ^a ±0.02
KM	5.30 ^a ±0.37	13.38 ^a ±0.57	KB	4.54 ^a ±0.10	5.35 ^a ±0.07
MA5	2.39 ^b ±0.21	10.24 ^b ±0.41	BA5	2.36 ^a ±0.17	4.63 ^a ±0.18
MA10	2.78 ^b ±0.74	10.04 ^b ±0.13	BA10	3.00 ^a ±0.81	5.74 ^a ±0.45
MA15	3.56 ^{ab} ±0.23	9.63 ^b ±0.43	BA15	4.38 ^a ±0.70	5.76 ^a ±2.32
KM	5.30 ^{bc} ±0.37	13.38 ^a ±0.57	KB	4.54 ^b ±0.10	5.35 ^a ±0.07
MC5	4.75 ^c ±0.31	7.16 ^b ±0.25	BC5	1.86 ^c ±0.06	4.09 ^b ±0.23
MC10	6.24 ^{ab} ±0.43	7.35 ^b ±0.05	BC10	4.44 ^b ±0.06	4.20 ^b ±0.08
MC15	7.02 ^a ±0.18	7.40 ^b ±0.03	BC15	5.13 ^a ±0.21	4.40 ^b ±0.35
KW	4.19 ^a ±1.48	4.12 ^a ±0.06	KS	4.24 ^a ±0.96	3.15 ^a ±0.65
WY5	2.39 ^a ±0.59	7.14 ^a ±1.43	SY5	3.01 ^a ±0.05	2.67 ^a ±0.32
WY10	1.65 ^a ±0.34	7.50 ^a ±1.17	SY10	4.41 ^a ±0.42	4.33 ^a ±1.50
WY15	2.12 ^a ±1.55	7.55 ^a ±0.19	SY15	4.67 ^a ±1.75	4.43 ^a ±1.21
KW	4.19 ^{ab} ±1.48	4.12 ^a ±0.06	KS	4.24 ^b ±0.96	3.15 ^a ±0.65
WA5	2.24 ^b ±0.50	7.79 ^a ±0.54	SA5	5.47 ^b ±1.94	3.45 ^a ±0.02
WA10	6.01 ^{ab} ±0.37	7.84 ^a ±1.58	SA10	7.70 ^b ±0.45	3.58 ^a ±0.38
WA15	7.30 ^a ±1.16	7.37 ^a ±0.83	SA15	12.65 ^a ±1.00	6.11 ^a ±1.28
KW	4.19 ^a ±1.48	4.12 ^b ±0.06	KS	4.24 ^a ±0.96	3.15 ^a ±0.65
WC5	2.07 ^a ±0.28	5.02 ^a ±0.03	SC5	4.91 ^a ±1.85	2.43 ^a ±0.36
WC10	3.06 ^a ±0.18	5.15 ^a ±0.24	SC10	6.52 ^a ±2.11	3.20 ^a ±0.93
WC15	3.28 ^a ±0.48	5.19 ^a ±0.06	SC15	7.61 ^a ±3.41	5.92 ^a ±2.86

* : K: Kontrol örneği, B: Bitter çikolata, M: Sütlu çikolata, W: Beyaz çikolata, S: Sürülebilir Kakaolu Fındık Kreması, Y: Yulaf kaynaklı β-glukan konsantrati, A: Arpa kaynaklı β-glukan konsantrati, C: Maya (*S. cerevisiae*) kaynaklı β-Glukan, 5: % 5 β-glukan konsantrati, 10: % 10 β-glukan konsantrati, 15: % 15 β-glukan konsantrati

** : Analiz sonuçları ortalama ±standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütundaki farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasında istatistik olarak fark önemlidir (p<0.05).

Çizelge 4.19’da görüldüğü gibi % 5 ve % 15 oranlarında farklı kaynaklı β-glukan konsantrati içeren sütlu çikolata örneklerinden en yüksek viskozite yulaf kaynaklı β-glukan konsantrati içeren örneklerde, % 10 oranlarında farklı kaynaklı β-glukan konsantrati içeren örneklerden en yüksek viskozite ise arpa kaynaklı β-glukan konsantrati içeren örneklerde ölçülmüştür. Farklı oranlarda farklı kaynaklı β-glukan

konsantratu içeren sütlü çikolata örneklerinden en düşük viskozite değerleri maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde llmtır.

Viskozite değerlerine göre aynı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sütlü çikolata örnekleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve örneklerin viskozite değerlerinin ortalamaları bakımından istatistik olarak önemli fark bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sütlü çikolata örnekleri ise viskozite ortalamaları bakımından kontrol rneği ile aynı gruplarda yer almıştır. Arpa ve maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sütlü çikolata örnekleri viskozite ortalamaları bakımından kontrol rneği ile farklı gruplarda yer almıştır.

Çizelge 4.19’da görüldüğü gibi % 5 oranında farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata örneklerinden en yüksek yield stress arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, en düşük ise maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde llmtır. % 10 ve % 15 oranlarında farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerden en yüksek yield stress maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, en düşük yield stress ise yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde llmtır.

Yield stress değerlerine göre aynı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata örnekleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve örneklerin yield stress değerlerinin ortalamaları bakımından istatistik olarak önemli fark bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata örneklerinden farklı oranlarda yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin hepsi yield stress ortalamaları bakımından istatistik olarak kontrol rneği ile farklı grupta yer alırken farklı oranlarda arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin hepsi yield stress ortalamaları bakımından istatistik olarak kontrol rneği ile aynı grupta yer almıştır. Farklı oranlarda maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerden ise % 10 oranında maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örnek yield stress değeri ortalaması istatistik olarak kontrol örnekleri ile aynı grupta yer almıştır.

Çizelge 4.19’da görüldüğü gibi % 5 ve % 10 oranlarında farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata örneklerinden en yüksek viskozite arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, % 15 oranlarında farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerden en yüksek viskozite yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür. % 5 oranında farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata örneklerinden en düşük viskozite yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, % 10 ve % 15 oranlarında farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerden ise en düşük viskozite maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür.

Viskozite değerlerine göre aynı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata örnekleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata örnekleri dışındaki örneklerin viskozite değerlerinin ortalamaları bakımından istatistik olarak önemli fark bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve yulaf ve maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata örnekleri viskozite ortalamaları bakımından kontrol örneği ile farklı gruplarda yer almıştır. Arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata örnekleri ise viskozite ortalamaları bakımından kontrol örneği ile aynı gruplarda yer almıştır.

Çizelge 4.19’da görüldüğü gibi % 5 oranında farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örneklerinden en yüksek yield stress yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, en düşük ise maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür. % 10 ve % 15 oranlarında farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerden en yüksek yield stress arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, en düşük yield stress ise yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür.

Yield stress değerlerine göre aynı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örnekleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve sadece arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin yield stress değerlerinin ortalamaları bakımından istatistik olarak önemli fark bulunmuştur ($p<0.05$). Bu

farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve farklı oranlarda aynı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örneklerinin yield stress değeri ortalaması istatistik olarak kontrol örnekleri ile aynı grupta yer almıştır.

Çizelge 4.19’da görüldüğü gibi % 5 ve % 10 oranlarında farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örneklerinden en yüksek viskozite arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, % 15 oranlarında farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerden en yüksek viskozite yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür. Farklı oranlarda farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örneklerinden en düşük viskozite maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür.

Viskozite değerlerine göre aynı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örnekleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örnekleri dışındaki örneklerin viskozite değerlerinin ortalamaları bakımından istatistik olarak önemli fark bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve yulaf ve arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örnekleri ise viskozite ortalamaları bakımından kontrol örneği ile aynı gruplarda yer almıştır. Maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örnekleri viskozite ortalamaları bakımından kontrol örneği ile farklı gruplarda yer almıştır.

Çizelge 4.19’da görüldüğü gibi aynı oranda farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinden en yüksek yield stress arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, en düşük ise yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür.

Yield stress değerlerine göre aynı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu fındık kreması örnekleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve sadece maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinin yield stress değerlerinin ortalamaları bakımından istatistik olarak önemli fark bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılıkları belirlemek amacıyla

Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve yulaf ve maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu findık kreması örneklerinin yield stress değeri ortalaması istatistik olarak kontrol örnekleri ile aynı grupta yer almıştır. Arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerden sadece % 15 oranında β -glukan konsantratu içeren örneklerin yield stress ortalamaları bakımından istatistik olarak kontrol örneği ile farklı grupta yer almıştır.

Çizelge 4.19’da görüldüğü gibi % 5 ve % 15 oranlarında farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu findık kreması örneklerinden en yüksek viskozite arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, % 10 oranlarında farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerden en yüksek viskozite yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür. % 5 ve % 10 oranlarında farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu findık kreması örneklerinden en düşük viskozite maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, % 15 oranında farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerden ise en düşük viskozite yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür.

Viskozite değerlerine göre aynı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu findık kreması örnekleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmış ve sadece maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu findık kreması örneklerinin viskozite değerlerinin ortalamaları bakımından istatistik olarak önemli fark bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve farklı oranda aynı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sürülebilir kakaolu findık kreması örnekleri viskozite ortalamaları bakımından kontrol örneği ile istatistik olarak aynı gruplarda yer almıştır.

4.2.10 Erime profili sonuçları

Çikolatanın ağızda erimesi, oda sıcaklığındaki katı bir durumdan vücut sıcaklığında düzgün yoğun bir süspansiyona faz geçişini içeren dinamik bir işlemdir (Shah vd. 2010). Çikolatanın erime profili genel olarak DSC cihazı ile belirlenir. Numunelerin erime özelliklerine ilişkin termal parametreleri DSC termogramları kullanılarak T_{ilk} ,

T_{son} , T_{pik} ve ΔH parametreleri hesaplanmıştır. T_{ilk} , kristal formun erime noktasına geldiği sıcaklığı temsil eder; T_{pik} eritmenin en hızlı gerçekleştiği sıcaklıktır; T_{son} , numunenin sıvılaştırılmasının tamamlandığı sıcaklıktır ve ΔH , malzemenin tamamen eritilmesi için gerekli olan enerji miktarıdır.

Sütlü, bitter ve beyaz çikolata çeşitlerine yulaf, arpa ve maya kaynaklı 3 farklı β -glukan konsantratından % 5, % 10 ve % 15 oranlarında şeker yerine ikame edilmiş örneklerin erime özelliklerine ilişkin termal parametreleri, sırasıyla çizelge 4.20, çizelge 4.21 ve çizelge 4.22’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.20 Sütlü çikolata örneklerinin erime özellikleri

Örnek Kodları *	$T_{ilk}(^{\circ}C)^{**}$	$T_{pik}(^{\circ}C)^{**}$	$T_{son}(^{\circ}C)^{**}$	$\Delta H (J/g)^{**}$
KM	16.90 ^{ab} ±0.04	21.84 ^b ±0.03	31.83 ^a ±0.55	22.01 ^a ±0.87
MY5	16.21 ^b ±0.38	21.64 ^b ±0.26	31.06 ^a ±0.08	20.83 ^{ab} ±0.11
MY10	17.04 ^a ±0.08	22.91 ^a ±0.12	31.68 ^a ±0.05	19.89 ^b ±0.11
MY15	16.38 ^{ab} ±0.08	21.81 ^b ±0.18	31.64 ^a ±0.18	20.52 ^{ab} ±0.11
KM	16.90 ^a ±0.04	21.84 ^b ±0.03	31.83 ^b ±0.55	22.01 ^{ab} ±0.87
MA5	16.83 ^a ±0.14	21.89 ^b ±0.11	31.81 ^b ±0.14	20.76 ^b ±0.16
MA10	16.90 ^a ±0.18	21.85 ^b ±0.07	31.14 ^b ±0.08	20.68 ^b ±0.07
MA15	17.26 ^a ±0.12	24.49 ^a ±0.15	33.38 ^a ±0.10	22.68 ^a ±0.10
KM	16.90 ^a ±0.04	21.84 ^a ±0.03	31.83 ^a ±0.55	22.01 ^a ±0.87
MC5	16.77 ^a ±0.17	21.19 ^a ±0.18	31.26 ^a ±0.11	22.27 ^a ±2.31
MC10	16.79 ^a ±0.17	21.34 ^a ±0.01	31.50 ^a ±0.16	21.48 ^a ±0.96
MC15	16.99 ^a ±0.21	21.42 ^a ±0.28	31.98 ^a ±0.15	19.25 ^a ±2.66

* : K: Kontrol örneği, M: Sütlü çikolata, Y: Yulaf kaynaklı β -glukan konsantratı, A: Arpa kaynaklı β -glukan konsantratı, C: Maya (*S. cerevisiae*) kaynaklı β -Glukan, 5: % 5 β -glukan konsantratı, 10: % 10 β -glukan konsantratı, 15: % 15 β -glukan konsantratı

** : Analiz sonuçları ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütundaki farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasında istatistik olarak fark önemlidir ($p<0.05$).

Çizelge 4.20’da görüldüğü gibi aynı oranlarda farklı kaynaklı β -glukan konsantratı içeren sütlü çikolata örneklerinden en yüksek T_{ilk} , T_{pik} ve T_{son} değerleri % 5 ve % 15 oranlarında arpa kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde, % 5 oranında ise yulaf kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde ölçülmüştür. En düşük T_{ilk} değerleri % 5 ve % 15 oranlarında yulaf kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde, % 10 oranında ise maya kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde ölçülmüştür. En düşük T_{pik} değerleri bütün oranlarda maya kaynaklı β -glukan

konsantratu içeren örneklerde belirlenmiştir. En düşük T_{son} değerleri % 5 ve % 15 oranlarında yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, % 10 oranında ise arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür. En düşük ΔH değerleri % 5 oranında arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, % 10 oranında yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, % 15 oranında ise maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde belirlenmiştir.

Erime özellikleri değerlerine göre farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren sütü çikolata grupları içinde örnekler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmıştır. Buna göre maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin T_{ilk} , T_{pik} , T_{son} ve ΔH değerleri ortalamaları bakımından, yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin T_{son} değerleri ortalamaları bakımından, arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin T_{ilk} değerleri ortalamaları bakımından aralarında istatistik olarak önemli fark bulunmamıştır ($p < 0.05$). Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve sadece % 10 yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin T_{pik} ve ΔH değerleri ortalamaları ve % 15 arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin T_{pik} ve T_{son} değerleri ortalamaları kontrol örneği ile istatistik olarak farklı grupta yer almaktadır.

Çizelge 4.21 Bitter çikolata örneklerinin erime özellikleri

Örnek Kodları [*]	$T_{ilk}(^{\circ}C)^{**}$	$T_{pik}(^{\circ}C)^{**}$	$T_{son}(^{\circ}C)^{**}$	$\Delta H (J/g)^{**}$
KB	16.45 ^a ±0.57	21.29 ^a ±0.42	31.67 ^a ±1.00	26.37 ^a ±0.71
BY5	16.98 ^a ±0.07	22.41 ^a ±0.44	31.86 ^a ±0.16	26.25 ^a ±4.03
BY10	16.26 ^a ±0.18	21.56 ^a ±0.38	30.78 ^a ±0.19	25.96 ^a ±1.55
BY15	15.98 ^a ±0.11	21.92 ^a ±0.08	31.86 ^a ±0.08	26.05 ^a ±0.18
KB	16.45 ^a ±0.57	21.29 ^a ±0.42	31.67 ^a ±1.00	26.37 ^a ±0.71
BA5	16.68 ^a ±0.15	21.99 ^a ±0.09	31.23 ^a ±0.15	25.87 ^a ±4.55±
BA10	16.67 ^a ±0.08	22.20 ^a ±0.61	31.65 ^a ±0.67	26.80 ^a ±2.88
BA15	16.67 ^a ±0.15	21.98 ^a ±0.45	31.73 ^a ±0.78	23.14 ^a ±2.06
KB	16.45 ^a ±0.57	21.29 ^a ±0.42	31.67 ^a ±1.00	26.37 ^a ±0.71
BC5	17.48 ^a ±0.15	20.95 ^a ±0.28	31.61 ^a ±0.67	25.13 ^a ±0.88
BC10	17.68 ^a ±0.73	20.82 ^a ±0.12	31.63 ^a ±1.61	25.29 ^a ±2.31
BC15	18.20 ^a ±0.13	21.17 ^a ±0.45	31.77 ^a ±0.22	24.03 ^a ±1.39

^{*} : K: Kontrol örneği, B: Bitter çikolata, Y: Yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu, A: Arpa kaynaklı β -glukan konsantratu, C: Maya (*S. cerevisiae*) kaynaklı β -Glukan, 5: % 5 β -glukan konsantratu, 10: % 10 β -glukan konsantratu, 15: % 15 β -glukan konsantratu

^{**} : Analiz sonuçları ortalama ±standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütundaki farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasında istatistik olarak fark önemlidir ($p < 0.05$).

Çizelge 4.21’de görüldüğü gibi aynı oranlarda farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata örneklerinden en yüksek T_{ilk} değerleri bütün oranlarda maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, en düşük T_{ilk} değerleri ise % 5 oranında farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerden arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, % 10 ve % 15 oranlarında ise yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür.

Aynı oranlarda farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerden en yüksek T_{pik} değerleri % 5 oranında yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, % 10 ve % 15 oranlarında ise arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, en düşük T_{pik} değerleri ise bütün oranlarda maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür.

Aynı oranlarda farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerden en yüksek T_{son} ve ΔH değerleri % 5 ve % 15 oranlarında yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, % 10 oranında ise arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, en düşük T_{son} değerleri % 5 ve % 15 oranlarında arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, % 10 oranında ise yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür. En düşük ΔH değerleri % 5 ve % 10 oranlarında maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde, % 15 oranında ise arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerde ölçülmüştür.

Erime özellikleri değerlerine göre farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren bitter çikolata grupları içinde örnekler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmıştır. Buna göre farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin T_{ilk} , T_{pik} , T_{son} ve ΔH değerleri ortalamaları bakımından aralarında istatistik olarak önemli fark bulunmamıştır ($p < 0.05$). Tukey karşılaştırma testi sonucuna görede bütün erime özellikleri değerleri bakımından bütün oranlarda β -glukan konsantratu içeren örnekler kontrol örneği ile istatistik olarak aynı gruplarda yer almaktadır.

Çizelge 4.22’de görüldüğü gibi aynı oranlarda farklı kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örneklerinden en yüksek T_{ilk} ve T_{pik} değerleri bütün oranlarda

maya kaynaklı β -glukan konsantrasyonu içeren örneklerde, en yüksek T_{son} değerleri % 5 ve % 15 oranlarında yulaf kaynaklı β -glukan konsantrasyonu içeren örneklerde, % 10 oranında ise arpa kaynaklı β -glukan konsantrasyonu içeren örneklerde, en yüksek ΔH değerleri % 5 oranında arpa kaynaklı β -glukan konsantrasyonu içeren örneklerde, % 10 ve % 15 oranlarında ise yulaf kaynaklı β -glukan konsantrasyonu içeren örneklerde belirlenmiştir. En düşük T_{ilk} değerleri bütün oranlarda yulaf kaynaklı β -glukan konsantrasyonu içeren örneklerde, en düşük T_{pik} değerleri % 5 ve % 10 oranlarında yulaf kaynaklı β -glukan konsantrasyonu içeren örneklerde, % 15 oranında ise arpa kaynaklı β -glukan konsantrasyonu içeren örneklerde ölçülmüştür. En düşük T_{son} ve ΔH değerleri % 5 ve % 15 oranlarında maya kaynaklı β -glukan konsantrasyonu içeren örneklerde, % 10 oranında ise en düşük T_{son} değerleri yulaf kaynaklı β -glukan konsantrasyonu içeren örneklerde, en düşük ΔH değerleri ise arpa kaynaklı β -glukan konsantrasyonu içeren örneklerde ölçülmüştür.

Çizelge 4.22 Beyaz çikolata örneklerinin erime özellikleri

Örnek Kodları *	$T_{ilk}(^{\circ}C)$ **	$T_{pik}(^{\circ}C)$ **	$T_{son}(^{\circ}C)$ **	$\Delta H (J/g)$ **
KW	16.91 ^a ±0.28	23.15 ^a ±0.65	32.03 ^a ±1.57	23.13 ^b ±0.08
WY5	16.24 ^{ab} ±0.15	22.01 ^a ±0.98	31.99 ^a ±0.08	21.46 ^c ±0.13
WY10	15.14 ^b ±0.06	20.17 ^a ±0.71	29.49 ^a ±0.11	23.29 ^b ±0.17
WY15	15.31 ^b ±0.51	23.01 ^a ±1.83	31.91 ^a ±1.52	24.24 ^a ±0.19
KW	16.91 ^a ±0.28	23.15 ^a ±0.65	32.03 ^a ±1.57	23.13 ^a ±0.08
WA5	16.54 ^a ±0.16	22.13 ^a ±0.11	31.90 ^a ±0.14	21.53 ^b ±0.10
WA10	17.20 ^a ±0.42	22.48 ^a ±0.08	32.35 ^a ±0.06	19.36 ^c ±0.16
WA15	16.29 ^a ±0.36	22.67 ^a ±0.08	31.77 ^a ±0.20	22.59 ^a ±0.20
KW	16.91 ^b ±0.28	23.15 ^a ±0.65	32.03 ^a ±1.57	23.13 ^a ±0.08
WC5	19.70 ^a ±0.00	23.71 ^a ±0.01	31.82 ^a ±0.37	18.52 ^a ±0.75
WC10	19.22 ^a ±0.16	23.47 ^a ±0.08	31.87 ^a ±1.27	19.61 ^a ±2.35
WC15	19.33 ^a ±0.08	23.47 ^a ±0.07	31.74 ^a ±0.49	19.91 ^a ±0.23

* : K: Kontrol örneği, W: Beyaz çikolata, Y: Yulaf kaynaklı β -glukan konsantrasyonu, A: Arpa kaynaklı β -glukan konsantrasyonu, C: Maya (*S. cerevisiae*) kaynaklı β -Glukan, 5: % 5 β -glukan konsantrasyonu, 10: % 10 β -glukan konsantrasyonu, 15: % 15 β -glukan konsantrasyonu

** : Analiz sonuçları ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütundaki farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasında istatistik olarak fark önemlidir ($p < 0.05$).

Erime özellikleri değerlerine göre farklı kaynaklı β -glukan konsantrasyonu içeren beyaz çikolata grupları içinde örnekler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmıştır. Buna göre yulaf kaynaklı β -glukan konsantrasyonu içeren örneklerin T_{ilk} ve ΔH değerleri ortalamaları bakımından, arpa kaynaklı β -glukan konsantrasyonu içeren

örneklerin ise ΔH değerleri ortalamaları bakımından, maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin T_{ilk} değerleri ortalamaları bakımından aralarında $p<0.05$ düzeyinde istatistik olarak önemli fark bulunmuştur. Bu farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey karşılaştırma testi yapılmış ve % 10 ve % 15 yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin T_{ilk} değerleri ortalamaları, % 5 ve % 15 yulaf kaynaklı β -glukan konsantratu içeren örneklerin ΔH değerleri ortalamaları bakımından kontrol örneği ile istatistik olarak farklı grupta yer almaktadır.

Karşılaştırma testi sonuçlarına göre ise % 5 ve % 10 arpa kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örnekleri ΔH değerleri bakımından kontrol örneği ile istatistik olarak farklı grupta yer almaktadır. Maya kaynaklı β -glukan konsantratu içeren beyaz çikolata örneklerinin karşılaştırma testi sonuçlarına göre ise bütün oranlarda β -glukan konsantratu içeren örneklerinsadece T_{ilk} değerleri ortalamaları bakımından kontrol örneği ile istatistik olarak farklı gruplarda yer almaktadır.

5. SONUÇ

Bu çalışmada fonksiyonel bir bileşen olarak farklı kaynaklardan elde edilmiş β -glukan konsantratlarının farklı oranlarda çikolata çeşitleri ve sürülebilir kakaolu fındık kreması ürünlerinde kullanılması ile ürünlerin bazı kalite parametrelerine etkileri incelenmiştir.

Örneklerde β -glukan konsantratı miktarı arttıkça partikül büyüklükleri, % kül miktarları ve % nem miktarları artmış, a_w değerleri azalmıştır. Ayrıca çikolata çeşitlerinde β -glukan konsantratı miktarı arttıkça sertlik azalmış, sürülebilir kakaolu fındık kreması ürünlerinde ise sıklık ve yapışkanlık artmıştır.

Genel olarak, β -glukan konsantratı miktarı arttıkça tüm örneklerde duyuşal özellik puanları da azalmıştır. Ancak, % 5 oranında β -glukan konsantratı içeren bütün örneklerde duyuşal özellikler kontrol örneği ile istatistik olarak $p < 0.05$ düzeyinde aynı gruplarda yer almıştır. Çikolata çeşitlerinde duyuşal özellikler açısından en iyi sonuçların, yulaf kaynaklı β -glukan konsantratı kullanıldığında belirlenmiştir. Sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinde ise, en iyi duyuşal özellikler maya kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde belirlenmiştir.

Çikolata çeşitleri ve sürülebilir kakaolu fındık kreması ürünlerinde kullanılan her farklı β -glukan konsantratı renk değerlerinde istatistiksel farklılıklara sebep olmuştur. Sütü ve bitter çikolata örneklerinde, özellikle yulaf ve arpa kaynaklı β -glukan konsantratları içerenlerin maya kaynaklı β -glukan konsantratları içerenlerden daha fazla L^* değerlerini de artırdığı, yani parlaklığın geliştiğı belirlenmiştir. Beyaz çikolata ve sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinde ise, genel olarak, farklı β -glukan konsantratları L^* değerlerinin azalmasına, yani örneklerin renginin koyulaşmasına neden olmuştur. Sütü ve bitter çikolata çeşitlerinde bütün farklı kaynaklı β -glukan konsantratları içeren örneklerin C^* değerleri kontrol örneğine göre azalmış, yani örneklerin daha mat olduğı görülmüştür. Beyaz çikolata ve sürülebilir kakaolu fındık kreması örneklerinde ise yulaf ve arpa kaynaklı β -glukan konsantratları içeren örneklerin C^* değerleri artmıştır.

Çikolata çeşitlerinde yulaf ve arpa kaynaklı β -glukan konsantratları içeren örneklerin beyazlık indeksi değerleri kontrol örneklerinden daha yüksektir ve istatistik olarak farklı gruplardadır. Sütlu ve bitter çikolatalarda maya kaynaklı β -glukan konsantratları içeren örneklerin beyazlık indeksi değerleri, genel olarak kontrol örneği ile yaklaşık aynı iken beyaz çikolatada ise daha yüksek bulunmuştur.

Çikolata çeşitleri ve sürülebilir kakaolu fındık kreması ürünlerinden farklı kaynaklı ve farklı oranlarda β -glukan konsantratları içeren örneklerin kayma gerilmesi değerleri değişkenlik göstermiştir. Sütlu çikolata örneklerinde bütün farklı kaynaklı β -glukan konsantratları içeren örneklerin viskoziteleri kontrol örneklerinden düşük bulunmuştur. Ancak; yulaf ve arpa kaynaklı β -glukan konsantratları oranı arttıkça viskozitenin düştüğü, maya kaynaklı β -glukan konsantratları oranı arttıkça viskozitenin arttığı görülmüştür. Bitter ve beyaz çikolata örneklerinde ve sürülebilir kakaolu fındık kreması ürünlerinde, bütün farklı kaynaklı β -glukan konsantratlarının oranları arttıkça, genel olarak viskozitede artmaktadır. β -glukan içeren örneklerde viskozite ve kayma gerilemsinin istenen düzeyde olabilmesi için emülgatör miktarında gerekli değişiklikler yapılabilir.

Çikolatada önemli bir kalite parametresi olan erime profili sonuçlarına göre, farklı oranlarda ve farklı kaynaklı β -glukan konsantratları içeren bütün sütlu çikolata çeşitlerinin ilk erime sıcaklıkları kontrol örneği ile istatistik olarak aynı grupta yer almıştır. Sütlu çikolata örneklerinde erime özellikleri kontrol örneğiyle istatistik olarak aynı sonuçlar maya kaynaklı β -glukan konsantratı içeren örneklerde alınmıştır. Genel olarak, % 5 yulaf ve % 5 arpa β -glukan konsantrı içeren örneklerde bütün erime özellikleri kontrol örneği ile istatistik olarak aynı bulunmuştur. Bitter çikolata çeşitlerinde ise farklı oranlarda ve farklı kaynaklı β -glukan konsantratları içeren bütün örneklerin bütün erime özellikleri istatistik olarak aynı bulunmuş, yani bitter çikolatada β -glukan konsantratı erime özelliklerini değiştirmemiştir. Beyaz çikolata örneklerinde ise yulaf ve maya kaynaklı β -glukan konsantratları ilk erime sıcaklıklarını etkilemiş, ancak T_{pik} ve T_{son} sıcaklıkları farklı oranlarda ve farklı kaynaklı β -glukan konsantratlarında istatistik olarak kontrolden farklı bulunmamıştır.

Ayrıca, β -glukan konsantratlarının içerdiği β -glukan miktarların düşük olması nedeniyle örneklerde de β -glukan miktarları düşük olmuştur. Bir porsiyon üründe EFSA ve FDA tarafından tavsiye edilen miktarları yakalayabilmek için β -glukan kaynağının daha saf olması gerekmektedir. Bu projede piyasadan temin edilen konsantratların kurutularak nem miktarlarının düşürülmesi ile hem örneklerde β -glukan miktarları artırılabilir hem de örneklerin % nem değerleri azaltılarak sertlik değerleri artırılabilir. Duyusal, reolojik ve erime özelliklerini etkileyen partikül boyutuda yine üretim öncesi β -glukan konsantratlarının ön-inceltilmeye tabi tutulması ile modifiye edilebilir.

Sonuç olarak; bu projede kalite parametrelerinin karşılaştırıldığı tüm analiz sonuçlarına göre, farklı kaynaklı β -glukan konsantratlarının örnekler üzerine etkileri değişmekle birlikte, genel olarak % 5 oranında kullanımlarında duyusal özelliklerde kontrol örneğine yakın hatta daha iyi sonuçlar tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Afoakwa, E.O., Paterson, A. and Fowler, M. 2007. Factors influencing rheological and textural qualities in chocolate - a review. *Trends in Food Science & Technology*, 18, 290-298.
- Afoakwa, E.O., Paterson, A., Fowler, M. and Vieira, J. 2008a. Characterization of melting properties in dark chocolates from varying particle size distribution and composition using differential scanning calorimetry. *Food Research International*, 41, 751–757.
- Afoakwa, E.O., Paterson, A. and Fowler, M. 2008b. Effects of particle size distribution and composition on rheological properties of dark chocolate. *European Food Research and Technology*, 226, 1259-1268.
- Afoakwa, E.O., Paterson, A., Fowler, M. and Vieira, J. 2008c. Effects of tempering and fat crystallisation behaviour on microstructure, mechanical properties and appearance in dark chocolate systems. *Journal of Food Engineering*, 89, 128–136.
- Afoakwa, E.O. 2010. *Chocolate Science and Technology*, Wiley-Blackwell. Oxford, UK. A John Wiley & Sons, Ltd., Publication.
- Ahmad, A., Anjum, F. M., Zahoor, T., Chatha, Z. A., and Nawaz, H. 2008. Effect of barley β -glucan on sensory characteristics of bread. *Pak. J. Agric. Sci.*, 45(1); 88–94.
- Ahmad, A., Anjum, F. M., Zahoor, T., Nawaz, H. and Din, A. 2009. Physicochemical and functional properties of barley β -glucan as affected by different extraction procedures. *International Journal of Food Science and Technology*, 44, 181-187.
- Ahmad, A., Anjum, F. M., Zahoor, T., Nawaz, H. and Ahmed, Z. 2010. Extraction and characterization of β -D-glucan from oat for industrial utilization. *International Journal of Biological Macromolecules*, 46, 304-309.
- Ahmad, A., Anjum, F.M., Zahoor, T., Nawaz, H. and Dilshad, S.M.R. 2012. Beta glucan: A valuable functional ingredient in foods. *Food Science and Nutrition*, 52,201–212.
- Ahmad, M., Gani, A., Shah, A., Gani, A. and Masoodi, F.A. 2016. Germination and microwave processing of barley (*Hordeum vulgare* L) changes the structural and physicochemical properties of β -D-glucan & enhances its antioxidant potential, *Carbohydrate Polymers*, 153, 696–702.
- Ahmed, J. 2015. Effect of barley β -glucan concentrate on oscillatory and creep behavior of composite wheat flour dough. *Journal of Food Engineering*, 152, 85–94.
- Aidoo, H., Sakyi-Dawson, E., Tano-Debrah, K. and Saalia, F.K. 2010. Development and characterization of dehydrated peanut–cowpea milk powder for use as a

dairy milk substitute in chocolate manufacture. *Food Research International*, 43, 79–85.

- Aidoo, R.P., Afoakwa, E.O. and Dewettinck, K. 2014. Optimization of inulin and polydextrose mixtures as sucrose replacers during sugar-free chocolate manufacture – Rheological, microstructure and physical quality characteristics. *Journal of Food Engineering*, 126, 35–42.
- Aimanianda, V., Clavaud, C., Simenel, C., Fontaine, T., Delepierre, M. and Latge, J. 2009. Cell Wall β -(1,6)-Glucan of *Saccharomyces cerevisiae*, *The Journal of Biological Chemistry*, 284(20); 13401–13412.
- Alamprese, C., Datei, L. and Semeraro, Q. 2007. Optimization of processing parameters of a ball mill refiner for chocolate, *Journal of Food Engineering*, 83, 629–636.
- Ali, A., Selamat, J., Che Mana, Y. B. and Suria, A. M. 2001. Effect of storage temperature on texture, polymorphic structure, bloom formation and sensory attributes of filled dark chocolate, *Food Chemistry*, 72, 491-497.
- Altimiras, P., Pyle, L. and Bouchon, P. 2007. Structure–fat migration relationships during storage of cocoa butter model bars: Bloom development and possible mechanisms. *Journal of Food Engineering*, 80(2); 600–610.
- Angelov, A., Gotcheva, V., Kuncheva, R. and Hristozova, T. 2006. Development of a new oat-based probiotic drink. *International Journal of Food Microbiology*, 112, 75–80.
- Anonim. 2017. Türk Gıda Kodeksi Kakao ve Çikolata Ürünleri Tebliği. Tebliğ No: 2017/29. Resmi Gazete Tarih ve No: 03.11.2017-30229.
- Anonim. 2018. Web sitesi: <http://blog.mabel.com.tr/2017/08/03/dunyada-ve-turkiyede-cikolata-pazari/>, Erişim tarihi: 20.07.2018.
- Anonymous. 1997, Food Labeling: Health Claims; Oats and Coronary Heart Disease, Federal Register / Vol. 62, No. 15, Thursday, January 23, 1997 / Rules and Regulations, 3584-3601.
- Anonymous. 2001. Report of the Dietary Fiber Definition Committee to the Board of Directors of the American Association Of Cereal Chemists. Submitted January 10, 2001, Vol.42, No:3,112-126.
- Anonymous. 2005, Food Labeling: Health Claims; Soluble Dietary Fiber From Certain Foods and Coronary Heart Disease , Federal Register / Vol. 70, No. 246 / Friday, December 23, 2005 / Rules and Regulations, 76150-76162.
- Anonymous. 2009. Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to beta-glucans and maintenance of normal blood cholesterol concentrations (ID 754, 755, 757, 801, 1465, 2934) and maintenance or achievement of a normal body weight (ID 820, 823) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/20061, EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). *EFSA Journal*, 7(9);1254.

- Anonymous. 2010. Scientific Opinion on the substantiation of a health claim related to oat beta-glucan and lowering blood cholesterol and reduced risk of (coronary) heart disease pursuant to Article 14 of Regulation (EC) No 1924/2006. EFSA Journal, 8(12);1885.
- Anonymous. 2011a. Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to beta-glucans from oats and barley and maintenance of normal blood LDL-cholesterol concentrations (ID 1236, 1299), increase in satiety leading to a reduction in energy intake (ID 851, 852), reduction of post-prandial glycaemic responses (ID 821, 824), and “digestive function” (ID 850) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA), EFSA Journal, 9(6); 2207.
- Anonymous. 2011b. Scientific Opinion on the safety of ‘yeast beta-glucans’ as a Novel Food ingredient, EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA), EFSA Journal, 9(5);2137.
- Anonymous. 2018a. Web sitesi: <https://www.statista.com/topics/1321/functional-foods-market/>, Erişim tarihi: 7.7.2018.
- Anonymous. 2018b. Web sitesi: <https://www.investopedia.com/articles/investing/093015/4-countries-produce-most-chocolate.asp>, Erişim tarihi: 20.07.2018.
- Anonymous. 2018c. Web sitesi: <https://www.statista.com/statistics/238849/global-chocolate-consumption/>, Erişim tarihi: 20.07.2018.
- Anonymous. 2018d. Web sitesi: <https://www.statista.com/statistics/818903/global-chocolate-market-share-by-region/>, Erişim tarihi: 20.07.2018.
- Anonymous. 2018e. Web sitesi: <https://www.statista.com/statistics/819288/worldwide-chocolate-consumption-by-country/>, Erişim tarihi: 20.07.2018.
- Anonymous. 2018f. Web sitesi: <https://www.candyusa.com/global-compass-and-insights/>, Erişim tarihi: 20.07.2018.
- Ares, G., Besio, M., Gimenez, A. and Deliza, R. 2010. Relationship between involvement and functional milk desserts intention to purchase. Influence on attitude towards packaging characteristics. *Appetite*, 55, 298-304.
- Aryee, A.N.A. and Boye, J.I. 2015. Current and Emerging Trends in the Formulation and Manufacture of Nutraceuticals and Functional Food Products, *Nutraceutical and Functional Food Processing Technology*. Joyce Irene Boye(ed), John Wiley & Sons, Ltd., 1-52, U.K.
- Aydınol, P. and Özcan, T. 2017. Production of reduced-fat Labneh cheese with inulin and β -glucan fibre-based fat replacer. *International Journal of Dairy Technology*, 70,1-10.
- Bacha, U., Nasir, M., Iqbal, S. and Anjum, A.A. 2018. Influence of Yeast β -Glucan on Cookies Sensory Characteristics and Bioactivities, *Journal of Chemistry*, 1-8.

- Barsanti, L., Passarelli, V., Evangelista, V., Frassanito, A. M. and Gualtieri, P. 2011. Chemistry, physico-chemistry and applications linked to biological activities of β -glucans. *Natural Product Reports*, 28, 457-466.
- Bays, H., Frestedt, J. L., Bell, M., Williams, C., Kolberg, L., Schmelzer, W. and Anderson, J. W. 2011. Reduced viscosity Barley β -Glucan versus placebo: a randomized controlled trial of the effects on insulin sensitivity for individuals at risk for diabetes mellitus, *Nutrition & Metabolism*, 8, 58-10.
- Beck, E.J., Tosh, S.M., Batterham, M.J., Tapsell, L.C. and Huang, X. 2009. Oat beta-glucan increases postprandial cholecystokinin levels, decreases insulin response and extends subjective satiety in overweight subjects. *Mol Nutr Food Res.*, 53, 1343–1351.
- Beckett, S. T. 2008. *The Science of Chocolate*, 2nd Edition, RSC Publishing, York, UK.
- Beckett, S. 2009. Chocolate manufacture, In: *Science and technology of enrobed and filled chocolate, confectionery and bakery products*. Talbot, G.(ed), Woodhead Publishing Limited, 11-28, India.
- Beckett, S.T. 2009a. Chocolate Flow Properties, In: *Industrial chocolate manufacture and use*. Beckett, S.T. (ed), John Wiley & Sons Ltd., 224-245, United Kingdom.
- Beckett, S.T. 2009b. Conching, In: *Industrial chocolate manufacture and use*. Beckett, S.T. (ed), John Wiley & Sons Ltd, 192-224, United Kingdom.
- Beckett, S.T. 2009c. Traditional Chocolate Making, In: *Industrial chocolate manufacture and use*. Beckett, S.T. (ed), John Wiley & Sons Ltd., 1-9, United Kingdom.
- Behall, K M., Scholfield, D. J. and Hallfrisch, J. 1997. Effect of beta-glucan level in oat fiber extracts on blood lipids in men and women. *Journal of the American College of Nutrition*, 16(1); 46-51.
- Bell, S., Goldman, V.M., Bistran, B.R., Arnold, A.H., Ostroff, G. and Forse, R.A. 1999. Effect of β -Glucan from Oats and Yeast on Serum Lipids, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 39(2); 189–202.
- Belscak-Cvitanovic, A., Komes, D., Berkovic, M., Karlovic, S., Hecimovic, I., Jezek, D. and Bauman, I. 2012. Innovative formulations of chocolates enriched with plant polyphenols from *Rubus idaeus* L. Leaves and characterization of their physical, bioactive and sensory properties. *Food Research International*, 48, 820-830.
- Belscak-Cvitanovic, A., Komes, D., Dujmovic, M., Karlovic, S., Biskic, M., Brncic, M. and Jezek, D. 2015. Physical, bioactive and sensory quality parameters of reduced sugar chocolates formulated with natural sweeteners as sucrose alternatives. *Food Chemistry*, 167, 61-70.

- Bhatty, R. S. 1995. Laboratory and pilot plant extraction and purification of β -glucans from hull-less barley and oat brans. *J. of Cereal Sci.*, 22(2), 163–167.
- Biörklund, M., Rees, A.V., Mensink, R.P. and Onning, G. 2005. Changes in serum lipids and postprandial glucose and insulin concentrations after consumption of beverages with β -glucans from oats or barley: a randomised dose-controlled trial, *European Journal of Clinical Nutrition*, 59, 1272–1281.
- Bolenz, S. and Manske, A. 2013. Impact of fat content during grinding on particle size distribution and flow properties of milk chocolate. *Eur Food Res Technol.*, 236, 863–872.
- Bolenz, S., Römisch, J. and Wenker, T. 2014a. Impact of amorphous and crystalline lactose on milk chocolate properties. *International Journal of Food Science and Technology*, 49, 1644–1653.
- Bolenz, S., Holm, M. and Langkrär, C. 2014b. Improving particle size distribution and flow properties of milk chocolate produced by ball mill and blending. *Eur Food Res Technol.*, 238, 139–147.
- Borchani, C., Fonteyn, F., Jamin, G., Paquot, M., Thonart, P. and Blecker, C. 2016. Physical, functional and structural characterization of the cell wall fractions from baker's yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Chemistry*, 194, 1149–1155.
- Botelho, P.B., Galasso, M., Dias, V., Mandrioli, M., Lobato, L.P., Rodriguez-Estrada, M.T. and Castro, I.A. 2014. Oxidative stability of functional phytosterol-enriched dark chocolate. *LWT – Food Science and Technology*, 55, 444–451.
- Brennan, C.S. and Cleary, L.J. 2005. The potential use of cereal (1 $\rightarrow$ 3,1 $\rightarrow$ 4)- β -D-glucans as functional food ingredients. *Journal of Cereal Science*, 42, 1–13.
- Brennan, M. A., Derbyshire, E., Tiwari, B. K., and Brennan, C. S. 2013. Integration of β glucan fibre rich fractions from barley and mushrooms to form healthy extruded snacks. *Plant Foods for Human Nutrition*, 68, 78–82.
- Briones, V. and Aguilera, J. M. 2005. Image analysis of changes in surface color of chocolate. *Food Research International*, 38, 87–94.
- Briones, V., Aguilera, J. M. and Brown, C. 2006. Effect of surface topography on color and gloss of chocolate samples. *Journal of Food Engineering*, 77(4), 776–783.
- Brown, M. 2009. Biscuits and bakery products, In: *Science and technology of enrobed and filled chocolate, confectionery and bakery products*. Talbot, G.(ed), Woodhead Publishing Limited, 152–162, India.
- Brummer, Y., Defelice, C., Wu, Y., Kwong, M., Wood, P.J. and Tosh, S.M. 2014. Textural and Rheological Properties of Oat Beta-Glucan Gels with Varying Molecular Weight Composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62, 3160–3167.

- Burkus, Z. and Temelli, F. 1998. Effect of Extraction Conditions on Yield, Composition, and Viscosity Stability of Barley β -Glucan Gum. *Cereal Chem.*, 75(6); 805–809.
- Burkus, Z. and Temelli, F. 2005. Rheological properties of barley β -glucan, *Carbohydrate Polymers*, 59, 459–465.
- Carpenter, K.C., Breslin, W.L., Davidson, T., Adams, A. and McFarlin, B.K. 2013. Baker's yeast β -glucan supplementation increases monocytes and cytokines post-exercise: implications for infection risk?, *Br J Nutr.*, 109, 478-486.
- Cavallero, A., Empilli, S., Brighenti, F. and Stanca, A. M. 2002. High (1 $\rightarrow$ 3,1 $\rightarrow$ 4)- β -Glucan Barley Fractions in Bread Making and their Effects on Human Glycemic Response. *Journal of Cereal Science*, 36, 59–66.
- Cemeroğlu, B. 2007. Gıda Analizleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Bizim Büro Basımevi, 535s., Ankara.
- Crichton, G.E., Elias, M.F. and Alkerwi, A. 2016. Chocolate intake is associated with better cognitive function: The Maine-Syracuse Longitudinal Study. *Appetite*, 100, 126-132.
- Cirillo, G., Spizzirri, U.G. and Iemma, F. 2015. Functional Polymers for Food Processing, in: *Functional polymers in food science from technology to biology*, Volume 2-Food-processing. Cirillo, G., Spizzirri, U.G., Iemma, F. (eds), Scrivener Publishing, 1-8, Salem, Massachusetts.
- Daou, C. and Zhang, H. 2012. Oat Beta-Glucan: Its Role in Health Promotion and Prevention of Diseases, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11, 355-365.
- Dawkins, N. L. and Nnanna, I. A. 1993. Oat gum and β -glucan extraction from oat bran and rolled oats: temperature and pH effects. *Journal of Food Science*, 58, 562-566.
- Dreher, M.L. 2018. Introduction to Dietary Fiber, *Dietary Fiber in Health and Disease*. Bendich, A., Bales, C.W.(eds), Springer International Publishing AG, 1-15, Switzerland.
- Du, B., Zhu, F. M., and Xu, B. J. 2014a. Physicochemical and antioxidant properties of dietary fibers from Qingke (hull-less barley) flour as affected by ultrafine grinding. *Bioactive Carbohydrate and Dietary Fibre*, 4, 170-175.
- Du, B., Bian, Z.X. and Xu, B.J. 2014b. Skin health promotion effects of natural beta-glucan derived from cereals and microorganisms: a review. *Phytotherapy Research*, 28, 159–166.
- Du, B., Xu and B. J. 2014. Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) of β -glucans from different sources with various molecular weight. *Bioactive Carbohydrate and Dietary Fibre*, 3, 11-16.

- Du, B., Zhu, F. M., and Xu, B. J. 2014c. β -Glucan extraction from bran of hull-less barley by accelerated solvent extraction combined with response surface methodology. *Journal of Cereal Science*, 59, 95-100.
- Fardet, A. 2017. Do the Physical Structure and Physicochemical Characteristics of Dietary Fibers Influence their Health Effects?, in: *Dietary Fiber Functionality in Food and Nutraceuticals From Plant to Gut*. Hosseinian, F., Oomah, B.D., Campos-Vega, R. (eds), JohnWiley & Sons Ltd, 1-19, U.K.
- Farzanmehr, H. and Abbasi, S. 2009. Effects of Inulin and Bulking Agents on Some Physicochemical, textural and Sensory Properties of Milk Chocolate. *Journal of Texture Studies*, 40, 536-553.
- Fidaleo, M., Mainardi, S. and Nardi, R. 2017a. Modeling the refining process of an anhydrous hazelnut and cocoa paste in stirred ball mills. *Food and Bioproducts Processing*, 105, 147–156.
- Fidaleo, M., Miele, N.A., Mainardi, S., Armini, V., Nardi, R. and Cavella, S. 2017b. Effect of refining degree on particle size, sensory and rheological characteristics of anhydrous paste for ice creams produced in industrial stirred ball mill. *LWT-Food Science and Technology*, 79, 242-250.
- Frank, J., Sundberg, B., Kamal-Eldin, A., Vessby, B. and Åman, P. 2004. Yeast-Leavened Oat Breads with High or Low Molecular Weight β -Glucan Do Not Differ in Their Effects on Blood Concentrations of Lipids, Insulin, or Glucose in Humans. *The Journal Of Nutrition*, 134, 1384–1388.
- Freimund, S., Sauter, M., Käppeli, O. and Dutler, H. 2003. A new non-degrading isolation process for 1,3- β -D-glucan of high purity from baker's yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Carbohydr. Polym.*, 54, 159-171.
- Fuller, R., Moore, M.V., Lewith, G., Stuart, B.L., Ormiston, R.V., Fisk, H. L., Noakes, P.S. and Calder, P.C. 2017. Yeast-derived β -1,3/1,6 glucan, upper respiratory tract infection and innate immunity in older adults. *Nutrition*, 39–40, 30–35.
- Fuller, R., Butt, H., Noakes, P.S., Kenyon, J., Yam, T.S. and Calder, P.C. 2012. Influence of yeast-derived 1,3/1,6 glucopolysaccharide on circulating cytokines and chemokines with respect to upper respiratory tract infections. *Nutrition*, Jun, 28(6), 665-669.
- Gao, M. and Forssberg, E. 1995. Prediction of product size distributions for a stirred ball mill. *Powder Technology*, 84, 101-106.
- Gao, M.W., Forssberg, K.S.E. and Weller, K.R. 1996. Power predictions for a pilot scale stirred ball mill. *Int. J. Miner. Process*, 44-45, 641-652.
- Golob, T., Micovic, E., Bertoneclic, J. and Jamnik, M. 2004. Sensory acceptability of chocolate with inulin. *Acta agriculturae slovenica*, 83(2); 221-231.

- Gray, M.P. 2009. Moulding, Enrobing and Cooling Chocolate Products, In: Industrial chocolate manufacture and use. Beckett, S.T. (ed), John Wiley & Sons Ltd, 320-343, United Kingdom.
- Guillon, F., Champ, M. and Thibault, J.F. 2000. Dietary fibre functional products, in: Functional foods Concept to product. Gibson, G.R., Williams, C.M. (eds), Woodhead Publishing Limited, 315-365, Cambridge England.
- Gunenc, A., Hosseini, F. and Oomah, B.D. 2017. Dietary Fiber-Enriched Functional Beverages in the Market, in: Dietary Fiber Functionality in Food and Nutraceuticals From Plant to Gut. Hosseini, F., Oomah, B.D., Campos-Vega, R. (eds), John Wiley & Sons Ltd, 45-75, U.K.
- Haylock, S.J. and Dodds, T.M. 2009. Ingredients from Milk, In: Industrial chocolate manufacture and use. Beckett, S.T. (ed), John Wiley & Sons Ltd, 121-140, United Kingdom.
- He, J., Streiffer, R.H., Muntner, P., Krousel-Wood, M.A. and Whelton, P.K. 2004. Effect of dietary fiber intake on blood pressure: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *J Hypertens.*, 22, 73–80.
- Hughes, S.A., Shewry, P.R., Gibson, G.R., McCleary, B.V. and Rastall, R.A. 2008. In vitro fermentation of oat and barley derived β -glucans by human faecal microbiota. *FEMS Microbiol Ecol*, 64, 482–493.
- Immerstrand, T., Bergenstahl, B., Tragardh, C., Nyman, M., Cui, S., and Oste, R. 2009. Extraction of β -glucan from oat bran on laboratory scale. *Cereal Chem.*, 86(6); 601–608.
- Irakli, M., Biliaderis, C. G., Izydorczyk, M. S., and Papadoyannis, I. N. 2004. Isolation, structural features and rheological properties of water-extractable β -glucans from different Greek barley cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84, 1170-1178.
- Izydorczyk, M.S. and Dexter, J.E. 2008. Barley β -glucans and arabinoxylans: Molecular structure, physicochemical properties, and uses in food products—a Review. *Food Research International*, 41, 850–868.
- Jalil, A.M.M., Edwards, C.A., Combet, E., Ibrahim, M. and Garcia, A.L. 2015. Combined effects of added beta glucan and black tea in breads on starch functionality, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 66(2); 159-165.
- Jenkins, A.L., Jenkins, D.J.A., Zdravkovic, U., Wuersch, P. and Vuksan, V. 2002. Depression of the glycemic index by high levels of β -glucan fiber in two functional foods tested in type 2 diabetes. *European Journal of Clinical Nutrition*, 56, 622–628.
- Kalinga, D. and Mishra, V.K. 2009. Rheological and physical properties of low fat cakes produced by addition of cereal β -glucan concentrates. *Journal of Food Processing and Preservation*, 33, 384–400.

- Kamphuis, H.J. 2009. Production and quality standards of cocoa mass, cocoa butter and cocoa powder, In: Industrial chocolate manufacture and use. Beckett, S.T. (ed), John Wiley & Sons Ltd, 121-140, United Kingdom.
- Khan, A.A., Gani, A., Masoodi, F.A., Amin, F., Wani, I.A., Khanday, F.A. and Gani, A. 2016. Structural, thermal, functional, antioxidant & antimicrobial properties of β -D-glucan extracted from baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*)—Effect of γ -irradiation. Carbohydrate Polymers, 140, 442–450.
- Kheifets, A.S. and Lin, I.J. 1998. Energetic approach to kinetics of batch ball milling. Int. J. Miner. Process., 54, 81–97.
- Kim, S.Y., Song, H.J., Lee, Y.Y., Cho, K. and Roh, Y.J. 2006. Biomedical Issues of Dietary fiber β –Glucan. J. Korean Med Sci, 21, 781-9.
- Kim, H., Stote, K.S., Behall, K.M., Spears, K., Vinyard, B. and Conway, J.M. 2009. Glucose and insulin responses to whole grain breakfasts varying in soluble fiber, beta-glucan: a dose response study in obese women with increased risk for insulin resistance. Eur J Nutr., 48, 170–175.
- Kim, H.J. and White, P.J. 2010. In vitro bile-acid binding and fermentation of high, medium, and low molecular weight β -glucan. J Agric Food Chem., 58(1); 628–34.
- Klis, F.M., Mol, P., Hellingwerf, K. and Brul, S. 2002. Dynamics of cell wall structure in *Saccharomyces cerevisiae*, FEMS Microbiology Reviews, 26, 239-256.
- Kogan, G. and Kocher, A. 2007. Role of yeast cell wall polysaccharides in pig nutrition and health protection, Livestock Science, 109, 161–165.
- Konar, N., Özhan, B., Artik, N., Dalabasmaz, S. and Poyrazoğlu, E.S. 2014a. Rheological and physical properties of Inulin containing milk chocolate prepared at different process conditions. CyTA Journal of Food, 12(1); 55-64.
- Konar, N., Ozhan, B., Artik, N. and Poyrazoglu, E.S. 2014b. Using polydextrose as a prebiotic substance in milk chocolate: effects of process parameters on physical and rheological properties. CyTA Journal of Food, 12(2); 150-159.
- Konar, N., Poyrazoglu, E.S. and Artik, N. 2015. Influence of calcium fortification on physical and rheological properties of non-sucrose prebiotic milk chocolates containing inulin and maltitol. Journal of Food Science and Technology, 52(4); 2033–2042.
- Konar, N., Toker, O.S., Oba, S. and Sagdic, O. 2016. Improving Functionality of Chocolate: A review on Probiotic, Prebiotic, and/or Synbiotic Characteristics. Trends in Food Science & Technology, 49, 35-44.
- Konuklar, G., Inglett, G.E. ,Warner, K. and Carriere, C.J. 2004. Use of a β -glucan hydrocolloidal suspension in the manufacture of low-fat Cheddar cheeses: textural properties by instrumental methods and sensory panels. Food Hydrocolloids, 18, 535–545.

- Kusmiati and Dhewantara, F.X.R. 2016. Cholesterol-Lowering Effect of Beta Glucan Extracted from *Saccharomyces cerevisiae* in Rats. *Scientia Pharmaceutica*, 84, 153–165.
- Lazaridou, A. and Biliaderis, C.G. 2007. Molecular aspects of cereal β -glucan functionality: Physical properties, technological applications and physiological effects, *Journal of Cereal Science*, 46, 101–118.
- Lee, J. N., Lee, D. Y., Ji, I. H., Kim, G. E., Kim, H. N. and Sohn, J. S. 2001. Purification of soluble β -glucan with immune-enhancing activity from the cell wall of yeast. *Bioscience Biotechnology, and Biochemistry*, 65, 837-841.
- Lee, S., Kim, S. and Inglett, G.E. 2005. Effect of Shortening Replacement with Oatrim on the Physical and Rheological Properties of Cakes. *Cereal Chem.*, 82(2); 120-124.
- Lee, S. and Inglett, G.E. 2007. Effect of an Oat β -Glucan-Rich Hydrocolloid (C-trim30) on the Rheology and Oil Uptake of Frying Batters. *Journal of Food Science*, Vol. 72(4); 222-226.
- Lee, S., Inglett, G.E., Palmquist, D. and Warner, K. 2009a. Flavor and texture attributes of foods containing β -glucan-rich hydrocolloids from oats, *LWT - Food Science and Technology*, 42, 350–357.
- Lee, S., Biresaw, G., Kinney, M.P. and Inglett, G.E. 2009b. Effect of cocoa butter replacement with a β -glucan-rich hydrocolloid (C-trim30) on the rheological and tribological properties of chocolates, *J Sci Food Agric.*, 89, 163–167.
- Lehne, G., Haneberg, B., Gaustad, P., Johansen, P. W., Preus, H. and Abrahamsen, T. G. 2005. Oral administration of a new soluble branched β -1,3-D-glukan is well tolerated and can lead to increased salivary concentrations of immunoglobulin A in healthy volunteers, *Clinical and Experimental Immunology*, 143, 65–69.
- Li, X., Cai, X., Ma, X., Jing, L., Gu, J., Bao, L., Li, J., Xu, M., Zhang, Z. and Li, Y. 2016. Short- and long-term effects of wholegrain oat intake on weight management and glucolipid metabolism in overweight type-2 diabetics: a randomize control trial. *Nutrients*, 8, 549-14p.
- Liu, X. Y., Wang, Q., Cui, S.W. and Liu, H. Z. 2008. A new isolation method of β -D-glucans from spent yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Hydrocolloids*, 22, 239-247.
- Liu, Y., Bailey, T.B. and White, P.J. 2010. Individual and Interactional Effects of β -Glucan, Starch, and Protein on Pasting Properties of Oat Flours. *J. Agric. Food Chem.*, 58(16); 9198–9203.
- Loncarević, I., Pajin, B., Dokić, L., Seres, Z., Fistes, A., Soronja Simović, D. and Krstonosić, V. 2014. Rheological and Textural Properties of Cocoa Spread Cream With Sunflower Lecithin. *ACTA Technica Corviniensis- Bulletin of Engineering, Fascicule 4(October-December)*.

- Loncarević, I.S., Fistes, A.Z., Rakıç, D.Z., Pajin, B.S., Petrović, J.S., Torbica, A.M. and Zarić, D.B. 2017. Optimization of the ball mill processing parameters in the fat filling production, Chemical. Industry and Chemical Engineering Quarterly, 23 (2), 197-206.
- Löser, U. 2009. Instrumentation, Industrial Chocolate Manufacture and Use. Beckett, S.T. (ed), Blackwell Publishing Ltd., 493-528, United Kingdom.
- Lyly, M., Salmenkallio-Marttila, M, Suortti, T., Autio, K., Poutanen, K. and Lahteenmaki, L. 2004. The sensory characteristics and rheological properties of soups containing oat and barley β -glucan before and after freezing, Lebensm.-Wiss.U.-Technol., 37, 749–761.
- Lumaga, R.B., Azzali, D., Fogliano, V., Scalfi, L. and Vitaglione, P. 2012. Sugar and dietary fibre composition influence, by different hormonal response, the satiating capacity of a fruit-based and a β -glucan-enriched beverage. Food and Function, 3, 67-75.
- Lucisano, M., Casiraghi, E. and Mariotti, M. 2006. Influence of formulation and processing variables on ball mill refining of milk chocolate. European Food Research and Technology, 223,797-802.
- Ma, Z., Hu, S., Zhang,S. and Pan, X. 1998. Breakage behavior of quartz in a laboratory stirred ball mill. Powder Technology, 100, 69-73.
- Magnani, M., Calliari, C. M., DeMacedo, F. C., Mori, M. P., De Syllos Cólus, I.M. and Castro-Gomez, R.J.H. 2009. Optimized methodology for extraction of (1,3)(1,6)- β - glucan from *Saccharomyces cerevisiae* and in vitro evaluation of the cytotoxicity and genotoxicity of the corresponding carboxymethyl derivative. Carbohydr. Polym., 78, 658-665.
- Maki, K.C., Galant, R., Samuel, P., Tesser, J., Witchger, M.S., Ribaya -Mercado, J.D., Blumberg, J.B. and Geohas, J. 2007. Effects of consuming foods containing oat beta-glucan on blood pressure, carbohydrate metabolism and biomarkers of oxidative stress in men and women with elevated blood pressure. Eur J Clin Nutr.,61,786–95.
- Maki, K.C., Beiseigel, J.M., Jonnalagadda, S.S., Gugger, C.K., Reeves, M.S., Farmer, M.V., Kaden, V.N. and Rains, T.M. 2010. Whole-grain ready-to-eat oat cereal, as part of a dietary program for weight loss, reduces low-density lipoprotein cholesterol in adults with overweight and obesity more than a dietary program including low-fiber control foods. J Am Diet Assoc.,110, 205–214.
- Mantovani, M.S., Bellini, M.F., Angeli, J.P.F., Oliveira, R.J., Silva, A.F. and Ribeiro, L.R. 2008. β -Glucans in promoting health: Prevention against mutation and cancer. Mutation Research, 658, 154–161.
- Marshall, M.R. 2010. Ash analysis, In: Food Analysis. Nielsen, S.S.(ed), Springer,105-115, London.

- Martinez-Inchausti, A. 2009. Legal aspects of chocolate manufacture, In: Industrial chocolate manufacture and use. Beckett, S.T. (ed), John Wiley & Sons Ltd, 576-593, United Kingdom.
- McFarlin, B.K., Carpenter, K.C., Davidson, T. and McFarlin, M.A. 2013. Baker's Yeast Beta Glucan Supplementation Increases Salivary IgA and Decreases Cold/Flu Symptomatic Days After Intense Exercise. *Journal of Dietary Supplements*, 1–13.
- Meng, F. 2016. Baker's Yeast Beta-Glucan Decreases Episodes of Common Childhood Illness In 1 to 4 Year Old Children during Cold Season in China. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 6, 4.
- Minifie, B.W. 1989. Chocolate, cocoa, and confectionery: science and technology, Van Nostrand Reinhold International Company Limited, Australia.
- Mikkelsen, M.S., Cornali, S.B., Jensen, M.G., Nilsson, M., Beeren, S.R. and Meier, S. 2014. Probing interactions between β -glucan and bile salts at atomic detail by ^1H – ^{13}C NMR assays. *J Agric Food Chem.*, 62,11472–11478.
- Mitsou, E.K., Panopoulou, N., Turunen, K., Spiliotis, V. and Kyriacou, A. 2010. Prebiotic potential of barley derived β -glucan at low intake levels: A randomised, double-blinded, placebo-controlled clinical study. *Food Research International*, 43, 1086–1092.
- Moran, C. 2004. Functional components of the cell wall of *Saccharomyces cerevisiae*: applications for yeast glucan and mannan, *Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries*. Lyons, T.P., Jacques, K.A.(eds), Nottingham University Press, 283-296, United Kingdom.
- Morato, P.N., Rodrigues, J.B., Moura, C.S., Silva, F.G.D., Esmerino, E.A., Cruz, A.G., Bolini, H.M.A., Amay-Farfan, J. and Lollo, P.C.B. 2015. Omega-3 enriched chocolate milk: A functional drink to improve health during exhaustive exercise. *Journal of Functional Foods*, 14, 676-683.
- Mousazadeh, M., Mousavi, M., Emam-Djomeh, Z., Hadinezhad, M. and Gharibzahedi, S.M.T. 2014. Formulation Optimization of Pistachio Oil Spreads by Characterization of the Instrumental Textural Attributes. *International Journal of Food Properties*, 17(6); 1355-1368.
- Naumann, E., van Rees, A.B., Onning G., Oste, R., Wydra, M. and Mensink, R.P. 2006. β -Glucan incorporated into a fruit drink effectively lowers serum LDL-cholesterol concentrations. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 83, 601–605.
- Nicolosi, R., Bell, S.J., Bistrian, B.R., Greenberg, I., Forse, R.A. and Blackburn, G.L. 1999. Plasma lipid changes after supplementation with β -glucan fiber from yeast, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70,208–12.
- Nopens, I., Foubert, I., De Graef, V., Van Laere, D., Dewettinck, K. and Vanrolleghem, P. 2008. Automated image analysis tool for migration fat bloom evaluation of

- chocolate coated food products. *LWT- Food Science and Technology*, 41, 1884-1891.
- Onacik-Gur, S., Żbikowska, A., Kapler, E. and Kowalska, H. 2016. Effect of barley β -glucan addition as a fat replacer on muffin quality. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 15(3); 247–256.
- Özgüven, M. 2014. Fonksiyonel Çikolata Geliştirilmesi: Bitter Çikolatanın Nano-lipozomla Enkapsüle Edilen Antioksidanlarla, Ve/veya Pro- Ve Pre-biyotiklerle Zenginleştirilmesi, Biyoyararlılık Çalışmaları. Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Pajin, B., Zarić, D., Dokić, L., Šereš, Z., Simović, D.S., Omorjan, R. and Lončarević, I. 2011. Influence of emulsifiers on the optimization of processing parameters of refining milk chocolate in the ball mill. *APTEFF*, 42, 101-110.
- Pajin, B., Dokić, L., Zarić, D., Šoronja-Simović, D., Lončarević, I. and Nikolic, I. 2013. Crystallization and rheological properties of soya milk chocolate produced in a ball mill. *Journal of Food Engineering*, 114, 70–74.
- Petkovic, M., Pajin, B. and Tomic, J. 2013. Effects of temperature and mixer speed rotation on rheological properties of spreads with maltitol, *Journal of Food Process Engineering*, 36, 634–644.
- Popov-Raljić, J.V. and Laličić-Petronijević, J.G. 2009. Sensory Properties and Color Measurements of Dietary Chocolates with Different Compositions During Storage for Up to 360 Days, *Sensors* 9, 1996-2016.
- Popov-Raljić, J.V., Laličić-Petronijević, J.G., Dimić, E.B., Popov, V.S., Vujasinović, V.B., Blešić, I.V. and Portić, M.J. 2013. Change of sensory characteristics and some quality parameters of mixed milk and cocoa spreads during storage up to 180 days, *Hem. Ind.*, 67 (5) 781–793.
- Rebello, C.J., Johnson, W.D., Martin, C.K., Han, H., Chu, Y., Bordenave, N., Klinken, B.J.W., O'Shea, M. and Greenway, F.L. 2016. Instant Oatmeal Increases Satiety and Reduces Energy Intake Compared to a Ready-to-Eat Oat-Based Breakfast Cereal: A Randomized Crossover Trial, *Journal of the American College of Nutrition*, 35(1); 41-49.
- Rezende, N.V., Benassi, M.T., Vissotto, F.Z., Augusto, P.P.C. and Grossman, M.V.E. 2015. Mixture design applied for the partial replacement of fat with fiber in sucrose-free chocolates. *LWT – Food Science and Technology*, 62,598-604.
- Rinaldi, L., Rioux, L. E., Britten, M. and Turgeon, S. L. 2015. In vitro bioaccessibility of peptides and amino acids from yogurt made with starch, pectin, or β -glucan. *International Dairy Journal*, 46, 39-45.
- Roberfroid, M.B. 2000. Defining functional foods, in: *Functional foods Concept to product*. Gibson, G.R., Williams, C.M. (eds), Woodhead Publishing Limited, 9-27, Cambridge England.

- Ronda, F., Perez-Quirce, S., Lazaridou, A. and Biliaderis, C.G. 2015. Effect of barley and oat β -glucan concentrates on gluten-free rice based doughs and bread characteristics. *Food Hydrocolloids*, 48, 197-207.
- Rondanelli, M., Opizzi, A., Monteferrario, F., Klersy, C., Cazzola R. and Cestaro, B. 2011. Beta-glucan- or rice bran-enriched foods: a comparative crossover clinical trial on lipidic pattern in mildly hypercholesterolemic men, *European Journal of Clinical Nutrition*, 65, 864–871.
- Rosburg, V., Boylston, T. and White, P. 2010. Viability of Bifidobacteria Strains in Yogurt with Added Oat Beta-Glucan and Corn Starch during Cold Storage. *Journal of Food Science*, Vol. 75, Nr. 5, 439-444.
- Sarteshnizia, R. A., Hosseinia, H., Bondarianzadeha, D., Colmenerob, F. J. and Khaksara, R. 2015. Optimization of prebiotic sausage formulation: effect of using β -glucan and resistant starch by D-optimal mixture design approach. *LWT-Food Science and Technology*, 62, 704-710.
- Saulnier, L., Gevaudan, S. and Thibault, J. F. 1994. Extraction and partial characterization of β -glucan from the endosperms of two barley cultivars. *Journal of Cereal Science*, 19, 171-178.
- Schantz, B. and Rohm, H. 2005. Influence of lecithin–PGPR blends on the rheological properties of chocolate. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 38, 41–45.
- Shah, A.B., Jones, G.P. and Vasiljevic, T. 2010. Sucrose-free chocolate sweetened with Stevia rebaudiana extract containing different bulking agents-effects on physicochemical and sensory properties. *International Journal of Food Science and Technology*, 45, 1426-1435
- Shah, A., Gani, A., Ahmad, M., Ashwar, B.A. and Masoodi, F.A. 2016. β -Glucan as an encapsulating agent: Effect on probiotic survival insimulated gastrointestinal tract. *International Journal of Biological Macromolecules*, 82, 217–222.
- Sharma, P. and Gujral, H. S. 2013. Extrusion of hulled barley affecting β -glucan and properties of extrudates. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 1374-1389.
- Sharma, S.K., Bansal, S., Mangal, M., Dixit, A.K., Gupta, R.K. and Mangal, A.K. 2016. Utilization of Food Processing By-products as Dietary, Functional, and Novel Fiber: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(10); 1647–1661.
- Shin, M.S., Lee, S., Lee, K.Y. and Lee, H.G. 2005. Structural and Biological Characterization of Aminated-Derivatized Oat β -Glucan. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 5554-5558.
- Shokri, H., Asadi, F. and Khosravi, A. R. 2008. Isolation of β -glucan from the cell wall of *Saccharomyces cerevisiae*. *Nat. Prod. Res.*, 22, 414-421.

- Souza, N.L., Bartz, J., Zavareze, E.R., Oliveira, P.D., Silva, W.S.V., Alves, G.H. and Dias, A.R.G. 2015. Functional, thermal and rheological properties of oat β -glucan modified by acetylation. *Food Chemistry*, 178, 243–250.
- Sökmen, A. and Güneş, G. 2006. Influence of some bulk sweeteners on rheological properties of chocolate. *LWT- Food Science and Technology*, 39, 1053-1058.
- Stier, H., Ebbeskotte and V., Gruenwald, J. 2014. Immune-modulatory effects of dietary Yeast Beta-1,3/1,6-D-glucan. *Nutrition Journal*, 13,38.
- Sürücüoğlu, M.S. 2003. Sağlıklı Yetişkinlerde Yulaf Ezmesinin Kan Lipitleri Üzerine Etkisi. *Gıda*, 28(4); 385-393.
- Szczesniak, A. S. 2002. Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, 13(4); 215–225.
- Talbot, G. 2009. Chocolate Temper, In: *Industrial chocolate manufacture and use*. Beckett, S.T. (ed), John Wiley & Sons Ltd, 261-275, United Kingdom.
- Talbott, S. and Talbott, J. 2009. Effect of Beta 1,3/1,6 Glucan on upper respiratory tract infection symptoms and mood state in marathon athletes. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8, 509-515.
- Talbott, S. and Talbott, J. 2010. Beta 1,3/1,6 glucan decreases upper respiratory tract infection symptoms and improves psychological well-being in moderate to highly-stressed subjects. *AgroFood industry hi-tech.*, 21, 1, 21-24.
- Talbott, S. and Talbott, J., Talbott, T.L., Dingler, E. 2013. β -Glucan supplementation, allergy symptoms, and quality of life in self-described ragweed allergy sufferers. *Food Science & Nutrition*, 1(1), 90–101.
- Temelli, F. 1997. Extraction and functional properties of barley β -glucan as affected by temperature and pH. *Journal of Food Science*, 62, 1192-1201.
- Thondre, P. S., Shafat, A. and Clegg, M. E. 2013. Molecular weight of barley β -glucan influences energy expenditure, gastric emptying and glycaemic response in human subjects. *British Journal of Nutrition*, 110(12); 1-7.
- Tiwari, U. and Cummins, E. 2009. Factors influencing beta-glucan levels and molecular weight in cereal-based products. *Cereal Chem.*, 86,290-301.
- Torbica, A., Pajin, B. and Omorjan, R. 2011. Influence of Soft Cocoa Butter Equivalents on Color and Other Physical Attributes of Chocolate. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 88, 937-947.
- Torbica, A. M., Pajin, B. S., Omorjan, R. P., Lončarević, I. S., and Tomić, J. M. 2014. Physical properties of chocolate with addition of cocoa butter equivalent of moderate hardness. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91, 39-48.

- Tosh, S.M, Brummer, Y., Wolever, T.M.S. and Wood, P.J. 2008. Glycemic response to oat bran muffins treated to vary molecular weight of β -glucan. *Cereal Chem.*, 85(2);211-217.
- Tudorica, C.M., Jones, T.E.R., Kuri, V. and Brennan, C. S. 2004. The effects of refined barley β -glucan on the physico-structural properties of low-fat dairy products: curd yield, microstructure, texture and rheology. *J. of Sci. of Food and Agric.*, 84, 1159–1169.
- Tüzün, M.A., Loveday, B.K. and Hinde, A.L. 1995. Effect of pin tip velocity, ball density and ball size on grinding kinetics in a stirred ball mill. *Int. J. Miner. Process.*, 43, 179-191
- Varelas, V., Liouni, M., Calokerinos, A.C. and Nerantzis, E.T. 2016. An evaluation study of different methods for the production of β -D-glucan from yeast biomass, *Drug Test. Analysis*, 8, 46–55.
- Vasanthan, T. and Bhatta, R.S. 1996. Physicochemical properties of small and large granule starches of waxy, regular and high amylase barleys. *Cereal Chemistry*, 73, 199-207.
- Volikakis, P., Biliaderis, C.G., Vamvakas, C. and Zerfiridis, G.K. 2004. Effects of a commercial oat- β -glucan concentrate on the chemical, physico-chemical and sensory attributes of a low-fat white-brined cheese product. *Food Research International*, 37, 83–94.
- Wang, Y., Yao, S. and Wu, T. 2003. Combination of induced autolysis and sodium hypochlorite oxidation for the production of *Saccharomyces cerevisiae* (1-3)- β -D-glucan, *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 19, 947-952.
- Wang, Q. and Ellis, P.R. 2014. Oat β -glucan: physico-chemical characteristics in relation to its blood-glucose and cholesterol-lowering properties. *Br J Nutr.*, 112, 4–13.
- Wang, M., Zhang, L., Yang, R., Fei, C., Wang, X., Zhang, K., Wang, C., Zheng, W. and Xue, F. 2016a. Improvement of immune responses to influenza vaccine (H5N1) by sulfated yeast beta-glucan. *International Journal of Biological Macromolecules*, 93, 203-207.
- Wang, Y., Ames, N.P. and Tun, H.M. 2016b. High molecular weight barley β -glucan alters gut microbiota toward reduced cardiovascular disease risk. *Front Microbiol.*, 7, 129.
- Wilson, P. K. 2010. Centuries of seeking chocolate's medicinal benefits. *Lancet*, 376, 158-159.
- Wildman, R.E.C. 2007. *Handbook of Nutraceuticals and Functional Foods*, second edition, CRC Press, U.S.A.
- Williams, R., Dias, D.A., Jayasinghe, N., Roessner, U. and Bennett, L.E. 2016. Beta-glucan-depleted, glycopeptide-rich extracts from Brewer's and Baker's yeast

(*Saccharomyces cerevisiae*) lower interferon-gamma production by stimulated human blood cells in vitro. Food Chemistry, 197, 761–768.

Yates, P. 2009. Formulation of chocolate for industrial applications, In: Science and technology of enrobed and filled chocolate, confectionery and bakery products. Talbot, G.(ed), Woodhead Publishing Limited, 29-52, India.

Zarić, D.B., Pajin, B.S., Lončarević, I.S., Simović, D.M.Š. and Šereš, Z.I. 2012. The impact of the manufacturing process on the hardness and sensory properties of milk chocolate. Acta Periodica Technologica, 43, 139-148.

Zarić, D.B., Pajin, B.S., Lončarević, I.S., Petrović, J.S. and Stamenković Đoković, M.M. 2015. Effects of the amount of soymilk on thermorheological, thermal and textural properties of chocolate with soy milk. Acta Periodica Technologica, 46, 115-127.

Zhu, F., Du, B. and Xu, B. 2016. A critical review on production and industrial applications of beta-glucans. Food Hydrocolloids, 52, 275-288.

Ziegleder, G. 2009. Flavour Development in Cocoa and Chocolate, In: Industrial chocolate manufacture and use. Beckett, S.T. (ed), John Wiley & Sons Ltd, 169-191, United Kingdom.

Ziegler, G.R. and Hogg, R. 2009. Particle Size Reduction, In: Industrial chocolate manufacture and use. Beckett, S.T. (ed), John Wiley & Sons Ltd, 142-168, United Kingdom.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Eylem TEMEL ÖZAT

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Tarihi : 28.12.1976

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu:

Lise : Ankara Kurtuluş Lisesi (1990-1993)

Lisans : Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü (1999)

Yüksek Lisans: Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı (2003)

Doktora : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı (Şubat 2015- Kasım 2018)

Çalıştığı Kurumlar:

Siirt Üniversitesi Teknik Bilimler MYO, Gıda İşleme Bölümü, Siirt (2016-....)

Süleyman Demirel Üniversitesi Atabey MYO, Gıda İşleme Bölümü, Isparta (2015)

Metro Grup-real Hipermarketler Zinciri A.Ş. (2004-2013)

Hakemli Dergi

Temel Özat, E., Özat, E. 2013. Food Safety Oriented Consumer Complaints in Sales Points Case of Milk and Dairy Products. International Journal of Chemical, Environmental & Biological Sciences, 1(1):39-42 pp., ISSN 2320–4087 (Online)

Ulusal Kongre

Temel, E., Başman, A., Köksel, H. Yağ İkame Edicilerin Bisküvi Kalitesi Üzerine Etkileri. 3.Gıda Mühendisliği Kongresi, 2-4 Ekim 2003, Ankara,479-493 (Eylem Temel Özat tarafından poster olarak sunulmuştur).

Uluslararası Kongreler

Temel Ozat, E., Haspolat Kaya, I., Poyrazoglu, E.S. 2015. Various Factors Affecting Consumer Food Choice. 5th International Conference on Chemical Engineering and its Applications (ICCEA'15), 11-12 June 2015, Antalya, Turkey.

Temel Ozat, E., Haspolat Kaya, I., Artık, N. 2015. Turkish Consumers' Attitudes and Awareness Toward Novel Biotechnological Foods. 12th Asian Congress of Nutrition, 14-18 May 2015, Yokohoma, Japan.

Kitap Bölümü

Kuşçu, A.,**Temel Öz**at, E., Eroğlu, S. 2016. Karbonhidratlarla Hayat (Bölüm 10). Fonksiyonel Beslenme. Ed. Zeynep Banu Seydim. ISBN: 6055267315

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında basılan bildiriler

Poyrazoglu, E.S.,**Temel Ozat**, E., Coksari, G., Ozat, E., Konar, N. Effect of Various Process Conditions on Efficiency and Colour Properties of Pistacia terebinthus oil Encapsulated by Spray Drying International Journal of Food Engineering Vol. 3, No. 2, December 2017. doi: 10.18178/ijfe.3.2.132-13. 8th International Conference on Food Engineering and Biotechnology (ICFEB 2017), 24-26 May2017, Kuala Lumpur, Malaysia (Oral Presentation).