



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



YAĞ İKAME MADDELERİ KULLANILARAK
ÜRETİLEN ENERJİSİ DÜŞÜRÜLMÜŞ
BİSKÜVİLERİN KALİTE ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ

Neval Eslem AŞCIOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Nisan-2021
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YAĞ İKAME MADDELERİ KULLANILARAK ÜRETİLEN ENERJİSİ DÜŞÜRÜLMÜŞ BİSKÜVİLERİN KALİTE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Neval Eslem AŞCIOĞLU

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Nilgün ERTAŞ

2020, 108 Sayfa

Jüri

Doç. Dr. Nilgün ERTAŞ

Doç. Dr. Mustafa Kürşat DEMİR

Doç. Dr. Sultan ASLAN TONTUL

Bu çalışmada; bisküvi formülasyonunda yer alan shortening miktarının azaltılması ve yağ ikame maddelerinin yağ yerine formülasyona çeşitli oranlarda ilave edilmesi ile, yağ ikame maddelerinin bisküvide kullanım potansiyelinin belirlenmesi ve enerjisi düşürülmüş bisküvi üretilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla dirençli nişasta, keçiyoynuzu gamı, polidekstroz, peyniraltı suyu tozu ve karboksimetil selüloz gibi 5 farklı yağ ikame maddesinin 4 farklı ikame oranında (% 0, 3, 6, 9) ilave edilmesiyle üretilen bisküvilerin; fiziksel (renk, çap, kalınlık, yayılma oranı), kimyasal (nem, kül, yağ, protein, karbonhidrat, su aktivitesi, diyet lifi, enerji ve mineral madde içerikleri ile ransimat değerleri), tekstürel ve duyuusal özellikleri incelenmiştir.

Bisküvilerde polidekstroz kullanımı ile yüksek çap değerleri elde edilirken, keçiyoynuzu gamı ve karboksimetil selüloz kullanımı ile diğer yağ ikame edicilere kıyasla daha kalın bisküviler elde edilmiştir. Keçiyoynuzu gamı kullanımı en yüksek sertlik değerine sahip bisküvilerin üretilmesine neden olmuştur. İkame oranına bağlı olarak örneklerin nem, kül, karbonhidrat ve su aktivitesi değerlerinin arttığı, protein ve yağ değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. İkame oranının artması ile kontrol örneğine kıyasla, örneklerin diyet lifi içeriklerinde artış, enerji değerlerinde ise önemli bir düşüş görülmüştür. Peyniraltı suyu tozunun kullanımı ile Ca, K, Mg ve P miktarlarında diğer örneklere kıyasla daha yüksek değerler elde edilmiştir. Formülasyonda dirençli nişasta ve keçiyoynuzu gamı kullanımı ile en yüksek indüksiyon süreleri elde edilmiştir. Duyusal testlerde dirençli nişasta, polidekstroz ve peyniraltı suyu tozu ikame edilmiş örnekler panelistler tarafından en çok beğenilen örnekler olurken, % 3 ikame oranının duyuusal kaliteye olumsuz etki oluşturmadan kullanılabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bisküvi, enerji, dirençli nişasta, keçiyoynuzu gamı, karboksimetil selüloz, polidekstroz, ransimat

ABSTRACT

MS

THE DETERMINATION OF QUALITY CHARACTERISTICS OF ENERGY REDUCED COOKIE BY PRODUCED WITH FAT REPLACERS

Neval Eslem AŞCIOĞLU

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN FOOD ENGINEERING

Advisor: Assoc. Prof. Nilgün ERTAŞ

2020, 108 Pages

Jury

Advisor Assoc. Prof. Nilgün ERTAŞ
Assoc. Prof. Mustafa Kürşat DEMİR
Assoc. Prof. Sultan ASLAN TONTUL

In this study, determination the potential use of fat replacers in cookie production and to produce energy-reduced cookie by reducing the amount of shortening in the formulation and adding the fat replacers to the formulation in various proportions was aimed. For this purpose, the physical (color, diameter, thickness, spreading rate), chemical (moisture, ash, fat, protein, carbohydrate, water activity, dietary fiber, energy and mineral contents and ransimat values), textural and sensory properties of cookies that produced by adding 5 different fat replacer such as resistant starch, locust bean gum, polydextrose, whey powder and carboxymethyl cellulose in 4 different rates (0, 3, 6, 9%) were examined. While high diameter values were obtained with the use of polydextrose in cookies, thicker cookies were obtained with the use of locust bean gum and carboxymethyl cellulose compared to other fat replacers. The use of locust bean gum revealed the highest hardness value. It was determined that the moisture, ash, carbohydrate and water activity values of the samples increased and the protein and fat values decreased depending on the replacement ratio. With the increase in the replacement ratio, the dietary fiber content of the samples increased and the energy values decreased significantly compared to the control sample. With the use of whey powder, higher values were obtained in the amounts of Ca, K, Mg and P compared to other samples. The highest induction times were obtained with the use of resistant starch and locust bean gum in the formulation. In sensory tests, it was determined that resistant starch, polydextrose and whey powder replaced samples were the most preferred by the panelists, while the 3% replacement rate could be used without adversely affecting the sensory quality.

Keywords: Cookie, energy, resistant starch, locust bean gum, carboxymethyl cellulose, polydextrose, rancimat

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca, yardımlarını, fikirlerini esirgemeyen ve çalışmamın her aşamasında destek olan, anlayış gösteren ve bilgilerini paylaşarak bana yol gösteren değerli hocam Doç. Dr. Nilgün ERTAŞ'a

Laboratuvar çalışmalarımda yol gösteren ve destek veren Mine ASLAN ve Ayşe Nur ACAR'a

Hayatta her konuda maddi, manevi destek ve yardımlarını esirgemeyen annem Serap AŞCIOĞLU ve babam Selçuk AŞCIOĞLU'na

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Neval Eslem AŞCIOĞLU
KONYA-2020



İÇİNDEKİLER

ÖZET	ii
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER	v
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ÇİZELGE DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Bisküvi	3
2.2. Diyetteki Yağın Azaltılmasının Sebepleri	7
2.3. Yağ İkame Maddeleri	9
2.3.1. Yağ benzerleri	9
2.3.1.1. Enerjisi düşük yağ bileşenleri	9
2.3.1.2. Modifiye ester bağlı enerjisiz bileşikler.....	10
2.3.1.3. Yağlardan farklı yapıda olan enerjisiz bileşikler	11
2.3.1.4. Emülsifiye edici maddeler	12
2.3.2. Yağ taklidi maddeler.....	12
2.3.2.1. Protein kaynaklı yağ taklidi maddeler	13
2.3.2.2. Karbonhidrat kaynaklı yağ taklidi maddeler	14
2.4. Yağ İkame Maddelerinin Unlu Mamullerde Kullanılması	20
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	23
3.1. Materyal	23
3.2. Yöntem.....	23
3.2.1. Deneme planı	23
3.2.2. Bisküvi üretimi	23
3.2.3. Laboratuvar analizleri	24
3.2.3.1. Renk ölçümü	24
3.2.3.2. Çap, kalınlık ve yayılma oranı	25
3.2.3.3. Nem miktarı analizi	25
3.2.3.4. Kül miktarı analizi	25
3.2.3.5. Protein miktarı analizi.....	25
3.2.3.6. Yağ miktarı analizi.....	25
3.2.3.7. Karbonhidrat miktarı analizi.....	26

3.2.3.8. Mineral madde miktarı analizi.....	26
3.2.3.9. Su aktivitesi analizi.....	26
3.2.3.10. Diyet lifi analizi.....	26
3.2.3.11. Enerji miktarı analizi.....	27
3.2.3.12. Tekstür (Kırılma kuvveti / sertlik) analizi.....	27
3.2.3.13. Ransimat analizi.....	27
3.2.3.14. Duyusal analiz.....	27
3.2.3.15. İstatistiksel değerlendirme.....	28
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	29
4.1. Hammadde Analiz Sonuçları.....	29
4.1.1. Renk analiz sonuçları.....	29
4.1.2. Kimyasal analiz sonuçları.....	32
4.2. Bisküvi Analiz Sonuçları.....	37
4.2.1. Renk değerleri.....	37
4.2.2. Çap, kalınlık ve yayılma oranı.....	47
4.2.3. Sertlik.....	52
4.2.4. Kimyasal analizler.....	53
4.2.4.1. Nem.....	54
4.2.4.2. Kül.....	55
4.2.4.3. Protein.....	60
4.2.4.4. Yağ.....	60
4.2.4.5. Karbonhidrat.....	61
4.2.4.6. Su aktivitesi (aw).....	63
4.2.4.7. Diyet lifi.....	64
4.2.4.8. Enerji.....	69
4.2.4.9. Mineral madde analizi.....	70
4.2.4.10. Ransimat analizi (İndüksiyon süresi).....	81
4.2.5. Duyusal analizler.....	85
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	88
6. KAYNAKLAR.....	91

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

C : Santigrat derece (Centigrate)
a* : (+) kırmızı, (-) yeşil renk değeri
b* : (+) sarı, (-) mavi renk değeri
aw: su aktivitesi
Ca : Kalsiyum
cm : Santimetre
h : saat
Fe : Demir
g : Gram
H₂SO₄ : Sülfirik asit
HCl : Hidroklorik asit
HNO₃ : Nitrik asit
K : Potasyum
kcal : Kilokalori
kg : Kilogram
km: Kuru madde
mg: Magnezyum
mm: milimetre
Zn: Çinko

Kısaltmalar

AACC: Amerikan Klinik Kimya Derneği
DSÖ: Dünya Sağlık Örgütü

ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 3.1. Bisküvi formülasyonu	24
Çizelge 3.2. Katkılı bisküvilerin yağ ve katkı oranları.....	24
Çizelge 4.1. Bisküvi üretiminde kullanılan hammaddelere ait renk değerleri	31
Çizelge 4.2. Bisküvi üretiminde kullanılan hammaddelere ait kimyasal analiz sonuçları ¹	34
Çizelge 4.3. Bisküvi üretiminde kullanılan hammaddelere ait mineral madde değerleri	36
Çizelge 4.4. Bisküvi örneklerine ait renk sonuçları ¹	45
Çizelge 4.5. Bisküvi örneklerinin renk değerlerine ait varyans analizi sonuçları ¹	46
Çizelge 4.6. Bisküvi örneklerinin renk değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları ¹	46
Çizelge 4.7. Bisküvi örneklerine ait çap, kalınlık, yayılma oranı ve sertlik değerleri ¹ ..	50
Çizelge 4.8. Bisküvi örneklerine ait çap, kalınlık, yayılma oranı ve sertlik değerlerine ait varyans analizi sonuçları ¹	51
Çizelge 4.9. Bisküvi örneklerine ait çap, kalınlık, yayılma oranı ve sertlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları ¹	51
Çizelge 4.10. Bisküvi örneklerinin nem, kül, protein, yağ, karbonhidrat ve aw değerlerine ait analiz sonuçları ¹	58
Çizelge 4.11. Bisküvi örneklerinin nem, kül, protein, karbonhidrat ve aw değerlerine ait varyans analizi sonuçları ¹	59
Çizelge 4.12. Bisküvi örneklerinin nem, kül, protein, yağ, karbonhidrat ve aw değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları ¹	59
Çizelge 4.13. Bisküvi örneklerine ait diyet lifi ve enerji sonuçları ¹	67
Çizelge 4.14. Bisküvi örneklerinin diyet lifi ve enerji değerlerine ait varyans analizi sonuçları ¹	68
Çizelge 4.15. Bisküvi örneklerinin diyet lifi ve enerji değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları ¹	68
Çizelge 4. 16. Bisküvi örneklerinin mineral madde sonuçları ¹	76
Çizelge 4. 17. Bisküvi örneklerinin mineral madde değerlerine ait varyans analizi sonuçları ¹	77
Çizelge 4.18. Bisküvi örneklerinin mineral madde değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları ¹	77

Çizelge 4.19. Bisküvi örneklerine ait indüksiyon süresi sonuçları ¹	83
Çizelge 4.20. Bisküvi örneklerinin indüksiyon süresi değerlerine ait varyans analizi sonuçları ¹	84
Çizelge 4.21. Bisküvi örneklerinin indüksiyon süresi değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları ¹	84



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4. 1. Bisküvi örneklerinin L* değerleri üzerinde etkili yağ ikame maddeleri x ikame oranı interaksyonu.....	39
Şekil 4.2. Bisküvi örneklerinin a* değerleri üzerinde etkili yağ ikame maddeleri x ikame oranı interaksyonu.....	40
Şekil 4. 3. Bisküvi örneklerinin b* değerleri üzerinde etkili yağ ikame maddeleri x ikame oranı interaksyonu.....	42
Şekil 4. 4. Bisküvi örneklerinin SI değerleri üzerinde etkili yağ ikame maddeleri x ikame oranı interaksyonu.....	43
Şekil 4. 5. Bisküvi örneklerinin Hue angle değerleri üzerinde etkili yağ ikame maddeleri x ikame oranı interaksyonu.....	44
Şekil 4. 6. Bisküvi örneklerinin kül değerleri üzerinde etkili yağ ikame maddeleri x ikame oranı interaksyonu.....	57
Şekil 4. 7. Bisküvi örneklerinin karbonhidrat değerleri üzerinde etkili yağ ikame maddeleri x ikame oranı interaksyonu.....	63
Şekil 4. 8. Bisküvi örneklerinin diyet lifi değerleri üzerinde etkili yağ ikame maddeleri x ikame oranı interaksyonu.....	66
Şekil 4. 9. Bisküvi örneklerinin kalsiyum değerleri üzerinde etkili yağ ikame maddeleri x ikame oranı interaksyonu.....	71
Şekil 4. 10. Bisküvi örneklerinin demir değerleri üzerinde etkili yağ ikame maddeleri x ikame oranı interaksyonu.....	72
Şekil 4. 11. Bisküvi örneklerinin potasyum değerleri üzerinde etkili yağ ikame maddeleri x ikame oranı interaksyonu.....	74
Şekil 4. 12. Bisküvi örneklerinin magnezyum değerleri üzerinde etkili yağ ikame maddeleri x ikame oranı interaksyonu.....	75
Şekil 4. 13. Bisküvi örneklerinin fosfor değerleri üzerinde etkili yağ ikame maddeleri x ikame oranı interaksyonu.....	79
Şekil 4. 14. Bisküvi örneklerinin çinko değerleri üzerinde etkili yağ ikame maddeleri x ikame oranı interaksyonu.....	80
Şekil 4.15. Bisküvi örneklerine ait duyusal analiz sonuçları.....	87

1. GİRİŞ

Beslenme; hayatın sağlıklı şekilde devam ettirilmesi, büyüme ve gelişmenin sağlanması için gerekli olan temel besin maddelerinin yeterli ve dengeli şekilde vücuda alınması olarak tanımlanmıştır (Koçak, 2014; Şekerci, 2019). Yapılan çalışmalar, hastalıkların önlenmesinde doğru beslenmenin büyük rolü olduğuna dikkat çekmektedir (Ünsal, 2008).

Aşırı beslenmeyle vücuda, özellikle bel çevresine fazla yağ depolanması olarak tanımlanan ve dünyada giderek yaygınlaşan obezite, yüksek tansiyon, diyabet, kalp-damar hastalıkları, kanser ve benzeri birçok hastalığa yol açmasının yanısıra, mevcut hastalıkların seyrine olumsuz etki etmesi sebebiyle Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından küresel epidemi olarak görülmektedir (Güven, 2014; Şekerci, 2019). Dengeli şekilde tüketildiğinde A, D, E, K vitaminlerinin emilimini kolaylaştırması, vücut ısısını korumaya yardımcı olması, tokluk hissi vermesi, bağışıklık sistemi üzerine olumlu etki etmesi, enerji kaynağı olması gibi faydaları bulunan yağlar fazla tüketilmeleri halinde, çeşitli araştırmacılar tarafından obeziteye yol açan etmenlerden biri olarak sayılmış, yağlardan sağlanan enerjinin toplam kalorinin % 30'nu (doymuş yağların % 10, tekli doymamış yağların % 12-15, çoklu doymamış yağların ise % 10 olacak şekilde) geçmemesi tavsiye edilmiş, düşük kalorili beslenme programının fiziksel aktiviteyle desteklenmesi gerektiği belirtilmiştir (Ünsal, 2008; Ayas, 2016; Bentli, 2018; Şekerci, 2019).

Gelişen teknoloji ve sanayileşmeyle birlikte toplumda, artan obezite ve buna bağlı hastalıklara karşı sağlıklı beslenme ve kilo kontrolüne yönelik bilgi alışverişi ve bilinç düzeyi yükselmiş, fonksiyonel, çeşitli bileşenlerce (diyet lifleri) zenginleştirilmiş veya kalorisi düşürülmüş özellikle üretilen gıdalara talep artmıştır (Baban, 2010; Acar ve ark., 2019).

Gıdalarda kalori değerinin azaltılması amacıyla yağın yerine kısmen veya tamamen kullanılan, ürüne yağa benzer şekilde gevreklik, ağız hissiyatı, tekstür gibi özellikleri kazandıran, protein, yağ ve karbonhidrat kökenli üretilen maddeler, yağ ikame maddeleri olarak adlandırılmaktadır (Napier, 1997).

Kolayca taşınabilir ve lezzetli olan, ara öğünlerde tokluk hissi veren, her türlü içeceklerle kolaylıkla tüketilebilen bisküvi, dünyada talebin giderek arttığı ve severek tüketilen unlu mamullerin başında gelmektedir (Gül ve ark., 2016). Bisküvi üretiminde,

hamurun işlenebilirliğini ve ısı transferini arttırıp kolayca pişmesine yardımcı olan, son üründe renk, koku, gevreklik ve lezzet oluşumu sağlayan hayvansal veya bitkisel kaynaklı shortening olarak adlandırılan yağlar kullanılmaktadır (Elgün, 2010; Can, 2015; Kılınç, 2015; Ulutürk, 2018).

Fazla yağ tüketiminin sağlık üzerine olumsuz etkisi sebebiyle diyet ürünler adı altında kalorisi düşürülmüş gıdalara yönelik talebin yüksek olması sonucu, bisküvilerin enerjisinin azaltılıp fonksiyonelliğinin arttırılması amacıyla modifiye nişasta, gamlar, diyet lifleri gibi karbonhidrat kaynaklı suyu bağlama özelliği olan yağ ikame maddeleri yağın kısmi ikamesinde yaygın olarak kullanılır hale gelmiştir (Baban, 2010; Çiftçi, 2018; Acar ve ark., 2019).

Bu çalışmada gıdalarda yağ yerine kullanılabilen yağ ikame maddelerinden dirençli nişasta, keçiyoynuzu gamı, polidekstroz, karboksimetil selüloz ve peyniraltı suyu tozunun, enerjisi düşürülmüş bisküvilerde kullanım potansiyelinin ortaya konması ve bisküvinin fiziksel, kimyasal, besinsel, tekstürel ve duyuşsal özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Bisküvi

Latinede iki defa pişirilmiş gevrek ekmek anlamında “panis biscoctus”, Fransızca’da ise “biscuit” kelimesinden türetilerek adlandırılan bisküvi, temel bileşenleri olan tahıl unu, şeker ve shorteningin yanı sıra kabartıcılar ve ek olarak gıda katkı maddeleri yönetmeliğinin izin verdiği tatlandırıcılar süt, kakao ve benzeri maddelerin bir araya getirilip yoğurularak işlenmesi, elde edilen hamurun şekillendirilip pişirilmesi sonucu üretilen nem içeriği düşük unlu mamul olarak tanımlanmaktadır (Lee ve Inglett, 2006; Şenerkek, 2019).

Bisküviler tanımdaki ana bileşenlerin dışında çeşidine göre farklı maddeler de içerebilmektedir. İçeriğine göre tatlı ve tuzlu veya sade ve çeşnili olarak sınıflandırılabilir (Madenci ve Türker, 2011). Eklenen fındık, badem ve üzüm oranı % 5’ten krema ve marmelat oranı ise % 10’dan aşağı olmamalıdır. Hamura katılan kepek, kakao vb. maddelerin de ürün tüketilirken ağızda hissedilir olması gerektiği bildirilmiştir (Anonim, 2017).

Taze olarak uzun süre korunabilen, çikolataya kıyasla daha sağlıklı olduğu düşünülen bisküvi (Doğan, 2005; Magda ve ark., 2008), değişik lezzet ve çeşitlerde üretilmesi, doyurucu ve ucuz olması sebebiyle (Beğen, 2012; Demir, 2015), dünyada ara öğünlerde sevilerek bolca tüketilen bir unlu mamul haline gelmiştir (Sudha ve ark., 2007; Beğen 2012). Gelir düzeyi arttıkça tüketim miktarının fazlalaştığı belirtilmiştir (Özkaya, 1996).

Bisküvi yılda 15 milyon ton üretimle dünyada gıda endüstrisinde önemli bir yere sahiptir (Anonim, 2013; Demirel, 2017). Ülkemizde ise 1924 yılında başlayan üretim, bugün Marmara, Orta Anadolu ve Güney Doğu Anadolu bölgeleri başta olmak üzere 850 bin ton kapasiteye sahip 40’tan fazla fabrikada en modern şartlarda devam etmektedir (Anonim, 2013). Bisküvi ihracatında dünyada 9. sırada olan Türkiye’nin başlıca ihracat yaptığı ülkeler; Yemen, Libya, Cezayir, Filistin ve Almanya’dır (Alpan, 2012; Gül ve ark., 2016).

Bisküvinin temel bileşenleri un, şeker, yağ ve sudur. Şekerli bisküvilerin genelde % 47,5–54 un, % 33,3–42 şeker ve % 9,4–18 yağ içerdikleri bildirilmiştir (Bram ve ark., 2008). Bu bileşenlerden her biri bisküvi hamuru ve son ürünün kalitesini etkileyen

kendine has fonksiyonlara sahiptir. Son üründe istenen kalitenin elde edilebilmesi için bileşenler arasındaki dengenin iyi kurulması gerektiği belirtilmiştir (Topaloğlu, 2015).

Kullanılan unun bisküvi aromasına herhangi bir katkısı olmamakla beraber, son ürünün yapı, sertlik ve şeklini etkilemektedir (Manley, 2000). Elde edilen hamurların elastikiyetinin az (Hoseney 1998; Manley 1998), uzama kabiliyetinin fazla (Ünal, 1991), kolay şekil alabilen ve optimum yayılmaya sahip olması istenmektedir. Ayrıca tercih edilen unun son ürüne gevrek yapı ve ideal renk kazandırması beklenmektedir (Faridi ve ark., 2000). Yumuşak buğday unununun hamurun düzgün yayılmasında ve pürüzsüz bir yüzeye sahip olmasında etkili olduğu bildirilmiştir (Miller ve Hoseney, 1997).

Partikül büyüklüğü de ürün yapısında etkilidir. İnce yapılı unların son üründe gevrekliği arttırdığı ve ağız hissiyatını geliştirdiği belirlenmiştir (Öztürk, 1998). Unun içerdiği protein ve karbonhidratlar son ürün kalitesi üzerinde etkilidir. Glütenin ve gladin aminoasitlerinin meydana getirdiği gluten miktarının fazla olması, hamurda yoğunluk ve sertliği arttırmaktadır (Bram ve ark., 2008). Ayrıca son üründe yüzey deformasyonuna ve kabarcıklı yüzey oluşumuna neden olduğu bildirilmiştir (Dabija ve Paiuş, 2015). İstenilen gluten miktarı bisküvi içeriğine göre değişmektedir. Yağ ve şeker oranı fazla olan bisküviler ve fermentasyon işlemi uygulanan bisküvilerde gluten miktarı daha yüksek unlar tercih edilebilmektedir (Öztürk, 1998).

Bütün bu özellikler unun elde edildiği buğday çeşidine bağlıdır. % 8-10 protein içeren açık renkli tanelere sahip *Tr. compactum* ve *Tr. aestivum* buğdayları bisküvilik buğdaylar olarak değerlendirilmektedir. Bu çeşit buğdaylardan üretilen randımanı 70-76 olan zayıf özlü ve ince yapılı, protein miktarı az, tip 550-650 unlar bisküvilik un olarak tercih edilmektedir. (Elgün, 2010).

Bisküvide kullanılan su, kuru bileşenler (şeker, tuz, yağsız süt tozu vb.) için çözücü rolü üstlenirken (Çıkrıkçı, 2013), karbonhidratlar ve proteinlerle etkileşime girerek jelatinizasyonu ve hamurda gluten ağının oluşmasını sağlar. Böylece hamurun yapılandırılmasına katkıda bulunur (Eliasson ve Larsson, 1993). Bisküvi hamurunun reolojik davranışları üzerinde de önemli etkiye sahiptir (Webb ve ark., 1970). Smith ve ark. (1970) bisküvi hamurunun su içeriği arttırıldığında elastikiyetin azaldığını bildirmiş, Bloskma (1971) ise su ilavesinin viskoziteyi azalttığını ve hamurun uzayabilirliğini arttırdığını ifade etmiştir. Su oranının çok düşük olmasının hamurda kırılganlığa neden olduğu, yüzeydeki hızlı dehidrasyon nedeniyle belirgin kabuk oluşumunun gözlemlendiği bildirilmiştir. Ayrıca son ürünün nem içeriğini düzenlenerek

yeme kalitesi ve raf ömrüne de etki edilmektedir (Çıkrıkçı, 2013). Kullanılan suyun pH'nın 6.5 - 6.8 arasında olması tercih edilmektedir (Yaz, 2001).

Ana görevi itibariyle tatlandırıcı (Madenci ve ark., 2011) olarak kullanılan şekerin, hamur ve son ürün üzerine etkisi bisküvi üretiminde önemli bir faktördür. Zoulikha ve ark. (1998) farinograf kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmada şeker konsantrasyonu arttıkça hamurdaki kıvam ve kohezyonun azaldığını belirtmişlerdir. Pişme sırasında nişastanın jelatinizasyon sıcaklık derecesini yükselterek jelatinizasyonu geciktirmekte, glütenin etkinliği için zaman kazandırarak hamurun daha fazla kabarmasında rol oynamaktadır (Topaloğlu, 2015). Şekerin tane büyüklüğü ve miktarı üzerine yapılan bir çalışmada yüksek oranda ve ince taneli şeker kullanımının bisküvi yayılması üzerinde oldukça etkili olduğu (Zoulikha ve ark., 1998) ve yayılmayı arttırdığı anlaşılmıştır (Topaloğlu, 2015). Yeterli miktarda kullanılan şeker, suyu tutarak yumuşaklığı korumaya yardımcı olurken (Zoulikha ve ark., 1998), aşırı kullanımının kristalleşme sebebiyle sertliği arttırdığı tespit edilmiştir (Can, 2015). Ayrıca şeker, Maillard reaksiyonu ve enzimatik esmerleşme reaksiyonlarına girerek son üründe renk oluşumuna katkıda bulunmaktadır (Ulusoy, 2011). Bisküvi üretiminde pudra şekeri, glikoz şurubu ve invert şeker sıklıkla kullanılmaktadır (Çınar, 2018).

Bisküvide bir diğer temel bileşen olarak değerlendirilen yağlar, bitkisel (palm, pamuk tohumu, yer fıstığı, ayçiçeği, mısır, kakao, hindistan cevizi) ve hayvansal kaynaklardan elde edilmekte ve maliyeti düşürmek amacıyla bu iki kaynak karıştırılarak kullanılabilir. (Madenci, 2011; Can, 2015; Çiftçi, 2018).

Bu yağlar, glüten ve nişastanın meydana getirdiği uzun lifleri parçalayarak hamura yumuşaklık kazandıran yağlı ve kısa lifler oluşturmalarından dolayı shortening olarak adlandırılmaktadır (Ulutürk, 2018). Shorteningler, kullanımının kolay olması, yüksek erime derecesine sahip olmaları ve raf ömrünün uzunluğu sebebiyle tercih edilmektedirler (Topaloğlu, 2015). Genellikle % 15-60 oranında kullanıldıkları, hamurun plastisitesi, işlenebilirliği, son ürünün yayılma oranı, tat ve doku özelliklerini önemli ölçüde etkiledikleri bildirilmiştir (Zoulikha ve ark., 1998; Şenerkek, 2019). Yapılan çalışmalarda bisküvi hamur yapısının yağ, protein ve nişasta moleküllerinden meydana geldiği, yağın düşük konsantrasyonlarda bir dolgu maddesi görevi üstlendiği, yüksek konsantrasyonlarda ise sürekli bir faz oluşturduğu tespit edilmiştir (Baltasvias ve ark., 1999). Dolgu maddesi olarak görev yapan yağ zerreciklerinin glütene çevreleyip nişastadan ayırarak hamur yoğunluğunu düşürdüğü ve elastisitesini azalttığı belirlenmiştir (Zoulikha ve ark., 1998; Kılınç, 2015).

Yağın miktar ve çeşidinin bisküvi hamuru ve son ürün üzerine etkisini incelemek üzere yapılan çalışmalarda; yağ miktarı artışının hamurun yumuşaklığına katkıda bulunduğu gözlenmiş, hidrojene ve sıvı yağ kullanımının hamurda sertliği arttırdığı, margarin kullanımının ise yumuşak bir hamur yapısına yol açtığı bildirilmiştir. Yine sıvı yağların bisküvide sert bir tekstür oluşumuna yol açtıkları sonucuna varılmıştır (Şahin, 2009). Ayrıca bir başka çalışmada bisküvi tekstürü üzerine yağın etkisi araştırılmış ve yağ miktarındaki artışın son üründe koyu renge sebep olduğu ve gevrekliği azalttığı belirlenmiştir (Maache-Rezzoug ve ark., 1998; Çiftçi, 2018).

Son üründe raf ömrünün uzatılması, ağız hissiyatının geliştirilmesi, ısı transferinin kolaylaştırılarak pişme süresinin kısaltılması gibi fonksiyonları istenilen şekilde yerine getirme kabiliyetinin, yağdaki katı fazın sıvı faza oranına (SFC: solid fat content), yağın plastisitesine ve oksidatif stabilitesine bağlı olduğu bildirilmiştir (Ghotra vd., 2002).

Bol miktarda yağ içeren kurabiye ve kuru pasta gibi gevrekliği yüksek ürünlerde oksidatif bozulmayı geciktirmek amacıyla antioksidan katkılı yağların tercih edildiği ve su kullanılmayabildiği belirtilmiştir. (İnkaya, 2008; Elgün, 2010).

Pişme esnasında kabarmanın sağlanması, gevrekliğin geliştirilmesi ve raf ömrünün arttırılması için uygun nem bariyeri oluşturulmasının, hamurun krema fazında sisteme yeterli miktarda hava girişine ve bu havanın sistemde tutulmasına bağlı olduğu bildirilmiştir. Gaz kabarcıklarının hamur bünyesine istenilen şekilde dahil edilmesinde sıvı faz oranı yüksek shortening kullanımıyla daha iyi sonuçlar elde edildiği ve bisküvinin duyuşal özelliklerinin geliştiği tespit edilmiştir. Güzel bir pişme performansı için shorteningin SFC oranının %15-23 arasında olması önerilmiştir (İnkaya, 2008; Şarba ve ark., 2015).

Bisküvide yağ içeriğinin azaltılmasının, uygun kıvamda hamur eldesi için daha yüksek miktarda su kullanımına yol açtığı, buna bağlı olarak hamur sistemi içerisinde meydana gelen glüten ağının viskoziteyi arttırarak bisküvinin kalite özelliklerini olumsuz etkilediği, ayrıca duyuşal özelliklerde ve renkte kayıplar meydana geldiği bildirilmiştir. Yağın azaltılmasının olumsuz etkilerini telafi etmek amacıyla yağ ikame maddelerinin kullanıldığı belirtilmiştir (Coşkun, 2020).

2.2. Diyetteki Yağın Azaltılmasının Sebepleri

Yaşamın temel besin öğelerinden biri olan yağlar, kişiden kişiye değişmekle birlikte vücudun %18'ini oluşturmaktadır (Çakırcalı, 1998; Gökmen ve Köksal, 2001). Gram başına 9 kcal enerji vermesinin yanı sıra, yağda çözünen vitaminlerin (A, D, E, K) vücuda alınmasını sağlarlar (Slater ve Block, 1992; Çakırcalı, 1998). Tat ve koku bileşenlerini absorbe etmeleri ve yapı düzeltici özellikleri sebebiyle besinlerin tüketilebilirliklerinin artmasında rol oynarlar (Anonim, 1989).

DSÖ ile Amerikan Kalp ve Damar Enstitüsü'nün açıklamaları; diyetle yağ tüketiminden sağlanan enerjinin, toplamın % 30'undan fazla olmaması ve alınan doymuş yağın, günlük enerji tüketiminin % 10'unu geçmemesi gerektiği yönündedir (Akoh, 1998). Vücuda fazla yağ alımı obezite, kanser ve kalp damar rahatsızlıkları gibi hastalıklara sebep olmaktadır (Baysal, 2010). Dünyada ve ülkemizdeki ölümlerin başlıca sebeplerinden birisi olan koroner kalp hastalığının % 42.5' inden ayrıca diyabet nedeniyle meydana gelen ölümlerin de % 70' inden obezitenin sorumlu olduğu belirtilmiştir (Anonymous, 1999).

Enerji alımının tüketimden fazla olması sebebiyle vücuttaki yağ kitlesi/yağsız vücut kitlesi dengesinin bozulması obezite olarak tanımlanmaktadır (Samur ve Yıldız, 2012). Obezitede yağ kitlesi oranı erkekte % 25'in, kadında ise % 33'ün üzerine çıkmaktadır (Vega, 2001). Kendisini kilo artışıyla göstermektedir (Serter, 2003). Birçok hastalıkla ilişkisi belirlenmiş olup bu hastalıklardan ABD'de yılda ortalama 300.000 kişinin öldüğü bildirilmektedir (Allison ve ark.,1999).

Yapılan çalışmalarda obez bireylerin çoğunda safra taşına rastlandığı bildirilmiştir (Serter, 2003). Ayrıca beden kitle indeksi 27 kg/m^2 'yi aşmış obezlerde hiper tansiyon görülme ihtimali sağlıklı bireylere göre üç kat daha yüksek bulunurken, kilosu normalden % 20 fazla olanlarda ise bu ihtimalin iki kat olduğu belirtilmiştir (Samur ve Yıldız, 2012).

Obezitenin, özellikle bel çevresinde fazla yağ birikiminin insülin faaliyetlerini engellediği gözlenmiş, bu olay insülin direnci olarak adlandırılmıştır (Reaven, 1988). İnsülin direncinin tip 2 diyabetin ortaya çıkmasında en büyük faktör olduğu bildirilmiştir (Astrup ve ark., 2000). Diyetteki yağ oranının artışıyla birlikte insülin duyarlılığının azaldığı ve fosfolipitlerin doymuş yağ asidi oranının artmasıyla da insülin direncinin yükseldiği belirlenmiştir (Vessby, 2000).

Yapılan çalışmalarda, kilo vermenin, diyabet hastalarının kan şekeri düzeyi üzerinde olumlu etkisinin yanı sıra tip 2 diyabetin ortaya çıkma riskini de düşürdüğü gözlemlenmiştir (Serter, 2003). Şişman bir bireyin ağırlığında % 5 ile 10 arasında düşüş meydana gelmesinin bile insulin direncinin azalmasına katkıda bulunduğu bildirilmiştir (Weinstock ve ark., 1998).

Avrupa Birliği'nde kanserin yayılma hızına obezitenin etkisini inceleyen bir çalışmada, kanser türlerinin % 5'inin obezite bağlantılı olduğu bildirilmiştir. Kanser türlerinden obezite ile ilişkisi en yüksek olanların endometriyum (% 39), böbrek (% 25) ve safra kesesi (% 25) kanseri olduğu anlaşılmıştır. Çalışmanın devamında Avrupa'da yılda 21.500 kolon kanseri, 14.000 endometriyum kanseri ve 12.800 göğüs kanseri vakalarının obeziteyle ilişkili olduğu belirtilmiştir (Bergström ve ark., 2001). Ayrıca bunların yanısıra özafagus, karaciğer, pankreas, mide ve böbrek kanseri riskinde obeziteye bağlı artış olduğu gözlenmiştir (Moller ve ark., 1994).

Epidemiyolojik çalışmalar; kanserde öne çıkan besinsel faktörlerden biri olan yağın tüketimiyle meme, kalın bağırsak ve prostat kanserleri arasında doğrusal orantı olduğunu işaret etmektedir. Avrupa Birliği'nde yapılan analizlerde doymuş yağ tüketiminin artışıyla meme kanserinden ölüm hızının arttığı ortaya konmuştur. Yine farklı besin öğelerinin tüketim oranlarının kalın bağırsak kanserine etkisi incelendiğinde et ve toplam yağ tüketimiyle, bu kanser arasında pozitif korelasyon olduğu belirtilmiştir (Baysal, 1992). Yağlardan elde edilen kalorinin; diğer besinlerle beraber vücuda giren toplam enerjinin % 1'i kadar azaltılması sonucunda yılda 10.000 kadar kansere bağlı ölümün önüne geçilebileceği bildirilmektedir. (Prentice ve Sheppard, 1990).

Yukarıda anlatılan bütün bu hastalıkların görülme sıklığının azalmasının ancak obeziteye karşı mücadelele mümkün olduğu bildirilmiştir. Karbonhidrat ve rafine şekeri fazlaca içeren, aşırı yağlı düşük lif içerikli beslenme tarzı obezitenin en önemli sebeplerinden birisidir (Serter, 2003).

Yapılan incelemelerde kalori miktarı eşit olmasına rağmen daha fazla yağ içeren diyetlerin obeziteye neden olduğu bildirilmiştir (Serter, 2003). 24 hafta boyunca farklı oranlarda yağ içermesine karşı eşit miktarda enerjiye sahip diyet uygulanan, beden kitle indeksi 18-44 aralığında olan bir grup kadın denekte düşük yağlı diyetle beslenenlerin, yüksek yağlı diyetle beslenenlere (enerjinin % 37'si) göre vücut ağırlıklarında % 2.8, yağ kitlesinde % 11.3 azalma, yağsız vücut kitlesinde ise % 2.2 artış olduğu bildirilmiştir. Yağ içeriği yüksek diyetlerle beslenen toplumlarda karbonhidrat içeriği yüksek diyetlerle beslenenlere göre obezitenin görülme sıklığının arttığı gözlenmiştir.

Beslenmede yağ oranı artışının obeziteye sebep olduğu hayvan deneylerinde de ortaya konmuştur (Serter, 2003).

2.3. Yağ İkame Maddeleri

Yağ ikame maddeleri, yiyeceklerin yağ ve kalori içeriğini olabildiğince azaltırken aynı zamanda duyuşal özelliklerini mümkün olduğunca korumak amacıyla kullanılan, gıdalardaki yağın bir kısmının veya tamamının yerine geçen çok çeşitli ürünlerdir (Hui ve ark., 2006).

Molekül yapısı lipitlerle benzerlik gösteren ve yağın yerini tam olarak karşılayabilen ikameler “yağ benzerleri”, lipitlerin fiziksel özelliklerini taklit eden ve yağın yerini tam olarak karşılayamayan ikameler “yağ taklitleri” olarak adlandırılmaktadır. Kökenlerine göre ise karbonhidrat, protein, lipit ve karışık kökenli olarak sınıflandırılmaktadırlar (Dervişoğlu ve Yazıcı, 2006).

2.3.1. Yağ benzerleri

Yağ benzerleri, yağa en yakın ağız hissini sağlayan gruptur. Doğal yağlarda bulunan bazı bileşenlerden üretilmektedirler. Fakat vücudun tamamen metabolize edemeyeceği formülasyona sahip oldukları için daha az enerji içerirler veya hiç enerji içermezler. İkame maddelerinin kullanılmasında karşılaşılan yüksek sıcaklıkta termal stabilizasyonun korunamaması sıkıntısının aşılması bu grupla mümkün olmuştur (Napier, 1997).

Yağ benzerleri yapıları bakımından; enerjisi düşük yağ bileşenleri, modifiye ester bağlı enerjisiz bileşikler, yağlardan farklı yapıda olan enerjisiz bileşikler ve emülsifiye ediciler olmak üzere 4 ana başlıkta incelenmektedir (Koca, 2002; Karabudak ve ark., 2012).

2.3.1.1. Enerjisi düşük yağ bileşenleri

Yapısal lipitler olarak tanımlanan triasilgliseroller ve fosfolipitlerdir (Çağlar, 2009; Karabudak ve ark., 2012). Kısa, orta veya uzun yağ zincirleri içerirler. Kimyasal, enzimatik ve mikrobiyal sentezlerin yanı sıra tohumların ıslahı ve genetik modifikasyon

yöntemleriyle elde edilebilmektedirler. Bu yöntemlerden enzimatik sentezin en fazla kullanılan yöntem olduğu bildirilmiştir (Çağlar, 2009).

Palm yağından sentezlenen tripalmitinin transesterifikasyonu ile anne sütüne benzer yağ asidi dizilimi oluşturularak bebek maması formülasyonlarının geliştirilmesinde, çeşitli gıdalarda yağın azaltılmasında, sağlık sektöründe enteral ve parenteral yolla beslenmede kullanılabilirler (Çağlar, 2009). Bu grubun en bilinen örnekleri kaprenin ile soya fasülyesi veya kanola bitkisinden elde edilen salatrimdir (Napier, 1997; Koca, 2002). Sükrozun uzun zincirli yağ asitleri ile esterleşmesi ile elde edilen hepta, hepta ve oktaesterlerinin karışımı olup yaygın olarak bilinen bir yağ ikamesi olan Olestranın (Türküzü ve ark., 2012) aksine, kızartma sıcaklıklarına karşı dayanıksız olan salatrim, uzun ve kısa zincirli yağ asitlerinin karışımı olup şekerlemelerde, çeşitli süt ve fırın ürünlerinde, soslarda yağ ikamesi olarak kullanılabilir (Napier, 1997; Koca, 2002; Erinç, 2011). Gram bazında 5 kalori enerji veren salatrimin, doğal yağlara nazaran (9 kcal/g) enerjisi % 45 oranında düşürdüğü ve herhangi bir yan etkisine rastlanmadığı belirtilmiştir (Topal, 2011; Karabudak ve ark., 2012). Benefat'ın kakao yağı ikamesi olarak kullanılmak üzere salatrimden üretilen ilk ürün olduğu bildirilmiştir (Akoh, 1998).

Salatrim gibi kızartma sıcaklıklarına dayanıksız olan kaprenin de 5 kcal/g enerji vermektedir. Kakao yağına benzer özelliklere sahip olduğu için çikolata ve şekerleme kaplamalarında kullanılan ve GRAS olarak tanımlanan kaprenin, hali hazırda hiçbir gıdada kullanılmamaktadır (Napier, 1997; Erinç, 2011).

2.3.1.2. Modifiye ester bağlı enerjisiz bileşikler

Fonksiyonel olarak doğal yağlar gibi davranan bu bileşikler, hidrolize karşı direnç göstererek vücutta enzim yoluyla parçalanmaya veya absorpsiyona uğramadıklarından kalorisiz olarak nitelendirilmektedirler (Napier, 1997; Karabudak ve ark., 2012).

Bu grupta bulunan sükroz poliesterlerden Olestra'nın Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından onaylanan ilk kalorisiz yağ ikamesi olduğu bildirilmiştir. Doğal yağ moleküllerinden farklı olarak olestra, 6 ila 8 yağ asidi içermekte ve merkezinde gliserol yerine büyük bir şeker molekülü olan sükroz bulundurmaktadır (Napier, 1997). Yüksek sıcaklıklarda bozulmadığından kızartmalar için uygun olduğu belirtilmiştir. Cips ve tuzlu atıştırmalıkların kızartılmasında kullanılabilir

(Napier, 1997). Yapılan çalışmalar, olestranın yağda çözünen vitaminlerin emilimini azalttığını (özellikle E vitamini), laksatif etkiye sebep olabileceğini ortaya koymuştur (Hui ve ark., 2006; Ertekin, 2008). Buna karşın suda çözünebilir vitamin, mineral ve diğer besin öğelerinin emilimini etkilemediği bilinmektedir (Akoh, 1998). Tereyağı ve olestra karışımıyla 750 mg/gün kolesterol verilen 20 erkek üzerinde yapılan bir çalışmada deneklerin kolesterol absorpsiyonlarının % 18 azaldığı gözlemlenmiş, olestranın kötü kolesterol emilimini düşürebilme açısından faydalı olabileceği sonucuna varılmıştır. Sükrozun mono, di, tri esterleri yağlayıcı, inceltici ve taze meyvelerde koruyucu olarak kullanılabilir (Koca, 2002; Erinç, 2011) Rafinoz, trihaloz ve sorbitol poliesterleri de olestraya benzer özellikler taşıyan daha sonraki zamanlarda elde edilen bileşiklerdir (Hui ve ark., 2006).

Malonik ve alkil malonik asitlerin yağ alkol esteri olan Dialkil diheksadeçilmalonat (DDM), kızartma ürünleri, mayonez ve margarinler için tasarlanmış sıvı veya yarı katı bir maddedir. Farelerde yapılan deneyler, sindirim sisteminde absorpsiyonun % 0.1'den az olduğunu göstermiştir. Frito-Lay firmasının, soya ve pamuk yağıyla belli oranda karıştırılarak kullanıldığında kızartılmış ürünlerde olumlu sonuçlar elde edilen DDM'in patentini aldığı ve ürünlerinde kullandığı belirtilmiştir (Fulcher, 1986; Doğan ve Küçüköner, 1999; Hui ve ark., 2006).

Kızartma ve yüksek sıcaklıklarda pişirmeye dayanıklı özellikte olan Esterifiye olmuş propoksilatlanmış gliserol (EPG), salata sosları, mayonezler ve dondurmalarda kullanılan, düşük kalorili olarak kabul edilen bir ikame maddesidir (Hui ve ark., 2006).

Salata sosları, kızartmalar, fırınlanmış ürünler gibi daha birçok üründe kullanılan sorbestrin ve yapı bakımından sükroz poliesterlerine benzeyen Trialkoksitrikarbalibat da (TATCA) modifiye ester bağlı kalorisi düşük ikameler sınıfına girmektedir (Akoh, 1998; Hui ve ark., 2006;).

2.3.1.3. Yağlardan farklı yapıda olan enerjisiz bileşikler

Mineral yağlar, parafinler, jojoba yağı ve polisiloksanlar yağ benzeri ikame madde olarak kullanılabilirler (Huyghebaert ve ark, 1996; Karabudak ve ark., 2012). Jojoba, Güney Arizona ve Kuzeybatı Meksika gibi çöl özelliği gösteren bölgelerde yetişen iki metre yüksekliğinde mavimsi yeşil yapraklı ve koyu kahverengi meyvelere sahip yaprak dökmeyen yabancı bir çöl bitkisidir. Meyvelerinden ekstrakte edilen jojoba yağı mono-doymamış uzun zincirli yağ alkolleri ve yağ asidi esterlerinin

karışımı olup kokusuz ve renksizdir. Diğer tohum yağlarından farklı olarak çok az miktarda gliserin içerir ve sıvı mum görünümündedir (Wisniak, 1987).

2.3.1.4. Emülsifiye edici maddeler

Yağ moleküllerinin sulu ortamlarda ve gıdalarda daha geniş çapta yayılmasına yardımcı olarak daha az miktarda yağ kullanımına olanak sağlayan emülgatörler, yağa yakın kalori değerine sahip olduklarından gerçek anlamda yağ ikamesi olarak kabul edilmemektedirler (Flack, 1996; Napier, 1997; Drake ve ark., 1998). Yağı azaltılmış sistemlerde hamur reolojisini düzelttiği, yağlanmayı arttırdığı, köpük oluşumunu desteklediği, havalanmayı arttırdığı ve sineresizi kontrol ettiği bildirilmiştir (Erinç, 2011; Topaloğlu, 2015). Lipofilik ve hidrofilik özelliğe sahip olan emülgatörler, yağ ile % 50 oranında yer değiştirme kapasitesine sahip olsalar da yüksek miktarda kullanımları arzu edilmeyen tat oluşumuna neden olduğundan genellikle % 0.5 oranında kullanımları uygun bulunmuştur (Doğan ve Küçüköner, 1999; Karabudak ve ark., 2012).

Gıdalarda en çok tercih edilen emülgatörler mono ve di gliseritlerdir. Kek karışımlarında, çerezlerde, bisküvilerde ve çeşitli süt ürünlerinde kullanılabilirler (Glicksman, 1991; Napier, 1997). Bunun yanında sodyum stearol laktilat (SSL), sorbitan mono stearat, diasetil tartarik asit esterleri (DATEM), şeker esterleri, polisorbitat 60 kullanılan diğer emülgatörlere örnek verilebilir (Akoh, 1998).

2.3.2. Yağ taklidi maddeler

Yağ taklitleri, yağların hacim ve ağız hissiyatı özelliklerini sağlayan ancak onların tamamen yerini tutmayan karbonhidrat ve protein kökenli bileşenlerdir. Yağın özelliklerini taklit edebilmeleri için modifikasyona ihtiyaç duyarlar. Yağ globüllerine kıyasla daha az kalori içeren moleküllere sahip olmaları ve bünyelerine çok fazla su alabilmeleri nedeniyle kullanıldıkları besinlerin kalori azaltımında önemli ölçüde etkilidirler (Napier, 1997; Ertekin, 2008; Erinç, 2011). Polar yapıya sahip olup, daha çok suda çözünen aroma maddelerini içerirler ve yağda çözünen aromalar için emülsifiyer kullanımı gerektirirler (Drake ve Swanson, 1995; Akoh, 1998). Yüksek sıcaklıklarda stabilitelerini kolayca kaybettiklerinden kızartmalar yerine fırında pişirilerek tüketilen veya pişmeden kullanılan (salata sosları vb.) ürünler için

elverişlidirler (Huyghebaert ve ark., 1996; Napier, 1997; Karabudak ve ark., 2012). Ortalama 0-4 kcal/g enerjiye sahiplerdir (Koca, 2002).

2.3.2.1. Protein kaynaklı yağ taklidi maddeler

Protein kaynaklı yağ taklidi maddelerin üretiminde, süt, yumurta ve peyniraltı suyu proteinlerinin yanısıra buğday gluteni, jelatin, soya vb. kaynaklar da kullanılabilir (Sezen, 2005; Erinç, 2011). Üretimde uygulanan mikropartikülasyon işlemi sonucunda (ısı ve yüksek kayma kuvveti uygulaması) protein partiküllerinin süt yağı globülleriyle benzer boyutlara gelmesi (0.1-3µm) sağlanarak ürüne kremamsı yapı ve serum ayrılmasını engelleyici özellik kazandırıldığı bildirilmiştir (Dziezak, 1989; Huyghebaert ve ark., 1996; Sezen, 2005; Karabudak ve ark., 2012).

Protein bazlı yağ taklidi maddelerin 1 g'ı 3 g yağı ikame edebilecek özellikte olup 1-4 kcal enerji içermektedirler (Ada Reports, 2005). Ayrıca karbonhidrat bazlı yağ taklidi maddelere göre daha iyi ağız hissiyatı sağladıkları bildirilmiştir (Çağlar, 2009). Düşük ısıl stabiliteye sahip olduklarından kızartma işlemi yerine fırında pişirme ve damıtma işlemleri için daha uygun oldukları belirtilmiştir (Akoh, 1998; Çağlar, 2009). Süt ürünleri, mayonezler, dondurulmuş tatlılar, fırıncılık ürünleri ve benzeri ürünlerde kullanılan bu maddelerin, nişasta ve hidrokolloid kombinasyonlarıyla kullanımının ürünlerin tekstürel yapısının iyileştirilmesinde sinerjik etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir (Çağlar, 2009; Erinç, 2011; Serin, 2012). Yapılan bir çalışmada lüpen bitkisinden elde edilen lupin proteininin bisküvilerde % 15 oranına kadar yağ yerine kullanılabileceği fakat alerjik reaksiyona sebep olabileceği tespit edilmiştir (Forker ve ark., 2012).

Yumurta akı, peynir altı suyu ve süt proteinlerinin mikropartikülasyon işlemine tabi tutulmasıyla üretilen simplese; ekşi kremalar, dondurmalar, yoğurt ve peynir gibi süt ürünlerinin yanısıra mayonezler, dondurulmuş tatlılar ve benzeri ürünlerde 1 g simplese 1 g yağı ikame edecek şekilde sıklıkla kullanılmaktadır (Vetter, 1991; Gershoff, 1995; Ertekin, 2008). Nutrasweet firmasının 1988 yılında üretmiş olduğu bu ürün, 1994 yılında süt ürünleri için GRAS olarak bildirilmiştir (Erinç, 2011). 4 kcal/g enerjiye sahip olan simplessenin jel formlarında enerji miktarının 1 kcal/g'a kadar düşebildiği tespit edilmiştir (Doğan ve Küçüköner, 1999; Koca, 2002; Erinç, 2011). Su

içeriğinin yüksek olmasının bisküvilerde yumuşamaya sebep olduğu belirlenmiş olup bu tip kuru gıdalarda kullanımının uygun olmadığı sonucuna varılmıştır (Vetter, 1991).

Yüksek kalite peynir altı suyu ve süt proteininden modifikasyon yoluyla elde edilen Dairy-Lo, yağ ikame maddesi olarak kullanıldığı ürünlerin tekstür ve stabilitesinin sürdürülmesinde önemli rol oynamaktadır (Napier, 1997). FDA tarafından 1979 yılında GRAS olarak kabul edildiği bildirilmiştir (Küçüköner, 1996; Sarıkuş, 2004). % 60-80 denatürasyon derecesine sahip olan bu ürün, dondurulmuş sütlü tatlılar, fırın ürünleri, soslar ve yoğurt gibi ürünlerde sıklıkla kullanılmaktadır (Tamime ve ark., 1994; Napier, 1997).

Soya proteininden üretilmiş bir yağ taklidi madde olan Supro plus, sosislerde, kümes hayvanlarının etlerinden elde edilen ürünlerde ve bazı diyet içeceklerinde uzun yıllardır kullanılmaktadır (Napier, 1997).

Yumurta, peyniraltı suyu proteinleri ve ksantan gamin birlikte kullanılmasıyla elde edilen Trailblazer, ksantin protein kompleks lifi olarak adlandırılmıştır. Salata soslarında yağın azaltılması ve tekstürün korunması amacıyla kullanılmaktadır (Huyghebaert ve ark., 1996; Karabudak ve ark., 2012).

Mısır proteininden elde edilen Lita, yüksek ısıl stabiliteye sahip olup toz formda saklanabilmekte ve dondurulmuş tatlı ve mayonezlerde yağın büyük kısmını ikame edecek şekilde kullanılabilir (Koca, 2002; Ertekin, 2008; Çağlar, 2009; Karabudak ve ark., 2012). Ultra-Bak ve Ultra-Freezeen'in de edüstriyel olarak üretilmekte ve kullanılmakta olan diğer bazı protein bazlı yağ taklidi maddeler olduğu bildirilmiştir (Ertekin, 2008; Çağlar, 2009).

2.3.2.2. Karbonhidrat kaynaklı yağ taklidi maddeler

Çeşitli ürünlerde yağın azaltılması amacıyla kullanılmaya başlanan ilk grup olan karbonhidrat kaynaklı yağ taklidi maddeler, genel olarak tahıllar ve diğer bitkisel ürünlerden elde edilmekte ve GRAS olarak kabul edilmektedirler. Selülozlar, modifiye nişastalar, dekstrin, polidekstroz ve gamlar bu gruba örnek olarak verilebilmektedir (Napier, 1997; Kömürlü, 2005).

Yüksek su tutma kapasiteleri ve jelatinizasyon özellikleri sebebiyle yağ yerine kullanıldıkları ürünlerde tekstür ve ağız hissiyatı iyileştirme, hacim sağlama ve kremi yapı oluşturma görevlerini üstlenirler (Çağlar, 2009; Serin, 2012). Vücutta sindirilebilir veya sindirilemez özellikte olmalarına bağlı olarak verdikleri enerji miktarının 0-4

kcal/g arasında değiştiği bildirilmiştir (Kömürlü, 2005). Isıl stabilitelerinin düşük olması nedeniyle fırında pişirme veya soğuk servise daha uygun olan bu maddelerin; fırın ürünleri, salata sosları, çeşitli işlenmiş et ürünleri, peynirler ve yoğurtlarda rahatlıkla kullanılabilirdiği belirtilmiştir (Napier, 1997; Serin, 2012).

Piyasada Litesse veya Stalite adıyla bilinen polidekstroz, sitrik asit varlığında mısır şurubundan veya bir şeker alkol olan sorbitolden polimerizasyon yoluyla rastgele 1,6 glikozidik bağlar oluşturularak elde edilmektedir (Napier, 1997; Akoh; 1998; şahin, 2006). şeker alkollerini veya diğer yüksek moleköl ağırlıklı karbonhidrat polimerlerine kıyasla daha yüksek çözünürlüğe sahip olduğu ve ağırlığının 2000 Da olduğu bildirilmiştir (Erinç, 2011). Vücutta sindirim düzeyi düşük bir polimer olan polidekstroz, gram başına 1 kcal enerji sağlamakta ve kalın bağırsak mikroorganizmaları tarafından işlenerek CO₂ ve uçucu yağ asitlerine parçalanmaktadır. Bu nedenle bir lif maddesi olarak da değerlendirilebileceği bildirilmiştir (Huyghebaert ve ark.,1996; Brooks, 2003). Acı bir tada sahip olan ham polidekstrozun aksine litessenin, nötral bir tada sahip olup viskozitesinin sakkarozaya göre daha fazla olduğu ve moleköl ağırlıkları farklı olan polimerlerden meydana geldiği için kristalizasyona uğramadığı tespit edilmiştir (Stauffer, 1993; Kömürlü, 2005; Serin, 2012). Başlangıçta unlu mamüllerde hacim arttırıcı ajan olarak şekeri ikame etme amacıyla üretilen polidekstrozun hidrasyona uğratıldığında meydana gelen jel yapısının, yağın bazı özelliklerini karşıladığı ve yağlı ürünlerdeki ağız hissiyatını geliştirici özelliğe sahip olduğu keşfedildikten sonra yağ ikame edici madde olarak da kullanılmaya başlandığı bildirilmiştir (Napier, 1997; şahin, 2006; Serin, 2012). Moleköl ağırlığının düşük olması ve viskozitesinin gam ve nişasta kadar yüksek olmamasının tam bir yağ ikamesi olarak kullanımını sınırladığı tespit edilmiştir (Doğan ve Küçüköner, 1999; Karabudak ve ark., 2012). Bisküvi, kek ve benzeri fırın ürünleri, çikolata ve şekerleme ürünleri, mayonezler, soslar ve dondurulmuş tatlılarda kısmi yağ ve şeker ikamesi olarak kullanılan polidekstroz, kristalizasyona uğramaması sebebiyle stabiliteyi koruma amacıyla da tercih edilmektedir (Erinç, 2011; Serin, 2012). Polidekstrozun fazla tüketilmesinin laksatif etkiye sebep olabileceği fakat tek seferde 50 gr'a alınmasının hiçbir yan etki oluşturmadığı belirtilmiştir (Kömürlü, 2005).

Bitkisel kaynaklardan veya mikrobiyal fermentasyon yoluyla elde edilen gamlar, yapısında karbonhidrat bulunduran büyük moleküllü polimer maddelerdir (Ward ve Andon, 1993). Suda çözünebilmeleri ve yapışkan özellikte olmalarından dolayı

hidrokolloid olarak adlandırıldıkları bildirilmiştir (Glicksman 1969; Altuğ, 2006). FDA tarafından GRAS madde olarak tanımlandıkları belirtilmiştir (Özat, 2003).

Uluslararası gıda kodeksinde jelleştiriciler ve kalınlaştırıcılar olarak sınıflandırılan gamlar, nişastayla benzer özellik göstererek suyu absorbe edip jel yapısı meydana getirirler ve % 2'den daha düşük konsantrasyonlarda kullanıldıklarında bile yağı azaltılmış ürünlerde kuruluğun giderilmesine, kıvamın artarak kremi ağız hissiyatının oluşumuna katkıda bulunurlar (Fennema, 1985; Ward ve Andon, 1993; Napier, 1997; Nussinovitch, 1997). İnsan vücudunda sindirilmeyip kalori artışı sağlamadıkları için 1990' lardan itibaren yağ ikame maddesi olarak peynirler, çeşitli fırın ürünleri, soslar ve tatlılarda yaygın halde kullanılmaya başlandıkları bildirilmiştir (Akoh, 1998; Doğan ve Küçüköner, 1999; Özat, 2003). Ayrıca yoğurt ve puding gibi süt ürünlerinde sineresisi önlemek, dondurma ve diğer dondurulmuş tatlılarda kristalizasyonun kontrolü ve istenilen kıvamda ürün elde etmek gibi amaçlarla da kullanıldıkları belirtilmiştir (Koca, 2002; Göncü, 2016). Ksantan gam, karragenan, guar gam, gam arabik, keçiboynuzu gamı en bilinen gamlardır (Doğan ve Küçüköner, 1999).

Keçiboynuzu gamı, Akdeniz iklim kuşağında yer alan ülkelerin (Türkiye, İspanya, İtalya, Fas ve benzeri ülkeler) kıyı şeritlerinde yetiştirilen ve maki topluluğu içinde yer alan keçiboynuzu bitkisine (*Ceratonia siliqua* L.) ait meyvenin çekirdeklerinden elde edilmektedir (Çakır, 2009; Topaloğlu, 2019). Dört mevsim yapraklarını dökmeyen bu bitkinin meyve ve çekirdeğinden farklı alanlarda faydalanılmaktadır (Başaran ve ark., 2013; Matar, 2020).

Avrupa'da Saint John'un ekmeği, Türkiye'de harnup, harup, boynuz, buynuz ve yaban balı gibi isimlerle tanınan keçiboynuzu meyvesi, hasadı Eylül ve Ekim aylarında yapılan, sert, 10-20 cm uzunluğunda, olgunlaştıkça koyulaşan kahverengi bir meyvedir (Şahin, 2003; Çakır, 2009; Gölge ve Kılınççeker, 2018; Altun ve ark., 2020). Meyvenin % 90'lık kısmını oluşturan meyve etinin (pulp), bol miktarda şeker (% 50-60) (fruktoz, maltoz, glikoz ve sakkaroz), çeşitli mineraller (K, Ca, Mg, Na ve Se), vitaminler (A, B ve E vitaminleri), fenolik maddeler (tanen) ve selüloz türevleri içerdiği bildirilmiştir (Özhan, 2008; Başaran ve ark., 2013; Topaloğlu, 2019). Un haline getirilerek fırın ürünlerinde, kahve benzeri içeceklerde, çikolata ve şekerlemelerde sıklıkla kullanılabilirdiği gibi, çerez olarak da doğrudan tüketilebilmekte veya pekmezi yapılabilir (Aydın, 2012; Hallaç, 2016).

Keçiboynuzu gamı, meyve çekirdeğinin yaklaşık % 42-50'lik kısmını oluşturan endospermden, sülfirik asit kullanılarak veya ısıl mekanik işleme elde edilmektedir

(Başaran ve ark., 2013; Altun ve ark., 2020; Matar, 2020). Ana bileşeni olan düz zincir yapıdaki mannopiranoz birimleriyle, dallı yapıdaki galaktopiranoz birimlerinin glikozidik bağlarla bağlanarak meydana getirdiği galaktomannoz moleküllerinin yanı sıra, düşük miktarda protein, pentozan, selüloz ve kül içerdiği de bildirilmiştir (Özen, 2006; Peker, 2012; Durmuş, 2015).

Nötral bir yapıya ve sarımsı beyaz renge sahip olan keçiyoynuzu gamı, 75-95°C'ler arasında suyla viskozitesi yüksek bir jel meydana getirip, geniş pH aralıkları ve düşük sıcaklıklarda bile bu viskoz yapıyı korumaktadır. Böylece ksantan gam başta olmak üzere karragenan ve diğer hidrokolloidlerle birlikte kolaylıkla kullanılabilmekte, sinerjist etki oluşturmaktadır (Şahin, 2003; Çakır, 2009; Peker, 2012; Matar, 2020). Bebek mamaları ve hazır çorbalarda koyulaştırıcı, dondurma, soğuk tatlılar, et konserveleri ve diğer süt ürünlerinde emülsifiye edici ajan, yağı azaltılmış unlu mamüllerde ağız hissiyatını geliştirip tekstür sağlayıcı, soslar ve diyet ürünlerinde yağ ikame maddesi olarak kullanılabilir (Çakır, 2009; Durmuş, 2015; Topaloğlu, 2019).

Fotosentezle üretilip bitkilerin çeşitli kısımlarında depolanan nişasta, gıdaların tekstür oluşumuna ve duyu özelliklerinin geliştirilmesine katkısının yanı sıra insan vücudundaki biyoyararlılığı sebebiyle tahıllar başta olmak üzere (pirinç, buğday, mısır gibi), kök bitkileri (cassava), yumru bitkiler (gölevez ve patates) ve baklagillerden elde edilip gıdalarda sıklıkla kullanılmaktadır (Söbüçovalı, 2011; Okumuş, 2015).

Nişastanın fonksiyonel özellikleri, iki temel fraksiyonu olan düz zincir yapıdaki amiloz ve dallı yapı gösteren amilopektinin belli sıcaklık aralığında suyla girdikleri etkileşimden kaynaklanmaktadır (Akın ve Ölçer, 2008; Gerçekaslan ve ark., 2009). Soğuk suda çözünmeyen nişastanın, ortalama 55-70°C'lerde suyla maksimum viskozitede jel yapı oluşturması jelatinizasyon, sıcaklığın düşmesiyle birlikte absorblanan suyun bir kısmının kaybedilip oluşan jel yapının viskozitesinin azalması ve nişasta moleküllerinin hidrojen bağlarıyla yeniden düzenlenmesi ise retrogradasyon olarak adlandırılmaktadır (Çağlarırnak ve Çakmaklı, 1993; Ak, 2005; İnkaya, 2014; Yaşar, 2017).

Jelatinizasyon ve retrogradasyon nişastanın sindirimi üzerinde de oldukça etkilidir ve muz, patates gibi gıdalarda doğal olarak bulunan jelatinize olmamış nişasta (Tip 2) veya uygulanan işlem sonucu retrograde edilmiş nişasta (Tip 3), sindirim enzimlerince parçalanamayıp kalın bağırsakta fermentasyon yoluyla dekstrin, kısa zincirli yağ asitleri ve benzeri bileşiklere parçalandığı için enzime dirençli nişasta olarak

adlandırılmaktadır. Ayrıca tahıl ve baklagillerde doğal halde bulunup yapısından dolayı sindirim enzimlerinin ulaşamadığı nişasta (Tip 1) ve modifiye nişastaların (Tip 4) bir kısmı da (çapraz bağlı nişastalar ve benzeri) bu grupta değerlendirilmektedir (Serinyel, 2013). Yapılan son çalışmalarla nişastada amiloz lipit kompleksi oluşumunun enzime karşı direnci arttırdığı tespit edilmiş ve bu kompleks yeni tip (Tip 5) dirençli nişasta olarak önerilmiştir (Okumuş, 2015). Enzime karşı direncinin diğer formlardan yüksek olması ve ısıya karşı dayanıklı olması sebebiyle gıdalarda yaygın olarak Tip 3 formunun kullanıldığı bildirilmiştir (Gerçekaslan ve ark., 2009).

Enzime karşı dirençli nişastanın enerji değerinin 2 kcal/g olmasının yanı sıra glisemik indeksinin düşük olması, kullanıldığı gıdada tekstür, ağız hissiyatı ve renk üzerine olumlu etkileri sebebiyle gamlar ve diyet liflerine alternatif kullanılabilir yağ ikame maddesi olarak öne çıktığı bildirilmiştir (Serinyel, 2013; İnkaya, 2014).

Doğal nişasta, jelatinizasyon ve retrogradasyonun kontrolü ve fonksiyonel özelliklerinin kullanılacağı gıdaya uygun olarak geliştirilmesi amacıyla genetik, fiziksel ve kimyasal olarak modifiye edilmektedir (Karaoğlu ve Kotancılar, 1998).

Genetik modifikasyonlarla amiloz ve amilopektin oranları değiştirilen nişastalarda yüksek amilopektin oranının (% 100 amilopektine sahip waxy nişasta) nişastada jel berraklığı ve kararlılığının artmasına sebep olduğu, amiloz oranının artırılmasıyla ise yüksek jelleşme gücüne sahip amilotip nişastalar üretilebildiği bildirilmiştir (Akın ve Ölçer, 2008).

Fiziksel modifikasyonla soğuk suda jel oluşturabilme özelliği kazanan nişastaların, instant olarak hazırlanan kuru gıdalarda, dondurulmuş tatlılarda, bebek mamalarında rahatlıkla kullanılabilirdiği ve prejelatinize nişasta olarak adlandırıldığı belirtilmiştir (Saldamlı, 2005; Serinyel, 2013).

Farklı kimyasallarla çeşitli reaksiyonlara sokularak kimyasal modifikasyona uğratılan nişasta, asitle inceltilerek düşük viskoziteye sahip sert yapıda jel meydana getirirken yine okside edilerek jel viskozitesi azaltılabilmekte ve berrak yapıda bir jel oluşturabilmektedir. (Uluöz, 1986; Çağlarırnak ve Çakmaklı, 1993; White ve Jhonson, 2000; Hedley, 2001). Ayrıca nişastanın, çeşitli kimyasal maddelerin hidroksil gruplarıyla çapraz bağlar kurması sağlanarak jelleşmeye karşı dirençli hale getirilebildiği ve yüksek viskozitede jel elde edildiği veya eterizasyon ve esterifikasyon yoluyla retrogradasyon eğiliminin azaltılarak stabil nişastalar elde edildiği bildirilmiştir (Karaoğlu ve Kotancılar, 1998; Saldamlı, 2005).

Mısır ve tapyoka nişastalarının asitle inceltilmesi sonucu elde edilen “Instant Stellar” ve “N-Fat”, nişasta hidrolizatı olan maltodekstrinler (Maltrin ve patates nişastasından elde edilen Paselli) ve pirinç nişastasının modifikasyonu ile elde edilen “Starch Plus” gibi bir çok modifiye nişasta ürünü, nem tutucu, ağız hissiyatı geliştirici, tekstür sağlayıcı özellikleri sebebiyle fırıncılık ürünleri, salata sosları, dondurmalar ve benzeri gıdalarda yağ ikame etme amacıyla kullanılmaktadır (Doğan ve Küçüköner, 1999; Koca, 2002; Karabudak ve ark., 2012).

D-glikopiranoz birimlerinin polisakkariti olan selüloz, fonksiyonelliğinin artırılması amacıyla kimyasal modifikasyona uğratılıp, gıdalarda sıklıkla kullanılan bir başka karbonhidrat kaynaklı yağ taklidi maddedir (Yaşar, 2005; Özgür, 2013; Top, 2018).

Avicel ticari ismiyle bilinen, selülozun asit hidroliziyle elde edilen mikrokristalize selüloz, suyla jel oluşturarak gıdalarda yağ benzer ağız hissiyatı meydana getirmesi, yağın parlak görünümüne sahip olması ve insan vücudunda sindirime uğramayarak kalori vermemesi sebebiyle salata sosları, mayonezler, peynirler, dondurulmuş tatlılar ve benzeri gıdalarda yağ taklidi madde ve stabilizatör olarak kullanılmaktadır (Napier, 1997, Karabudak ve ark., 2012).

Solka flock ticari ismiyle bilinen toz selülozun, hamur tatlıları ve pane harcına bulanmış ürünler gibi kızartma işlemi uygulanan gıdalarda kullanılarak işlem sırasında ürünlerin % 40'a kadar daha az yağ çekmesine sebep olduğu, ayrıca fırın ürünlerinde hacmin korunmasına katkı sağladığı bildirilmiştir (Napier, 1997; Erinç, 2011).

Toz veya granül halde üretilen, gıdalarda genellikle sodyum tuzu formunda kullanımı yaygın olan ve suda çözünebilen karboksimetil selüloz, selülozun kimyasal modifikasyonu ile elde edilen kokusuz, tatsız bir selüloz eteridir (Toğrul, 2002; Özgür, 2013; Karataş, 2014).Bünyesindeki karboksilik ve hidroksilik grupların fazlalığı sebebiyle su bağlama kapasitesinin yüksek olup, düşük miktarlarda kullanımının yeterli olduğu ve gıdalarda ortalama % 0.1- 0.5 oranlarında kullanıldığı bildirilmiştir (Toğrul, 2002; Kurt, 2018; Ergüney, 2020).

E 446 koduyla bilinen karboksimetil selüloz, beyaz sarımsı renkte olup puding ve benzeri tatlılarda sineresisi, başta dondurma olmak üzere dondurulmuş tatlılarda ise kristalizasyonu engelleyici, makarnalarda kırılabilirliği azaltıcı, diğer unlu mamüllerde tekstür koruyucu, nem tutucu, soslarda kıvam arttırıcı olarak kullanılmasının yanı sıra çeşitli gamlarla (guar gam, pektin) birlikte yağ ikame maddesi olarak da kullanılmaktadır (Özaydın, 2014; Yadegari, 2015, Doğan, 2019; Ergüney, 2020)

Diyet lifleri, vücut tarafından sindirilemeyen, kalın bağırsakta fermentasyonla parçalanan yenilebilir bitki kısımları olarak tanımlanmakta, bazı kaynaklarda gamlar da bu gruba dahil edilmektedir (Dönmez ve ark., 2010). Su tutma kapasitelerinin yüksek olması ve tekstür sağlamaları sebebiyle fırın ve et ürünlerinde karbonhidrat kaynaklı yağ taklidi madde olarak kullanılabilirler (Özaydın, 2014). Raftilin ticari ismiyle bilinen ve hindiba bitkisinin kökünden ekstraksiyonla elde edilen inülinin 0.25 g'ının 1 g yağı ikame ettiği ve 1 kcal/g enerji verdiği bildirilmiştir (Karabudak ve ark., 2012; Şenerkek, 2019).

Pirinç, mısır, buğday gibi bitkilerin kepeklerinin toplanıp, saflaştırılıp, kurutularak toz haline getirilmesiyle elde edilen Z-trim; kekler, peynirler ve et ürünlerinde suyu absorbe ederek nemliliği koruma, yağın verdiği ağız hissiyatını sağlama özelliklerini taşıyan lif kökenli yağ ikame maddesidir. Jel formda da kullanılabilen Z-trimin kızartma işlemleri için uygun olmadığı ve et ürünlerinde yağı % 15 oranına kadar ikame edebildiği tespit edilmiştir (Napier, 1997; Kömürlü, 2005; Erinç, 2011).

Yulaf unundan kısmi enzimatik hidroliz yoluyla elde edilen, β glukan ve amilodekstrinlerden meydana gelen Oatrim, toz halde beyaz renkli, sulu çözeltisi 1 kcal/g enerji veren, ısıya karşı dayanıklı, şekerleme ve fırın ürünlerinde yağ ikame maddesi olarak kullanılan diyet lifi kökenli bir başka maddedir (Wekete ve Navder, 2008; Erinç, 2011).

2.4. Yağ İkame Maddelerinin Unlu Mamullerde Kullanılması

Fırın ürünlerinde yağ ikame maddelerinin kullanılması; son ürünün nem içeriği, su aktivitesi, renk ve benzeri fiziksel özelliklerini etkilemektedir. Ayrıca yerine kullanıldıkları shorteninglerle farklı özellik ve fonksiyonelliğe sahip olmaları, ürünlerin üretim ve işleme koşullarında da değişime sebep olmaktadır (Hui ve ark., 2006).

Karbonhidrat ve protein kaynaklı yağ ikame maddelerinin su bağlayıcı özelliklerinin nihai üründe nem artışına sebep olup bayatlamayı geciktirmesi, birçok üründe arzu edilen bir özellik olsa da bisküvi ve kraker gibi ürünlerde duyu özelliklerinin korunması bakımından nem içeriği kontrolünün gerekli olduğu bildirilmiştir (Hui ve ark., 2006).

Yağı azaltılmış ekmeklerde ikame maddesi olarak diyet lifinin kullanıldığı bir çalışmada, sert hamur oluşumunun engellenmesi için, ek olarak buğday gluteni ve hamur yumuşatıcı maddelerin kullanıldığı, nem miktarının optimizasyonu için diğer bileşenlerin miktarlarının artırıldığı ve istenilen kabuk rengi oluşumu için pişirme sıcaklığının yükseltilmesine ihtiyaç duyulduğu bildirilmiştir. Bisküvilerde ise diyet lifiyle beraber yüksek früktoz içerikli mısır şurubunun tatlandırıcı olarak kullanılması ve ikame maddesinin iki aşamalı karıştırma ile öncelikle yağ ve mısır şurubuyla bir araya getirilmesinin nem içeriği kontrolüne katkı sağladığı gözlenmiştir (Dougherty ve ark., 1988).

Bath ve ark. (1992), keklerde nişasta bazlı yağ ikamesi kullanılması halinde keklerin daha yüksek sıcaklık ve kısa sürede pişirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Yağın % 10, 12 ve 14 oranında azaltılıp aynı miktarda maltodekstrin ve polidekstrozun yağ ikame edici olarak kullanıldığı yağı azaltılmış bisküvilerin hamur kıvam ve sertliğinin azaldığı, monostearat ve guar gam ilave edilerek optimum sertliğe ulaşıldığı bildirilmiştir (Sudha ve ark., 2007).

Dirençli nişastanın bisküvilerde yağ ikame maddesi olarak kullanıldığı bir çalışmada yağ oranı % 50 azaltılmış bisküvilerin % 25 azaltılan bisküvilere göre L^* değerleri daha yüksek bulunurken, a^* değerlerinde düşüş gözlemlendiği bildirilmiştir (Serinyel, 2013).

Yağın % 11.5, % 23 ve % 35 oranlarında azaltılarak polidekstroz, maltodekstrin, beta glukan ve pektinin yağ ikame maddesi olarak kullanıldığı bisküvilerde; pektin ve maltodekstrin kullanımının kontrole kıyasla hacimde önemli düşüşe sebep olduğu gözlenmiş ve bu durum, nemin artması sonucu azalan hamur elastikiyetine bağlanmıştır. Ayrıca polidekstroz kullanılanlar dahil tüm örneklerde sertliğin arttığı, polidekstrozun bisküvilerde % 25 oranından daha yüksek seviyelerde kullanılmayacağı belirtilmiştir (Zoulias ve Oreopoulou, 2010).

Yağ ikame maddesi olarak guar gam-emülgatör karışımı ve karboksimetil selülozun kullanıldığı keklerle yapılan bir çalışmada, bu ürünlerin sırasıyla % 8 ve % 1 oranlarında kullanımının kontrole yakın değerlerle sonuçlandığı bildirilmiş fakat yağın % 50'den daha fazla azaltılmaması gerektiği gözlenmiştir (Yıldız, 2002).

Pszczola (1994), yağı % 93'e varan oranlarda azaltılmış keklerde simplese ve peyniraltı suyunun yağ ikame maddesi olarak kullanımının tat üzerinde herhangi bir olumsuz sonuca neden olmadığını, Hippleheuser ve ark. (1995) ise yağ oranı % 22

azaltılmış keklerde modifiye nişasta kullanımının duyuşal özellikleri geliştirdiğini tespit etmişlerdir (Hui ve ark., 2006).



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bisküvi üretiminde, piyasadan sağlanmış olan; bisküvilik un (Efsane Un, Aydın, Türkiye), şeker, shortening, kabartma tozu, rafine tuz, yağsız süttozu ve mısır şurubu kullanılmıştır. Karboksimetil selüloz, polidekstroz, peyniraltı suyu tozu, dirençli nişasta TNT Endüstriyel Gıda (Konya, Türkiye) ve keçiyoynuzu gamı ise Smart Kimya (İzmir, Türkiye) gıda katkı maddeleri firmalarından temin edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Deneme planı

Bisküvi üretimi; yağ içeriğinin % 0, 20, 40 ve 60 oranlarında azaltılarak 5 farklı yağ ikame maddesinin (karboksimetil selüloz, polidekstroz, peyniraltı suyu tozu, dirençli nişasta ve keçiyoynuzu gamı) 4 farklı dozda (% 0, 3, 6 ve 9) bisküvi reçetesine ilave edilmesi ile 2 tekerrürlü olarak; 5 x 4 x 2 faktöriyel düzenleme şeklindeki deneme desenine göre gerçekleştirilmiştir.

3.2.2. Bisküvi üretimi

Bisküvi örnekleri AACC Standart No:10-54 üretim metodu modifiye edilerek Çizelge 3.1' deki bisküvi formülasyonuna göre üretilmiştir. Bisküvi ingredientleri Hobart mikserde (Hobart N50, Kanada) 8 dakika süre ile yoğrulmuştur. Yoğurma sonrası elde edilen hamur oklava yardımıyla zedelemekten 3-4 defa geçilmek suretiyle 5.0 mm kalınlığında açılmış, 55.0 mm çaplı kesme aleti ile kesilmiş ve kesilen hamur parçaları alüminyum tepsilere yerleştirilerek 170 ± 2 °C sıcaklıktaki fırında (Vestel SF8401, Türkiye) 12 dakika pişirilmiştir. Soğutulan bisküviler ağzı kapalı polietilen torbalarda muhafaza altına alınmıştır.

Çizelge 3.1. Bisküvi formülasyonu

İngrediyentler	Un esasına göre (%)
Un (%14 su içeriğine göre)	100.0
Şeker	42.0
Shortening	40.0
Tuz	1.25
Kabartma Tozu	1.0
Yağsız Süttozu	1.0
Mısır Şurubu	1.5

Diğer reçetelerde yağ miktarı belli oranlarda (% 0, 20, 40 ve 60) azaltılarak, % 0, 3, 6 ve 9 oranlarında karboksimetil selüloz, polidekstroz, peyniraltı suyu tozu, dirençli nişasta ve keçiyoynuzu gamı formülasyona ilave edilmiştir. Yağ ikame maddeleri ilave edilerek yağı azaltılan bisküvilerin yağ ikame maddesi ve yağ miktarları Çizelge 3.2’de belirtilmiştir.

Çizelge 3.2. Katkılı bisküvilerin yağ ve katkı oranları

Yağ Azaltma Oranı	Eklenen Yağ Miktarı (g/100 g un bazında)	Eklenen İkame Miktarı (g/100 g un bazında)
% 0 (kontrol)	40	0
% 20	32	3
% 40	24	6
% 60	16	9

3.2.3. Laboratuvar analizleri

3.2.3.1. Renk ölçümü

Hammadde ve bisküvi örneklerinin renk ölçümlerinde Minolta CR-400 (Konica Minolta, Inc., Osaka, Japonya) cihazı kullanılmıştır. Bisküvi örnekleri laboratuvar tipi öğütücü (Alveo, Konya) kullanılarak 500 µ elekten geçecek şekilde öğütülmüştür. Granüler formdaki örnekler üzerinde 5 farklı noktadan belirlenen yerlerden ölçüm yapılarak ortalaması alınmıştır. Renk skalası: L* değeri [(0) siyah-(100) beyaz], a* değeri [(+) kırmızı- (-) yeşil] ve b* değeri [(+) sarı-(-) mavi] (Francis, 1998).

3.2.3.2. ap, kalınlık ve yayılma oranı

Bisküvi örneklerinin çapları (mm) ve kalınlıkları (mm) dijital kumpas (0.001mm Mitutoyo, Minoto Ku, Tokyo, Japan) kullanılarak AACC Metot No.10.54'e göre ölçülmüştür. Yayılma oranı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır;

$$\text{Yayılma oranı} = \text{çap} / \text{Kalınlık}$$

3.2.3.3. Nem miktarı analizi

Denemelerde kullanılan hammadde ve elde edilen ürünlerde nem miktarı tayininde, 135 °C'de 2.5 saat kurutma normu uygulanan AACC (44-19) metodu kullanılmıştır (AACC, 1990).

3.2.3.4. Kül miktarı analizi

Kül tayini (AACC 08-01) metoduna göre örneklerin kül fırınında 550 °C'de yakılmasıyla gerçekleştirilmiştir (AACC,1990).

3.2.3.5. Protein miktarı analizi

Protein tayini AACC 46-12 metoduna göre, Kjeldahl metoduyla yapılmış olup, buğday unu 5.70 çarpım faktörü ile diğere örnekler 6.25 çarpım faktörü ile çarpılıp hesaplanmış, sonuçlar kuru madde esasına göre % olarak verilmiştir (AACC, 1990).

3.2.3.6. Yağ miktarı analizi

Hammadde ve bisküvi örneklerinin yağ miktarı AACC 30-25'e göre, soxhelet cihazı (Velp SER 148/6, Usmate, İtalya) kullanılarak belirlenmiştir. Hammaddelerde bulunan yağ, hekzan ile ekstrakte edildikten sonra hekzanın uçurulmasıyla tespit edilmiştir (AACC, 1990).

3.2.3.7. Karbonhidrat miktarı analizi

Hammaddelerin ve bisküvi örneklerinin karbonhidrat miktarları, kimyasal analizleri yapılmış olan numunelerin nem (%), yağ (%), ham protein (%), kül (%) miktarlarının toplamının 100'den çıkarılması ile belirlenmiştir (Schakel ve ark., 1997).

3.2.3.8. Mineral madde miktarı analizi

Mineral madde analizi için yaklaşık 0.5 g kuru örnek 10 ml HNO₃ + H₂SO₄ kullanılarak mikrodalga yakma sisteminde (Mars 5, CEM Corporation, USA) yağ yakma metoduyla yakılmış, elde edilen süzüklerde mineral madde içerikleri ICP-AES (inductively-coupled plasma spectrometer) cihazında (Vista Series, Varian International, AG, İsviçre) tayin edilmiştir (Skujins 1998).

3.2.3.9. Su aktivitesi analizi

Bisküvilerin su aktivitesi Novasina cihazı (LabTouch-aw, İsviçre) kullanılarak ölçülmüştür. Saf su (1.000 ± 0.003%) kalibrasyonda standart olarak kullanılmıştır.

3.2.3.10. Diyet lifi analizi

Toplam diyet lifi miktarı tayini AACC 32-07/AOAC 991.43 numaralı enzimatik-gravimetrik yöntemi esasıyla Sigma Toplam Diyet Lifi Tayini Kiti (TDF-100A; Sigma-Aldrich, ABD) ile gerçekleştirilmiştir (AACC, 2000; AOAC, 2002). Kullanılan bu metot ile örnekler (1 gr örnek) ısıya dayanıklı α -amilaz ile muamele edildikten sonra proteaz ve amiloglukosidaz ile enzimatik olarak parçalanmış ve örneklerden protein ve nişasta uzaklaştırılmıştır. Filtrasyon sonrasında elde edilen katı kısım (çözünür olmayan diyet lifi) kurutulurken, sıvı kısma etanol eklenerek çözünür diyet lifi çöktürülmüştür. Karışım etanol ve aseton ile muamele edilerek filtreden geçilmiş ve katı kısım (çözünür diyet lifi) filtrat olarak elde edilmiştir. Kurutma aşamasından sonra tüm kalıntıların tartımı alınmıştır. Örneklerin yarısı protein, diğer yarısı ise kül tayini için ayrılmıştır. Toplam protein ve toplam kül miktarlarının tartımlardan çıkartılması ile örneklerdeki toplam diyet lifi miktarları tayin edilmiştir.

3.2.3.11. Enerji analizi

Kimyasal analizler sonucu elde edilen karbonhidrat değerinden diyet lifi değeri çıkarılarak bulunan değer 4 ile, bulunan proteinin 4 ile, yağın 9 ile ve diyet lifinin ise 2 ile çarpılması ve bulunan değerlerin toplanması ile elde edilmiştir (Schakel ve ark., 1997).

3.2.3.12. Tekstür (Kırılma kuvveti / sertlik) analizi

Bisküvi örneklerinin sertlik ölçümleri, tekstür analiz cihazı (TA-XT Plus, Stable Micro Systems Ltd., Surrey, İngiltere) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bisküvi analizi, bisküvi örnekleri fırından çıkartıldıktan sonra 24 saat içerisinde, 3 noktalı kırma probu, kullanılarak 3 mm/sn ölçüm hızı ve 5 mm'lik bir mesafe ile uygulanmıştır.

3.2.3.13. Ransimat analizi

Ölçümler, 892 Professional Ransimat cihazı kullanılarak 120°C'de 20 L/h gaz akış hızında 3 g numune ve 60 mL ultra saf su olacak şekilde gerçekleştirilmiştir (Gorjanović ve ark.,2011; Anwar ve ark.,2013).

3.2.3.14. Duyusal analiz

Bisküvi örneklerinin duyusal analizinde, Necmettin Erbakan Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim elemanları, yüksek lisans ve doktora öğrencilerinden oluşan yaşları 21-55 arasında değişen 10 kişilik bir grup tarafından duyusal analize tabi tutulmuştur. Bisküviler; renk, tat, koku, ağız hissiyatı ve genel beğeni özellikleri bakımından değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler 1-5 arasındaki skala, 1-kötü, 2-yeterli değil, 3-kabul edilebilir, 4- iyi 5-oldukça iyi olacak şekilde yapılmış ve sonuçta elde edilen verilerin tümü ortak değerlendirmeye tabi tutulmuştur.

3.2.3.15. İstatistiksel değerlendirme

2 tekerrürlü olarak yürütölen denemeler sonunda elde edilen veriler JMP istatistik paket programı (SAS Institute Inc., Cary, NC, ABD) kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş, farklılıkları istatistiki olarak önemli bulunan ana varyasyon kaynaklarının ortalamaları ise çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır (Düzgüneş ve ark., 1987).



4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Hammadde Analiz Sonuçları

4.1.1. Renk analiz sonuçları

Bisküvi üretiminde kullanılan yağ ikame maddelerine (dirençli nişasta, keçiyoynuzu gamı, polidekstroz, peynir altı suyu tozu ve karboksimetil selüloz) ait renk değerleri (L^* , a^* , b^* , SI ve hue angle) Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Yağ ikame maddelerinin L^* değerleri 91.18 ile 97.52, a^* değerleri -3.59 ile -0.12 ve b^* değerleri 2.62 ile 18.76 aralığında ölçülmüştür. Dirençli nişastanın (97.52) ve polidekstrozun (95.90) diğer hammaddelere kıyasla daha yüksek L^* değerlerine sahip oldukları gözlenmiştir. Ayrıca dirençli nişastanın (-0.12) karboksimetil selülozla (-0.22) beraber diğer hammaddelere kıyasla daha yüksek a^* değeri aldığı tespit edilmiş ve dirençli nişastanın b^* değerinin (2.62) diğer hammaddelerden daha düşük olduğu kaydedilmiştir. Keçiyoynuzu gamının L^* değerinin peyniraltı suyu tozu ve karboksimetil selüloz ile benzerlik gösterdiği, kırmızılık ve sarılık değerleri bakımından ise en yüksek değere sahip ikinci hammadde olduğu tespit edilmiştir. Peyniraltı suyu tozunun en düşük a^* değerine (-3.59) sahip hammadde olduğu belirlenmiş ve diğer hammaddelere kıyasla daha yüksek b^* değeri aldığı (18.76) görülmüştür. Örneklerin SI değerleri b^* değerleriyle benzer değişim göstermiş olup en yüksek SI değeri peyniraltı suyu tozunda, en düşük SI değeri ise dirençli nişastada (2.62) kaydedilmiştir. En yüksek hue angle değeri polidekstroz ve peyniraltı suyu tozunda bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Bilgiçli ve Levent (2013), dirençli nişastanın L^* , a^* ve b^* renk değerlerini sırasıyla 97.93, 0.01 ve 1.47 olarak belirlemiştir.

Ekmek ve makarna üretiminde dirençli nişasta kullanımının bazı fonksiyonel özelliklere etkisinin incelendiği bir çalışmada dirençli nişastanın L^* değeri 95.79 olarak belirlenirken a^* ve b^* değeri sırasıyla -0.22 ve 1.82 olarak tespit edilmiştir (Arıbaş, 2020).

Ceylan (2020) dirençli nişastanın L^* , a^* ve b^* değerini sırasıyla 97.29, -0.23 ve 2.93 olarak bildirmiştir.

İnkaya (2014), farklı yöntemlerle elde ettiği dirençli nişastaların L^* değerlerini 90.33 - 94.27 aralığında, a^* değerlerini -0.27 - 0.48 aralığında ve b^* değerlerini 6.55 - 9.96 aralığında rapor etmiştir.

Rosel ve ark. (2009) çeşitli kaynaklardan elde edilen diyet liflerinin fizikokimyasal özelliklerini inceledikleri çalışmalarında keçiboynuzu gamının L^* , a^* , b^* değerlerini sırasıyla 80.55, -0.46 ve 9.33 olarak belirlemişlerdir.

Lago ve Norena, (2016) çalışmalarında kullandıkları polidekstrozun L^* değerini 93.71 olarak belirtmiştir. Bir başka çalışmada ise polidekstroz için L^* değeri 93.1 olarak belirtilmiştir (Yang ve ark., 2020).

Aktaş (2012), erişte üretiminde sütçülük yan ürünlerinin kullanımı üzerine yürüttüğü çalışmasında peyniraltı suyu tozunun L^* , a^* , ve b^* değerlerini sırasıyla 99.43, -3.90 ve 12.93 olarak belirlemiştir.



Çizelge 4.1. Bisküvi üretiminde kullanılan yağ ikame maddelerine ait renk değerleri¹

Hammadde	<i>L</i>*	<i>a</i>*	<i>b</i>*	SI	Hue angle
Dirençli nişasta	97.52 ± 0.03 ^a	-0.12 ± 0.01 ^a	2.62 ± 0.10 ^e	2.62 ± 0.10 ^e	92.63 ± 0.41 ^b
Keçiboynuzu gamı	91.95 ± 0.13 ^b	-0.77 ± 0.01 ^b	10.60 ± 0.03 ^b	10.63 ± 0.03 ^b	94.13 ± 0.03 ^b
Polidekstroz	95.90 ± 0.74 ^a	-1.58 ± 0.05 ^c	8.15 ± 0.28 ^c	8.30 ± 0.26 ^c	100.96 ± 0.70 ^a
Peyniraltı suyu tozu	91.18 ± 0.59 ^b	-3.59 ± 0.10 ^d	18.76 ± 0.49 ^a	19.10 ± 0.50 ^a	100.84 ± 0.02 ^a
Karboksümetil selüloz	92.55 ± 0.60 ^b	-0.22 ± 0.10 ^a	5.82 ± 0.23 ^d	5.82 ± 0.22 ^d	92.18 ± 1.06 ^b

¹ Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p>0.05). Ortalamaların karşılaştırılmasında Tukey HSD test kullanılmıştır.

4.1.2. Kimyasal analiz sonuçları

Bisküvi üretiminde kullanılan yağ ikame maddelerinden dirençli nişasta, keçiyoynuzu gamı, polidekstroz, peyniraltı suyu tozu ve karboksimetil selüloza ait nem, kül, protein, yağ, karbonhidrat ve diyet lifi değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Yağ ikame maddelerine ait nem değerleri % 2.26 ile % 11.86 aralığında, kül değerleri ise % 0.02 ile % 16.88 aralığında değişim göstermiştir (Çizelge 4.2).

En yüksek nem değeri keçiyoynuzu gamında (% 11.66) belirlenmiş, dirençli nişasta ve karboksimetil selülozun istatistiki olarak keçiyoynuzu gamının nem değerine yakın bir değer aldıkları tespit edilmiştir. En düşük nem değeri ise polidekstrozda (% 2.26) kaydedilmiştir (Çizelge 4.2). En yüksek kül değeri karboksimetil selülozda (% 16.89) tespit edilmiş olup, en yüksek kül değerine sahip ikinci hammadde olan peyniraltı suyu tozunun kül değerinin (% 6.31) yaklaşık 2.5 katı, en düşük kül değerine sahip hammadde olan polidekstrozun kül değerinin (% 0.02) ise 844.5 katına eş değer kül içerdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Yağ ikame maddelerine ait protein değerleri % 1.79 ile % 7.09 arasında tespit edilmiş olup, en yüksek protein miktarı peyniraltı suyu tozu ve keçiyoynuzu gamında, en düşük protein miktarı ise; karboksimetil selülozda (% 1.79) belirlenmiştir. Dirençli nişasta (% 3.15) ve polidekstroza (% 3.24) ait protein değerleri arasında istatistiki olarak önemli bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$) (Çizelge 4.2).

Yağ ikame maddelerinde yağ miktarı % 0.15 ile 1.13 arasında değişmiş olup, en yüksek yağ miktarı keçiyoynuzu gamında (% 0.89) belirlenmiştir. Dirençli nişasta, polidekstroz, peyniraltı suyu tozu ve karboksimetil selüloza ait yağ değerleri istatistiki olarak benzer bulunmuş olup sırasıyla % 0.15, 0.16, 0.26 ve 0.28 olarak kaydedilmiştir (Çizelge 4.2).

Karbonhidrat değerleri dirençli nişasta, keçiyoynuzu gamı, polidekstroz, peyniraltı suyu tozu ve karboksimetil selüloz için sırasıyla % 86.36, 80.10, 94.32, 79.77 ve 72.07 olarak tespit edilmiş, en yüksek karbonhidrat değeri polidekstrozda (% 94.32), en düşük karbonhidrat değeri ise karboksimetil selülozda (% 72.07) belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Diyet lifi içerikleri yağ ikame maddelerinde % 0.00 ile 79.51 arasında belirlenmiş olup, en yüksek diyet lifi değeri keçiyoynuzu gamında (% 79.51) tespit edilirken, peyniraltı suyu tozunda diyet lifi tespit edilememiştir. Dirençli nişasta (%

29.00), keçiyoynuzu gamı % 79.51) ve karboksimetil selülozun (% 64.02), diyet lifi bakımından zengin kaynaklar oldukları belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Pongjanta ve ark. (2008) kek üretiminde dirençli nişastayı kullandıkları çalışmalarında dirençli nişastanın nem, kül, protein ve yağ değerlerini sırasıyla % 9.45, % 0.9, % 1.16 ve % 1.0 olarak belirlemişlerdir.

Barak ve Mudgil (2014), keçiyoynuzu gamının nem içeriğinin % 10-12 arasında, kül içeriğinin % 0.5 - 1.0 arasında, protein içeriğinin % 5-6 arasında ve yağ içeriğinin % 0.5 - 0.9 arasında olabileceğini bildirmişlerdir.

Kıvrak ve ark. (2015) farklı ekstraksiyon yöntemlerinin keçiyoynuzu gamının bazı fizikokimyasal özellikleri üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında elde edilen keçiyoynuzu gamlarının nem içeriklerinin % 8.11 ile 11.30 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Aynı çalışmada gamların kül ve protein içeriklerinin sırasıyla % 0.84 ile % 1.94 ve % 5.01 ile % 6.65 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Blibech ve ark. (2013), keçiyoynuzu gamının karbonhidrat içeriğini % 89.9, yağ içeriğini ise % 1 olarak bildirmişlerdir. Bir başka çalışmada Hamdani ve Wani (2017) keçiyoynuzu gamının karbonhidrat içeriğini % 80.84 olarak belirlemişlerdir.

Aktaş (2012) sütçülük yan ürünlerinin erişte üretiminde kullanımını incelediği çalışmasında peyniraltı suyu tozunun nem içeriğini % 6.17 olarak belirlemiş olup kül ve protein içeriklerini de sırasıyla % 7.02 ve % 8.35 olarak tespit etmiştir. Ayrıca aynı çalışmada peyniraltı suyu tozunun selüloz içermediği de belirtilmiştir.

Torres ve ark. (2018), peyniraltı suyu tozunun kül değerinin % 5.30 - 7.9 aralığında değiştiğini bildirmişlerdir.

Mondal ve ark. (2015), mısır kabuğundan karboksimetil selülozun hazırlanması üzerine yaptıkları çalışmada standart karboksimetil selülozun kül değerini % 14.23, ürettikleri karboksimetil selülozun kül değerini ise % 18.05 olarak tespit etmişlerdir. Doğan (2019), şeker pancarı posasından elde edilen selüloz ve karboksimetil selülozun kalitesi üzerine yaptığı çalışmada, karboksimetil selülozun kül değerini % 22.34 olarak bildirmiştir.

Çizelge 4.2. Bisküvi üretiminde kullanılan yağ ikame maddelerine ait kimyasal analiz sonuçları¹

Hammadde	Nem (%)	Kül (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Karbonhidrat (%)	Diyet lifi (%)
Dirençli nişasta	9.39 ± 0.08 ^{ab}	0.95 ± 0.01 ^c	3.15 ± 0.25 ^b	0.15 ± 0.02 ^b	86.36 ± 0.31 ^b	29.00 ± 0.18 ^c
Keçiyoynuzu gamı	11.66 ± 0.22 ^a	0.96 ± 0.01 ^c	6.39 ± 0.25 ^a	0.89 ± 0.04 ^a	80.10 ± 0.42 ^c	79.51 ± 0.74 ^a
Polidekstroz	2.26 ± 0.09 ^c	0.02 ± 0.00 ^d	3.24 ± 0.12 ^b	0.16 ± 0.06 ^b	94.32 ± 0.16 ^a	0.61 ± 0.06 ^d
Peyniraltı suyu tozu	6.57 ± 1.44 ^b	6.31 ± 0.13 ^b	7.09 ± 0.25 ^a	0.26 ± 0.01 ^b	79.77 ± 1.81 ^c	0.00 ± 0.00 ^d
Karboksümetil selüloz	8.97 ± 0.06 ^{ab}	16.89 ± 0.03 ^a	1.79 ± 0.06 ^c	0.28 ± 0.08 ^b	72.07 ± 0.17 ^d	64.02 ± 0.49 ^b

¹ Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p>0.05). Ortalamaların karşılaştırılmasında Tukey HSD test kullanılmıştır.

Dirençli nişasta, keçiyoynuzu gamı, polidekstroz, peyniraltı suyu tozu ve karboksimetil selüloza ait mineral madde değerleri Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Sonuçlar mineral madde miktarı açısından incelendiğinde, örneklerin kalsiyum değerlerinin 10.00 - 953.13 mg/100 g arasında, demir değerlerinin 0.82 - 5.77 mg/100 g arasında, potasyum değerlerinin 2.57 - 965.96 mg/100 g arasında, magnezyum değerlerinin 1.54 - 109.92 mg/100 g arasında, fosfor değerlerinin 10.44 - 487.90 mg/100 g arasında ve çinko değerlerinin 0.22 - 0.80 mg/100 g arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

Peyniraltı suyu tozunun kalsiyum (953.13 mg/100 g), potasyum (965.96 mg/100 g) ve magnezyum (109.92 mg/100 g) bakımından diğer hammaddelere kıyasla daha zengin içeriğe sahip olduğu, en yüksek kalsiyum, magnezyum ve potasyum miktarına sahip ikinci hammadde olan keçiyoynuzu gamı kalsiyum miktarının (90.17 mg/100 g) yaklaşık 10.5 katına eş değer kalsiyum, potasyum miktarının (320.58 mg/100 g) yaklaşık 3 katına eş değer potasyum ve magnezyum miktarının (31.55 mg/100 g) ise yaklaşık 3.5 katına eş değer magnezyum içerdiği tespit edilmiştir. (Çizelge 4.3).

En yüksek demir değerine polidekstrozun sahip olduğu (5.77 mg/100 g) bunu karboksimetil selüloz (2.93 mg/ 100 g) ve dirençli nişastanın (2.09 mg/ 100 g) takip ettiği belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

Dirençli nişastanın fosfor bakımından en zengin hammadde olduğu (487.90 mg/100 g), ikinci sırada ise peyniraltı suyu tozunun (466.72 mg/100 g) yer aldığı belirlenmiştir. Polidekstroz ve karboksimetil selülozun en düşük fosfor içeriğine sahip hammaddeler oldukları tespit edilmiştir. Hammaddelerin çinko içeriği bakımından zengin kaynaklar olmadığı gözlenmiş, en yüksek çinko değeri keçiyoynuzu gamında bulunmuştur (0.80 mg/ 100 g). Keçiyoynuzu gamını polidekstrozun takip ettiği belirlenmiş, en düşük çinko değerleri ise dirençli nişasta, peyniraltı suyu tozu ve karboksimetil selülozda bulunmuştur (Çizelge 4.3).

Ceylan (2020) kek üretimi için dirençli nişastayı kullandığı çalışmasında dirençli nişastanın Ca içeriği 22.0 mg/100g olarak belirlerken Fe, K, Mg ve Zn içeriği sırasıyla 2.9 mg/100g, 19.7 mg/100g, 4.1 mg/100g ve 0.2 mg/100g olarak bildirmiştir.

Çizelge 4.3. Bisküvi üretiminde kullanılan yağ ikame maddelerine ait mineral madde değerleri

Hammadde	Ca (mg/100g)	Fe (mg/100g)	K (mg/100g)	Mg (mg/100g)	P (mg/100g)	Zn (mg/100g)
Dirençli nişasta	20.08 ± 0.25 ^d	2.09 ± 0.27 ^b	7.20 ± 0.42 ^c	3.80 ± 0.57 ^{cd}	487.90 ± 1.12 ^a	0.22 ± 0.01 ^c
Keçiboynuzu gamı	90.17 ± 0.23 ^b	1.21 ± 0.27 ^c	320.58 ± 15.44 ^b	31.55 ± 1.91 ^b	59.94 ± 2.18 ^c	0.80 ± 0.04 ^a
Polidekstroz	10.00 ± 1.42 ^c	5.77 ± 0.04 ^a	2.57 ± 0.10 ^c	1.54 ± 0.19 ^d	10.44 ± 1.65 ^d	0.50 ± 0.03 ^b
Peyniraltı suyu tozu	953.13 ± 0.52 ^a	0.82 ± 0.02 ^c	965.96 ± 5.71 ^a	109.92 ± 1.39 ^a	466.72 ± 1.15 ^b	0.26 ± 0.05 ^c
Karboksümetil selüloz	24.81 ± 1.54 ^c	2.93 ± 0.10 ^b	9.76 ± 0.51 ^c	6.84 ± 0.48 ^c	15.67 ± 0.94 ^d	0.23 ± 0.01 ^c

¹ Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p>0.05). Ortalamaların karşılaştırılmasında Tukey HSD test kullanılmıştır.

4.2. Bisküvi Analiz Sonuçları

4.2.1. Renk değerleri

Dirençli nişasta, keçiyoynuzu gamı, polidekstroz, peyniraltı suyu tozu ve karboksimetil selüloz'un yağ ikame maddesi olarak yağ yerine çeşitli oranlarda ikame edildiği bisküvi örneklerine ait renk değerleri Çizelge 4.4'te verilmiştir. Bisküvilerin L^* değerleri 69.28 - 82.52 arasında, a^* değerleri -0.82 - 6.65 arasında, b^* değerleri 23.09 - 32.28 arasında değişim göstermiş olup ortalama değerler sırasıyla 74.21, 2.91 ve 29.11 olarak tespit edilmiştir. SI ve hue angle değerleri ise 23.10 - 32.96 arasında ve 78.06-91.91 arasında değişmiş, ortalamaları sırasıyla 29.36 ve 84.71 olarak bulunmuştur.

Varyans analiz sonuçlarına göre bisküvi örneklerinin L^* , a^* , b^* , SI ve hue angle değerleri üzerinde yağ ikame maddeleri, ikame oranı faktörlerinin ve “yağ ikame maddeleri x ikame oranı” interaksiyonunun istatistiki olarak $p<0.01$ düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek L^* değeri dirençli nişasta ikamesi kullanılarak üretilen örneklerde (76.61), en düşük L^* değeri ise polidekstroz (71.30) ve peyniraltı suyu tozu (71.59) kullanılarak üretilen örneklerde bulunmuştur. Örneklerde kullanılan yağ ikame maddelerinin artan oranda kullanımına bağlı olarak, L^* değerlerinde istatistiki olarak önemli bir artış tespit edilmiştir ($p<0.05$). En düşük parlaklık değeri kontrol örneğinde kaydedilmiş, en yüksek parlaklık değeri ise % 9 ikame maddesi kullanım oranıyla elde edilmiştir (Çizelge 4.6).

Yapılan çalışmalarda renk değerleri üzerinde yağın ve karbonhidrat kökenli yağ ikame maddelerinin kullanım oranlarının etkili olabileceği düşünülmüştür. Yağın kullanım oranındaki azalmaya paralel olarak karbonhidrat kökenli yağ ikame maddelerinin kullanım oranındaki artışın hamur alkalinitesini etkilediği bunun da Maillard reaksiyonlarını etkileyerek L^* değerlerinde artışa sebep olduğu bildirilmiştir. Bir başka değerlendirmede ise artan miktarlarda su kullanımının hamur sistemindeki materyalleri seyrelterek Maillard reaksiyonlarının azalmasına sebep olabileceği belirtilmiştir (Charles, 1994; Conforti ve ark., 1997; Mohammadi ve ark., 2014).

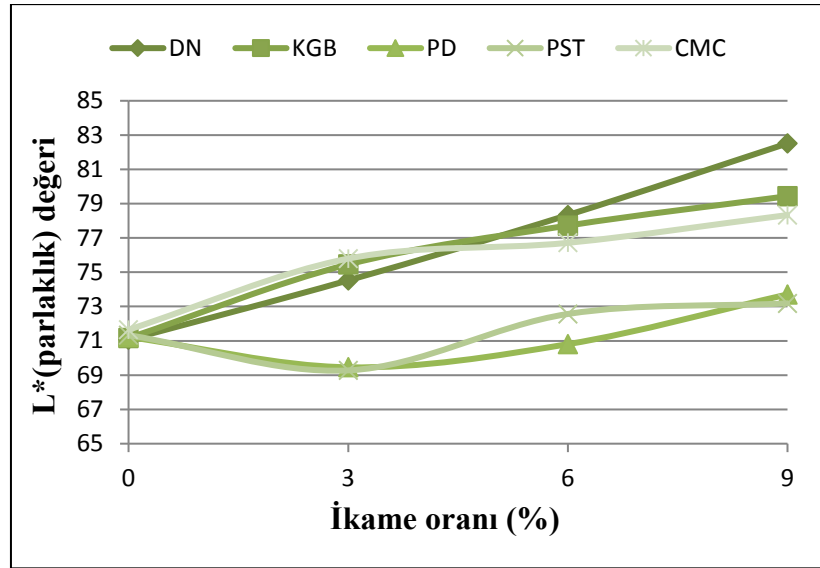
Conforti ve ark. (1997), yağı azaltılmış bisküvi formülasyonunda pektin, gam ve yulaf kepeği kökenli yağ ikame maddelerinin (Sledid, Kel-Lire BK ve Trimchoice-5) artan oranlarda kullanımının örneklerin L^* değerlerinde istatistiki açıdan önemli bir artışa yol açtığını tespit etmişlerdir ($p<0.05$). Özboy-Özbaş ve ark. (2010) bisküvi

formülasyonuna değişen oranlarda dirençli nişasta ekledikleri çalışmalarında artan dirençli nişasta oranına bağlı olarak örneklerin L^* değerinde artma olduğunu bildirmişlerdir.

Mohammadi ve ark. (2014), ekme formülasyonuna değişik oranlarda ksantan gam ve karboksimetil selüloz ekledikleri çalışmalarında, artan kullanım oranına bağlı olarak kabuk ve iç rengi parlaklıklarında önemli bir artış olduğunu belirtmişlerdir ($p<0.05$).

Charles (1994), yağı azaltılmış bisküvilerde yağ ikame maddesi olarak ksantan gam ve guar gamın artan oranlarda kullanımının, bisküvilerin L^* değerlerinde istatistiki olarak önemli ölçüde artmaya sebep olduğunu bildirmiştir ($p<0.05$).

Varyans analiz sonuçlarına göre bisküvi örneklerinin L^* değerleri üzerinde $p<0.01$ düzeyinde etkili “*yağ ikame maddeleri x ikame oranı*” interaksyonu Şekil 4.1’de verilmiştir. Buna göre polidekstroz ve peyniraltı suyu tozu ikame maddelerinin kullanımlarının diğer ikame maddelerinin kullanımına kıyasla, örneklerde daha düşük parlaklık değerlerinin elde edilmesine yol açtığı belirlenmiştir. Dirençli nişasta, keçiyoynuzu gamı ve karboksimetil selüloz ikame maddelerinin artan oranlarda kullanımı örneklerin parlaklık değerlerini arttırmıştır. Her üç ikame maddesinin % 3 ve % 6 ikame oranlarında kullanıldıkları örneklerin parlaklık değerleri birbirine yakın bulunmuştur. Polidekstroz ve peyniraltı suyu tozu hammaddelerinin ikame olarak kullanıldığı örneklerde ilk etapta parlaklık değerlerinde azalma görülmüş, ikame maddesi kullanım oranı arttıkça örneklerin parlaklık değerlerinin de arttığı tespit edilmekle birlikte % 6 oranında polidekstroz ikame maddesi kullanılan örneklerin parlaklık değerlerinin kontrol örneğine kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir. Peyniraltı suyu tozu ve polidekstroz ikame maddelerinin % 9 oranlarında kullanımıyla üretilmiş örneklerin parlaklık değerleri birbirine yakın bulunmuştur.



Şekil 4. 1. Bisküvi örneklerinin L^* değerleri üzerinde etkilii yağ ikame maddeleri x ikame oranı interaksiyonu

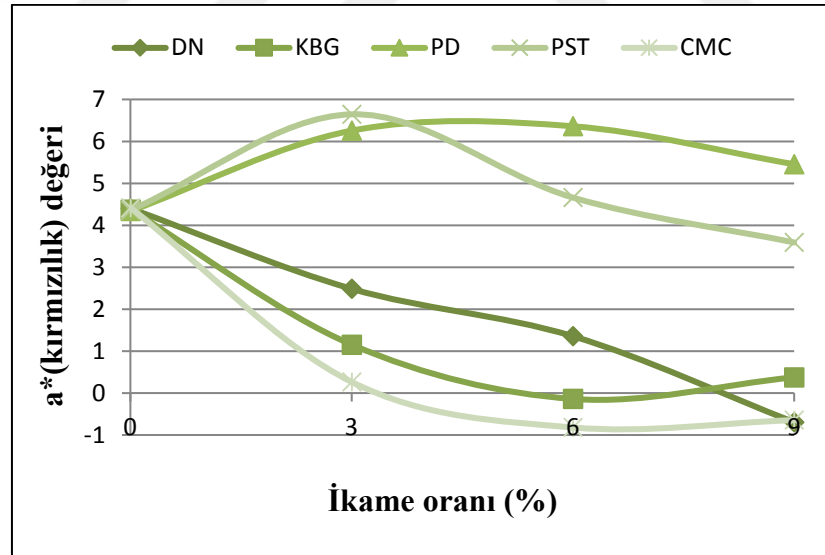
En yüksek a^* değeri polidekstroz ikamesi kullanılan bisküvilerde (5.60) tespit edilmiş, bunu peyniraltı suyu tozu ikamesi kullanılan bisküviler (4.81) takip etmiştir. En düşük a^* değeri ise karboksimetil selüloz kullanılan bisküvilerde belirlenmiştir (0.81). İkame oranı açısından değerlendirildiğinde en yüksek a^* değeri kontrol örneklerinde bulunmuş olup, ikame madde kullanım oranı arttıkça bisküvilerin a^* değerlerinde istatistiki açıdan önemli bir azalma kaydedilmiştir ($p < 0.05$) (Çizelge 4.6). Polidekstroz ve peyniraltı suyu tozu ikameli bisküvilerin a^* değerlerinin yüksek olması pişme esnasında oluşan maillard reaksiyon ürünlerinin daha fazla açığa çıkmış olmasıyla ilişkilendirilmiştir (Wani ve ark., 2015; Moriano ve ark., 2018).

Zoulias ve ark. (2000) yağ ikame edici olarak polidekstrozu kullandıkları çalışmalarında kontrol örneğinin a^* değerini 7.48 olarak belirlerken polidekstroz ilaveli örnekte değer 7.46 olarak tespit edilmiştir. Yağ ikame ediciler üzerinde gerçekleştirilen bir başka çalışmada; ikame oranındaki artış ve yağ oranındaki azalışa bağlı olarak bisküvi örneklerinin a^* değerlerinde düşme olduğu tespit edilmiştir (Şenerkek, 2019).

Şeker (2005), düşük yağ ve yüksek lif içerikli bisküvi üretiminde yağ ikame maddesi olarak enzime dirençli nişasta kullanılan bisküvilerin a^* değerlerinin istatistiki açıdan önemli bir azalma eğilimi gösterdiğini bildirmiştir.

Pimdit ve ark. (2008), yağ ikame maddesi olarak toz selüloz kullandıkları yağı azaltılmış puf böreklerinde (0.73) a^* değerinin kontrol örneğine (2.40) kıyasla daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir.

Varyans analiz sonuçlarına göre bisküvi örneklerinin a^* değerleri üzerinde $p < 0.01$ düzeyinde etkili “yağ ikame maddeleri x ikame oranı” interaksyonu Şekil 4.2’de verilmiştir. Buna göre polidekstroz ve peyniraltı suyu tozu ikamesi kullanımının diğer ikamelerin kullanımına kıyasla, örneklerde daha yüksek a^* değerlerinin elde edilmesine yol açtığı belirlenmiştir. İkame oranları açısından bakıldığında dirençli nişasta ikamesi kullanım oranı arttıkça örneklerin a^* değerlerinde azalma görülürken, keçiyoynuzu gamı ve karboksimetil selüloz ikamesi kullanılan örneklerin a^* değerlerinde % 6 kullanım oranından sonra hafif bir yükselme olduğu tespit edilmiş fakat bütün ikame oranlarında kontrol örneğine kıyasla daha düşük değerler bulunmuştur. Dirençli nişasta ve karboksimetil selüloz ikamesinin % 9 oranında kullanıldığı örneklerde a^* değerleri birbirine yakın bulunmuştur. Polidekstroz ve peyniraltı suyu tozu ikamelerinin kullanıldığı örneklerde en yüksek a^* değerleri % 3 kullanım oranıyla elde edilmiş, ikame madde kullanım oranı arttıkça örneklerin a^* değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Bununla birlikte polidekstroz kullanılan örneklerde her üç ikame oranında da kontrol örneğine kıyasla daha yüksek a^* değerleri kaydedilmiştir.



Şekil 4.2. Bisküvi örneklerinin a^* değerleri üzerinde etkili yağ ikame maddeleri x ikame oranı interaksyonu

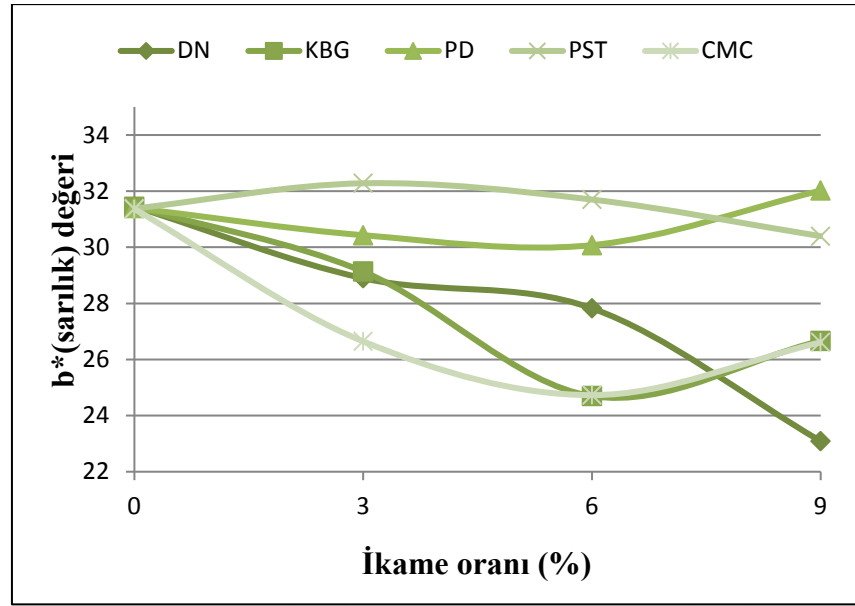
Bisküvi örneklerinin b^* değerleri incelendiğinde en yüksek b^* değeri polidekstroz ve peyniraltı suyu tozu ikamesi kullanılarak üretilen örneklerde, en düşük b^* değeri karboksimetil selüloz kullanılarak üretilen örneklerde bulunmuştur. Kullanılan yağ ikame madde miktarı arttıkça örneklerin b^* değerlerinde % 6 ikame

oranına kadar istatistiki açıdan önemli bir azalma tespit edilmiştir ($p < 0.05$). En yüksek b^* değeri kontrol örneğinde kaydedilmiştir. % 6 ve 9 ikame oranları arasındaki deskriptif farklılık istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ($p > 0.05$) (Çizelge 4.6).

Şeker (2005), dirençli nişasta ikamesi kullanarak üretilmiş bisküvilerin b^* değerlerinin kontrol örneğine kıyasla daha düşük bulunduğunu belirtmiştir. Dirençli nişasta ikamesi ile b^* değerinde gerçekleşen düşüş Özboy-Özbaş ve ark. (2010) tarafından gerçekleştirilen çalışmada da rapor edilmiştir.

Chaisawang ve Sripywan (2019), yağı azaltılmış bisküvilerde yağ ikame maddesi olarak guar gam ve ksantan gam kullanımının örneklerin b^* değerlerinde kontrol örneğine kıyasla istatistiki açıdan önemli bir düşüş olduğunu belirtmişlerdir ($p < 0.05$).

Varyans analiz sonuçlarına göre bisküvi örneklerinin b^* değerleri üzerinde $p < 0.01$ düzeyinde etkili “yağ ikame maddeleri x ikame oranı” interaksiyonu Şekil 4.3’te verilmiştir. Buna göre polidekstroz ve peyniraltı suyu tozu ikamesi kullanımının diğer ikamelerin kullanımına kıyasla, örneklerde daha yüksek b^* değerlerinin elde edilmesine yol açtığı belirlenmiştir. Dirençli nişasta ikamesi, bütün kullanım oranlarında örneklerin b^* değerlerinde azalmaya sebep olmuştur. Keçiyoynuzu gamı ikamesi ve dirençli nişasta ikamelerinin %3 oranında kullanıldığı örneklerin b^* değerleri birbirine yakın bulunmuştur. Polidekstroz ikamesinin % 3 ve % 6 oranlarında kullanımıyla örneklerin b^* değerlerinde kontrol örneğine kıyasla bir düşüş tespit edilirken, en yüksek b^* değeri %9 ikame kullanım oranıyla kaydedilmiştir. Peyniraltı suyu tozu ikamesinin % 3 oranında kullanımı ilk etapta örneklerin b^* değerlerinde artışa sebep olmuş, ikame madde kullanım oranı arttıkça örneklerin b^* değerlerinde düşüş görülmüştür. Karboksimetil selüloz ve keçiyoynuzu gamı ikame edilmiş örneklerde, bütün ikame oranlarında kontrol örneğine kıyasla daha düşük b^* değerleri elde edilmiş, en düşük b^* değerleri % 6 kullanım oranlarında belirlenmiş ve bu oranda örneklerin birbirine yakın değerler aldığı tespit edilmiştir. Yine % 9 oranında karboksimetil selüloz ve keçiyoynuzu gamı ikamesi kullanılan örneklerin b^* değerleri birbirine yakın bulunmuştur.

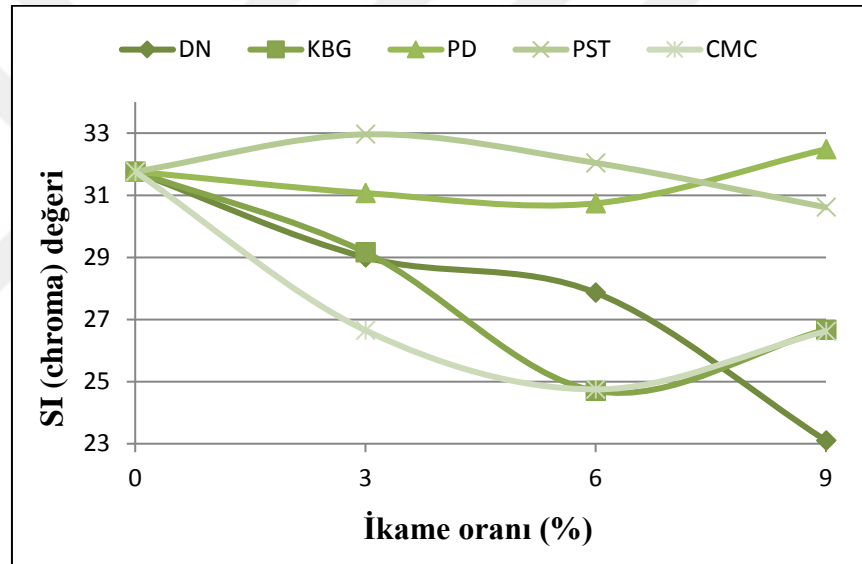


Şekil 4. 3. Bisküvi örneklerinin b^* değerleri üzerinde etkili yağ ikame maddeleri x ikame oranı interaksiyonu

Çizelge 4.6’da verilen çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek SI değerleri polidekstroz (31.51) ve peyniraltı suyu tozu ikamesi (31.84) kullanılarak üretilen örneklerde bulunmuştur. En düşük SI değeri karboksimetil selüloz kullanılan örneklerde (27.44) kaydedilmiştir. Dirençli nişasta kullanılan örneklerin SI değerleri (27.93) istatistiki açıdan karboksimetil selüloz kullanılan örneklere yakın bulunmuştur. En yüksek hue angle değeri karboksimetil selüloz kullanımıyla elde edilirken (88.70), en düşük hue angle değeri polidekstroz kullanımıyla (79.70) kaydedilmiştir. İkame oranı açısından bakıldığında en düşük hue angle değeri kontrol örneğinde, en yüksek hue angle değeri ise % 9 ikame oranlı örnekte bulunmuştur.

Varyans analiz sonuçlarına göre bisküvi örneklerinin SI değerleri üzerinde $p < 0.01$ düzeyinde etkili “yağ ikame maddeleri x ikame oranı” interaksiyonu Şekil 4.4’te verilmiştir. Buna göre polidekstroz ve peyniraltı suyu tozu ikameleri kullanımlarının diğer ikamelerin kullanımına kıyasla, örneklerde daha yüksek SI değerlerinin elde edilmesine yol açtığı belirlenmiştir. İkame oranı açısından değerlendirildiğinde dirençli nişasta ikamesi kullanım oranı arttıkça örneklerin SI değerlerinde azalma olduğu tespit edilmiştir. Keçiboynuzu gamı ve dirençli nişasta ikamelerinin % 3 oranlarında kullanıldığı örneklerin SI değerleri birbirine yakın bulunmuştur. Keçiboynuzu gamı hammaddesinin yağ ikamesi olarak % 3 ve %6 oranlarında kullanıldığı örneklerde SI değerlerinde azalma olduğu belirlenmiş, kullanılan ikame madde oranı yükseltildiğinde örneklerin SI değerlerinin % 6 ikame oranlı örneklere kıyasla arttığı gözlenmiştir.

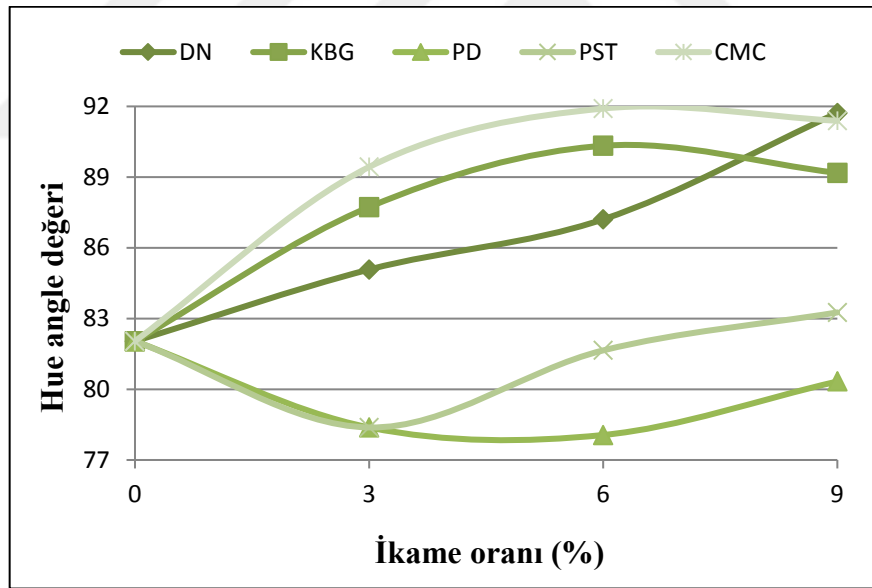
Polidekstroz ikamesinin kullanımıyla % 9 oranına kadar örneklerin SI değerlerinde hafif bir azalma görülmüş, ikame oranının % 9 a yükseltilmesiyle örneklerin SI değerleri de yükselmiş ve % 9 ikame oranlı örneklerin SI değerlerinin kontrol örneğine kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Peyniraltı suyu tozu ikamesinin kullanıldığı örneklerde en yüksek SI değerleri % 3 ikame oranında, en düşük SI değeri % 9 ikame oranında elde edilmiştir. Karboksimetil selüloz ikame maddesinin kullanıldığı örneklerde en düşük SI değeri % 6 ikame oranlı örneklerde ölçülmüş, % 3 ve % 6 ikame kullanım oranlarında örneklerin SI değerleri birbirine yakın bulunmuştur. Yine karboksimetil selüloz ve keçiyoynuzu gamı hammaddelerinin % 6 ve % 9 ikame oranlarında kullanıldığı örneklerin SI değerlerinin birbirine yakın olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4. 4. Bisküvi örneklerinin SI değerleri üzerinde etkili yağ ikame maddeleri x ikame oranı interaksasyonu

Varyans analiz sonuçlarına göre bisküvi örneklerinin hue angle değerleri üzerinde $p < 0.01$ düzeyinde etkili "yağ ikame maddeleri x ikame oranı" interaksasyonu Şekil 4.5'te verilmiştir. Buna göre polidekstroz ve peyniraltı suyu tozu ikamelerinin kullanıldığı örneklerde diğer ikame maddelerinin kullanıldığı örneklere kıyasla daha düşük hue angle değerleri elde edildiği belirlenmiştir. İkame oranları açısından değerlendirildiğinde, dirençli nişasta ikamesinin artan oranlarda kullanımı örneklerin hue angle değerlerini arttırmıştır. Dirençli nişasta ve karboksimetil selüloz ikamelerinin % 9 oranlarında kullanıldığı örneklerin hue angle değerlerinin birbirine yakın olduğu

tespit edilmiştir. Keçiboynuzu gamı ve karboksimetil selüloz hammaddelerinin % 3 ve % 6 oranlarında yağ ikamesi olarak kullanıldığı örneklerin hue angle değerlerinde artış gözlenmiş, % 9 yağ ikame maddesi kullanım oranlarındaki örneklerin hue angle değerleri % 6 ikame oranlı örneklere kıyasla daha düşük bulunmuştur. Polidekstroz ikamesinin kullanıldığı örneklerde hue angle değerlerinin bütün ikame oranlarında kontrol örneğine kıyasla daha düşük olduğu görülmüş, % 3 ve % 6 ikame kullanım oranlarında örneklerin hue angle değerlerinin birbirine yakın oldu tespit edilmiş, ikame maddesi kullanımının % 9 oranına yükseltilmesiyle örneklerin hue angle değerlerinde bir artış olduğu kaydedilmiştir. Peyniraltı suyu tozu ikamesi kullanılarak üretilmiş örneklerde en düşük hue angle değerleri % 3 kullanım oranında ölçülmüş, ikame madde kullanım oranı arttıkça örneklerin hue angle değerlerinde artış görülmekle birlikte % 6 ikame oranlı örneklerin kontrol örneğine kıyasla daha düşük hue angle değerleri aldığı belirlenmiştir.



Şekil 4. 5. Bisküvi örneklerinin Hue angle değerleri üzerinde etkili yağ ikame maddeleri x ikame oranı interaksyonu

Çizelge 4.4. Bisküvi örneklerine ait renk sonuçları¹

Yağ ikame maddeleri	İkame oranı (%)	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	SI	Hue angle
Dirençli nişasta	0	71.07 ± 0.02	4.40±0.34	31.45±0.79	31.76 ± 0.83	82.04 ± 0.41
	3	74.53 ± 0.11	2.49 ±0.11	28.90 ± 0.05	29.00 ± 0.06	85.08 ± 0.20
	6	78.34 ± 0.32	1.36 ± 0.09	27.83 ± 0.16	27.86 ± 0.16	87.21 ± 0.21
	9	82.52 ± 0.62	-0.70 ± 0.02	23.09 ± 0.17	23.10 ± 0.17	91.72 ± 0.04
Keçiboynuzu gamı	0	71.16±0.01	4.38±0.18	31.44±0.89	31.76 ± 0.83	82.04 ± 0.41
	3	75.46 ± 0.12	1.16 ± 0.26	29.14 ± 0.06	29.16 ± 0.05	87.73 ± 0.52
	6	77.72 ± 0.23	-0.14 ± 0.18	24.70 ± 0.19	24.70 ± 0.19	90.33 ± 0.43
	9	79.44 ± 0.54	0.38 ± 0.32	26.67 ± 1.07	26.67 ± 1.06	89.18 ± 0.72
Polidekstroz	0	71.22±0.03	4.34±0.06	31.40±0.78	31.76 ± 0.83	82.04 ± 0.41
	3	69.46 ±0.30	6.26 ± 0.01	30.43 ± 0.21	31.07 ± 0.21	78.38 ± 0.07
	6	70.81 ±0.80	6.36 ± 0.40	30.08 ± 0.53	30.74 ± 0.60	78.06 ± 0.52
	9	73.71 ± 0.06	5.46 ± 0.46	32.02 ± 0.49	32.48 ± 0.41	80.33 ± 0.95
Peyniraltı suyu tozu	0	71.33 ± 0.01	4.36±0.25	31.38 ±0.83	31.76 ±0.83	82.04 ± 0.41
	3	69.28 ± 0.86	6.65 ± 0.74	32.28 ± 0.42	32.96 ± 0.57	78.38 ± 1.12
	6	72.57 ± 0.49	4.66 ± 0.52	31.70 ± 0.66	32.04 ± 0.73	81.65 ± 0.75
	9	73.19 ± 0.11	3.59 ± 0.13	30.40 ± 0.37	30.61 ± 0.36	83.26 ± 0.32
Karboksümetil selüloz	0	71.65±0.28	4.42±0.21	31.37±0.76	31.76 ±0.83	82.04 ± 0.41
	3	75.80 ± 1.12	0.27 ± 0.22	26.65 ± 0.04	26.65 ± 0.03	89.43 ± 0.47
	6	76.72 ± 0.30	-0.82 ± 0.58	24.73 ± 0.37	24.75 ± 0.35	91.91 ± 1.37
	9	78.34 ± 0.12	-0.65 ± 0.39	26.61 ± 0.17	26.62 ± 0.16	91.39 ± 0.85
Minimum-maksimum		69.28-82.52	-0.82-6.65	23.09-32.28	23.10-32.96	78.06-91.91
Ortalama±std		74.21±3.66	2.91±2.55	29.11±2.81	29.36±3.00	84.71±4.69

¹Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır

Çizelge 4.5. Bisküvi örneklerinin renk değerlerine ait varyans analizi sonuçları¹

VK	SD	<i>L</i> *		<i>a</i> *		<i>b</i> *		SI		Hue angle	
		KT	F	KT	F	KT	F	KT	F	KT	F
Yağ ikame maddeleri(A)	4	208.96889	268.0298**	148.08108	332.6441**	120.09493	119.1147**	145.40448	138.9047**	499.22641	309.7457**
İkame oranı (B)	3	217.06035	371.2109**	44.28927	132.6531**	89.47233	118.3228**	98.58045	125.5651**	152.90496	126.4934**
(AxB)	1	91.19671	38.9906**	59.20539	44.3323**	92.14434	30.4641**	99.53358	31.6948**	199.00820	41.1583**
Hata	19	0.1949		0.1113		0.2521		0.2617		0.4029	

¹* p< 0.05 düzeyinde önemli, ** p< 0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz

Çizelge 4.6. Bisküvi örneklerinin renk değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları¹

	n	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	SI	Hue angle
Yağ ikame maddeleri						
Dirençli nişasta	8	76.61 ^a	1.89 ^c	27.82 ^{bc}	27.93 ^{bc}	86.51 ^c
Keçiboynuzu gamı	8	75.94 ^b	1.44 ^d	27.98 ^b	28.07 ^b	87.32 ^b
Polidekstroz	8	71.30 ^c	5.60 ^a	30.98 ^a	31.51 ^a	79.70 ^e
Peyniraltı suyu tozu	8	71.59 ^c	4.81 ^b	31.44 ^a	31.84 ^a	81.33 ^d
Karboksümetil selüloz	8	75.62 ^b	0.81 ^e	27.34 ^c	27.44 ^c	88.70 ^a
İkame oranı (%)						
0	10	71.29 ^d	4.38 ^a	31.41 ^a	31.75 ^a	82.04 ^d
3	10	72.90 ^c	3.36 ^b	29.48 ^b	29.76 ^b	83.80 ^c
6	10	75.23 ^b	2.28 ^c	27.81 ^c	28.02 ^c	85.83 ^c
9	10	77.44 ^a	1.62 ^d	27.76 ^c	27.90 ^c	87.18 ^a

¹Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p>0.05).

4.2.2. ap, kalınlık ve yayılma oranı

Bisküvi örneklerine ait çap, kalınlık ve yayılma oranı değerleri izelge 4.7’de, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları izelge 4.8’de, çoklu karşılaştırma testi sonuçları izelge 4.9’da verilmiştir.

Bisküvi örneklerinin çap değerleri 51.00 - 58.20 mm, kalınlık değerleri 6.15-10.70 mm arasında değişim göstermiş olup ortalama değerler sırasıyla 54.67 mm ve 7.97 mm bulunmuştur. En düşük yayılma oranı değerinin 4.77 mm, en yüksek yayılma oranı değerinin ise 9.45 mm olduğu, örneklerin yayılma oranlarının bu iki değer arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (izelge 4.7).

Varyans analiz sonuçlarına göre bisküvi örneklerinin çap, kalınlık ve yayılma oranı değerleri üzerinde yağ ikame maddeleri, ikame oranı faktörlerinin ve “yağ ikame maddeleri x ikame oranı” interaksiyonunun istatistiki olarak $p < 0.01$ düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir (izelge 4.8).

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek çap değeri polidekstroz ikamesi kullanılarak üretilen bisküvilerde (56.03 mm), ikinci en yüksek çap değeri dirençli nişasta ikamesi kullanılarak üretilen bisküvilerde (55.18 mm) tespit edilmiştir. Keçiboynuzu gamı, peyniraltı suyu tozu ve karboksimetil selüloz içeren örneklerin çap değerleri arasında istatistiki olarak önemli bir fark bulunmamıştır ($p > 0.05$). Kullanılan yağ ikame maddesi oranı arttıkça örneklerin çap değerlerinin istatistiki açıdan önemli ölçüde azaldığı belirlenmiş olup en yüksek çap değeri yağ ikame maddesi ilave edilmemiş kontrol bisküvilerinde kaydedilmiştir ($p < 0.05$) (izelge 4.9).

Zoulias ve ark. (2000) yağı azaltılmış bisküvinin bazı fiziksel, tekstürel ve duyuusal özelliklerini inceledikleri çalışmalarında formülasyona polidekstroz ikamesinin ilavesi ile birlikte bisküvilerin çap değerlerinin azaldığını belirlemişlerdir. Kontrol örneğinde 4.93 cm olan çapın polideskstroz ikamesinin ilavesi ile 4.83 cm’ye düştüğü belirtilmiştir. Gerçekleştirilen bir başka çalışmada yağ ikame edici olarak inülin kullanımı tercih edilmiş olup inülin oranındaki artışa bağlı olarak bisküvi örneklerinin çaplarında azalma olduğu bildirilmiştir (Şenerkek, 2019).

Zoulias ve ark. (2002), yağı azaltılmış bisküviler üzerine yaptıkları çalışmada en yüksek çap değerlerini kontrol örneğinde tespit etmişler, yağ ikame maddesi olarak simplekse, polidekstroz, inülin kullanımının çap değerlerinde azalmaya sebep olduğunu kaydetmişlerdir.

En yüksek kalınlık değerleri keçiyoynuzu gamı (8.36 mm) ve karboksimetil selüloz (8.31 mm) ikamesi kullanılarak üretilen örneklerde görülmüştür. Bu örneklerin kalınlık değerleri arasındaki deskriptif farklılığın istatistiki açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$). Yağ ikame maddesi kullanım oranı arttıkça kalınlık değerlerinde artma meydana geldiği tespit edilmiş olup en yüksek kalınlık değerleri % 9 oranında ikame edilmiş örneklerde kaydedilmiştir (Çizelge 4.9).

Şenerkek (2019) yağ ikame edici kullanımı ile bisküvi örneklerinin kalınlık değerlerinde artma olduğunu bildirmiştir. Peyniraltı suyu tozunun bisküvi formülasyonunda kullanıldığı bir başka çalışmada da kontrol örneğine kıyasla peyniraltı suyu tozu kullanılarak üretilen örneğin kalınlığının daha fazla olduğu belirlenmiştir (Secchi ve ark.,2011).

İkame maddeleri açısından bakıldığında en düşük yayılma oranı değerleri keçiyoynuzu gamı ve karboksimetil selüloz ikame edilerek üretilen örneklerde belirlenmiştir. Bisküvilerde yağ ikame maddesi oranı artışına bağlı olarak yayılma oranı değerlerinde istatistiki açıdan önemli bir düşüş kaydedilmiş olup en yüksek yayılma oranı değerleri kontrol örneklerinden elde edilmiştir (Çizelge 4.9).

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde bisküvilerin yayılma oranı üzerinde birincil etkenin hamur viskozitesi olduğu anlaşılmaktadır. Bisküviye ilave edilen yağ miktarındaki artışın, gluten ağı oluşumunda azalmaya sebep olarak hamur viskozitesini düşürdüğü, böylece son üründe daha yüksek yayılma değerleri kaydedildiği bildirilmiştir. Ayrıca yağ miktarı artışının hamur yapımı esnasında sisteme katılan hava miktarını arttırıp hamur viskozitesinde düşüğe sebep olduğu, bunun da yüksek çap ve yayılma oranı değerleriyle sonuçlandığı belirtilmiştir.

Bir başka değerlendirmede, pişme esnasında, hamurda sıvı fazdaki yağ miktarının fazla olmasının sistemdeki hareketliliği arttırarak son üründe daha yüksek yayılma oranı değerleri elde edilmesine katkıda bulunduğu bildirilmiştir (Pareyt ve ark., 2009; Van der Sman ve Renzetti, 2018).

Aggarwall ve ark. (2018) dirençli nişasta ve polidekstrozun yağ ikamesi olarak kullanımının bisküvilerin fiziksel özellikleri üzerine etkisini araştırdıkları bir çalışmada, dirençli nişasta kullanım oranı arttıkça yayılma oranı değerlerinin azaldığını tespit etmişler ve bunu dirençli nişastanın hamur sistemindeki suyu absorbe ederek hamur elastikiyetini azaltmasıyla ilişkilendirmişlerdir.

Lee ve Puligundla (2016), yağı azaltılmış bisküvi ve muffinlerde doğal ve modifiye pirinç nişastasının yağ ikamesi olarak kullanımını üzerine yaptıkları çalışmada,

nişasta ikame oranı arttıkça bisküvilerin kalınlık değerlerinde artma, çap ve yayılma oranı değerlerinde ise azalma olduğunu belirtmişlerdir.

Basman ve ark. (2008), yağı azaltılmış bisküvilerde yağ ikame maddesi olarak keçiyoynuzu gamı ve dirençli nişastanın kullanımı üzerine yaptıkları çalışmada, yağ ikame maddesi kullanılan bisküvilerin yayılma oranı değerlerinin kontrol örneğine kıyasla daha düşük olduğunu belirtmişler, dirençli nişasta ikamesi kullanılarak üretilen örneklerin yayılma oranı değerlerinin, keçiyoynuzu ikamesi kullanılan örneklere göre daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Yapılan bir diğer çalışmada keçiyoynuzu gamı ilave oranı arttıkça bisküvilerin yayılma oranı değerlerinde istatistiki açıdan önemli oranda azalma olduğu bildirilmiştir (Doğan ve Meral, 2019).

Peyniraltı suyu tozunun bisküvi formülasyonunda kullanıldığı bir başka çalışmada kontrol örneğine kıyasla peyniraltı suyu tozu kullanılarak üretilen örneğin kalınlığının daha fazla olduğu belirlenmiştir (Secchi ve ark.,2011).

Barak ve ark. (2017), suda çözünebilir pentozanlar, pektin ve suda çözünmeyen hemiselüloz, selüloz ve buğday, yulaf, mısır kepeğinde bulunan lignin ve benzeri diyet liflerinin bisküvilerin yayılma oranı değerlerinde önemli ölçüde azalmaya sebep olduğunu bildirmişlerdir.

Milicevic ve ark. (2020), yağ ikame maddesi olarak buğday ve yulaf kepeği jeli kullanılan yağı azaltılmış bisküvilerin fizikokimyasal özelliklerini inceledikleri çalışmalarında, bisküvilerde yağ ikame maddesi kullanım oranı arttıkça, kalınlık değerlerinde artma, yayılma oranı değerlerinde ise azalma olduğunu tespit etmişlerdir.

Bisküvi üretiminde dirençli nişastanın kullanıldığı bir çalışmada bisküvi örneklerinin yayılma oranlarının dirençli nişasta kullanımı ile ters orantılı olduğu tespit edilmiştir (Özboy-Özbaş ve ark., 2010).

Bir başka çalışmada yağ ikame edici kullanım oranı ile bisküvi yayılma oranı arasında negatif bir ilişki olduğu belirlenmiş, kontrol örneğinde 8.14 olan yayılma oranının yağ ikame edici madde kullanımıyla birlikte 7.83 ile 4.76 arasında değişiklik gösterdiği bildirilmiştir (Şenerkek, 2019).

Çizelge 4.7. Bisküvi örneklerine ait çap, kalınlık, yayılma oranı ve sertlik değerleri¹

Yağ ikame maddeleri	İkame oranı (%)	Çap (mm)	Kalınlık (mm)	Yayılma Oranı	Sertlik (g)
Dirençli nişasta	0	58.10±0.42	6.15±0.21	9.45±0.26	5026±14
	3	56.35±0.21	7.55±0.21	7.47±0.18	5397±83
	6	53.75±0.49	8.50±0.57	6.34±0.48	5647±3
	9	52.50±0.14	8.90±0.28	5.90±0.20	6887±7
Keçiboynuzu gamı	0	58.05±0.92	6.45±0.21	9.00±0.15	5022±13
	3	54.45±0.49	7.50±0.14	7.26±0.07	6818±1197
	6	52.35±0.35	8.80±0.85	5.97±0.54	8248±360
	9	51.00±0.85	10.70±0.14	4.77±0.14	9721±148
Polidekstroz	0	57.80±0.28	6.35±0.21	9.11±0.35	5020±2
	3	56.30±0.14	7.60±0.28	7.41±0.29	5198±54
	6	55.25±0.21	8.00±0.14	6.91±0.15	5928±78
	9	54.75±0.07	8.25±0.07	6.64±0.07	6331±52
Peyniraltı suyu tozu	0	56.60±0.14	6.60±0.28	8.58±0.39	5036±5
	3	54.70±0.28	7.55±0.21	7.25±0.17	5522±163
	6	52.70±0.42	8.30±0.28	6.35±0.17	6269±252
	9	51.50±0.28	8.85±0.21	5.82±0.17	7644±22
Karboksimetil selüloz	0	58.20±1.13	6.95±0.21	8.38±0.09	5025±3
	3	54.15±0.07	8.45±0.21	6.41±0.17	5135±27
	6	53.45±0.07	8.70±0.14	6.14±0.11	5539±410
	9	51.50±0.42	9.15±0.35	5.63±0.17	6090±27
Minimum-maksimum		51.00-58.20	6.15-10.70	4.77-9.45	5020-9720
Ortalama±std		54.67±2.35	7.97±1.14	7.04±1.29	6075±1263

¹Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır

Çizelge 4.8. Bisküvi örneklerine ait çap, kalınlık, yayılma oranı ve sertlik değerlerine ait varyans analizi sonuçları¹

VK	SD	Çap		Kalınlık		Yayılma Oranı		Sertlik	
		KT	F	KT	F	KT	F	KT	F
Yağ ikame maddeleri(A)	4	26.74100	30.4988**	4.053500	11.2927**	4.270598	19.7033**	20906736	53.9374**
İkame oranı (B)	3	169.82075	258.2463**	38.985000	144.8123**	56.344900	346.6116**	29627970	101.9164**
(AxB)	12	13.81300	5.2514**	5.522500	5.1284**	3.246068	4.9921**	9876086	8.4931**
Hata	19	0.2192		0.08974		0.05419		96903	

¹* p< 0.05 düzeyinde önemli, ** p< 0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz

Çizelge 4.9. Bisküvi örneklerine ait çap, kalınlık, yayılma oranı ve sertlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları¹

	n	Çap (mm)	Kalınlık (mm)	Yayılma Oranı	Sertlik (g)
Yağ ikame maddeleri					
Dirençli nişasta	8	55.18 ^b	7.78 ^b	7.30 ^a	5738 ^c
Keçiboynuzu gamı	8	53.96 ^c	8.36 ^a	6.75 ^c	7452 ^a
Polidekstroz	8	56.03 ^a	7.55 ^b	7.51 ^a	5619 ^c
Peyniraltı suyu tozu	8	53.88 ^c	7.83 ^b	7.00 ^b	6118 ^b
Karboksümetil selüloz	8	54.33 ^c	8.31 ^a	6.64 ^c	5447 ^c
İkame oranı (%)					
0	10	57.75 ^a	6.50 ^d	8.90 ^a	5025 ^d
3	10	55.19 ^b	7.73 ^c	7.16 ^b	5614 ^c
6	10	53.50 ^c	8.46 ^b	6.35 ^c	6326 ^b
9	10	52.25 ^d	9.17 ^a	5.75 ^d	7334 ^a

¹Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p>0.05)

4.2.3. Sertlik

Bisküvide sertlik ve gevreklik ürün kalitesi ile doğrudan bağlantılı olan ve istenen parametreler arasında yer almaktadır. Sertlik bisküvinin deformasyona gösterdiği direnç olarak tanımlanırken, lipidler ile şekerler, nişasta granülleri ve proteinler arasındaki hidrojen bağı etkileşimlerinin sonucu meydana gelmektedir (Aydın, 2014).

Yağı azaltılmış bisküvilerin sertlik değerleri 5020-9720 g arasında değişim göstermiş olup ortalama sertlik değeri 6075 g olarak tespit edilmiştir. (Çizelge 4.7).

Varyans analiz sonuçlarına göre bisküvi örneklerinin sertlik değerleri üzerinde yağ ikame maddeleri, ikame oranı faktörlerinin ve “yağ ikame maddeleri x ikame oranı” interaksyonunun istatistiki olarak $p < 0.01$ düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.8).

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek sertlik değeri keçiyoynuzu gamı ikamesi kullanılan örneklerde (7452 g) tespit edilmiştir. Dirençli nişasta, polidekstroz ve karboksimetil selüloz ikamesi kullanılarak üretilmiş bisküvilerin sertlik değerleri istatistiki açıdan birbirinden farksız bulunmuştur. Yağ ikame maddesi kullanım oranı arttıkça örneklerin sertlik değerlerinde, kontrol örneğine kıyasla istatistiki olarak önemli bir artış olduğu kaydedilmiştir ($p < 0.05$). En yüksek sertlik değeri % 9 oranında ikame edilmiş örneklerde (7334 g) belirlenmiştir (Çizelge 4.9).

Fırın ürünlerinde kullanılan shortening son ürünün tekstürü üzerinde oldukça etkilidir. Yapılan çalışmalarda yoğurma esnasında yağ moleküllerinin nişasta ve proteinden oluşan un parçacıklarının etrafını sararak onların birbiriyle etkileşimlerini ve nişasta moleküllerinin suyla etkileşimini sınırlandırdığı, kullanılan yağın sürekli bir yapının oluşumunda etkili olduğu, sonuç olarak istenilen gevreklikte bir ürün elde edildiği bildirilmiştir. Formülasyonda yağın azaltılmasıyla hamur sistemi içerisinde oluşan gluten ağının son üründe sertliği arttırdığı belirtilmiştir (Baltsavias ve ark., 1999; Ghotra ve ark., 2002; Pareyt ve Delcour, 2008; Mert ve Demirkesen, 2016).

Sudha ve ark. (2007), % 70 daha az yağ içeren bisküvileri kırmak için gereken kuvvetin, kontrol bisküvilerini kırmak için gerekenden neredeyse üç kat daha fazla olduğunu bildirmiştir.

Chugh ve ark. (2013), karbonhidrat kökenli yağ ikame maddeleri (maltodekstrin ve guar gam) kullanılarak yağı azaltılmış bisküvi üretimi üzerine yaptıkları bir

çalışmada yüksek oranda yağ ikame maddesi kullanımının son üründe sertliği arttırdığı sonucuna varmışlardır.

Khalil (1998), yağı azaltılmış keklerde karbonhidrat bazlı yağ ikame maddesi olarak N flate, paselli ve litesse kullanımının son ürün kalitesi üzerine etkisini araştırdığı çalışmada, yağ miktarı azaldıkça son üründe sertlik değerlerinin arttığını belirtmiştir.

Klainga ve Mishra (2008), yağı azaltılmış keklerde beta glukon kullanımının tekstür üzerine etkisini araştırdıkları bir çalışmada kullanılan beta glukon miktarı arttıkça son üründe sertlik değerlerinde artış meydana geldiğini tespit etmişlerdir.

Laguna ve ark. (2011), tapyoka dekstrin ve tapyoka nişastası kökenli yağ ikame maddesi N dulce'ı % 10 ve % 20 oranında yağ ile değiştirerek ürettikleri yağı azaltılmış bisküvilerde en yüksek sertlik değerlerini % 20 kullanım oranıyla elde ettiklerini bildirmişlerdir.

Şeker ve ark. (2006), yağ ikame maddesi olarak % 10, 20, 30 ve 40 oranında enzime dirençli nişasta kullandıkları yağı azaltılmış bisküvilerin sertlik değerlerinde ikame madde oranı arttıkça istatistiki olarak önemli bir artış tespit etmişlerdir ($p < 0.05$).

Polidekstroz ve dairy-trim'in bisküvilerde yağ ikame maddesi olarak kullanıldığı bir çalışmada artan ikame oranlarına bağlı olarak ürünlerde sertlik artışı olduğu bildirilmiştir (Zoulias ve ark., 2002).

Şenerkek (2019) yağ ikame edici kullanımı ve yağ içeriğindeki azalma sonucunda bisküvi örneklerinin sertlik değerlerinde önemli bir artışın olduğunu belirtmiştir. Yağ ikame edici oranına bağlı olarak sertlikte görülen artış Krystyjan ve ark. (2015) tarafından da bildirilmiştir.

4.2.4. Kimyasal analizler

Değişen oranlarda yağ ikame edici maddeler kullanılarak üretilen bisküvi örneklerinin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir. Bu değerlere ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.11'de, çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.12'de özetlenmiştir.

4.2.4.1. Nem

Bisküvi örneklerinin nem içerikleri % 1.93 - 14.08 arasında değişmiş olup ortalama % 4.84 bulunmuştur.

Varyans analiz sonuçlarına göre bisküvi örneklerinin nem değerleri üzerinde yağ ikame maddeleri, ikame oranı faktörlerinin ve “yağ ikame maddeleri x ikame oranı” interaksiyonunun istatistiki olarak $p < 0.01$ düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

İkame maddesi çeşidi açısından değerlendirilecek olursa en yüksek nem değerleri karboksimetil selüloz kullanımı (% 9.36), en düşük nem değerleri ise polidekstroz kullanımıyla (% 2.40) ortaya çıkmıştır. Dirençli nişasta ve peyniraltı suyu tozu kullanılan örneklerin (sırasıyla % 3.48 ve % 3.18) nem seviyeleri arasındaki fark istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$). İkame maddesi kullanım oranı arttıkça örneklerin nem içeriklerinde önemli bir artış olduğu gözlenmiştir ($p < 0.05$). En yüksek nem değeri % 9 ikame oranlı örneklerde kaydedilmiştir (Çizelge 4.12).

Özaydın (2014), karboksimetil selülozun yüksek nem oranının lifli yapıda olmasıyla ilişkili olduğunu bildirmiştir. Toz selüloz, salatrim, peyniraltı suyu protein konsantresi ve maltodekstrinin yağ ikame maddesi olarak kullanıldığı bir çalışmada, toz selülozun yüksek su tutma kapasitesine sahip olması sebebiyle en yüksek nem değerlerinin toz selüloz kullanımıyla elde edildiği bildirilmiştir (Pimdit ve ark., 2008).

Yağı azaltılmış ürünlerin üretiminde yağın özelliklerini telafi edebilmek adına nem içeriğinde artışlar olacağı bildirilmektedir. Yağ ikame maddesi kullanım oranı yükseldikçe, örneklere artan miktarlarda su eklenmiş olup, kullanılan yağ ikame maddelerinin pişme esnasında hamur sistemi içerisinde bir jel ağı meydana getirerek suyu içine hapsedmesi ve olası nem kayıplarını engellemesinin son üründe daha yüksek nem değerleri elde edilmesiyle sonuçlandığı düşünülmektedir (Sanchez ve ark., 1995; Conforti ve ark., 1996).

Çeşitli hidrokolloidlerin fırın ürünlerinin tekstürel özelliklerine etkisi üzerine yapılan bir araştırmada, gamlar ve selüloz türevlerinin kullanıldıkları fırın ürünlerinin nem miktarlarında artışa sebep oldukları bildirilmiştir (Salehi, 2019).

Charles (1994), karbonhidrat bazlı yağ ikame maddelerinin yağı azaltılmış bisküvilerde kullanım olanakları üzerine yaptığı çalışmada, yağ ikamesi olarak hidrokolloid kullanım oranı arttıkça nem değerlerinde kontrol örneğine kıyasla artış

olduğunu bildirmiştir. Pişme esnasında hidrokolloidlerin oluşturduğu jel yapının hamur içerisindeki suyu hapsederek nem kaybını önlediğini belirtmiştir.

Conforti ve ark. (1996), karbonhidrat kökenli yağ ikame maddeleri (ksantan gam, selüloz, yulaf lifi, dekstrin beta glukan ve benzeri maddeleri içeren Slendid, Kel-Lite BK ve Trim-Choice-5) kullandıkları yağı azaltılmış bisküvilerin duyusal özellikleri ve tüketici kabulü üzerine yaptıkları çalışmada, yağ ikame maddesi oranı artışına bağlı olarak örneklerin nem içeriklerinin istatistiki açıdan önemli düzeyde arttığını tespit etmişlerdir ($p < 0.05$).

Şenerkek (2019), bisküvi üretiminde yağ ikamesi olarak inülini kullandığı çalışmasında kontrol örneğinin nem içeriğini % 4.31 olarak belirlemiş olup inülin oranındaki artışa bağlı olarak örneklerin nem içeriklerinde de bir artış olduğunu bildirmiştir.

Topaloğlu (2015), maltodekstrin ve mikrofludizasyonun yağı azaltılmış bisküvilerin reolojik ve yapısal özellikleri üzerindeki etkilerine yönelik yaptığı çalışmada artan maltodekstrin kullanımının kontrol örneğine kıyasla bisküvilerin nem değerlerini arttırdığını belirtmiştir.

4.2.4.2. Kül

Farklı yağ ikame edici maddeler kullanılarak hazırlanan bisküvi örneklerinin kül içerikleri % 1.15 ile 2.13 arasında değişiklik göstermiştir. Ortalama % 1.44 bulunmuştur (Çizelge 4.10).

Varyans analiz sonuçlarına göre bisküvi örneklerinin kül değerleri üzerinde yağ ikame maddeleri, ikame oranı faktörlerinin ve “yağ ikame maddeleri x ikame oranı” interaksyonunun istatistiki olarak $p < 0.01$ düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek kül değeri karboksimetil selüloz ikamesiyle üretilen örneklerde bulunurken, en düşük kül değeri polidekstroz kullanımıyla elde edilmiştir. Kullanılan hammaddelerden karboksimetil selülozun en yüksek kül içeriğine, polidekstrozun ise en düşük kül içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Hammaddelerin kül içeriklerinin bisküvilerin kül içeriğini etkilediği düşünülmektedir. Yağ ikame maddesi kullanım oranı bakımından incelendiğinde en düşük kül değeri kontrol örneklerinde kaydedilmiştir. Yağ ikame

madde kullanım oranı arttırıldıkça % 6 ikame oranına kadar örneklerin kül içeriklerinde istatistiki açıdan önemli bir artış gözlenmiş, % 6 ve 9 ikame maddesi kullanım oranlarına ait kül değerleri istatistiki açıdan birbirinden farksız bulunmuştur. (Çizelge 4.12).

Özaydın (2014), karboksimetil selülozun kullanımının bisküvilerde kül miktarını istatistiki açıdan önemli düzeyde arttırdığını, bu durumun karboksimetil selülozun yüksek kül içeriğine sahip olmasından kaynaklanmış olabileceğini bildirmiştir.

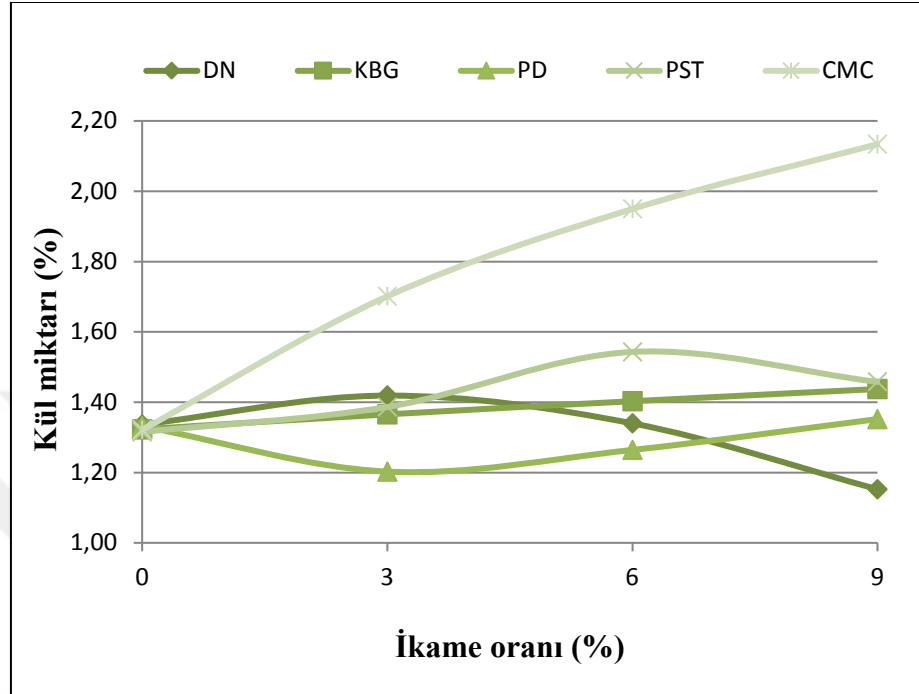
Rana (2020), yağı azaltılmış bisküvilerde polidekstroz kullanımı üzerine yaptığı çalışmada kül içeriklerinin % 1.09 - 1.24 arasında değiştiğini bildirmiş, yağ ikame madde oranı artışının kül içeriğinde artışa sebep olduğunu belirtmiştir.

Lourencetti ve ark. (2013), yağ ikame maddesi olarak inülin kullanılan yağı azaltılmış bisküvilerde yağ ikame maddesi kullanım oranı artışına bağlı olarak kül değerlerinin % 1.54 - 4.18 arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir.

Yağ ikame edicilerin kullanımı ile bisküvi örneklerinde kül değerinin artışı Şenerkek (2019) tarafından da bildirilmiş olup % 1.20 olarak bulunan kontrol örneğinin kül içeriğinin yağ ikame edici olarak farklı oranlarda inülin kullanımı ile % 1.23 ile 1.35 arasında değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre bisküvi örneklerinin kül değerleri üzerinde $p < 0.01$ oranında etkili olan “yağ ikame maddeleri x ikame oranı” interaksyonu Şekil 4.6’da verilmiştir. Buna göre karboksimetil selüloz ikamesi kullanımıyla diğer ikamelerin kullanımına kıyasla örneklerde daha yüksek kül değerlerinin elde edildiği belirlenmiştir. İkame maddesi kullanım oranları açısından incelendiğinde dirençli nişasta, keçiyoynuzu gamı ve peyniraltı suyu tozu ikamelerinin % 3 oranında kullanıldığı örneklerin kül değerleri birbirine yakın bulunmuştur. Dirençli nişasta ikamesi kullanımı ilk etapta örneklerin kül değerlerinde artışa sebep olmuşsa da ikame maddesi kullanım oranı arttıkça örneklerin kül değerlerinin düştüğü tespit edilmiştir. Keçiyoynuzu gamı ikamesi kullanım oranı arttıkça örneklerin kül değerlerinin de arttığı görülmüştür. Polidekstroz ikamesinin % 3 oranında kullanımı örneklerin kül değerlerinde azalmaya sebep olmuş, ikame maddesi kullanım oranı yükseltildiğinde örneklerin kül değerlerinin de arttığı belirlenmiştir. Peyniraltı suyu tozu ikamesinin % 6 oranına kadar kullanımının örneklerde daha yüksek kül değerlerinin elde edilmesine yol açtığı belirlenmiştir. İkame maddesi kullanım oranı % 9’ a çıkarıldığında örneklerin kül değerlerinin azalmakla birlikte yine de kontrol örneğinden daha yüksek değerler aldıkları tespit edilmiştir. Keçiyoynuzu gamı ve peyniraltı suyu tozu ikamelerinin % 9

oranında kullanıldığı örneklerin kül değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmüştür. Karboksimetil selüloz ikame maddesi kullanım oranı arttıkça örneklerin kül değerlerinin de bariz biçimde arttığı belirlenmiştir.



Şekil 4. 6. Bisküvi örneklerinin kül değerleri üzerinde etkili yağ ikame maddeleri x ikame oranı interaksyonu

Çizelge 4.10. Bisküvi örneklerinin nem, kül, protein, yağ, karbonhidrat ve aw değerlerine ait analiz sonuçları¹

Yağ ikame maddeleri	İkame oranı (%)	Nem (%)	Kül (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Karbonhidrat (%)	aw
Dirençli nişasta	0	2.19±0.01	1.34±0.06	9.01±0.22	15.22±0.01	72.24±0.29	0.09±0.01
	3	2.34±0.11	1.42±0.02	8.23±0.00	9.19±0.63	78.83±0.51	0.09±0.01
	6	4.00±0.14	1.34±0.01	7.26±0.00	6.72±0.36	80.67±0.21	0.14±0.00
	9	5.41±1.73	1.15±0.02	7.09±0.00	4.25±0.08	82.10±1.63	0.20±0.01
Keçiboynuzu gamı	0	2.18±0.04	1.32±0.04	8.99±0.29	15.22±0.03	72.29±0.25	0.09±0.01
	3	3.95±0.13	1.37±0.04	8.31±0.12	13.52±0.27	72.85±0.33	0.12±0.01
	6	7.64±0.43	1.40±0.02	7.66±0.06	10.11±0.05	73.19±0.43	0.22±0.01
	9	9.25±0.16	1.44±0.02	7.61±0.12	7.27±0.09	74.43±0.04	0.45±0.01
Polidekstroz	0	2.20±0.06	1.33±0.04	9.02±0.24	15.24±0.01	72.22±0.19	0.09±0.00
	3	1.93±0.35	1.20±0.03	8.18±0.06	12.52±0.01	76.17±0.77	0.11±0.01
	6	2.53±0.65	1.26±0.01	7.83±0.06	9.89±0.05	78.72±0.78	0.12±0.01
	9	2.95±0.09	1.35±0.10	7.48±0.06	6.09±0.20	81.62±0.22	0.16±0.01
Peyniraltı suyu tozu	0	2.21±0.1	1.32±0.09	9.06±0.19	15.23±0.03	72.18±0.16	0.09±0.01
	3	2.78±0.08	1.39±0.00	8.79±0.06	12.51±0.38	74.53±0.15	0.10±0.01
	6	3.54±0.03	1.54±0.03	8.27±0.06	9.65±0.08	76.67±0.01	0.14±0.01
	9	4.19±0.01	1.46±0.30	8.23±0.25	6.59±0.03	80.13±0.03	0.17±0.01
Karboksümetil selüloz	0	2.23±0.01	1.32±0.12	9.00±0.22	15.22±0.02	72.23±0.33	0.09±0.01
	3	7.63±1.22	1.70±0.01	7.57±0.19	13.09±0.16	70.01±1.58	0.28±0.01
	6	13.53±0.29	1.95±0.06	6.96±0.06	9.62±0.02	67.94±0.31	0.49±0.00
	9	14.08±0.39	2.13±0.14	6.96±0.06	5.95±0.00	70.89±0.18	0.60±0.00
Minimum-maksimum		1.93-14.08	1.15-2.13	6.96-9.06	4.25-15.24	67.94-82.10	0.09-0.60
Ortalama±std		4.84±3.69	1.44±0.24	8.07±0.73	10.66±3.64	75.00±4.10	0.19±0.15

¹Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır.

Çizelge 4.11. Bisküvi örneklerinin nem, kül, protein, karbonhidrat ve aw değerlerine ait varyans analizi sonuçları¹

VK	SD	Nem		Kül		Protein		Yağ		Karbonhidrat		aw	
		KT	F	KT	F	KT	F	KT	F	KT	F	KT	F
Yağ ikame maddeleri(A)	4	254.80288	310.1273**	1.2507286	41.3777**	4.052070	59.4305**	34.65560	195.4379**	345.46177	249.0047**	0.35929475	4708.325**
İkame oranı (B)	3	156.48239	253.9452**	0.2172732	9.5840**	15.033624	293.9918**	466.91758	3510.867**	161.61467	155.3199**	0.29568768	5166.394**
(AxB)	1	113.88915	46.2058**	0.6989388	7.7076**	1.542006	7.5387**	14.62228	27.4871**	140.55488	33.7701**	0.20267345	885.3014**
Hata	19	0.2054		0.007557		0.01705		0.84228		0.3468		0.000019	

¹* p< 0.05 düzeyinde önemli, ** p< 0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz

Çizelge 4.12. Bisküvi örneklerinin nem, kül, protein, yağ, karbonhidrat ve aw değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları¹

	n	Nem (%)	Kül (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Karbonhidrat (%)	aw
Yağ ikame maddeleri							
Dirençli nişasta	8	3.48 ^c	1.31 ^{cd}	7.90 ^c	8.84 ^c	78.46 ^a	0.129 ^c
Keçiboynuzu gamı	8	5.75 ^b	1.38 ^{bc}	8.14 ^b	11.53 ^a	73.19 ^d	0.222 ^b
Polidekstroz	8	2.40 ^d	1.29 ^d	8.13 ^b	11.00 ^b	77.19 ^b	0.118 ^e
Peyniraltı suyu tozu	8	3.18 ^c	1.43 ^b	8.59 ^a	10.93 ^b	75.88 ^c	0.123 ^d
Karboksümetil selüloz	8	9.36 ^a	1.78 ^a	7.62 ^d	10.97 ^b	70.27 ^e	0.366 ^a
İkame oranı (%)							
0	10	2.20 ^d	1.33 ^c	9.02 ^a	15.22 ^a	72.23 ^d	0.090 ^d
3	10	3.72 ^c	1.42 ^b	8.22 ^b	12.16 ^b	74.48 ^c	0.139 ^c
6	10	6.25 ^b	1.50 ^a	7.61 ^c	9.20 ^c	75.44 ^b	0.221 ^b
9	10	7.17 ^a	1.51 ^a	7.46 ^d	6.03 ^d	77.83 ^a	0.316 ^a

¹Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p>0.05).

4.2.4.3. Protein

Bisküvi örneklerinin protein değerleri % 6.96 - 9.06 arasında değişim göstermiş olup ortalama % 8.07 bulunmuştur (Çizelge 4.10).

Varyans analiz sonuçlarına göre bisküvi örneklerinin protein değerleri üzerinde yağ ikame maddeleri, ikame oranı faktörlerinin ve “yağ ikame maddeleri x ikame oranı” interaksyonunun istatistiki olarak $p < 0.01$ düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

Çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre en yüksek protein değeri peyniraltı suyu tozu ikameli bisküvilerde (% 8.59), en düşük protein değeri ise karboksimetil selülozun yağ ikame maddesi olarak kullanıldığı bisküvilerde (% 7.62) gözlenmiştir. Kullanılan yağ ikame madde miktarı arttıkça örneklerin protein değerlerinde istatistiki olarak önemli bir düşüş belirlenmiştir. En yüksek protein değeri kontrol örneğinde (% 9.02) elde edilmiştir (Çizelge 4.12).

Fernandes ve ark. (2017), yağ içeriği azaltılmış ekmeklerde çiya tohumu müsilajının yağ ikame maddesi olarak kullanılması üzerine yaptıkları çalışmada eklenen çiya müsilajı kullanım oranı arttıkça örneklerin protein değerlerinde azalma olduğunu belirtmişlerdir.

Wafaa ve ark. (2011) bisküvi üretiminde mikrokristalin selüloz, pektin ve yumurta akını yağ ikame edici olarak kullandıkları çalışmalarında mikrokristalin selüloz ve pektin kullanımı oranlarının artışı ile protein içeriğinde azalma olduğunu bildirmişlerdir.

4.2.4.4. Yağ

Bisküvi örneklerinin yağ değerleri % 4.25 - 15.24 arasında değişim göstermiş olup ortalama % 10.66 bulunmuştur. (Çizelge 4.10).

Varyans analiz sonuçlarına göre bisküvi örneklerinin yağ değerleri üzerinde yağ ikame maddeleri, ikame oranı faktörlerinin ve “yağ ikame maddeleri x ikame oranı” interaksyonunun istatistiki olarak $p < 0.01$ düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.12’de verilen çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek yağ değerleri keçiyoynuzu gamı ikamesiyle üretilmiş örneklerde (% 11.53), en düşük yağ

değerleri ise dirençli nişasta ikamesi kullanılmış örneklerde (% 8.84) elde edilmiştir. İkame maddesi kullanım oranı arttıkça yağı azaltılmış bisküvilerin yağ değerlerinde istatistiki açıdan önemli bir düşüş olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). En yüksek yağ değeri katkısız örneklerde, en düşük yağ değeri ise % 9 ikame oranındaki örneklerde belirlenmiştir.

Bisküvilerde yağın belli oranlarda azaltılması, yağ değerlerindeki azalmanın başlıca sebebi olarak görülmektedir (Lourencetti ve ark., 2013).

Şeker ve ark. (2006), enzime dirençli nişastanın bisküvi üretiminde kullanılması üzerine yürüttükleri çalışmalarında artan dirençli nişasta miktarına bağlı olarak bisküvilerin yağ içeriklerinde azalma olduğunu bildirmişlerdir.

Çiftçi (2018), yağı azaltılmış bisküvilerde yağ ikame maddesi olarak kestane ve keçiyoynuzu unu kullandığı çalışmasında yağ ikame madde kullanım oranı arttıkça örneklerin yağ değerlerinde kontrol örneğine kıyasla önemli bir azalma olduğunu bildirmiştir ($p\leq 0.05$).

Faridah ve ark. (2012), jackfruit tohumu unu ve polidekstroz kullanılarak üretilen yağı azaltılmış kekler üzerine yaptıkları çalışmalarında yağ ikame maddesi kullanılan örneklerin yağ değerlerinin kontrol örneğine kıyasla önemli derecede düşük olduğu sonucuna varmışlardır ($p<0.05$).

Goswami ve ark. (2018), bisküvilerde yağ ikame maddesi olarak guar gam kullanımını üzerine yaptıkları çalışmada, yağ ikame madde miktarı arttıkça örneklerin yağ değerlerinin önemli ölçüde azaldığını belirlemişlerdir.

Lee ve ark. (2020), beyaz tava ekmeklerinde amiloz lipit kompleksinin yağ ikame maddesi olarak kullanımını üzerine yaptıkları çalışmada örneklerin yağ değerlerinin önemli ölçüde azaldığını bildirmişlerdir.

Lourencetti ve ark. (2013), bisküvilerde yağın kısmen ikamesi amacıyla inülin kullandıkları çalışmalarında en yüksek yağ değerinin kontrol örneklerine ait olduğunu tespit etmişler, yağ ikame madde oranı arttıkça örneklerin yağ değerlerinde istatistiki açıdan önemli düşüş gözlemlediklerini belirtmişlerdir.

4.2.4.5. Karbonhidrat

Bisküvi örneklerindeki en düşük karbonhidrat değerinin % 67.94, en yüksek karbonhidrat değerinin ise % 82.10 olduğu, örneklerin karbonhidrat içeriğinin bu iki

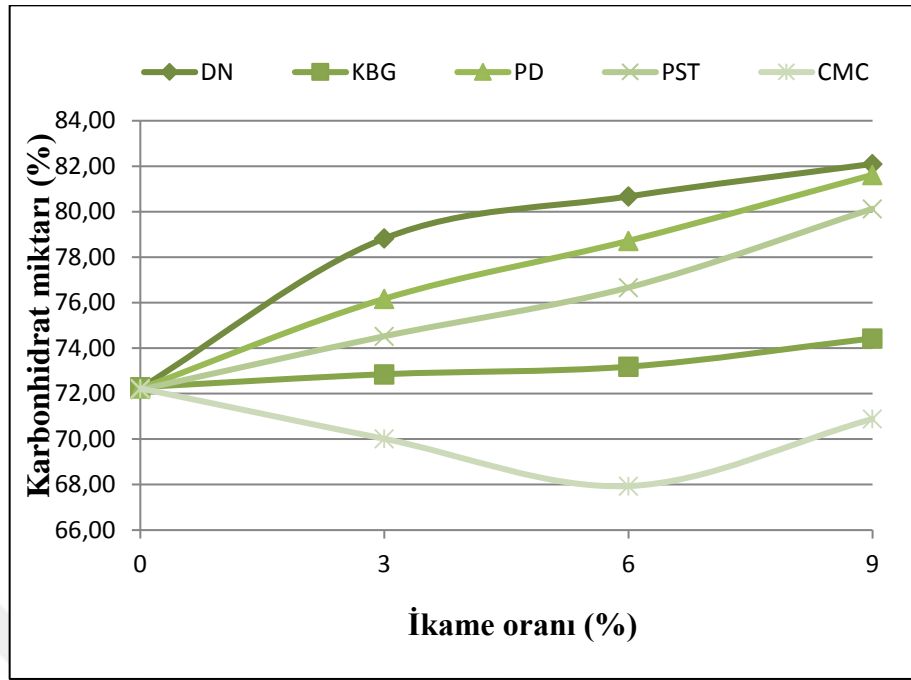
değer arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Bisküvilerin karbonhidrat değerleri ortalaması ise % 75.00 bulunmuştur (Çizelge 4.10)

Varyans analiz sonuçlarına göre bisküvi örneklerinin karbonhidrat değerleri üzerinde yağ ikame maddeleri, ikame oranı faktörlerinin ve “yağ ikame maddeleri x ikame oranı” interaksyonunun istatistiki olarak $p < 0.01$ düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

En yüksek karbonhidrat miktarı dirençli nişasta kullanılarak üretilmiş örneklerde (% 78.46) belirlenmiş olup sonra sırasıyla polidekstroz (% 77.19), peyniraltı suyu tozu (% 75.88), keçiyoynuzu gamı (% 73.19) ve karboksimetil selüloz (% 70.27) kullanımıyla elde edilmiştir. Bisküvi örneklerinin yağ ikame maddesi kullanım oranı arttıkça karbonhidrat değerlerinin yükseldiği belirlenmiştir (Çizelge 4.12)

Krystyjan ve ark. (2015), yağ ikame maddesi olarak inülin kullanımının hamur ve bisküvi özellikleri üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında, yağ ikame maddesi kullanılarak üretilen bisküvilerin kontrol örneğine kıyasla daha yüksek karbonhidrat içeriğine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Karbonhidrat değerlerindeki artışı inülinin furuktan olmasıyla açıklamışlardır.

Varyans analiz sonuçlarına göre bisküvi örneklerinin karbonhidrat değerleri üzerinde $p < 0.01$ düzeyinde etkili “yağ ikame maddeleri x ikame oranı” interaksyonu Şekil 4.7’de verilmiştir. Buna göre karboksimetil selüloz kullanımının örneklerde diğer ikame maddelerinin kullanımına kıyasla daha düşük karbonhidrat değerleri elde edilmesine yol açtığı belirlenmiştir. Dirençli nişasta, keçiyoynuzu gamı, polidekstroz ve peyniraltı suyu tozu ikame maddelerinin kullanım oranı arttıkça örneklerin karbonhidrat değerlerinin de arttığı görülmüştür. % 3 ve % 6 kullanım oranlarında örneklerin karbonhidrat miktarları arasındaki farklar artmıştır. En yüksek karbonhidrat miktarı % 9 oranında keçiyoynuzu gamı ikamesi kullanılmış örneklerde tespit edilmiş, bunu polidekstrozun % 9 oranında ikame maddesi olarak kullanıldığı örnekler takip etmiştir. % 9 oranında peyniraltı suyu tozu ikamesi kullanılmış örneklerin, keçiyoynuzu gamı ikamesi ve polidekstroz ikamelerinin % 9 oranlarında kullanıldığı örneklere yakın karbonhidrat değerleri aldığı belirlenmiştir. En düşük karbonhidrat miktarları karboksimetil selüloz ikamesinin % 6 oranında kullanıldığı örneklerde kaydedilmiş, ikame maddesi kullanım oranının % 9 a yükseltilmesiyle örneklerin karbonhidrat değerlerinde artma meydana gelmiş olsa da karboksimetil selüloz ikamesi kullanımıyla, bütün oranlarda kontrol örneğine kıyasla daha düşük karbonhidrat değerleri elde edildiği belirlenmiştir.



Şekil 4. 7. Bisküvi örneklerinin karbonhidrat değerleri üzerinde etkili yağ ikame maddeleri x ikame oranı interaksyonu

4.2.4.6. Su aktivitesi (a_w)

Gıdalarda serbest suyun varlığının göstergesi olarak su aktivitesi gösterilmektedir. Su aktivitesinin 0.6'nın altında olması gıdayı mikrobiyolojik olarak kararlı kılmaktadır. Bisküvi örneklerinin su aktivitesi değerleri 0.09 - 0.60 arasında değişim göstermiş olup ortalama 0.19 bulunmuştur (Çizelge 4.10).

Varyans analiz sonuçlarına göre bisküvi örneklerinin su aktivitesi üzerinde yağ ikame maddeleri, ikame oranı ve yağ ikame maddeleri x ikame oranı interaksyonu'nun istatistiki olarak $p < 0.01$ düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek su aktivitesi miktarı karboksimetil selüloz ikamesi kullanılarak üretilen örneklerde (0.366), en düşük su aktivitesi ise polidekstroz ikamesi kullanılarak üretilen örneklerde (0.118) kaydedilmiştir. Kullanılan yağ ikame maddesi miktarı arttıkça bisküvilerin su aktivitesi değerleri istatistiki açıdan önemli düzeyde artmıştır ($p < 0.05$). En yüksek su aktivitesi değeri % 9 ikame oranlı bisküvilerde tespit edilmiştir (Çizelge 4.12).

Forker ve ark. (2012), yağı azaltılmış bisküvilerde yağ ikame maddesi olarak mısır lifi, maltodekstrin ve acı bakla özütü kullandıkları çalışmalarında yağ ikame

maddeleri kullanılarak üretilen bisküvilerin kontrol örneğine kıyasla daha yüksek su aktivitesi değerlerine sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Konur ve Özer (2020), farklı hidrokolloid karışımlarının (ksantan gam, hidroksipropil metil selüloz, karboksimetil selüloz ve metil selüloz) glutensiz ekmeklerde kullanımını inceledikleri çalışmalarında örneklere ilave edilen hidrokolloid karışımının su aktivitesi değerlerini arttırdığı sonucuna varmışlardır.

Chaisawang ve Sripywan (2019), bisküvilerde ksantan gum, pektin, gam arabik ve beta glukanın yağ ikame maddesi olarak kullanıldığı çalışmalarında, hidrokolloid içeren yağı azaltılmış bisküvilerin, kontrol örneğine kıyasla daha yüksek su aktivitesi değerlerine sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Wekwete ve ark. (2008), avokado meyve püresi ve oatrimin yağ ikame maddesi olarak kullanımının yağı azaltılmış bisküvilerin tekstürel ve duyuşsal özellikleri üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında yağ ikame maddesi çeşidi fark etmeksizin yağı azaltılmış örneklerin kontrol örneğine kıyasla daha yüksek su aktivitesi değerlerine sahip olduğunu bildirmişlerdir.

4.2.4.7. Diyet lifi

Yağ ikame maddeleri kullanılarak üretilen bisküvi örneklerinin diyet lifi analizleri sadece 2 farklı ikame oranında (% 0 ve 6) yapılmış olup, sonuçlar Çizelge 4.13'te verilmiştir. Bu değerlere ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.14'te, çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.15'te özetlenmiştir.

Yağı azaltılmış bisküvi örneklerine ait diyet lifi miktarları % 3.03 - 7.32 arasında değişim göstermiş olup ortalama % 4.57 bulunmuştur. (Çizelge 4.13).

Varyans analiz sonuçlarına göre bisküvi örneklerinin diyet lifi değerleri üzerinde yağ ikame maddeleri, ikame oranı faktörlerinin ve “yağ ikame maddeleri x ikame oranı” interaksyonunun istatistiki olarak $p < 0.01$ düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.14).

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına bakıldığında en yüksek diyet lifi miktarı keçiyoynuzu ikamesi kullanılmış örneklerde (% 5.73) tespit edilmiş, bunu karboksimetil selüloz kullanılarak üretilen örneklerin (% 5.49) takip ettiği belirlenmiştir. En düşük diyet lifi miktarı ise peyniraltı suyu tozu ikamesinin kullanıldığı örneklerden (% 3.57) elde edilmiştir. En yüksek diyet lifi değerlerinin keçiyoynuzu gamı ikamesi kullanılarak

üretileen örneklerden elde edilmiş olması, keçiyoynuzu gamının en yüksek diyet lifi değeriine sahip olmasıyla ilişkilendirilmiştir (Çizelge 4.2). % 6 ikame oranlı örneklerin kontrol örneğine kıyasla daha yüksek diyet lifi içerdikleri belirlenmiştir (Çizelge 4.15).

Bisküvi üretiminde yağ ikame edici olarak mikrokristalin selülozun kullanıldığı bir çalışmada kontrol örneğinin diyet lifi içeriği % 1.41 olarak belirlenirken farklı oranlarda mikrokristalin selüloz ilavesi ile önemli artışlar olduğu bildirilmiştir (Wafaa ve ark., 2011).

Aggarwal ve ark. (2018), dirençli nişasta ve polidekstroz kullanımının bisküvilerin fiziksel özellikleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında katkılı örneklerin kontrol örneğine kıyasla daha yüksek diyet lifi içeriğine sahip olduklarını tespit etmişlerdir.

Aslanpay (2019), glütensiz bisküvide dirençli nişasta kullanımının araştırılması üzerine yaptığı çalışmada dirençli nişasta kullanım miktarı arttıkça örneklerin diyet lifi değerlerinin arttığı sonucuna ulaşmıştır.

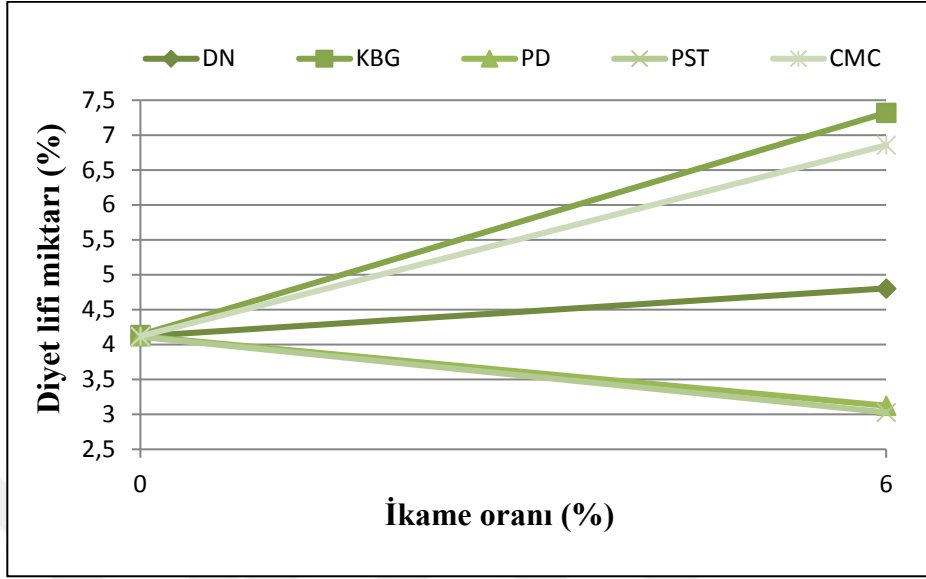
Barak ve Mudgil (2017), çözünür diyet lifinin (guar gam, kısmi hidrolize guar gam) bisküvilerin tekstür, yayılma oranı ve duyuusal kabul edilebilirliği üzerine yaptıkları çalışmada guar gam kullanımının toplam diyet lifi miktarını arttırdığını açıklamışlardır.

Krystyan ve ark. (2015), yağı azaltılmış bisküvilerde yağ ikame maddesi olarak kullanılan inülin miktarı arttıkça örneklerin diyet lifi değerlerinin arttığını bildirmişlerdir.

Moriano ve ark. (2018), polidekstroz ve dirençli nişasta kullanımının yumuşak hamurlu yağ azaltılmış bisküvilerin hamur reolojisi ve bisküvi kalitesi üzerine yaptıkları çalışmada yağ ikame maddesi kullanılan örneklerin toplam diyet lifi içeriklerinde artış olduğunu bildirmişlerdir.

Varyans analizi sonuçlarına göre bisküvi örneklerinin diyet lifi değerleri üzerinde $p < 0.01$ düzeyinde etkili “yağ ikame maddeleri x ikame oranı” interaksyionu Şekil 4.8’de verilmiştir. Buna göre keçiyoynuzu gamı ve karboksimetil selüloz ikamesi kullanımının diğer ikamelerin kullanımına kıyasla, örneklerde daha yüksek diyet lifi değerlerinin elde edilmesine yol açtığı belirlenmiştir. Dirençli nişasta, keçiyoynuzu gamı ve karboksimetil selülozun % 6 oranında kullanımının, örneklerin diyet lifi değerlerinde kontrol örneğine kıyasla artışa sebep olduğu gözlenmiştir. Polidekstroz ve peyniraltı suyu tozu ikamesinin % 6 oranında kullanıldığı örneklerin diyet lifi

değerlerinin birbirine yakın olduğu tespit edilmiş ve kontrol örneğine kıyasla daha düşük değerler aldıkları belirlenmiştir.



Şekil 4. 8. Bisküvi örneklerinin diyet lifi değerleri üzerinde etkili yağ ikame maddeleri x ikame oranı interaksyonu

Çizelge 4.13. Bisküvi örneklerine ait diyet lifi ve enerji sonuçları¹

Yağ ikame maddeleri	İkame oranı (%)	Diyet lifi (%)	Enerji (kcal/100g)
Dirençli nişasta	0	4.12 ± 0.03	453.74±0.49
	6	4.81 ± 0.04	419.56±0.29
Keçiboynuzu gamı	0	4.14 ± 0.01	453.84±0.16
	6	7.32 ± 0.04	397.45±1.31
Polidekstroz	0	4.12± 0.01	453.75±0.02
	6	3.13 ± 0.02	426.69±2.47
Peyniraltı suyu tozu	0	4.11 ± 0.01	453.89±0.01
	6	3.03 ± 0.01	423.05±0.30
Karboksümetil selüloz	0	4.12± 0.00	453.66±0.56
	6	6.86 ± 0.02	357.97±3.13
Minimum-maksimum		3.03-7.32	357.97- 453.89
Ortalama±std		4.57 ± 1.38	429.36±31.20

¹Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir. Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır

Çizelge 4.14. Bisküvi örneklerinin diyet lifi ve enerji değerlerine ait varyans analizi sonuçları¹

VK	SD	Diyet Lifi		Enerji	
		KT	F	KT	F
Yağ ikame maddeleri(A)	4	16.386470	8981.622**	3288.531	513.3660**
İkame oranı (B)	1	4.095125	8978.35**	11923.082	7445.153**
(AxB)	4	16.123150	8837.293**	3265.629	509.7908**
Hata	1	0.004105		1.60	

¹* p< 0.05 düzeyinde önemli, ** p< 0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz

Çizelge 4.15. Bisküvi örneklerinin diyet lifi ve enerji değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları¹

	n	Diyet Lifi (%)	Enerji (kcal/100g)
Yağ ikame maddeleri			
Dirençli nişasta	4	4.46 ^c	436.65 ^b
Keçiboynuzu gamı	4	5.73 ^a	425.65 ^c
Polidekstroz	4	3.62 ^d	440.21 ^a
Peyniraltı suyu tozu	4	3.57 ^e	438.47 ^{ab}
Karboksümetil selüloz	4	5.49 ^b	405.81 ^d
İkame oranı (%)			
0	10	4.12 ^b	453.78 ^a
6	10	5.03 ^a	404.94 ^b

¹Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p>0.05).

4.2.4.8. Enerji

Yağ ikame maddeleri kullanılarak üretilen bisküvi örneklerinin enerji değerleri diyet lifinin belirlendiği örneklerde (2 farklı ikame oranında % 0 ve 6) yapılmış olup, değerler Çizelge 4.13'te verilmiştir. Bu değerlere ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.14'te, çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.15'te özetlenmiştir.

Bisküvi örneklerinin enerji değerleri 357.97- 453.89 kcal/100g arasında değişmiş olup ortalama 429.36 kcal/100 g bulunmuştur (Çizelge 4.13).

Varyans analiz sonuçlarına göre bisküvi örneklerinin enerji değerleri üzerinde yağ ikame maddeleri, ikame oranı faktörleri ve “yağ ikame maddeleri x ikame oranı” interaksiyonunun istatistiki olarak $p < 0.01$ düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.15'te gösterilen çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek enerji değeri polidekstroz kullanılan örneklerde (440.21 kcal/100g), en düşük enerji değeri ise karboksimetil selüloz kullanılan örneklerde (405.81 kcal/100g) kaydedilmiştir. % 6 ikame oranlı örneklerin kontrol örneğine kıyasla daha düşük enerji değerlerine sahip oldukları kaydedilmiştir ($p < 0.05$).

Brasil ve ark. (2011), yağı azaltılmış ekmeklerde yağ ikame maddesi olarak inülin kullanımının etkileri üzerine yaptıkları çalışmada yağ ikame madde kullanım oranı arttıkça örneklerin enerji değerlerinin azaldığını bildirmişlerdir.

Forker ve ark. (2012), bisküvilerde yağ ikame maddesi olarak mısır lifi, maltodekstrin ve acı bakla özütü kullanımının artışına bağlı olarak enerji değerlerinde % 18 azalma olduğunu açıklamışlardır.

Krystyan ve ark. (2015), yağ ikame maddesi olarak inülin kullandıkları yağı azaltılmış bisküvilerin enerji içeriklerinin 426-486 kcal/100g arasında değiştiğini tespit etmişler, en düşük enerji değerini % 50 inülin ikamesi kullanımıyla elde etmişlerdir.

Lee ve ark. (2020), yağ ikame maddesi olarak amiloz lipit kompleksi kullandıkları yağı azaltılmış beyaz tava ekmeğinde azaltılan yağ miktarına bağlı olarak enerji değerlerinde önemli ölçüde düşüş tespit etmişlerdir.

4.2.4.9. Mineral madde analizi

Bisküvi örneklerine ait mineral madde analiz değerleri Çizelge 4.16' da bu değerlere ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.17'de Çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.18'de verilmiştir.

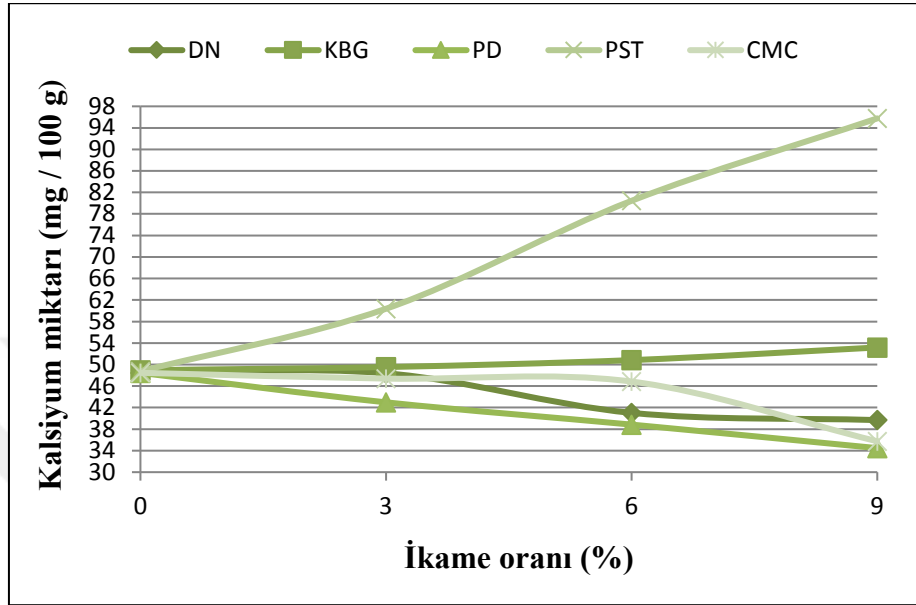
Kalsiyum: Bisküvi örneklerinin kalsiyum içerikleri 34.47 - 95.76 mg/100g arasında değişim göstermiş olup, ortalama 50.43 mg/100g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.16).

Varyans analiz sonuçlarına göre bisküvi örneklerinin kalsiyum değerleri üzerinde yağ ikame maddeleri, ikame oranı faktörleri ve “yağ ikame maddeleri x ikame oranı” interaksyonunun istatistiki olarak $p < 0.01$ düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.17).

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek kalsiyum değeri peyniraltı suyu tozu ikamesi kullanılmış örneklerde (71.33 mg/100g), en düşük kalsiyum değeri ise polidekstroz (41.18 mg/100g) ikamesi kullanılmış örneklerde tespit edilmiştir. Örneklerin kalsiyum değerleri % 6 ikame oranına kadar istatistiki açıdan önemli düzeyde artış göstermiş, ($p < 0.05$) en düşük kalsiyum değeri katkısız (% 0) örneklerde (48.60 mg/100g) belirlenmiştir. % 6 ve 9 katkılı örneklerin kalsiyum değerleri istatistiki açıdan birbirinden farksız bulunmuştur (Çizelge 4.18).

Varyans analizi sonuçlarına göre bisküvi örneklerinin kalsiyum değerleri üzerinde $p < 0.01$ düzeyinde etkili “yağ ikame maddeleri x ikame oranı” interaksyonu Şekil 4.9'da verilmiştir. Buna göre örneklerde peyniraltı suyu tozu ikamesi kullanımıyla diğer yağ ikame maddelerine kıyasla daha yüksek kalsiyum değerleri elde edildiği belirlenmiştir. Dirençli nişasta ve polidekstroz kullanım oranı arttıkça örneklerin kalsiyum değerlerinin düştüğü görülmüştür. Polidekstroz ve dirençli nişastanın % 6 oranlarında ikame edildiği örneklerin birbirine yakın kalsiyum değerleri aldıkları belirlenmiştir. Keçiboynuzu gamı, dirençli nişasta ve karboksimetil selüloz ikamelerinin % 3 oranlarında kullanıldığı örneklerin kalsiyum değerlerinin birbirlerine yakın olduğu tespit edilmiştir. Keçiboynuzu gamı ve peyniraltı suyu tozu ikamesi kullanımında artışa gidilmesi, örneklerin kalsiyum değerlerini de arttırmıştır. Peyniraltı suyu tozu ikamesi kullanım oranlarında örneklerin kalsiyum miktarları arasındaki farkın keçiboynuzu gamı ikamesine kıyasla daha fazla olduğu görülmüştür. Bisküvi örneklerinde artan oranlarda karboksimetil selüloz kullanımı kalsiyum değerlerini azaltmıştır. % 3 ve % 6 ikame kullanım oranlarında örneklerde kontrol örneğine yakın kalsiyum değerleri tespit

edilmiş, % 9 ikame kullanım oranında örneklerin kalsiyum değerleri arasındaki farkın arttığı belirlenmiştir. Yine karboksimetil selüloz ve polidekstroz ikamelerinin % 9 oranlarında kullanıldığı örneklerin birbirine yakın kalsiyum değerlerine sahip oldukları gözlenmiştir.



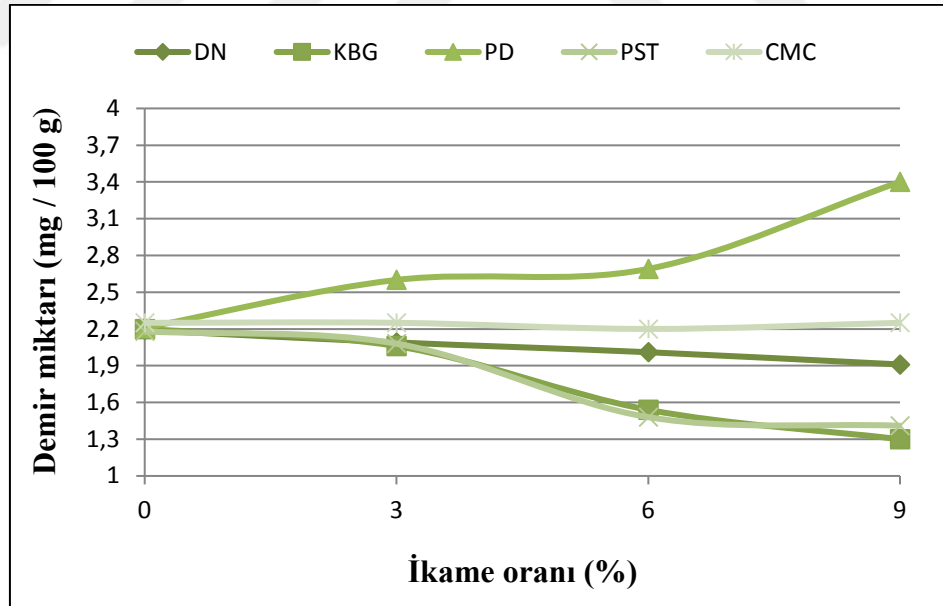
Şekil 4. 9. Bisküvi örneklerinin kalsiyum değerleri üzerinde etkili yağ ikame maddeleri x ikame oranı interaksiyonu

Demir: Bisküvi örneklerine ait demir değerleri 1.30 - 3.40 mg/100g arasında değişim göstermiş olup ortalama 2.11 mg/100 g bulunmuştur (Çizelge 4.16).

Varyans analiz sonuçlarına göre bisküvi örneklerinin demir değerleri üzerinde yağ ikame maddeleri, ikame oranı faktörlerinin ve “yağ ikame maddeleri x ikame oranı” interaksiyonunun istatistiki olarak $p < 0.01$ düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.18’de verilmiş olan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek demir değeri polidekstroz ikamesi ilave edilerek üretilmiş bisküvilerde elde edilmiştir. Keçiboynuzu gamı (1.77 mg/100g) ve peyniraltı suyu tozu ilaveli (1.78 mg/100g) bisküvilerin demir değerleri istatistiki olarak birbirinden farksız bulunmuş olup, en düşük demir değerleri bu iki örnekte belirlenmiştir. İkame oranı açısından bakıldığında en yüksek demir içeriği kontrol örneği ve % 3 oranında yağ ikame maddesi kullanılarak üretilmiş örneklerde bulunurken, % 3’ün üzerinde ikame oranında demir içeriğinin düştüğü gözlemlenmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre bisküvi örneklerinin demir değerleri üzerinde $p < 0.01$ düzeyinde etkili “yağ ikame maddeleri x ikame oranı” interaksyonu Şekil 4.10’ da verilmiştir. Buna göre polidekstroz ikamesi kullanımının diğer ikamelerin kullanımına kıyasla, örneklerde daha yüksek demir değerlerinin elde edilmesine yol açtığı belirlenmiştir. İkame oranları açısından bakıldığında dirençli nişasta ikamesinin artan oranlarda kullanımı, örneklerin demir değerlerini azaltmıştır. Dirençli nişasta, keçiyoynuzu gamı ve peyniraltı suyu tozunun % 3 ikame oranlarında kullanıldığı örneklerin demir içerikleri birbirine yakın bulunmuştur. Keçiyoynuzu gamı ve peyniraltı suyu tozu maddelerinin yağ ikamesi olarak kullanıldığı örneklerin, bütün ikame kullanım oranlarında birbirlerine yakın demir değerleri aldıkları belirlenmiş, her iki ikame maddesinin kullanım oranı arttıkça örneklerin demir değerlerinin azaldığı görülmüştür. Polidekstroz ikamesi kullanım oranı arttıkça örneklerin de demir değerlerinde artış tespit edilmiştir. Karboksimetil selüloz ikamesi kullanılarak üretilen örneklerde en düşük demir değerleri % 6 ikame oranlı örneklerde gözlenmiş, % 3 ve % 9 ikame oranlı örneklerin demir içeriklerinin kontrol örneğinin demir içeriğiyle aynı olduğu belirlenmiştir.



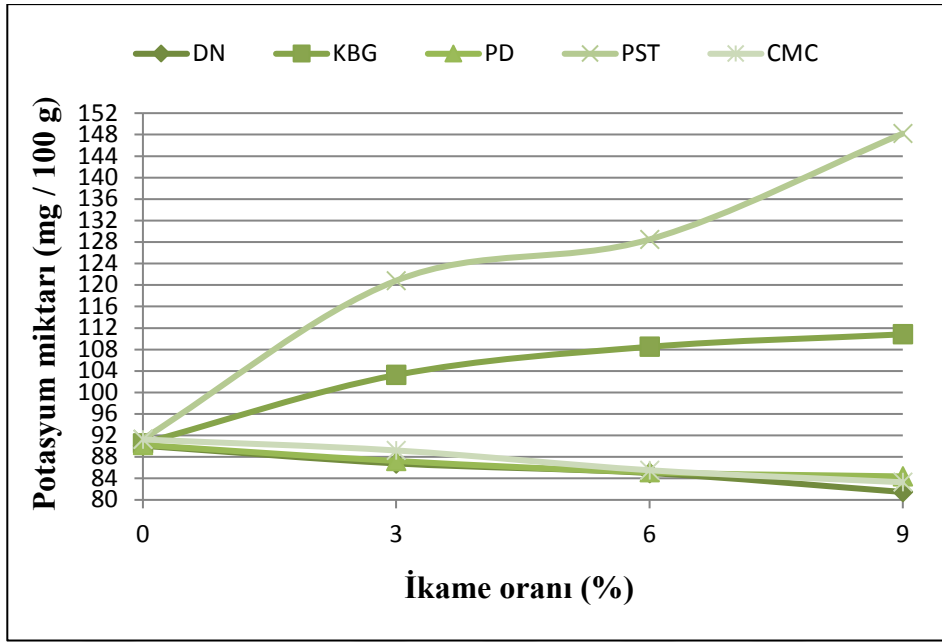
Şekil 4. 10. Bisküvi örneklerinin demir değerleri üzerinde etkili yağ ikame maddeleri x ikame oranı interaksyonu

Potasyum: Potasyum içerikleri 81.47 - 148.19 mg/100g aralığında değişmiş olan yağlı azaltılmış bisküvilerin ortalama potasyum değeri 97.07 mg/100g olarak tespit edilmiştir

(Çizelge 4.16). Varyans analiz sonuçlarına göre bisküvi örneklerinin potasyum değerleri üzerinde yağ ikame maddeleri, ikame oranı faktörleri ve “yağ ikame maddeleri x ikame oranı” interaksiyonunun istatistiki olarak $p < 0.01$ düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.17).

En yüksek potasyum değeri peyniraltı suyu tozu ikamesi ilave edilmiş örneklerde (122.20 mg/100g), en düşük potasyum değeri ise dirençli nişasta ikamesi ilave edilmiş örneklerde (85.83 mg/100g) belirlenmiştir. İkame oranları incelendiğinde, ikame oranı arttıkça potasyum içeriğinin de arttığı, % 9 ikame oranlı örneklerin en yüksek potasyum değerlerini aldığı (101.62 mg/100g), en düşük potasyum içeriğinin ise kontrol örneğinden (90.67 mg/100g) elde edildiği belirlenmiştir. % 3 ve % 6 ikame oranlarına ait potasyum içerikleri istatistiki açıdan birbirinden farksız bulunmuştur (Çizelge 4.18).

Varyans analizi sonuçlarına göre bisküvi örneklerinin potasyum değerleri üzerinde $p < 0.01$ düzeyinde etkili “yağ ikame maddeleri x ikame oranı” interaksiyonu Şekil 4.11’de verilmiştir. Buna göre keçiyoynuzu gamı ve peyniraltı suyu tozu ikamesi kullanımının diğer ikamelerin kullanımına kıyasla, örneklerde daha yüksek potasyum değerlerinin elde edilmesine yol açtığı belirlenmiş, örneklerdeki en yüksek potasyum değerleri peyniraltı suyu tozu ikamesinin kullanımıyla tespit edilmiştir. Dirençli nişasta, polidekstroz ve karboksimetil selüloz maddelerinin yağ ikamesi olarak kullanıldığı örneklerin potasyum değerleri, her üç kullanım oranında da birbirine yakın bulunmuş, bu ikame maddelerinin artan oranlarda kullanımları örneklerin potasyum değerlerini azaltmıştır. Keçiyoynuzu gamı ve peyniraltı suyu tozu ikamelerinin kullanım oranları arttıkça örneklerin potasyum değerleri de artış göstermiş, peyniraltı suyu tozu ikamesinin kullanım oranları arasındaki potasyum miktarı farkının, keçiyoynuzu gamı ikamesi kullanım oranları arasındaki potasyum miktarı farkına kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4. 11. Bisküvi örneklerinin potasyum değerleri üzerinde etkili yağ ikame maddeleri x ikame oranı interaksiyonu

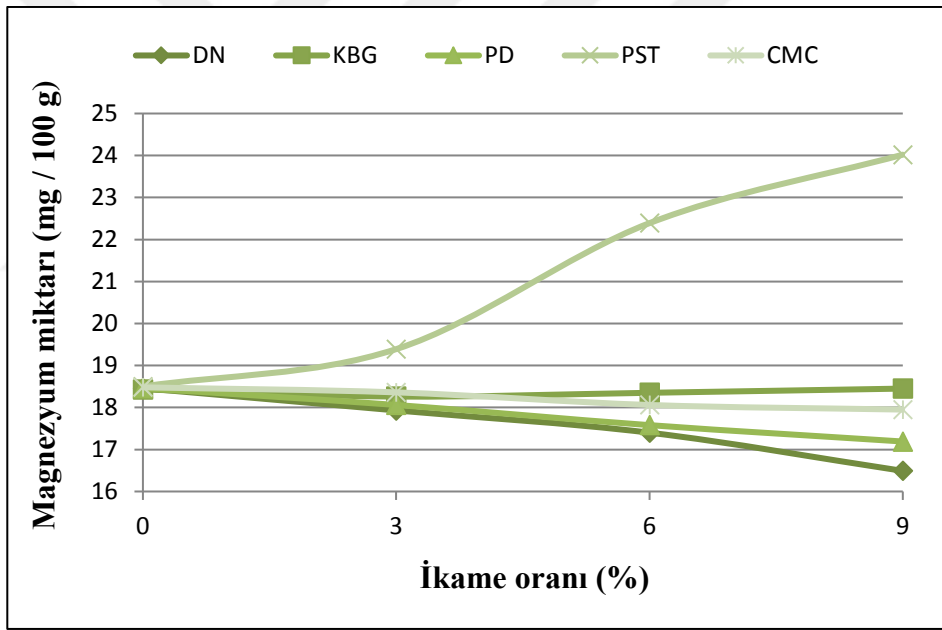
Magnezyum: Bisküvi örneklerinin magnezyum değerleri 16.49 - 24.02 mg/100g arasında değişim göstermiş olup, ortalama 18.61 mg/100g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.16).

Varyans analiz sonuçlarına göre bisküvi örneklerinin magnezyum değerleri üzerinde yağ ikame maddeleri faktörü ve “yağ ikame maddeleri x ikame oranı” interaksiyonunun istatistiki olarak $p < 0.01$ düzeyinde, ikame oranı faktörünün ise $p < 0.05$ düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.17).

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek magnezyum değeri peyniraltı suyu tozu ikamesi kullanılarak üretilen örneklerde, en düşük magnezyum değeri ise dirençli nişasta ikamesi kullanılarak üretilen örneklerde bulunmuştur. Keçiboynuzu gamı ve karboksimetil selüloz kullanılarak üretilen örneklerin magnezyum değerleri arasında istatistiki bir fark olmadığı tespit edilmiştir ($p > 0.05$). İkame oranları açısından değerlendirilecek en yüksek magnezyum içeriği % 6 ve 9 ikame oranlı örneklerde kaydedilmiştir. Kontrol örneği ve % 3 ikame oranlı örneklerin magnezyum değerleri istatistiki olarak farksız bulunmuştur (Çizelge 4.18).

Varyans analizi sonuçlarına göre bisküvi örneklerinin magnezyum değerleri üzerinde $p < 0.01$ düzeyinde etkili “yağ ikame maddeleri x ikame oranı” interaksiyonu Şekil 4.12’de verilmiştir. Buna göre peyniraltı suyu tozu ikamesi kullanımının diğer

ikamelerin kullanımına kıyasla, örneklerde daha yüksek magnezyum değerlerinin elde edilmesine yol açtığı belirlenmiştir. İkame oranları incelendiğinde dirençli nişasta, keçiyoynuzu gamı, polidekstroz ve karboksimetil selüloz maddelerinin % 3 ve % 6 oranlarında ikame edilmesiyle üretilmiş örneklerin magnezyum değerleri birbirine yakın bulunmuştur. Örneklerde dirençli nişasta, polidekstroz ve karboksimetil selüloz ikamelerinin kullanım oranı arttıkça örneklerin magnezyum değerleri azalmıştır. Keçiyoynuzu gamı ikamesi kullanılan örneklerde ise % 3 ve % 6 ikame kullanım oranlarında örneklerin magnezyum değerlerinde azalma görülürken % 9 ikame kullanım oranında örneklerdeki magnezyum içeriği kontrol örneğine kıyasla az bir farkla daha yüksek bulunmuştur. Peyniraltı suyu tozu ikamesi kullanım oranı arttıkça, örneklerin magnezyum değerlerinin de arttığı tespit edilmiştir.



Şekil 4. 12. Bisküvi örneklerinin magnezyum değerleri üzerinde etkili yağ ikame maddeleri x ikame oranı interaksyonu

Çizelge 4. 16. Bisküvi örneklerinin mineral madde sonuçları¹

Yağ ikame maddeleri	İkame oranı (%)	Ca (mg/100g)	Fe (mg/100g)	K (mg/100g)	Mg (mg/100g)	P (mg/100g)	Zn (mg/100g)
Dirençli nişasta	0	48.43±0.53	2.19±0.00	90.08±1.44	18.46±0.08	164.29±0.19	0.40±0.01
	3	48.38±0.59	2.09±0.01	86.79±0.86	17.93±0.25	165.69±0.97	0.38±0.01
	6	41.02±0.68	2.01±0.01	85.00±1.13	17.40±0.14	177.40±0.70	0.37±0.01
	9	39.68±0.50	1.91±0.03	81.47±1.94	16.49±0.01	189.67±0.47	0.35±0.01
Keçiyoynuzu gamı	0	48.95±0.44	2.20±0.02	90.54±0.88	18.43±0.00	163.29±1.33	0.41±0.01
	3	49.54 ±1.08	2.06±0.21	103.25±0.92	18.26±0.06	160.06±0.21	0.44±0.01
	6	50.83±1.34	1.54±0.25	108.50±1.41	18.35±0.36	153.95±0.36	0.51±0.01
	9	53.18±1.27	1.30±0.18	110.82±1.10	18.45±0.07	150.23±0.18	0.60±0.01
Polidekstroz	0	48.46±0.48	2.21±0.06	90.22±1.41	18.46±0.02	165.17±1.59	0.40±0.00
	3	42.98±0.25	2.60±0.01	87.24±0.34	18.06±0.01	156.68±3.78	0.40±0.01
	6	38.84±0.50	2.69±0.01	85.15±0.35	17.58±0.09	150.79±1.82	0.38±0.01
	9	34.47±0.38	3.40±0.14	84.37±0.09	17.19±0.02	144.70±3.39	0.38±0.01
Peyniraltı suyu tozu	0	48.75±0.25	2.18±0.03	91.32±0.20	18.50±0.02	164.93±1.18	0.39±0.01
	3	60.38±0.25	2.08±0.08	120.82±0.16	19.39±0.16	170.10±0.13	0.37±0.01
	6	80.45±0.35	1.48±0.16	128.49±0.54	22.39±0.83	184.34±0.76	0.35±0.01
	9	95.76±0.34	1.41±0.13	148.19±0.02	24.02±0.16	188.10±0.99	0.32±0.01
Karboksümetil selüloz	0	48.47±0.43	2.25±0.01	91.24±0.14	18.48±0.01	164.22±0.02	0.41±0.01
	3	47.39±0.58	2.25±0.08	89.20±0.13	18.36±0.03	153.00±0.84	0.40±0.01
	6	46.84±0.50	2.20±0.00	85.52±2.51	18.06±0.05	143.99±0.16	0.37±0.01
	9	35.74±0.94	2.25±0.08	83.28±4.31	17.95±0.04	142.21±0.42	0.34±0.01
Minimum-maksimum		34.47-95.76	1.30-3.40	81.47-148.19	16.49-24.02	142.21-189.67	0.32-0.60
Ortalama±std		50.43±14.27	2.11±0.47	97.07±17.58	18.61±1.68	162.64±13.88	0.39±0.06

¹Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır

Çizelge 4. 17. Bisküvi örneklerinin mineral madde değerlerine ait varyans analizi sonuçları¹

VK	SD	Ca		Fe		K		Mg		P		Zn	
		KT	F	KT	F	KT	F	KT	F	KT	F	KT	F
İkame maddeleri (A)	4	4743.00	2563.29**	4.90	138.14**	7985.98	1154.99**	63.90	314.57**	4628.50	750.96**	0.087	320.13**
İkame oranı (B)	3	69.41	50.02**	0.39	14.64**	638.71	123.16**	1.31	8.61*	58.02	12.55**	0.0002	1.01 ^{ns}
(AXB)	1	3129.31	563.73**	3.21	30.10**	3390.26	163.44**	44.93	73.73**	2797.93	151.32**	0.056	69.78**
Hata	19	0.463		0.008		1.72		0.050		1.54		0.001	

¹*p<0.05 düzeyinde önemli, **p<0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz

Çizelge 4.18. Bisküvi örneklerinin mineral madde değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları¹

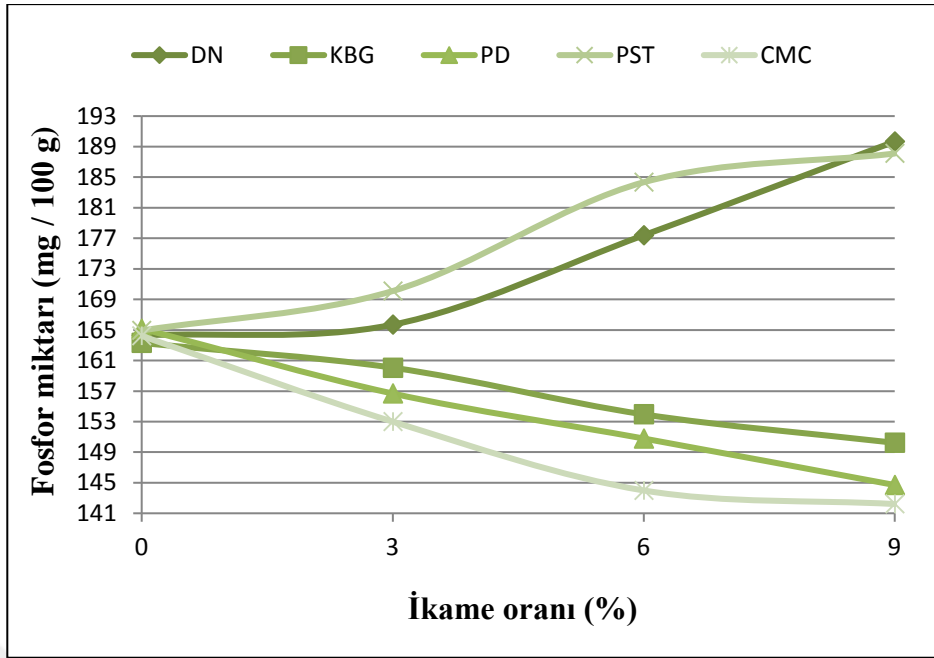
	n	Ca (mg/100g)	Fe (mg/100g)	K (mg/100g)	Mg (mg/100g)	P (mg/100g)	Zn (mg/100g)
Yağ ikame maddeleri							
Dirençli nişasta	8	44.37 ^c	2.04 ^c	85.83 ^d	17.56 ^d	174.25 ^b	0.37 ^c
Keçiboynuzu gamı	8	50.62 ^b	1.77 ^d	103.27 ^b	18.37 ^b	156.88 ^c	0.48 ^a
Polidekstroz	8	41.18 ^d	2.72 ^a	86.74 ^{cd}	17.81 ^c	154.33 ^d	0.38 ^b
Peyniraltı suyu tozu	8	71.33 ^a	1.78 ^d	122.20 ^a	21.07 ^a	176.86 ^a	0.35 ^d
Karboksümetil selüloz	8	44.60 ^c	2.23 ^b	87.30 ^c	18.20 ^b	150.85 ^e	0.37 ^c
İkame oranı (%)							
0	10	48.60 ^c	2.20 ^a	90.67 ^c	18.46 ^b	164.38 ^a	0.39 ^a
3	10	49.73 ^b	2.21 ^a	97.45 ^b	18.39 ^b	161.10 ^c	0.39 ^a
6	10	50.59 ^a	1.98 ^b	98.53 ^b	18.75 ^a	162.09 ^{bc}	0.39 ^a
9	10	51.76 ^a	2.05 ^b	101.62 ^a	18.81 ^a	162.97 ^b	0.39 ^a

¹Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p<0.05).

Fosfor: Bisküvi örneklerinin fosfor değerleri 142.21 - 189.67 mg/100g aralığında değişim göstermiş olup, ortalama değer 162.64 mg/100g bulunmuştur (Çizelge 4.16). Varyans analiz sonuçlarına göre bisküvi örneklerinin fosfor değerleri üzerinde yağ ikame maddeleri, ikame oranı faktörleri ve “yağ ikame maddeleri x ikame oranı” interaksyonunun istatistiki olarak $p < 0.01$ düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.18’de verilmiş olan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek fosfor değeri peyniraltı suyu tozu ikamesi kullanılmış örneklerde (176.86 mg/100g), en düşük fosfor değeri ise karboksimetil selüloz ikamesi kullanılmış örneklerde (150.85 mg/100g) belirlenmiştir. Yağ ikame maddesi kullanım oranı açısından bakıldığında, en yüksek fosfor değeri kontrol örneğinde (% 0) tespit edilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre bisküvi örneklerinin fosfor değerleri üzerinde $p < 0.01$ düzeyinde etkili “yağ ikame maddeleri x ikame oranı” interaksyonu Şekil 4.13’te verilmiştir. Buna göre dirençli nişasta ve peyniraltı suyu tozu ikamelerinin kullanımının diğer ikamelerin kullanımına kıyasla, örneklerde daha yüksek fosfor değerlerinin elde edilmesine yol açtığı belirlenmiştir. İkame oranları açısından bakıldığında dirençli nişasta ve peyniraltı suyu tozu ikamelerinin artan oranlarda kullanımı örneklerin fosfor değerlerini de arttırmıştır. Örneklerde en yüksek fosfor değeri % 9 dirençli nişasta ikame maddesi kullanımıyla elde edilmiş, bunu % 9 oranında peyniraltı suyu tozu ikamesi kullanımıyla üretilen örneklerin takip ettiği belirlenmiştir. Peynir altı suyu tozu ikamesinin % 3 ve % 6 oranlarında kullanımıyla üretilmiş örneklerde, dirençli nişastanın aynı oranlarda kullanıldığı örneklere kıyasla daha yüksek fosfor değerleri ölçüldüğü tespit edilmiştir. Keçiyoynuzu gamı, polidekstroz ve karboksimetil selüloz ikamelerinin kullanım oranları arttıkça örneklerin fosfor değerlerinin azaldığı belirlenmiştir.



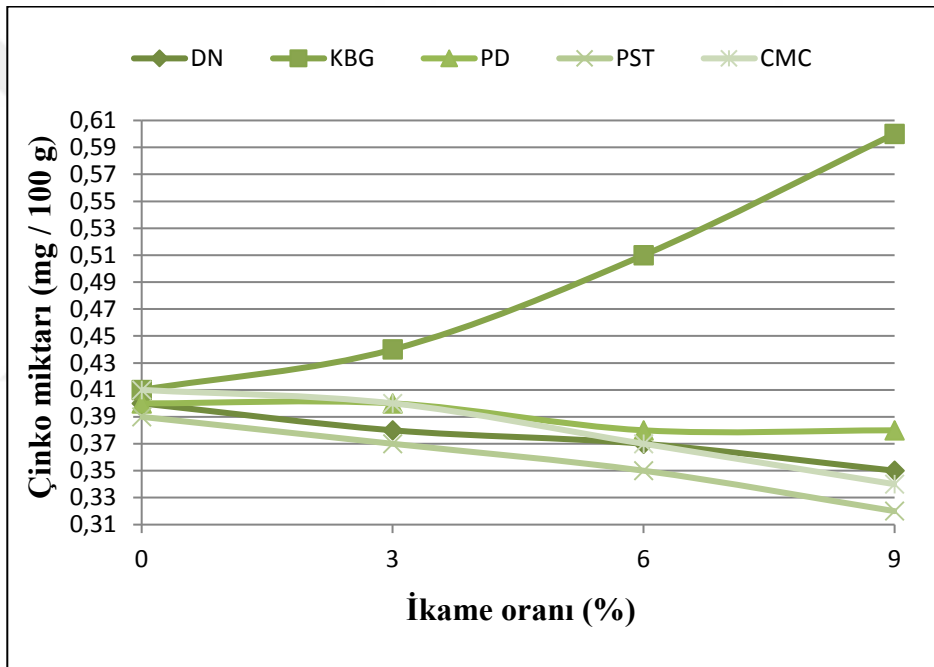
Şekil 4. 13. Bisküvi örneklerinin fosfor değerleri üzerinde etkili yağ ikame maddeleri x ikame oranı etkileşimi

Çinko: Bisküvi örneklerinin çinko değerleri 0.32 - 0.60 mg/100g arasında değişim göstermiş, ortalama 0.39 mg/100g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.16). Varyans analiz sonuçlarına göre bisküvi örneklerinin çinko değerleri üzerinde yağ ikame maddeleri faktörü ve “yağ ikame maddeleri x ikame oranı” etkileşimi $p < 0.01$ düzeyinde etkiliyken ikame oranı faktörünün istatistiksel olarak etkisiz olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.17).

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek çinko değeri keçiyoynuzu gamı ikamesi kullanılarak üretilen örneklerde (0.48 mg/100g), en düşük çinko değeri ise peyniraltı suyu tozu ikamesi kullanılarak üretilen örneklerde (0.35 mg/100g) bulunmuştur. İkame maddesi kullanım oranı artışının örneklerin çinko içeriklerinde istatistiksel açıdan önemli bir değişime sebep olmadığı görülmüştür. Bütün ikame oranlarında bisküvilerin çinko değerleri istatistiksel olarak birbirinden farklı bulunmuştur ($p > 0.05$) (Çizelge 4.18).

Varyans analizi sonuçlarına göre bisküvi örneklerinin çinko değerleri üzerinde $p < 0.01$ düzeyinde etkili “yağ ikame maddeleri x ikame oranı” etkileşimi Şekil 4.14’te verilmiştir. Buna göre keçiyoynuzu gamı ikamesi kullanımının diğer ikamelerin kullanımına kıyasla, örneklerde daha yüksek çinko değerlerinin elde edilmesine yol açtığı belirlenmiştir. Dirençli nişasta, peyniraltı suyu tozu ve karboksimetil selülozun artan oranlarda ikame maddesi olarak kullanıldığı örneklerin çinko değerlerinin azaldığı

tespit edilmiştir. Ayrıca dirençli nişasta, polidekstroz ve karboksimetil selüloz ikame maddelerinin % 6 kullanım oranlarında örneklerin çinko değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmüştür. Keçiboynuzu gamı ikamesinin artan oranlarda kullanımı, örneklerin çinko değerlerini bariz biçimde arttırmıştır. Polidekstroz hammaddesinin yağ ikamesi olarak kullanıldığı örneklerin çinko değerlerinde % 3 ikame oranından sonra bir düşüş tespit edilmiş, % 6 ve % 9 ikame kullanım oranlarında örneklerin çinko değerlerinin sabit kaldığı belirlenmiştir. Karboksimetil selüloz ve polidekstroz ikame maddelerinin % 3 ikame oranlarında kullanıldığı örneklerin çinko değerleri birbirine yakın bulunmuştur.



Şekil 4. 14. Bisküvi örneklerinin çinko değerleri üzerinde etkili yağ ikame maddeleri x ikame oranı interaksyonu

Bisküvi üretiminde besinsel lif kaynağı olarak turunçgil albedolarının kullanıldığı bir çalışmada kullanım oranına bağlı olarak örneklerin Ca, K, Mg, içeriklerinde artışlar olduğu bildirilmiştir (Demirel ve Demir, 2018).

Beğen (2012), bisküvi üretiminde besinsel lif içeriğini artırmak amacıyla lupen kepeği kullandığı çalışmasında kepek oranına bağlı olarak bisküvi örneklerinin Ca ve Mg içeriklerinde artış olduğunu bildirmiştir.

Babiker ve ark. (2020) bisküvi formülasyonuna keçi boyunuzu unu ilavesinin bazı fizikokimyasal ve duyuşal özellikler üzerindeki etkilerini incelemişler ve en düşük Ca, K, Mg içeriklerinin kontrol örneğinde olduğunu, keçiboyunuzu unu oranına bağılı olarak belirtilen mineral madde içeriklerinde artışlar gerçekleştiğini belirlemişlerdir.

Besinsel lif kaynağı olarak yağsızlaştırılmış pirinç kepeğinin kullanıldığı bir diğler çalışmada da artan kepek oranına bağılı olarak bisküvi örneklerinin besinsel lif içeriklerinde ve bununla birlikte Ca, K ve Mg içeriklerinde artışlar tespit edilmiştir (Sharif ve ark., 2009).

4.2.4.10. Ransimat analizi (İndüksiyon süresi)

Bisküvi örneklerine ait ransimat analizi sonuçları Çizelge 4.19' da bu sonuçlara ait varyans analizi değerleri Çizelge 4.20'de çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.21'de verilmiştir.

Bisküvi örneklerinin indüksiyon süreleri 16.12 - 21.88 saat arasında değişim göstermiş olup ortalama 17.80 saat olarak bulunmuştur (Çizelge 4.19).

Varyans analiz sonuçlarına göre örneklerin indüksiyon süresi üzerinde, yağ ikame maddeleri ve ikame oranı faktörlerinin etkisinin $p < 0.01$ düzeyinde önemli, “yağ ikame maddeleri x ikame oranı” interaksyonunun etkisinin ise istatistiki olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.20).

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek indüksiyon süresi dirençli nişasta ve keçiboyunuzu gamı ikamesi kullanılarak üretilen bisküvilerde tespit edilmiştir. Kullanılan diğler ikame maddelerinin indüksiyon süresi üzerinde istatistiki olarak benzer ($p > 0.05$) sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. İkame oranı açısından değerlendirilecek olursa en düşük indüksiyon süresi % 0 ikame oranlı örneklerde (16.20 saat), en yüksek indüksiyon süresi ise % 9 ikame oranlı örneklerde (19.16 saat) belirlenmiştir (Çizelge 4.21).

Chung (2012), yağı azaltılmış bisküvilerde yağ ikame maddesi olarak maltodekstrin, simplese, guar gam kullanımı üzerine yaptığı çalışmada en yüksek indüksiyon değerinin guar gam ikamesi kullanılmış örneklerde tespit edildiğini bildirmiştir.

Badem ezmesinin kalitesi ve raf ömrünün iyileştirilmesi için yapılan bir çalışmada antioksidan olarak tokoferol karışımı, stabilizatör olarak ise ticari ürün olan

Palsgaard 6111® ilave edilmiş, ransimat analizi sonuçlarından, antioksidan ilavesinin acılaşmayı önemli ölçüde engellediği, antioksidan ilavesinin, badem ezmesinde de olumlu etkileri olduğu, stabilizatör ilavesinin ise oksidasyonu azaltmasına karşın, önemli bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir. Kontrol örneklerine ait indüksiyon sürelerinin antioksidan kullanılan formülasyonlara göre oldukça düşük olduğu belirtilmektedir (Çapanoğlu, 2002).



Çizelge 4.19. Bisküvi örneklerine ait indüksiyon süresi sonuçları¹

Yağ ikame maddeleri	İkame oranı (%)	İndüksiyon Süresi (saat)
Dirençli nişasta	0	16.12 ±0.01
	3	18.60 ±1.99
	6	19.32 ±1.99
	9	21.09 ±1.99
Keçiboynuzu gamı	0	16.31 ±0.21
	3	19.42 ±1.21
	6	20.17 ±1.07
	9	21.88 ±1.07
Polidekstroz	0	16.24 ±0.06
	3	17.41 ±1.21
	6	17.64 ±1.21
	9	17.84 ±1.21
Peyniraltı suyu tozu	0	16.12 ±0.09
	3	16.35 ±0.27
	6	16.54 ±0.48
	9	16.92 ±0.01
Karboksimetil selüloz	0	16.26 ±0.12
	3	16.50 ±0.11
	6	17.37 ±0.64
	9	18.08 ±0.78
Minimum-maksimum		16.12-21.88
Ortalama±std		17.80 ±1.87

¹Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır.

Çizelge 4.20. Bisküvi örneklerinin indüksiyon süresi değerlerine ait varyans analizi sonuçları¹

VK	SD	İndüksiyon Süresi	
		KT	F
Yağ ikame maddeleri (A)	4	49.808	14.169**
İkame oranı (B)	3	45.732	17.346**
(AxB)	1	20.259	1.921 ^{ns}
Hata	19		0.87882

¹* p< 0.05 düzeyinde önemli, ** p< 0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz

Çizelge 4.21. Bisküvi örneklerinin indüksiyon süresi değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları¹

	n	İndüksiyon Süresi (saat)
Yağ ikame maddeleri		
Dirençli nişasta	8	18.78 ^a
Keçiboynuzu gamı	8	19.44 ^a
Polidekstroz	8	17.27 ^b
Peyniraltı suyu tozu	8	16.48 ^b
Karboksümetil selüloz	8	17.05 ^b
İkame oranı (%)		
0	10	16.20 ^c
3	10	17.65 ^b
6	10	18.20 ^b
9	10	19.16 ^a

¹Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistikî olarak birbirinden farklı değildir (p<0.05).

4.2.5. Duyusal analizler

Gıda maddelerinin tüketicilerce oluşturulacak ilk izlenimi önemli olup, görünüş, doku ve lezzet gibi temel duyusal özellikleri bu izlenimde başrol oynamaktadır.

Bisküvilere ait duyusal analiz sonuçları Şekil 4.1’de verilmiştir. Renk değerleri 2.50 - 5.00, tat değerleri 2.00 - 5.00, koku değerleri 2.30 - 5.00, ağız hissiyatı değerleri 2.00 - 5.00 ve genel beğeni değerleri 2.20 - 5.00 arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.1).

Renk: Bisküvi örnekleri renk parametresi açısından değerlendirildiğinde; karboksimetil selüloz dışındaki tüm yağ ikame maddelerinin istatistiki olarak benzer ($p>0.05$) sonuçlar verdiği, karboksimetil selüloz kullanılarak üretilen bisküvilerin ise panelistler tarafından daha az beğenildiği belirlenmiştir. İkame oranı açısından değerlendirildiğinde ise; kontrol ve % 3 ikame oranındaki örneklerin en yüksek ve istatistiki olarak benzer skorlar aldığı belirlenmiştir. % 3 ikame oranından daha yüksek oranda ilave edilen yağ ikame maddelerinin renkte beğenilerin azalmasına yol açtığı gözlemlenmiştir.

Tat: Panelistler tarafından yapılan değerlendirme sonucunda en çok beğenilen bisküvilerin dirençli nişasta, polidekstroz ve peynir altı suyu tozu ikame edilen örnekler olduğu, bunu sırasıyla keçiyoynuzu gamı ve karboksimetil selülozun takip ettiği tespit edilmiştir. Renk skorlarına benzer şekilde kontrol ve % 3 ikame oranındaki örnekler en beğenilen örnekler olmuştur. % 6 ve 9 ikame oranındaki örnekler tat parametresi açısından panelistler tarafından daha az beğenilmiştir.

Koku: Bisküvi örneklerinin kokuları karşılaştırıldığında en çok beğenilen örneklerin dirençli nişasta ve polidekstroz içeren örnekler olduğu, bunu sırasıyla peynir altı suyu tozu, keçiyoynuzu gamı ve karboksimetil selülozun takip ettiği belirlenmiştir.

Ağız hissiyatı: Bisküvilerin ağızda bıraktığı his panelistler tarafından değerlendirildiğinde; en çok beğeni alan örneğin polidekstroz ikame edilen örnekler olduğu en düşük skorları ise karboksimetil selüloz içeren örneklerin aldığı belirlenmiştir. Dirençli nişasta ve peynir altı suyu tozunun benzer skorlar aldığı tespit edilmiştir.

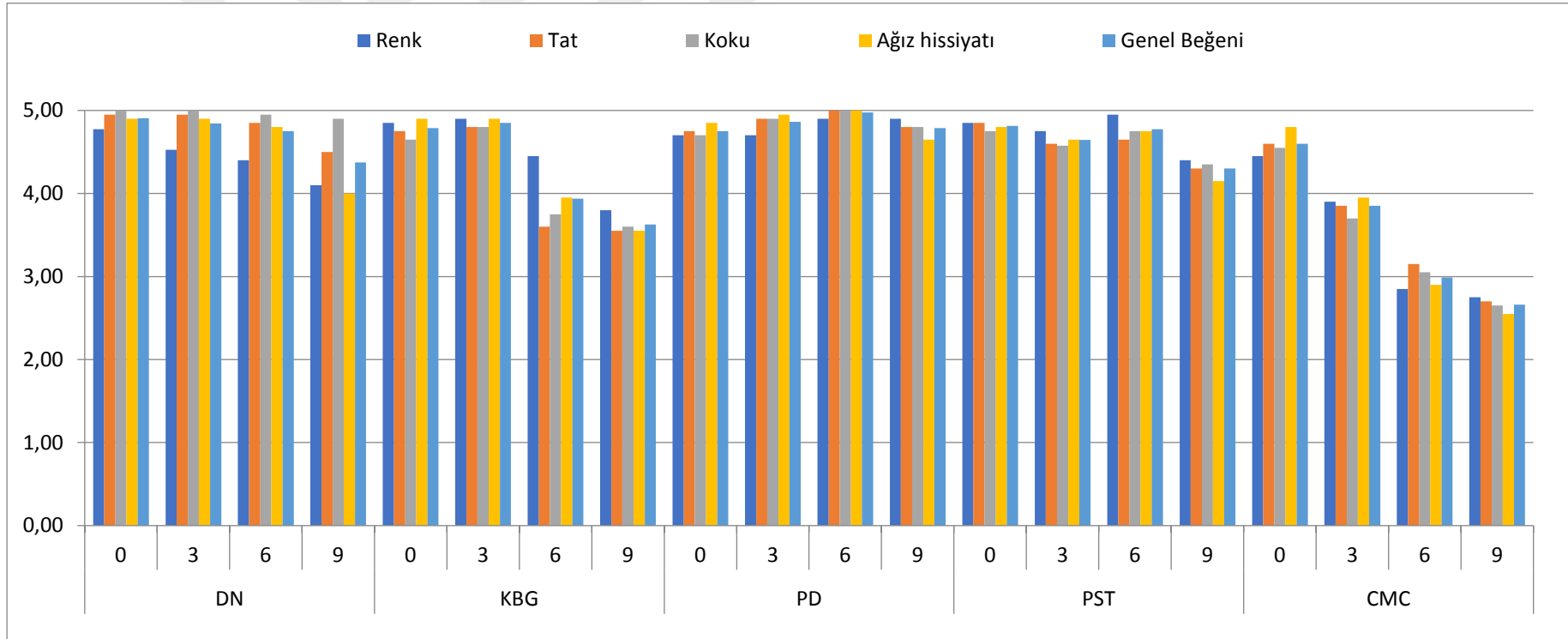
Genel beğeni: Panelistlerin tüm duyuşsal özellikleri göz önüne alarak belirledikleri genel beğeni skorları incelendiğinde; Dirençli nişasta, polidekstroz ve peyniraltı suyu tozu ikame edilmiş örneklerin en çok beğenildiği, keçiyoynuzu gamının daha düşük skorlar aldığı, karboksimetil selüloz içeren örneklerin ise en beğenilmeyen örnekler olduğu tespit edilmiştir. İkame oranları bakımından genel beğenide en yüksek değerler kontrol ve % 3 ikame oranındaki örneklerde kaydedilmiş ve örneklerin % 3 ikame oranına kadar kontrol bisküvilerine benzer skorlar aldığı, % 3 ikame oranının üzerinde ise; beğenin düştüğü belirlenmiştir. Genel beğeni parametrelerinde en düşük skorları % 9 ikame oranlı örnekler almıştır (Şekil 4.1). İkame maddelerinin % 3 oranına kadar ilave edilmesinin duyuşsal açıdan hiçbir olumsuz etki oluşturmadığı belirlenmiştir.

Yapılan çalışmalarda bisküvide yağ ikame madde kullanım oranı arttıkça ağız hissiyatı başta olmak üzere duyuşsal parametrelerde kontrol örneğine kıyasla daha düşük skorlar elde edildiği, kullanılan shorteningin bisküviye sağladığı aroma, yağlılık hissiyatı ve tadın yerine konmasının kolay olmadığı bildirilmiştir (Sudha ve ark., 2007; Hadnadev ve ark., 2015).

Can (2015), diyet lifi bakımından zengin olan portakal kabuğu tozunun bisküvi kalitesi üzerine etkisini incelediği çalışmasında, dondurularak kurutulmuş portakal kabuğu tozunun bisküvilere % 3 oranında eklenmesinin duyuşsal özellikler bakımından kontrol örneğine yakın skorlar aldığını bildirmiştir.

Topaloğlu (2015), yağın % 20 oranında azaltılıp % 3.75 oranında maltodekstrin ikamesi ilave edilmiş bisküvilerde duyuşsal parametreler açısından kontrol örneğine benzer skorlar kaydedildiğini bildirmiştir.

Wani ve ark. (2015), bisküvilerde peyniraltı suyu protein konsantresinin % 4 oranında kullanımının kontrol örneğine yakın duyuşsal özellikler sağladığını belirtmiştir.



Şekil 4.15. Bisküvi örneklerine ait duysal analiz sonuçları

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu araştırmada, bisküvi üretiminde kullanılan yağ miktarının azaltılması ve yağ ikame edici maddelerden dirençli nişasta, keçiyoynuzu gamı, polidekstroz, peynir altı suyu tozu ve karboksimetil selülozün değişen oranlarda bisküvi formülasyonunda kullanılmasıyla üretilen bisküvilerin bazı fiziksel, kimyasal, tekstürel ve duyuşsal özellikleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen önemli sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Yağ ikame maddesi olarak kullanılan dirençli nişasta, keçiyoynuzu gamı, polidekstroz, peynir altı suyu tozu ve karboksimetil selülozün kimyasal analiz sonuçlarına göre karboksimetil selüloz (% 16.88) ve peynir altı suyu tozu (% 6.31) yüksek kül içerikleri ile, peyniraltı suyu tozu (% 7.09) yüksek protein içeriği ile ve keçiyoynuzu gamı (% 6.39) yüksek protein ve diyet lifi (% 79.51) içeriği ile dikkat çekici bulunmuştur. Keçiyoynuzu gamının yağ değerinin diğer yağ ikame maddelerine kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiş, dirençli nişasta, polidekstroz, peyniraltı suyu tozu ve karboksimetil selüloz maddelerinin yağ içerikleri istatistiki olarak birbirinden farksız bulunmuştur. Yağ ikame edici maddelerin karbonhidrat içerikleri de karşılaştırılmış ve sırasıyla polidekstroz (% 94.32) ve dirençli nişasta (% 86.36) yüksek karbonhidrat içeriklerine sahip hammaddeler olarak belirlenmiştir.

Bisküvi örneklerinin renk analiz sonuçları incelendiğinde yağ ikame maddelerinin L^* , a^* ve b^* değerleri üzerinde istatistiki açıdan önemli ($p<0.01$) etkilerinin olduğu, ikame oranı faktörüne bağlı olarak da renk değerlerinde önemli farklılıklar ($p<0.01$) gerçekleştiği tespit edilmiştir. İkame oranına bağlı olarak örneklerin L^* değerlerinde artışlar görülürken, a^* ve b^* değerlerinde düşüşler gözlenmiştir.

Yağı azaltılmış bisküvi örneklerinin çap, kalınlık, yayılma oranı ve sertlik değerleri incelendiğinde hem yağ ikame edici madde çeşidinin hem de ikame oranının tüm parametrelerde istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) etkileri olduğu belirlenmiştir. Polidekstroz kullanımı en yüksek çap değerini verirken, keçiyoynuzu gamı ve karboksimetil selüloz kullanımı ile diğer yağ ikame edicilere kıyasla daha kalın bisküviler elde edilmiştir. Keçiyoynuzu gamı kullanımı en yüksek sertlik değerine sahip bisküvilerin üretilmesine neden olmuştur. Sonuçlar ikame oranı açısından

incelendiğinde çap ve yayılma oranı değerlerinde ikame oranına bağlı olarak azalış, kalınlık ve sertlik değerlerinde ise artış gözlenmiştir.

Bisküvi örneklerinin kimyasal analiz sonuçları değerlendirildiğinde karboksimetil selüloz kullanılarak üretilen örneklerin en yüksek nem, kül ve su aktivitesi içeriğine, en düşük protein ve karbonhidrat içeriğine sahip olduğu gözlenmiştir. En yüksek yağ içeriği keçiyoynuzu gamı kullanımıyla elde edilirken polidekstroz, peyniraltı suyu tozu ve karboksimetil selüloz kullanımı istatistiki açıdan benzer değerlerin elde edilmesini sağlamıştır. İkame oranına bağlı olarak örneklerin nem, kül, karbonhidrat ve su aktivitesi değerlerinde artış tespit edilirken, protein ve yağ değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca % 6 oranında ikame maddesi kullanımının kontrol örneğine kıyasla, örneklerin diyet lifi içeriklerinde önemli ($p<0.01$) bir artış, enerji değerlerinde ise önemli ($p<0.01$) bir düşüş sağladığı görülmüştür.

Yağ ikame maddesi çeşidi ve ikame oranının bisküvi örneklerinin Ca, Fe, K ve P içeriklerinde önemli etkileri ($p<0.01$) olurken, örneklerin magnezyum içerikleri üzerinde ikame oranı faktörünün $p<0.05$ düzeyinde etkili olduğu, çinko içeriklerinin ise ikame oranı faktöründen etkilenmediği ($p>0.05$) tespit edilmiştir. Yağ ikame edici maddelerden peyniraltı suyu tozunun kullanımı Ca, K, Mg ve P açısından en yüksek değerlerin elde edilmesini sağlamıştır.

Bisküvi örneklerinin ransimat analiz sonuçları incelendiğinde yağ ikame edici madde çeşidi ve ikame oranı faktörlerinin indüksiyon süreleri üzerinde istatistiki açıdan önemli ($p<0.01$) etkileri görülürken, “yağ ikame maddeleri x ikame oranı” interaksyonunun etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Formülasyonda dirençli nişasta ve keçiyoynuzu gamı kullanımı ile en yüksek indüksiyon süreleri elde edilmiştir. İkame oranı bakımından en yüksek indüksiyon süresi % 9 ikame oranlı örneklerde görülmüştür.

Duyusal analiz sonuçlarına göre renk skorları 2.50 - 5.00, tat skorları 2.00 - 5.00, koku skorları 2.30 - 5.00, ağız hissiyatı skorları 2.00 - 5.00 ve genel beğeni skorları 2.20 -5.00 arasında değişim göstermiştir. Dirençli nişasta, polidekstroz ve peyniraltı suyu tozu ikame edilmiş örnekler panelistlerin en çok beğendiği örnekler olmuştur. Yağ ikame maddelerinin % 3 ikame oranına kadar ilavesinde kontrol örneğine benzer sonuçlar alınmıştır (Şekil 4.1).

Sonuç olarak, enerjisi düşürülmüş bisküvi üretiminde; bisküvinin temel bileşenlerinden biri olan yağın % 20 oranında azaltılarak, yağı ikame etme amacıyla polidekstroz, dirençli nişasta ve peyniraltı suyu tozunun % 3 oranında kullanımının;

keçiboynuzu gamı ve karboksimetil selüloz kullanımına kıyasla, yağın son üründe sağladığı arzu edilen dokusal özelliklere yakın özellikler sağladığı ve duysal kaliteye olumsuz etki oluşturmadan kullanılacakları kanaati uyanmıştır.



6. KAYNAKLAR

- AACC, 1990, Approved Methods of American Association of Cereal Chemists, 8th ed., *American Association of Cereal Chemists*, Saint Paul, USA.
- Acar, N. E., Sınar, D. S ve Yıldırım, İ., 2019, Kafein ve obezite, *Türkiye Spor Bilimleri Dergisi*, 3(1), 10-20.
- ADA (American Dietetic Association) Reports, 2005, "Fat Replacers", *Journal of the American Dietetic Association*, 105, 266-275.
- Aggarwal, D., Sabikhi, L., Kumar, M. H. S. ve Panjagari, N. R., 2018, Investigating the effect of resistant starch, polydextrose and biscuit improver on the textural and sensory characteristics of dairymultigrain composite biscuits using response surface methodology, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12, 1167–1176.
- Ak, K., 2005, Asit modifiye nişasta üretimi ve karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Akın, B. ve Ölçer, H., 2008, Nişasta: Biyosentezi, Granül yapısı ve Genetik Modifikasyonlar, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi Dergisi*, 16, 1-9.
- Akoh, C.C., 1998, Fat replacers, *Food Technology*, 52, 47-53.
- Aktaş, K. (2012). Sütçülük yan ürünleri ve β glukan ilavesi ile eriştinin besinsel özelliklerinin artırılması üzerine bir araştırma, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Allison, D. B., Fontaine, K. R., Manson, J. E., Stevens, J., and VanItallie, T. B. 1999, Annual deaths attributable to obesity in the United States, *Jama*, 282(16), 1530-1538.
- Alpan, M., 2012, Bisküvi sektör notu, *Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri*, 1-16.
- Altuğ, T., 2006, Gıda Katkı Maddeleri, Meta Basım, İzmir, 276s..
- Altun, Ö., Bostancı, Ş., Cizrelioğulları, M. N., Şen, A. M., ve Şimşek, A., 2020, Gastronomi araştırmaları, *İksad Yayınevi*, Ankara, 73-90.
- Anonymous, 1989, National Research Cotmcil (NRC): Recommended Dietary Allowances, 10th Ed. National Acedemy Press Washington, DC.
- Anonymous, 1999, WHO/ International Diabetes Fedcration. The economics of diabetes and diabetes care A Rcport o f thc Diabetes Health Economic Study Group.
- Anonim, 2013, Bisküvi hamuru hazırlama, *Milli Eğitim Bakanlığı*, Ankara, 1-42.

Anonim, 2017, TS 2383 Bisküvi Standardı, *Türk Standartları Enstitüsü*.

Arıbaş, M., 2020, Tip 4 enzime dirençli nişasta ilavesiyle üretilen ekmek ve makarna örneklerinde tahmini glisemik indeks değerlerinin ve Bazı fonksiyonel özelliklerinin incelenmesi, Doktora tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.

Aslanpay, K. C., 2019, Investigation of the use of resistant starch in the production of gluten free biscuits, Yüksek Lisans Tezi, *Gaziantep Üniversitesi Doğa ve Uygulamalı Bilimler Enstitüsü*, Gaziantep.

Astrup, A., Ryan, L., Grunwald, G. K., Storgaard, M., Saris, W., Melanson, E., and Hill, J. O., 2000, The role of dietary fat in body fatness: evidence from a preliminary meta-analysis of ad libitum low-fat dietary intervention studies, *British Journal of Nutrition*, 83(S1), S25-S32.

Astrup, A., Breum, L., Toubro, S., Hein, P., and Quaade, F., 1992, The effect and safety of an ephedrine/caffeine compound compared to ephedrine, caffeine and placebo in obese subjects on an energy restricted diet. A double blind trial. *International journal of obesity and related metabolic disorders: journal of the International Association for the Study of Obesity*, 16(4), 269-277.

Ayas, I., 2016, Obezite ile mücadelede obezite vergilerinin algılanan etkinliği, Doktora Tezi, *Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Sakarya.

Aydın, N., 2012, Keçiboynuzu unu ilavesinin bisküvinin bazı kalite kriterlerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli.

Aydın, E., 2014, Balkabağı (*Cucurbita moschata*) unu katkısının bisküvinin antioksidan aktivite ve besinsel kalitesine etkileri, Doktora Tezi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa, 13-21.

Babiker, E. E., Özcan, M. M., Ghafoor, K., Al Juhaimi, F., Ahmed, I. A. M., and Almusallam, I. A., 2020, Physico-chemical and bioactive properties, fatty acids, phenolic compounds, mineral contents, and sensory properties of cookies enriched with carob flour, *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(10), 14745.

Baltsavias, A., Jurgens, A., Van Vliet, T., 1999, Properties of short-dough biscuits in relation to structure, *Journal of Cereal Science*, 29(3), 245-255.

Barak, S., and Mudgil, D., 2014, Locust bean gum: processing, properties and food applications a review, *International journal of biological macromolecules*, 66, 74-80.

Basman, A., Oztürk, S., Kahraman, K. and Köksel, H., 2008, Emulsion and pasting properties of resistant starch with locust bean gum and their utilization in low fat cookie formulations, *International Journal of Food Properties*, 11, 762-772.

Başaran, A.M., Çetinay, Ş., Gölükçü, M. ve Güler, S., 2013, Antalya-Doyran Bölgesinde keçiboynuzu meyvelerinin morfolojik özellikleri ve kimyasal

- çeriklerinin belirlenmesi, *Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü*, Antalya.
- Bath, D. E., Shelke, K., Hosney, R. C., 1992, Fat Replacers in High-Ratio Layer Cakes, *Cereal Foods World*, 37(7), 495-501.
- Baysal, A., 1992, Diyet yağları ve sağlığımız: son görüşler, *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 21; 5-16.
- Baysal, A., 2010, Genel Beslenme, 13. Baskı, Hatiboğlu Yayınevi, Ankara.
- Beğen, F., 2012, yüksek lif içerikli bisküvi üretiminde lüpen (*Lupinus albus* L.) kepeği kullanımı üzerine bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Bentli, S., 2018, Online diyet yapan ve diyetisyen takibinde diyet yapan bireylerin diyet uyumları ve ağırlık kayıplarının karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Haliç Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Bergström, A., Pisani, P., Tenet, V., Wolk, A. and Adami, H. O., 2001, Overweight as an avoidable cause of cancer in Europe, *International journal of cancer*, 91(3), 421-430.
- Bilgiçli, N., 2009, Effect of buckwheat flour on cooking quality and some chemical, antinutritional and sensory properties of erişte, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60(4), 70-80.
- Blibech, M., Maktouf, S., Chaari, F., Zouari, S., Neifar, M., Besbes, S., & Ellouze-Ghorbel, R., 2015, Functionality of galactomannan extracted from Tunisian carob seed in bread dough. *Journal of Food Science and Technology*, 52(1), 423-429.
- Bloskma, A., H., 1971, Rheology and chemistry of dough, *Wheat Chemistry and Technology*, 2nd edn, ed. Y. Pomeranz. Am. Assoc. Cereal Chemistry, St Paul, Minn.
- Bram, Wilderjans, E., Goesaert, H., Brijs, K., and Delcour, J. A., 2008, The role of gluten in a sugar-snap cookie system: A model approach based on gluten–starch blends. *Journal of Cereal Science*, 48 (3), 863 - 869.
- Brasil, J.A., Correia da Silveira, K., Salgado, S.M., Livera, A.V.S., Pinheiro de Faro, Z. ve Guerra, N.B., 2011, Effect of the addition of inulin on the nutritional, physical and sensory parameters of bread, *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 47.
- Brooks, D., 2003, Polydextrose for Adding Fiber, *Dairy Foods*, 104 (3), 52.
- Can, F., 2015, Portakal kabuğu tozunun bisküvi hamuru ve bisküvi kalitesi üzerine etkilerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Malatya.

- Ceylan, H. (2020). Dirençli nişasta ve yer elması ununun kek üretiminde kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Chaisawang, M. and Sripywan, A., 2019, A comparative study of a reduced-fat butter cookie containing different hydrocolloid types on physical properties and sensory evaluation, *Burapha Science Journal*, 25.
- Charles, S.A., 1994, The Utilization and Performance of Carbohydrate-Based Fat Replacers in Southernstyle Baking Powder Biscuits, Master Thesis, *Virginia Polytechnic Institute and state University Human Nutrition and Foods*, Virginia, USA.
- Chugh, B., Singh, G. and Kumbhar, B. K., 2013, Development of low-fat soft dough biscuits using carbohydrate-based fat replacers, *International Journal of Food Science*, 12.
- Coşkun, M., 2020, Bisküvide yağ ikamesi olarak kahve çekirdeği zarı kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa.
- Çağlar, H., 2009, Tripalmitinin konjuge linoleik asit ve laurik asit ile enzimatik asidolizi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Çağlarırnak, N. ve Çakmaklı, Ü., 1993, Değişik modifiye nişastaların üretiminde kimyasal prensipler, *Gıda Dergisi*, 18 (2), 131-137.
- Çakır, Ş., 2009, Keçiboynuzundan pestil üretimi ve kalitesinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Malatya.
- Çakırcalı, E., 1998, Hemşirelikte Temel İlke ve Uygulamalar, II. Baskı, Ege Üniversitesi Matbaası, İzmir, s:149-154.
- Çapanoğlu, E., 2002, Badem ezmesinde kalite ve raf ömrünün iyileştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Çıkrıkçı, S., 2013, Production of micro and nano fibers from hazelnut skin and utilization in cakes, Yüksek Lisans Tezi, *Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, , Ankara.
- Çınar, T. A., 2018, Kızılötesi- mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirmek üzere hazırlanan yer bademi unu içeren glutensiz bisküvi hamurlarının reolojik özellikleri ve bisküvilerin kalite özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü*, Ankara.
- Çiftçi, S., 2018, Yağı azaltılmış bisküvi üretimi, Yüksek Lisans Tezi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa.

- Conforti, F. D., Charles, S. A. ve Duncan, S. E., 1996, Sensory evaluation and consumer acceptance of carbohydrate-based fat replacers in biscuits, *Journal of Consumer Studies and Home Economics*, 20, 285-296.
- Conforti, F. D., Charles, S. A. ve Duncan, S. E., 1997, Evaluation of a carbohydrate-based fat replacer in a fat reduced baking powder biscuit, *Journal of Food Quality*, 20, 247-256.
- Dabija A., Păiuş M. A., 2015, Study on Flour Quality Assessment Designed to obtain Biscuits. *Journal of Faculty of Food Engineering Stefan cel Mare University of Suceava Romania*, Vol XIV,2, pp. 218-222.
- Demir, B., 2008,. Nohut ununun geleneksel erişte ve kuskus üretiminde kullanım imkanları üzerine bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Demir, K. M., 2015, Bisküvi üretiminde tam buğday unu ve paçallarının kullanımı, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 21: 100-107.
- Demirel, H., 2017, Farklı turuğgillerden elde edilen albedoların bisküvi üretiminde kullanım imkanları, Yüksek Lisans Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Demirel, H., & Demir, M. K., 2018, Farklı turuğgillerden elde edilen albedoların bisküvi üretiminde kullanımı, *Gıda*, 43(3), 501-511.
- Dizezak, J. D. (Ed), 1989, Fats, oils, and fat substitutes, *Food Technology*, 66:66-74.
- Doğan, F., 2019, Ultrasound ön uygulamasının şeker pancarı posasından elde edilen selüloz ve karboksimetil selülozun (CMC) verim ve kalitesi üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri.
- Doğan, İ. S. ve Küçüköner, E., 1999, Düşük yağ ve kalori içeren gıdaların hazırlanmasında yağ ikamelerinin rolü, *Gıda Dergisi*, 24(6), 417-424.
- Doğan, İ. S. 2005. Van ve çevresinde yetiştirilen bazı buğdayların bisküvilik kalitesi üzerine bir araştırma. Yüzüncü Yıl Üniversitesi *Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi* 15(2), 139-148.
- Doğan, H. ve Meral, R., 2019, The effects of locust bean gum and rhubarb on the physical and functional properties of the gluten free biscuits, *Food Science*, 31, 542-555.
- Dönmez, M., Cankurtaran, M., Ilseven, S., Sancak, N., İpekçioğlu, P., Turan, A. R., 2010, Diyet lifleri ve insan sağlığı üzerindeki etkileri, *MYO-ÖS 2010- Ulusal Meslek Yüksekokulları Öğrenci Sempozyumu*, Düzce.
- Drake, M. A. and Swanson, B. G., 1995, Reduced and low-fat cheese technology, *Trends in Food Science and Technology*, 6:366-369.

- Drake, M. A., Chen, X. Q., Gerard, P. D. and Gurkin, S. U., 1998, Composition and quality attributes of reduced-fat cheese as affected by lecithin type, *Journal of Food Science*, 63(6), 1018-1023.
- Durmuş, Y., 2015, Glutensiz tarhana üretiminde hidrokolloid kullanımının kalite üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ordu.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F., 1987, Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistiksel Metodları-II), Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1021, Ankara, s:381.
- Elgün, A., 2010., Bitkisel ürünlerin kalite kontrolü, T.C. *Anadolu Üniversitesi Yayınları*, Eskişehir, 272-277.
- Eliasson, A. C., Larsson, K., 1993, Cereals in breadmaking: a molecular colloidal approach. Marcel Dekker, New York, NY, USA.
- Ergüney, G., 2020, Yoğurt ve ayranında karboksimetil selülozun (CMC) kalitatif ve kantitatif tayini için analiz metotları geliştirilmesi ve metot validasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gümüşhane.
- Eriñç, H., 2011, Bitkisel artıklardan farklı boyutlarda lif üretimi ve düşük yağlı ürünlerde kullanımı, Doktora Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Ertekin, B., 2008, Yağ ikame maddeleri kullanımının kefir kalite kriterleri üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta.
- Faridi, H., Gaines, C. S., Strouts, B. L., 2000, Soft wheat products. In: Handbook of Cereal Science and Technology. Ed.: Kulp. K., Ponte. J.G, Marcel Dekker. USA. pp:575-614.
- Faridah, S. M. A and Noor, A. A. A., 2012, Development of reduced calorie chocolate cake with jackfruit seed (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) flour and polydextrose using response surface methodology (RSM), *International Food Research Journal*, 19(2), 515-519.
- Fernandes, S. S., Mercedes, M. and Mellado, S., 2017, Addition of chia seed mucilage for reduction of fat content in bread and cakes, *Food Chemistry*, 227, 237-244.
- Flack, E., 1996, The Role of Emulsifiers in Low Fat Food Products, Ch:10, in Handbook of Fat Replacers, (S. Roller and S.A., Jones,eds), pp:221-234, CRC Press, Boca Raton FL:
- Forker, A., Zahn, S. and Rohm, H., 2012, A combination of fat replacers enables the production of fat-reduced shortdough biscuits with high-sensory quality, *Food Bioprocess Technology*, 5:2497–2505.

- Francis, F. J., 1998, Colour Analysis. In Nielsen S.S. (Ed.), Food Analysis. An Aspen Publishers: Maryland, Gaithersburg, USA., 599-612.
- Fulcher, J., 1986, Synthetic Cooking Oils Containing Dicarboxylic Acid Esters. U.S. Patent 4,582,927.
- Gerçekaslan, K. E., Karaoğlu, M. M. ve Kotancılar, H. G., 2009, Besinsel lif kaynağı olarak enzime dirençli nişasta, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40 (1), 103-107.
- Gershoff, S. N., 1995, Nutrition Evaluation of Dietary Fat Substitutes. *Nutr. Rev.* Vol. 53, pp. 305–313.
- Ghotra, B. S., Dyal, S. D. and Narine, S. S., 2002, Lipid shortenings: A review, *Food Research International*, 35(10), 1015–1048.
- Glicksman, M., 1969, Gum Technology in the Food Industry, Academic Press, New York.
- Gorjanović, S. Ž., Rabrenović, B. B., Novaković, M. M., Dimić, E. B., Basić, Z. N., and Sužnjević, D. Ž., 2011,. Cold-pressed pumpkin seed oil antioxidant activity as determined by a DC polarographic assay based on hydrogen peroxide scavenge, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 88(12), 1875–1882.
- Gökmen, H., Köksal, G., 2001, Bebek beslenmesinde yağ asitlerinin önemi, *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 30 (1), 35-44.
- Gölge, Ö. ve Kılınççeker, O., 2018, Farklı Gamların Tavuk Köftelerdeki Bazı Özellikler Üzerine Etkileri, *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8 (2), 293-298.
- Gül, H., Özmen, C., Metin, A., K., 2016, Isparta ilinde tüketicilerin bisküvi ürünleri tüketimi ve tercihleri, *Süleyman Demirel Üniversitesi Tarım Ekonomisi Bölümü Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi*, Isparta, 1903-1912.
- Güven, S., 2014, Obezitenin temel boyutları, Diyarbakır'da obezite ve obeziteye karşı alınması gereken önlemler, Yüksek Lisans Tezi, *Beykent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul.
- Hadnadev, T.D., Hadnadev, M., Pojic', M., Rakita, S. ve Krstonošić', V., 2015, Functionality of OSA starch stabilized emulsions as fat replacers in cookies, *Journal of Food Engineering*, 167, 133-138.
- Hallaç, Ş., 2016, Keçiyoynuzu unu ve soya unu katkılarının makarnanın kalite kriterlerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Aydın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Hamdani, A. M., and Wani, I. A., 2017, Guar and Locust bean gum: Composition, total phenolic content, antioxidant and antinutritional characterisation, *Bioactive carbohydrates and dietary fibre*, 11, 53-59.

- Hedley, C. L., 2001. Carbonhydrate Chemistry, 23-117.
- Hoseney, R. C., 1998, Principles of Cereal Science and Technology, American Association of Cereal Chemists Int. St. Paul, Minesota, USA, 275-305.
- Hui, H. Y., Corke, H., DeLeyn, I., Wai, K. and Nanna, A. C., 2006, Bakery products: Science and technology, Blackwell Publishing, Iowa, USA, 193-211.
- Huyghebaert, A., Dewettinck, K and de Greyt, W., 1996, Fat replacers, *Bulletin of IDF*, 317:10-15.
- İnkaya, A.N, 2008, Bisküvi üretiminde kestane kullanım olanaklarının araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa.
- İnkaya, A.N., 2014, Yüksek amilozlu mısır nişastasından dirençli nişasta eldesi ve erişte üretiminde kullanımı, Doktora Tezi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa.
- Kalinga, D. ve Mishra, K.V., 2008, Reological and physical properties of low fat cakes produced by addition of cereal β -glucan concentrates, *Journal of Food Processing and Preservation*, 33, 384-400.
- Karabudak, E., Türközü, D., ve Tayfur M., 2012, Besinlerde yağ yerine kullanılan ikame maddeler, *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 40(2), 183-190.
- Karataş, M., 2014, Greyfurt kabuğu selülozu ve karboksimetil selülozunun akış davranışları, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ.
- Karaoğlu, M. M., Kotancılar, G. H., 1998, Modifiye Nişasta Eldesi ve Fırın Ürünlerinde Kullanımı, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29 (2), 359-368.
- Khalil, A. H., 1998, The influence of carbohydrate-based fat replacers with and without emulsifiers on the quality characteristics of lowfat cake, *Plant Foods for Human Nutrition*, 52, 299–313.
- Kılınç, M., 2015, Püskürtülerek kurutulmuş bal tozunun bisküvi üretiminde şeker ikamesi olarak kullanım olanakları, Yüksek Lisans Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Kıvrak, N. E., Aşkın, B., ve Küçüköner, E., 2015,. Comparison of some physicochemical properties of locust bean seeds gum extracted by acid and water pre-treatments, *Food and Nutrition Sciences*, 6(02), 278.
- Krystyan, M., Gumul, D., Ziabro, R., Sıkora, M., 2015, The effect of inulin as a fat replacement on dough and biscuit properties, *Journal of Food Quality*, 38:305-315.
- Koca, N., 2002, Bazı yağ ikame maddelerinin yağı azaltılmış taze kaşar peynirinin nitelikleri üzerine etkileri, Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.

- Koçak, Y., 2014, Çocukluk çağındaki ilkökul öğrencilerinde obezite yaygınlığı, beslenme alışkanlıklarının obeziteye etkileri, Yüksek Lisans Tezi, *Yalova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Yalova.
- Konur, H. ve Özer, M.S., 2020, Farklı hidrokolloid kombinasyonlarının ev tipi ekmek makinalarında üretilen glutensiz ekmeklerin bazı nitelikleri üzerindeki etkisi, *Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 39(1), 109-117.
- Kömürlü, O., 2005, Karbonhidrat esaslı yağ ikame maddesi kullanımının yağsız yoğurdun kalitesi üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Kurt, E., 2018, Karboksimetil selüloz esaslı polimerlerin sentezi ve karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Küçüköner, E., 1996, Effect of various commercial fat replacers on the physico-chemical properties and rheology of low fat Cheddar cheese, PhD thesis, Mississippi State University, Mississippi State, MS.
- Lago, C. C., and Norena, C. P. Z., 2016, Polydextrose as wall material for microencapsulation of yacon, juice by spray drying, *Food and Bioprocess Technology*, 9(12), 2103-2113.
- Laguna, L., Varela, P., Salvador, A., Sanz, T. ve Fiszman, S. M., 2012, Balancing texture and other sensory features in reduced fat short-dough biscuits, *Journal of Texture Studies*, 43, 235-245.
- Lee, S., Inglett, G. E., 2006, Rheological and physical evaluation of jet-cooked oat bran in low calorie cookies. *International Journal of Food Science and Technology*, 41: 553-559.
- Lee, Y. T. and Puligundla, P., 2016, Characteristics of reduced-fat muffins and cookies with native and modified rice starches, *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 28(5), 311-316.
- Lee, H. S., Kim, K. H., Park, S. H., Hur, S. W. and Auh, J. H., 2020, Amylose-lipid complex as a fat replacement in the preparation of low-fat white pan bread, *Journal of Foods*, 9, 194.
- Lourencetti, R. E., Benossi, L., Marques, D. R., Joia, B. M. and Monteiro, A. R. G., 2013, Development of Biscuit Type Cookie with Partial Replacement of Fat by Inulin., *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 2(5), 261 - 265.
- Maache-Rezzoug, Z., Bouvier, J. M., Allaf, K., and Patras, C., 1998, Effect of principal ingredients on rheological behaviour of biscuit dough and on quality of biscuits, *Journal of Food Engineering*, 35(1), 23-42.
- Madenci, A. B., and Bilgiçli, N. (2014). Effect of whey protein concentrate and buttermilk powders on rheological properties of dough and bread quality, *Journal of food Quality*, 37(2), 117-124.

- Madenci, A. B., Türker, S., 2011, Helal Bakış açısıyla bazı bisküvi formülasyonlarının incelenmesi, *Ulusal Helâl ve Sağlıklı Gıda Kongresi Gıda Katkı Maddeleri: Sorunlar ve Çözüm Önerileri*, Ankara p-13.
- Magda, R. A., Awad, A. M., Selim, K. A., 2008, Evaluation of mandarin and navel orange peels as natural sources of antioxidant in biscuits. *Alexandria Journal of Food Science and Technology Special Volume Conference*, 75-82p.
- Manley, D., 1998, Technology of biscuits, crackers and cookies (3rd ed.), Woodhead Publishing Ltd., İngiltere.
- Manley, D. J. R., 2000, Technology of biscuits, crackers and cookies. Woodhead Publishing Limited.
- Matar, H. M. G., 2020, Gümüş nanopartikül katkılı keçiyoynuzu gamı içeren hidrojenlerin sentezi ve antibakteriyel etkinliği, Yüksek Lisans Tezi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Samsun.
- Mert, B., and Demirkesen, İ., 2016, Reducing saturated fat with oleogel/shortening blends in a baked product, *Food Chemistry*, 199, 809-816.
- Milicevic, N., Sakac, M., Hadnadev, M., Skrobot, D., Saric, B., Hadnadev, D. T., Jovanov, P. ve Pezo, L., 2020, Physico-chemical properties of low-fat cookies containing wheat and oat bran gels as fat replacers *Journal of Cereal Science*, 95.
- Miller, R. A., Hoseney, R., 1997,. Factors in hard wheat flour responsible for reduced cookie spread 1, *Cereal chemistry*, 74 (3), 330–336.
- Mohammadi, M., Sadeghnia, N., Azizi, M. H., Neyestani, T. H. ve Mortazavian, A. M., 2014, Development of gluten-free flat bread using hydrocolloids: Xanthan and CMC, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20, 1812-1818.
- Møller, H., Mellempgaard, A., Lindvig, K. ve Olsen J. H., 1994, Obesity and cancer risk: a Danish record-linkage study, *European Journal of Cancer*, 30(3), 344-350.
- Mondel, H.I., Yeasmin, S. and Rahman, S., 2015, Preparation of food grade carboxymethyl cellulose from corn huskagrowaste, *International Journal of Biological Macromolecules*, 79, 144-150.
- Moriano, E. M., Cappa, C. and Alamprese, C., 2018, Reduced-fat soft-dough biscuits: Multivariate effects of polydextrose and resistant starch on dough rheology and biscuit quality, *Journal of Cereal Science*, 81, 171-178.
- Napier, K., 1997, Fat replacers the cutting edge of cutting calories, *American Council On Science and Health*, New York- USA, 10-23.
- Nussinovitch, A., 1997, Hydrocolloid Applications: Gum technology in the food and other industries, Blackie Akademik and Professional UK.

- Okumuş, B. N., 2015, Kahverengi mercimek nişastasının karakterizasyonu ve lipitler ile dirençli nişasta tip 5 oluşturma özelliklerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Öncel, E., ve Demir, M. K., 2019,. Farklı Oran ve Kombinasyonlarda Kullanılan Yalancı Tahıl Unlarının Erişte Özelliklerine Etkisi, *Academic Food Journal/Akademik GIDA*, 17(4).
- Özat, E., 2003, Yağ ikame edicilerin bisküvi üretiminde kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Özaydın, S., 2014, Bazı katkı maddelerinin diyabetik yulaf kepeği bisküvisinin kalite kriterleri üzerine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli.
- Özboy-Özbaş, Ö., Seker, I. T., Gökbulut, I., 2010,. Effects of resistant starch, apricot kernel flour, and fiber-rich fruit powders on low-fat cookie quality, *Food Science and Biotechnology*, 19(4), 979-986.
- Özen, A. E., 2006, Yağsız fermente süt içeceğinin yapısal özelliklerinin serum proteini konsantresi kullanılarak iyileştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Özgür., A., 2013, Organik asit ve şeker ortamında farklı gamların sinerjik etkilerinin reolojik yönden incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri.
- Özhan, B. N., 2008, Depolama süresince keçiyoynuzu pekmezinde enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları kinetiği, Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Özkaya, B., Özkaya, H., 1996., Bisküvi üretiminde hamur reolojik özelliklerinin modifikasyonu ve önemi. 2. Un, *Bulgur, Bisküvi Sempozyumu*, 28-30 Mayıs, 1996, Karaman, Türkiye, 207-220p.
- Öztürk, S., 1998, Bisküvi üretiminde kullanılan hammaddeler ve özellikleri. *Un Mamulleri Dünyası*, 7/2 76-78.
- Pareyt, B., Talhaoui, F., Kerckhofs G., Brijs, K., Goesart, H., Wevers, M. and Delcour, J. A., 2009, The role of sugar and fat in sugar-snap cookies: Structural and textural properties, *Journal of Food Engineering*, 90, 400-408.
- Peker, H., 2012, Keçiyoynuzu gamı kullanılarak az yağlı yoğurt ve zeytin yaprağı ekstraktı kullanılarak fonksiyonel meyveli yoğurt üretimlerinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli.
- Pimdit, K., Therdthai, N. ve Jangchud, K., 2008, Effects of fat replacers on the physical, chemical and sensory characteristics of puff pastry, *Kasetsart Journal - Natural Science*, 42, 739 – 746.

- Pongjanta, J., Utaipattanaceep, A., Naivikul, O. and Piyachomkwan, K., 2008, In vitro starch hydrolysis rate, physico-chemical properties and sensory evaluation of butter cake prepared using resistant starch type III substituted for wheat flour, *Malaysian Journal of Nutrition*, 14 (2), 199-208.
- Prentice, L. R. and Sheppard, L., 1990, Dietary fat and cancer: consistency of the epidemiologic data, and disease prevention that may follow from a practical reduction in fat consumption, *Cancer Causes & Control*, 81-97.
- Rana, M. S., Das, P. C., Yeasmin, F. and Islam, M. N., 2020, Effect of polydextrose and stevia on quality characteristics of low-calorie biscuits, *Food Research*, 4 (6).
- Reaven, G. M., 1988, Role of insulin resistance in human disease, *Diabetes Journal*, 37(12),1595.
- Rossel , C. M., Santos, E., Collar, C., 2009, Physico-chemical properties of commercial fibres from different sources: A comparative approach, *Food Research International*, 42(1), 176-184.
- Saldamlı, 2005. Gıda Kimyası. *Hacettepe Üniversitesi Yayınları*. Ankara.
- Salehi, F., 2009, Effect of common and new gums on the quality, physical and textural properties of bakery products: A review, *Journal of Texture Studies*, 51, 361–370.
- Samur, G. E., ve Yıldız, E. A., 2012, Obezite ve kardiyovasküler hastalıklar, *T.C. Sağlık Bakanlığı Yayınları*, Ankara.
- Sarıkus, G., 2004, Yağ ikamelerinin Süt Endüstrisinde Kullanımı, Yüksek Lisans Semineri *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, s: 23.
- Schakel, S. F., Buzzard, I. M., Gebhardt, S. E., 1997, Procedures for estimating nutrient values for food composition databases, *Journal of Food Composition and Analysis*, 10, 102–114.
- Secchi, N., Stara, G., Anedda, R., Campus, M., Piga, A., Roggio, T., Catzeddu, P., 2011, Effectiveness of sweet ovine whey powder in increasing the shelf life of Amaretti cookies, *LWT-Food Science and Technology*, 44(4), 1073-1078.
- Serin, S., 2012, Karbonhidrat bazlı yağ ikame maddelerinin poğaça üretiminde kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, *Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mersin.
- Serinyel, G., 2013, Enzime dirençli nişastanın yağ ikame edici özelliğinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Serter, R., 2003, Obezite atlası, S. B. Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi Endokrinoloji ve Metabolizma Kliniği, *Karakter Color Basımevi*, Ankara.

- Shancez, C., Klopfenstein, C. F. and Walker, C. F., 1995, Use of carbohydrate-based fat substitutes and emulsifying agents in reduced-fat shortbread cookies, *Cereal Chemistry*, 72(1), 25-29.
- Sharadanant, R., and Khan, K., 2003, Effect of hydrophilic gums on the quality of frozen dough: II. bread characteristics, *Cereal Chemistry*, 80(6):773–780.
- Sharif, M. K., Butt, M. S., Anjum, F. M., and Nawaz, H., 2009, Preparation of fiber and mineral enriched defatted rice bran supplemented cookies, *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(5), 571-577.
- Skujins, S., 1998, Handbook for ICP – AES (Vartian-Vista). A Short Guide to Vista Series ICP – AES Operation. Variant Int. AG, Zug, version 1.0, Switzerland.
- Slater, F. T., Block, G., 1991, Antioxidant Vitamins and Beta-Carotene in Disease Prevention. Proc. of a Conference. American Clinical Nutrition 52: (No 1 Supplement).
- Smith, J. R., Smith, T. L. & Tschoegl, N. W., 1970, Rheological properties of wheat doughs III. Dynamic shear modulus and its dependence on amplitude, frequency, and dough composition, *Rheologica Acta*, 9, 239-252.
- Söbüçovalı, S., 2011, Maltodekstrin üretiminde bazı parametrelerin kalite üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana.
- Stauffer, C. E., 1993, Fats and tat replacers in *Advances in Baking Technology*, pp. 336-3690, ad. B.S. Kamel and C.E. Stauffer, VCH Publishers, inc. New York, NY, USA.
- Sudha, M. L., Srivastava, A. K., Vetrmani, R. and Leelavathi, K., 2007, Fat replacement in soft dough biscuits: Its implications on dough rheology and biscuit quality, *Journal of Food Engineering*, 80, 922-930.
- Şahin, H., 2003, Bazı hidrokolloidlerin farklı formülasyonlara sahip ketçapların konsistensi ve serum ayrılması üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Antalya.
- Şahin, R., 2006, Düşük Kalorili Greyfurt Kabuğu Reçeli Eldesinde Bazı Katkı Maddelerinin Kaliteye Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*, İzmir.
- Şahin, K., 2009, Trans yağ asitlerinin hamur ve bisküvilerin reolojik ve tekstürel özellikleri üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Şarba, A.C., Marghitaş, L.A. ve Timar A., 2015, Study about differences between shortening used in waffer fillings and biscuit dough, *Ekotoksikoloji, Hayvancılık ve Teknoloji Gıda Endüstrisi*, 14, 291-296.

- Şeker, İ.T., 2005, Kayısı ve elma besinsel liflerinin düşük yağ ve yüksek lif içerikli bisküvi üretiminde kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, *İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Malatya.
- Şeker, T., Gökbulut, İ., Öztürk, S., Özbaş, Ö.Ö., Köksel, H. 2006. Enzime dirençli nişastanın bisküvi üretiminde kullanımı. *Türkiye 9. Gıda Kongresi*, 24-26 Mayıs 2006, Bolu.
- Şekerci, B., 2019, Obezite tedavisinde kullanılan tokluk hissi sağlayan bitkisel kaynaklar, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.
- Şenerkek, S., 2019, Yağ ikamesi olarak inülin kullanımının bisküvi kalitesi üzerine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekirdağ.
- Tamime, A.Y., Barclay, M. N. I., Davies, G. and Barrantes, E., 1994, Production of low calorie yogurt using skim milk powder and fat substitute, 1.A Review, *Milchwissenschaft*, 49, 85-88.
- Toğrul, H., 2002, Şeker pancarı küspesi selülozundan karboksimetil selüloz üretimi ve meyvelerin bozulmalarının geciktirilmesinde koruyucu film tabakası olarak kullanılması, Doktora Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ.
- Top, B., 2018, Sirkeden elde edilen asetik asit bakterisi ile selüloz üretimi ve bakteriyel selüloz karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli.
- Topaloğlu, T., 2015, Evaluation of the effects of maltodextrin and microfluidization on the rheological and textural properties of cookie and cookie dough, Yüksek Lisans Tezi, *Ortadoğu Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü*, Ankara.
- Topaloğlu, K., 2019, Glutensiz bisküvi üretimi, Yüksek Lisans Tezi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa.
- Torres, C. I., Amigo, J. M., Knudsen, J. C., Tolkach, A., Mikkelsen, B., and Ipsen, R., 2018, Rheology and microstructure of low-fat yoghurt produced with whey protein microparticles as fat replacer, *International Dairy Journal*, 81, 62-71.
- Türközü, D., Karabudak, E., ve Tayfur, M., 2012, besinlerde yağ yerine kullanılan maddeler, *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 40(2), 183-190.
- Uluöz, M., Gönül, M., Gözül, S., 1986, Nişasta: Özellikleri, Jeletinasyonu, Modifikasyonu ve Gıda Endüstrisinde Kullanımı, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*.
- Ulusoy, S., 2011, Stevia ile tatlandırılmış bisküvilerin kalite özellikleri ve akrilamid içeriğinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mersin.

- Ulutürk, Ş., 2018, İncir çekirdeği kullanılarak glutenli ve glütensiz bisküvi üretimi, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta.
- Ünal, S. S, 1991, Hububat teknolojisi, *Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi*, Yayın No: 29, İzmir, 191-198.
- Ünsal, N. E., 2008, Diyet eğitiminin hiperlipidemik hastaların beslenme alışkanlıkları, beslenme bilgi düzeyleri ve beslenme durumuna etkisinin değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Vega, G. L., 2001, Obesity, the metabolic syndrome, and cardiovascular disease, *American Heart Journal*, 142(6):1108-16.
- Vessby, B., 2000, Dietary fat and insulin action in humans, *Br J Nut*, (Suppl 1): S 91.
- Vetter, J. L., 1991, Calorie and tat modified bakery products, *The American Institute of Baking Bulletin*, 13(5), 1-8.
- Wafaa, M. M., Salama, M. F., Moawad, R. K., 2011, Utilization of Fat Replacer in the Production of Reduced Cakes and Cookies By, *Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(12), 2833-2840.
- Ward, F. M., and Andon, S. A., 1993, Water soluble gums used in snack foods and cereal products, *Cereal Foods World*, 38:748.
- Wani, S. H., Gull, A., Allaie, F., Safapuri, T. A., 2015, Effects of incorporation of whey protein concentrate on physicochemical, texture, and microbial evaluation of developed cookies, *Cogent Food & Agriculture*, 1,1.
- Webb, T., Heaps, P., Eggitt, P. R., and Coppock, J., 1970,. A rheological investigation of the role of water in wheat flour doughs. *International Journal of Food Science & Technology*, 5 (1), 65–76.
- Weinstock, R. S., Dai, H., and Wadden, T., 1998, Diet and exercises in the treatment of obesity. Effects of three interactions on insulin resistance, *Archives of internal medicine*, 158(22), 2477-2483..
- Wekwete, B. and Khursheed, P. N., 2008, Effects of avocado fruit puree and oatrim as fat replacers on the physical, textural and sensory properties of oatmeal cookies, *Journal of Food Quality*, 31 (2), 131-141.
- White P. J., Jhonson, L. A., 2000, Corn: Chemistry and Technology, *Minnesota*, 88-663.
- Yadegari, J. R., 2015, Sosis üretiminde kullanılan farklı yağ ikame maddelerinin termal özellikleri ve ürün kalitesi üzerine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.

- Yang, J. H., Tran, T. T. T., and Le, V. V. M., 2020, Use of corn flour and polydextrose in fried extrudate making: Effects of polydextrose content in the blend and extrusion temperature on the product quality, *Journal of Process Engineering*, e 13438.
- Yaşar, B., 2017, Gölevez nişastasının yapısal, fizikokimyasal ve jelleşme özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Yaşar, F., 2005, Portakal kabuğu selülozundan elde edilen karboksimetil selülozun reolojik davranışı, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ.
- Yaz, Y., 2001, Bisküvi üretim teknikleri, Bitirme Tezi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü*, Van.
- Yıldız, Ö., 2002, Düşük Kalorili Kek Üretimi Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Van.
- Zoulikha, M. R., Jean-Marie, B., Karim, A. ve Christian P., 1998, Effect of principal ingredients on rheological behaviour of biscuit dough and on quality of biscuits, *Journal of Food Engineering* 35,23-42.
- Zoulias, E. I., Oreopoulou, V., Tzia, C., 2000, Effect of fat mimetics on physical, textural and sensory properties of cookies, *International Journal of Food Properties*, 3(3), 385-397.
- Zoulias, E. I., Oreopoulou, V., and Kounalaki, E., 2002, Effect of fat and sugar replacement on cookie properties, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82,1637-1644.
- Zoulias, E. I., Oreopoulou, V., Tzia, C., 2010, Effect of fat mimetics on physical, textural and sensory properties of cookies, *International Journal of Food Properties*, 3: 385-397.