

**KIRMIZI MERCİMEK (*LENS CULINARIS*) MAKARNASI
ÜRETİMİNİN ARAŞTIRILMASI**

DOKTORA TEZİ

ÖZGE KURT GÖKHİSAR

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**MERSİN
ARALIK - 2018**

**KIRMIZI MERCİMEK (*LENS CULINARIS*) MAKARNASI
ÜRETİMİNİN ARAŞTIRILMASI**

DOKTORA TEZİ

ÖZGE KURT GÖKHİSAR

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



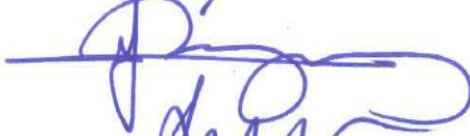


**GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**Danışman
Prof. Dr. Mahir TURHAN**

**MERSİN
ARALIK - 2018**

ONAY

Özge KURT GÖKHİSAR tarafından Prof. Dr. Mahir TURHAN danışmanlığında hazırlanan "Kırmızı Mercimek (*Lens culinaris*) Makarnası Üretiminin Araştırılması" başlıklı çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından 24 Aralık 2018 tarihinde yapılan Tez Savunma Sınavı sonucunda oy birliği ile Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Görevi	Ünvanı, Adı ve Soyadı	İmza
Başkan	Prof. Dr. Sedef Nehir EL	
Üye	Prof. Dr. Mahir TURHAN	
Üye	Prof. Dr. Mustafa BAYRAM	
Üye	Prof. Dr. Sedat SAYAR	
Üye	Doç. Dr. Aylin ALTAN METE	

Yukarıdaki Jüri kararı Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 25/01/2019. tarih ve 2019.04/102 sayılı kararıyla onaylanmıştır.


Prof. Dr. Cahit BİLİM
Fen Bilimleri Enstitü Müdürü

Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, tablo ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

ETİK BEYAN

Mersin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğinde belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlâk kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak kullandığımı,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü Mersin Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı,
- Tezin tüm telif haklarını Mersin Üniversitesi'ne devrettiğimi

beyan ederim.

ETHICAL DECLARATION

This thesis is prepared in accordance with the rules specified in Mersin University Graduate Education Regulation and I declare to comply with the following conditions:

- I have obtained all the information and the documents of the thesis in accordance with the academic rules.
- I presented all the visual, auditory and written information and results in accordance with scientific ethics.
- I refer in accordance with the norms of scientific works about the case of exploitation of others' works.
- I used all of the referred works as the references.
- I did not do any tampering in the used data.
- I did not present any part of this thesis as an another thesis at Mersin University or another university.
- I transfer all copyrights of this thesis to the Mersin University.

24 Aralık 2018 / 24th December 2018


İmza / Signature

Özge KURT GÖKHİSAR

ÖZET

KIRMIZI MERCİMEK (LENS CULINARIS) MAKARNASI ÜRETİMİNİN ARAŞTIRILMASI

Tüketici talepleri sosyal, ekonomik ve teknolojik değişimlerle birlikte şekillenmektedir. Endüstrinin bu değişimlere karşı tutumu ve tavrı pazarda ana rekabet unsurlarındandır. Pazardaki varlıklarını sürdürmek için yeni ürün ve yeni ürün geliştirme süreçlerine verilen önem gün geçtikçe artmaktadır. Gıdanın gelecek yüzyıllarda yeterliliğinin sağlanması, kaynakların israf edilmeden güvenli, sağlıklı ve tüketicilerin beklentilerini karşılayabilecek yeni gıdaların üretilmesi gıda bilimi, teknolojisi ve gıda endüstrisinin ortak sorumluluğudur. Beslenme rehberlerindeki “kompleks karbonhidratlar ve diyet lifince zengin, doymuş yağ asitlerince fakir gıdaların tüketilmesi” önerisi, Türkiye’ nin mercimek üretimi ve tüketimindeki büyük potansiyeli, mercimeğin yemeklik kuru gıda dışında başka gıda formlarında satılmaması yani başka bir gıdaya işlenmemesi, erişte ve makarnanın dünyada ekmekten sonra en çok tüketilen gıda ürünleri olması bu araştırmaya konu olan yeni ürün fikrinin oluşturulmasına kaynak teşkil etmiştir. Bu bilgiler ışığında, bu çalışmada tamamen mercimekten yapılmış “mercimek makarnası” üretiminin teknolojik olarak ortaya koyulması amaçlanmıştır. Bu kapsamda çalışmanın ilk aşamasında mercimek makarnası üretim sürecinde yer alan ana hammaddenin (kırmızı mercimek unu) fiziksel, fizikokimyasal ve mikroyapı özellikleri belirlenmiştir. İkinci aşamasında, mercimek makarnasının formülasyon optimizasyonu yapılmış ve ardından optimize edilen formülasyonlardaki mercimek makarnası hamurlarının fizikokimyasal, dokusal ve mikroyapı özellikleri incelenmiştir. Üçüncü aşamada söz konusu formülasyonlarda geleneksel makarna üretim yöntemi (yoğurma-şekil verme-kurutma) kullanılarak makarna üretim süreci gerçekleştirilmiş ve üretilen kuru mercimek makarnalarının fizikokimyasal, dokusal, pişme kalitesi ve mikroyapı özellikleri belirlenmiştir. Çalışmanın son aşamasında tüketicinin tabağındaki son ürün olan pişmiş mercimek makarnasının duyuşal, fiziksel, dokusal ve mikroyapı özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen bulgulardan, mercimek makarnası üretiminin iki farklı tanecik büyüklüğü dağılımındaki (100 µm’den küçük ve 100-355 µm arasında) un kullanılarak, yumurta ve/veya keçiyoynuzu gamının yapılandırıcı madde olarak kullanılmasıyla 5 ayrı formülasyonda (F1-F5) üretilebileceği ortaya konmuştur. Bununla birlikte tanecik büyüklüğü dağılımı 100 µm’den küçük olan mercimek unu ve formülasyonda yapılandırıcı madde olarak yalnızca keçiyoynuzu gamı kullanılmasının hem makarnaya işlenebilirlik hem de yüksek kalitede (duyuşal, dokusal ve pişme) makarna üretimi açısından daha uygun olduğu saptanmıştır (p<0.05). Elde edilen tüm veriler sonucunda, işlenebilirlik açısından en uygun, en iyi duyuşal, dokusal ve pişme kalitesine sahip mercimek makarnası belirlenerek (F5) endüstriyel boyutta üretime hazır bir prototipinin üretimi gerçekleştirilmiştir. Mercimek makarnası; duyuşal beğenilirliği, protein ve karbonhidrat içeriği yüksek, yağ içeriği düşük, kırmızımı-turuncu renkli aynı zamanda glutensiz olması ile öne çıkan yeni bir makarna ürünü olarak karakterize edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mercimek, makarna, mercimek unu, mercimek makarnası hamuru, makarna üretimi, makarna kalitesi

Danışman: Prof. Dr. Mahir TURHAN, Mersin Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Mersin.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF RED LENTIL (*LENS CULINARIS*) PASTA PRODUCTION

Consumer demands configure together with social, economical and technological trends. The attitude and behavior of the industry towards them have been the primary competition tool in the market. Emphasis on the process of novel products and product development processes ascends day by day to endure and compete in the market. Assurance of sustainable foods in the following centuries, and production of safe, healthy and consumer satisfied convenient new foods without wasting the sources are the common responsibilities of food professionals. The recommendation in the dietary guidelines for consuming foods rich in complex carbohydrates and dietary fibre, poor in saturated fatty acids, the high potential of Turkey in the production, commerce and consumption of lentil, lack of lentil-made foods in the market, appearing of noodles and pasta in the list of most-consumed foods after bread over the world are the incentives for the rationale of the this study. In the light of the above given, the aim of the proposed study is to introduce technological manufacturability of the all-lentil pasta from raw material to the end product. In this context, in the first part of the study; physical, physicochemical and microstructural properties of red lentil flour were determined. In the second part, formulation optimization of lentil pasta and determination of physicochemical, rheological and microstructural properties of the pasta doughs in optimized formulations were investigated. Lentil pasta production was performed in optimized formulations using traditional pasta processing method (kneading-shaping-drying) and physicochemical, textural, cooking quality and microstructural attributes of dry lentil pasta were examined in the third part. In the last part of the study, sensorial, physical, textural and microstructural properties of cooked lentil pasta, the end product on the plate of the consumers, were evaluated. According to the results, lentil pasta can be produced using lentil flour of two different particle size distribution (particle size <100 µm and 100-355 µm), water, whole egg/ locust bean gum and salt in 5 different formulations (F1-5). Fine particle size and narrow particle size distribution of lentil flour (particle size <100 µm) and using only locust bean gum as a structuring agent in the formulation improved the manufacturability attributes of pasta dough and quality (textural, cooking) of the lentil pasta ($p < 0.05$). Considering all the data obtained, the best formulation (F5) was selected and a prototype was produced ready to be industrialized. As a consequence, lentil pasta was characterized by its high sensorial acceptance, high protein and carbohydrate content, low fat content, reddish-yellow colour and as a gluten-free pasta product.

Keywords: Lentil, Pasta, Lentil pasta flour, Lentil pasta dough, Pasta production, Pasta quality

Advisor: Prof. Dr. Mahir TURHAN, Department of Food Engineering, University of Mersin, Mersin.

TEŞEKKÜR

'Hayatta en hakiki mürşit, ilimdir' diyerek yol gösteren, 'Yükselen yeni nesil, istikbal sizsiniz. Cumhuriyeti biz kurduk, onu yükseltecek ve yaşatacak sizsiniz.' diyerek bizi daha çok çalışmaya teşvik eden çağdaş cumhuriyetimizin kurucusu Ulu Önder Gazi Mustafa Kemal ATATÜRK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İhtiyaç duyduğum her anda desteğini esirgemeyen, bilgi ve deneyimleri ile ışık tutan, yaşamın bütünselliğini, alim olmanın yetersiz olduğunu arif olmanın gerekli olduğunu özümseten, kıymetli danışman hocam sayın Prof. Dr. Mahir TURHAN'a eğitimim, öğretimim ve tezimde gösterdiği sonsuz emek, katkı ve destekleri için çok teşekkür ederim.

Lisansüstü eğitimime başladığım ilk günden beri destek ve yardımlarını esirgemeyen, bilgi ve tecrübeleri ile yol gösteren, "bilimin bir bilgi dağı olmaktan başka bir düşünce şekli" olduğunu özümseten kıymetli hocam sayın Prof. Dr. Sedef Nehir EL'e verdiği sonsuz destek ve emekleri için çok teşekkür ederim.

Doktora eğitimim süresince desteklerini esirgemeyen kıymetli hocam sayın Prof. Dr. H. İbrahim EKİZ'e çok teşekkür ederim.

Doktora eğitimini aldığım Mersin Üniversitesi'ne, Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'ne, bölüm hocaları ve bölüm çalışanlarına teşekkür ederim.

Tez çalışmamı BAP-FBE GMB (ÖK) 2013-4 DR numaralı araştırma projesi ile destekleyen Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (BAP)'ne teşekkür ederim.

Tez çalışmam için gerekli hammadde desteğini sağlayan Arbel A. Ş.'ye teşekkür ederim.

Tez çalışmamın endüstriye kazandırılması için gerekli çalışmaları yapmak üzere projeyi destekleyen Yıldız Holding'e ve desteği için Dr. Z. Özge ERDOHAN'a teşekkür ederim.

Başta sevgili Güler ATASOY olmak üzere, değerli ekip arkadaşlarım Sevgi TUR LAFÇI, Remzi AYDOĞAN, Canan TIRYAKI, Bilge ULUTAŞ ve Büşra ŞAHİN'e paylaştığımız güzel anılarımız ve ihtiyacım olan her anda yanımda oldukları için çok teşekkür ederim.

Başta Selime ZİYLAN olmak üzere Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü yönetimi ve personeline eğitimime gösterdikleri duyarlılık için teşekkür ederim.

İlk öğretmenim, canım babam Ali KURT'a, çok değerli canım annem Zehra KURT'a, biricik ablam Özlem AK'a, eşi Bülent AK'a, yeğenim Ali Atakan AK'a, değerli eşim Doğan Ali GÖKHİSAR ve oğlum Ali Necdet GÖKHİSAR'a bana verdikleri sonsuz sevgi, saygı, güven ve destekleri için çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇ KAPAK	ii
ONAY	iii
ETİK BEYAN	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
TABLOLAR DİZİNİ	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
KISALTMALAR ve SİMGELER	xv
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI	4
2.1. Baklagiller	4
2.2. Mercimek	7
2.2.1. Mercimeğin Kimyasal Bileşimi	9
2.2.2. Mercimeğin Ticari Değeri	10
2.2.3. Mercimeğin Beslenme Açısından Önemi	10
2.2.4. Mercimeğin Tüketim Şekilleri	12
2.3. Makarna	12
2.3.1. Makarnanın Tarihçesi ve Makarna Kültürü	12
2.3.2. Makarnanın Tanımı	15
2.3.3. Makarnanın Ticari Değeri	17
2.3.3.1. Buğday Makarnasının ticari değeri	17
2.3.3.2. Buğday dışı hammaddelerden elde edilen makarnaların ticari değeri	18
2.3.4. Makarnaların Sınıflandırılması	18
2.3.4.1. Nem içeriğine göre makarnalar	18
2.3.4.1.1. Taze makarna	18
2.3.4.1.2. Stabilize makarna	19
2.3.4.1.3. Kuru makarna	19
2.3.4.2. Formülasyonuna göre makarnalar	21
2.3.4.2.1. Buğday makarnası	21
2.3.4.2.2. Buğday dışı hammaddelerle üretilen makarnalar	21
2.3.4.2.3. Çeşnili makarna	22
2.3.4.2.4. Dolgulu makarna	22
2.3.4.2.5. Zenginleştirilmiş makarna	22
2.3.4.2.6. Güçlendirilmiş makarna	22
2.3.4.3. Şekline göre makarnalar	23
2.3.4.4. Hazır kullanıma uygunluğuna göre makarnalar	23
2.3.5. Makarnanın Günlük Diyetteki Yeri ve Beslenme Açısından Önemi	23
2.3.5.1. Buğday makarnasının günlük diyetteki yeri ve beslenme açısından önemi	23
2.3.5.2. Buğday dışı hammaddelerden elde edilen makarnaların günlük diyetteki yeri ve beslenme açısından önemi	25
2.3.6. Makarna Üretiminde Kullanılan Hammaddeler	28
2.3.6.1. Ana hammaddeler	28
2.3.6.1.1. Buğday	28
2.3.6.1.2. Buğday dışı hammaddeler	33
2.3.6.1.2.1. Pirinç	33
2.3.6.1.2.2. Mısır	34
2.3.6.1.2.3. Çavdar	35
2.3.6.1.2.4. Arpa	35
2.3.6.1.2.5. Yalancı tahıllar (Tahılımsılar)	35
2.3.6.1.2.6. Baklagiller	36

	Sayfa
2.3.6.2. Su	37
2.3.6.3. Diğer bileşenler	37
2.3.6.3.1. Tuz	37
2.3.6.3.2. Yapılandırıcı maddeler	37
2.3.6.3.2.1. Hidrokolloidler	37
2.3.6.3.2.2. Protein ve enzimler	39
2.3.7. Makarna Üretim Süreci	41
2.3.7.1. Buğday makarnası üretim süreci	41
2.3.7.1.1. Dozajlama ve karıştırma/yoğurma	41
2.3.7.1.2. Şekil verme	41
2.3.7.1.3. Kurutma	43
2.3.7.1.4. Soğutma	44
2.3.7.1.5. Paketleme	45
2.3.7.2. Buğday dışı hammaddelerden makarna üretim süreci	45
2.3.8. Makarna Kalitesi	48
2.3.8.1. Buğday makarnası kalite kıstasları	48
2.3.8.2. Buğday dışı hammaddelerden elde edilen makarnaların kalite kıstasları	49
2.3.8.3. Makarna kalitesini etkileyen unsurlar	49
2.3.8.3.1. Buğday makarnası kalitesini etkileyen unsurlar	50
2.3.8.3.2. Buğday dışı hammaddelerden elde edilen makarnaların kalitesini etkileyen unsurlar	54
3. MATERYAL ve YÖNTEM	57
3.1. Materyal	57
3.2. Kimyasallar	57
3.3. Yöntem	57
3.3.1. Mercimek Unununun Hazırlanması ve Mercimek Ununda Yapılan Analizler	57
3.3.1.1. Mercimek unununun hazırlanması	57
3.3.1.2. Kırmızı mercimek ununda yapılan analizler	58
3.3.1.2.1. Tanecik büyüklüğü dağılımının belirlenmesi	58
3.3.1.2.2. Nem içeriğinin belirlenmesi	58
3.3.1.2.3. Su etkinliğinin (a_w) belirlenmesi	59
3.3.1.2.4. Kül içeriğinin belirlenmesi	59
3.3.1.2.5. Ham protein içeriğinin belirlenmesi	60
3.3.1.2.6. Ham yağ içeriğinin belirlenmesi	61
3.3.1.2.7. Toplam karbonhidrat içeriğinin belirlenmesi	62
3.3.1.2.8. Gluten içeriğinin belirlenmesi	62
3.3.1.2.9. Renk değerlerinin belirlenmesi	64
3.3.1.2.10. Mikroyapının belirlenmesi	64
3.3.2. Mercimek Makarnası Formülasyonlarının Belirlenmesi	64
3.3.2.1. Mercimek makarnası hamurunun hazırlanması	64
3.3.2.2. Mercimek makarnası hamurunda yapılan analizler	66
3.3.2.2.1. Nem içeriğinin belirlenmesi	66
3.3.2.2.2. Su etkinliğinin (a_w) belirlenmesi	66
3.3.2.2.3. Kül içeriğinin belirlenmesi	66
3.3.2.2.4. Renk değerlerinin belirlenmesi	66
3.3.2.2.5. Dokusal özelliklerinin belirlenmesi	66
3.3.2.2.5.1. Yapışkanlık özelliğinin belirlenmesi	66
3.3.2.2.5.2. Elastikiyet özelliğinin belirlenmesi	67
3.3.2.2.6. Mikroyapının belirlenmesi	67
3.3.3. Mercimek Makarnası Üretimi	67
3.3.3.1. Kuru mercimek makarnasında yapılan analizler	68
3.3.3.1.1. Fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi	68
3.3.3.1.1.1. Nem içeriğinin belirlenmesi	68

	Sayfa
3.3.3.1.1.2. Su etkinliğinin (a_w) belirlenmesi	68
3.3.3.1.1.3. Kül içeriğinin belirlenmesi	68
3.3.3.1.1.4. Ham protein içeriğinin belirlenmesi	68
3.3.3.1.1.5. Ham yağ içeriğinin belirlenmesi	69
3.3.3.1.1.6. Toplam karbonhidrat içeriğinin belirlenmesi	69
3.3.3.1.1.7. Gluten içeriğinin belirlenmesi	69
3.3.3.1.1.8. Renk değerlerinin belirlenmesi	69
3.3.3.1.2. Pişme kalitesi analizleri	69
3.3.3.1.2.1. Optimum pişme süresinin belirlenmesi	69
3.3.3.1.2.2. Pişme suyuna geçen madde miktarının (pişme kaybı) belirlenmesi	70
3.3.3.1.2.3. Pişen makarnada hacim artışının belirlenmesi	70
3.3.3.1.2.4. Pişen makarnada ağırlık artışının (su absorpsiyonunun) belirlenmesi	71
3.3.3.1.3. Dokusal özelliğinin belirlenmesi	71
3.3.3.1.3.1. Kırılmaya karşı direncinin belirlenmesi	71
3.3.3.1.4. Mikroyapının belirlenmesi	71
3.3.3.2. Pişmiş mercimek makarnasında yapılan analizler	72
3.3.3.2.1. Duyusal analiz	72
3.3.3.2.2. Renk değerlerinin belirlenmesi	72
3.3.3.2.3. Dokusal özelliğinin belirlenmesi	72
3.3.3.2.3.1. Sertlik özelliğinin belirlenmesi	72
3.3.3.2.4. Mikroyapının belirlenmesi	73
3.3.4. İstatistiksel Analiz	73
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	74
4.1. Kırmızı Mercimek Ununun Bazı Fizikokimyasal Özellikleri	74
4.1.1. Mercimek Ununun Tanecik Büyüklüğü Dağılımı	74
4.1.2. Mercimek Ununun Kimyasal Özellikleri	78
4.1.3. Mercimek Ununun Renk Değerleri	82
4.1.4. Mercimek Ununun Mikroyapısı	84
4.2. Mercimek Makarnası Hamuru Formülasyonları ve Hamurların Fizikokimyasal Özellikleri	86
4.2.1. Mercimek Makarnası Hamur Formülasyonunun Belirlenmesi	87
4.2.1.1. Mercimek makarnası hamur formülasyonuna eklenecek yumurta miktarının belirlenmesi	87
4.2.1.2. Mercimek makarnası hamur formülasyonuna eklenecek keçiyoynuzu gamı miktarının belirlenmesi	89
4.2.2. Mercimek Makarnası Hamurunun Fizikokimyasal Özellikleri	92
4.2.2.1. Mercimek makarnası hamurunun nem içeriği	92
4.2.2.2. Mercimek makarnası hamurunun su etkinliği (a_w)	94
4.2.2.3. Mercimek makarnası hamurunun kül içeriği	96
4.2.2.4. Mercimek makarnası hamurunun renk değerleri	97
4.2.3. Mercimek Makarnası Hamurunun Dokusal Özellikleri	99
4.2.3.1. Mercimek makarnası hamurunun yapışkanlık özelliği	99
4.2.3.2. Mercimek makarnası hamurunun elastikiyet özelliği	101
4.2.4. Mercimek Makarnası Hamurunun Mikroyapısı	103
4.3. Kuru Mercimek Makarnası Üretim Yöntemi	108
4.3.1. Kuru Mercimek Makarnasının Fizikokimyasal Özellikleri	110
4.3.1.1. Kuru mercimek makarnasının nem içeriği	110
4.3.1.2. Kuru mercimek makarnasının su etkinliği (a_w)	111
4.3.1.3. Kuru mercimek makarnasının kül içeriği	112
4.3.1.4. Kuru mercimek makarnasının ham protein içeriği	114
4.3.1.5. Kuru mercimek makarnasının ham yağ içeriği	116
4.3.1.6. Kuru mercimek makarnasının toplam karbonhidrat içeriği	118
4.3.1.7. Kuru mercimek makarnasının gluten içeriği	119

	Sayfa
4.3.1.8. Kuru mercimek makarnasının renk değerleri	121
4.3.2. Kuru Mercimek Makarnasının Pişme Kalitesi Özellikleri	124
4.3.2.1. Optimum pişme süresi	125
4.3.2.2. Suyu geçen madde miktarı	127
4.3.2.3. Hacim artışı	130
4.3.2.4. Ağırlık artışı	133
4.3.3. Kuru Mercimek Makarnasının Dokusal Özelliği	135
4.3.3.1. Kuru mercimek makarnasının kırılmaya karşı direnci	135
4.3.4. Kuru Mercimek Makarnasının Mikroyapısı	138
4.4. Pişmiş Mercimek Makarnasının Özellikleri	141
4.4.1. Pişmiş Mercimek Makarnasının Duyusal Beğenilirliği	141
4.4.2. Pişmiş Mercimek Makarnasının Renk Değerleri	143
4.4.3. Pişmiş Mercimek Makarnasının Dokusal Özelliği	146
4.4.3.1. Pişmiş mercimek makarnasının sertlik özelliği	146
4.4.4. Pişmiş Mercimek Makarnasının Mikroyapısı	148
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	153
KAYNAKLAR	159
EKLER	175
ÖZGEÇMİŞ	180

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Mercimek tanesinin kimyasal bileşimi.	10
Tablo 2.2. Bazı buğday makarnası çeşitlerinin besin içerikleri.	25
Tablo 2.3. Buğday dışı hammaddelerden üretilen bazı makarna çeşitlerinin besin öğeleri.	26
Tablo 2.4. Glutensiz diyetle karşılaşılın besin öğesi eksiklikleri ya da fazlalılıkları.	27
Tablo 2.5. Glutensiz ürün gruplarının besleyici değeri hakkındaki kaygılar ve bunları ortadan kaldırmak için geliştirilen bazı stratejiler.	28
Tablo 2.6. Makarna üretim zincirinde yer alan paydaşlar için buğday kalitesini etkileyen unsurlar.	29
Tablo 2.7. Gluten içermeyen buğday dışı hammaddelerin kullanıldığı makarna üretiminde kullanılan bazı hidrokolloidler ve etkileri.	39
Tablo 2.8. Gluten içermeyen buğday dışı hammaddelerin kullanıldığı makarna üretiminde kullanılan proteinler, enzimler ve etkileri.	40
Tablo 2.9. Buğday ununun makarna kalitesi üzerine etkisi.	51
Tablo 2.10. Buğday dışı hammadde ununun makarna kalitesi üzerine etkisi.	54
Tablo 2.11. Buğday dışı hammaddelerle hazırlanan formülasyonlarda kullanılan yapılandırıcı maddeler ve makarna kalitesi üzerine etkileri.	55
Tablo 2.12. Buğday dışı hammaddeye uygulanan süreçlerin makarna kalitesi üzerine etkisi.	56
Tablo 3.1. Mercimek makarnası hamurunun hazırlanmasında kullanılan 5 farklı formülasyonun içerikleri.	65
Tablo 4.1. Kırmızı mercimek ununun ve buğday irmiğinin tanecik büyüklüğü (t.b.) dağılımı.	75
Tablo 4.2. Mercimek makarnası hamurunun hazırlanmasında kullanılan t.b. 100 µm'den küçük unun t.b. dağılımı.	77
Tablo 4.3. Mercimek makarnası hamurunun hazırlanmasında kullanılan t.b. 100 ile 355 µm aralığında kalan unun t.b. dağılımı.	77
Tablo 4.4. Mercimek makarnası hamurunun hazırlanmasında kullanılan t.b. 355 µm'nin üzerinde kalan unun t.b. dağılımı.	78
Tablo 4.5. Mercimek ununun ve buğday irmiğinin bazı kimyasal özellikleri.	79
Tablo 4.6. Kırmızı mercimek ununun ve buğday irmiğinin renk değerleri.	83
Tablo 4.7. Mercimek makarnası hamurlarının nem içerikleri (%).	93
Tablo 4.8. Mercimek makarnası hamurlarının su etkinlikleri.	95
Tablo 4.9. Mercimek makarnası hamurlarının kül içeriği (%).	96
Tablo 4.10. Mercimek makarnası hamurunun renk değerleri.	98
Tablo 4.11. Mercimek makarnası hamurunun yapışkanlık özellikleri.	100
Tablo 4.12. Mercimek makarnası hamurunun elastikiyet özellikleri.	102
Tablo 4.13. Mercimek makarnalarının nem içerikleri (%).	110
Tablo 4.14. Mercimek makarnalarının su etkinliği değerleri.	112
Tablo 4.15. Mercimek makarnalarının kül içerikleri (%).	113
Tablo 4.16. Mercimek makarnalarının ham protein içerikleri (%).	114
Tablo 4.17. Mercimek makarnalarının ham yağ içerikleri (%).	116
Tablo 4.18. Mercimek makarnalarının toplam karbonhidrat içerikleri (%).	118
Tablo 4.19. Mercimek makarnalarının gluten içerikleri (ppm).	120
Tablo 4.20. Mercimek makarnalarının renk değerleri.	122
Tablo 4.21. Mercimek makarnalarının optimum pişme süreleri	125
Tablo 4.22. Mercimek makarnalarının suya geçen madde miktarları (%).	128
Tablo 4.23. Mercimek makarnalarının hacim artışları (%).	131
Tablo 4.24. Mercimek makarnalarının ağırlık artışları (%).	133
Tablo 4.25. Mercimek makarnalarının kırılmaya karşı direnç değerleri.	136
Tablo 4.26. Pişmiş mercimek makarnalarının renk (L*, a*, b,*) değerleri.	144



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Mercimek bitkisi, meyvesi ve tanesi.	8
Şekil 2.2. 19. yy.'ın başında Napoli'de makarna yiyen halkı betimleyen bir tablo.	14
Şekil 2.3. 18. yy.'da Fransa'da gerçekleştirilen endüstriyel üretim tekniği çizimi.	14
Şekil 2.4. Makarnaların sınıflandırılması.	20
Şekil 2.5. Buğday makarnası üretimi akım şeması.	42
Şekil 2.6. Buğday dışı hammaddelerden makarna üretimi akım şeması.	47
Şekil 2.7. Makarna kalitesine etki eden unsurlar.	82
Şekil 4.1. 1.25 mm elek altı kırmızı mercimek ununun SEM görüntüsü (×7000).	84
Şekil 4.2. Elenmemiş kırmızı mercimek ununun SEM görüntüsü (×500).	85
Şekil 4.3. Buğday irmiğinin SEM görüntüsü (×500).	85
Şekil 4.4. Yumurta miktarının belirlenmesi için hazırlanan formülasyonlar.	87
Şekil 4.5. Yumurta miktarının belirlenmesine yönelik formülasyon denemeleri ve elde edilen bulgular.	88
Şekil 4.6. Keçiboynuzu gamı miktarının belirlenmesine yönelik formülasyonlar.	89
Şekil 4.7. Keçiboynuzu gamı miktarının belirlenmesine yönelik formülasyon denemeleri ve elde edilen bulgular.	90
Şekil 4.8. Mercimek makarnası üretiminde kullanılacak hamur formülasyonları.	91
Şekil 4.9. Aynı formülasyonda farklı t.b. sahip unlardan hazırlanan hamurların açılabilirliği.	92
Şekil 4.10. Mercimek makarnası hamurlarının SEM görüntüleri (t.b.<100µm, F1-F5, ×2000).	104
Şekil 4.11. Mercimek makarnası hamurlarının SEM görüntüleri (100µm<t.b.<355µm, F1-F5, ×2000).	105
Şekil 4.12. Mercimek makarnası hamurlarının SEM görüntüleri (t.b.>355µm, F1-F5, ×2000).	106
Şekil 4.13. Kuru mercimek makarnası üretimi.	109
Şekil 4.14. Kuru mercimek makarnalarının SEM görüntüleri (t.b. 100µm, F1-F5, ×2000).	139
Şekil 4.15. Kuru mercimek makarnalarının SEM görüntüleri (100µm< t.b. <355µm, F1-F5, ×2000).	140
Şekil 4.16. Pişmiş mercimek makarnalarının duyuşal özellikleri.	142
Şekil 4.17. Pişmiş mercimek makarnalarının mikroyapısı (t.b.< 100µm, F1-F5, ×2000).	149
Şekil 4.18. Buğday makarnası ve buğday dışı hammaddelerden üretilen makarnaların yapısı.	150
Şekil 4.19. Pişmiş mercimek makarnalarının SEM görüntüleri (100µm<t.b.<355µm, F1-F5, ×2000).	151

KISALTMALAR ve SİMGELER

Kısaltma/Simge	Tanım
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
TGK	Türk Gıda Kodeksi
USDA	Amerika Gıda ve İlaç Dairesi
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
UYB	Ulusal Baklagil Konseyi
FAO	Birleşmiş Milletler Gıdave Tarım Örgütü
BM	Birleşmiş Milletler
UBY	Uluslararası Bakliyat Yılı
CFS	Gıda Güvenliği Komitesi
GI	Glisemik indeks
GL	Glisemik indeks
ADE	Anjiyotensin dönüştürücü enzim
a_w	Su etkinliği
t.b.	Tanecik büyüklüğü
SEM	Taramalı (Scanning) Elektron Mikroskobu
İED	İkincil elektron dedektörü
F1	Formulasyon 1
F2	Formulasyon 2
F3	Formulasyon 3
F4	Formulasyon 4
F5	Formulasyon 5

1.GİRİŞ

Teknolojinin hızla gelişerek günlük hayata da aynı hızla yansması ve giderek artan dünya nüfusu gelecekte tüketilebilir ve sürdürülebilir gıdanın daha da önem kazanacağını işaret etmektedir. Bununla birlikte tüketicilerin daha güvenilir, sağlıklı ve besleyici gıdalara yönelimi gıda endüstrisini ve bilimini mevcut gıdaları ve gıda üretim yöntemlerini sürekli gözden geçirmeye zorlamaktadır. Gıda endüstrisi ve bilimi bu alanlarda boş durmamakta farklı hammaddeleri değerlendirerek ve farklı gıda işleme teknikleri geliştirerek alternatif gıda ürünlerinin geliştirilmesi konusunda çalışmalar yapmaktadır. Tüm bu değişikliklerin tüketim ve beslenme alışkanlıklarında yarattığı gelişmeler, raf ömrü uzun, besleyici değeri yüksek, çabuk ve kolay hazırlanabilen ürünlere doğru bir geçişin gerekliliğini de işaret etmektedir. Bu nedenle yeni ürün geliştirme araştırmaları önem taşımaktadır [1].

Mercimek, nohut, fasulye, bakla, bezelye ve börülceyi içine alan baklagiller, dünyadaki 2 milyardan fazla insan için protein kaynağıdır. Yağ oranı düşük, kompleks karbonhidrat oranı yüksek ve besleyicidir. Beslenmede bitkisel proteinin ana kaynağını oluşturan yemeklik baklagillerin üretim ve tüketim hacmi hem Dünya’da ve hem de Türkiye’de oldukça yüksektir. Tarla bitkileri yetiştiriciliğinde ekim alanı ve üretim bakımından tahıllardan sonra gelen tane ürünüdürler. Dünya’da yaklaşık 60 milyon ton üretim ve 40 milyar dolarlık piyasa değerine sahip bir ürün grubudur [2]. Üretim ve tüketim hacmi göz önüne alındığında, baklagillerin yalnızca yemeklik tane olarak kullanılmasının ya da sınırlı sayıda gıdanın formülasyonunda bileşen olarak yer almasının, yeni gıdalara işlenmesi konusunda henüz bakir bir hammadde olduğu göstermektedir.

Baklagiller içinde mercimek, üretimi ve tüketimi açısından önemli bir paya sahiptir. Dünya mercimek üretimi Türkiye % 7.1’lik pay ile 3. sırada yer alır. Mercimek, Dünya ve Türkiye baklagil tüketiminde ise yıllara göre değişiklik göstermekle birlikte hep ilk 5 sırada yer almaktadır. Mercimek çeşitleri arasında Dünya’da ve Türkiye’de tüketim hacmi en geniş olan kırmızı mercimektir [3]. Bununla birlikte baklagiller içinde mercimek protein miktarının ve biyoyararlılığının yüksek olması, kompleks karbonhidratlar, vitaminler, mineraller ve biyoaktif bileşikler bakımından zengin olması, elzem aminoasitler için iyi bir kaynak olması, lif (posa) içeriğinin yüksek olması ve doğal olarak gluten içermemesi vb. nedenlerle ön plana çıkmaktadır [4]. Üretim ve tüketim hacmi yüksek ve besleyici değer açısından önemli bir bitkisel hammadde olan mercimek, Türkiye’de ve Dünya’da marketlerde sadece yemeklik tane olarak satılmakta ya da bazı gıda formülasyonlarında (hazır çorbalar, glutensiz gıdalar) bileşen olarak yer almaktadır. Bu nedenle yeni gıda formülasyonlarının oluşturulması için yeterince değerlendirilememiş bir hammadde. Mercimeğin ana hammadde olarak kullanılıp

işlenmesiyle oluşturulacak yeni ürünler ile tüketicilere farklı gıda seçenekleri sunulmasının önemli olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte bu tip ürünlerin mercimeğe katma değer sağlayacağı, üretici ve gıda endüstrisi açısından yeni seçenekler, fırsatlar ve faydalar sağlayacağı öngörülmektedir.

Bütün bu bilgiler ışığında, bu çalışmaya konu olan “mercimek makarnası” yeni ürün fikrinin oluşturulmasına kaynak teşkil eden başlıca nedenler:

- i. Gıdanın gelecek yüzyıllarda yeterliliğinin sağlanması gerekliliği,
- ii. Kaynakların israf edilmeden güvenli, sağlıklı ve tüketicilerin beklentilerini karşılayabilecek yeni gıdaların geliştirilmesi gerekliliği,
- iii. Türkiye'nin mercimek üretimi ve tüketimindeki büyük potansiyeli,
- iv. Beslenme ve sağlık ilişkisinin önceleyen tüketici eğilimi,
- v. Zorunlu ve tercihli olarak özel amaçlı beslenmeye (yüksek proteinli, glutensiz) yönelik tüketici eğilimi ve bu konuda besleyici değeri yüksek gıdalara duyulan ihtiyaç,
- vi. Mercimeğin besleyici değeri yüksek ve doğal olarak glutensiz bir hammadde olması,
- vii. Mercimeğin yemeklik tane baklagil olması dışında başka gıda formlarında satılmaması yani başka bir gıdaya işlenmemesi,
- viii. Erişte ve makarnanın dünyada ekmekten sonra en çok tüketilen gıda ürünü olmasıyla mercimek makarnasının geniş bir tüketici kitlesine ulaşabilme potansiyeli olarak sıralanabilir.

Bütün bunlar göz önüne alındığında bu çalışmanın amaçları:

- i. Tamamen mercimekten yapılmış “mercimek makarnası” üretiminin teknolojik olarak ortaya koyulması,
- ii. Mercimek makarnası üretim sürecinde yer alan hammaddenin fiziksel, fizikokimyasal ve mikroyapı özelliklerinin belirlenmesi,
- iii. Mercimek makarnasının formülasyon optimizasyonunun yapılması,
- iv. Mercimek makarnası hamurunun optimize edilen formülasyonlarda fizikokimyasal, dokusal ve mikroyapı özelliklerinin belirlenmesi,
- v. Optimize edilen mercimek makarnası formülasyonlarıyla makarna üretim sürecinin gerçekleştirilmesi,
- vi. Optimize edilen formülasyonlarda üretilen kuru mercimek makarnasının fizikokimyasal, dokusal, pişme kalitesi ve mikroyapı özelliklerinin belirlenmesi,
- vii. Optimize edilen formülasyonlarda üretilen pişmiş mercimek makarnasının duyuşal, dokusal ve mikroyapı özelliklerinin belirlenmesi,

- viii. Elde edilen tüm veriler sonucunda en çok beğenilen ve en iyi kalitedeki mercimek makarnası formülasyonunun ve üretim değişkenlerinin belirlenerek, endüstriyel boyutta üretime hazır bir prototipinin üretilmesi olarak belirlenmiştir.



2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI

2.1. Baklagiller

Bitkisel ve hayvansal kökenli gıdalar insan beslenmesinde yer alan başlıca iki kaynaktır. Bitkisel kaynaklı gıdalar; meyve ve sebzeler, tahıllar, yağlı tohumlar ve baklagillerdir. Baklagil kelimesi latince “Legumen”den türemiş olup, kabuklu baklanın hasat edilen tohumları anlamına gelmektedir [5]. Baklagilleri içinde bulunduran *Leguminosae (Fabaceae)* ailesi mercimek, bezelye ve nohutun içinde bulunduğu *Viciae* takımı, yerfıstığını içine alan *Hedysareae* takımı, soya, börülce ve fasulyeyi içine alan *Phaseolaeae* takımı olmak üzere kendi içinde üç takımdan oluşmaktadır. Fasulye, bakla, nohut, mercimek, bezelye, soya, börülce vb. baklagiller yemeklik taneler grubunda yer almakta ve söz konusu baklagillerin Dünya'nın büyük bir kısmında önemli miktarda ticaret hacmi bulunmaktadır [6].

Baklagiller, tarla bitkileri yetiştiriciliğinde ekim alanı ve üretimi bakımından tahıllardan sonra gelen yemeklik tane ürünüdür. Dünya'da yaklaşık 60 milyon ton üretim ve 40 milyar dolarlık piyasa değerine sahiptir. Yemeklik tane baklagiller, Türkiye'de tarla bitkileri üretimi açısından da toplam ekim alanının yaklaşık % 74'ünü oluşturan tahıllardan sonra % 8.3'lük pay ile ikinci sırada yer almaktadır [7].

Türkiye, Dünya fasulye üretiminde % 1'lik pay ile 23'üncü, nohut üretiminde % 5'lik pay ile 4. ve mercimek üretiminde ise % 8'lik pay ile 3. sırada bulunmaktadır. Dünya'da bugün gerçekleşen bakliyat tüketiminde ise Türkiye'nin payı % 15'tir. Türkiye'de 2016 yılı itibari ile kişi başına nohut tüketiminin 5,5 kg, yeterlilik derecesinin % 98; mercimek tüketiminin 4,5 kg, yeterlilik derecesinin % 82; kuru fasulye tüketiminin 3 kg, yeterlilik derecesinin % 83 olduğu bildirilmektedir [7]. Türkiye'de kişi başı baklagil tüketimi 13.9 kg iken Dünya'da kişi başı baklagil tüketiminin ise yaklaşık 7 kg olduğu belirtilmektedir. Yemeklik tane baklagillerin mevcut üretiminin, kendine yeterlilik durumunun ve tüketiminin yüksek olduğu dikkate alındığında, Türkiye'nin bitkisel ürün üretimi ve tüketiminde önemli bir yeri olduğu anlaşılmaktadır [8]. Bununla birlikte Türkiye'de ve Dünya'da baklagil üretimi ve tüketimi henüz hedeflenen değerlere ulaşamamıştır

Baklagillerin insan beslenmesindeki yeri de binlerce yıl önceye kadar uzanmaktadır [9, 10]. Antik dönemlerde Akdenizliler, Mezopotamyalılar, Mısırlılar, Macarlar, Truvalılar ve İngilizler tarafından beslenmede kullanıldığı ve geçmişlerinin 10.000 yıl öncesine kadar dayandığı düşünülmektedir. Türkiye ise baklagillerin gen merkezi diğer bir ifadeyle anavatanı olarak kabul edilen “verimli hilal”in en önemli parçası olarak değerlendirilmektedir. Güneydoğu

Anadolu'da bulunan, mercimek ve bezelyenin yabani akrabalarına ait örnekler bugün için dünyanın en eskisi kabul edilmektedir. Kanıtların M.Ö. 8000-8500 yıllarına kadar dayanması bu bilgiyi doğrular niteliktedir [11]. Baklagiller, geçmişte olduğu gibi bugün de insan beslenmesindeki önemini korumaktadır. Dünya'da insan beslenmesindeki bitkisel proteinlerin % 22'si, karbonhidratların % 7'si baklagillerden sağlanmaktadır. Baklagillerin protein içeriğinin yüksek, yağ oranının düşük, kompleks karbonhidrat oranının yüksek olması nedeniyle sağlıklı bir diyetle yer alması gerekliliği yapılan epidemiyolojik çalışmalarla da ortaya konmuştur [12]. Sağlık üzerine olumlu etkileri nedeniyle, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ); obezite, diyabet, kalp hastalıkları ve kanser gibi bulaşıcı olmayan hastalıkları önlemek ve kontrol altına almak için gerekli olan sağlıklı beslenmenin önemli bir parçası olarak düzenli bakliyat tüketimini önermektedir [13, 14].

Baklagillerin besleyici değeri açısından öne çıkan özelliklerinden birisi yüksek protein içeriğidir. Baklagil proteinleri, et ve balık proteinlerine karşı iyi bir seçenektir. Yemeklik tane baklagiller, bileşiminde % 18-44 oranında protein bulundurduğundan özellikle gelişmekte olan ülkelerde hayvansal kaynaklı gıdaların yerine kullanılmaktadır [12]. Yemeklik tane baklagillerin ham protein içeriği genellikle % 20'den fazladır ve çeşide göre değişmektedir. Yaygın olarak tüketilen baklagillerdeki protein oranları; soya fasulyesinde % 43.7, baklada %27.0, mercimekte % 26.0, fasulyede % 25.5, maş fasulyesinde % 23.1, nohutta % 22.8, kılıç fasulyede % 21.0 olarak bulunmuştur [15]. Baklagillerin besleyici değeri yalnızca proteininin miktarına bağlı olmayıp, bununla birlikte protein kalitesi ile de yakından ilişkilidir. Protein kalitesini; amino asit bileşimi ve dengesi, amino asitlerin biyolojik olarak kullanılabilirliği ve antinutrisyonel unsurların vücutta protein kullanımını engellemesi etkilemektedir. Baklagil proteinlerinin amino asit dengesi ve besleyici değeri yemeklik tanelerden buğday ile karşılaştırıldığında daha iyidir [16]. Örneğin, elzem amino asitlerden lisinin miktarı baklagillerde, buğday irmiğine göre yaklaşık 4 kat daha fazladır. Yapılan araştırmalar, buğday irmiğin % 10-15 oranında baklagil unu ile zenginleştirildiğinde besleyici değerini önemli ölçüde yükseltebileceğini ortaya koymuştur [6]. Diğer taraftan baklagiller sülfür içeren aminoasitlerce (metiyonin, sistin ve sistein) fakirdirler ve sebzelerle birlikte tüketilmesi önerilmektedir [5].

Baklagillerin besleyici açıdan öne çıkan bir diğer özelliği ise kompleks karbonhidratlarca zengin olmasıdır. Baklagillerdeki toplam karbonhidrat oranı % 24'den % 68'e kadar değişebilmektedir [6]. Baklagiller, yüksek karbonhidratlı gıdalar arasında nişasta sindirilirliğini etkileyen birçok bileşeni de içermesi nedeniyle özellikle dikkat çekmektedir. Yapılan çalışmalar baklagillerin tahıl bazlı ürünlerle karşılaştırıldığında (örn. tam tahıllı ekmek) kan glukoz seviyesini düşürerek diyabet ve hiperlipidemi (kanda çok yüksek oranda yağ bulunduğunda

ortaya çıkan hastalık) hastalarının beslenmesinde önemli bir bitkisel kaynak olduğunu işaret etmektedir [17]. Baklagil nişasta içeriği tahıl nişasta içeriği ile karşılaştırıldığında daha yüksek amiloz içeriğine sahip olduğundan daha yüksek retrograde nişasta oluşturmaya olanak sağlayarak nişasta sindirilirliğinin de azalmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte baklagiller tahıllarla karşılaştırıldığında daha yüksek protein içeriğine sahip olduğundan baklagillerdeki protein-nişasta etkileşiminin nişasta sindirimini yavaşlattığı ve glisemik tepkiyi azalttığı değerlendirilmektedir. Yapılan çalışmalar baklagillerin içerdiği yüksek miktardaki diyet lifinin ve antinutrisyonel öğelerin (fitat, amiloz inhibitörleri) nişasta sindirilirliğini azalttığını göstermektedir. Sonuç olarak baklagil nişastasının yavaş sindirilmesi yemek sonrasında vücutta yavaş ve orta seviyede glukoz ve insülin tepkilerinin oluşmasına yardımcı olmaktadır. Bu nedenle bakagillerin karbonhidrat içeriği yavaş sindirilen karbonhidrat özelliği taşımaktadır ve günlük diyetle alınması önerilen gıdalar arasında ön plana çıkarmaktadır. Diğer taraftan baklagillerin fitat, fenolik bileşikler (örn. taninler), lektin, enzim inhibitörleri (tripsin inhibitörleri, amilaz inhibitörleri, proteaz inhibitörleri vb.) vb. antinutrisyonel öğeleri içermesinin baklagillerde protein, nişasta sindirilirliği, aminoasit, vitamin ve mineraller biyoyararlılığı üzerine olumsuz etkiler gösterdiği belirlenmiştir [18, 19]. Antinutrisyonel bileşenlerin neden olduğu olumsuz etkiler baklagillere uygulanan birçok gıda işleme tekniği ile (kabuk soyma, öğütme, ısı işlemler, enzim uygulaması, ıslatma, çimlendirme, fermentasyon vb.) belirgin derecede azaltılabilmektedir. Yapılan çalışmalar uygulanan bu işlemlerin birkaçının birlikte uygulanmasının antinutrisyonel öğelerin baklagillerin besleyici değerinde neden olduğu olumsuz etkileri en aza indirmede daha etkili olduğunu göstermektedir [16].

Baklagil ununun yeni gıda formülasyonlarında, proteininin ise geleneksel gıdalardaki hayvansal proteinin yerine kullanımı birçok araştırmada dikkat çekmektedir. Baklagil unu ve proteininin gıda formülasyonlarındaki kabul edilebilirliği duysal beğenilirlik ve besleyici değerine ek olarak fonksiyonel özellikleri ile ilişkilidir. Bunlar dikkate alındığında baklagillerin gıda bileşeni olarak ya da tek başlarına ürün iyileştirme ve geliştirme çalışmalarında kullanılması önemlidir [6].

15-20 Ekim 2012 tarihlerinde gerçekleştirilen 39. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) Gıda Güvenliği Komitesi (CFS) Toplantısı'nda, 2016 yılının Birleşmiş Milletler (BM) Uluslararası Bakliyat Yılı (UBY) ilan edilmesi için Türkiye ve Pakistan'ın girişimleri olmuştur. Bu girişimler sonrasında 2016 yılının "Uluslararası Bakliyat Yılı" olarak ilan edilmesi 146. FAO Konseyi'nde kabul edilmiş ve ardından BM 68. Genel Kurul Oturumu'nda ilan edilmiştir. Bu kapsamda Dünya Bakliyat Konfederasyonu, hükümetlere yeni tarım araştırma programlarında bakliyat üretimini arttırma, beslenme ve gıda güvenlik stratejilerinde

baklagillere öncelik verilmesi çağrısında bulunmuştur. Bakliyat üretiminin artması ile buğday, mısır, pirinç gibi birkaç çeşide bağlı gıda sistemine güvenen küresel gıda sisteminin risklerinin azaltılması ve yeni yatırım olanakları yaratılması hedeflenmiştir. Bu gelişmeler bakliyatın dünya genelinde üretim ve tüketim alanlarının genişlemesine katkı sağlamaktadır. Örneğin, Amerika ve Kanada'da üretici firmalarla görüşülerek kraker, sosis gibi gıdalara bezelye ve diğer bakliyalardan elde edilen protein katılarak daha sağlıklı hale getirilmesi gibi çalışmalar yapılmaktadır [20, 21].

Türkiye ise 2016 Uluslararası Bakliyat Yılı faaliyetlerine yönelik 3 başlık altında eylem planı hazırlamıştır. Bu başlıklardan birincisi Ar-Ge çalışmaları ile üretimin artırılması, ikincisi tüketimin artırılması, üçüncüsü de baklagillerin tanıtılması olarak belirlenmiştir. 2016 Uluslararası Bakliyat Yılı'nın, gıda ve beslenme, yoksulluğun azaltılması ve sürdürülebilirlik konularında bakliyatın önemli rolüne ilişkin paydaşların harekete geçirilmesi için bir fırsat olduğu bildirilerek bu konulara olumlu katkı sağlayacak politikaların oluşturulması için karar alınmıştır. Bu kapsamda yapılan Ar-Ge ve tanıtım çalışmaları giderek önem kazanmaktadır [21].

Tüm bu politikaların ve girişimlerin altındaki temel nedenler; i. Dünyada bir milyara yakın insan aşırı açlık içinde bulunması; ii. İki milyardan fazla sayıda insanın obezite sınırını geçmiş olması; iii. Dünya nüfusunun 2060'da 10 milyara ulaşacağı beklentisidir. Sürdürülebilir ve güvenli gıdayı sağlarken insanların sağlıklı beslenme ihtiyacını da karşılayabilmek hükümetlerin de en önemli politikaları arasına girmiştir. Bu nedenle baklagillerin toprak verimliliğini artırıcı özelliği, değişen iklim şartlarına uyum sağlayarak sürdürülebilir bir beslenmeyi dünyanın en yoksul kesimlerine kadar olanaklı kılma potansiyeline sahip olması, bu bitkisel kaynağın üretim ve tüketiminin artırılmasına yönelik küresel politikaların oluşturulmasına neden olmaktadır [22]. Söz konusu politikaların baklagil üretim ve tüketim hacminde ilerleyen yıllarda önemli bir artışa neden olacağı öngörülmektedir. Bu politikaların gerçekleşmesi mercimek, nohut, bezelye, fasulye, bakla ve börülce gibi baklagillerin sofralarda alışlagelmişin dışında da tüketilmesi için farkındalık yaratan projelerin ön plana çıkmasını ve baklagillerin daha hızlı tüketimine yönelik çalışmaların yapılmasını gerekli kılmaktadır.

2.2. Mercimek

Mercimek (*Lens culinaris*), ilk örneklerine 8500 yıl önce Anadolu'da (Hacılar, Burdur) rastlanan, beslenmede yer alan bilinen en eski bitkisel ürünlerden birisidir [10]. Yemeklik tane baklagiller içinde kurak ve soğuğa en dayanıklı ürün olan mercimek, Asya ve Avrupa kıtasından sonra 1900'lerin başında da Amerika kıtasında da üretilmeye başlamıştır [23].

Mercimek (*Lens*), baklagiller (*Leguminosae*) takımının kelebek çiçekliler (*Papilionatae*) ailesine bağlı *Viciae* takımına ait 5 önemli cinsten (*Vicia L.*, *Lathyrus L.*, *Pisum L.*, *Cicer L.* ve *Lens Miller*) birisidir. Mercimek bitkisi 70 cm boylarında, yumuşak ve ince gövdeli, disk şeklinde meyveleri olan, tek yıllık otsu bir bitkidir (Şekil 2.1). Meyveleri legümen (bakla) tipinde olup, sarımsı esmer renkteki şişkin torbalarda gelişir. Torba içindeki taneler, mercimek adını alır. Şekil olarak mercimek taneleri yassı ve disk biçimindedir. Büyüklük, şekil ve renklerine göre sultan mercimek, yeşil mercimek, kırmızı mercimek gibi isimlerle adlandırılırlar. Tanelerin çapı 2-9 mm, kalınlığı 1.9-3.4 mm arasında değişiklik gösterir. Tanede kabuk rengi açık kırmızı, yeşil ya da yeşilimsi kırmızı, gri, kahverengi veya siyah olabilir [24].



Şekil 2.1. Mercimek bitkisi, meyvesi ve tanesi [25].

Mercimek; makrosperma (yeşil kabuklu ve genellikle sarı iç rengine sahip) ve mikrosperma (kırmızı iç rengine sahip) olarak ya da kabuklu ve iç mercimek olarak 2 sınıfa ayrılır. TS 143'e göre, kabuklu mercimek; baklagiller (*Leguminosae*) familyasından *Lens esculenta*, Moench (*Lens culinaris*, Medic) türüne giren kültür bitkilerinin kurutulmuş taneleri; iç mercimek ise kabukları soyulup, çenekleri birbirinden ayrılmış ve kabuklarından temizlenmiş mercimek taneleri olarak tanımlanmıştır [26].

Türkiye'de yürürlükte olan mercimek (kabuklu ve iç) standardına [26] göre başlıca mercimek çeşitleri kabuklu mercimekler ve iç mercimekler olmak üzere iki sınıfa ayrılır. Kabuklu mercimekler: sultani mercimek (yaprak mercimek, pul mercimek), yeşil mercimek (sıra mercimek), kabuklu kırmızı mercimek iken iç mercimekler: kırmızı iç mercimek ve yeşilimsi sarı iç mercimektir. İlgili standartta, mercimeklerin genel özellikleri ise şu şekilde tanımlanmıştır: Mercimekler tanınan toleranslar dışında, sağlam, bütün, iyi kurutulmuş olmalı; canlı böcek, gözle görülebilir kimyasal madde artıkları, anormal dış nem, yabancı tat ve koku

bulundurmamalıdır. Yine söz konusu standartta mercimeklerin çeşit özellikleri ise aşağıdaki gibi belirtilmiştir:

Sultani Mercimek (Yaprak Mercimek, Pul Mercimek): Bu çeşit mercimeklerin kabuk renkleri genellikle yeşil veya sarımsı yeşil olmakla beraber pembemsi sarı-yeşil, grimsi sarı-yeşil ve sarı-yeşil fon üzerinde koyu yeşil benekli olanları da vardır. Tanelerinin iç rengi yeşilimsi sarı olup, taneler, yassı, yuvarlak ve çapları 6 mm'den büyüktür.

Yeşil Mercimek (Sıra Mercimek): Bu çeşit mercimeklerin kabuk renkleri genellikle yeşil veya sarımsı yeşil olmakla beraber sarımsı pembe-yeşil, grimsi yeşil olanları da vardır. Tanelerin iç rengi ise yeşilimsi sarıdır. Taneler, yanlardan oldukça basık, yuvarlak ve tane çapı 3 mm'den büyüktür.

Kabuklu Kırmızı Mercimek: Bu çeşide giren mercimeklerin kabuk rengi genellikle grimsi kırmızı olmakla beraber sarımsı pembe fon üzerine koyu mavi, veya grimsi kırmızı fon üzerine koyu mavi, ya da siyah benekli ve sarımsı yeşil renkli olanları da vardır. Tanelerin iç rengi ise turuncu kırmızıdır. Taneler, yanları basık, yuvarlak ve tane çapı 3 mm'den büyüktür.

Kırmızı İç Mercimek: Bu çeşide giren mercimeklerin tane içi (çenek) renkleri turuncu kırmızıdır. Çeneklerin iç yüzeyleri düz, dış yüzeyleri yuvarlaktır.

Yeşilimsi Sarı İç Mercimek: Bu çeşide giren mercimeklerin tane içi renkleri yeşilimsi sarıdır. Çeneklerin iç yüzeyleri düz, dış yüzeyleri yuvarlaktır [27].

2.2.1. Mercimeğin Kimyasal Bileşimi

Mercimeğin bileşimi çeşidine, yetiştirildiği çevre koşullarına ve yetiştirme tekniğine bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte, yüksek oranda (% 25-30) protein içeriği ile öne çıkar [28]. Söz konusu protein içeriği Dünya'da ve Türkiye'de başlıca bitkisel gıda hammaddesi kaynağı olarak kullanılan buğdayın protein oranının yaklaşık 2 katıdır. Protein ve kompleks karbonhidratlarca zengin bir gıda olan mercimeğin başta B vitamini ve Fe olmak üzere Ca, Mn, Na, Cu, Zn ve P mineralleri açısından da zengin olduğu bildirilmektedir [29]. Tablo 2.1'de mercimeğin kimyasal bileşimi makro bileşenler açısından verilmiştir [4, 28, 29].

Tablo 2.1. Mercimek tanesinin kimyasal bileşimi.

Bileşen	Miktar
Karbonhidrat	% 53.9-63.1
Protein	% 20.4-30.9
Nem	% 11.0-15.3
Mineral madde	% 1.78-3.1
Ham selüloz	% 1.36-4.4
Yağ	% 0.70-2.0
Potasyum	800-1200 mg/ 100 g
Fosfor	300-600 mg/ 100 g
Kalsiyum	40-100 mg/ 100 g
Demir	6-9 mg/ 100 g
Sodyum	7-9 mg/ 100 g
Çinko	3-5 mg/ 100 g
A vitamini	60 IU
B1 vitamini	0.37 mg/ 100 g
B2 vitamini	0.32 mg/ 100 g
Folat	479 µg/ 100 g
Enerji	100 kcal/ 100 g

2.2.2. Mercimeğin Ticari Değeri

Dünya mercimek üretimi 4.827.122 ton olup, Türkiye 345.000 tonla % 7.1'lik paya sahiptir ve 3. sırada yer alır. Mercimek, Dünya ve Türkiye baklagil tüketiminde ise yıllara göre değişiklik göstermekle birlikte hep ilk 5 sırada yer almaktadır. Mercimek çeşitleri arasında Dünya'da ve Türkiye'de tüketim hacmi en geniş olan kırmızı mercimektir [3]. 2016 yılı Türkiye mercimek üretiminin % 95'ini kırmızı, % 5'ini ise yeşil mercimek oluşturmaktadır [7]. Mercimek ihracatında, % 65 pay ile ilk sırada Kanada yer alırken bu ülkeyi A.B.D, Avustralya, Türkiye izlemektedir. Üretim miktarı olarak ilk dört sırayı paylaşan bu ülkeler dünya mercimek ihracatının da % 88'ini gerçekleştirmektedir. Türkiye dünya mercimek ihracatından % 5 pay alırken dünya mercimek ithalatında ise ilk sıradadır (% 15). Ülkemizde kişi başına yıllık ortalama 3 - 4 kg fasulye, 4 -5 kg mercimek ve 5 - 6 kg nohut tüketildiği dikkate alındığında, Türkiye'deki baklagil tüketiminde mercimeğin önemli bir paya sahip olduğu görülmektedir [3, 7].

2.2.3. Mercimeğin Beslenme Açısından Önemi

Mercimek; tahıllarla karşılaştırıldığında protein miktarının ve kalitesinin yüksekliği, vitaminler ve mineraller bakımından zengin olması, tahıllarla beraber tüketildiğinde amino asit dengesini iyileştirmesi, lif (posa) içeriğinin yüksek olması nedenleriyle besleyici değeri yüksek bir baklagildir [4].

Mercimek çeşidine, çevre koşullarına ve yetiştirme tekniğine bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte, yüksek oranda (% 25-30) protein içerir [28, 29]. Bu değer, dünyada ve Türkiye’de beslenmede başlıca bitkisel kaynak olarak kullanılan buğdayın protein oranının yaklaşık iki katıdır. Bununla birlikte mercimek proteinlerinin sindirilebilirliği yüksek (% 92) ve elzem aminoasitlerce zengindir (örn. lizin ve metiyonin). Bu nedenle, mercimek proteinleri tahıl proteinlerine göre belirgin derecede üstün besleyici değere sahiptir [4].

Mercimek karbonhidrat içeren gıdalar arasında glisemik indeksi (GI) ve yükü (GL) en düşük olanlardan bir tanesidir (GI: 25; GL: 5). Kan şekerinin hızlı yükselmesi ve yüksek seyretmesi insülin salgılanmasını arttırdığı için GI yüksek beslenme tarzının obezite, diyabet ve bunlarla ilintili kronik hastalıkların görülme sıklığına etkisi ortaya koyulmuştur. Bu nedenle antidiyabetik etki gösterdiği belirlenen mercimeğin sağlıklı bir diyetle sıklıkla tüketilmesi önerilmektedir [30]. Kırmızı mercimek hidrolizatları ile yapılan çalışmalarda hidrolizatların ADE inhibitor etki gösteren biyoaktif peptidleri içerdiği saptanmıştır [31]. Gıdalardaki doğal biyoaktif peptitlerin antihipertansif etkileri, anjiotensin dönüştürücü enzim (ADE) inhibisyonu ile ilişkilidir [32, 33]. ADE inhibitörleri, hipertansiyonlu ya da hipertansiyon ile ilişkili farklı hastalıkları olan kişilerin tedavisinde sıklıkla kullanılmaktadır [34]. Son yıllarda biyoaktif peptitlerin ADE inhibisyon aktivitesi göstermeleri hipertansiyon hastalığı ile mücadelede bir seçenek olarak görülmektedir. Mercimek protein hidrolizatları ve mercimek unu ile yapılan bir çalışmadan elde edilen sonuçlar mercimeğin potansiyel safra asitleri bağlayıcı etki gösterdiğini ve kolesterol düşürücü bir gıda olduğunu da işaret etmektedir [35]. Yapılan çalışmalarla mercimeğin dirençli nişasta, diyet lifi, fruktooligosakkaritler açısından da zengin olması nedeniyle bu ürünün prebiyotik etki gösterdiği belirlenmiştir. Bu nedenle bağışıklık sistemini güçlendirici etkiye sahip olduğu saptanmıştır [36].

Mercimeğin kemik gelişimi ve sağlığı için gerekli olan kalsiyum (Ca), metabolizmada kan yapıcı özelliğe sahip olan demir (Fe), sinir sisteminin etkin çalışmasında etkili olan B vitaminleri bakımından da zengin olduğu bilinmektedir [37].

Mercimek, antinutrisyonel unsurlar bakımından diğer baklagillere oranla daha avantajlıdır. Tohum kabukları (testa) tanen içerir ancak kotiledonlarda tanen yoktur. Bu nedenle mikrosperma denilen kırmızı iç rengine sahip mercimeklerin kabukları veya testa tüketilmeden önce genellikle uzaklaştırıldığından antinutrisyonel unsurlar da uzaklaştırılmış olur. Antinutrisyonel öğelerin düzeyinin düşük olması, yüksek düzeyde protein içeriği, sağlık üzerine olumlu etkileri ve pişme süresinin diğer baklagillere oranla kısa olması mercimeği beslenme açısından diğer baklagillere göre daha elverişli ve öncelikli hale getirmiştir [38, 39].

2.2.4. Mercimeğin Tüketim Şekilleri

Mercimek, tüketiminin yaygın olduğu ülkelerin (Hindistan, Türkiye vb.) günlük diyetlerinde önemli bir işlev üstlenmektedir. Protein içeriği yüksek olan hayvansal kökenli gıdalara göre daha ucuz olduğundan ve hemen her öğünde kendine yer bulabildiğinden günlük alınması gereken protein miktarının karşılanmasında önemli bir gıdadır. Bu nedenle mercimek birçok ülkenin geleneksel yemeğinde (çorba, köfte, sos, dhal vb.) ana bileşen olarak kullanılmaktadır [40].

Mercimek marketlerde başlıca yemeklik tane gıda olarak satılmaktadır. Bununla birlikte bazı gıdaların bileşiminde yer almaktadır (hazır çorba, glutensiz kraker vb.). Son yıllarda baklagil tüketiminin sağlıklı bir diyetle artırılması gerekliliği önerisi ve tüketicilerin bu yöndeki beklentileri baklagillerce zenginleştirilmiş yeni gıdaların geliştirilmesini hızlandırmıştır. Yeni ürün geliştirme süreçleri tamamıyla mercimekten yeni ürün üretmek yerine mercimek, nohut, soya fasülyesi vb. baklagillerin fonksiyonel bileşen olarak kraker, kek, içecek, bebek maması vb. gıdaların zenginleştirilmesine kullanılmasına odaklanmıştır [40, 41].

2.3. Makarna

2.3.1. Makarnanın Tarihçesi ve Makarna Kültürü

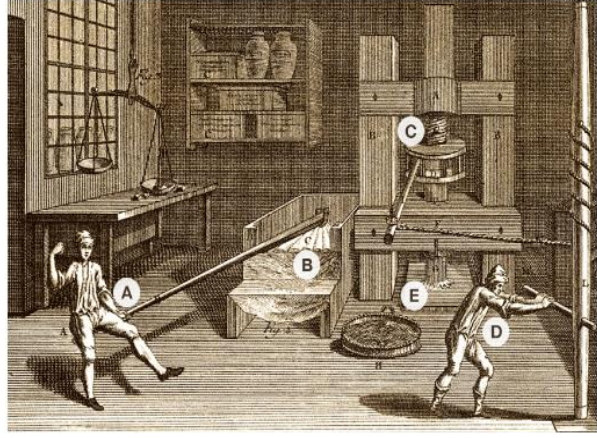
Makarnanın tarihte ilk kullanımı hakkında çelişkili bilgiler olsa da kullanımına ilişkin en eski bulguların, MÖ. 6. yy.'da, bugünkü İtalya'nın Tiber ile Arno nehirleri arasında yer alan Etruria bölgesinde yaşamış olarak kabul edilen Etrüskler'in mezarları üzerindeki hamura benzetilen şekiller olduğu iddia edilmektedir [42]. Makarnanın bilinen ilk kullanımının Eski Roma, Arap ve Çin medeniyetlerinde olduğu çeşitli tarihi kaynaklarda belirtmektedir. Roma yakınlarında bulunan 'Cerveteri' de yapılan kazılarda, Eski Roma dönemine ait makarna yapımında kullanılan aletler bulunmuştur. Romalıların 'lagana' dedikleri lasanya türü makarnanın da bu dönemden kalma olduğu düşünülmektedir. Milattan sonra 1. yy.'da yaşamış olan Apicio, "De re coquinaria" adlı eserinde "Lagana" yani lasanyadan söz etmektedir [43]. Arap medeniyetinde ise makarna ile ilgili kaynaklarda 10. yy.'da makarnanın kervanlar ve gemilerle nakledildiği ve büyük fetihlerle birlikte çeşitli milletlerin de bu şekilde ilk defa makarna ile tanıştığı yer almaktadır [44, 45]. 1298 yılında Genua Hapishanesi'nde kayıt edilen ve ancak 15. yy.'da, kitap baskı tekniğinin bulunuşundan sonra yayınlanan Marco Polo'nun Seyahat Raporu'nda belirttiği makarna üretimini Çin'de gördüğü ve ondan sonra İtalya'ya getirerek, İtalyan'ları ilk kez makarna ile tanıştırdığı bilgisi Eski Roma dönemine ait kalıntıların bulunmasıyla geçerliliğini yitirmiştir. Elde edilen bulgular aynı tarihlerde İtalya'nın güneyinde

Sicilya adasında yıllardır “Maccheroni” yenmekte olduğunu göstermektedir. Maccheroni'nin o tarihte İtalya'da, şekline bakılmaksızın makarna için kullanılan isim olduğu belirtilmektedir [45, 46]. Adı geçen toplumların buğdayın yeterince ince öğütüldükten sonra elde edilen unun hamur haline getirilmesiyle oluşan basit bir şeyi bildikleri varsayılmaktadır. Araştırmalara göre, "hamur" şekilsiz ya da şekillendirilmemiş olarak kabul ediliyorsa makarna "şekillendirme" anlamına gelmektedir. Hamur kelimesinin kökleri yoğurmak ve şekillendirmek anlamına gelen "indogermanik dheigh" kelimesinden gelmektedir. Hamur böylece şekli belli olmayan bir kütledir ve şekillendirilmeyi yani makarna haline sokulmayı beklemektedir. Yapımı için maya gereken ekmek ise, bunun yanında çok zor bir buluş olarak değerlendirilmektedir [47].

Makarna kültürünün gelişmesine en fazla katkıyı İtalyalar'ın sunduğuna ilişkin bilgiler ağırlıktadır. 13. ve 14. yy.'da İtalya'da farklı şekillerdeki makarnaların sosla (parmesan peyniri) tüketildiği Decameron ve Satchetti gibi dönemin şair ve yazarlarının eserlerinde belirtilmiştir. 16. yy.'da makarna günümüzün tercih edilen al-dente (dişe gelen sertlikte) pişiriminin aksine uzun süre pişirilerek yumşatılmış, tatlı, ekşi ve baharatlı lezzetlerle ile birleştirilerek servis edilmiştir. Ortaçağda sıradan insanların günlük yaşantısında tüketilen makarna (Şekil 2.2), 16. yy., 17. yy. ve Rönesans'da soyluların sofralarında yer bulmuş ve hatta özel yemeklerde (şölenlerde) farklı etler (tavuk, domuz, inek vd.), şeker ve baharatlarla birlikte ikram edilmiştir [44]. 17. yy.'da makarnanın endüstriyel üretimine geçişine temel oluşturan erişte ve kısa kesim şehriye yapımı için kullanılan ilk mekanik baskının (torchio) geliştirilmesiyle makarna üretimi ve erişebilirliği giderek artmıştır (Şekil 2.3) [44]. 19. yy.'a gelindiğinde makarna tüketim lezzeti tatlılıktan tuzluluğa doğru bir geçiş göstermiş ve makarnanın sebzelerle tüketimi yaygınlaşmaya başlamıştır. 1844'de günümüzde de kullanımı en yaygın makarna sosu olan “domates sosu (Napoliten sos)” kullanılmaya başlanmıştır [44].



Şekil 2.2. 19. yy.'ın başında Napoli'de makarna yiyen halkı betimleyen bir tablo (Ressam: Saverio della Gatta) [44].



Şekil 2.3. 18. yy.'da Fransa'da gerçekleştirilen endüstriyel üretim tekniği çizimi (Çizim: Paul-Jacques Malouin) [44].

A: Manuel yoğurucu idare kolu, B: Yoğurucu, C: Sıkıştırıcı vidanın bulunduğu silindir, D: Manuel vida silindiri idare kolu, E: Aşağıda biriken uzun kesim makarna şeritleri

20. yy.'da Fereol Sandragne tarafından sürekli makarna üretimi için ilk sistemin patenti alınmıştır. 1933'de ise Parma'lı iki mühendis, Mario ve Giuseppe Braibanti tarafından tasarlanan ilk "sürekli", tam otomatik pres tamamen kullanılmaya başlanmıştır. Bu buluşlar İtalyan makarnasında büyük gelişmeye yol açmış ve İtalya, ABD'ye makarna ihraç etmeyi denemeye başlamıştır [47]. Makarnanın Amerikan restoranlarının menülerinde sıkça yer bulması ve ABD yapımı, tüm dünyada gösterimi gerçekleşmiş ve klasik filmler kategorisinde kabul edilen "Night at the Opera" (1935), Disney's Lady and the Tramp (1955), ve Goodfellas (1990) filmlerinde spaghetti şekilli makarnanın özellikle ön plana çıkartılması aynı tarihlere rastlamaktadır. Bu durum, hem ABD'de hem de popüler kültürden etkilenen diğer ülkelerde makarnanın bilinirliğinin, tüketiminin ve üretiminin artmasına katkıda bulunmuştur [48].

Türkiye'de ise makarna üretiminin Cumhuriyet ile başladığı söylenebilir. Türkiye'de gıda sanayinin ilk sektörlerinden olan makarna ve irmik sanayinin ülkeye girişi 1922 yılında olmuştur. İzmir'de kurulan ilk makarna fabrikası ile endüstriyel üretime geçilmiştir. Bu tarihten öncesinde Anadolu'da makarna üretimi ev yapımı erişte ile sınırlı iken şehirleşmenin artması ve makarna tesislerinin kurulması ile birlikte hazır makarna tüketimi de yıllar içinde artış göstermiştir. Türkiye'de makarna üretim tesislerinin hızla artmasının diğer bir nedeni de üretimin ana maddesi olan durum buğdayının yetişme koşullarını taşımasıdır. Durum buğdayı ağırlıklı olarak Güneydoğu ve İç Anadolu'da üretilmektedir. Bu yüzden Türkiye'de makarna üreten fabrikalar daha çok bu bölgelerde yoğunlaşmışlardır. 1950 yılına kadar küçük ölçekli

işletmeler halinde sürdürülen üretim, 1959 yılından sonra sanayileşme sürecine girmiş ve kurulan modern fabrikalarla üretim artmıştır. 1990'da 295 bin ton olan üretim 1999 itibarıyla 350 bin tona ulaşmıştır. Günümüzde ise makarna üretiminde Dünya'da ilk dörtte yer almasına karşın tüketiminde daha gerilerdedir [49].

21. yy.'da gıda sağlık ilişkisinin tüketici tarafından önem kazanması, DSÖ'nün sağlıklı gıda tüketimini arttırmaya yönelik çalışmaları ve beslenme rehberlerinde yer alan kompleks karbonhidrat alımının artırılması önerisi, çalışan kadın sayısının artmasıyla kolay hazırlanabilen gıdalara talebin artması makarna tüketimini arttıran başlıca sebeplerdendir. Buğday makarnası özellikle de tam buğday makarnası Amerika Gıda ve İlaç Dairesi'nin (USDA) 2005 yılında güncellediği "benim piramidim" olarak adlandırılan besin piramidinde sağlıklı bir diyetle tüketilmesi önerilen tahıl grubu gıdaları arasında yer almaktadır [50]. Birçok ülkede makarna (örneğin Türkiye ve İtalya) adı verilen gıda, ilgili ülkelerin mevzuatlarında makarna kalitesi açısından en iyi sonucu veren durum buğdayından (*Triticum durum*) elde edilen ürün olarak tanımlanmaktadır. Tüketici talepleri göz önünde bulundurularak tam buğday makarnası, zenginleştirilmiş ve güçlendirilmiş makarnalar da mevzuatlarda yer almaktadır [51]. Bununla birlikte makarna rengi ve aroması için makarna hamuruna katılarak kullanılan (pancar, mürekkep balığı, domates, ıspanak vb.) hammaddelerle elde edilen makarna çeşitleri, yumuşak buğdaydan (*Triticum aestivum*) yapılan makarnalar ve farklı hammaddelerden (pirinç, mısır, arpa, çavdar, karabuğday vb.) yapılan makarnalar da marketlerde yer almaktadır. Glutensiz beslenme, yüksek proteinli beslenme gibi özel amaçlı beslenmeye yönelik diyetler, kompleks karbonhidrat alımını arttırmaya yönelik gıdaların tercihindeki artış, makarnanın bozulmayan, kolay ve hızlı hazırlanabilen ve yüzlerce çeşit sosla yüzlerce ayrı tatda yenilebilen bir gıda olması nedeniyle tüketici tercihlerinde ilk sıralarda yer alması, içinde bulunduğumuz yüzyılda makarna endüstrisi ürünlerinin sayısının ve çeşidinin giderek artmasına neden olmaktadır. Sonuç olarak buğday makarnası hem de diğer hammaddelerden elde edilen makarna pazarı 21. yy.'da dinamik bir pazar olma özelliği kazanmıştır [52].

2.3.2. Makarnanın Tanımı

Makarna dendiğinde buğday ununun ve/veya irmiğinin su ile karıştırıldıktan sonra elde edilen hamura şekil verilmesi ile hazırlanan taze ya da kuru formda tüketilebilen bir gıda anlaşılmaktadır. Makarna farklı şekillerde üretilen, pişirildikten sonra genellikle sosla servis edilen bir gıdadır [53]. Makarna üretiminde kullanılan ana hammadde irmiktir. İrmik durum buğdayından (*Triticum durum*) elde edilen bir üründür. Durum buğdayı üretimi iklim koşullarına bağlı olduğundan çok sıcak ve çok soğuk bölgelerde yetiştirilemez. Bu nedenle makarna üretimi birçok bölgede yaygın olarak yetiştirilebilen yumuşak buğday (*Triticum*

aestivum) ile de yapılır. Fakat Türkiye ve İtalya'nın da içinde bulunduğu bazı ülkelerde makarnanın üretiminde hammadde olarak yalnızca durum buğdayının kullanılması yasal bir zorunluluktur. Örneğin Türk Gıda Kodeksi Makarna Tebliği'ne (2002) [51] göre makarna: *Triticum durum* buğdayından üretilen irmiğe su katılıp tekniğine uygun yoğrularak hazırlanan hamurun şekillendirilip kurutulmasıyla elde edilen bir ürün olarak tanımlanır; sade, tam buğday, çeşnili, zenginleştirilmiş ve güçlendirilmiş olarak sınıflandırılır. Bu tebliğ kapsamındaki makarna özelliklerinin ise aşağıdaki gibi olması istenir.

- Makarna kendine has tat ve kokuda olmalıdır.
- Makarnanın rutubet miktarı en çok % 13 olmalıdır.
- Tam buğday makarnasının protein miktarı kuru madde de en az % 11 olmalıdır (N x 5.7).
- Sade makarnada kül miktarı kuru maddede en çok % 1 olmalıdır.
- Sade ve zenginleştirilmiş makarnanın protein miktarı kuru maddede en az % 10.5 olmalıdır (N x 5.7).
- Güçlendirilmiş makarnanın protein miktarı kuru maddede en az % 15.5 olmalıdır (N x 5.7).
- Tam buğday makarnasında kül miktarı kuru madde de en çok % 2 olmalıdır.
- Sade makarnada suya geçen madde miktarı kuru madde esasına göre en çok % 10 olmalıdır.
- Sade makarnaya tuz katılmamalıdır.
- Makarnalar biçimlerine göre uzun, kesme, şehriye vb. şekillerde üretilebilir.
- Zenginleştirilmiş makarnaya Kodekste belirtilen miktarda vitamin ve/veya mineral katılabilir (Belirtilen miktarlar: 1-Tiamin (B1 vitamini) 0.88 – 1.10 mg/100g; Riboflavin (B2 vitamini) 0.37 – 0.49 mg/100g Niasin (Niacinamide); 5.95 – 7.50 mg/100g Folik asit 0.20 – 0.26 mg/100g Demir (Fe); 2.90 – 3.60 mg/100g karışımı, 2- D vitamini 0.75 – 2.25 µg/100g, 3- Kalsiyum 120 – 360 mg/100g.)

Söz konusu mevzuatta ve diğer mevzuatlarda tamamıyla başka bir ana hammadde kullanılarak hazırlanan makarnanın (örneğin pirinç, mısır makarnası) tanımı yer almamaktadır. Bu tür gıdalar özel amaçlı beslenmeye yönelik gıdalar olarak değerlendirilir ve ilgili özel amaçlı beslenmeye yönelik mevzuatın koşullarını sağlaması ve etiket üzerinde de sağlık iddiası belirtilerek satışa sunulması gerekir. Örneğin hammadde olarak % 100 pirinç ve mısır ununun kullanılması ile üretilen söz konusu makarnalar glutensiz beslenmek isteyen bireylerin tüketimine yöneliktir ve “gluten içermez” ibaresi ile satışa sunulur. Makarna mevzuatlarında makarna sınıflandırılması buğday dışında kullanılan diğer ana hammaddeler için henüz yapılmamıştır. Bu nedenle çalışmanın ilerleyen kısımlarında makarna; buğday makarnası ve

buğday dışı hammaddelerden elde edilen makarnalar olarak adlandırılacaktır. Buğday dışı hammaddelerden elde edilen makarnalar ise pirinç makarnası, mısır makarnası, mercimek makarnası vb. gibi üretildiği ana hammaddenin isimleri ile anılacaktır.

2.3.3. Makarnanın Ticari Değeri

2.3.3.1. Buğday makarnasının ticari değeri

Dünyada yaklaşık 14.3 milyon ton buğday makarnası üretilmektedir ve makarna ürünleri arasında ilk sırada yer almaktadır. Dünya buğday makarnası üretiminde İtalya 3.408.499 milyon ton üretimle ilk sırada iken Türkiye 1.202.440 milyon tonla 4. sırada yer almaktadır. Dünya buğday makarnası ihracatında İtalya ilk sırada yer alırken Türkiye 2. sırada yer almaktadır. İthalatta ise 83 ülke arasında ABD ilk sırada yer alırken ihracatta ilk iki sırada yer alan İtalya 18. sırada, Türkiye ise 63. sırada yer almaktadır [54].

Son yıllarda yapılan market araştırmalarında buğday makarnası ürünleri dünyada % 2'lik (İtalya'da % 10.6; ABD' de % 9) bir düşüşle toplam satış hacmi 2.9 milyar dolara inmiştir, 2019'a kadar buğday üretimindeki dalgalanmanın ve tüketici tercihlerinin değişmesiyle azalmanın süreceği tahmin edilmektedir. Yapılan araştırmalarda İtalya ve ABD gibi önemli makarna üretici ve tüketicisi ülkelerde beslenme sağlık ilişkisini ön plana çıkaran tüketicilerin buğday makarnasından uzaklaştıkları ve yeni makarna çeşitleri arayışına girdikleri belirlenmiştir. İlgili araştırmalarda makarna satışlarını birinci derecede etkileyen tüketici duygusunun "karbonhidrat fobisi (carbophobia)" olduğu belirlenmiş ve tüketicilerin yüksek proteinli ve az karbonhidratlı makarna arayışına girdikleri rapor edilmiştir. ABD'de yapılan bir araştırmada tüketicilerin % 41' inin pirinç ve buğday dışı tahılların ve bunlardan üretilen makarnaların buğday makarnasından daha sağlıklı olduğuna inandıkları ortaya çıkmıştır. Market araştırmalarının sonuçları, makarna üreticilerini geleneksel makarna formülasyonlarını değiştirip modern tüketicilerin arayışına uygun yeni formülasyonlar geliştirmeye ittiği vurgulanmaktadır. Bu nedenle büyük makarna üreticileri özellikle glutensiz, organik ve tam tahıllı makarnaların başı çektiği yeni makarna çeşitlerini pazara sürmeye başlamışlardır [52].

Diğer taraftan Türkiye'de kişi başına buğday makarnası tüketimi 1962 yılında 1.2 kg iken, 90'lı yılların başında 4.3 kg'a yükselmiş olup sürekli artış göstererek 2014 yılında 7,5 kg'a yükselmiştir. Yıllık kişi başı buğday makarnası tüketiminde İtalya 25.3 kg ile ilk sırada, Türkiye ise 7.5 kg tüketim ile 17. sırada yer almaktadır. Türkiye makarna tüketim oranları henüz istenilen seviyeye ulaşmamıştır. Sektörün hedefi kişi başına tüketimi yıllık 10 kg'a çıkarmak olarak belirlenmiştir. Türkiye'de buğday makarnası tüketiminin arzu edilen seviyeye

gelememesinde, sos kültürünün Türk mutfağında yerleşik olmaması, makarna pişirilmesi konusunda halkın yeterince bilgi sahibi olmaması, üretimde çeşitliliğin yeni başlamış olması, buğday makarnasının besleyici değerinin yeterince anlatılamamış olması gibi nedenlerin etkili olduğu belirtilmektedir [55]. Günlük karbonhidrat ihtiyacını ekmekten karşılayan Türk tüketici makarnayı ana yemek olarak henüz kabul etmemiştir. Ancak son yıllarda hızlı nüfus artışı, makarnanın uzun ömürlü, kolay saklanabilir ve ucuz olması, pazarlama ve ulaşım olanaklarının artması, hızlı kentleşme sonucunda çalışan kadınların kolay ve hızlı hazırlanabilen gıdaları tercih etmeleri ve tüketicinin gıda sağlık ilişkisini önceleyerek satın alma tercihinde bulunmaları gibi nedenlerin makarna tüketimini arttıracığı beklenilmektedir [56].

2.3.3.2. Buğday dışı hammaddelerden elde edilen makarnaların ticari değeri

Buğday dışı hammaddelerden elde edilen makarnaların üretim ve tüketim miktarları buğday makarnası ile karşılaştırıldığında oldukça düşüktür. Buğday dışı hammaddelerden elde edilen makarnaların 2014 yılı satış verileri incelendiğinde İtalya, Almanya ve ABD ilk üç sırayı almaktadır. Bununla birlikte buğday dışı makarna pazarı giderek genişleyen bir pazar olma özelliği taşımaktadır. Bu pazarın önde gelen ürünleri de organik ve/veya glutensiz etiketi ile satışa çıkan makarnalar olarak belirtilmektedir [52]. Market araştırmaları 2016 yılında piyasaya çıkan her 7 yeni makarna ürününün 1'inin glutensiz, 1'inin organik etiketi ile sunulduğunu göstermektedir. Makarna tüketicilerinin satın alma kararını etkileyen karbonhidrat fobisi ve yüksek proteinli beslenme tercihi yeni makarna çeşitlerinin piyasa sürülmesini desteklemektedir. Bunun yanı sıra organik, glutensiz vb. etiketli ürünlerin satın alma kararını olumlu etkilediği belirtilmektedir [57].

2.3.4. Makarnaların Sınıflandırılması

Makarnalar nem içeriğine, formülasyonuna, şekline ve tüketime hazır olma durumuna göre başlıca 4 kıstas açısından Şekil 2.4'de gösterildiği gibi sınıflandırılmaktadır.

2.3.4.1. Nem içeriğine göre makarnalar

2.3.4.1.1. Taze makarna

Taze makarna yüksek su etkinliğine ($a_w > 0.97$) sahiptir bu nedenle tüketime sunulması için pastörizasyon, dondurma ya da soğukta saklama gibi işlemlere ihtiyaç duymaktadır. Soğuk zincirle satılan taze makarnanın raf ömrü 4 haftadan 12 haftaya kadar değişmektedir. Paket açıldıktan sonra 3-4 gün içerisinde tüketilmesi gerekmektedir. Dondurulmuş taze makarnanın

raf ömrü ise 6 - 8 aydır [58]. Taze makarnanın tüketimi kuru makarna kadar yaygın olmasa da çeşitli boyutlarda ve şekillerde üretilmektedir [59].

Taze makarna yapımında hem yumuşak (*Triticum aestivum*) hem de sert (*Triticum durum*) buğday kullanılmaktadır. Bununla birlikte taze makarna yapımında buğday dışı hammaddelerin (pirinç, mısır, karabuğday) kullanılması ya da buğday makarnası formülasyonuna farklı hammaddelerin (sebze, baharat vb.) eklenmesi yaygın bir uygulamadır [59].

Taze makarna yapımında en çok kullanılan bileşenlerden birisi de yumurtadır. Yumurta taze makarnanın renginin parlaklaşmasına, lezzetinin ve besleyici değerinin artmasına yardımcı olmaktadır. Taze makarna, kuru makarnadan daha hızlı şişer ve su absorpsiyonu daha fazladır. Genellikle “ev yapımı makarna” olarak satışa sunulur ve özellikle İtalya’da tüketimi yaygındır. Dokusu zayıf olduğundan tüketilirken yumuşak sosların (domates, yağlı, kremalı soslar vb.) kullanılması tavsiye edilmektedir [55].

2.3.4.1.2. Stabilize makarna

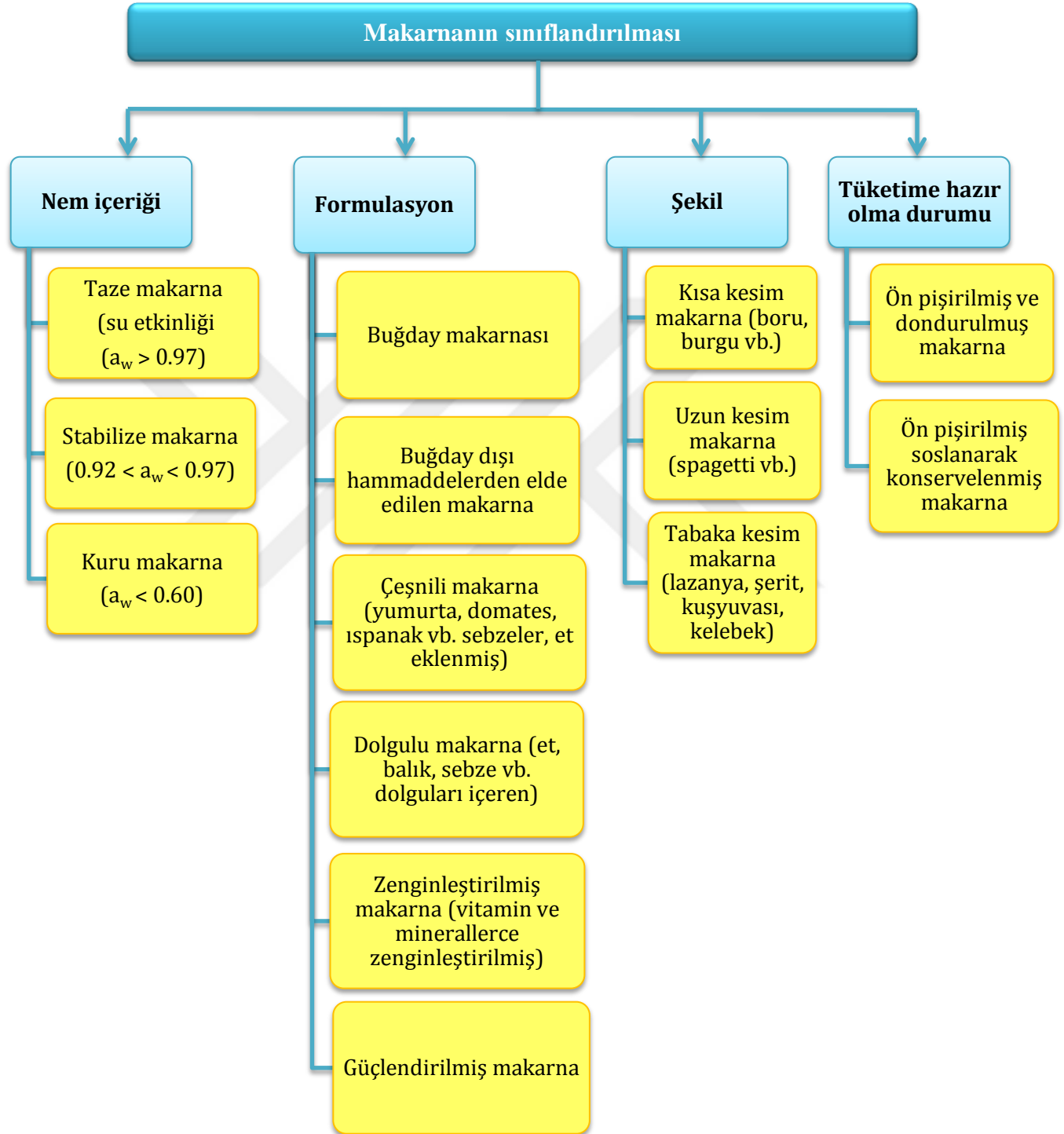
Stabilize makarna yüksek su etkinliğine ($0.92 < a_w < 0.97$) sahiptir. Stabilize makarnanın taze makarnadan farkı daha düşük su içeriğine sahip olması ve oda sıcaklığında satışa sunulabilmesidir. Stabilize makarna üretim yöntemi taze makarna üretim yöntemi ile aynı olsa da üretiminde uygulanan ısıl işlemler (paketleme öncesi ve sonrası pastörizasyon ve kurutma) daha yüksek sıcaklık ve sürede uygulanmaktadır. Bu nedenle raf ömrü daha uzundur ve oda sıcaklığında satışa sunulabilir. Stabilize makarnanın tüketimi taze makarna kadar yaygın olmasa da çeşitli boyutlarda, şekillerde ve dolgu maddeleri (et, sebze vb.) ile üretilmektedir [59].

2.3.4.1.3. Kuru makarna

Kuru makarna taze makarnanın kurutulmasıyla elde edilir ve su etkinliği ($a_w < 0.60$) düşüktür. Nem içeriği ve su etkinliği düşük olduğundan raf ömrü uzundur ve saklaması kolaydır. Bu nedenle tüketimi taze ve stabilize makarnaya göre daha yaygındır [59].

Kuru makarna genellikle sadece irmik ve sudan yapılır, fakat başka unlardan ve çeşni maddeleri eklenerek de yapılanlar da vardır. Yumurtalı kuru makarnalar da üretilir fakat yumurta kullanımı taze makarnada olduğu kadar yaygın değildir [60].

Kuru makarnanın pişme süresi taze makarnaya göre daha uzun, su absorpsiyonu ise daha azdır. Kuru makarnanın dayanıklı dokusu yumuşak sosların yanı sıra, et ve sebze içeren koyu soslarla da pişirilip tüketilmesine olanak sağlamaktadır [59, 60].



Şekil 2.4. Makarnaların sınıflandırılması [60].

2.3.4.2. Formülasyonuna göre makarnalar

2.3.4.2.1. Buğday makarnası

Buğday makarnası başta durum buğdayı olmak üzere yumuşak buğday çeşitlerinin de ana hammadde olarak kullanılması ile üretilmektedir. Buğday makarnası Türk Gıda Kodeks'inde (TGK) [51]: *Triticum durum* buğdayından üretilen irmiğe su katılıp tekniğine uygun yoğrularak hazırlanan hamurun şekillendirilip kurutulması ile elde edilen bir ürün olarak tanımlanır ve bu şekliyle sade makarna olarak adlandırılır. Aynı tebliğde: Tam buğday irmiğine su katılıp tekniğine uygun yoğrularak hazırlanan hamurun şekillendirilip kurutulması ile elde edilen ürün ise tam buğday makarnası olarak tanımlanır [51].

Buğday makarnası üretiminde kullanılan buğday çeşitlerinin (*Triticum durum* ve *Triticum aestivum*) ana teknolojik özelliği gluteni oluşturan glutenin ve gliadin proteinlerini içermesidir. Buğdayın gluten içeriği, makarna kalitesi ile yakından ilgili olduğundan buğday makarnası üretimi için en önemli kalite kriteridir [61].

2.3.4.2.2. Buğday dışı hammaddelerle üretilen makarnalar

Makarna üretiminde buğday dışında başka hammaddeler de (pirinç, mısır, karabuğday, yalancı tahıllar vb.) kullanılmaktadır. Buğday makarnaları dışında başka hammaddelerin de makarna üretiminde kullanılmasının başlıca nedenleri arasında; i. Makarnanın tüm kıtalara yayılmasının geleneksel olarak kullanılan buğday dışında başka ana hammaddelerin de kullanılmasına neden olması. ii. Makarnanın besleyici değerinin artırılmasına yönelik çalışmaların sayısının artış göstermesi. iii. Özel amaçlı beslenmeye (glutensiz, yüksek proteinli vb.) yönelik makarnaların üretimi gösterilmektedir [52, 57].

Buğday dışı hammaddelerden elde edilen makarnaların üretim tekniği buğday makarnalarının üretim tekniğinde bazı modifikasyonlar yapılarak gerçekleştirilmektedir. Bunun temel nedeni buğday dışı hammaddelerin neredeyse tamamının gluten proteinlerinden yoksun olmasıdır. Bu nedenle makarna üretiminde gluteni taklit edebilecek bazı katkı maddeleri kullanılmakta ve süreç modifikasyonları gerçekleştirilmektedir [62].

Buğday dışı hammaddelerden üretilen makarnaların üretimi ve tüketimi, Avrupa ve İtalya gibi geleneksel durum buğdayı makarnasının en çok tüketildiği ve yüzyıllardır ana piyasası durumunda olduğu yerlerde de giderek artmaktadır [52].

2.3.4.2.3. Çeşnili makarna

Çeşnili makarna üretiminde kullanılan ana hammadde buğdaydır. Makarna hamuruna et ve et ürünleri, yumurta ve yumurta ürünleri, süt ve süt ürünleri, sebze, baklagil ve/veya unları eklenerek üretilen makarnalar çeşnili makarna olarak adlandırılırlar. Çeşnili makarnalar farklı renklerde, tatlarda ve şekillerde satılırlar. Ispanak, brokoli, domates, pancar, acı kırmızı biber, mürekkep balığı mürekkebi, sarımsak, köri, safran, çikolata, limon ve çilek çeşnili makarna üretiminde kullanılan çeşnilerden bazılarıdır. Çeşnili makarna üretim tekniği kuru makarna üretim tekniği ile aynı olup hamur formülasyonunun bileşimi farklıdır. TKG'da çeşnili makarna için: *Triticum durum* buğday irmiğinden tekniğine uygun olarak hazırlanan makarna hamuruna ve/veya kurutulmuş makarnaya et ve et ürünleri, yumurta ve yumurta ürünleri, süt ve süt ürünleri, sebze, baklagil ve unları, *Triticum aestivum* ve *Triticum compactum* buğday ürünleri dışında diğer tahıl ürünleri ve lifleri, baharat ile tat vericiler ve benzerlerinin ilave edilmesi ile elde edilen bir üründür tanımlaması yapılır [51].

2.3.4.2.4. Dolgulu makarna

Dolgulu makarnalar içine dolgu malzemesi konulan taze makarna yapraklarından oluşur. Makarna yaprakları dolgu maddesi koyulduktan sonra katlanır ve sonrasında kapatılır ya da üstüne başka bir tabaka konularak kapatılır. Makarna üretim sürecinde hamurun tabaka halinde açılmasından sonraki adımda kesme, dolgulama ve kapatma işlemlerini yapan makine sistemleri kullanılmaktadır. En çok kullanılan dolgu malzemeleri et, peynir, mantar vb. gıdalardır. Dolgulu makarnalara örnek olarak tortellini, mantı vb. makarna çeşitleri verilebilir. Dolgulu makarnalar marketlerde taze ve kuru olarak satılırlar [63].

2.3.4.2.5. Zenginleştirilmiş makarna

Zenginleştirilmiş makarna TKG'da *Triticum durum* buğday irmiğinden tekniğine uygun olarak üretilen makarna hamuruna, tiamin, riboflavin, niasin, folik asit, demir karışımı ve/veya D vitamini ve/veya kalsiyum katılarak şekillendirilip, kurutulmasıyla elde edilen bir ürün olarak tanımlanmaktadır. Piyasada D vitamini, Ca vb. vitaminler, mineraller ve lifle zenginleştirilmiş makarnalar bulunmaktadır [64].

2.3.4.2.6. Güçlendirilmiş makarna

Güçlendirilmiş makarna, zenginleştirilmiş makarna için belirlenen vitamin ve minerallerin üst sınır değerlerine protein katılarak hazırlanan hamurun, şekillendirilip kurutulmasıyla elde edilen bir ürün olarak tanımlanır. (Üst sınır değerler: Tiamin (B₁vitamini)

0.88 – 1.10 mg/100g; riboflavin (B₂ vitamini) 0.37 – 0.49 mg/100g; niasin 5.95 – 7.50 mg/100g; folik asit 0.20 – 0.26 mg/100g; demir (Fe) 2.90 – 3.60 mg/100g; D vitamini 0.75 – 2.25 µg/100g; kalsiyum (Ca) 120 – 360 mg/100g) [51].

2.3.4.3. Şekline göre makarnalar

Birçok şekilde ve boyutta makarnalar üretilmektedir. Makarnaları şekillerine göre üç grupta toplamak mümkündür. Bunlar:

- 1) Kısa kesim makarna: Kısa kesim makarnalardır ve tırtıl, burgu, kabuk, boncuk, kuskus, kalem, mantı vb. şekillerde üretilirler. Tel şehriye, arpa şehriye, yıldız şehriye vb. şekillerde bu tür makarnalardandır ve özel şekilli kalıplarla üretilirler.
- 2) Uzun kesim makarna: Uzun kesim makarnalardır ve çubuk, spagetti, spagettini (ince spagetti), yassı spagetti vb. şekillerde üretilirler.
- 3) Tabaka kesim makarna: Hamur açıldıktan sonra hamura şekil verilmesiyle üretilen makarnalardır. Kelebek, şerit vb. makarnalar bu gruba girer [55].

2.3.4.4. Hazır kullanıma uygunluğuna göre makarnalar

Çabuk hazırlanabilir makarna ve yemeye hazır makarnalar bu grupta değerlendirilir. Bu tür makarnaların teknolojik üretimi asya eriştelere benzer. Özellikle hızlı pişen (1 dakika) makarnaların üretiminde buğday makarnası üretim teknolojilerinden farklı olarak hamur hazırlama ve şekil verme aşamasından sonra buhar uygulaması yapılarak nişastanın % 80-90 oranında jelatinize edilmesi sağlanır. Kurutma/ dondurma ve paketleme işleminden sonra satışa sunulan makarnalar tüketilmeden önce haşlanarak hızla tüketime hazır hale getirilir [65].

Tüketime hazır makarnalar çabuk hazırlanabilir makarnaların üretim metodu ile hazırlandıktan sonra haşlanır, sudan geçirilip süzülerek soğutulur ve seyreltik asitli su içerisinde istenirse soslanarak ambalajlanır. Tüketilmeden önce ısıtılarak (mikrodalga ile ısıtma yöntemi) yemeye hazır hale getirilir [66].

2.3.5. Makarnanın Günlük Diyetteki Yeri ve Beslenme Açısından Önemi

2.3.5.1. Buğday makarnasının günlük diyetteki yeri ve beslenme açısından önemi

Son yıllarda gıda sağlık ilişkisinin tüketici tercihlerini önemli derecede etkilediği bilinmektedir. Günümüzde tüketicilerin gıda seçimlerini etkileyen iki önemli unsur lezzetli,

sağlıklı olması ve kolay hazırlanabilmesidir. Makarnanın besleyici değeri temel olarak üretiminde hammadde olarak kullanılan un karışımına dayanır. Dünyada en çok tüketilen makarna çeşidi buğday makarnasıdır. Buğday makarnası özellikle tam buğday unundan üretilen makarna Amerika Gıda ve İlaç Dairesi'nin (USDA) 2005 yılında güncellediği "benim piramidim" olarak adlandırılan besin piramidinde sağlıklı bir diyetle tüketilmesi gereken tahıl grubu gıdalar arasında yer almaktadır [67]. Günümüzde buğday makarnası ucuz olması, kolay hazırlanması ve farklı soslarla tüketilebilmesi nedeniyle günlük diyetle ekmeden sonra tercih edilen en önemli gıdadır [49].

Buğday makarnası genel olarak nişasta (% 77) ile karakterize edilir. İçeriğindeki nişasta kompleks bir karbonhidrattır ve vücut tarafından yavaş sindirilir. Özellikle glisemik indeksi ve glisemik yükü sağlık açısından önem taşımaktadır. Glisemik indeksi yüksek gıdalar ile obezite, diyabet ve bunlarla ilintili diğer kronik hastalıkların görülme sıklığı arasında paralellikler saptandığı için sağlıklı beslenmede yer alan karbonhidratların düşük glisemik indeksli olması önerilir. Buğday makarnasının glisemik indeksi 40 - 50 iken beyaz ekmeğin glisemik indeksi 72, beyaz pirincin 98'dir. Glisemik indeks ve yükünün düşük olması onu diğer tahıl ürünleri arasında öne çıkarmaktadır [68].

Buğday makarnasının bir diğer önemli bileşeni proteindir (% 12) ve protein bakımından orta derecede bir kaynak olduğu ifade edilir. Protein içeriği açısından bakıldığında buğday makarnası tek başına yeterli değildir. Örneğin lizin elzem aminoasitlerden birisidir ve makarna proteininde yeterli miktarda bulunmaz. Bunun için yumurtayla zenginleştirilen makarnanın ya da soslarla (bakliyat, et, balık, yumurta vb.) tüketilen makarnanın günlük besin ihtiyacını karşılaması açısından daha iyi olduğu değerlendirilir. Makarnanın sebze, et, peynir ve yağ (tereyağı, zeytinyağı) vb. soslarla tüketildiğinden bir öğün için gerekli besleyici değere ulaşır. Sağlıklı soslarla hazırlanmış bir makarna yemeği sağlıklı bir diyetle tüketilmesi önerilen gıdalar arasındadır [67].

Yağ içeriğinin (% 0.3) düşük olması ve diyet lif içeriğinin yüksek olması (% 5.3) makarnanın diğer önemli özellikleridir. Makarnanın 100 gramı 330 kkal içerir bu nedenle iyi bir enerji kaynağı olarak değerlendirilir. Diğer taraftan günümüz hızlı ve kolay hazırlanabilen hazır gıda maddeleri (hamburger, pizza vb.) ile basit şeker, yağ içeriği ve kalori değeri açısından karşılaştırıldığında daha sağlıklı ve besleyici bir gıda seçeneği olduğu görülmektedir. Bazı makarna çeşitlerinin besin içeriği Tablo 2.2'de özetlenmiştir.

Tablo 2.2. Bazı buğday makarnası çeşitlerinin besin öğeleri [68].

Makarna türü	Enerji kkal/ 100 g	Toplam Karbonhidrat g/ 100 g	Nişasta g/ 100 g	Protein g/ 100 g	Lipid g / 100 g
Durum buğdayı makarnası	336	77.4	74.1	10.8	0.3
Yumurta zenginleştirilmiş makarna	368	78.6	76.6	13.0	2.4
Tam buğday makarnası	323	64.5	60.1	16.3	1.8
Dolgu makarna (peynirli tortellini)	307	47.0	39.4	23.8	6.4

2.3.5.2. Buğday dışı hammaddelerden elde edilen makarnaların günlük diyetteki yeri ve beslenme açısından önemi

Buğday makarnaları özellikle de tam buğday makarnası günlük sağlıklı bir diyetle yer alan önemli karbonhidrat kaynaklarından birisi iken son yıllarda tüketici beklentilerinin değişmesi, özel amaçlı diyetler vb. nedenlerle buğday dışı hammaddelerden yapılan makarnalar da giderek büyüyen bir pazar hacmine sahip olmuştur. Buğday dışı hammaddelerden yapılan makarnaların üretim ve tüketiminde en büyük payı glutensiz ibaresi ile satışa çıkarılan makarnalar almaktadır. Bu tür makarnalar, yaşam boyu glutensiz bir diyetle bağlı kalma zorunluluğu bulunan çölyaklı, gluten intoleransı, dermatitis herpetiformis vb. rahatsızlıkları bulunan bireylerin diyetlerinde yer almalarının yanı sıra son yıllarda az karbonhidratlı, yüksek proteinli, glutensiz beslenmenin daha sağlıklı olduğuna inanan önemli miktardaki tüketici grubu tarafından da tercih edilmektedir. Söz konusu durum buğday dışı hammaddelerden yapılan makarna tüketiminde artışa neden olmaktadır. Başta ABD olmak üzere Avrupa ve Türkiye’de buğday dışı hammaddelerden yapılan makarna ürünleri pazarı giderek büyümektedir. Bu pazarın öncü güçleri organik, yüksek proteinli, glutensiz etiketleri ile satılan ürünlerdir [52].

Beslenme sağlık ilişkisinin öneminin kavranmasıyla birlikte gıda bilimi ve endüstrisinin mevcut gıdaların besleyici değerini arttırmaya yönelik zenginleştirme çalışmaları da önem

kazanmıştır. Bu nedenle buğday dışı hammaddelerin buğday makarnası üretiminde zenginleştirici olarak kullanılması yüksek proteinli buğday makarnası, yüksek vitamin, mineral ve/veya lif içerikli buğday makarnası gibi zenginleştirilmiş ve güçlendirilmiş makarnaların üretimini arttırmıştır.

Bütün bu bilgiler ışığında makarna endüstrisindeki birçok üretici söz konusu yeni makarna çeşitlerinin üretimine başlayarak ürün yelpazelerini genişletmişlerdir. Önümüzdeki yıllarda farklı hammaddelerden üretilen makarnaların üretiminin ve tüketiminin artacağı öngörülmektedir [57].

Buğday dışı hammaddelerden elde edilen makarnaların besleyici değeri söz konusu ürünleri tüketenlerin satın alma kararını etkileyen önemli etkenlerden birisidir. En çok tüketilen buğday dışı hammaddelerden yapılan makarna çeşitlerinin besin içeriği Tablo 2.3'de özetlenmiştir.

Tablo 2.3. Buğday dışı hammaddelerden üretilen bazı makarna çeşitlerinin besin öğeleri [69].

Makarna türü	Enerji kkal/ 100 g	Toplam Karbonhidrat g/100 g	Nişasta g/100 g	Protein g/100 g	Lipid g/100 g
Pirinç makarnası	368	75.3	-	9.4	2.4
Mısır makarnası	375	83.2	-	7.8	2.2

Buğday dışı hammaddelerle üretilen makarnaların en büyük üyesi olan glutensiz ürünlerin pazardaki sayısının artmasıyla, söz konusu makarnaların besleyici değeri üzerine araştırmalar da hız kazanmıştır. Yapılan klinik çalışmalar sürekli glutensiz diyet uygulayan bireylerin zamanla bazı besin öğelerini az ya da fazla aldığını ortaya koymuştur [70]. Bu konuda yapılan çalışmaların bir kısmı Tablo 2.4'de özetlenmiştir.

Tablo 2.4. Glutensiz diyetle karşılaşılan besin ögesi eksiklikleri ya da fazlalıkları.

Eksiklik	Fazlalık	Ülke ve yıl	Kaynak
Demir, Folat, B ₁₂ , D vitamini, kalsiyum ve magnezyum	-	ABD, 2015	[71]
Diyet lifi, D vitamini, magnezyum	Sukroz, doymuş yağ, toplam enerji alımı	Romanya, 2014	[72]
Lif, B vitamini, folik asit, magnezyum, demir	Yağ	Almanya, 2013	[73]
B vitamini, demir, folat, lif, kalsiyum, magnezyum	Doymuş yağ, şeker	İtalya, 2013	[74]
Magnezyum, demir, çinko, manganez, selenyum, folat	Şeker	İngiltere, 2010	[75]
Protein	Enerji, doymuş yağ	Türkiye, 2018	[76]

Tablo 2.4'de özetlenen çalışmalar sürekli glutensiz bir diyetle beslenen bireylerde vitamin ve mineral eksikliklerinin yaygın olarak görüldüğünü ve bununla birlikte enerji, şeker ve yağ alımının arttığını göstermektedir. Yapılan bu çalışmalarda buğday dışı hammaddelerden elde edilen glutensiz ürünlerin besleyici değerini arttıran bazı stratejilerin geliştirilmesini gerektirdiği ifade edilmektedir. Bu stratejilerin uygulanmasının özellikle tüketicilerin diyetinde yer alan başlıca iki ana gıda grubu olan ekmek ve makarna üzerinde yoğunlaşması gerektiği belirtilmektedir [77]. Çeşitli araştırmacılar tarafından önerilen bu stratejiler Tablo 2.5'de özetlenmiştir.

Yapılan çalışmalar dikkate alındığında buğday dışı hammaddelerden elde edilen makarnaların besleyici değerinin artırılması gerektiği ve bunun için yalancı tahıllar, baklagiller vb. sağlık üzerine olumlu etkileri saptanmış hammaddeler kullanılarak zenginleştirme ve/veya yeni ürün geliştirme çalışmalarının giderek önem kazandığı anlaşılmaktadır [77].

Tablo 2.5. Glutensiz ürün gruplarının besleyici değeri hakkındaki kaygılar ve bunları ortadan kaldırmak için geliştirilen bazı stratejiler [77].

Başlıca kaygılar	Ürün grubu	Stratejiler
Yüksek toplam yağ ve doymuş yağ içeriği	Ekmek, makarna ve fırıncılık ürünleri	Niştayı ana hammadde olarak kullanmaktan uzaklaşılmalı; ekşi maya fermentasyonu
Yüksek sodyum içeriği	Ekmek ve makarna ürünleri	Niştayı ana hammadde olarak kullanmaktan uzaklaşılmalı; ekşi maya fermentasyonu uygulanmalı
Düşük toplam folat içeriği	Niştasta, un, ekmek, makarna ve fırıncılık ürünleri	Niştayı ana hammadde olarak kullanmaktan uzaklaşılmalı; kinoa, amarant vb. sağlıklı tahıllar formülasyona eklenmeli
Düşük B vitamini (örn. tiamin ve niasin) içeriği	Niştasta, un, ekmek, makarna ve fırıncılık ürünleri	Niştayı ana hammadde olarak kullanmaktan uzaklaşılmalı; kinoa, amarant vb. sağlıklı tahıllar, baklagiller formülasyona eklenmeli
Düşük kalsiyum içeriği	Ekmek ve makarna ürünleri	Niştayı ana hammadde olarak kullanmaktan uzaklaşılmalı; kinoa, amarant vb. sağlıklı tahıllar, baklagiller formülasyona eklenmeli
Düşük demir içeriği	Niştasta, un, ekmek, makarna ve fırıncılık ürünleri	Teff, kinoa, amarant vb. sağlıklı tahıllar, baklagiller formülasyona eklenmeli
Diğer minerallerin eksiklikleri (örn. potasyum, çinko, fosfor vb.)	Ekmek ve makarna ürünleri	Teff, kinoa, amarant vb. sağlıklı tahıllar, baklagiller formülasyona eklenmeli
Yüksek glisemik indeks	Ekmek ve makarna ürünleri	Viskoz lifler (örn.inulin gibi fruktanlar), baklagiller formülasyona eklenmeli, ekşi maya fermentasyonu uygulanmalı

2.3.6. Makarna Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

2.3.6.1. Ana hammaddeler

2.3.6.1.1. Buğday

Tüm dünyada makarna üretiminin en önemli ana hammaddesi buğdaydır. Makarnalık buğday olarak da adlandırılan durum buğdayı yüksek protein içeriği ve sert yapısı ile makarna üretiminde en yaygın kullanılan ana hammaddedir. Bununla birlikte her iklimde yetişememesi

nedeniyle, yumuşak buğdaydan (örn. *Triticum aestivum* ve *Triticum vulgare*) elde edilen unların da buğday makarnası üretiminde kullanıldığı bilinmektedir [78].

Makarnalık buğdayın kalitesini belirleyen temel kıstas, makarna üretimine uygunluğuna ilişkin teknolojik kalitesidir. Kaliteli makarna üretimi ancak uygun bir durum buğdayı ve işleme teknolojisi ile mümkündür [79].

Makarnalık buğdayda kalite; tohum firmalarına, tohum satıcılarına, üreticiye, öğütme sanayisine, makarna sanayisine, son ürüne ve tüketiciye göre değişmektedir [80]. Makarna üretim zincirinde yer alan paydaşlar için buğday kalitesini etkileyen unsurlar Tablo 2.6'da özetlenmiştir.

Tablo 2.6. Makarna üretim zincirinde yer alan paydaşlar için buğday kalitesini etkileyen unsurlar [80].

Tohum üreticisi	Tohum satıcısı	Üretici	Öğütme endüstrisi	Makarna endüstrisi	Tüketici
Saflık	Sürdürülebilir tedarik	Verim	İrmik verimi	Protein miktarı	Pişme kalitesi
Çeşit/derece	Gıda güvenliği	Verim/kalite ilişkisi	Kül içeriği	Protein (gluten) kalitesi	Görünüş
Çimlenme	Protein içeriği	Stabilite	Tane homojenliği	Parçacık büyüklüğü ve dağılımı	
	Hektolitre ağırlığı		Hektolitre ağırlığı	Renk (sarılık indeksi)	
	Tane nemi		Tane nemi		
			Safsızlık oranı		

Söz konusu kalite unsurları çevre ve yetiştirme koşullarından etkilenmekle birlikte, büyük oranda çeşidin genotipik karakteri tarafından kontrol edilmektedir. Kaliteli makarna üretimi için kızıymış, çimlenmiş, buruşuk ve kırık tane oranları düşük olan, mikrobiyal açıdan güvenli ve teknolojik kalitesi yüksek durum buğdayları kullanılır. Makarnalık buğdayda kalite kıstasları aşağıdaki gibidir:

➤ Çeşit ve Derece

Türler içinde birçok çeşit bulunmaktadır. Bu çeşitlerin makarnalık kaliteleri birbirlerinden oldukça farklıdır. Buğday kalitesi değişik unsurlara göre derecelere ayrılır. Bunlar; hektolitreye ağırlığı, bin tane ağırlığı, camsı tane oranı, rutubet miktarı, bozuk tane miktarı ve diğer buğdayların yüzdesi gibi unsurlardır [81].

➤ Hektolitreye Ağırlığı

Hektolitreye ağırlığı, buğday yoğunluğunun bir ölçüsüdür. Genellikle belli hacimdeki buğdayın ağırlığı olarak verilmektedir. Hektolitreye ağırlığı ile ırmık verimi arasında pozitif bir ilişki olduğu için hektolitreye ağırlığının yüksek olması istenir. Makarnalık buğdayların hektolitreye ağırlığı diğer buğdaylara göre % 9-10 kadar daha fazladır [81].

➤ Bin Tane Ağırlığı

Bin tane ağırlığı, bin tane buğday tanesinin ağırlığı anlamına gelmektedir. Makarnalık buğdayların bin tane ağırlığı diğerlerine göre daha yüksektir ve genellikle 30-35 g gelmektedir. Tane büyüdükçe kabuk oranı azaldığından ırmık verimi yükselmektedir. Ancak bu ilişki tanenin camsılığı, tane büyüklüğünün homojenliği, tanenin şekli ve tane içerisindeki yabancı madde miktarı ile ilişkilidir [82].

➤ Sertlik ve Camsı Tane Oranı

Tane sertliği, daha çok genetik yapı ile ilgilidir. Bisküvi, kek, kraker yapımında yumuşak buğdaylar kullanılırken ekmek ve makarna yapımında sert buğdaylar tercih edilmektedir. Sertlik, protein ve nişasta ile ilgilidir. Proteinlerin yüzeyi hidrofobiktir ve protein ağları sert buğdaylarda nişastanın çevresini sarmaktadır. Yumuşak buğdaylarda ise bu yapı tam olarak yoktur [80]. *Tr. aestivum* (ekmeklik yumuşak buğday türü) makarnalık buğdaya ne kadar karışırsa kaliteyi o kadar düşürmektedir. Değirmenlerde ayrılması da olanaksızdır. Maksimum miktarı % 10 ile sınırlıdır [83].

Tanenin sertliği ve camsılığı arasında pozitif bir ilişki vardır. Tane ne kadar sertse, endospermi o kadar camsı yapı göstermektedir. Tane ne kadar camsı yapı gösterirse, ırmık verimi o kadar artmaktadır. Tanenin camsılığı ile protein ve gluten miktarı arasında çoğunlukla pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Camsı tane oranının genellikle en az % 20 olması istenmektedir [84].

➤ Kül Miktarı

Kül miktarı, çeşit farklılığından çok çevre farklılığı ile ilgilidir. Nemli koşullarda yetişen buğdayların külleri daha fazla olmaktadır. İrmikteki kül miktarının artması irmik rengini olumsuz etkilemektedir. Kül miktarının % 0.8 - 1'den büyük olması istenmez [83].

➤ Protein ve Yaş Gluten Miktarı

Protein ve yaş gluten miktarının yüksek olması istenmektedir. Çünkü bu iki özellik makarnanın pişme kalitesini doğrudan etkilemektedir. Pişme kalitesini etkileyen unsur protein miktarından çok protein kalitesidir. [80].

➤ Protein Kalitesi

Buğdayda bulunan gluten, glutenin ve gliadin proteinlerinden oluşmaktadır. Makarnalık buğdaylar için protein miktarı dışında bu proteinlerin istenilen özellikte olması da önemli bir kalite kistasıdır. Bu bakımdan gluten özelliklerinin de bilinmesi gerekir. İrmikten elde edilen yaş gluten değerlendirilirken miktarı yanında; gluten indeks değeri, akışkanlık özelliği, uzayabilme kabiliyeti, elastikiyeti, yumuşaklığı veya sertliği, sarı, soluk, donuk veya gri renkli olması gibi özelliklerine bakılır. Makarnalık buğdayın gluten kuvveti ve elastikiyetinin yüksek olması istenir [82].

➤ Pigment Miktarı

Makarnalık buğdaylarda pigment maddesi miktarı ne kadar fazla olursa o kadar kaliteli olarak kabul edilmektedir. Aslında makarnalık buğdayların sarı renk maddesi diğer buğdaylardan fazladır. Ancak öğütme sırasında buğdaydaki tüm pigment maddesi irmiğe geçmemektedir. Makarnalık buğdaylarda endospermdeki sarı renk maddesi kabuktakine kıyasla daha fazla beyazlaşma eğilimindedir. İrmikteki pigment miktarı 4 - 8 ppm arasında değişmektedir. Bu miktar, özütlenmiş sarı renk maddesi miktarıdır. İrmik veya durum buğdayındaki sarı renk maddesi beta karoten cinsinden ifade edilir ve beta karotenin toplam renk maddeleri içinde yaklaşık % 2 kadar bulunması istenir [85].

➤ Lipoksidaz Aktivitesi

Buğday kalitesi açısından renk maddesi miktarı tek başına yeterli değildir. Lipoksidaz aktivitesi ile belirtilmesi gerekir. Lipoksigenazlar doymamış yağ asitlerini peroksidasyona

uğrattırken aynı anda ksantofil ve lütein başta olmak üzere karotenoidlerin de dolaylı oksidasyonuna (ko-oksidasyon) neden olarak rengin açılmasına yol açmaktadır [84, 85]. Buğdayda lipoksidaz aktivitesi ne kadar düşük olursa; buğdayın makarna üretimine elverişliliği o kadar iyi olmaktadır. Lipoksidaz enzimi tanede kabuk ve kabuğa yakın kısımda bulunmaktadır. Öğütme sırasında büyük bir kısım kepek ile ayrılmaktadır. Buğdaydaki lipoksidaz aktivitesi irmiğe göre 5 - 6 kat daha fazladır. Lipoksidaz aktivitesi, bazı teknolojik işlemlerle azaltılabilmektedir. Örneğin, buğdayın 45-55°C sıcaklıkta ve buhar kullanılarak kısa süre tavlansıyla enzim aktivitesi sıfıra düşürülürken; buğdayın diğer özelliklerine zarar verilmemektedir [86].

➤ Öğütme Verimi

Birim buğdaydan alınan irmik veya un miktarı; tanenin şekli, iriliği, bin tane ağırlığı ve hektolitre ağırlığına bağlıdır. Şekli yuvarlak ve büyük taneli buğdayların öğütme verimi yüksek, irmik verimi fazladır. Ancak irmiğin öğütme verimi daha çok buğdayların standardize edilmiş laboratuvar değirmenlerinde belli koşullarda öğütülerek saptanmaktadır. Birim buğdaydan alınan irmik verimi ne kadar fazla olursa öğütme verimi o kadar iyi kabul edilmektedir [87].

Türkiye’ de ve birçok ülkede makarna üretiminde “*Triticum durum*” buğdayından elde edilen irmiğin kullanılması yasal olarak zorunludur. Günümüz sürekli makarna üretim sistemlerinde tekdüze süreç akışı sağlamak, uygun bir hamur gelişimi elde etmek ve en iyi kalitede makarna üretimi için kullanılan buğday irmiğinin ise temel olarak aşağıdaki özelliklerde olması istenir:

1. Kepek parçaları, un ve siyah leke içermesi istenmez. Rengi bozuk ve hastalıklı buğday taneleri, yabancı ot tohumları, ergot veya kirden meydana gelebilecek nokta ve benekler iyi bir temizleme ve öğütme öncesi doğru tavlama ile kontrol edilebilmektedir. İyi kalitede makarna üretiminde kullanılan irmiğin parlak sarı renge sahip olması önemli bir kalite unsurudur [82].
2. İrilik bakımından homojen olması ve orta ve/veya orta ince büyüklükte olması tercih edilir. İrmik tanecik boyutu ve dağılımı makarna hamurunun su absorpsiyon özellikleri ve son ürünün kalitesi üzerine etki etmesi nedeniyle önemlidir [82].
3. İrmik protein içeriği ve kalitesi makarna süreci için belirleyicidir. İrmikteki protein miktarı az (< % 11 - 13) olduğunda makarna hamurunun hazırlanışında irmiğin su alması yavaşlamakta, yoğurma süresi uzamaktadır. Bu durum kurutma sırasında problem oluşturmakta, makarnalar kolay kırılmakta ve pişme kalitesi azalmaktadır. İrmik protein içeriğinin yanı sıra protein

kalitesinin de bilinmesi gerekir. Makarnalık buğdaylar için protein miktarı dışında bu proteinlerin de istenilen özellikte olması da önemli bir kalite kistasıdır [88].

3. İrmiğin yüksek oranda kül içermesi istenmez. Kül içeriği % 1'den fazla olmamalıdır. Kül miktarının artması irmik renginin donuklaşmasına ve elde edilen makarnanın kahverengiye dönmesine sebep olmaktadır [89].

4. İrmiğin yüksek oranda nem içermesi istenmez. Nem içeriği % 14'den fazla olmamalıdır. Nem miktarının artması irmiğin depolanmasını zorlaştırır [89].

2.3.6.1.2. Buğday dışı hammaddeler

Makarnanın Dünya'da en çok kullanılan ana hammaddesi buğday olmasına karşın makarna tüketiminin tüm Dünya'ya hızla yayılması, özel amaçlı beslenmeye yönelik gıdaların üretiminin artırılması (glutensiz, yüksek proteinli, vitamin ve minerallerce zengin vb.), gıda sağlık ilişkisi farkındalığının artmasıyla yeni makarna ürünlerinin geliştirmesi vb. nedenler makarna üretiminde başka ana hammaddelerin kullanılması yönünde ortam yaratmıştır. Bu ana hammaddelerden en çok kullanılanlar pirinç ve mısır olmakla birlikte soya, bezelye, karabuğday, patates vb. gıdalar da makarna üretiminde ana hammadde olarak kullanılmaktadır.

2.3.6.1.2.1. Pirinç

Pirinç (*Oryza sativa*) unu gluten içermediğinden makarna üretiminde tek başına kullanılarak işlenebilmesi mümkün değildir. Kaliteli bir son ürün elde edilebilmesi için pirinç makarnası üretiminde katkı maddelerinin kullanılması ve/veya makromoleküller yapının (nişasta ve protein etkileşimi) uygun bir biçimde düzenlenmesini sağlayan etkileri (jelatinizasyon, retrogradasyon, denatürasyon) oluşturacak özel gıda işleme tekniklerinin uygulanması gereklidir. Örneğin pirincin öğütülmesi ile elde edilen pirinç ununun suyla karıştırılmasından elde edilen hamura yapı kazandırma uygun bir teknolojik işlem gerektirir; böylece gluten (öz) içermeyen undan elde edilen makarna pişirmeye dayanabilir ve yendiğinde yeterince esnek olur [90]. Pirinç ununun jelatinize edilmesi ya da şekil verilmiş taze makarnaya buhar uygulanması son ürünün dokusal özelliklerinin iyileştirilmesi için gereklidir [91].

Pirinç ununun makarnaya işlenmesinde en çok kullanılan iki yöntem vardır. Bunlardan ilki pirinç ununa buhar uygulanarak yüksek sıcaklıkta (> 100°C) ekstrüde etmektir. Bu yöntemde pirinç ununun yapısındaki nişastanın jelatinizasyonu direkt olarak ekstrüzyon pişiricinin içinde sağlanır. İkinci yöntemde ise ön jelatinizasyon uygulanmış pirinç unları kullanılır ve direkt olarak durum buğdayı makarnasının da yapımında kullanılan sürekli

ekstrüzyon sisteminde işlenir. Ön jelatinizasyon uygulanmış hammadde kullanılan üretim yöntemi maliyet ve süreç kontrolü açısından daha elverişli olduğundan endüstride en çok uygulanan yöntemdir [92]. Yapılan çalışmalar gluten içermeyen nişasta bazlı hammaddelere (mısır, pirinç vb.) uygulanan ön jelatinizasyon işleminin makarnanın dokusal özelliklerini ve pişme kalitesini iyileştirdiğini işaret etmektedir. Bununla birlikte endüstriyel üretimde katkı maddeleri yaygın şekilde kullanılmaktadır, jelatinize nişastaların bağlayıcı kuvvetini arttıran mono ve digliseritler (E471) gibi emülsiyeye edici maddeler en çok kullanılan katkı maddeleri arasındadır [91, 92].

2.3.6.1.2.2. Mısır

Mısırın (*Zea mays*) kimyasal bileşimi buğdayinkinden farklı değildir; ancak protein içeriği daha az ve daha düşük kalitededir. Gluten proteinlerini de içermediğinden mısır unundan makarna yapımında stabilizörler ve/veya emülsifiye edici ajanlar kullanılmakta ya da ısı uygulamalarıyla ön jelatinizasyon yapılmaktadır. Nişastanın jelatinizasyonu işlemi pirinç unlarında olduğu gibi, hamur hazırlama sırasında buhar uygulanması ile de gerçekleştirilir. Mısır makarnası jelatinizasyon süreci ile daha da belirginleşen (beyaz mısır hariç) sarı-turuncu arası değişen bir renge sahiptir [93].

Mısır birçok besleyici öğeyi barındırır da bazı önemli besleyici bileşenler bakımından eksiktir. Bu nedenle yalnızca mısır kullanılarak elde edilen ürünler tüketildiğinde protein, mineral, diyet lifi vb. yararlı bileşenler yeteri kadar alınmaz ve eksikleri görülebilir. Özellikle katı glutensiz diyet uygulayan bir tüketici dışarıdan alınması zorunlu besin öğelerinin eksikliğini yaşayabilir. Bu nedenle mısır makarnasında zenginleştirme çalışmaları yapılmaktadır. Yapılan bir çalışmada mısır makarnasının yapımında kullanılan formülasyona % 15 nohut unu eklenmesinin makarnanın toplam diyet lifi, protein ve yağ içeriğini arttırdığı saptanmıştır. Bununla birlikte elde edilen makarnaların kontrol örneği (% 100 mısır makarnası) ile karşılaştırıldığında elastikiyetinin azaldığı sertliğinin ise arttığını belirlenmiştir. Formülasyona eklenen pektin, guar gam ve agarın (% 2) dokusal ve duyusal kalitesinde belirgin bir artışa neden olduğunu saptanmıştır [94].

2.3.6.1.2.3. Çavdar

Çavdar unu gluten içeriğinin yüksek olması nedeniyle tek başına ya da buğday unu ile karıştırılarak makarna yapımında kullanılır. Çavdar makarnası üretim teknolojisi buğday makarnası ile aynıdır. Çavdar morfolojik olarak buğdaya benzer; buna karşın besleyici değeri

daha düşüktür; bunun nedeni protein içeriğinin daha düşük olmasıdır. Diğer taraftan çavdar unu daha az rafine edildiği için daha yüksek kepek içeriğine sahiptir. Bu özelliği nedeniyle çavdar makarnası daha koyu bir renge ve daha yüksek ham lif içeriğine sahiptir [95].

2.3.6.1.2.4. Arpa

Arpa ununun gluten içeriğinin yüksek olması nedeniyle tek başına ya da buğday unu ile karıştırılarak makarna yapımında kullanılır. Arpa makarnası üretim teknolojisi buğday makarnası ile aynıdır. Yapılan bir çalışmada % 80 buğday unu % 20 kabuksuz arpa unu kullanılarak hazırlanan makarnanın duyuusal açıdan kabul edilebilirliğinin yüksek olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte dokusal özelliklerinin de buğday makarnasına yakın olduğu belirlenmiştir [96]. Formülasyona eklenen arpa ununun makarnanın pişme süresini kısalttığı ve lif oranını arttırdığı saptanmıştır [97].

2.3.6.1.2.5. Yalancı tahıllar (Tahılımsılar)

Tahılımsılar olarak adlandırılan bitkilerin (amarant, kinoa, karabuğday vb.) de gerçek tahıllara (buğday, yulaf, arpa, mısır vb.) benzer nişastalı bir çekirdeği bulunur fakat botanik olarak gerçek tahılların aksine çift çenekli bitkiler grubuna dahildirler. Tahılımsılarda nişasta granülleri perisperm olarak adlandırılan kısımda bulunurken, gerçek tahıllarda endosperme bulunur [98]. Tahılımsıları gerçek tahıllardan ayıran ve gittikçe daha yaygın kullanılmasını sağlayan bir diğer önemli özelliği de gluten proteinlerini içermemesi ve böylelikle glutensiz diyetle yer alabilecek gıdalar arasında bulunmasıdır. Fakat gluten içermemesi makarna üretim sürecini zorlaştırmakta ve hammadde ve sürece özgü optimizasyon çalışmaları gerektirmektedir. Günümüzde kullanım alanı gittikçe artan tahılımsılara amarant (*Amaranthus spp.*), kinoa (*Chenopodium quinoa*) ve karabuğday (*Fagopyrum esculentum*) örnek gösterilebilir. [99, 100]. Kinoa ve mısırın glutensiz makarna üretiminde kullanılabilirliğinin araştırıldığı bir çalışmada üretilen makarnaların pişme kalitesi, dokusal özellikleri ve duyuusal beğenilirliği incelenmiştir. Elde edilen kinoa-mısır makarnası hafif mısır tadı ile kısmen beğenilmiştir [101]. Amarant, kinoa ve karabuğdayın glutensiz makarna üretiminde kullanıldığı diğer bir çalışmada ise yüksek kalitede makarna elde etmek için formülasyon optimizasyonu yapılmış ve albumin, emülsifiyer ve enzim karışımının formülasyona eklenmesinin makarna kalitesini iyileştirdiği belirlenmiştir [102]. Kurutulmuş amarantın (*Amaranthus caudatus*) makarna üretiminde kullanıldığı bir çalışmada amarantın makarna üretiminde teknolojik olarak kullanılabilirliğinin uygun olduğunu, duyuusal olarak olumsuz bir izlenim yaratmadığı ve beğenilirliği 5 üzerinden 3 olarak saptanmıştır.

2.3.6.1.2.6. Baklagiller

Yapılan çalışmalarda baklagil unlarının tek başlarına makarna yapımında kullanılmadıkları; genellikle bileşen veya katkı maddesi olarak kullanıldıkları belirtilmektedir. Örneğin soya unu protein açısından zengin makarna hazırlanması amacıyla buğday unu ile paçal yapılarak kullanılmaktadır. Ancak duysal ve dokusal olarak kabul edilebilir makarna üretimi için soya unu kullanım oranının sınırlı (% 10 veya daha az) olduğu belirtilmektedir (Padalino, 2014). Fasülye, bezelye, bakla, nohut, mercimek gibi baklagiller de makarnanın protein içeriğinin yükseltilmesi ya da özel amaçlı makarna (örn. glutensiz makarna) formülasyonlarının hazırlanmasında bileşen olarak kullanılmaktadır [103].

Boye ve ark. (2010) [104] buğday ununa % 10 oranında fasülye ve börülce un karışımı eklenip ekstrüzyon tekniği ile üretilen makarnaların % 100 buğday unundan yapılan makarnalara göre daha yüksek protein içeriğine ve daha yüksek sertliğe sahip olduğunu belirtmişlerdir. Duyusal analiz sonuçlarında tüketici açısından kabul edilebilirliğinin de yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Petitot ve ark (2010) [105] buğday unu (% 65), bezelye ve bakla unu (% 35) ile paçal yaparak makarna üretmişlerdir. Elde edilen makarnanın sertliğinin yüksek olduğunu fakat pişme kaybının % 100 buğday kullanılarak üretilen makarnaya göre daha az olduğunu saptamışlardır. Söz konusu baklagil unları eklenerek hazırlanmış makarnanın dokusal özelliklerini duysal olarak kabul edilemez olarak belirlemişlerdir.

Gallegos-Infante ve ark. (2010) [106] buğday unu (% 70) ve fasülye ununu (% 30) karıştırarak elde ettikleri makarnanın kalite özelliklerini incelemişlerdir. Pişme süresi ve su absorpsiyon kapasitesinin azaldığını, pişme kaybının arttığını saptamışlardır.

Bakla unu (% 30) ile buğday ununun (% 70) karıştırılıp ekstrüzyon yöntemi ile elde edilen makarnaların protein içeriğinin önemli derecede arttığı ve tekstürel, duysal açıdan geleneksel buğday makarnasına göre önemli derecede farklılık göstermediği bildirilmiştir [107].

2.3.6.2. Su

Makarna üretiminde orta sertlikte, renksiz, kokusuz, tatsız, içme suyu niteliğinde, mikrobiyal yükü düşük su kullanılır. Su miktarı; parçacık büyüklüğüne, protein miktarı ve kalitesine, üretilen makarnanın şekline, su sıcaklığına, irmiğin, unun ve/veya nişastanın su

miktarına, elde edilecek hamur tipine bağlı olarak değişir. Buğday makarnası hamurunun hazırlanmasında 100 kısım irmik için 27 - 33 kısım su kullanılırken buğday dışı hammaddelerden elde edilen makarnalarda bu oran değişiklik göstermektedir. Suyun yumuşaklığı ve sıcaklığı da makarnanın rengi üzerinde olumlu etki yaparak rengin parlaklaşmasına yardımcı olmaktadır [95].

2.3.6.3. Diğer Bileşenler

2.3.6.3.1. Tuz

Sade buğday makarnası üretiminde tuz kullanılmaz. Fakat buğday dışı hammaddelerle üretilen makarnaların üretiminde duyu sal beğenilirliği arttırmak için formülasyona eklenebilir. Makarna ürün grubunda yer alan Asya eriştelerinin üretiminde ise tuz sıklıkla kullanılmaktadır ve sade tuz içeren erişteler beyaz, alkali tuz içeren erişteler ise sarı erişteler olarak adlandırılmaktadır [95].

2.3.6.3.2. Yapılandırıcı maddeler

Yapılandırıcı madde kullanımı buğday dışı hammaddelerle yapılan makarnaların neredeyse tamamını gluten içermediğinden (arpa, çavdar hariç) oldukça yaygındır. Buğday makarnası ile karşılaştırıldığında yalnızca gluten içermeyen buğday dışı hammaddeler kullanılarak üretilen makarnalar düşük kaliteli, uzun pişirmeye dayanıksız, yapışkan ve pişme kaybı yüksek makarnalar olarak değerlendirilir. Bu nedenle söz konusu makarnaların formülasyonunda kullanılan ana hammadde olan un ve/veya nişastaya hidrokolloid ve/veya protein eklenerek, farklı teknolojik işlemler uygulanarak üretim süreci optimize edilir ve makarna kalitesi iyileştirilir. Gluten içermeyen buğday dışı hammaddelerin kullanıldığı makarna üretiminde kullanılan başlıca yapılandırıcı maddeler hidrokolloidler, protein ve enzimlerdir [100].

2.3.6.3.2.1. Hidrokolloidler

Gıda hidrokolloidleri deniz yosunlarından, bitkilerden, mikroorganizmalardan, selülozun ve nişastanın enzimatik ya da kimyasal modifikasyonu ile elde edilmiş biyopolimerlerdir. Hidrokolloidler büyük molekül ağırlığına sahip, hidrofilik (yüksek miktarda su bağlama kapasitesine sahip) ve kolloidal yapıdaki gıda bileşenleridir. Bu bileşenler gıda endüstrisinde doku, tad ve raf ömrünü uzatmada özellikle ekmek yapımında sıklıkla kullanılmaktadır [108].

Gluten içermeyen buğday dışı hammaddelerin kullanıldığı makarna üretiminde hidrokolloid kullanımı makarna kalitesini iyileştirmenin basit yollarından biri olarak görülür. Hidrokolloidler özellikle pişme kalitesinin iyileştirilmesinde kullanılır. Kullanılan hidrokolloidler ya da gamlar makarna sıklığını/dayanıklılığını arttırarak, pişirildiğinde bütünlüğünü korumasını ve tüketildiğinde yarattığı ağız hissini (çiğnenebilirlik, elastikiyet, sertlik) oluşturulmasını sağlar [109].

Padalino ve ark. (2011) [110] yulaf kepeği ile zenginleştirerek ürettikleri mısır makarnasının üretiminde kitozan ve karboksimetilselüloz kullanımının makarnanın duyuşal özelliklerini (elastikiyet, yapışkanlık, kümeleşme) iyileştirdiğini saptamışlardır. Bu durumu hidrokolloidlerin mısır nişastasının jelatinizasyonuna yardımcı olarak makarnanın stabil ve sıkı bir yapı kazanmasını sağlamasıyla açıklamışlardır.

Bununla birlikte bazı araştırmacılar da Padalino ve ark.'nın (2011) [110] tersine bazı yüksek hidrofilik özellikteki hidrokolloidlerin nişasta jelatinizasyonunu sınırlandırdığını saptamışlardır. Bunu hidrokolloidlerin su alımında nişasta ile yarışarak jelatinizasyon sürecini azaltmasıyla açıklamışlardır [109, 111, 112, 113]. Silva ve ark. (2016) [114] da su bağlama kapasitesi yüksek hidrokolloidlerden ksantam gam, hidroksimetil selülozun su bağlamada nişasta ile yarıştığından nişastanın jelatinizasyon derecesini azalttığını belirtmişlerdir.

Padalino ve ark. (2014) [115] nohut unu ile zenginleştirilmiş mısır makarnası üretiminde yapılandırıcı olarak pektin, guar gam ve agar kullandıkları çalışmada makarna formülasyonunda hidrokolloid kullanılmasının nişasta ağının oluşumuna değişikliğe neden olduğunu gözlemlemişlerdir. Bu durumun nişasta granülünün jelatinizasyonundaki değişimlerden, gam çözünürlülük derecesinden ve nişasta gam etkileşiminden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Tablo 2.7'de gluten içermeyen buğday dışı hammaddelerin kullanıldığı makarna üretiminde kullanılan bazı hidrokolloidler ve etkileri özetlenmiştir.

Tablo 2.7. Gluten içermeyen buğday dışı hammaddelerin kullanıldığı makarna üretiminde kullanılan bazı hidrokolloidler ve etkileri [110].

Hidrokolloid	Etkisi
Kitosan, Karboksi-metil-selüloz	Yapışkanlık ve kümeleşmeyi azaltır.
Hidroksi-propil-metil-selüloz, Ksantan gam	Nişasta jelatinizasyonunu azaltır.
Jellan gam, Karboksi-metil-selüloz, Pektin, Agar, Yumurta proteini tozu, Tapyoka nişastası, Guar çekirdeği unu, Kitozan	Nişasta ağının reolojik özelliklerinde değişime neden olur.
Guar gam	Sertliği artırır.

2.3.6.3.2.2. Protein ve enzimler

Gluten içermeyen buğday dışı hammaddelerin kullanıldığı makarna üretiminde kullanılan yapılandırıcı maddelerden bir diğeri ise proteinlerdir [116]. Bu bileşenlerin formülasyonda yer alması glutensiz unların doğal yapısında bulunan proteinlerin (örn. pirinç, soya, bezelye) formülasyona kendisinin dahil olması ve/veya protein izolatlarının dışarıdan eklenmesi ile sağlanır. Gluten içermeyen proteinlerin glutensiz formülasyonlara eklenmesinin ürünün yapısını, dokusunu, duyuusal özelliklerini ve besleyici değerini olumlu yönde etkilediği saptanmıştır [117].

Birçok glutensiz gıda formülasyonuna sıklıkla eklenen diğer yapılandırıcı maddeler ise enzimlerdir. Enzimlerin protein fonksiyonlarını değiştirmesi ve proteinlerde çapraz bağlanmayı artırması yapının oluşmasına katkıda bulunmaktadır [118]. Glutensiz gıda formülasyonlarına eklenen enzimlerin özellikle hamurun reolojik özelliklerini ve raf ömrünü iyileştirdiği belirtilmektedir. Glikoz oksidaz, transglutaminaz vb. enzimler glutensiz ürün üretiminde hali hazırda en çok kullanılan enzimlerdir [119, 120]. Tablo 2.8’de gluten içermeyen buğday dışı hammaddelerin kullanıldığı makarna üretiminde kullanılan proteinler ve enzimler özetlenerek etkileri belirtilmiştir.

Yapılan bir çalışmada % 100 amarant, % 100 kinoa, % 100 karabuğday unu ve bunların un karışımlarından üretilmiş 4 farklı makarna, farklı yapılandırıcı maddeler (albumin, hidrokolloid, and transglutaminaz içeren enzim karışımı) formülasyona eklenerek hazırlanmıştır. Tamamıyla glutensiz unlardan üretilen makarnaların pişme ve duyuusal kalitesini arttırmak amacıyla yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlar kullanılan tüm katkı maddelerinin pişme kalitesini ve duyuusal kaliteyi arttırdığını göstermiştir [102].

Tablo 2.8. Gluten içermeyen buğday dışı hammaddelerin kullanıldığı makarna üretiminde kullanılan proteinler, enzimler ve etkileri [110].

Poteinler ve enzimler	Etkisi
Süt proteinleri	
Yumurta proteinleri	Makarnanın tekstürünü iyileştirir ve pişme kalitesini artırır.
Peyniraltı suyu proteinleri	
Transglutaminaz	Glutensiz makarna hamurunun işlenebilirliğini iyileştirir. Makarnanın yapışkanlık, çiğnenebilirlik, elastikiyet ve sertlik özelliklerini iyileştirir.

Yapılan çalışmalarda makarnanın dokusal özelliklerinin iyileşmesinde süt ve yumurta proteinlerinin kullanımının olumlu katkı yaptığı belirtilmektedir. Yumurta proteinlerinin gluten içermeyen buğday dışı hammaddelerin kullanıldığı makarna üretiminde kullanılmasının pişme kalitesini arttırdığı ve son ürünün sıkı ve elastik bir yapı kazanmasını sağladığı saptanmıştır [121]. Yapılan bir diğer çalışmada ön jelatinizasyon uygulanmış pirinç unu kullanılarak hazırlanan makarna formülasyonuna yumurta proteinleri eklenmiş ve elde edilen ürünün suya geçen madde miktarının azaldığı belirlenmiştir. Söz konusu durum proteinlerin sıkı bir yapı oluşturarak haşlama sırasında suya madde salınımını zorlaştırması olarak açıklanmıştır [122].

Marti ve ark. (2014)'nin [123] yaptığı bir çalışmada peynir altı suyu proteinleri ve yumurta albuminlerini pirinç makarnası üretiminde yapılandırıcı olarak kullanmışlar ve yumurta albuminlerin özellikle suya geçen madde miktarını azaltmada daha etkili olduğunu saptamışlardır.

Yapılan bir diğer çalışmada ise kinoa, amarant ve karabuğday unu karışımı (40:40:60) kullanılarak hazırlanan makarna formülasyonunda % 1.2 oranında hidrokolloid ve % 6 oranında yumurta beyazı tozu kullanımının makarnanın tekstürünü ve pişme kalitesini arttırdığı belirlenmiştir [124].

Tatlı patatesten makarna üretimi için yapılandırıcı madde olarak süt proteinleri kullanılmış ve elde edilen makarnanın pişme kalitesinin arttırdığı ve nişastanın sindirilirliğini azalttığı saptanmıştır. Elde edilen sonuçlar söz konusu yapılandırıcı maddenin güçlü bir nişasta-protein matriksi oluşturması ile açıklanmıştır [125].

Yalçın ve Başman (2008) [126] mısır unu bazlı makarna formülasyonuna transglutaminaz ve gam eklemenin makarna hamurunun işlenebilirliğini arttırdığını saptamışlardır.

Sibakov ve ark. (2016) [127] bakla unu makarnası üretiminde enzim eklemenin *in vitro* nişasta sindirilirliğini azalttığını ve dokusal özelliklerini iyileştirdiğini saptamışlardır.

2.3.7. Makarna Üretim Süreci

2.3.7.1. Buğday makarnası üretim aşamaları

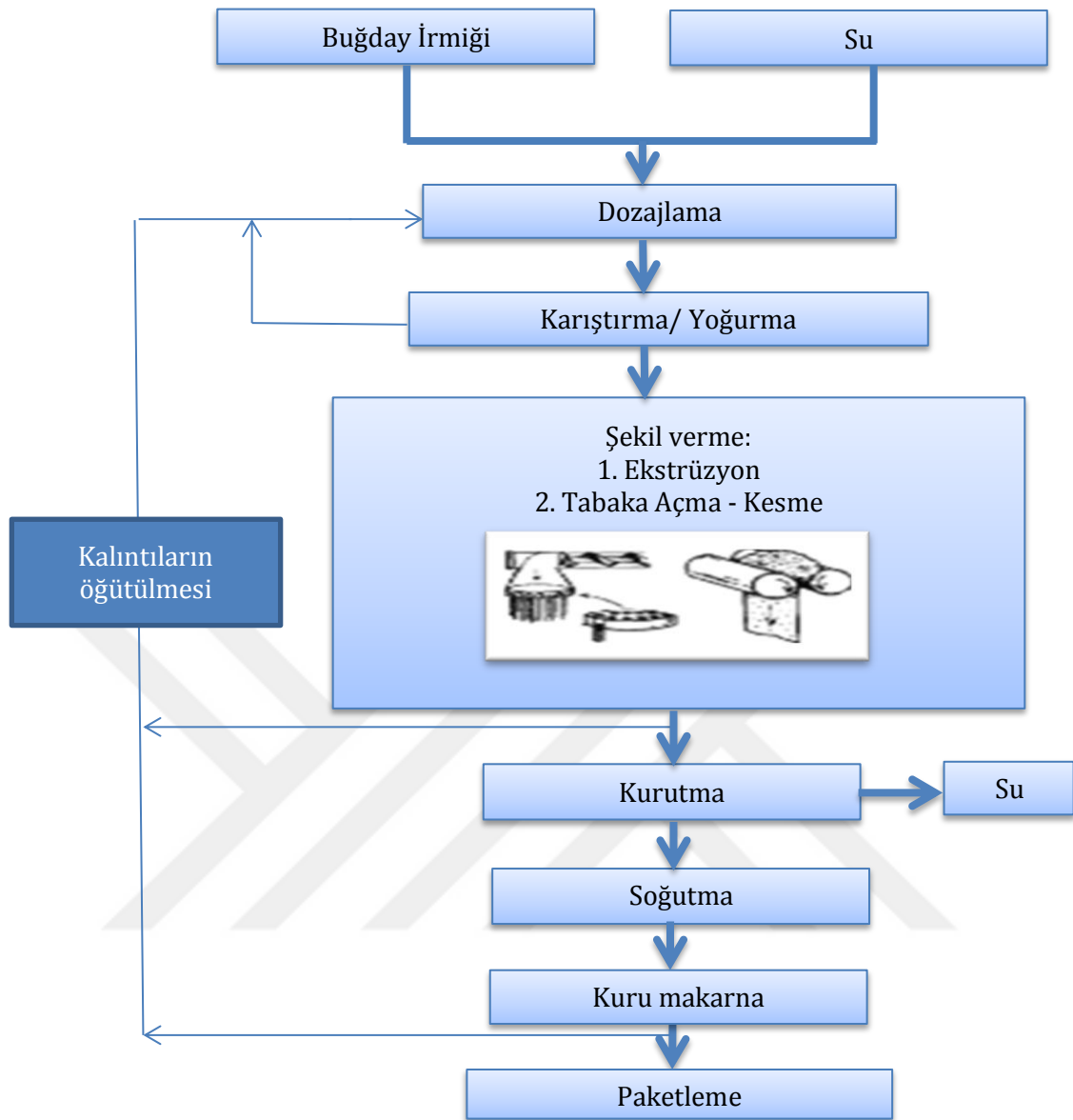
Makarna yüzyıllardır üretilmesine karşın endüstriyel üretimi 20. y.y'dan itibaren gerçekleştirilmektedir. Yüksek hacimli ve sürekli sistemler makarna üretiminde kullanılmadan önce elle yapılan makarna yalnızca küçük dükkanlarda satılmaktaydı. Günümüzde ise özellikle buğday makarnası üretiminde kullanılan hammaddenin taşınması gereken özellikleri, süreç koşulları ve kullanılan ekipmanlar tam olarak anlaşılmış ve üretim süreci standartlaşmıştır. Buğday makarnası üretimi standart akım şeması Şekil 2.5'de gösterilmektedir.

2.3.7.1.1. Dozajlama ve karıştırma/yoğurma

Karıştırma işlemi, yaklaşık olarak % 31 nem içeriğine sahip hamur elde etmek için bir karıştırma teknesine buğday ununa su katılmasıdır. Bu aşamada isteğe bağlı yumurta vb. yardımcı bileşenler de eklenebilir. Günümüzde özellikle ekstrüzyon tekniğinin kullanıldığı makarna üretiminde ekstrüzyon işleminden önce makarnadaki hava kabarcıklarının alınması için vakumlama işlemi yapılır. Eğer ekstrüzyon işleminden önce vakumlama işlemi yapılmazsa, makarnanın içinde hava kabarcıkları oluşur ve mekanik direnci ortadan kaldırıp mamul ürüne beyaz ve tebeşirimsi bir görünümde olmasına neden olur [128].

2.3.7.1.2. Şekil verme

Şekil verme işlemi üretilecek makarna şekline göre değişir. Makarnaya şekil vermede tabaka açma ve sonrasında şekillendirme ve ekstrüzyonla şekil verme olmak üzere 2 yöntem kullanılır.



Şekil 2.5. Buğday makarnası üretimi akım şeması [61].

Tabaka açılarak üretilen makarnalar (şerit şeklinde, kelebek) için homojen açılabilir nitelikte hamur gereklidir. Tabaka şeklinde açma işlemi giderek azalan silindir açıklıklarına sahip 4-6 çiftlik silindir dizisinde gerçekleştirilir. Bu aşamada silindir çapı ve tabakalama hızı önemlidir. Son hamur tabakası kalınlığı üretilen makarna/ erişte tipine göre değişebilir. İstenilen kalınlıkta açılan hamur tabakasına kesme vb. işlemlerle şekil verilir [128].

Şekil verme işlemi için kullanılan diğer bir yöntem ise ekstrüzyondur. Ekstrüzyon için homojen hidrate olmuş irmik su karışımı kullanılır. Bu karışım açılabilir nitelikte olmayıp tanecikli yapıda bir karışımdır. Hamur karıştırıldıktan sonra ekstrüdere aktarılır. Ekstrüder burgusunun temel işlevi hamuru kalıptan geçmesi için ittirmek ve bunun yanı sıra hamuru yoğurarak homojen bir kütle haline getirmektir. Ekstrüzyon burgularının yapısı ve boyutu ekipman imalatçılarına göre değişmekle birlikte, modern preslerin çoğunda tüm uzunluğu boyunca sabit aralığa sahip keskin kenarlı burgular bulunur. Burgu, bir oluklu ekstrüzyon ucuna bağlanır, böylece hamur ileridoğru hareket eder ve burgu ile ucun içi arasındaki sürtünme azalır. Ekstrüzyon ucunda ekstrüzyon işlemi sırasında ortaya çıkan ısıyı dağıtmaya yönelik soğutma sistemleri (su soğutma gömleği) bulunur. Soğutma sistemi ekstrüzyon sıcaklığını sabit tutulmasına yardımcı olur: bu sıcaklık yaklaşık olarak 51 °C olmalıdır. Eğer hamur çok sıcaksa (> 74 °C) makarna yapısı bozulur. Hamurun ekstrüderden sabit akış hızında geçmesi de diğer bir önemli değişkendir. Akış hızında meydana gelen değişiklik makarnanın ekstrüzyon ucuna bağlı kalıptan makarnanın farklı hızlarda çıkmasına neden olur. Aynı boyutta çıkmayan ürünlerin iskartaya çıkarılması ve yeniden işlenmesi gerekir ve bu durum ürünün maliyetini arttırır. Kalıbın iç yüzeyinde kullanılan malzeme de ürün yüzey yapısını ve görüntüsünü etkiler. Yakın zamana kadar kalıp malzemesi olarak bronz kullanılmaktaydı. Son zamanlarda kalıp ömrünü ve makarna görünümünü iyileştirmek amacıyla kalıp iç yüzeyi teflon malzeme ile kaplanmış kalıplar yaygınlaşmıştır. Bronz iç yüzeyden çıkan makarna pürüzlü bir yüzeye sahip iken teflon iç yüzeyden çıkan makarnanın yüzeyi pürüzsüzdür [129].

2.3.7.1.3. Kurutma

Şekil verme işleminin ardından elde edilen makarna taze makarnadır. En çok tüketilen makarna çeşidi olan kuru makarnayı elde etmek için taze makarnaya kurutma işlemi uygulanır. Kurutma, makarna üretiminde kontrol edilmesi gereken en güç ve kritik adımdır. Kurutma işleminin amacı, makarnanın nem içeriğini % 31' den % 12'ye düşürerek elde edilen ürünün sert olmasını, şeklini korumasını ve bozulmadan saklanabilmesini sağlamaktadır [82]

Kurutma işlemi kademeli olarak gerçekleştirilir. Makarna kurutma işlemlerinde makarnanın birbirine yapışmasını engellemek için bir ön kurutucu kullanılır. Ön kurutma

makarnanın yüzeyini sertleştirirken, içini yumuşak ve plastik yapıda tutar. Daha sonra üründeki nemin büyük bölümünü çıkarmak için bir son kurutucu kullanılır [128].

Kurutma sıcaklığı ve kurutma bağıl nemi makarna kurutulmasını etkileyen iki önemli unsurdur. Makarnanın dış yüzeyi iç kısmından daha hızlı kuruduğu için makarnanın yüzeyinden içine doğru nem azalır. Eğer makarna çok hızlı kurutulursa çatlaklar oluşur ve makarna kötü bir görünüme ve çok düşük bir mekanik dirence sahip olur. Kurutma işlemi sırasında ve ürün kurutucudan çıkmasından sonraki bir kaç hafta içerisinde çatlama meydana gelebilir. Eğer makarna çok yavaş kurutulursa, kurutma süresinde bozulma eğilimi gösterir veya küflenir. Bu nedenle kurutma döngüsünün her ürün tipinin gerektirdiği koşullara uygun şekilde optimize edilmesi önemlidir [130]. Eğer kurutma döngüsü başarılıysa makarna sıkı, fakat aynı zamanda paketleme öncesinde önemli derecede bükülebilecek kadar esnek olacaktır. Yakın zamana kadar kurutma döngüsündeki sıcaklık aralığı 40-60 °C iken günümüzde daha yüksek sıcaklıklar kullanılmaya başlanmıştır (60-90°C). Yüksek sıcaklıkta kurutmanın ürünün pişme kalitesini iyileştirdiği yapılan çalışmalarla belirlenmiştir [128, 130]. Bununla birlikte yüksek sıcaklıkta kurutmanın istenmeyen renk, koku vb. oluşumuna neden olabileceği ve en yüksek kalitede ürünün elde edildiği en yüksek sıcaklığın belirlenmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Her makarna çeşidinin kendine özgü bir kurutma programı vardır. Sürecin süresi makarnanın şekline ve kurutma fırınının kapasitesine göre 4-8 saat arasında değişebilir. Süreç boyunca, ısı, ürün nemi, ortam nemi, hız ve kalite olarak sürekli kontroller yapılır [61].

2.3.7.1.4. Soğutma

Makarna, kurutma süreci sonunda soğutma ünitesinden geçer ve paketlemeye hazır olur. Soğutma işlemi makarnanın kalitesi için bir başka kritik süreçtir. Makarnanın fiziksel kararlılığını sağlar. Çatlama riskini azaltarak kaliteyi artırır [130].

Soğutma ünitesi genelde soğuk su kanallarıyla donanmış, yüksek etkiye sahip bölümlerdir [128]. Kanallarda dolaşan suyun sıcaklığı yaz ve kış aylarında değişiklik gösterir. Bazı soğutucularda sadece oda sıcaklığındaki hava üflenerek makarnanın soğutulması sağlanır. Soğutma işleminde süre yaklaşık 30 dakikadır ancak kullanılan makine ve makarna çeşidine göre bu süre değişebilir. Soğutma işlemi tamamlanmış ürün, silolara alınarak kalite kontrolleri yapılır [61].

2.3.7.1.5. Paketleme

Paketleme ürüne bulaşı olmasını engeller, makarnayı sevkiyat ve depolama sırasında korur ve ürünün satın alma çekiciliğinin artmasına yardımcı olur. Makarna paketlenmesinde kullanılan ana ambalaj malzemesi selofan torbadır ve ürünün nemden korunmasını sağlar fakat market rafında istiflenmesi zordur. Üreticilerin bir kısmı bu zorluğu gidermek için makarna paketlemesinde torba yerine kutu kullanırlar. Kutuların istiflenmesi kolaydır, kırılğan makarna ürünleri için iyi koruma sağlar ve torba ambalajlara göre daha okunaklı ve kolay reklam yapma olanağı sunar [128].

2.3.7.2. Buğday dışı hammaddelerden makarna üretim süreci

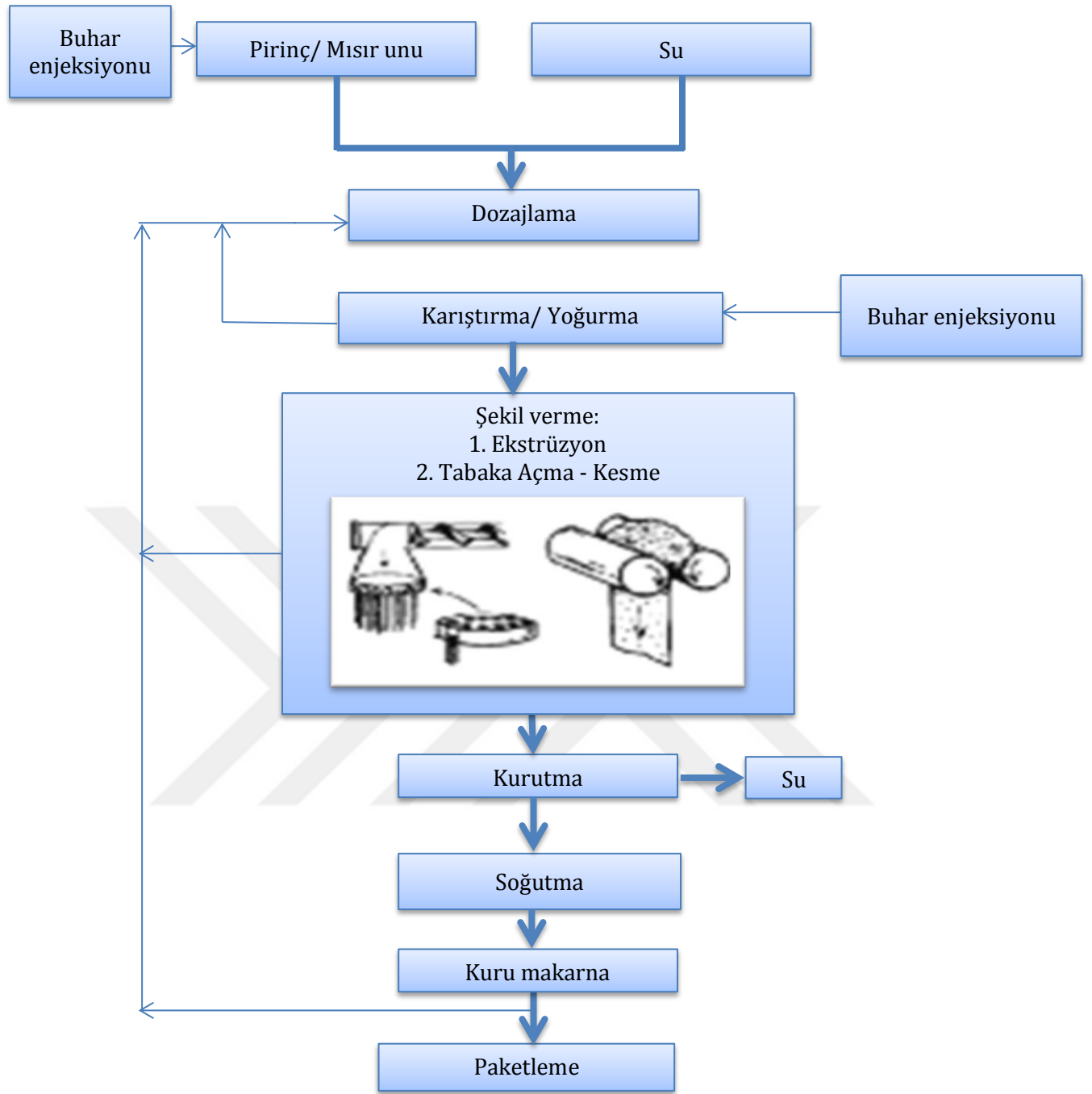
Buğday dışı hammaddelerden yapılan makarnalarda ise süreç hammaddeye göre değişiklik göstermekle birlikte pirinç, mısır ve bunların karışımından elde edilen makarnalar için süreç koşullarının belirlenmesinde ilerleme kaydedilmiş ve buna ilişkin bazı endüstriyel makarna üretim sistemleri de geliştirilmiştir (Şekil 2.6). Pirinç ve mısır hammaddesinde yoğunlaşan bu çalışmalar diğer buğday dışı hammaddelerin makarna üretim süreçlerinde kullanımına da ışık tutmaktadır. Buğday makarnası üretim yöntemi günümüzde standartlaştırılmasına karşın buğday dışı hammaddelerden elde edilen makarnaların üretim süreçleri konusunda çalışmalar hala devam etmektedir ve henüz standart üretim süreçleri bulunmamaktadır [92].

Makarna üretimi buğday dışı hammaddeler kullanıldığında da buğday makarnasında olduğu gibi temel olarak karıştırma-yoğurma, şekil verme, kurutma, soğutma ve paketleme basamaklarından oluşmaktadır. Buğday dışı hammaddelerden makarna üretimi basamakları Şekil 2.6'da gösterilmiştir.

İki süreç arasındaki temel farklılık kullanılan buğday dışı hammaddenin (arpa ve çavdar hariç) yüksek kalitede makarna üretiminde anahtar unsur olan gluten (öz) proteinlerinden yoksun olmasıdır. Bu nedenle, glutensiz makarna üretimi olarak da isimlendirilebilecek bu sürecin buğday makarnası üretiminden farkı kullanılan una ve/veya unun suyla karıştırılmasından elde edilen hamura yapı kazandırma becerisine sahip bir teknolojik işlem gerektirmesidir, böylece, bundan elde edilen makarna pişmeye dayanabilir ve yenildiğinde yeterince esnektir. Bu teknolojik aşamanın ilkesi "nişasta jelatinizasyonunun" sağlanmasıdır. Nişastanın jelatinizasyonu kullanılan hammaddenin ununun önceden jelatinize edilmesi ya da doğrudan doğruya hamur üzerine ve/veya kurutma öncesi buhar uygulanarak jelatinize edilmesi ile sağlanır. Bununla birlikte endüstriyel üretimde katkı maddeleri de yaygın şekilde

kullanılır. Nişastanın bağlayıcı kuvvetini arttıran mono ve digliseritler (E471) gibi emülgatörler glutensiz makarna üretiminde en yaygın kullanılan yapılandırıcı maddelerdir. Glutensiz makarna üretiminde en yaygın kullanılan ve üretimi optimize edilmiş hammaddeler pirinç ve mısırdır ve bazı makina üreticileri tarafından patentli üretim hatları sanayi de yaygın olarak kullanılmaktadır [62].





Şekil 2.6. Buğday dışı hammaddelerden makarna üretimi akım şeması [62, 92].

2.3.8. Makarna Kalitesi

2.3.8.1. Buğday makarnası kalite kıstasları

Görünüş: Makarna görünüşünü ve tüketici kabulünü etkileyen unsurlar; renk, nokta, benek sayısı, yüzey tekstürü, makarna kuvvet ve esnekliğidir. Makarna rengi durum buğdayının özellikleri, irmik kalitesi, öğütme koşulları, yoğurma, ekstrüzyon ve kurutmanın süreç koşullarından etkilenir [128, 131].

Mekanik Kuvvet: Kuru makarnanın mekanik kuvveti önemli bir kalite unsurudur. Ürün kırılğan bir yapıya sahipse, kesme, paketlenme, işleme ve nakliyata direnç göstermeyecektir. Hammadde kalitesi, makarna kuvvetini belirlemede kritik bir unsurdur [130, 131].

Pişme Kalitesi: Makarna pişme kalitesi; görünüş, tat ve besleyici değerin yanı sıra tüketici tercihi belirlemede esas rol oynayan kıstaslardan birisidir. Makarnanın optimum pişme süresi, pişmiş makarnadaki ağırlık ve hacim artışı, suya geçen madde miktarı pişme kalitesini değerlendirmede kullanılan değişkenlerdir. Yüksek kalitede bir makarna için pişme süresinin 15 dakikadandan fazla olmaması, hacim ve ağırlık artışının en az % 200 olması ve makarna pişirme suyuna geçen madde miktarının kuru makarna ağırlığının % 10'u aşmaması istenir [131].

Yapışkanlık: Yapışkanlık pişmiş makarna yüzeyinin dil, diş, damak veya ellere yapışma durumunu ifade eder ve pişirilmiş örneğin süzülmesinden sonra örnek üzerinde kalan absorbe edilmemiş su miktarına, süzme ile test etme arasında geçen zamana ve ortamın bağıl nemine bağlı olarak değişir. Yüksek kalitede bir makarnada yapışkanlığın hiç olmaması istenir [131].

Sertlik: Sertlik duyuşsal olarak makarnayı ısırarak için gerekli kuvvet, enstrümental olarak ise bir pişmiş spagetti çubuğunu özel bir bıçakla bölmek için gerekli iş (g.cm) olarak tanımlanır [131]. Sertlik kullanılan üretim yöntemine ve hammaddeye bağlı olarak makarnaların pişme toleransının belirlenmesi amacıyla belirlenir. Yüksek kalitede bir makarnada pişmiş makarna sertliğinin optimum dişe gelir (al-dente) nitelikte olması istenir [89,131].

Elastikiyet: Elastikiyet viskoelastik stres gevşemesi olarak da adlandırılır ve makarnaya belli bir uzaklıktan deforme edici kuvvet (sıkıştırma) uygulandığında makarnanın zamana karşı stresinin azalma oranı olarak ifade edilir. Elastikiyet hammaddede bulunan gluten kalitesi ve miktarı ile ilişkilidir. Bu nedenle, pişirme ve taşımaya karşı ürünün sağlamlığının ölçülmesi amacıyla bu özellik kullanılır. Yüksek kalitede bir makarnada elastikiyetin yüksek olması istenir [89,131].

Toplam organik madde miktarı (TOM): Makarna pişme kalitesinin değerlendirilmesinde duyuşsal testlere alternatif olarak pişmiş makarnadan elde edilen toplam organik madde miktarı

tespit edilir, duyuusal değerlendirme ve yapışkanlık ile korelasyon gösterdiği ifade edilmektedir. Yüksek kalitede bir makarnada TOM'un düşük olması istenir [89].

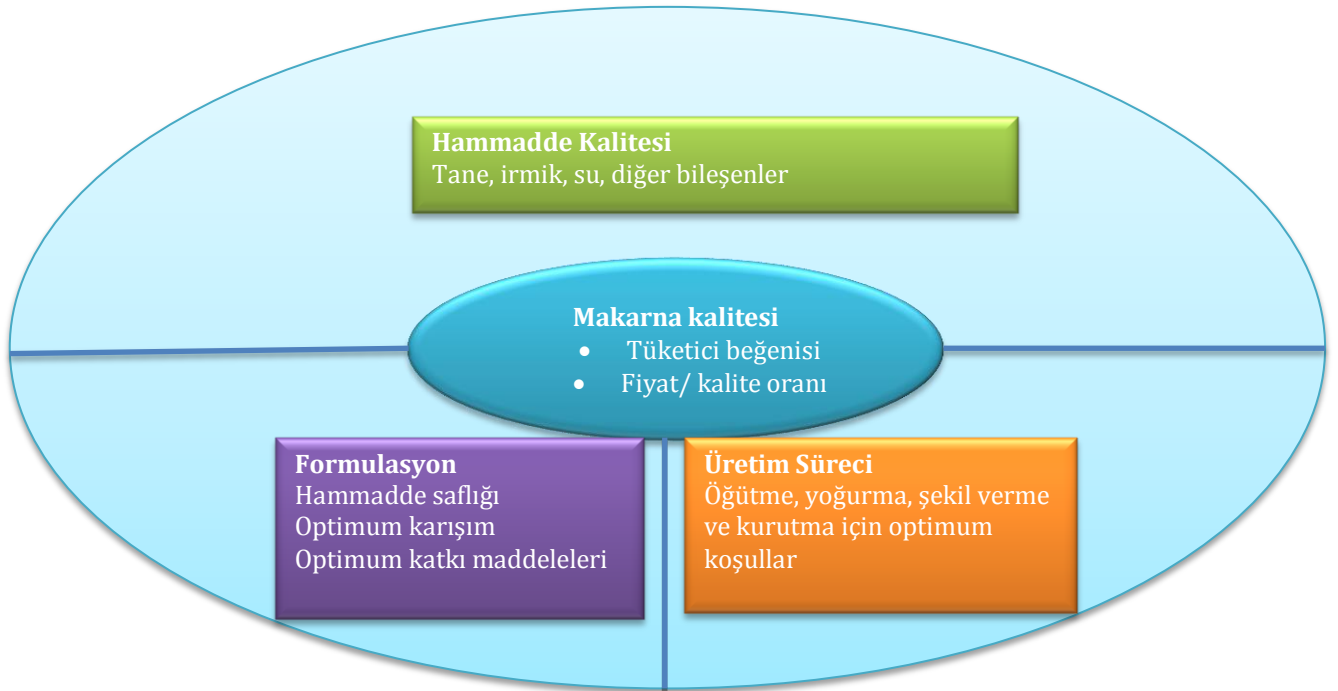
2.3.8.2. Buğday dışı hammaddelerden elde edilen makarnanın kalite kıstasları

Buğday makarnası için belirlenmiş ve yukarıda (Bknz. 2.3.8.1) verilmiş kalite kıstaslarının tamamının buğday dışı hammaddelerden de yapılan makarnalarda da olması istenmektedir. Buğday dışı hammaddelerden elde edilen makarnaların kalite özellikleri kullanılan hammaddeye göre değişmekte ve her hammadde kendine özgü formülasyon ve süreç koşulları ve gerektirdiğinden son ürünün kalite özellikleri de değişken olmaktadır. Bu nedenle standartlaştırılmış buğday dışı makarna üretim hatlarından elde edilen makarnalar için standart kalite kriterleri yerine ulaşılması hedeflenen kriterler belirlenmiştir. En çok kullanılan buğday dışı makarna üretim hatlarına ilişkin hedef makarna kalite özellikleri aşağıda özetlenmiştir.

- Pişmiş makarnanın ısırmaya karşı direnci (> 0.8 N)
- İyi yüzey bütünlüğü ve pişme kalitesi (suya geçen madde miktarı $< \% 5$)
- Kuru makarnada sağlanan yüksek jelatinizasyon derecesi ($\% 50 - 70$) [62].

2.3.8.3. Makarna kalitesini etkileyen unsurlar

Makarna kalitesi 3 ana unsurla ilişkilendirilmektedir. Bunlar kullanılan ana hammadde, reçete ve üretim sürecidir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Makarna kalitesine etki eden unsurlar [82].

2.3.8.3.1. Buğday makarnası kalitesini etkileyen unsurlar

➤ **Hammadde kalitesi**

Buğday makarnası hakkında yapılan tüm çalışmalarda öne çıkan ortak görüş: Yüksek kalitede bir makarnanın yüksek kalitede bir hammadde kalitesi ile sağlanabileceği ve durum buğdayının (*Triticum durum*) bilinen buğday makarnası üretiminde kullanılan eşsiz bir hammadde olduğudur. Bunun temel nedeninin durum buğdayının sahip olduğu yüksek sarı pigment içeriği, düşük lipoksigenaz aktivitesi ve yüksek gluten içeriği olarak ifade edilmektedir. Durum buğdayından elde edilen makarnanın en önde gelen özelliği pişme kalitesinin yüksek olmasıdır [85].

Hammaddenin kaliteye etkisini belirleyen dört temel unsur vardır. Bunlar: i. homojen boyut ii. yüksek protein içeriği iii. düşük kül içeriği iv. renktir. Bu dört temel öğeye yabancı maddelerin bulunmaması, düşük bakteriyel yük ve böcek öldürücü ve zehirleyici bileşenlerin (aflatoksinler) bulunmaması gibi başka unsurlar da eklenebilir [82, 85].

Hammadde kalitesi özellikle makarna yapışkanlığı bakımından önemlidir. Hammaddenin amilaz aktivitesi ile makarna yapışkanlığı arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır. Bu aktivite, makarna yapışkanlığından doğrudan veya dolaylı olarak sorumlu olan bileşiklerin oluşmasına neden olur. Yapılan çalışmalarda amilaz enzimlerinin aktivitesi, durum buğdayının öğütülmesi sırasında nişastaların fiziksel olarak bozulmasıyla, ayrıca irmiğin mikrobiyal yükü ve onun depolama ve nem koşullarıyla yakından bağlantılıdır. Amilaz aktivitesi, doğal olarak karyopsta mevcuttur ancak bununla ilgili enzimler, büyük ölçüde karyopsun yüzey tabakalarında (aleuronek tabakalar) ve unu bozacak şekilde yağ bakımından çok zengin olan ve atılan tohumunda bulunur. Karyopsun orta kısmından elde edilen irmik, orta/büyük granülometriye (> 400 µm) ve sonuç olarak düşük düzeyde fiziksel nişasta hasarına sahiptir. Amilaz aktivitesi de çok düşüktür. Buna dayanılarak, bu tip irmiğin makarna yapışkanlığı bakımından ideal hammadde olacağı varsayılır, fakat özütlenme düzeyi ekonomik yararlığı olmayacak kadar düşüktür (yaklaşık % 50 - 55). Bu nedenle, rekolteyi artırmak amacıyla öğütme diyagramı da, irmiği çekirdeğin daha dış yüzeyinden çıkarılır. Bu yaklaşık olarak % 70'lik bir özütlenme randımanı sağlarken, amilaz aktivitesinde artış görülür. İrmik granülometrik özelliklerine göre 3 sınıfa ayrılır. Bunlar: Kaba öğütülmüş, orta öğütülmüş ve ince öğütülmüş irmiktir. Endüstriyel buğday makarnası yapımında geçerli olan eğilim rekoltesi yüksek olan orta ve orta/ince öğütülmüş irmiğin kullanılmasıdır.

İrmikte bulunan proteinler ise makarna pişme kalitesinde çok önemli bir rol oynar. Makarna pişerken iki olay gerçekleşir, bunlar proteinlerin denatürasyonu ve nişastanın jelatinizasyonudur. Pişirmeden kaynaklanan ısı nedeniyle, nişasta parçacıkları su emer ve şişerler. Böylece parçacıklar hacim olarak büyür ve makarnanın protein yapısıyla çevrelenmiş olarak parçacıkların kendileri arasındaki boşlukları doldururlar. Aynı ısı etki nedeniyle, proteinler pıhtılaşarak protein yapısını güçlendirir ve nişasta parçacıklarının artan hacmine (ve ağırlığına) karşı daha iyi dayanım sağlarlar. Bu iki olgu (protein denatürasyonu ve nişastanın jelatinizasyonu) birbirlerini dengeleyen kuvvetlerdir. Hemen hemen aynı sıcaklıklarda gerçekleşen bu iki olay makarnanın kendine özgü pişme kalite özelliklerini kazanmasını sağlarlar. Protein yapısının nişasta parçacıklarının şişmesine dayanamayacak kadar zayıf olması veya bu şişmeyle nişastanın hasar görmesi sonucunda da su emme eğiliminin aşırı veya anormal hale gelir. Bu durumun protein pıhtılaşması hızıyla karşılaştırıldığında çok yüksek olması sonucunda nişasta jelatinizasyonu ve protein denatürasyonu dengesi bozulacaktır. Söz konusu durumda, nişasta parçacıkları, kısa pişirme sürelerinde bile erkenden içeri çökebilecek ve böylece oluştukları polisakkaritleri serbest bırakacak, onları dağıtacak ve yapışkanlığa neden olacaklardır. Protein yapısının kalitesi bu olguyu dengeleyebilir ve dolayısıyla hasarı sınırlandırır. Protein yapısının kalitesi glutenin kalitesiyle belirlenen bir koşuldur. Az miktarda glutene sahip bir protein yapısı makarna pişirme esnasında pıhtılaştağında şişen nişasta granüllerini tutmakta zayıf kalır ve makarna kalitesinde düşmeye neden olur. Benzer durumla makarnanın uzun süre pişirilmesi (fazla pişirilmesi) sırasında da karşılaşılır. Çünkü uzun pişirme aynı zamanda nişastanın aşırı şişmesine, jelatinleşmiş parçacıkların içeri göçmesine ve nişasta bileşenlerinin dağılımına neden olarak (protein yapısı ne kadar güçlü olursa olsun) protein yapısı tarafından sağlanan direncin bastırılmasına neden olur [85].

Makarna üretiminde kullanılan hammaddelerin makarna kalitesi üzerine etkisi Tablo 2.9'da özetlenmiştir.

Tablo 2.9. Buğday ununun makarna kalitesi üzerine etkisi [82].

Buğday ununun özellikleri	Makarna kalitesine etkisi
Protein miktarı ve kalitesi (yaş gluten miktarı ve gluten indeksi)	Makarna pişme kalitesi (pişme kaybı, sertlik-"al dente"- kıvam vb.)
Zedelenmiş nişasta miktarı	Pişmiş makarna yapışkanlığı ve yüzey bütünlüğü
Endospermin sertliği and camsılık	Beyaz noktalar ve yüzey pürüzlülüğü
Kül içeriği, özütlenme oranı	Kırmızı-kahverengi renk
Sarı pigment içeriği	Sarı renk

➤ Üretim süreci

Endüstriyel buğday makarnası yapımında geçerli olan eğilim, orta ve orta/ince öğütülmüş irmiğin kullanılmasıdır. Bunun ana nedeni; küçük öğütülmüş irmiğin daha yüksek hidrasyon hızına ($< 220 \mu$) sahip olması ve bunun sonucunda yoğurma süresinin kısalması ve dolaylı olarak yetersiz su almış irmik parçacıklarının makarnada yarattığı beyaz noktaların azalmasıdır. Durum buğdayının çok düşük irmik granülometrik düzeylerine kadar öğütülmesi, yumuşak buğday öğütme işlemi sonucunda elde edilen una benzeyen küçük parçacıklar (un) yaratır. İnce öğütülmüş irmikte, önemli düzeyde “un” ($> \% 4$) bulunabilir. Bu, pişme sırasında özelliklerini koruyan ve yapışkan hale gelmeyen yüksek kaliteli makarna için uygun değildir. İnce öğütülmüş irmiğin daha hızlı hidrasyon avantajının karşısında, üretimle ilgili bir potansiyel riski de vardır. Bu risk, öğütme sırasında buğday nişastalarının zarar görmesi; bir başka deyişle, oluştukları polisakkarit zincirlerinin (amiloz ve amilopektin) kopmasıdır. Bu durum hem irmiğin depolanması sırasında hem de makarna üretimi sırasında, hamurun hazırlanması ve kalıplanması işlemiyle başlamak üzere bir dizi karmaşık kimyasal ve biyokimyasal tepkimeleri kaçınılmaz şekilde tetikleyen, geri dönüşü olmayan bir bozulmaya neden olur. Bu koşullarda bozulmuş nişasta düzeylerine ve yüksek amilaz enzim aktivitesine sahip irmik yoğurma aşamasından itibaren sorunlar yaratabilir. Bunların en önemlileri arasında şunlar yer almaktadır [129, 132]:

1) Hamurda gluten oluşumunda ve genel hamur kütlelerinin dağılımında, esnekliğinde ve yapışıklığında heterojen bir yapıya neden olur.

2) İrmige su katılması ve aynı zamanda hamur kitlesini yeniden karıştırma eylemi, hemen amilaz enzimlerinin hidrolitik aktivitesine yol açar ve nişasta kendisini oluşturan parçalardan kısmen ayrılır. Nişastanın serbest bıraktığı şekerler, paralel olarak hamur kalitesinin bozulmasına ve hatta oluşum sonrasında ürünün kendisine zarar verir. Yoğurma aşamasının süresi de etkilidir ve yoğurma aşaması çok uzunsa (> 15), hasar gören nişasta miktarı kaçınılmaz olarak önemli ölçüde artar. Çünkü irmige fiziksel olarak (öğütme) verilen zarara ek olarak, kimyasal ve biyokimyasal olarak yaratılan hasar (amilaz enzimlerinin yarattığı nişasta hidrolizi) söz konusudur.

3) Hamurdaki şekerlerin derişimindeki artış, sonraki üretim aşamalarında başka kimyasal reaksiyonlara yol açan koşulları yaratır. Bu durum, özellikle makarna kurutulursa gerçekleşir. Taze makarnada sarı pigmentlerin oksitlenmesi ve makarna parlaklığının kaybolması gibi başka sonuçlar da ortaya çıkabilir.

4) Nişasta hidrolizinin serbest bıraktığı bileşikler (maltoz, glikoz, vs.), makarnanın yüzey tabakalarına doğru hareket etme eğilimi gösterir ve makarnayı onarılamaz veya geri

dönüşümsüz şekilde yapışkan hale getirirler. Bunların derişimi (ve dolayısıyla makarnanın yapışkanlığı) ne kadar fazlaysa, yukarıda belirtilen durum o kadar fazla belirginleşir. Ürün havalandırılrsa ve yüzeyi kısmen kurutulsa bile makarna yüzeyinin yapışkanlığı, en azından potansiyel olarak varlığını korur. Bunu yapmak için, öncelikle irmikteki amilaz aktivitesi düzeyini saptamak ve bunun hamur hazırlama sırasında önemli ölçüde artacağını hesaba katmak önemlidir. İkinci olarak, hamur hazırlama işleminin doğru gerçekleştirilmesi için irmik hidrasyonuna, hamur sıcaklığına ve hazırlama sırasında harcanan genel zamana dikkat etmek önemli olacaktır [132].

Makarna üretiminde kurutma aşamasının kalite üzerine önemli etkileri vardır. Kurutma sonucu hamurun % 31 dolayında olan rutubeti % 12'in altına indirilerek kararlı hale getirilerek enzim ve mikroorganizma faaliyetleri kontrol altına alınır. Ayrıca kurutma sırasında proteinler ve nişastada bir takım değişmeler meydana gelmektedir. Makarnanın karakteristik tadı kurutma aşamasında karbonhidratlardan oluşan bir miktar alkolün hamur asitliği ile birleşmesinden meydana gelmektedir. Son yıllarda birçok üretim sürecinde 60 °C' nin üstündeki sıcaklıklarda 8-12 sa kurutma uygulanmaktadır. Yüksek sıcaklık kurutma süresini kısaltmakta, mikrobiyolojik bulaşmayı azaltmakta, makarnada nişasayı şişirmeden protein ağını koagüle etmekte ve pişme kalitesini arttırmaktadır. [132].

➤ Formülasyon

Makarna ürünleri buğday irmiği/unu (*Triticum durum* ve *Triticum aestivum*), su ve isteğe bağlı olarak kullanılan diğer yardımcı malzemeler (domates tozu ya da salça, mineral maddeler, vitamin, ıspanak tozu, pastörize sıvı yumurta ya da pastörize yumurta tozu, et ve et ürünleri, süt tozu, kepek/ lif, protein) ile üretilirler. Makarnanın aromasını arttırmak amacıyla makarnaya tuz, sap kereviz, sarımsak ve defne yaprağı gibi minör bileşenler de eklenebilir. Pişirme süresini kısaltmak için disodium fosfat da formülasyonlarda kullanılabilir. Her makarna üreticisinin kendi formülasyonu vardır. Üretimlerini bu formüllere göre yaparlar. Makarnanın bileşiminde yer alan tüm bileşenler etikette bildirilirler [128].

Sade makarna üretiminde hammadde olarak sadece irmik ve su kullanılır. Makarnanın hammaddesi olan irmik, makarnalık buğdaydan elde edilir. Makarna üretimi için makarnacılık sektöründe, esas olarak kullanılan buğday *Triticum durum* buğdayıdır. İtalya, Fransa, Yunanistan'da ülkelerde makarna üretiminde yalnızca durum buğdayının kullanımına izin verilmektedir. İspanya, A.B.D., Kanada gibi bazı ülkelerde ise tercihe bağlı olarak makarna durum buğdayından üretilir. Proteince zengin olan durum buğdayının öz miktarı (gluten) yüksek olduğundan irmik üretimi için oldukça elverişlidir ve yüksek kalitede makarna üretebilmek için en uygun hammadde olarak tanımlanır. Un ile birlikte makarna hamurunun yoğrulmasında kullanılacak su miktarı; irmiğin iriliğine, gluten miktarına, hamur tipi ve şekline,

kullanılan makina-ekipman tipine ve suyun sıcaklığına göre değişir. Suyun yumuşaklığı ve sıcaklığı da makarnanın rengi üzerinde olumlu etki yaparak rengi parlaklaştırır [95, 128, 131].

2.3.8.3.2. Buğday dışı hammaddelerden elde edilen makarnanın kalitesini etkileyen unsurlar

Buğday dışı hammaddelerin kalitesi üzerine etkili unsurlara ilişkin veriler hem nicelik hem nitelik açısından buğday makarnasında olduğu kadar ayrıntılı değildir. Bununla birlikte yapılan birçok çalışmada buğday dışı hammaddelerden elde edilen makarnaların kalitesinin buğday makarnaları ile karşılaştırıldığında istenilen düzeyde olmadığı belirtilmektedir. Bunun nedenleri arasında hammadde çeşitliliğinin fazla olması, neredeyse tamamının gluten içermeyen hammaddelerden üretilmesi, üretim sürecinin standartlaştırılmaması vb. gösterilmektedir.

➤ Hammadde kalitesi

Günümüzde buğday dışı hammaddelerden elde edilen makarnalar (pirinç/mısır makarnaları) standartlaştırılmış üretim hatları bulunmaktadır. Söz konusu hatlarda üretilebilecek mümkün olan en yüksek kalitede makarna formülasyonlarında kullanılacak hammadde özellikleri Tablo 2.10'da özetlenmiştir.

Tablo 2.10. Buğday dışı hammadde ununun makarna kalitesi üzerine etkisi [65].

Unun özellikleri	Makarna kalitesine etkisi
Parçacık büyüklüğü	Hamurun işlenebilirliği, makarna pişme kalitesi (pişme kaybı, sertlik-“al dente”- kıvam vb.)
% 100 < 250 µm % 15 < 125 µm	Pişmiş makarna yapışkanlığı ve yüzey bütünlüğü
Amiloz içeriği	Renk
Kül içeriği (< % 0.7)	

➤ Formülasyon

Buğday dışı hammaddelerden elde edilen makarna formülasyonlarında Bölüm 1.3.6'da ayrıntılı olarak anlatılan bir çok ana hammadde ve yardımcı madde yer almaktadır. Formülasyondaki temel hammaddeler un ve sudur. Fakat teknolojik olarak makarna kalitesinden birinci derecede sorumlu olan gluten proteinleri buğday dışı hammaddelerle yapılan makarnalarda (çavdar, arpa hariç) bulunmadığından bu tür makarnaların formülasyonunda yardımcı maddeler gluteni taklit etmek ve kaliteyi buğday makarnasına yaklaştırmak için

oldukça sık kullanılırlar. Buğday dışı hammaddeler kullanılarak hazırlanan formülasyonlarda yüksek kalitede makarna elde edebilmek için iki yol vardır: i. Formülasyona farklı yapılandırıcı maddeler eklenmesi ii. Süreçte yapılan farklı işlemlerdir. Özellikle pirinç/mısır makarnalarının formülasyonlarında en sık kullanılan yapılandırıcı maddeler ve makarna kalitesine etkileri Tablo 2.11’de özetlenmiştir.

Tablo 2.11. Buğday dışı hammaddelerle hazırlanan formülasyonlarda kullanılan yapılandırıcı maddeler ve makarna kalitesi üzerine etkileri [131].

Yardımcı madde	Makarna kalitesine etkisi
E471 (yağ asitlerinin mono- ve digliseritleri) (Toplam unun ağırlıkça % 0.5 – 1’i kadar eklenir.)	Pişmiş makarna tekstürü, düşük suya geçen madde kaybı, düşük yapışkanlık şekil verme ve kesmeyi kolaylaştırır.
Beta Karoten (Toplam unun ağırlıkça % 0.02’si kadar eklenir.)	Makarnaya sarı renk verir
Zerdeçal (Toplam unun ağırlıkça % 0.2’si kadar eklenir.)	Makarnaya sarı renk verir.

Buğday dışı hammaddelerden makarna üretimindeki temel yaklaşım mümkün olduğu kadar buğday makarnasının kalite özelliklerine yaklaşımdır. Bu nedenle her üreticinin kullandığı hamaddeye göre hazırlanmış olduğu optimum formülasyon vardır ve bu formülasyon her ürün için standart değildir. Bu nedenle farklı hammaddelerden elde edilen makarnaların kaliteleri de aynı standart da değildir, geniş bir değişim gösterir [100].

➤ Üretim süreci

Buğday dışı hammaddelerden elde edilen makarnaların sürecindeki esas zorluk kullanılan hammaddenin makarna kalitesinden birinci dercede sorumlu olan gluten proteinlerince yoksun olmasıdır. Bu nedenle yüksek kalitede makarna üretimi için nişastanın jelatinizasyonu sağlanmalıdır. Böylece jelatinize olmuş nişasta yapıyı tutar ve pişme kalitesini artırır [62]. Bunu sağlamak amacıyla buğday dışı hammaddelerden makarna üretim süreçlerinde kaliteyi arttırmak için farklı uygulamalar vardır (Tablo 2.12) kullanılmaktadır.

Tablo 2.12. Buğday dışı hammaddeye uygulanan süreçlerin makarna kalitesi üzerine etkisi [100].

Süreç	Etkisi	Makarna kalitesine etkisi
Taneye ön pişirme uygulanması	Lipid-amiloz kompleksi oluşturarak yapıyı güçlendirir.	Suya geçen madde miktarını azaltır.
Unun prejelatinizasyonu ve retrogradasyonu	Jelatinizasyonla çözünen amilozun retrogradasyondan sonra çift heliks yapı oluşturarak yapıyı güçlendirir.	Yapısal bütünlüğün korunmasını, suya geçen madde kaybının azalmasını sağlar.
Hamurun jelatinizasyonu ve retrogradasyonu	Lipid-amiloz kompleksi oluşturarak yapıyı güçlendirir.	Yapısal bütünlüğün korunmasını, suya geçen madde kaybının azalmasını ve dokunun iyileşmesini sağlar.
Ekstrüzyon	Nişastanın kısmi jelatinizasyonu ve protein denaturasyonu sağlayarak hamura güçlü bir yapı kazandırır.	Pişmiş makarnanın ağırlığında azalmaya neden olur. Suya geçen madde miktarında azalmasını ve dokunun (sertlik, elastikiyet) iyileşmesini sağlar.
Yüksek kurutma sıcaklığı	Lipid-amiloz kompleksi oluşturarak yapıyı güçlendirir.	Sertliğin artmasına neden olur. Yapısal bütünlüğün korunmasını, suya geçen madde kaybının azalmasını sağlar.

Günümüze kadar yapılan tüm optimizasyon çalışmaları (formulasyon, süreç değişkenleri) ile buğday dışı hammaddelerden yapılan makarnalarda iyileşme sağlanmış ve fakat henüz buğday makarnasının kalitesine ulaşamamıştır. Bu konuda yapılacak yeni araştırma ve geliştirme çalışmalarına ihtiyaç vardır [76, 100, 133].

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmaya ilişkin deney planı Ek 1'de verilmiştir.

3.1. Materyal

Çalışmada farklı zamanlarda Arbel A.Ş. 'den (Mersin, Türkiye) temin edilen Fırat 87 çeşit kırmızı iç mercimek örnekleri kullanılmıştır. Kırmızı iç mercimek örnekleri öğütücüde un haline getirildikten sonra analizler ve makarna üretimi gerçekleştirilinceye kadar nem geçirmeyen poşetler içerisinde oda sıcaklığında saklanmıştır. Makarna formülasyonunda kullanılan yumurta farklı zamanlarda günlük olarak yerel marketlerden, keçiboynuzu gamı (cp=2400) ise Incom A.Ş.'den (Mersin, Türkiye) temin edilmiştir. Kontrol örneklerinin hazırlanmasında Arbel A.Ş.'den temin edilen 1. kalite durum buğdayı irmiği (yaş gluten: 28; kuru gluten: 9 ve gluten indeksi: 71.42) kullanılmıştır. Yapılan tüm analizler en az 3 tekrar ve 2 paralel olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2. Kimyasallar

Analizlerde kullanılan kimyasallar analitik saflıkta olup Merck ve Sigma Aldrich firmalarından temin edilmiştir. Gluten analizinde, R7001 Ridascreen Gliadin (R-Biopharm AG, Darmstadt, Almanya) test kiti ile R7006 Cocktail çözeltisi ise (R-Biopharm AG, Darmstadt, Almanya) ve % 96'lık etanol (C₂H₅OH) (Tekkim Kimya, Bursa, Türkiye) kullanılmıştır.

3.3. Yöntem

3.3.1. Mercimek Ununun Hazırlanması ve Mercimek Ununda Yapılan Analizler

3.3.1.1. Mercimek ununun hazırlanması

Kırmızı iç mercimek bıçaklı bir öğütücü (Tofer, Öğüt Öğüt, İzmir, Türkiye) yardımı ile kırmızı mercimek ununa işlenmiştir. Mercimek ununun bir kısmı analiz için nem geçirmeyen poşetlerde saklanmıştır. Diğer kısmı ise otomatik eleme cihazı (Retsch AS 200 Basic, Almanya) yardımıyla da 70 salınım şiddetinde, 60 dakika elenmiş ve delik açıklığı 100 µm'lik eleğin altında kalan, 100 µm ve 355 µm'lik eleklerin arasında kalan ve 355 µm'nin üzerinde kalan unlar ayrılarak mercimek makarnası hamurunun ve mercimek makarnasının hazırlanması için nem geçirmeyen poşetlerde saklanmıştır.

3.3.1.2. Kırmızı mercimek ununda yapılan analizler

Kırmızı mercimek unu için yapılan tüm analizler kontrol örneği olan *Tr. Durum* buğdayı irmiği için de gerçekleştirilmiştir.

3.3.1.2.1. Tanecik büyüklüğü dağılımının belirlenmesi

Kırmızı mercimek ununun tanecik büyüklüğü dağılımının belirlenmesi için elek analizi yapılmıştır. Elek analizi elenmemiş kırmızı mercimek ununda (Bknz 3.3.1.1) ve makarna formülasyonu denemelerinde kullanılan (t.b. < 100 µm; 100 µm < t.b. < 355 µm; t.b. > 355 µm) elenmiş kırmızı mercimek unlarında gerçekleştirilmiştir. 200 g kırmızı mercimek unu farklı boyutlara sahip seri elek düzeneği kurularak (1250 µm, 1000 µm, 800 µm, 500 µm, 355 µm, 250 µm, 100 µm, 50 µm) otomatik eleme cihazı (Retsch AS 200 Basic, Almanya) yardımıyla da 70 salınım şiddetinde, 60 dakika elenmiştir. Eleme işlemi sonrasında eleklerde kalan unlar tartılmıştır. Sonuçlar % tanecik büyüklüğü dağılımı olarak verilmiştir.

3.3.1.2.2. Nem içeriğinin belirlenmesi

Kırmızı mercimek ununun nem içeriğinin belirlenmesi 44-16.01'e [134] göre yapılmıştır. Yöntem uyarınca kurutma kabı ve kapağı 130 °C'de önceden ısıtılmış etüvde kurutulmuştur. Desikatörde oda sıcaklığına gelinceye kadar soğutulmuş ve tartılarak kurutma kabının darası alınmıştır (m_1). Homojen hale getirilmiş örnekten (5 g) kurutma kabına alınarak kabın kapağı kapatılmış, tartılarak örneğin ağırlığı bulunmuştur (m_2). 105 °C'de ısıtılmış etüve kurutma kabı kapağı açık olarak yerleştirilerek kurutma işlemine örnek sabit tartıma (m_3) gelinceye kadar devam edilmiştir. Sonuçlar aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanarak, % nem olarak verilmiştir.

Hesaplama:

$$\% \text{ nem} = \frac{(m_2 - m_3)}{(m_2 - m_1)} \times 100$$

m_1 : Kurutulmuş boş kurutma kabı ve kapağının ağırlığı (g)

m_2 : Analiz örneği + kurutma kabı ve kapağının ağırlığı (g)

m_3 : İçinde analiz örneği bulunan kurutma kabı ve kapağının kurutma işleminden sonraki ağırlığı (g)

3.3.1.2.3. Su etkinliğinin (a_w) belirlenmesi

Kırmızı mercimek ununun a_w değeri aletsel olarak (Novasina, AW Sprint, İsviçre) belirlenmiştir. Örnekler kabın içine yaklaşık 2/3'ünü dolduracak şekilde yerleştirilmiş ve analize kadar ağzı kapalı olarak muhafaza edilmiştir. Analiz için örnek kabının ağzı açılarak aletin haznesine yerleştirilmiş, sıcaklık ayar göstergesinin çalışılma sıcaklığının (24 °C) kodu (190) belirlenerek sıcaklık ayarı yapılmıştır. Örneğin tahmini a_w değerine göre aletin çalışma değişken (parametre) değeri 5 seçilerek alet çalıştırılmıştır. Aletin her ölçümü bir önceki ölçümle karşılaştırarak aradaki fark 0.001'den küçük olduğunda kararlı hale geldiği saptanmış ve ölçüm tamamlanıp kaydedilmiştir.

3.3.1.2.4. Kül içeriğinin belirlenmesi

Kırmızı mercimek ununun kül içeriğinin belirlenmesi ICC klasik yöntem [135] göre yapılmıştır. Yöntem uyarınca önceden 900 °C'de bekletilerek sabit tartıma getirilmiş, desikatörde soğutulmuş darası alınmış yakma krozelerine 5 ± 0.1 örnek tartılmıştır. Örnekler sıcaklığı 900 °C'a getirilmiş kül fırınının kapağı üzerine yerleştirilmiş ve üzerlerine 1 - 2 ml etil alkol ilave edilerek ön yakma işlemine tabii tutulmuştur. Külün rengi açık gri veya beyaz oluncaya ve sabit tartıma gelinceye kadar yakma işlemine devam edilmiştir. Yakma işlemi sonunda krozeler desikatörde soğutulduktan sonra tartılmıştır. Sonuçlar aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanarak, % kül olarak verilmiştir.

Hesaplama:

$$\% \text{ Kül} = \frac{100 \times (b - a)}{M \times (100 - R)}$$

a: Yakma krozesinin darası (g)

b: Kül + kroze ağırlığı (g)

M: Örnek miktarı (g)

R: Örneğin rutubeti (%)

3.3.1.2.5. Ham protein içeriğinin belirlenmesi

Kırmızı mercimek ununun ham protein içeriğinin belirlenmesi AACC 46 - 12'ye [136] göre yapılmıştır. Yöntem, örnekte organik bileşikler halinde bulunan azotun bir katalizör eşliğinde derişik H_2SO_4 ile yaş yakma işlemi sonucunda indirgenerek amonyum azotu haline dönüştürülmesi ilkesine dayanır. Azot, amonyum azotu haline dönüştürüldükten sonra kuvvetli alkali ortamda damıtılarak açığa çıkan amonyak bir asit içinde tutulur ve titrasyon ile miktarı belirlenir. Bu yöntemde yakma, damıtma ve titrasyon olmak üzere üç basamak bulunmaktadır.

Yakma işlemi: 1.0 ± 0.001 g örnek tartılarak yakma tüpüne alınmış ve üzerine yaklaşık 6.0 g yakma tuzu karışımı konulmuştur. Daha sonra 15 ml derişik H_2SO_4 eklenmiştir. Bu işlemlerden sonra yakma tüpü, aletin yakma düzeneğine yerleştirilerek önce 200 - 250 °C arasında 15 - 20 dakika süresince ön yakma uygulanmıştır. Sonrasında sıcaklık 380 °C'a getirilerek asıl yakma işlemine geçilmiş ve asıl yakma işlemi 30 - 45 dakika uygulanmıştır. Başlangıçta, siyah olan ortam rengi kahverengine dönmüş ve yakma süresinin sonuna doğru karbonlu parçaların oksitlenmesi ile karışımın rengi berraklaşmış ve parlak yeşil bir renk almıştır. Bu yakma işleminin tam anlamıyla bittiğini göstermediği için, karışımın berraklaşmasından sonra yakma işlemine 380 °C'da 20 - 30 dakika daha devam edilmiştir. Yakma işlemi tamamlandıktan sonra tüpün 40 °C'a kadar soğuması için 10 - 15 dakika beklenmiştir. Süre sonunda tüpe iç yüzeyinden ince bir tabaka halinde akacak şekilde, yaklaşık 40 ml distile su ilave edilerek tüp yavaş yavaş döndürülmüş ve iç yüzeyin yıkanması sağlanmıştır.

Damıtma işlemi: Damıtma sırasında çıkan amonyağı tutmak için, 300 ml'lik bir erlen 50 ml % 2'lik H_3BO_3 çözeltisi konmuştur. Üzerine 5 - 6 damla indikatör (metil kırmızısı) damlatılmış ve erlen damıtma cihazının soğutucusunun altına yerleştirilmiştir. Ardından 75 ml % 40'luk NaOH çözeltisi eklenerek damıtma işlemi uygulanmıştır. Damıtma işlemine erlen içerisindeki toplam hacim yaklaşık 150 ml oluncaya kadar devam edilmiştir.

Titrasyon işlemi: Damıtma sırasında çıkan amonyak, erlen içerisindeki borik asit ile birleşerek amonyum borat oluşturur. Oluşan amonyum borat miktarı, erlen içeriğinin 0.1 N H_2SO_4 çözeltisi ile titrasyonu sonucunda bulunur. Bu amaçla damıtma sonrasında titrasyon işlemi uygulanmış, özeltinin rengi açık pembeye döndüğünde titrasyona son verilmiştir. Bu şekilde ortamda bulunan amonyum borat tekrar borik asite dönüştürülmüştür.

Yakma aşamasından itibaren, örnek dışında, bütün kimyasal madde ve çözeltiler kullanılarak bir şahit deneme yapılmıştır. Sonuçlar aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanarak, % protein olarak verilmiştir.

$$\% \text{ Azot} = \frac{(V_1 - V_0) \times N \times 0.014}{m}$$

$$\% \text{ Protein} = \% \text{ Azot} \times F$$

V_1 = Titrasyonda harcanan H_2SO_4 çözeltisi çözeltisi miktarı (ml)

V_0 = Kör deneme titrasyonunda harcanan H_2SO_4 çözeltisi çözeltisi miktarı (ml)

N = Titrasyonda kullanılan H_2SO_4 çözeltisi çözeltisinin normalitesi (0.1 N)

0,014 = Azotun mili ekivalen ağırlığı

m : Alınan örnek miktarı(g)

$F= 6.25$ (Fasulye, nohut, mercimek gibi bitkisel gıdalar için önerilen katsayı)

$F= 5.70$ (Buğday irmiği için önerilen katsayı)

3.3.1.2.6. Ham yağ içeriğinin belirlenmesi

Kırmızı mercimek ununun ham yağ içeriğinin belirlenmesi AACC 30 - 25'e [137] göre gerçekleştirilmiştir. Yöntem uyarınca daha önce etüvde kurutulmuş, desikatörde soğutulmuş ve içinde iki tane cam boncuk bulunan balon 1 mg duyarlılıkta tartılarak darası alınmıştır. Örnek, yaklaşık 5 ± 0.5 mg duyarlılıkta tartıldıktan sonra hekzan ile ıslatılmış ve kartuşa konulmuştur. Kartuş gövdeye (özütleyici) yerleştirildikten sonra balona yeterli miktarda (yaklaşık 150 ml - 1.5 sifon hacmi) çözücü ilave edilmiştir. Balon, özütleyici ve soğutucu birbirine bağlandıktan sonra ısıtıcılı tabla üzerine yerleştirilerek 6 - 8 saatlik özütleme işlemi uygulanmıştır. Süre sonunda özütleme durdurulmuş ve balonun içerisindeki çözücünün büyük bir kısmı dönerli buharlaştırıcı yardımıyla uzaklaştırılmıştır. Geriye kalan az miktardaki çözücünün uzaklaştırılması için cam balon 103 ± 2 °C'a ayarlı etüvde 2 - 3 sa bekletilmiştir. Süre sonunda, desikatörde en az bir saat süreyle soğutulan balon 1 mg duyarlılıkta tartılmıştır. Balonun son ağırlığı kaydedildikten sonra içindeki yağ miktarı % ham yağ olarak aşağıdaki formülden hesaplanmıştır.

Hesaplama:

$$\% \text{ Ham yağ} = \frac{M_2 - M_1}{m} \times 100$$

M_1 = Sabit tartıma getirilmiş balonun ağırlığı (g).

M_2 = Balonda son tartımda bulunan toplam yağ miktarı (g).

m = Alınan örneğin ağırlığı (g)

3.3.1.2.7. Toplam karbonhidrat içeriğinin belirlenmesi

Toplam karbonhidrat içeriği fark yöntemi ile hesaplanarak belirlenmiştir. Bunun için karbonhidrat dışındaki bileşenlerin (protein, yağ, kül ve nem) miktarları belirlenmiş ve ölçülen miktarlarınının 100'den çıkarılması ile örneğin toplam karbonhidrat miktarı belirlenmiş ve aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Toplam Karbonhidrat (fark yöntemi)} = 100 - (\% \text{ ham protein} + \% \text{ ham yağ} + \% \text{ nem} + \% \text{ kül})$$

3.3.1.2.8. Gluten içeriğinin belirlenmesi

Analizin ilkesi: Gluten analizinde R5 Sandwich ELISA, R5 ELISA RIDASCREEN Gliadin yöntemi (R-Biopharm, Darmstadt, Almanya) [138] kullanılmıştır. Analizin temeli, antikor-antijen ilişkisine dayanmaktadır. Mikropalkanın gliadine karşı spesifik antikorlar ile kaplanmış olan kuyucuklarına standart çözeltilerin ve örneklerin kuyucuklara eklenmesiyle var olan gliadin kendisine özgü olan antikorlara bağlanarak antijen-antikor kompleksi oluşturmasına dayanır. Yıkama işlemiyle örnekte gliadin dışındaki bağlanmayan bileşenler uzaklaştırılır. Daha sonra peroksidaza eşlenik (konjugat) antikor eklenir. Bu eşlenik antikor, antijen-antikor kompleksine bağlanarak, antikor-antijen-antikor sandviç kompleks formunu oluşturur. Yapılan yıkama işlemiyle bağlanmayan peroksidaz enzim konjugatı ortamdan uzaklaştırılır. Enzim substratı ile kromojen eklenerek inkübasyona bırakılır. Bağlanan enzim konjugatı renksiz kromojeni maviye dönüştürür. Durdurucu reaktifin eklenmesiyle renk değişimi maviden sarıya olur. 450 nm'de fotometrik ölçüm yapılır. Absorbans örnekteki gliadin miktarı ile doğru orantılıdır.

Analiz sırasında hava akımı kaynaklı tahıl tozu ile kirli laboratuvar ekipmanları gliadin kontaminasyonuna sebep olur. Bu nedenle analize başlamadan önce ve analiz sırasında eldiven kullanılmıştır. Analiz öncesi: i. Kullanılacak yüzeyler, cam malzemeler, öğütücüler ve diğer

ekipmanlar % 40'lık C₂H₅OH ya da 2-propanol ile silinerek temizlenmiştir. ii. Analiz edilecek ürünlerin dış ambalajları olası bulaşı riskine karşın aynı şekilde % 40'lık C₂H₅OH ile silinmiştir. Analiz özütleme ve ELISA aşaması olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır.

Özütleme Aşaması: Homojenize edilmiş örnekten 0.25 g tartılmış, tanin içerdiğinden 0.25 g yağsız süt tozu eklenmiştir. Tartılan örneğin üzerine 2.5 ml cocktail çözeltisi (patentli) eklenerek, tüp kapatılmış ve 30 saniye vorteks yardımı ile karıştırılmıştır. 50 °C'da 40 dakika süresince inkübasyonun ardından oda sıcaklığına soğutulduktan sonra 7.5 ml % 80'lik C₂H₅OH eklenmiş ve en az 30 saniye vorteks ile karıştırılmıştır. Oda sıcaklığında 1 saat aşağı yukarı olacak şekilde rotatorda karıştırıldıktan sonra örneklerden 2'şer ml mikrosantrifüj tüplerine alınmıştır. 14000 rpm'de oda sıcaklığında 10 dakika süresince gerçekleştirilen santrifüjleme işleminin ardından elde edilen supernatant temiz bir laboratuvar tüpüne alınmıştır. Örnek dilüsyon faktörü 500 olacak şekilde örnek seyreltme sıvısı ile (sample diluent) ile seyreltilmiştir.

ELISA Aşaması: Test kitindeki tüm analitler kullanmadan önce oda sıcaklığına getirilmiştir. Mikroplakaya 6 standart ve çalışılan örnek sayısına yetecek kadar kuyucuk çıkarılmış ve standartlar ile örneklerin yerleri kayıt edilmiştir. Kuyucuklara sırasıyla standartlar ve seyreltilmiş örneklerden 100 µl eklenmiş ve 30 dakika oda sıcaklığında inkübe edilmiştir. Inkübasyondan sonrası yıkama çözeltisi ile 3 kez yıkama yapılmıştır. Kuyucuklara 100 µl seyreltilmiş enzim konjugatı eklenmiş ve oda sıcaklığında 30 dakika inkübasyona bırakılmıştır. Inkübasyondan sonra 3 kez yıkama çözeltisi ile yıkama işlemi yapılmıştır. Yıkama işleminden sonra her kuyucuğa sırasıyla 50 µl substrat ve 50 µl kromojen eklenmiş ve hafifçe karıştırılmıştır. Karanlık ortamda oda sıcaklığında 30 dakika inkübe edilen örneklerle 100 µl durdurucu reaktif çözelti eklenerek yavaşça karıştırılmıştır. En geç 30 dakika içinde ELISA okuyucu ile 450 nm'de absorbans okuması gerçekleştirilmiştir. Okunan absorbans değerleri RIDA SOFT Win Z9999 (Version 1.79, R-Biopharm, Darmstadt, Almanya) yazılımı ile hesaplanmıştır.

3.3.1.2.9. Renk değerlerinin belirlenmesi

Öğütücünden elde edilen kırmızı mercimek ununun ve makarna formulasyon denemelerinde kullanılan farklı tanecik boyutu dağılımına sahip (t.b. < 100µm; 100µm < t.b.< 355µm; t.b. > 355 µm) elenmiş kırmızı mercimek unlarının renk değerleri Hunter Lab, Colour Quest XE cihazı ve D65/10 ışık kaynağı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Örneklerin L* değeri parlaklığı (Beyaz:100, Siyah: 0), a* değeri kırmızılığı (+ kırmızı, - yeşil) ve b* değeri sarılığı (+ sarı, - mavi) göstermektedir.

3.3.1.2.10. Mikroyapının belirlenmesi

Kırmızı mercimek ununun mikroyapısı alan emisyonlu taramalı elektron mikroskobu (SEM, Zeiss/ Supra 55, Germany) ve ikincil elektron dedektörü (İED) kullanılarak görüntülenmiştir. SEM'in çalışma prensibi; yüksek voltaj altında hızlandırılmış elektronların malzeme üzerine gönderilmesi ile elektronlar ile malzeme atomları arasında etkileşimlerden ortaya çıkan sinyallerin değerlendirilmesine dayanmaktadır. Cihazda görüntüsü alınacak örneğin üst yüzeyi platinle ile kaplanmış ve örneğe vakum altında, 5 kV voltaj ile elektronlar gönderilerek yüzey taraması uygulanmıştır. Tarama sonucunda yansıyan elektronlardan elde edilen sinyaller İED aracılığı ile tutularak ve ekrana yansımıştır. Sırasıyla X500, X1000, X2000 ve X3000 büyütme ile alınan görüntülerde mercimek ununun nişasta ve protein yapıları gözlemlenmiştir.

3.3.2. Mercimek Makarnası Formülasyonlarının Belirlenmesi

3.3.2.1. Mercimek makarnası hamurunun hazırlanması

Gluten içermeyen bir hammadde olan mercimekten makarna üretiminin en önemli teknolojik zorluğu haşlama suyunda dağılmadan makarna bütünlüğünün korunmasıdır diğer bir deyişle glutenin yaptığı etkinin taklit edilebilmesidir. Bu amaçla farklı tanecik büyüklüğüne sahip mercimek ununun, suyun, tuzun ve yapılandırıcı maddelerin (yumurta ve/veya keçiyoynuzu gamı) farklı oranlarda kullanılmasıyla çok sayıda formülasyon denemesi gerçekleştirilmiştir. Yapılan formülasyon denemelerinden elde edilen sonuçlarla, mercimek makarnası hamuru 3 farklı tanecik boyutu (t.b. < 100 µm; 100 µm < t.b. < 355 µm; t.b. > 355 µm) dağılımına sahip kırmızı mercimek unu, çeşme suyu (Sıcaklık: 25 ± 1°C, pH: 7.94 ± 0.05, İletkenlik: 295.00 ± 38.97 µs/ cm, Toplam sertlik: 163.00 ± 25.51 mg/ L, Klorür miktarı: 4.075 ± 0.07 mg/ L), tuz, yumurta ve/veya keçiyoynuzu gamı kullanılarak Tablo 3.1'de içerikleri verilen, 5 farklı formülasyonda (F1, F2, F3, F4, F5) hazırlanmıştır. Mercimek

makarnası hamurunun hazırlanması için Tablo 3.1’de miktarları verilen kırmızı mercimek unu, tuz, yumurta ve/veya keçiyoynuzu gamından oluşan kuru bileşenler Imperia, İtalya restoran tipi bir makarna makinası mikseri yardımıyla sabit devirde (1. kademe) 1 dakika süresince karıştırıldıktan sonra su ve/veya yumurtadan oluşan sıvı bileşenler karışıma eklenmiş ve 4 dakika daha sabit devirde karıştırıldıktan sonra mercimek makarnası hamuru elde edilmiştir. Farklı formülasyonlarda hazırlanan mercimek makarnası hamurları en iyi formülasyonu seçmek amacıyla yapılan duyuşal değerlendirmede ve pişme kalite testlerinde kullanılacak mercimek makarnasının hazırlanmasında kullanılmıştır. Bununla birlikte 3 farklı tanecik boyutu dağılımına sahip (t.b. < 100 µm; 100 µm < t.b. < 355 µm; t.b. > 355 µm) elenmiş kırmızı mercimek unlarından 5 farklı formülasyonda hazırlanan mercimek hamurlarının nem, su etkinliği (a_w), kül, renk değerleri, hamurun makarnaya işlenebilirliğinin değerlendirildiği dokusal özellikleri (elastikiyet ve yapışkanlık) ve mikroyapısı belirlenmiştir.

Kontrol örneği olarak buğday makarnası hamuru t.b. < 500µm olan buğday irmiği (100 g) ve su (40 ml) kullanılarak standart makarna formülasyonu ile elde edilmiştir. Buğday makarnası hamuru Imperia, İtalya restoran tipi bir makarna makinası mikseri yardımıyla sabit devirde (1. kademe) buğday irmiğinin su ile 10 dakika süresince karıştırılmasıyla elde edilmiştir. Mercimek makarnası hamuru için yapılan tüm analizler kontrol örneği olarak kullanılan buğday makarnası hamuru için de gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3.1. Mercimek makarnası hamurunun hazırlanmasında kullanılan 5 farklı formülasyonun içerikleri

Formülasyon Kodu	Kırmızı mercimek unu miktarı (g)	Tuz miktarı (g)	Su Miktarı (g)	Yumurta miktarı (g)	Keçiyoynuzu gamı miktarı (g)
F1	100	1.70	13.60	40.00	0.00
F2	100	1.70	20.20	30.00	0.50
F3	100	1.70	26.80	20.00	1.00
F4	100	1.70	33.40	10.00	1.50
F5	100	1.70	40.00	0.00	2.00

3.3.2.2. Mercimek makarnası hamurunda yapılan analizler

3.3.2.2.1. Nem içeriğinin belirlenmesi

Mercimek makarnası hamurunun nem içeriğinin belirlenmesi 44-16.01'e [134] göre yapılmıştır. Kullanılan yöntem ve hesaplanması 3.3.1.2.2 başlığı altında anlatılmıştır.

3.3.2.2.2. Su etkinliği (a_w) değerinin belirlenmesi

Analiz için hamur örneği 8 - 10 g küçük parçalara ayrılıp hazırlanmıştır. Örnekler kabın yaklaşık 2/3'ünü dolduracak şekilde analiz kabına alınmış ve analize kadar ağzı kapalı olarak muhafaza edilmiştir. Mercimek makarnası hamurunun a_w değeri aletsel olarak (Novasina, AW Sprint, İsviçre) 3.3.1.2.3 başlığı altında anlatıldığı gibi belirlenmiştir.

3.3.2.2.3. Kül içeriğinin belirlenmesi

Mercimek makarnası hamurunun kül içeriğinin belirlenmesi ICC klasik [135] yöntemine göre yapılmıştır. Kullanılan yöntem ve hesaplanması 3.3.1.2.4 başlığı altında anlatılmıştır.

3.3.2.2.4. Renk değerlerinin belirlenmesi

Mercimek makarnası hamurlarının renk (L^* , a^* , b^*) değerleri Hunter Lab, Colour Quest XE cihazı ve D65/10 ışık kaynağı kullanılarak aletsel olarak gerçekleştirilmiştir. Kullanılan yöntem ve 3.3.1.2.9 başlığı altında anlatılmıştır.

3.3.2.2.5. Dokusal özelliklerinin belirlenmesi

3.3.2.2.5.1. Yapışkanlık özelliğinin belirlenmesi

Başlık 3.2.2.1 altında anlatıldığı gibi hazırlanan mercimek hamuru örneklerinin yapışkanlık özelliği oda sıcaklığında (25 °C) tekstür analiz cihazının (TA-XT2i model, Stable Microsystems Co., Godalming, UK.) "Chen-Hoseney Dough Stickiness Rig" hamur yapışkanlık probu kullanılarak belirlenmiştir. Hazırlanan hamurların nem kapmaması için yoğurma işleminin hemen ardından hamur nem geçirmeyen poşetlerde oda sıcaklığında (25 °C) saklanmış ve 30 dak sonunda analiz gerçekleştirilmiştir. Yapışkanlık testi koşulları TA-XT2'nin önerdiği standard metoda [139] göre: test öncesi hız (pre-test speed): 0.50 mm/ s; test hızı (test speed): 0.50 mm/ s, test sonrası hız (post-test speed): 10 mm/ s; uzaklık (distance): 4 mm; kuvvet: 40 gf; süre: 5 s; yük hücresi (load cell): 25 kg değişkenleri kullanılarak oda sıcaklığında

gerçekleştirilmiştir. Hamur yapışkanlık analizleri 3 tekrar ve 6 paralel olarak gerçekleştirilmiştir.

3.3.2.2.5.2. Elastikiyet özelliğinin belirlenmesi

Başlık 3.3.2.1 altında anlatıldığı gibi hazırlanan mercimek hamuru örneklerinin elastikiyet özellikleri tekstür analiz cihazının (TA-XT2i model, Stable Microsystems Co., Godalming, UK.) “Kieffer Dough & Gluten Extensibility Rig (A/KIE)” probu kullanılarak oda sıcaklığında belirlenmiştir [140]. Hazırlanan hamur (yaklaşık 50 g.) vakit kaybedilmeden elastikiyet donanımının teflon plakaları arasında sıkıştırılmış 40 dakika süresince oda sıcaklığında bekletilmiştir. Plakalar arasında sıkıştırılan hamurunun elastikiyet değerleri bu süre sonunda Kieffer elastikiyet probu yardımıyla, test öncesi hız (Pre-Test Speed): 2.0 mm/s; test hızı (Test Speed): 3.3 mm/s; test sonrası hız (Post-Test Speed): 10.0 mm/s; uzaklık (Distance): 75 mm; Trigger Kuvveti: 5 g parametreleri kullanılarak oda sıcaklığında belirlenmiştir. Hamur elastikiyet analizleri 3 tekrar ve 6 paralel olarak gerçekleştirilmiştir.

3.3.2.2.6. Mikroyapının belirlenmesi

Hamurun mikro yapısının incelenmesi için görüntü analizi 3.2.1.2.10’da anlatıldığı gibi gerçekleştirilmiştir. Hamur örnekleridondurularak kurutulduktan sonra analiz edilinceye kadar nem geçirmeyen poşetlerde saklanmıştır. Elde edilen görüntüler sırasıyla X500, X1000, X2000 ve X3000 büyütme oranları ile büyütülmüş ve mercimek makarnası hamurlarının mikroyapısı gözlemlenmiştir.

3.3.3. Mercimek Makarnası Üretimi

Mercimek makarnasının üretimi yoğurma, şekil verme ve kurutma aşamalarından oluşan geleneksel makarna üretim yöntemi esas alınarak yapılmıştır. Bu amaçla farklı tanecik boyutu dağılımına sahip (t.b. < 100 µm; 100 µm < t.b. < 355µm; t.b. > 355 µm) kırmızı mercimek unlarına Tablo 3.1’de belirtilen miktarlarda su, tuz, yumurta ve/veya keçiyoynuzu gamı eklenerek başlık 3.3.2.1’de ifade edildiği gibi mercimek makarnası hamurları 5 farklı formülasyonda hazırlanmıştır. Hazırlanan hamurlar Imperia, İtalya restoran tipi bir makarna makinası yardımıyla sırasıyla 7, 6 ve 5 silindir açıklıkları kullanılarak son ürün kalınlığı 1.90 ± 0.14 mm olacak şekilde açılmıştır. Açılabilen hamurlara (t.b. < 100 µm; 100 µm < t.b. < 355µm unlar kullanılarak) Imperia, İtalya restoran tipi makarna makinasının Simplex, Trentte (cod.080, 4 mm) başlığı ile şekil (en 3.85 ± 0.09 mm) verilmiş ve sonrasında bıçak yardımıyla 392 ± 23 mm uzunluğunda kesilerek ev yapımı erişte formuna getirildikten sonra 90 °C’da 3 sa (nem

içeriği % 12'nin altına düşürülünceye kadar) kurutulmuştur. Elde edilen ürün kuru mercimek makarnası olarak adlandırılmıştır.

Buğday makarnası üretimi ise buğday irmiği (100 g) ve suyu (40 g) kullanılarak mercimek makarnası üretim yöntemi basamakları ve üretim parametreleri uygulanarak gerçekleştirilmiş ve kontrol örneği olarak kullanılmıştır.

3.3.3.1. Kuru mercimek makarnasında yapılan analizler

3.3.3.1.1. Fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi

Kuru mercimek makarnasının bileşiminin ve bazı fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla nem, kül, su etkinliği, renk, yağ ve protein miktarının saptanması için gerekli analizler yapılmıştır. Analizlere hazırlık için kuru makarna öğütülmüş ve 1 mm'lik elekten geçirilerek analize alınmaya kadar nem geçirmeyen kaplarda saklanmıştır. Tüm analizler 3 tekrar ve 2 paralel olarak gerçekleştirilmiştir.

3.3.3.1.1.1. Nem içeriğinin belirlenmesi

Mercimek makarnası hamurunun nem içeriğinin belirlenmesi 44-16.01'e [134] göre yapılmıştır. Kullanılan yöntem ve hesaplanması 3.3.1.2.2 başlığı altında anlatılmıştır.

3.3.3.1.1.2. Su etkinliğinin (a_w) belirlenmesi

Mercimek makarnasının a_w değeri aletsel olarak (Novasina, AW Sprint, İsviçre) 3.3.1.2.3'de başlığı altında anlatılmıştır.

3.3.3.1.1.3. Kül içeriğinin belirlenmesi

Mercimek makarnasının kül içeriğinin belirlenmesi ICC klasik [135] yonteme göre yapılmıştır. Kullanılan yöntem ve hesaplanması 3.3.1.2.4 başlığı altında anlatılmıştır.

3.3.3.1.1.4. Ham protein içeriğinin belirlenmesi

Mercimek makarnasının ham protein içeriğinin belirlenmesi AACC 46 - 12'ye [136] göre yapılmıştır. Kullanılan yöntem ve hesaplanması 3.3.1.2.5 başlığı altında anlatılmıştır.

3.3.3.1.1.5. Ham yağ içeriğinin belirlenmesi

Mercimek makarnasının toplam yağ içeriğinin belirlenmesi AACC 30-25 [137] klasik yöntemle yapılmıştır. Kullanılan yöntem ve hesaplanması 3.3.1.2.6 başlığı altında anlatılmıştır.

3.3.3.1.1.6. Toplam karbonhidrat içeriğinin belirlenmesi

Toplam karbonhidrat içeriği fark yöntemi ile hesaplanarak belirlenmiştir. Kullanılan yöntem ve hesaplanması 3.3.1.2.7 başlığı altında anlatılmıştır.

3.3.3.1.1.7. Gluten içeriğinin belirlenmesi

Mercimek makarnasının gluten içeriğinin belirlenmesinde R5 Sandwich ELISA, R5 ELISA RIDASCREEN Gliadin yöntemi (R-Biopharm AG, Darmstadt, Almanya) [138] kullanılmıştır. Kullanılan yöntem ve hesaplanması 3.3.1.2.8 başlığı altında anlatılmıştır.

3.3.3.1.1.8. Renk değerlerinin belirlenmesi

Kuru mercimek makarnasının renk (L^* , a^* , b^*) değerleri Hunter Lab, Colour Quest XE cihazı ve D65/10 ışık kaynağı kullanılarak aletsel olarak gerçekleştirilmiştir. Kullanılan yöntem 3.3.1.2.9 başlığı altında anlatılmıştır.

3.3.3.1.2. Pişme kalitesi analizleri

Kuru mercimek makarnası örneklerinde en iyi formülasyonun seçilmesi amacıyla pişme kalite analizleri (optimum pişme süresi, pişme suyuna geçen madde miktarı, pişen makarnada hacim artışı ve ağırlık artışı) ve ürünün tanımlanabilmesi için fizikokimyasal özellikleri, mikroyapısı ve dokusal özellikleri (kırılganlık) incelenmiştir. Yapılan tüm analizler kontrol örneği olarak hazırlanan buğday makarnası içinde gerçekleştirilmiştir.

3.3.3.1.2.1. Optimum pişme süresinin belirlenmesi

Optimum pişme süresi AACC - 6650 (AACC) yöntemine [141] göre yapılmıştır. Yönteme göre 25 g makarna örneği kaynayan suya bırakılmış ve 7 dakika sonra örnek alınmıştır. Örnek cam levhalar arasında sıkıştırılmıştır. Cam levhalar arasında ezilen makarnanın ortasında açık renkli pişmemiş kısım kayboluncaya kadar 1 dakika'lık aralıklarla örnek alınmaya devam edilmiştir. Başlangıçtan açık renkli merkezin kaybolduğu ana kadar geçen süre optimum pişme süresi olarak kaydedilmiştir.

3.3.3.1.2.2. Pişme suyuna geçen madde miktarının (pişme kaybı) belirlenmesi

AACC 66 - 50 (2000) yöntemi [141] kullanılarak yapılmıştır. Kaynayan 250 ml distile su içine 25 g makarna ilave edilerek beherin ağzına saat camı kapatılıp 5 dakika aralıklarla karıştırılarak makarnaların optimum pişme sürelerine kadar pişmesi sağlanmıştır. Süre sonunda beher içeriği Buhner hunisinden süzülüp, huniden damlama kesilince pişirilmiş makarna tekrar pişirme kabına alınarak üzerine 90 ml su konup hafifçe karıştırılarak yıkanmış ve tekrar aynı huniden süzülmüştür. Pişirme ve yıkama suyu birleştirilip üzerine distile su ilave edilerek hacim 350 ml'ye tamamlanmış ve iyice karıştırılmıştır. Bu sıvının 50 ml'si önceden kurutulup sabit tartıma getirilerek hazırlanmış ve darası alınmış bir behere aktarılmıştır. 98 °C'daki etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutularak tartılmıştır. Suya geçen madde miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

Hesaplama:

$$\% \text{ Suya geçen madde miktarı} = \frac{(G \times DF) \times 100}{100 - R}$$

G: Etüvde kurutulan kap ağırlıkları arasındaki fark (g)

R: Makarna nem içeriği (%)

DF: Dilüsyon faktörü (350 x 100 / [25 x 50] = 28)

3.3.3.1.2.3. Pişen makarnada hacim artışının belirlenmesi

AACC 66 - 50 (2000) yöntemi [141] kullanılarak yapılmıştır. 250 ml hacimindeki mezür içerisine 150 ml (25 g makarnanın üzerini kaplayacak hacimde) su eklenmiştir. Belirlenen hacim artışı hızlı bir şekilde kaydedilmiştir (V₁). Aynı işlem optimum pişme süresinde pişirilmiş makarnalar için de uygulanarak yine hacim artışı kaydedilmiştir (V₂). Elde edilen sonuçlardan makarnadaki % hacim artışı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

Hesaplama:

$$\% \text{ Hacim artışı} = \frac{(V_2 - V_1) \times 100}{V_1}$$

V₁: Pişmemiş makarna hacim artışı (ml)

V₂: Pişmiş makarna hacim artışı (ml)

3.3.3.1.2.4. Pişen makarnada ağırlık artışının (su absorpsiyonunun) belirlenmesi

AACC 66-50 (2000) [141] yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Yönteme göre yaklaşık 25 g makarna örneği tartılmış ve ağırlığı (G_1) kaydedilmiştir. Tartılan örnek optimum pişme süresinde pişirilmiş ve Buhner hunisi yardımı ile süzülükten sonra tekrar tartılmıştır (G_2). Elde edilen sonuçlardan makarnadaki % hacim artışı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

Hesaplama:

$$\% \text{ Ağırlık artışı} = \frac{(G_2 - G_1) \times 100}{G_1}$$

G_1 : Pişmemiş makarna ağırlık artışı

G_2 : Pişmiş makarna ağırlık artışı

3.3.3.1.3. Dokusal özelliğinin belirlenmesi

3.3.3.1.3.1. Kırılmaya karşı direncinin belirlenmesi

Kurutulmuş makarna şeritlerinin tek tek kırılma direnci (breaking strength, N) ve deformasyonu (mm), Kruger ve ark.'nın (1998) [142] modifiye edilmiş metodu uyarınca 50 N yük hücreli 1 mm/sn başlık hızına sahip tekstür analiz cihazı TA-XT2i (Stable Micro System, MA, USA) ile bıçak prob seti (Knife blade with 45° chisel end, bell lock) kullanılarak belirlenmiştir. Kurutulmuş makarnanın kırılma direnci bir şeridini (en 3.85 ± 0.09 ; boy: 3.92 ± 0.23) kırmak için gerekli kuvvet (N) olarak ölçülmüştür. 12 makarna şeridi ölçümünün ortalaması olan her bir tekrarlı makarna serisi için dokusal özelliklerinin ölçümü 3 tekrar olarak gerçekleştirilmiştir.

3.3.3.1.4. Mikroyapının belirlenmesi

Kuru mercimek makarnasının (optimum pişme süresinde pişirilmiş) mikroyapısı gözlenmiştir. Kuru mercimek makarnaları direkt, pişmiş mercimek makarnaları dondurularak kurutulduktan sonra nem geçirmeyen poşetlerde analize kadar saklanmıştır. Mikroyapının belirlenmesinde kullanılan yöntem 3.3.1.2.10 başlığı altında anlatılmıştır.

3.3.3.2. Pişmiş mercimek makarnasında yapılan analizler

3.3.3.2.1. Duyusal analiz

Mercimek makarnası örneklerinin duyusal analizi Altuğ ve Elmacı (2005) [143] tarafından belirtilen 9 ölçekli tüketici beğeni testi esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Başlık 3.3.3'de anlatıldığı gibi üretilen ve 3.3.3.1.2.1'de anlatıldığı şekilde pişirilip süzülen 10 farklı makarna (2 farklı tanecik büyüklüğü için ayrı ayrı 5 farklı formülasyonda üretilmiş makarna örnekleri) örneği panelistlere sunulmuştur. Örnekler Ek 2' de verilen forma göre renk, koku, kümeleşme, elastikiyet, çatal batırılabilirlik, çatalda taşınabilirlik, yapışkanlık, çiğnenebilirlik, tad ve genel beğeni kriterleri açısından yaşları 20-24 arasında değişen, gıda mühendisliği bölümünde lisans veya lisansüstü eğitim alan 11 eğitimli panelist tarafından değerlendirilmiştir. Panellere başlamadan önce panelistlere duyusal olarak test etmeleri istenilen kıstaslar sözlü ve görsel (Bknz. Ek 3) olarak sunularak panelistlerin eğitimleri gerçekleştirilmiştir. Pişmeden sonra süzülen makarna örnekleri ayçiçek yağı ile yağlanmış 5 dakika içerisinde, rastgele seçilmiş 3 rakamla kodlanmış beyaz plastik tabaklar içerisinde, rastgele bir sıralamayla panelistlere sunulmuş ve panelistlerin makarna örneklerini değerlendirirken örnekler arasında su içmeleri sağlanmıştır. Duyusal değerlendirme 3 tekrar ve 2 paralel olarak gerçekleştirilmiştir.

3.3.3.2.2. Renk değerlerinin belirlenmesi

Pişmiş mercimek makarnasının renk (L^* , a^* , b^*) değerleri Hunter Lab, Colour Quest XE cihazı ve D65/10 ışık kaynağı kullanılarak aletsel olarak gerçekleştirilmiştir. Kullanılan yöntem 3.3.1.2.9 başlığı altında anlatılmıştır.

3.3.3.2.3. Pişmiş mercimek makarnasının dokusal özelliğinin belirlenmesi

3.3.3.2.3.1. Sertlik özelliğinin belirlenmesi

Başlık 3.3.3'de anlatıldığı gibi üretilen mercimek makarnaları 3.3.3.1.2.1' de anlatıldığı gibi belirlenen optimum pişme sürelerinde pişirilmiş hemen ardından 30 s süresince sürekli akan distile sudan geçirilerek soğutulmuş ve süzülmüştür. Süzülen makarnalar analize alınincaya kadar yüzeyi kurumaması için içerisinde oda sıcaklığında saf su bulunan beherde bekletilmiştir. Örneklerin su içerisinde mümkün olan en kısa sürede beklemesi için analiz hemen gerçekleştirilmiştir. Pişmiş makarnanın sertlik özelliği mercimek makarnası şeritlerinin (en: 3.85 ± 0.09 ; boy: 3.92 ± 0.23) tek tek kesmeye karşı gösterdiği direnç (N) ve deformasyonu (mm), Kruger ve ark.'nın (1998) [142] modifiye edilmiş metodu vasıtasıyla 50 N yük hücreli 1

mm/sn başlık hızına sahip tekstür analiz cihazı TA-XT2i (Stable Micro System, MA, USA) ile 0.8 mm enli bıçak prob seti kullanılarak belirlenmiştir. Pişirilmiş makarnanın sertliği makarnanın bir şeridini kesmek için gerekli kuvvet (N) olarak ölçülmüştür. Ölçümler 3 tekrar ve 6 paralel olarak gerçekleştirilmiştir.

3.3.3.2.4. Mikroyapının belirlenmesi

Pişmiş mercimek makarnasının (optimum pişme süresinde pişirilmiş) mikroyapısı gözlemlenmiştir. Pişmiş mercimek makarnaları dondurularak kurutulduktan sonra nem geçirmeyen poşetlerde analize kadar saklanmıştır. Mikroyapının belirlenmesinde kullanılan yöntem 3.3.1.2.10 başlığı altında anlatılmıştır.

3.3.4. İstatistiksel Analiz

Verilerin değerlendirilmesi amacıyla SPSS versiyon 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL) istatistik analiz paket programı kullanılmıştır. İncelenen bir değişken açısından ikiden fazla grubun birbirleriyle karşılaştırılmalarının gerektiği durumlarda değerler arasında fark olup olmadığı One-Way ANOVA ile saptanmış ve farklılık % 95 güven aralığında Duncan testi ile değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Kırmızı Mercimek Ununun Bazı Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi

Un/irmik, makarna üretiminde ana hammadde olarak kullanılması nedeniyle son ürün kalitesi açısından büyük önem taşır. Kullanılan ana hammadde makarnanın yüzey görünüşü, doku, renk, pişme özellikleri gibi başlıca kalite özelliklerini etkiler ve her makarna tipi kendine özgü un/irmik kalite kıstaslarını gerektirir [144, 145]. Bu nedenle üretilecek yeni ürünün optimum formülasyonunun ve üretim sürecinin belirlenmesi, iyi kalitede olması ve duyuşsal kabul edilebilirliğinin sağlanması için kullanılan ana hammaddenin özelliklerinin belirlenmesi önemlidir. Çalışmanın ilk aşamasında mercimek makarnası üretiminde kullanılacak mercimek ununun bazı fizikokimyasal özellikleri (tanecik büyüklüğü (t.b.) dağılımı, nem içeriği, su etkinliği, kül, ham protein içeriği, ham yağ içeriği, renk değerleri ve mikroyapısı) belirlenmiştir. Bununla birlikte kontrol örneği olan buğday makarnası üretiminde kullanılan buğday irmiği için de aynı fizikokimyasal özellikler saptanmıştır. Hammadde fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesinin öncelikle hammaddenin tanımlanmasında, mercimek makarnasının optimum ürün formülasyonunun oluşturulmasında, üretim değişkenlerinin belirlenmesinde ve son ürünün kalitesinin artırılmasında önemli rol oynadığı düşünülmektedir.

4.1.1. Mercimek Ununun Tanecik Büyüklüğü Dağılımı

Mercimek ununun ve buğday irmiğinin tanecik büyüklüğü dağılımının belirlenmesi için yapılan elek analizi sonuçları Tablo 4.1'de verilmiştir.

Unun/irmiğin tanecik büyüklüğü dağılımının belirlenmesi, makarna yapımında kullanılacak uygun tanecik büyüklüğünün seçilmesi aşamasında önemlidir. Yapılan çalışmalarda makarna yapımında uygun tanecik büyüklüğünün seçilmesinin hamurun dokusal özellikleri ve bununla birlikte son ürünün kalite (pişme, dokusal ve duyuşsal) özellikleri ile bağlantılı olduğu ortaya konmuştur [146]. Bu nedenle çalışmanın amaçlarından biri olan mercimek makarnası formülasyonunun belirlenmesi için temel hammadde olarak kullanılan mercimek ununun tanecik büyüklüğü dağılımı elek analizi ile belirlenmiştir (Tablo 4.1).

Bu çalışmadan elde edilen bulgular mercimek ununun tanecik büyüklüğü dağılımının t.b. < 100 μm (%57.06), 100 < t.b. < 355 μm (%27.96) ve t.b. > 355 μm (%14.27) (Tablo 4.1) olarak 3 farklı büyüklükte yoğunlaştığını göstermiştir. Kontrol örneği üretiminde kullanılacak buğday irmiğinin tanecik büyüklüğü dağılımı incelendiğinde %98.44'ünün 355 μm 'den küçük olduğu saptanmıştır (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Kırmızı mercimek ununun ve buğday irmiğinin tanecik büyüklüğü (t.b.) dağılımı.

Tanecik Büyüklüğü	Kırmızı mercimek unu	Buğday irmiği
(μm)	(% Ağırlık)	(% Ağırlık)
t.b. > 1250	0.02 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00
1000 < t.b. < 1250	0.02 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00
800 < t.b. < 1000	0.16 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00
500 < t.b. < 800	6.68 \pm 0.10	0.00 \pm 0.00
355 < t.b. < 500	7.39 \pm 0.13	1.02 \pm 0.01
250 < t.b. < 355	5.68 \pm 0.12	21.72 \pm 0.19
100 < t.b. < 250	22.28 \pm 0.81	66.43 \pm 0.12
50 < t.b. < 100	25.67 \pm 0.78	8.21 \pm 0.02
t.b. < 50	31.39 \pm 0.70	2.08 \pm 0.06
Toplam	99.28 \pm 0.33	99.46 \pm 0.08

Endüstriyel buğday makarnası üretiminde orta (450 - 800 μm) ve orta/ince (150 - 550 μm) öğütülmüş irmikler ve/veya ince öğütülmüş irmikler (125 - 450 μm) kullanılmaktadır [51, 147]. Fakat sıklıkla ince öğütülmüş irmik miktarı yüksek olan orta/ince öğütülmüş irmik karışımları tercih edilmektedir. Bunun nedeni ince öğütülmüş irmiğin daha yüksek su alma (hidrasyon) hızına sahip olması ve bunun sonucunda da hamur yoğurma süresinin kısılması, hamur yumuşaklığının artması ve açılabilirliğinin kolaylaşması vb. avantajları sağlaması olarak belirtilmektedir [148]. Bununla birlikte ince öğütülmüş irmiğin yüksek su alma kapasitesi ile kolaylıkla yoğurulan hamurda yetersiz su almış irmik parçacıklarının son üründe neden olacağı beyaz noktaların oluşma riskinin de azalacağı bildirilmektedir [93, 148]. İnce öğütülmüş irmiğin daha hızlı su alma avantajının karşısında üretimle ilgili potansiyel bir risk de bulunmaktadır. Bu risk, öğütme sırasında nişastanın zarar görmesi yani oluşturduğu polisakkarit zincirlerinin kopması olarak belirtilmektedir. Bu durumda makarna pişirildiğinde yapışkanlığının arttığı ve duyusal olarak kabul edilebilirliğinin azaldığı belirlenmiştir [146]. Yapılan bir diğer çalışmada, bu sorunun makarnanın kurutma aşama değişkenlerinin optimize edilmesi ile giderilebileceği saptanmıştır. Özellikle kuru makarna üretiminde yüksek kurutma sıcaklıkları (> 85 °C) ile ince öğütülmüş hammaddenin kullanılmasının pişmiş makarnada yapışkanlığı azaltacağı bildirilmektedir [148].

Bununla birlikte buğday dışı hammaddelerden (glutensiz hammaddelerden) elde edilen makarnalar için standart hammadde özellikleri ve üretim süreci endüstriyel glutensiz makarna üretim hatlarını üreten bir firmanın optimizasyon çalışmalarında belirlenmiştir. Söz konusu hatlarda kullanılacak reçetelerdeki buğday dışı hammaddeler (mısır ve pirinç unu/nişastası

ve/veya bunların karışımları, amaranth, karabuğday ve kinoa unları ve/veya bunların karışımları) için gerekli özellikler arasında kullanılacak unun tanecik büyüklüğünün % 100'ünün 250 μm 'nin altında olması gerektiği ortaya koyulmuştur [62]. Literatürde glutensiz makarna üretimine ilişkin çalışmalara sıkça rastlansa da kullanılan ana hammaddenin fizikokimyasal özelliklerinin makarna kalitesi üzerine etkisini inceleyen çalışmalar kısıtlıdır [149].

Buğday makarnası ve gluten içermeyen diğer hammaddelerin (mısır, pirinç, tahılsızlar) yapımında ince öğütülmüş irmiğin/unun kullanılmasının sağladığı avantajların mercimek makarnası üretim sürecinde de umut verici olması ve mercimek ununda ince öğütülmüş kısmın toplam tanecik dağılımında yüksek oranda olmasının (% 85.02) sağlayacağı ekonomik avantaj göz önünde bulundurulduğunda, makarna yapımında 355 μm 'nin altında yoğunlaşan 2 farklı tanecik boyutundaki mercimek ununun kullanılmasına karar verilmiştir. Bununla birlikte tanecik büyüklüğü 355 μm 'nin üzerinde olan unlar da deney planına alınmış ve yeni ürünün formülasyon, süreç ve kalite değişkenlerini nasıl etkilediği belirlenmiştir. Elde edilen veriler buğday makarnası üretiminde kullanılan irmiğin ince (125 - 450 μm) öğütülmüş irmik sınıfında olduğunu ve makarna üretimine uygun olduğunu göstermektedir.

Mercimek makarnası denemelerinde kullanılan hamurun hazırlanmasında kullanılan 3 farklı tanecik büyüklüğündeki (t.b. 100' μm den küçük, 100 ile 355 μm arasında ve 355 μm 'den büyük) unların kendi içlerinde tanecik büyüklüğü dağılımının belirlenmesi için yapılan elek analizi sonuçları ile kullanılan hammadde için detaylı bir tanecik büyüklüğü dağılım profili oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar sırasıyla Tablo 4.2, 4.3 ve 4.4'de verilmiştir.

Tablo 4.2. Mercimek makarnası hamurunun hazırlanmasında kullanılan t.b. 100 µm'den küçük unun t.b. dağılımı.

Tanecik Büyüklüğü (µm)	% Ağırlık
t.b. > 100	0.01 ± 0.00
71 < t.b. < 100	23.46 ± 0.22
50 < t.b. < 71	25.21 ± 0.56
t.b. < 50	49.95 ± 0.91
Toplam	98.62 ± 1.78

Tablo 4.2'de görüldüğü gibi mercimek makarnası hamurunun hazırlanmasında kullanılan tanecik büyüklüğü 100 µm'den küçük unun % 49.95 ± 0.91'inin 50 µm delik açıklığına sahip eleğin altında kaldığı, kalan unun ise sırasıyla % 23.46 ± 0.22 ve % 25.21 ± 0.56 oranlarında 71 µm < t.b. < 100 µm ve 50 µm < t.b. < 71µm tanecik büyüklüğü dağılımına sahip olduğu belirlenmiştir. Elde edilen veriler 100 µm'den küçük unun dar bir aralıkta dağıldığını göstermektedir.

Tablo 4.3. Mercimek makarnası hamurunun hazırlanmasında kullanılan t.b. 100 ile 355 µm aralığında kalan unun t.b. dağılımı.

Tanecik Büyüklüğü (µm)	% Ağırlık
t.b. > 355	0.03 ± 0.00
315µm < t.b. < 355µm	5.68 ± 0.09
224µm < t.b. < 315µm	38.41 ± 0.43
212µm < t.b. < 224µm	8.75 ± 0.12
150 < t.b. < 212	21.32 ± 0.39
100 < t.b. < 150	14.65 ± 0.17
t.b. < 100	9.15 ± 0.01
Toplam	97.99 ± 2.73

Tablo 4.3'de görüldüğü gibi mercimek makarnası hamurunun hazırlanmasında kullanılan tanecik büyüklüğü 100 ile 355 µm aralığında kalan unun % 83.16' sının 315 µm delik açıklığına sahip elek ile 100 µm delik açıklığına sahip elek arasında kaldığı belirlenmiştir. % 5.68 ± 0.09 oranında unun 315 µm ve 355 µm delik açıklığına sahip elekler arasında kalırken % 9.15 ± 0.01 oranında unun ise 100 µm elek açıklığına sahip eleğin altında kaldığı belirlenmiştir. Tanecik dağılımı t.b. < 100 µm'ye sahip unlara göre daha geniş bir aralıkta dağılım göstermiştir.

Tablo 4.4. Mercimek makarnası hamurunun hazırlanmasında kullanılan t.b. 355 µm'nin üzerinde kalan unun t.b. dağılımı.

Tanecik Büyüklüğü	% Ağırlık
t.b. > 1.8 mm	0.23 ± 0.01
1.6 mm < t.b. < 1.8 mm	0.39 ± 0.01
1.25 mm < t.b. < 1.6 mm	1.76 ± 0.00
1 mm < t.b. < 1.25 mm	2.51 ± 0.00
800 µm < t.b. < 1 mm	3.23 ± 0.01
710µm < t.b. < 800mm	2.17s ± 0.00
500µm < t.b. < 710µm	16.99 ± 0.05
450µm < t.b. < 500µm	13.95 ± 0.00
355µm < t.b. < 450µm	50.41 ± 0.12
t.b. < 355µm	7.37 ± 0.02
Toplam	99.01 ± 0.24

Tablo 4.4'de görüldüğü gibi mercimek makarnası hamurunun hazırlanmasında kullanılan tanecik büyüklüğü 355 µm'nin üzerinde kalan unun % 50.41±0.12'inin 355 µm ve 450 µm delik açıklığına sahip elekler arasında kaldığı belirlenmiştir. Kalan kısmın ise yaklaşık %30.94'ünün tanecik büyüklüğü dağılımının 450 µm ve 710 µm arasında olduğu, yaklaşık % 7.37'sinin 355 µm'den küçük, %10.06'sının ise 710 µm'den büyük olduğu saptanmıştır. Tanecik büyüklüğü 355 µm'nin üzerinde kalan mercimek ununun dağılımının oldukça geniş bir aralıkta olduğu belirlenmiştir.

4.1.2. Kırmızı Mercimek Ununun Bazı Kimyasal Özellikleri

Kırmızı mercimek ununda ve buğday irmiğinde nem, su etkinliği, kül, ham protein ve ham yağ ve toplam karbonhidrat içeriği Tablo 4.5'de verilmiştir.

Tablo 4.5. Mercimek ununun ve buğday irmiğinin bazı kimyasal özellikleri.

	Kırmızı mercimek unu	Buğday irmiği
Nem	% 9.58 ± 1.29 ¹	% 13.44 ± 0.21 ²
Su etkinliği	0.43 ± 0.00 ¹	0.66 ± 0.00 ²
Kül	% 2.36 ± 0.00 ¹	% 0.83 ± 0.00 ²
Ham Protein	% 26.63 ± 0.80 ¹	% 12.38 ± 0.01 ²
Ham Yağ	% 0.92 ± 0.01 ¹	% 2.30 ± 0.04 ²
Toplam Karbonhidrat	% 60.51 ± 1.75 ¹	% 71.06 ± 0.22 ²
Gluten	< 5 ppm ¹	> 80 ppm ²

(1 -2) farklı rakamlar, aynı satırdaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Makarnalık unlarda başlıca kalite kriterleri unun tanecik büyüklüğünün yanı sıra kül içeriği, protein içeriği, protein kalitesi ve renktir. Bu kalite kriterleri son ürünün pişme, dokusal ve duyusal kalitesi ile yakından ilgilidir. Mercimek makarnası üretiminde kullanılacak hammaddeyi tanımlamak, makarna formülasyonunun, süreç koşullarının ve bunların son ürün kalitesine etkilerinin belirlenmesi için tanecik büyüklüğü dağılımının yanı sıra kırmızı mercimek ununun bazı kimyasal özellikleri de belirlenmiştir (Tablo 4.5).

Kırmızı mercimek ununun nem, su etkinliği, kül, ham protein, ham yağ ve toplam karbonhidrat içerikleri sırasıyla % 9.58 ± 1.29, 0.43 ± 0.00, % 2.36 ± 0.00, % 26.63 ± 0.80, % 0.92 ± 0.01 ve % 60.51 ± 1.75 olarak belirlenmiştir. Buğday irmiğinde ise söz konusu değerler sırasıyla % 13.44 ± 0.21, 0.66 ± 0.00, % 0.83 ± 0.00, % 12.38 ± 0.01, % 2.30 ± 0.04 ve % 71.06 ± 0.22 olarak bulunmuştur. Mercimek unu (nem: %10.5; su etkinliği: 0.45-50; kül: %2.54; ham yağ: % 2.82; ham protein: % 24.00 ve toplam karbonhidrat: 56.99) ve buğday irmiği (nem: %14.50; su etkinliği: 0.60-0.70; kül: % 0.80; ham yağ: %2.56; ham protein: % 13.45 ve toplam karbonhidrat: %71.20) için bulunan değerlerin literatür ile uyumlu olduğu saptanmıştır [150, 151, 152].

Endüstriyel buğday makarnası yapımında kullanılan unun kül içeriğinin son ürünün rengi ile bağlantılı olduğu bilinmektedir [61]. Kül içeriği arttıkça son ürünün renginin olumsuz etkilendiği ifade edilmektedir. Buğday makarnası üretiminde kullanılan irmiğin kül içeriğinin % 1'in altında olmasının makarna rengini olumsuz etkilemeyeceği saptanmıştır [51, 61, 89]. Bununla birlikte mısır, pirinç ve yalancı tahıllar için geliştirilen endüstriyel hatlarda da temel amaç son ürünü buğday makarnasına mümkün olduğunca benzetmek olduğundan, kullanılan

hammadenin kül içeriğinin olabildiğince az olması (< 0.7) istenmektedir [62]. Bu çalışmada mercimek ununun kül içeriği $\% 2.36 \pm 0.00$ olarak bulunurken buğday irmiğinin kül içeriği 0.83 ± 0.00 olarak belirlenmiştir ($p < 0.05$). Mercimek makarnası için elde edilen veriler buğday makarnası rengini olumsuz etkilediği belirtilen kül içeriğinden ve endüstriyel glutensiz makarna üretim hatlarında kullanılan hammaddelerin kül içeriğinden yaklaşık 3 kat daha yüksektir. Kaliteli bir buğday makarnasında aranan renk parlak sarı 'amber' rengidir. Buğday irmiğinin kül miktarındaki artış son ürün rengini olumsuz etkilemekte ve irmiğin üretildiği hammaddeye ekmeklik buğday karışığının bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Endüstriyel glutensiz makarna üretiminde ise (pirinç/mısır makarnası) elde edilen son ürünün renginin mümkün olduğunca buğday makarnasının özelliklerine ulaşması hedeflenmektedir. Buğday makarnası ve pirinç/mısır makarnasında söz konusu olan bu durumun mercimek makarnası üretiminde kullanılacak mercimek unu için geçerli olmayacağı düşünülmektedir. Mercimek ve mercimek ununun sahip olduğu kendine özgü kırmızımsı-turuncu renk, kuru mercimek makarnasında da kırmızımsı-turuncu bir renk oluşturmakta ve kırmızı mercimekten üretildiği izlenimini vermektedir. Bu nedenle kırmızı mercimek ununda saptanan yüksek kül içeriğinin son ürünün renginde tüketicinin red edeceği bir olumsuzluğa neden olmayacağı ve hatta söz konusu durumun tüketici tercihi olumlu yönde etkileyeceği düşünülmektedir.

Endüstriyel buğday makarnası üretiminde kullanılan buğday irmiğinin protein içeriğinin makarnanın dokusal özellikleri, rengi ve pişme kalitesine etki ettiği yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur [103]. Buğday makarnası sertliği ve buğday irmiğinin protein içeriği arasında olumlu bir ilişki vardır. Yapılan bir çalışmada $\% 9.50$ 'nin altında protein içerikli unlardan duysal, dokusal ve pişme kalitesi düşük makarnalar üretildiği belirlenmiştir. Daha yüksek protein içeriğinin pişirme süresini arttırdığı ve pişmiş makarnanın duysal analizinde elastikiyeti arttırdığı yapılan çalışmalarda saptanmıştır. Pişirme suyunun, düşük protein içeren makarnalara, aynı süre içinde yüksek protein içeren makarnalara göre $\% 40$ oranında daha fazla nüfuz ettiği ifade edilmektedir [153]. Diğer bir çalışmada ise buğday irmiğinin protein içeriğinin az olduğu durumlarda irmiğin su almasının yavaşladığı ve yoğurma süresinin uzadığı belirtilmektedir [132]. Bununla birlikte buğday makarnasının kurutmaya karşı dayanıklı olması ve kurutma süreci sırasında ürünlerde herhangi bir kırılma/çatlama olmaması için hem yüksek oranda protein içermeleri hem de protein kalitelerinin yüksek olması arzu edilir [154]. Galvez ve ark. (1994) [155] yaptıkları çalışmada makarnanın pişmeye karşı gösterdiği direncin bir ölçüsü olarak kabul edilen suya geçen madde miktarının (pişme kaybı) protein içeriği ve kalitesi düşük olan örneklerde yüksek olduğunu ifade etmişlerdir. Pişme sırasında zayıf bir protein matriksi, nişasta granüllerinin jelatinizasyonu sırasında önemli oranda sızıntıya neden olduğundan nişasta matriksten ayrılabilen ve yapışkanlığa neden olmaktadır. Böylece

pişirme suyuna geçen madde miktarı da artmaktadır [156]. Buğday irmiği/ununun protein içeriğiyle makarna (çiğ ve kurutulmuş) parlaklığı arasında negatif bir korelasyon olduğu belirtilmektedir. Yüksek proteinli unlardan yapılan makarnaların ışığı daha az yansıtmasının, pişmemiş makarnaların yarı şeffaf görünmesine neden olan protein ve nişasta arasındaki sağlam bağlanma yüzünden olabileceği belirtilmektedir [103].

Buğday dışı hammaddelerden elde edilen makarnaların üretiminde karşılaşılan en önemli zorluk kullanılan hammaddelerin neredeyse tamamının gluten proteinlerinden yoksun olmasıdır. Hammaddenin gluten içermemesi makarnanın teknolojik, dokusal ve duyu kalitesinde problemlere yol açmaktadır. Çünkü gluten içermeyen hammaddeden elde edilen hamur kendiliğinden kohesif bir yapı kazanamamaktadır ve elde edilen son ürün pişme suyunda yapısal bütünlüğünü koruyamamaktadır [157]. Bu nedenle buğday dışı hammaddelerden makarna üretiminde üstesinden gelmesi gereken en önemli zorluk, buğday makarnasının kendine özgü yapı ve kalite özelliklerini sağlayan gluten ağının yerine benzer bir ağın oluşturulabilmesidir. Yapılan çalışmalarla uygun protein, hidrokoloid ve nem miktarının sağlandığı formülasyonların geliştirilmesi ile istenilen makarna kalitesinin elde edilebileceği belirtilmektedir [158]. Fakat son yıllarda dikkat çeken diğer bir konu da tüketicilerin katkı maddeleri ile arasına mesafe koymasındadır. Bu nedenle oluşturulan formülasyonlarda doğal kaynaklı yapılandırıcı maddeler tercih edilmektedir. Bu maddeler arasında peyniraltı suyu, sığır plazması, yumurta akı, lupin, soy proteini izolatları ön plana çıkmaktadır [158, 159]. Yapılan çalışmalarda pirinç makarnası üretiminde yapılandırıcı madde olarak yumurta beyazı tozu, kazein ve pirinç protein izolatları kullanılmış ve elde edilen makarnaların pişme kaybının azaldığı ve dokusal özelliklerinin iyileştiği belirlenmiştir [93, 122, 158]. Formülasyonlarda kullanılan farklı yapılandırıcılar son ürün kalitesini de farklı etkilemektedir. Yapılan bir çalışmada pirinç makarnası üretiminde yapılandırıcı madde olarak yumurta albumini, pirinç kepeği protein izolatı, peynir altı suyu protein ve soya proteini konsantresi ile formülasyonlar hazırlanmıştır. En yüksek makarna kalitesi (kısa pişme süresi, düşük suya geçen madde miktarı ve gelişmiş dokusal özellikler) yumurta albumininin yapılandırıcı madde olarak kullanıldığı formülasyonda elde edilmiştir [159].

Mercimek ununun protein miktarı (%26.35±0.38) geleneksel makarna hammaddeleri (durum buğday unları, yumuşak buğday unları vb.) ile karşılaştırıldığında oldukça yüksektir (yaklaşık 2 kat). Kırmızı mercimek ununun yüksek oranda protein içermesi kurutma aşamasında kuru makarnanın kırılabilirliği, yüzey görünüşü vb. özelliklerini etkileyen sorunları azaltacağından üretim sürecinde yüksek sıcaklıklarda kurutma işleminin kullanılmasının daha uygun olduğunu göstermektedir.

Diğer taraftan kırmızı mercimek ununun protein içeriğinin yüksek olması bazı avantajlar sağlamış olsa da protein kalitesi ile ilişkilendirilen gluten proteinlerinden yoksun olması mercimek makarnasının pişme sırasında dağılacığını göstermektedir. Çünkü buğday makarnasının kendine özgü kalite özelliklerini (dokusal, pişme ve duysal) sağlayan gluten proteinleridir. Bu nedenle mercimek makarnası üretiminde makarnanın pişerken dağılmasını önlemek ve aranan makarna kalite kıstaslarına mümkün olduğunca ulaşılmasını sağlamak için gluten proteinlerinin oluşturduğu ağ yapısının taklit edilmesi gerekmektedir. Literatürden elde edilen bulgular da göz önünde bulundurulduğunda makarna denemelerinde kullanılan formülasyonlar hazırlanırken formülasyonlara yapıyı kuvvetlendirmek amacıyla emülgatör özellik gösteren lesitini içeren yumurta ve/veya yine yapıyı kuvvetlendirici özellik gösteren keçiyoynuzu gamı kullanılmasına karar verilmiştir.

Kırmızı mercimek ununun protein içeriğinin yüksek ve yağ içeriğinin düşük olması üretilen mercimek makarnasının da besleyici değerinin buğday makarnasına göre daha iyi olacağını işaret etmektedir ($p < 0.05$). Diğer taraftan doğal olarak gluten içermemesi (< 20 ppm) glutensiz beslenmek isteyen bireylerin diyetlerinde yer alabilecek gıdaların hazırlanmasında iyi bir hammadde olduğunu göstermektedir.

4.1.3. Kırmızı Mercimek Ununun Renk Özellikleri

Farklı tanecik büyüklüğüne sahip kırmızı mercimek unu ve buğday irmiği için elde edilen renk değerleri Tablo 4.6' da verilmiştir.

Tablo 4.6. Kırmızı mercimek ununun ve buğday irmiğinin renk değerleri.

Kırmızı mercimek unu				
	Elenmemiş	t.b. < 100 µm	100 µm < t.b. < 355 µm	t.b. > 355 µm
L*	88.60 ± 0.37 ^{1,ϕ}	87.76 ± 0.10 ²	79.06 ± 0.26 ^{3,ϕ}	72.75 ± 0.99 ^{4,ϕ}
a*	6.91 ± 0.09 ^{3,ϕ}	6.15 ± 0.22 ^{3,ϕ}	12.54 ± 0.81 ^{2,ϕ}	16.25 ± 1.40 ^{1,ϕ}
b*	16.94 ± 0.05 ^{1,ϕ}	14.67 ± 0.02 ^{2,ϕ}	16.95 ± 1.01 ^{1,ϕ}	16.76 ± 1.05 ^{1,ϕ}

(1-4) farklı rakamlar, aynı satırdaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Buğday irmiği: L*: 87.69 ± 0.24; a*: 1.37 ± 0.04; b*: 20.43 ± 0.77

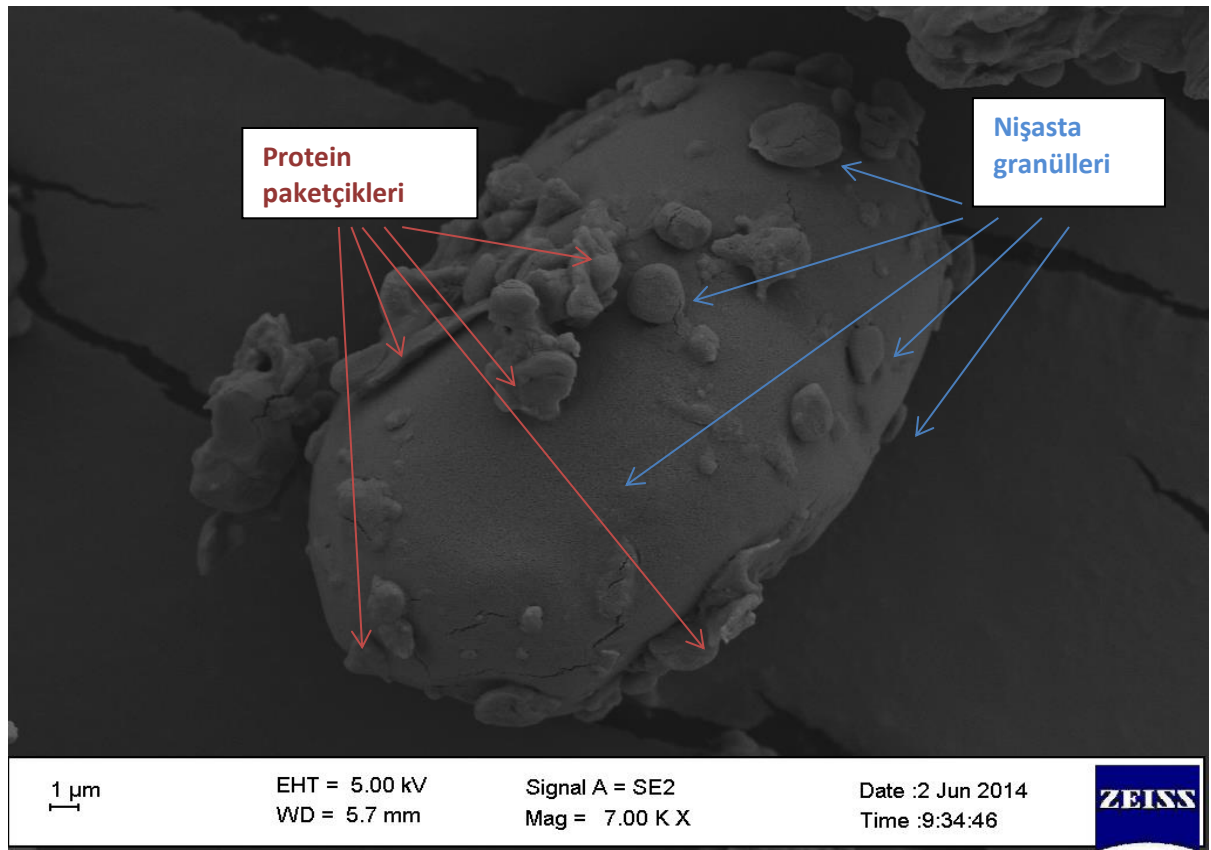
ϕ: Buğday irmiği ile karşılaştırıldığında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Tablo 4.6'dan elde edilen sonuçlar literatürde kırmızı mercimek unu (L*: 77.40 ;a*: 13.15 b*: 16.35) ve buğday irmiği (L*: 74.5; a*: 0.94 b*: 30.4) için elde edilen değerlerle benzerdir [160, 161, 162]. Çalışmada kullanılan farklı tanecik boyutu dağılımlarına sahip kırmızı mercimek unlarının parlaklığının (L*) istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Bununla birlikte t.b.< 100 µm olan mercimek unu ile buğday irmiğinin parlaklık değerleri arasında önemli bir farklılık gözlemlenmemiştir ($p > 0.05$). Kırmızılığı ifade eden a* değerinin kırmızı mercimek unun tanecik büyüklüğü artıkça yükseldiği saptanmıştır ($p < 0.05$). Buğday irmiğinin kırmızılık değerinin ise oldukça düşük olduğu görülmektedir ($p < 0.05$). Sarılığı ifade eden b* değeri ise t.b. < 100 µm olan unda en düşük buğday irmiğinde ise en yüksektir ($p < 0.05$). Buğday irmiğinde sarılık değeri önemli derecede yüksek iken kırmızılık değerinin ise önemli derecede düşük olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$). Elde edilen bulgular mercimek ununun hem a* hem de b* değerinin yüksek olduğunu ve kırmızı mercimek ununun renk değerlerinin (a* ve b*) tüm tanecik büyüklüklerinde buğday makarnasından farklı olduğunu göstermektedir ($p < 0.05$). Renk bulgularından yola çıkıldığında buğday makarnasının istenilen “amber” sarısı rengi için kullanılan irmiğin sarılık değerinin belirgin olduğunu, fakat bu çalışmada üretilen yeni ürün için ise kullanılan mercimek ununun kırmızılık

değerinin ön plana çıktığı görülmüştür. Bu nedenle mercimek makarnasının buğday makarnasına göre kırmızılığı belirgin derecede yüksek bir ürün olacağı anlaşılmaktadır. Kuru ve pişmiş mercimek makarnasından elde edilen veriler (Tablo 4.20 ve 4.26) de bunu doğrular niteliktedir ($p < 0.05$).

4.1.4. Kırmızı Mercimek Ununun Mikroyapısı

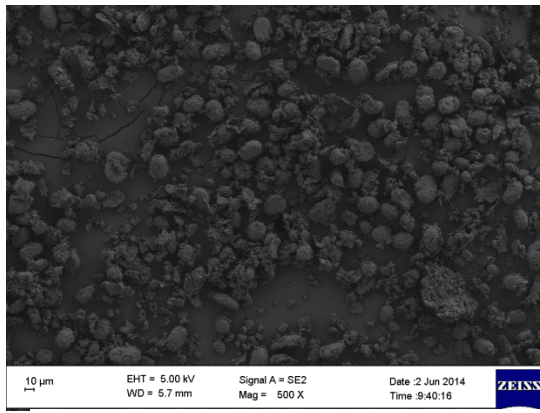
Farklı tanecik boyutu dağılımına sahip kırmızı mercimek ununun mikroyapısı SEM kullanılarak görüntülenmiştir. Farklı tanecik büyüklüğüne sahip kırmızı mercimek unularından elde edilen görüntüler Şekil 4.1, 4.2. ve 4.3'de gösterilmiştir.



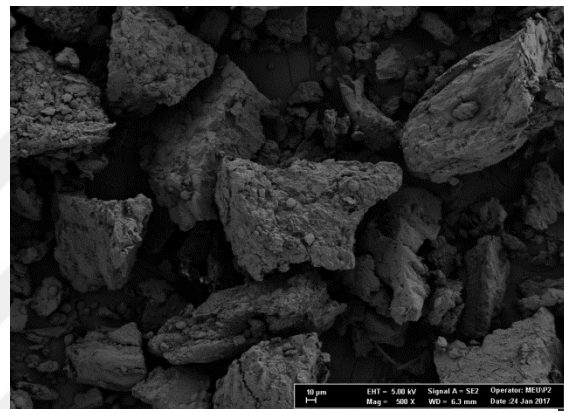
Şekil 4.1. 1.25 mm elek altı kırmızı mercimek ununun SEM görüntüsü ($\times 7000$).

Şekil 4.1'de 7000 kat büyütülmüş kırmızı mercimek ununun mikroyapısı görülmektedir. Bu görüntüde kırmızı mercimek ununun içerdiği büyük bir nişasta granülü ve onun üzerinde ve çevresinde yoğun olarak yer alan protein ve nişasta yapıları belirgin olarak gözlemlenmektedir. Elde edilen görüntülerden nişasta moleküllerinin küresel (globular) - oval bir şekle protein moleküllerinin ise düzgün olmayan geometrik şekillere sahip olduğu görülmektedir.

Kırmızı mercimek ununun nişasta ve protein yapılarının mikro düzeyde belirlenmesinin mercimek hamuru, kuru mercimek makarnası ve pişmiş mercimek makarnası deneme çalışmalarından elde edilecek mikroyapı özelliklerinin ve bu özelliklerden yola çıkılarak da pişme kalitesi verilerinin yorumlanmasına ve açıklanmasına veri oluşturacağı düşünülmüştür.



Şekil 4.2. Elenmemiş kırmızı mercimek ununun SEM görüntüsü (×500).



Şekil 4.3. Buğday irmiğinin SEM görüntüsü (×500).

Şekil 4.2 incelendiğinde kırmızı mercimek ununun birbirinden bağımsız küresel yapıda nişasta molekülleri ve düzensiz yapıda protein paketçiklerinden oluştuğu gözlemlenmektedir. Kırmızı mercimek unu için elde edilen SEM görüntüleri literatürdeki SEM görüntüleri ile benzerlik göstermektedir [162, 163]. Aguielera ve ark. (2009) [164] yaptıkları bir çalışmada çiğ ve pişmiş baklagillerin (mercimek ve nohut) mikroyapılarını incelemişlerdir. Çiğ örnekler için elde edilen sonuçlardan yola çıkarak mercimek ununun nişasta yapısının yuvarlak ve globular şekillerde olduğunu, tek düze bir görünüm sergilediğini ve kolaylıkla görülebildiklerini ifade etmişlerdir. Bununla birlikte düzensiz şekilli parçacıkların öğütmenin etkisiyle protein matriksinden kopan protein parçacıkları olduğunu ifade etmişlerdir. Yapılan diğer bir çalışmada ise düzensiz şekilli parçacıkların bir kısmının mineral ve lif maddelerinin de labileceği belirtilmiştir [162].

Şekil 4.3' de durum irmiğinin mikroyapısı incelenmiştir. Elde edilen görüntüden nişasta ve protein yapılarının kümeleşerek yığınlar oluşturduğu görülmektedir. Durum irmiği için elde edilen SEM görüntüleri literatürdeki SEM görüntüleri ile benzerlik göstermektedir. Hafsa ve ark. (2014) [165] yaptıkları bir çalışmada durum irmiğinin yer yer pürüzlü yer yer düz bir görünüm sergilediğini, nişasta ve protein matriksinin birbiri ile kümeleşmiş şekilde bulunduğunu belirtmişlerdir. Bunun kümeleşmenin nedeni ise yapılan diğer bir çalışmada öğütme sırasında hücre duvarlarında meydana gelen parçalanma ile açıklanmıştır [166].

Kırmızı mercimek ununda gerçekleştirilen fizikokimyasal analizlerle mercimek makarnası yapımında kullanılan unun özellikleri tanımlanmıştır. Elde edilen bulgular bir sonraki aşama olan optimum hamur formülasyonunun oluşturulmasına veri oluşturmuştur. Bununla birlikte ara ürün (hamur) ve son üründe (kuru ve pişmiş mercimek makarnası) meydana gelen farklılıkların değerlendirilmesine katkıda bulunmuştur.

4.2. Mercimek Makarnası Hamuru Formülasyonları ve Hamurların Fizikokimyasal Özellikleri

Kırmızı mercimek unu analizlerinden elde edilen bulgulardan yola çıkılarak mercimek makarnası yapımında kullanılan unların 3 farklı tanecik boyutunda (t.b. $< 100\mu\text{m}$, $100\mu\text{m} < \text{t.b.} < 355\mu\text{m}$ ve t.b. $> 355\mu\text{m}$) olmasına karar verilmiştir. Kırmızı mercimek ununda gluten bulunmaması ve makarna yapımında gluten ağının taklit edilmesi gerekliliği formülasyonda yapılandırıcı maddelerin kullanılmasının gerekliliğini ortaya koymuştur. Hammaddenin fizikokimyasal özelliklerinin incelenmesi ile elde edilen veriler ve önceki çalışmalardan elde edilen bilgiler ışığında mercimek makarnası hamuru formülasyonlarında yapılandırıcı madde olarak yumurta ve/veya keçiyoynuzu gamının kullanılmasına karar verilmiştir. Yapılandırıcı maddeler seçilirken, buğday dışı hammaddelerden makarna üretiminde yumurtanın önceki çalışmalarda iyi sonuçlar vermesi ve keçiyoynuzu gamının ise doğal bir emülgatör madde olmasının yanı sıra Akdeniz Bölgesi'nde sıklıkla yetişen ve henüz yeteri kadar değerlendirilemiş bitkiler arasında yer alması önemli rol oynamıştır. Buğday makarnasının endüstriyel üretiminde buğday irmiği/ ununun su ile karıştırılması ile makarna hamuru elde edilir. İstenirse formülasyona tuz, renklendirici maddeler ve/veya vitamin ve mineraller eklenebilir [61]. Tüm bu bilgiler göz önüne alındığında mercimek makarnası hamuru bileşimine kırmızı mercimek unu, su, yumurta ve/veya keçiyoynuzu gamı ve tuz eklenmesine karar verilmiştir. Makarna hamuru hazırlanırken hamurun içerdiği su miktarı (çeşme suyu + yumurtadan gelen su) ve tuz miktarı sabit tutulurken hamura yapılandırıcı olarak eklenecek yumurta ve keçiyoynuzunun miktarları optimize edilmiştir.

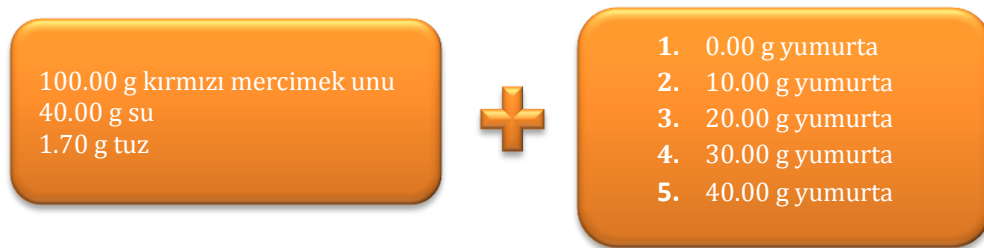
Ön denemeler sonucunda mercimek makarnası üretimi için 5 farklı formülasyonda hamur hazırlanmasına karar verilmiştir. Elde edilen hamurların nem, su etkinliği, kül, renk, dokusal özellikleri (yapışkanlık ve elastikiyet) ve mikroyapısı belirlenmiştir.

4.2.1. Mercimek Makarnası Hamur Formülasyonlarının Belirlenmesi

Mercimek makarnasının hamur formülasyonları belirlenirken 3 önemli kıstas dikkate alınmıştır. Bu kıstaslar: i. Hamurun makarnaya işlenebilmesi (hamur açılabilirliği ve hamur şekil verilebilirliği), ii. Makarnanın pişirilirken suda yapısal bütünlüğünün korunabilmesi ve iii. Makarna kalitesininin (pişme, dokusal ve duyuşal) mümkün olduğunca buğday makarnasına yaklaşmasıdır. Formülasyonların oluşturulması aşamasında un, tuz ve su miktarı sabit tutulmuştur. Formülasyonlarda % 66'sı su olan bütün yumurtadan[166] gelen su miktarı da hesaba katılarak dışarıdan eklenecek çeşme suyu miktarı hesaplanmış (çeşme suyu miktarı = 40 - ($m_{\text{yumurta}} \cdot 0.66$) ve reçeteye ilave edilmiş, toplamda su miktarı 40.00 g su/ 100.00 g un olarak sabit tutulmuştur. Formülasyonda kullanılan optimum su miktarı hamurun açılabilmesi ve kolaylıkla işlenebilmesi için gerekli olan (40 g su/ 100 g) yapılan ön denemelerle bulunmuştur. Formülasyona eklenecek tuz miktarı ise yapılan ön duyuşal analizlerle saptanmıştır.

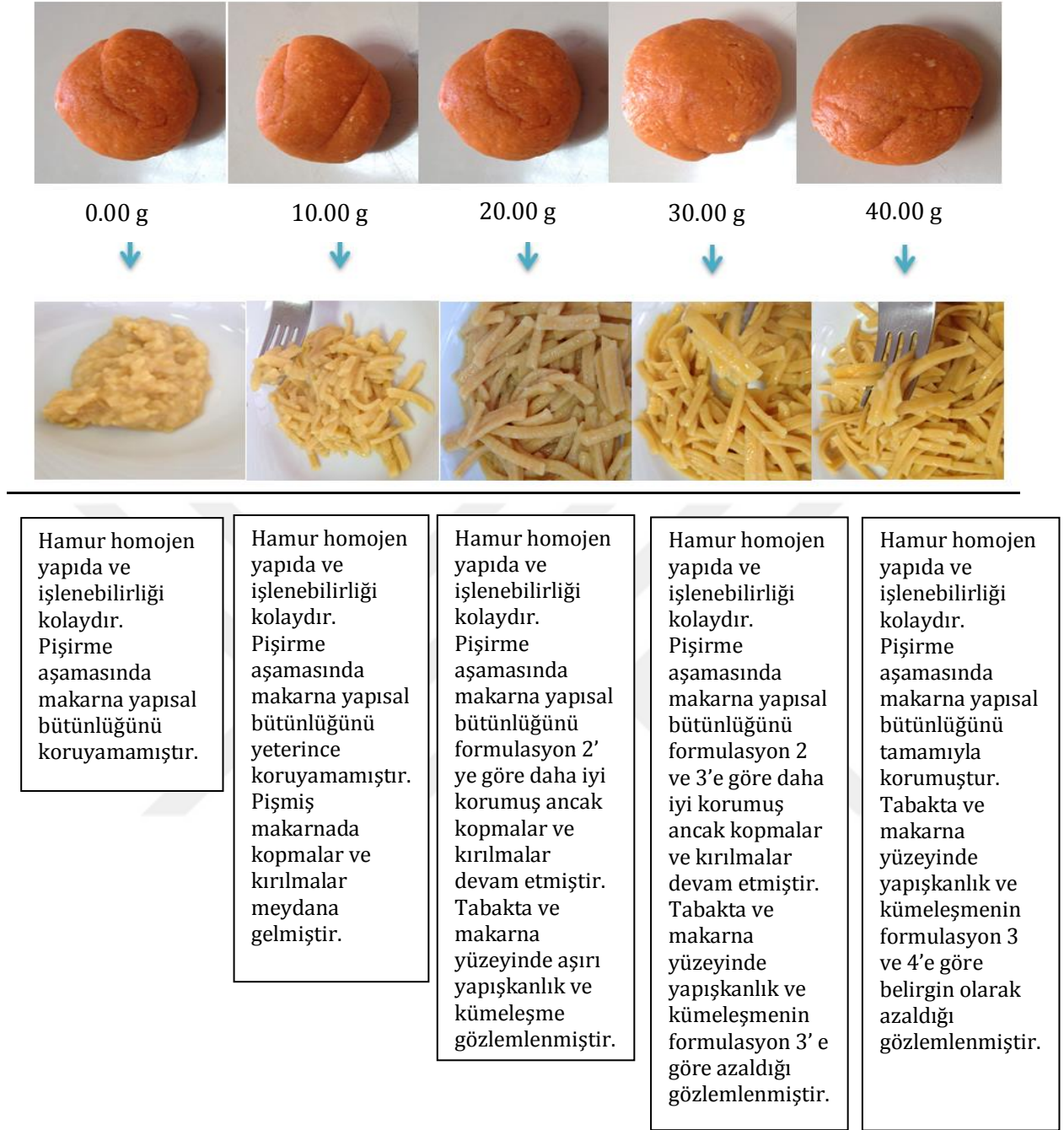
4.2.1.1. Mercimek makarnası hamur formülasyonuna eklenecek yumurta miktarının belirlenmesi

Formülasyona eklenecek yumurta miktarının belirlenmesine yönelik 5 farklı formülasyon denemesi Şekil 4.4'de özetlenmiştir.



Şekil 4.4. Yumurta miktarının belirlenmesi için hazırlanan formülasyonlar.

Farklı miktarlarda yumurtanın hamur işlenebilirliğine ve makarnanın pişirme aşamasında yapısına etkisinin incelenmesi ve ürün formülasyonunda kullanılacak yumurta miktarlarının belirlenmesi için hazırlanan formülasyon denemelerinden (Şekil 4.4) elde edilen bulgular Şekil 4.5'de özetlenmiştir.



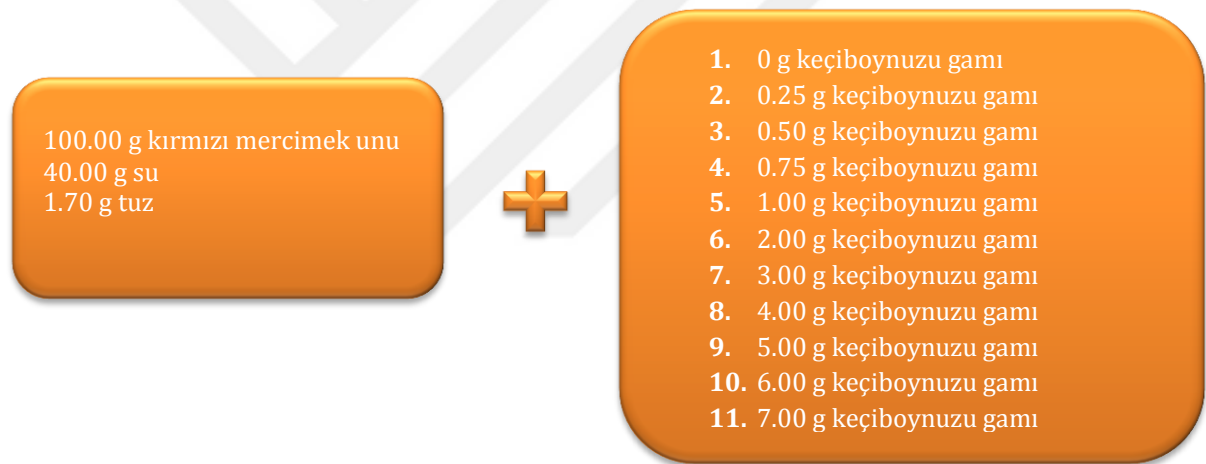
Şekil 4.5. Yumurta miktarının belirlenmesine yönelik formülasyon denemeleri ve elde edilen bulgular.

Şekil 4.5'de görüldüğü gibi yumurtanın kullanılmadığı ve 10.00 g kullanıldığı formülasyonlar hariç tüm formülasyonlar makarnaya işlendiğinde yapısal bütünlüğünü korumuştur. Formülasyonlara kullanılan yumurta miktarı arttıkça makarnanın yapısal bütünlüğünü daha iyi koruduğu ve tabaktaki kümeleşme ve yapışkanlığın azaldığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte formülasyonda kullanılacak yumurta miktarına yönelik denemeler "60.00 g" yumurta kullanımına kadar devam etmiştir. Formülasyona 40.00 g'dan daha fazla eklenen yumurta formülasyonlarından hazırlanan makarnalarda işlenebilirlik ve

suda yapısal bütünlüğünü koruma açısından bir olumsuzluk belirlenmemiş ancak yapılan ön duyuşal analizlerde yumurta tadının ve kokusunun belirgin olduğu saptanmış ve değerdendiriciler tarafından red edilmiştir. Bu nedenle 40.00 g'dan fazla yumurta eklenen formülasyonlar elenmiştir. Elde edilen sonuçlar göz önüne alındığında hamurun işlenebilir özellikte olması, işlendiği makarnanın pişirme aşamasında yapısal bütünlüğünü kaybetmemesi, makarnanın tabaktaki yapışkanlık ve kümeleşmesinin en az olması, yumurta tadı ve kokusunun belirgin olarak hissedilmemesi özelliklerinin hepsini bir arada sağlayabilen en fazla yumurta miktarı “40.00 g” olarak belirlenmiştir.

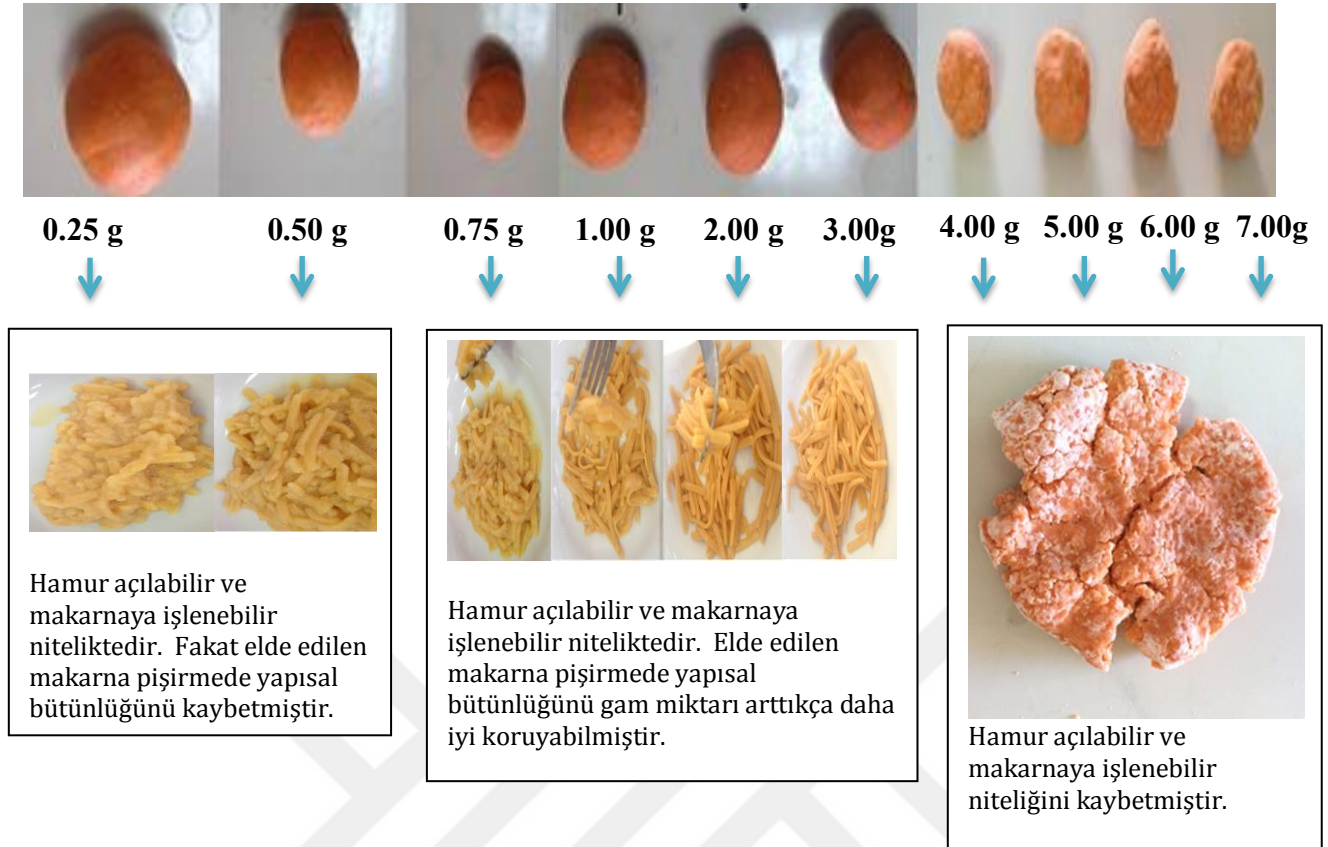
4.2.1.2. Mercimek makarnası hamur formülasyonuna eklenecek keçiyoynuzu gamı miktarının belirlenmesi

Formülasyonda kullanılacak keçiyoynuzu gamı miktarının belirlenmesine yönelik 11 farklı formülasyon denemesi ve sonuçları Şekil 4.6'da özetlenmiştir.



Şekil 4.6. Keçiyoynuzu gamı miktarının belirlenmesine yönelik formülasyonlar.

Formülasyonda kullanılan farklı miktarlardaki keçiyoynuzu gamının hamur işlenebilirliğine ve makarnanın pişirme aşamasında yapısına etkisinin incelenmesi ve ürün formülasyonunda kullanılabilcek keçiyoynuzu gamı miktarının belirlenmesi için hazırlanan formülasyon denemelerinden (Şekil 4.6) elde edilen bugular Şekil 4.7'de özetlenmiştir.

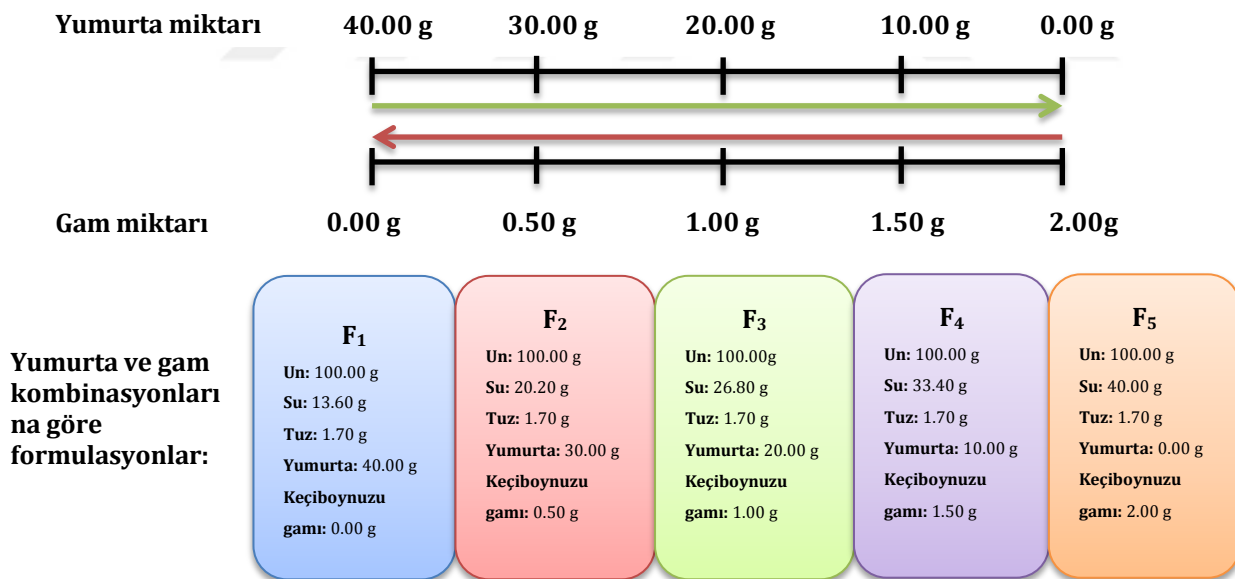


Şekil 4.7. Keçiboynuzu gamı miktarının belirlenmesine yönelik formülasyon denemeleri ve elde edilen bulgular.

Şekil 4.7’de görüldüğü gibi 0.25 ve 0.50 g keçiboynuzu gamı eklenen formülasyonlarda hamur işlenebilir özellikte elde edilebilmiş ve makarnaya işlenmiştir. Ancak söz konusu miktarlarda keçiboynuzu gamı eklenen formülasyonlardan elde edilen makarnalar Şekil 4.7’de gösterildiği gibi pişirme aşamasında yapısal bütünlüğünü kaybetmiştir. Diğer taraftan, keçiboynuzu gamının sırasıyla 0.75, 1.00, 2.00 ve 3.00 eklendiği örneklerde de işlenebilir nitelikte homojen hamurlar elde edilebilmiştir. Bu formülasyonlarda keçiboynuzu gamı miktarı arttıkça elde edilen makarnanın suda yapısal bütünlüğünü koruyabilme özelliği artmış 2.00 g ve 3.00 g keçiboynuzu gamı içeren formülasyonlarda pişirmede dağılma gözlemlenmemiş, tabakta kümeleşme ve yapışkanlık özellikleri 1.00 g keçiboynuzu gamı içeren makarnaya göre oldukça azalmıştır. Elde edilen sonuçlar göz önüne alındığında hamurun işlenebilirlik özellikte olması, işlendiği makarnanın pişirme aşamasında yapısal bütünlüğünü kaybetmemesi, makarnanın tabaktaki yapışkanlık ve kümeleşmesinin en az olması özelliklerinin hepsini bir arada sağlayabilen en az keçiboynuzu gamı miktarı “2.00 g” olarak belirlenmiştir. Diğer taraftan formülasyona 3.00 g’dan daha fazla eklenen keçiboynuzu gamı hamurun işlenebilirliğini

kaybetmesine neden olmuş, homojen hamur yapısı bozulmuş gevrek-ufalanır yapıda heterojen bir hamur elde edilmiştir. Bu nedenle formulasyonda 3.00 g'dan fazla keçiyoynuzu gamı kullanılmaması gerektiği saptanmıştır.

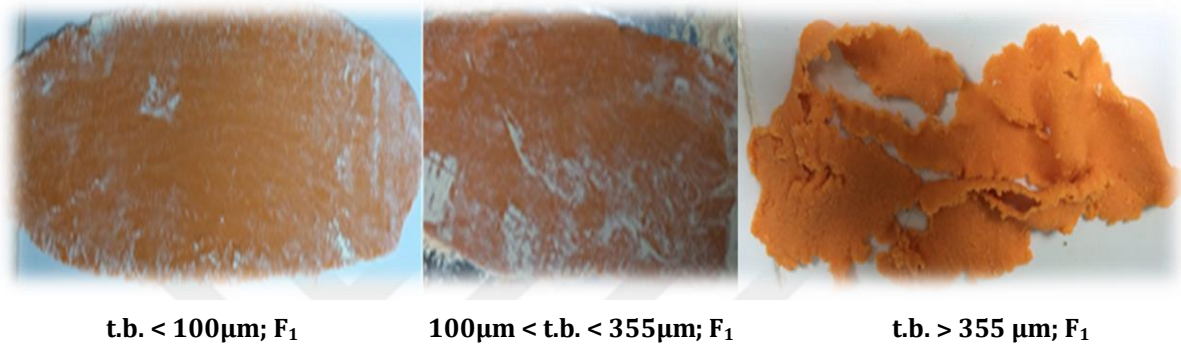
Formulasyonun belirlenmesi amacıyla yapılan denemeler sonucunda kullanılacak yumurta ve keçiyoynuzu gamı miktarlarının aralığı sırasıyla 0.00 - 40.00 g ve 0.00 - 2.00 g olarak belirlenmiştir. Bu nedenle yaklaşık 20.00 g yumurtayı 1.00 g keçiyoynuzu gamının ikame edebildiği ortaya konmuştur (Şekil 4.8). Keçiyoynuzu gamı miktarı arttıkça hamur sertliğinin artması, formulasyonda yalnızca yumurta kullanılmasının ürün maliyetini arttırması, formulasyonlarda yumurta ve keçiyoynuzu gamının bir arada kullanımının uygun olabileceğini işaret etmiştir. Bu nedenle formulasyonlar belirlenirken hamurun un, su ve tuz içeriği sabit tutulmuş yalnızca yumurta (40.00 g yumurta + 0.00 g keçiyoynuzu gamı) ve yalnızca keçiyoynuzu gamı (0.00 g yumurta + 2.00 g keçiyoynuzu gamı) eklenen formulasyonlar iki uç olarak seçilmiştir. Şekil 4.8'de özetlendiği gibi yumurta ve gam miktarları denemelerle belirlenen, kullanılması uygun olan en çok miktarlarından (yumurta: 40.00 g ve keçiyoynuzu gamı: 2.00 g) % 25 azaltılarak 5 ayrı formulasyon oluşturulmuştur.



Şekil 4. 8. Mercimek makarnası üretiminde kullanılacak hamur formulasyonları.

Formulasyon optimizasyonu aşamasında belirlenen 5 ayrı formulasyonda 3 farklı tanecik büyüklüğü dağılımına sahip (t.b. < 100µm; 100µm < t.b. < 355µm; t.b. > 355 µm) unlar kullanılarak 15 (5×3) farklı hamur örneği hazırlanmış ve makarnaya işleme denemelerine başlanmıştır. Ancak tanecik büyüklüğü dağılımı 355 µm'den elde edilen hamurlar, hamur açma

aşamasında 5 farklı formülasyonda da dağılmıştır (Şekil 4.9). Bu nedenle t.b. > 355 µm unlardan elde edilen formülasyonlar elenmiştir. Tanecik boyutu 100 µm'den küçük, 100µm ve 355µm aralığında olan unlardan elde edilen hamurların işlenmesinde bir sorunla karşılaşılma ve bu iki tanecik boyutundaki unlar kullanılarak mercimek makarnası örnekleri (2×5) hazırlanmıştır. Bununla birlikte buğday makarnası üretim metodu uyarınca buğday makarnası hamuru tek bir tanecik boyutunda endüstriyel üretimde kullanılan formülasyonunda (1×1) kontrol örneği olarak hazırlanmıştır ve mercimek makarnası hamuru örneklerine uygulanan tüm analizler buğday makarnası hamurunda da gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.9. Aynı formülasyonda farklı t.b. sahip unlardan hazırlanan hamurların açılabilirliği.

4.2.2. Mercimek Makarnası Hamurunun Bazı Fizikokimyasal Özellikleri

Belirlenen 5 ayrı formülasyonda 3 farklı tanecik büyüklüğü dağılımına sahip (t.b. < 100 µm; 100 µm < t.b. < 355 µm; t.b. > 355 µm) unlar kullanılarak 15 (5×3) farklı mercimek makarnası hamuru ve kontrol örneği olarak buğday makarnası hamuru hazırlanmıştır. Söz konusu örneklerin fizikokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Tanecik büyüklüğü 355 µm'den büyük olan unun kullanıldığı mercimek makarnası hamurları "hamur açma" aşamasında dağılmasına rağmen diğer örneklerle arasındaki farkı tartışabilmek için hamur analizlerinde kullanılmıştır.

4.2.2.1. Mercimek makarnası hamurunun nem içeriği

Farklı tanecik büyüklüklerine sahip unlardan 5 farklı formülasyonda hazırlanan mercimek makarnası hamurlarının ve buğday makarnası hamurunun nem içerikleri (%) Tablo 4.7'de gösterilmiştir.

Tablo 4.7. Mercimek makarnası hamurlarının nem içerikleri (%).

Mercimek makarnası hamuru			
	t.b. < 100µm	100µm < t.b. < 355 µm	t.b. > 355 µm
F₁	27.70 ± 0.11 ^{a, 1, ϕ}	29.55±1.73 ^{a, 2}	31.73±0.03 ^{a, b, 2}
F₂	27.74 ± 0.54 ^{a, b, 1, ϕ}	27.54±0.03 ^{c, 1}	31.08±0.48 ^{c, 2}
F₃	27.58 ± 1.88 ^{a, b, 1, ϕ}	27.62±1.08 ^{c, 1, ϕ}	31.18±0.23 ^{c, 2}
F₄	26.60 ± 0.63 ^{b, 1, ϕ}	28.43±0.72 ^{b, c, 2}	32.16±0.67 ^{a, b, 3, ϕ}
F₅	26.19 ± 1.00 ^{b, 1, ϕ}	29.26±0.13 ^{a, b, 1, ϕ}	31.32±0.24 ^{b, c, 2}

(a-c) farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

(1-3) farklı rakamlar aynı satırdaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Buğday makarnası hamuru nem içeriği: 29.66 ± 0.61

ϕ: Buğday makarnası hamuru ile karşılaştırıldığında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Nem içeriği ürün içerisindeki toplam su miktarı hakkında bilgi verir. Makarna hamurunun nem içeriği hamurun makarnaya işlenebilirliği ile yakından ilgilidir [168]. Makarna üretiminde kullanılacak nem miktarı unun kaynağına (buğday ve/veya buğday dışı hammaddeler), unun tanecik büyüklüğü dağılımına, başlangıç nem miktarına ve makarna üretim tekniğine göre değişiklik göstermektedir [168, 169]. Farklı tanecik büyüklüğüne sahip unlarla hazırlanmış 5 ayrı formülasyona sahip mercimek makarnası hamurlarının nem içeriklerinin $26.19 \pm 1.00 - 32.16 \pm 0.86$ arasında değiştiği saptanmıştır. Buğday makarnası hamuru için ise bu değer 29.66 ± 0.61 olarak saptanmıştır. Literatürde yalnızca mercimek unundan hazırlanan makarna hamuruna ilişkin veri bulunamadığından karşılaştırılma yapılamazken, buğday makarnası hamuru nem içeriği (%29.66) ise literatür ile (%30) uyumlu bulunmuştur [169, 170]. Petitot ve ark. (2010) [105] buğday makarnası hamuruna ayrı ayrı %35 oranında kırık bezelye ve bakla unu eklenmiştir. Formülasyona baklagil unu eklendiğinde elde edilen hamurların nem içeriğinin %10 azaldığını saptanmıştır. Bu azalma buğday irmiği ve baklagil unlarının farklı hidrasyon özelliği ve tanecik büyüklüğü dağılımı ile açıklanmıştır. Literatür verilerine göre makarna hamurunun işlenebilmesi için hamurun içermesi gereken optimum nem miktarının farklı hammaddelerin kullanılmasıyla değişiklik göstermekle birlikte

% 20 - 30 aralığında olmasının uygun olacağı belirtilmektedir [171]. Bu çalışmada elde edilen bulgular özellikle t.b. < 100 µm olan unların t.b. > 355 µm olan unlarla karşılaştırıldığında aynı formulasyona sahip olsalar da nem içeriğinin önemli derecede az olduğu saptanmıştır (p < 0.05). Tanecik büyüklüğünün arttığı durumlarda tanecik yeteri kadar hidrate olamayıp suyu tanecikler arasında daha fazla tutarak yüksek nem içeriğine neden olduğu ve beyaz nokta oluşum riskinin arttığı literatürde de ortaya konmuştur [170]. Tanecik büyüklüğünün 355 µm'nin üzerine çıktığı durumda nem içeriği de %30'un üzerine çıkmış ve formulasyonlardan elde edilen hamurlar makarnaya işleme sürecinin açma aşamasında dağıldığı saptanmıştır. Söz konusu dağılmanın yalnızca hamurun nem içeriği ile ilgili olmayıp aynı zamanda tanecik tanecik büyüklüğü dağılımının oldukça geniş bir aralıkta olmasından da (Bknz. Tablo 4.4) kaynaklandığı düşünülmektedir. Yapılan bir çalışmada söz konusu nem içeriğinin (% 20 - 30) sağlanması ile birlikte hamur yapımında kullanılan unun tanecik büyüklüğü dağılımının dar bir aralıkta olması hamur hazırlama aşamasının kolaylaşması, yetersiz hidrasyonun önlenmesi ve sonrasında kuru makarnada beyaz nokta oluşumunun engellenmesine yardımcı olduğu saptanmıştır. Beyaz nokta oluşumunun engellenmesinin makarnanın görünüşünü, mekanik gücünü ve pişme kalitesini olumlu etkileyeceği rapor edilmiştir [169]. Bu nedenle mercimek makarnası üretiminde kullanılan hamurun nem içeriğinin % 30'un üstüne çıkmamasının ve kullanılan unun tanecik büyüklüğü dağılımının dar bir aralıkta olmasının yüksek kalitede bir son ürün elde etmek için uygun olduğu saptanmıştır.

4.2.2.2. Mercimek makarnası hamurunun su etkinliği (a_w)

Farklı tanecik büyüklüklerine sahip unlardan 5 farklı formulasyonda hazırlanan mercimek makarnası hamurlarının ve buğday makarnası hamurunun su etkinliği değerleri Tablo 4.8'de gösterilmiştir.

Tablo 4.8. Mercimek makarnası hamurlarının su etkinlikleri.

Mercimek makarnası hamuru			
	t.b.< 100µm	100µm < t.b. <355 µm	t.b. > 355 µm
F₁	0.89 ± 0.00 ^{a, 1, ϕ}	0.89 ± 0.00 ^{a, 1, ϕ}	0.91 ± 0.00 ^{a, 2, ϕ}
F₂	0.89 ± 0.00 ^{b, 1, ϕ}	0.89 ± 0.00 ^{a, 1, ϕ}	0.91 ± 0.00 ^{a, 2, ϕ}
F₃	0.88 ± 0.00 ^{c, 1, ϕ}	0.89 ± 0.00 ^{b, 2, ϕ}	0.91 ± 0.00 ^{a, 3, ϕ}
F₄	0.88 ± 0.00 ^{c, 1, ϕ}	0.88 ± 0.00 ^{c, 1, ϕ}	0.91 ± 0.00 ^{b, 2, ϕ}
F₅	0.89 ± 0.00 ^{b, 1, ϕ}	0.89 ± 0.00 ^{b, 1, ϕ}	0.90 ± 0.00 ^{a, 2, ϕ}

(a-c) farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

(1-3) farklı rakamlar aynı satırdaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Buğday makarnası hamuru su etkinliği: 0.90 ± 0.00

ϕ: Buğday makarnası hamuru ile karşılaştırıldığında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Nem (su) içeriği tek başına mikrobiyal ve kimyasal olaylarda kullanılabilir bir değişken değildir, ürün içerisindeki toplam su miktarı hakkında bilgi verir. Su etkinliği ise, aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncının ürün içerisindeki suyun buhar basıncına oranıdır. Başka bir deyişle örnekteki nem değerinin havanın bağıl nemi ile dengeye geldiği noktadır. Bu noktada ürün ile hava arasında herhangi bir nem alışverişi gerçekleşmemektedir ve ürünün mikrobiyolojik, kimyasal ve enzimatik reaksiyonlara yatkınlığı hakkında bilgi verir [172]. Farklı tanecik büyüklüğüne sahip unlarla hazırlanmış 5 ayrı formulasyona sahip mercimek makarnası hamurlarının ve buğday makarnası hamurunun su etkinliği değerlerinin 0.88 - 0.91 arasında değiştiği saptanmıştır. Mercimek makarnası hamurunun su etkinliği içerikleri konuyla ilgili daha önce yapılmış bir çalışma olmadığından literatür ile karşılaştırılmamıştır. Buğday makarnası hamuru için ise bu değer 0.90 olarak saptanmıştır ve literatür (0.90) ile uyumlu bulunmuştur [173]. Tanecik büyüklüğü arttıkça Tablo 4.7'de verildiği gibi nem içerikleri artan hamurların su etkinlikleri de aynı eğilimi göstermiş ve artmıştır. Mercimek makarnası hamurunun su etkinliği değerinin işlenebilirlik açısından değerlendirildiğinde 0.89'un üstüne çıkmamasının uygun olduğu saptanmıştır. Diğer taraftan mercimek makarnası taze olarak üretilecek ise su etkinliği yüksek olduğundan ürünün mikrobiyolojik, kimyasal ve enzimatik

reaksiyonlara yatkınlığının yüksek olduğu görülmektedir. Bu nedenle uygun üretim süreci (formulasyona sorbitol, gliserol gibi şeker alkollerini vb. nem tutucuların eklenmesi) ve ambalajlama tekniği ile (öneğin pastörizasyon ve vakum/ modifiye ambalajlama) piyasaya sürülmesi gerektiği değerlendirilmektedir [173].

4.2.2.3. Mercimek makarnası hamurunun kül içeriği

Farklı tanecik büyüklüklerine sahip unlardan 5 farklı formulasyonda hazırlanan mercimek makarnası hamurlarının ve buğday makarnası hamurunun kül içerikleri Tablo 4.9'da gösterilmiştir.

Tablo 4.9. Mercimek makarnası hamurlarının kül içeriği (%).

Mercimek makarnası hamuru			
	t.b.< 100µm	100µm < t.b. < 355 µm	t.b. > 355 µm
F ₁	2.80 ± 0.05 ^{a,1,ϕ}	2.80 ± 0.02 ^{a,1,ϕ}	2.80 ± 0.03 ^{a,1,ϕ}
F ₂	2.64 ± 0.01 ^{b,1,ϕ}	2.64 ± 0.03 ^{b,1,ϕ}	2.62 ± 0.05 ^{b,1,ϕ}
F ₃	2.57 ± 0.03 ^{c,1,ϕ}	2.57 ± 0.05 ^{c,1,ϕ}	2.61 ± 0.04 ^{c,1,ϕ}
F ₄	2.46 ± 0.01 ^{d,1,ϕ}	2.46 ± 0.02 ^{d,1,ϕ}	2.46 ± 0.05 ^{d,1,ϕ}
F ₅	2.37 ± 0.01 ^{e,1,ϕ}	2.37 ± 0.02 ^{e,1,ϕ}	2.39 ± 0.05 ^{e,1,ϕ}

(a-e) farklı harfler, aynı sütündeki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

(1-2) farklı rakamlar aynı satırdaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Buğday makarnası hamuru kül içeriği: % 0.83 ± 0.02

ϕ: Buğday makarnası hamuru ile karşılaştırıldığında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Farklı tanecik büyüklüğüne sahip unlarla hazırlanmış 5 farklı mercimek makarnası hamuru formulasyonunun kül içeriğinin % 2.37 ± 0.01 - 2.80 ± 0.05 arasında değiştiği saptanmıştır. Kontrol örneği olarak kullanılan buğday makarnası hamuru kül içeriği ise 0.83 ± 0.02 bulunmuştur. Elde edilen bulgular mercimek makarnası hamurunun kül içeriğinin kullanılan farklı tanecik boyutlarındaki unlardan hazırlanan bütün formulasyonlarda buğday makarnası hamurunun kül içeriğine göre daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bunun nedeni

mercimek ununun vitamin ve mineral değerlerinin buğday irmiği ile karşılaştırıldığında daha yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Tablo 4.5.) ($p < 0.05$). Mercimek makarnası hamurunun kül içerikleri konuyla ilgili daha önce yapılmış bir çalışma olmadığından literatür ile karşılaştırılmazken buğday makarnası için elde edilen veriler literatür (0.80-0.90) ile uyumlu bulunmuştur [61, 94].

4.2.2.4. Mercimek makarnası hamurunun renk değerleri

Farklı tanecik büyüklüklerine sahip unlardan 5 farklı formülasyonda hazırlanan mercimek makarnası hamurlarının ve buğday makarnası hamurunun renk değerleri Tablo 4.10'da gösterilmiştir.

Makarna hamurunun renk değerleri üretildiği hammadde ile yakından ilgilidir [161]. Mercimek makarnası hamurunun göze çarpan en önemli renk özelliği yüksek kırmızılık değeri olmuştur. Mercimek makarnası hamurunun parlaklık değerlerinin formülasyona göre değişiklik gösterdiği ($p < 0.05$), kırmızılık ve sarılık değerlerinde ise formülasyonlar arasında farklılık göstermediği belirlenmiştir ($p > 0.05$). Tanecik büyüklüğü arttıkça mercimek makarnası hamurlarının kırmızılık değerlerinde artış saptanırken ($p < 0.05$) parlaklık ve sarılık değerlerinde benzer bir eğilim saptanmamıştır. Mercimek makarnası hamurunun renk değerleri konuyla ilgili daha önce yapılmış bir çalışma olmadığından literatür ile karşılaştırılmazken buğday makarnası hamuru için elde edilen veriler ise literatür (L^* : 88.40; a^* : 1.40; b^* : 20.20) ile uyumlu bulunmuştur [61, 174, 175]. Tüm formülasyonların buğday makarnası ile karşılaştırıldığında parlaklık değerlerinin daha düşük kırmızılık değerlerinin ise daha yüksek olduğu saptanmıştır. Literatürde buğday dışı hammaddenin formülasyona girmesiyle parlaklık değerinin önemli derecede azaldığını gösteren çalışmalar vardır. Bunun yanı sıra kullanılan hammaddenin sarılık ya da kırmızılık değerinin ön plana çıkmasının makarna hamurunun da aynı eğilimde renk sonuçları vereceği bildirilmektedir [105, 161, 176]. Bu çalışmadan elde edilen bulgular mercimek makarnası hamurunun kırmızılık değerlerinin ön plana çıktığını bununla birlikte sarılık değerinin de buğday makarnası ile yakın olduğunu göstermektedir ($p < 0.05$). Mercimeğin kırmızı rengine içerdiği fenolik maddelerin (tanin) olduğu bildirilmektedir [177]. Mercimek ununun yüksek kırmızılık değerine buğday irmiği ile karşılaştırıldığında sahip olduğu yüksek tanin içeriğinin neden olduğu düşünülmektedir. Mercimek unu hamura işlendiğinde de bu özelliğini korumuştur. Mercimek makarnası hamurunun renk değerlerinin ortaya konulması kuru mercimek makarnasının renk değerlerinin değerlendirilmesi ve potansiyel taze mercimek makarnasının renk değerleri için de veri oluşturması açısından da önemlidir.

Tablo 4.10. Mercimek makarnası hamurunun renk (L^* , a^* , b^*) değerleri.

Mercimek makarnası hamuru									
	t.b.<100 μ m			100 μ m < t.b. <355 μ m			t.b. > 355 μ m		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
F₁	52.44 \pm 1.04 a, 1, \diamond	29.61 \pm 0.28 a, 1, \diamond	25.12 \pm 0.36 a, 1	48.81 \pm 0.46 a, 2, \diamond	32.29 \pm 0.47 a, 2, \diamond	24.15 \pm 0.28 a, 2	49.53 \pm 0.95 a, 1, 2, \diamond	29.33 \pm 0.81 a, 1, \diamond	23.81 \pm 0.70 a, 2
F₂	51.07 \pm 1.52 a, 1, \diamond	29.46 \pm 0.62 a, 1, \diamond	24.34 \pm 0.59 a, 1	48.91 \pm 0.86 a, 2, \diamond	32.71 \pm 0.44 a, 2, \diamond	24.27 \pm 0.40 a, 1	52.54 \pm 0.51 b, 1, \diamond	31.38 \pm 0.58 a, 2, \diamond	25.76 \pm 0.45 b, 2
F₃	52.69 \pm 2.05 a, b, 1, \diamond	28.83 \pm 0.87 a, 1, \diamond	24.86 \pm 0.79 a, 1	48.65 \pm 0.96 a, b, 2, \diamond	32.51 \pm 0.84 a, 2, \diamond	24.01 \pm 0.48 a, 2, \diamond	53.09 \pm 1.15 b, 1, \diamond	30.60 \pm 0.53 a, 3, \diamond	25.36 \pm 0.38 b, 1
F₄	53.16 \pm 0.80 a, b, 1, \diamond	29.49 \pm 0.79 a, 1, \diamond	24.87 \pm 0.29 a, 1	48.29 \pm 1.06 b, 2, \diamond	32.03 \pm 0.50 a, 2, \diamond	23.58 \pm 0.53 a, 2, \diamond	53.10 \pm 0.62 b, 1, \diamond	31.39 \pm 0.45 a, 2, \diamond	26.03 \pm 0.32 b, 1
F₅	54.22 \pm 0.71 b, 1, \diamond	29.30 \pm 0.38 a, 1, \diamond	24.82 \pm 0.12 a, 1	50.58 \pm 0.80 c, 2, \diamond	32.33 \pm 0.23 a, 2, \diamond	24.81 \pm 0.38 a, 1	51.78 \pm 1.04 b, 2, \diamond	30.28 \pm 0.97 a, 3, \diamond	24.52 \pm 0.78 a, b, 1

(a-c) farklı harfler, aynı sütündeki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

(1-3) farklı rakamlar aynı satırdaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Buğday makarnası hamuru: L^* : 84.72 ± 0.70 ; a^* : 1.25 ± 0.17 b^* : 25.09 ± 0.09

\diamond : Buğday makarnası hamuru ile karşılaştırıldığında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

4.2.3. Mercimek Makarnası Hamurunun Dokusal Özellikleri

Mercimek makarnası hamurunun dokusal özellikleri mercimeğin makarnaya işlenmesi sürecinin optimizasyonu için önem taşımaktadır. Bu nedenle farklı tanecik büyüklüklerindeki unlardan hazırlanmış farklı formülasyonlardaki hamurların yapışkanlık ve elastikiyet özellikleri incelenmiştir.

4.2.3.1. Mercimek makarnası hamurunun yapışkanlık özelliği

Farklı tanecik büyüklüklerine sahip unlardan 5 farklı formülasyonda hazırlanan mercimek makarnası hamurlarının ve buğday makarnası hamurunun yapışkanlık özellikleri Tablo 4.11'de özetlenmiştir.

Hamurun yapışkanlık özelliği, probun hamura temas ettikten sonra hamurdan ayrılması için gerekli kuvvetin ve probun ne kadar uzaklıkta hamurdan ayrıldığına bir ölçüsü olarak ifade edilmektedir. Probu hamurdan ayrılması için gerekli kuvvet ve uzaklık arttıkça hamur yapışkanlığının arttığı belirtilmektedir [178]. Önceki çalışmalar yapışkanlığı az ve elastikiyeti yüksek bir hamurun işlenebilirliğinin daha kolay gerçekleştiğini işaret etmektedir [179]. Mercimek makarnası hamurunun yapışkanlık özelliklerinden kuvvet değeri $0.42 \pm 0.07 - 1.19 \pm 0.16$ N arasında değişirken uzaklık değerleri ise $0.52 \pm 0.08 - 1.04 \pm 0.19$ mm arasında değişmiştir. Söz konusu değerler buğday makarnasında sırasıyla 0.61 ± 0.22 N ve 0.48 ± 0.13 mm bulunmuştur. Mercimek makarnası hamurunun yapışkanlık değerleri mercimek makarnası üretimi ile ilgili önceden yapılmış bir çalışma olmadığından literatür ile doğrudan karşılaştırılmazken buğday makarnası için elde edilen veriler ise literatür ($0.24-0.54$ N ve $0.46-0.54$ mm) ile uyumlu bulunmuştur [178, 179]. Tüm tanecik büyüklüklerinde formülasyonda kullanılan keçiyoynuzu gamı miktarı arttıkça probu hamurdan çekmek için gerekli kuvvet değerinin azaldığı diğer bir deyişle yapışkanlığının azaldığı saptanmıştır ($p < 0.05$). Bununla birlikte elde edilen bulgular ve araştırmacının deneyimleri göz önüne alındığında $100 \mu\text{m} < \text{t.b.} < 355 \mu\text{m}$ ve t.b. $< 100 \mu\text{m}$ olan hamurların F3, F4 ve F5 formülasyonlarının işlenebilirliğinin F1 ve F2 formülasyonlarına göre daha kolay olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$). Bunun nedeninin formülasyonda kullanılan keçiyoynuzu gamının yumurtaya göre hamurda daha az yapışkanlığa neden olması olarak değerlendirilmiştir ($p < 0.05$). Diğer taraftan hamur yapımında t.b. $> 355 \mu\text{m}$ olan undan hazırlanan mercimek hamurunun yapışkanlık özelliği formülasyonlar arasında istatistiksel fark gözlemlenmemekle birlikte $0.5 - 0.4$ N arasında değişmiş ve en düşük yapışkanlık değerlerini vermiştir ($p < 0.05$). Fakat söz konusu düşük değerlerde hamur açılabilirlik nitelik göstermemiştir.

Tablo 4.11. Mercimek makarnası hamurunun yapışkanlık özellikleri.

Mercimek makarnası hamuru						
	t.b. < 100 µm		100µm < t.b. <355 µm		t.b. > 355 µm	
	Kuvvet (N)	Uzaklık (mm)	Kuvvet (N)	Uzaklık (mm)	Kuvvet (N)	Uzaklık (mm)
F₁	1.19 ±	0.72 ±	1.27 ±	0.69 ±	0.50 ±	0.93 ±
	0.16 ^{a,1}	0.16 ^{a,1,∅}	0.08 ^{a,1}	0.14 ^{a,1,∅}	0.04 ^{a,2,∅}	0.33 ^{a,b,2,∅}
F₂	0.91 ±	0.99 ±	1.02 ±	0.56 ±	0.50 ±	0.83 ±
	0.09 ^{b,1,∅}	0.30 ^{b,1,∅}	0.09 ^{b,1,3}	0.09 ^{a,3}	0.10 ^{a,2,∅}	0.15 ^{b,c,2,∅}
F₃	0.78 ±	0.84 ±	0.82 ±	0.96 ±	0.51 ±	1.04 ±
	0.08 ^{c,1,∅}	0.20 ^{a,1,∅}	0.12 ^{c,1,∅}	0.34 ^{b,1,2,∅}	0.09 ^{a,2}	0.19 ^{a,2,∅}
F₄	0.73 ±	0.52 ±	0.76 ±	0.92 ±	0.37 ±	0.77 ±
	0.06 ^{c,d,1,∅}	0.08 ^{c,1}	0.07 ^{c,1,∅}	0.13 ^{b,2,∅}	0.07 ^{b,2,∅}	0.10 ^{c,3,∅}
F₅	0.68 ±	0.53 ±	0.77 ±	0.64 ±	0.42 ±	0.71 ±
	0.08 ^{d,1,∅}	0.13 ^{c,1}	0.08 ^{c,1,∅}	0.10 ^{a,2,∅}	0.07 ^{b,2,∅}	0.18 ^{c,2,∅}

(a-d) farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

(1-3) farklı rakamlar aynı satırdaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Buğday makarnası hamuru: Kuvvet (N): 0.61 ± 0.22 ; Uzaklık (mm): 0.48 ± 0.13

∅: Buğday makarnası hamuru ile karşılaştırıldığında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Literatürde hamurda yapışkanlık değerinin artmasının hamurun işlenişinin zorlaştırdığı saptanmıştır. Örneğin, hamur açma işleminde hamurun kalınlığını ve dolayısıyla son ürünün kalınlığını belirleyen silindir açıklıkları, yapışkan bir hamurda, hamurun silindirlere yapışmasıyla giderek azalmakta ve hamur kalınlığı süreç devam ettikçe amaçlanan değerden giderek uzaklaşmaktadır. Kurutma değişkenleri gibi sonraki süreç değişkenleri amaçlanan kalınlık değerindeki hamur için belirlenmiş olduğundan, açma işleminde meydana gelen hatalar son ürün kalitesinin belirlenen standartların dışına çıkmasına neden olduğu da belirtilmektedir [178].

Tanecik büyüklüğü 355' den büyük μm olan undan hazırlanan mercimek hamurunun tüm formülasyonlar için yapışkanlık özelliği düşük çıkmasına rağmen hamur açılırken dağılmıştır. Bu nedenle hamurun işlenebilirliğinin değerlendirilmesi için yapışkanlık özelliğinin irdelenmesi yeterli olmayıp elastikiyet özelliğiyle birlikte değerlendirilmesinin gerekli olduğu düşünülmektedir.

4.2.3.2. Mercimek makarnası hamurunun elastikiyet özelliği

Farklı tanecik büyüklüklerine sahip unlardan 5 farklı formülasyonda hazırlanan hamurların ve buğday makarnası hamurunun elastikiyet özellikleri Tablo 4.12'de özetlenmiştir.

Elastikiyet özelliği, probun hamuru ne kadar kuvvetle kopardığı ve hangi uzaklıkta hamurda kopmanın gerçekleştiğinin bir ölçüsü olarak ifade edilmiştir. Hamurun kopması için gerekli olan kuvvetin artması ve hamurda kopmanın gerçekleştiği uzaklığın artması hamur elastikiyetinin daha fazla olduğu anlamına gelmektedir [178]. Mercimek makarnası hamurunun yapışkanlık özelliklerinden kuvvet değeri $0.22 \pm 0.03 - 0.58 \pm 0.05$ N arasında değişirken uzaklık değerleri ise $2.83 \pm 0.53 - 10.58 \pm 0.94$ mm arasında değişmiştir. Söz konusu değerler buğday makarnasında sırasıyla 0.46 ± 0.03 N ve 14.93 ± 0.26 mm bulunmuştur. Mercimek makarnası hamurunun elastikiyet değerleri mercimek makarnası üretimi ile ilgili önceden yapılmış bir çalışma olmadığından literatür ile doğrudan karşılaştırılamamıştır. Buğday makarnası için elde edilen veriler ise literatür (%12.5 protein içerikli buğday için 0.54 N) ile uyumlu bulunmuştur [178]. Tanecik büyüklüğü $355\mu\text{m}$ 'den büyük olan undan hazırlanan mercimek hamurunun tüm formülasyonlar için elastikiyet değerleri diğer tüm formülasyonlara göre daha düşük bulunmuştur ($p < 0.05$). Söz konusu tanecik büyüklüğünde hazırlanan hamurların açılırken dağılmasının nedeninin düşük elastikiyet değeri olduğu düşünülmektedir. Uygulanan kuvvet ve kopmanın yaşandığı uzaklık verileri değerlendirildiğinde formülasyondaki gam miktarı artışının hamurun elastikiyet özelliğinin artmasına katkıda bulunduğu saptanmıştır ($p < 0.05$).

Tablo 4.12. Mercimek makarnası hamurunun elastikiyet özellikleri.

Mercimek makarnası hamuru						
	t.b. < 100µm		100µm < t.b. <355 µm		t.b. > 355 µm	
	Kuvvet (N)	Uzaklık (mm)	Kuvvet (N)	Uzaklık (mm)	Kuvvet (N)	Uzaklık (mm)
F₁	0.22 ±	10.58 ±	0.28 ±	8.72 ±	0.23 ±	3.03 ±
	0.03 ^{a, 1, ϕ}	0.94 ^{a, 1, ϕ}	0.03 ^{a, 2, ϕ}	0.91 ^{a, 2, ϕ}	0.42 ^{a, 1, ϕ}	0.76 ^{a, 3, ϕ}
F₂	0.34 ±	9.05 ±	0.29 ±	9.36 ±	0.22 ±	3.07 ±
	0.03 ^{b, 1, ϕ}	2.45 ^{b, c, 1, ϕ}	0.02 ^{a, 2, ϕ}	0.72 ^{a, 1, ϕ}	0.02 ^{a, 3, ϕ}	0.84 ^{a, 2, ϕ}
F₃	0.48 ±	9.04 ±	0.44 ±	7.33 ±	0.28 ±	3.06 ± 0.
	0.07 ^{c, 1}	1.10 ^{b, c, 1, ϕ}	0.06 ^{b, 2}	1.44 ^{c, 2, ϕ}	0.06 ^{b, 3, ϕ}	59 ^{a, 3, ϕ}
F₄	0.77 ±	8.1 ± 1.14	0.58 ±	6.91 ±	0.36 ±	3.32 ±
	0.06 ^{d, 1, ϕ}	c, 1, ϕ	0.07 ^{c, 2, ϕ}	1.57 ^{c, d, 2, ϕ}	0.05 ^{c, 3, ϕ}	0.40 ^{a, 3, ϕ}
F₅	0.58 ±	9.40 ±	0.50 ±	6.26 ±	0.38 ±	2.83 ±
	0.05 ^{e, 1, ϕ}	0.81 ^{b, 1, ϕ}	0.04 ^{d, 2, ϕ}	1.02 ^{d, 2, ϕ}	0.05 ^{c, 3, ϕ}	0.53 ^{a, 3, ϕ}

(a-e) farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

(1-3) farklı rakamlar, aynı satırdaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Buğday makarnası hamuru: Kuvvet (N): 0.46 ± 0.03 Uzaklık (mm): 14.93 ± 0.26

ϕ: Buğday makarnası hamuru ile karşılaştırıldığında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

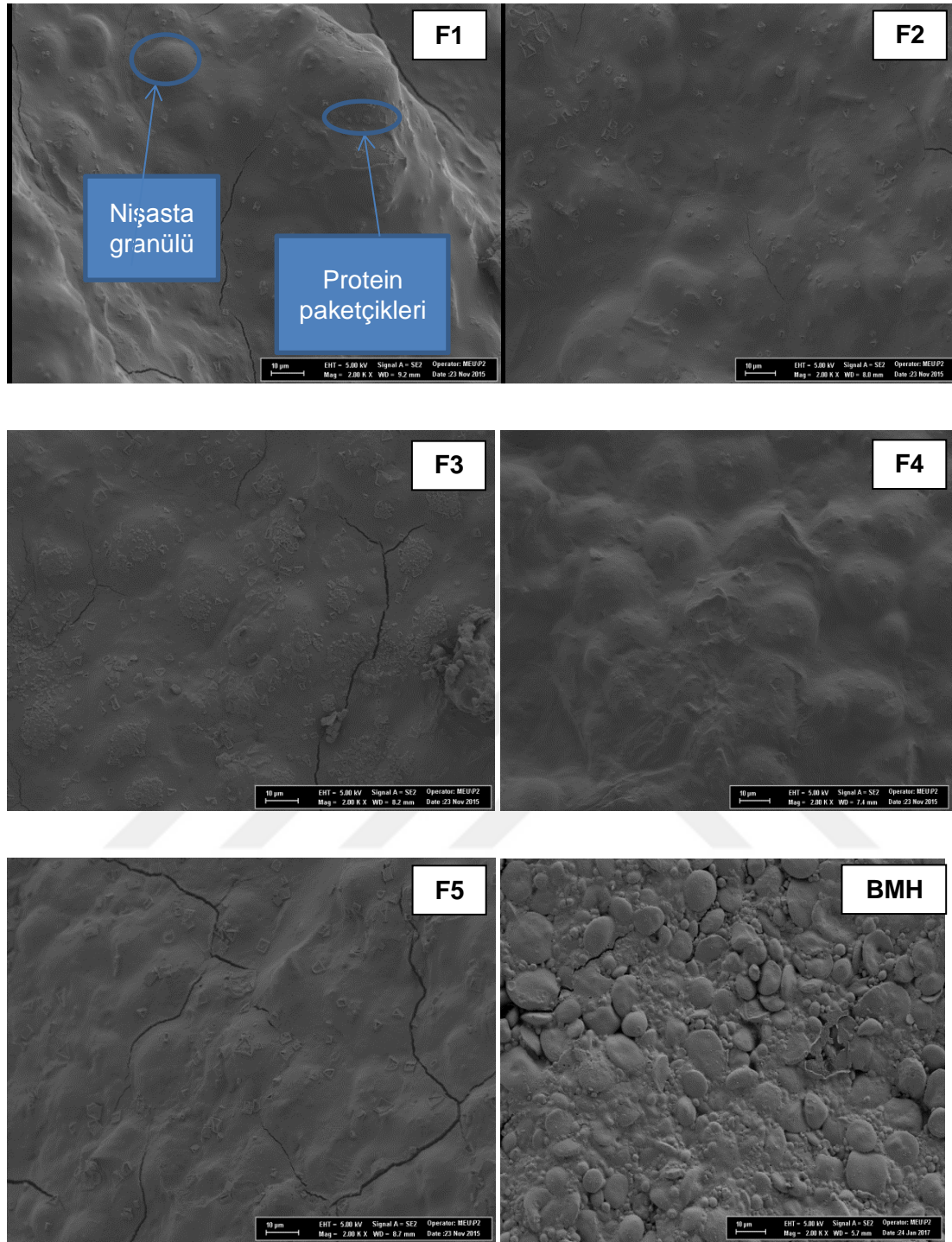
Erişte ve makarna üretiminde kullanılan geleneksel olmayan hammaddelerin (pirinç, mısır, çavdar, arpa, karabuğday ve baklagiller) ortak özelliği buğday makarnasında doku oluşumunu sağlayan ve kalite özelliklerinin belirlenmesinde baskın rol oynayan gluten içermemeleridir. Makarnada gluten, yoğurma ve ekstrüzyon sonrasında hamur gelişimini sağlayan ve pişme sırasında kaynar suda dağılmayı önleyen matriks yapısının oluşumunu sağlayan doku ve yapı proteindir. Gluten matriksi makarnanın kalitesini belirleyen önemli bir değişkendir. Gluten yokluğunun, hamura su ilave edilmeden ve yoğrulmadan önce formülasyona prejelatinize nişasta veya mısır nişastası karıştırılarak ya da yoğurma veya

ekstrüzyon aşamasında bazı nişastaların jelatinize olması ile giderilebileceği bildirilmektedir. Yumurta gibi fosfolipidleri içeren emulsiye edici maddeler ve bununla birlikte çözeltileri yüksek viskoelastik özelliklere sahip ksantan gam, keçiyoynuzu gamı gibi nişasta dışı polisakkaritler glutenin özelliklerini taklit ederek makarnanın elastik tekstürünün oluşmasında ve kararlılığının korunmasında kullanılabilir [100]. Mercimek makarnası hamurunda gluten matriksini taklit etmek için kullanılan yumurta ve keçiyoynuzu gamının hamurun elastikiyeti üstünde literatürde de belirtildiği gibi etkili olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Elde edilen bulgular ve araştırmacının deneyimleri göz önüne alındığında $100\mu\text{m} < \text{t.b.} < 355\mu\text{m}$ ve $\text{t.b.} < 100\mu\text{m}$ olan hamurların F3, F4 ve F5 formülasyonlarının işlenebilirliğinin F1 ve F2 formülasyonlarına göre daha kolay olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$).

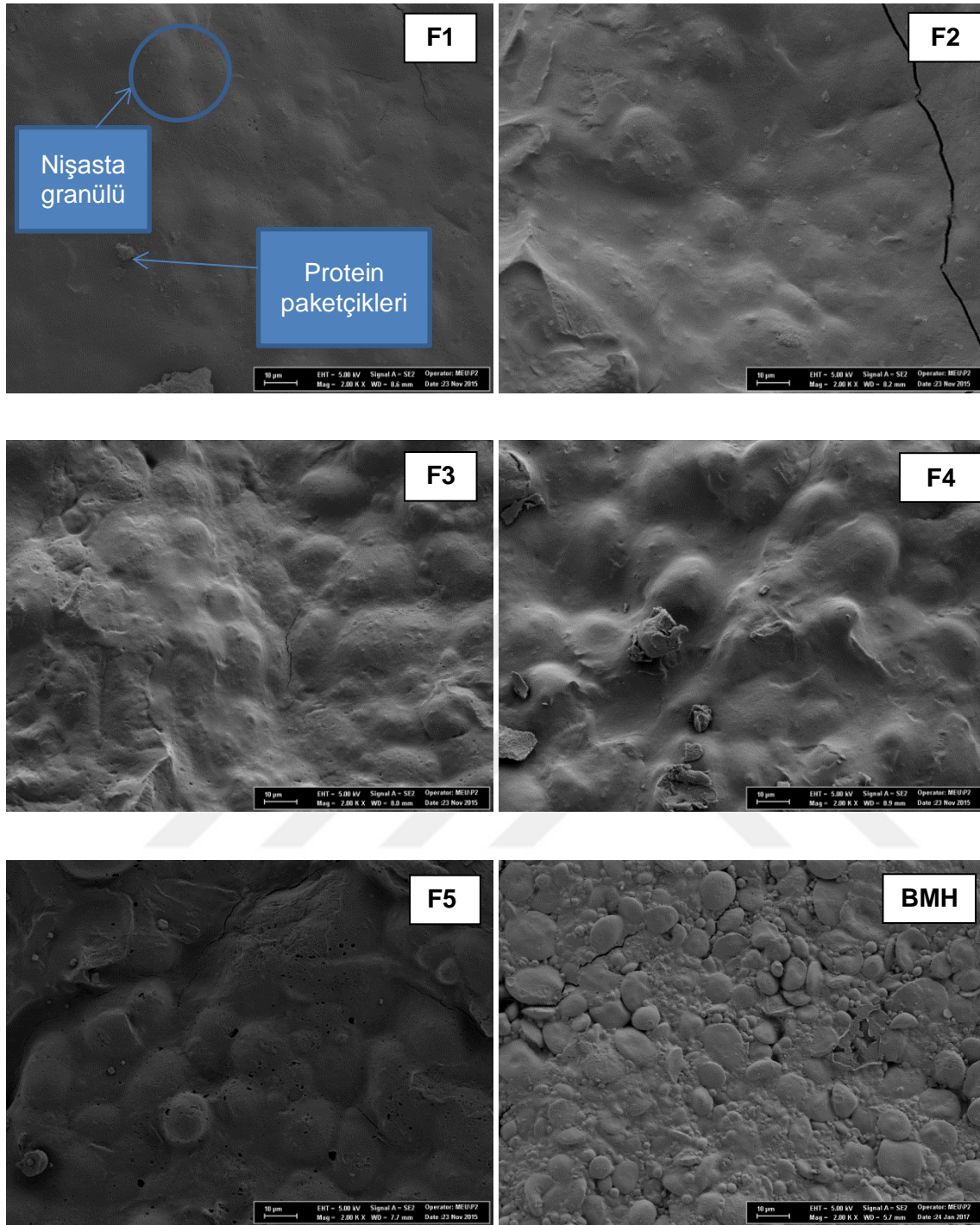
Sonuç olarak, hamurun dokusal özelliklerinin belirlenmesinden elde edilen bulgular hamurun yapışkanlık ve elastikiyet özelliklerinin makarnaya işlenebilirliğini yakından etkilediğini işaret etmektedir. Hamur işlenebilirliği göz önünde bulundurulduğunda $\text{t.b.} < 100\mu\text{m}$ ve $100 < \text{t.b.} < 355\mu\text{m}$ unların yapışkanlık ve elastikiyet verileri dikkate alındığında F5 başta olmak üzere F3 ve F4 formülasyonlarının hamur işlenebilirliği açısından daha uygun olduğu saptanmıştır.

4.2.4. Mercimek Makarnası Hamurunun Mikroyapısı

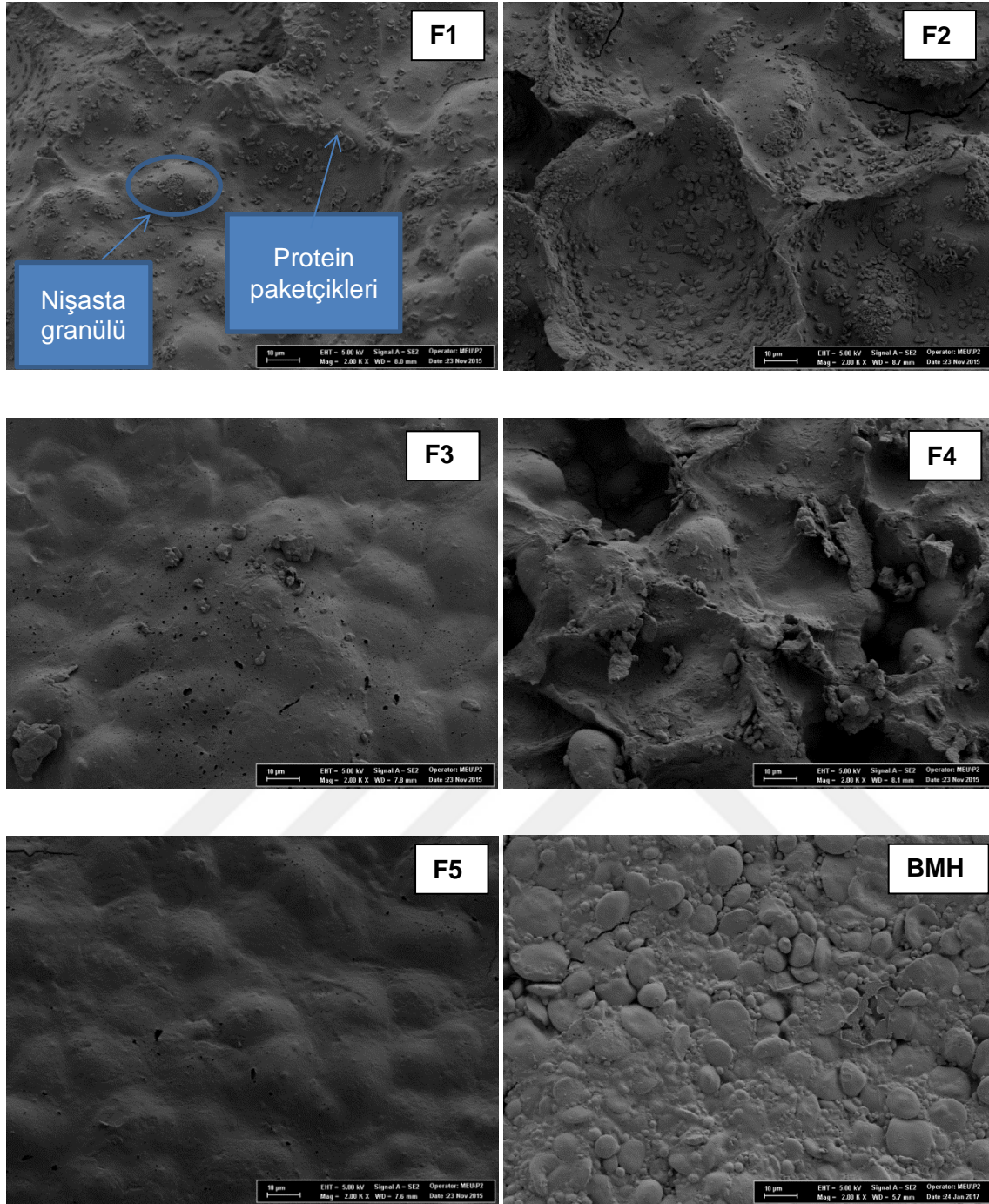
Farklı tanecik büyüklüklerine sahip unlardan 5 farklı formülasyonda hazırlanan mercimek makarnası hamurlarının (F1, F2, F3, F4, F5) ve buğday makarnası hamurunun (BMH) mikroyapısına ilişkin SEM görüntüleri Şekil 4.10, 4.11 ve 4.12'de verilmiştir.



Şekil 4.10. Mercimek makarnası hamurlarının SEM görüntüleri (t.b.<100µm, F1-F5, × 2000).



Şekil 4.11. Mercimek makarnası hamurlarının SEM görüntüleri ($100\mu\text{m} < \text{t.b.} < 355\mu\text{m}$, F1-F5, $\times 2000$).



Şekil 4.12. Mercimek makarnası hamurlarının SEM görüntüleri (t.b.>355µm, F1-F5, × 2000).

Şekil 4.10, 4.11 ve 4.12 incelendiğinde kırmızı mercimek ununun birbirinden bağımsız küresel yapıda nişasta molekülleri ve düzensiz yapıda protein paketçiklerinin (Bknz. Şekil 4.2) suyun ve yapılandırıcı maddelerin formulasyona girmesiyle birbiri ile kaynaştığı ve bir film tabakası ile örtüldüğü gözlemlenmiştir. Bununla birlikte t.b. > 355 µm olan hamur formulasyonlarında (F5 formulasyonu dışında) diğer formulasyonlar ile karşılaştırıldığında kaynaşmanın iyi sağlanamadığı gözlemlenmektedir. Bunun nedeninin söz konusu örneğin tanecik büyüklüğü dağılımının geniş bir aralıkta olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Söz konusu tanecik büyüklüğünün F5 formulasyonunda diğer tanecik büyüklüklerinde olduğu gibi bir film tabakası oluşabilmiştir. Bunun nedenininin F5 formulasyonunun, en yüksek miktarda gamin kullanıldığı formulasyon olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu durumda gamin yapıştırıcı ve jelleştirici özelliği ile kaynaşma sağlanmış ve film tabakası oluşabilmiştir. Hamur denemelerinden elde edilen bulgulardan (Bknz. Şekil 4.9) t.b. < 100µm, 100µm < t.b. < 355µm unlardan hazırlanan hamurların açılabilirdiği, t.b. > 355µm olan unlardan hazırlanan hamurların açılmadığı saptanmıştır. Söz konusu bulguyu SEM'den elde edilen hamur görüntüleri ile açıklamak mümkündür. Yeterince kaynaşmayan bileşenler açılırken yırtılmıştır (Bknz. Şekil 4.9). Kırmızı mercimek hamuru için elde edilen SEM görüntüleri mercimek makarnası üretimi ile ilgili önceden yapılmış bir çalışma olmadığından literatür ile doğrudan karşılaştırılamamıştır. Buğday makarnası hamuru için elde edilen SEM görüntüleri literatürdeki SEM görüntüleri ile benzerlik göstermektedir [180]. Suyla karışan buğday irmiğinde bulunan nişasta ve gluten proteinleri birbiri ile kaynaşmıştır. Gluten proteinleri yüzeyde bir film tabakası oluşturmuş ve irili ufaklı nişasta granülleri de yüzeyde engebeli bir yapıya neden olmuştur [180].

Tanecik büyüklüğü dağılımının küçülmesi ve dar bir aralıkta dağılması hamurun daha tekdüze ve iyi karışmasına neden olmuştur. Bu nedenle özellikle t.b. < 100µm ve 100µm < t.b. < 355 µm, F1-F5 hamurları için protein ve nişasta matriksinin birbiri içinde kaynaşmış olduğu gözlemlenmektedir. Buğday makarnası hamurunda glutenin oluşturduğu film tabakasının mercimek makarnası hamurlarında yapılandırıcı maddeler ile taklit edilebildiği saptanmıştır. Elde edilen hamurun daha homojen olması bu hamurun hem süreç kolaylığını hem de son ürünün standart ve istenilen şekilde üretilmesi açısından önemlidir. Bu nedenle tanecik büyüklüğü küçük ve dar bir aralıkta yayılan un kullanılmasının mercimek makarnası üretiminde daha iyi sonuçlar vereceği SEM görüntüleri ile desteklenmektedir.

Mercimek makarnası hamurunda yapılan fizikokimyasal ve mikroyapı analizlerinden elde edilen bulgular değerlendirildiğinde t.b. < 100µm ve 100µm < t.b. < 355 µm, F1 - F5 hamurlarının makarna üretimine uygun olduğunu göstermiştir. Özellikle hamurun dokusal

özellikleri dikkate alındığında her iki tanecik büyüklüğü için F3, F4 ve F5 formülasyonları işlenebilirlik açısından daha iyi olarak değerlendirilmektedir.

Mercimek makarnası hamurunun da yapılan analizler ile hamurunun fizikokimyasal özellikleri ve işlenebilirliğini ortaya koymuştur. Mercimek makarnası hamuru için elde edilen veriler aynı zamanda potansiyel taze mercimek makarnasının üretimi için de bir veri tabanı oluşturmuştur.

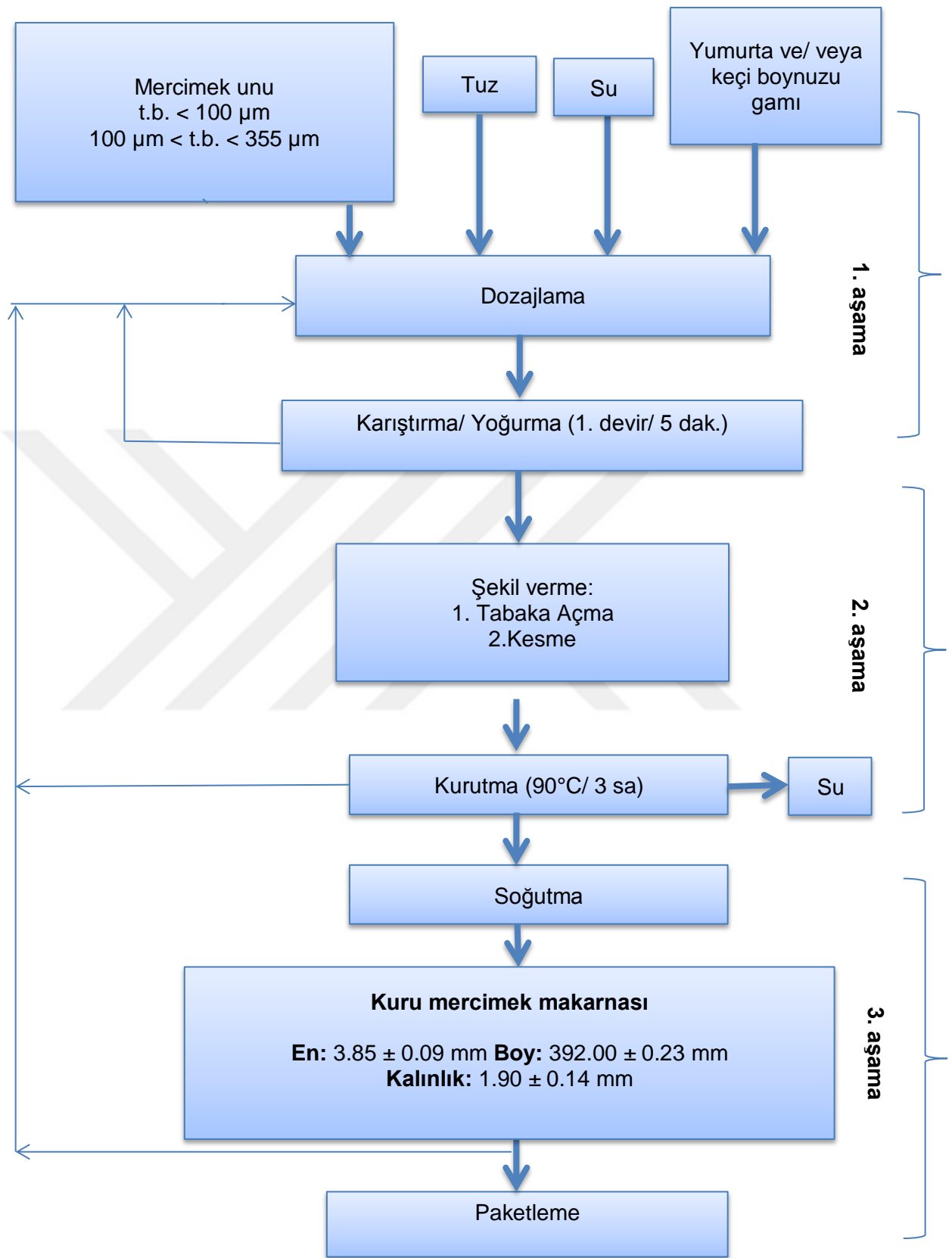
4.3. Kuru Mercimek Makarnası Üretim Yöntemi

Kuru mercimek makarnası üretimi akım şeması Şekil 4.13'de verilmiştir. Mercimek makarnası üretim yöntemi mercimek unu, su, yumurta, keçiyoynuzu gamı ve tuzun karıştırılarak homojen bir hamur haline getirilmesi, hamura şekil verilip kurutulmasıyla üretilmiştir [181].

Aşama 1. Dozajlama-Karıştırma ve Yoğurma: Mercimek unu, su, yumurta ve/veya keçi yoynuzu gamı, ve tuzun karıştırılıp yoğurularak homojen ve açılabilir nitelikte bir hamur elde edilmiştir.

Aşama 2. Şekil verme: Aşama 1'de elde edilen hamur kademeli olarak açılarak tabaka haline getirilir ve tabakadan farklı şekillerde taze mercimek makarnası elde edilmiştir.

Aşama 3. Kurutma: Aşama 2'de elde edilen taze mercimek makarnası su etkinliği 0.60'ın ve toplam rutubeti % 14'ün altına düşünceye kadar kurutulmuştur. Oda sıcaklığına kadar soğutulularak elde edilen ürün kuru mercimek makarnası olarak adlandırılmıştır.



Şekil 4.13. Kuru mercimek makarnası üretimi.

4.3.1. Kuru Mercimek Makarnasının Fizikokimyasal Özellikleri

Makarnanın fizikokimyasal özelliklerinden nem miktarı, su etkinliği değeri, kül miktarı, ham protein, ham yağ, toplam karbonhidrat, gluten içeriği, renk değerleri ve mikroyapısı incelenmiştir. Analizler iki farklı tanecik büyüklüğü dağılımına sahip mercimek unlarında elde edilen makarnaların her bir formülasyonu ve buğday makarnası için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular Tablo 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18, 4.19, 4.20’de özetlenmiştir.

4.3.1.1. Kuru mercimek makarnasının nem içeriği

Farklı tanecik büyüklüklerine sahip unlardan 5 farklı formülasyonda hazırlanan mercimek makarnalarının ve buğday makarnasının nem miktarı değerleri Tablo 4.13’de özetlenmiştir.

Tablo 4.13. Mercimek makarnalarının nem içerikleri (%).

	Mercimek makarnası	
	t.b.<100µm	100µm < t.b. <355 µm
F₁	7.00 ± 0.40 ^{a, b, 1, ϕ}	7.88 ± 0.18 ^{b, 2, ϕ}
F₂	6.78 ± 0.48 ^{a, 1, ϕ}	7.22 ± 0.30 ^{a, 1, ϕ}
F₃	6.55 ± 0.26 ^{a, 1, ϕ}	8.00 ± 0.17 ^{b, 2, ϕ}
F₄	8.07 ± 0.64 ^{c, 1, ϕ}	8.66 ± 0.23 ^{c, 2}
F₅	7.45 ± 0.08 ^{b, 1, ϕ}	9.15 ± 0.38 ^{d, 2}

(a-d) farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

(1-2) farklı rakamlar, aynı satırdaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Buğday makarnası nem içeriği: % 9.18 ± 0.37

ϕ: Buğday makarnası ile karşılaştırıldığında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Kuru makarnanın nem içeriği makarnanın mikrobiyal kararlılığı ve dokusal özellikleri ile yakından ilgilidir. Elde edilen bulgular kuru mercimek makarnasının her iki tanecik

boyutundaki tüm formulasyonlarda ve buğday makarnasında, nem içeriğinin % 10'un altında olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada mercimek makarnası hamuruna ve buğday makarnası hamuruna şekil verildikten sonra (taze mercimek makarnası ve taze buğday makarnası) elde edilen nem içeriği % 26 - 31 arasında saptanmıştır. Uygulanan yüksek sıcaklıkta kısa süreli kurutma ile (90 °C/ 3 sa) son ürünün nem değeri denenen tüm formulasyonlar için % 10' un altına çekilebilmiştir. Elde edilen bulgular kuru mercimek makarnasının mikrobiyal açıdan güvenli bir nem değerinde olduğunu göstermektedir. Türk Gıda Kodeksi Makarna (buğday makarnası) Tebliği'nde (No 2002/ 20) [51] makarnanın nem içeriğinin en fazla % 13 olması istenmektedir. Buğday ve buğday dışı hammaddelerden elde edilen tüm makarnalarda da kuru makarnanın nem içeriği %6-12 arasında saptanmıştır [161, 182, 183]. Bu çalışmadan elde edilen bulgular literatür ile uyumlu olup makarnanın nem değerinin kuru makarnanın mikrobiyal güvenliği açısından uygun olduğunu ve uygulanan kurutma işleminin yeterli olduğunu göstermektedir.

4.3.1.2. Kuru mercimek makarnasının su etkinliği

Farklı tanecik büyüklüklerine sahip unlardan 5 farklı formulasyonda hazırlanan mercimek makarnalarının ve buğday makarnasının su etkinliği değerleri Tablo 4.14'de özetlenmiştir.

Kuru makarnanın su etkinliği de makarnanın mikrobiyal kararlılığı ile yakından ilgili olan başka bir fizikokimyasal özelliktir ve mikrobiyal kararlılığın sağlanması için sınır değer 0.6 olarak ifade edilir [184]. Bu çalışmada mercimek makarnası hamuruna ve buğday makarnası hamuruna şekil verildikten sonra (taze mercimek makarnası ve buğday makarnası) elde edilen su etkinliği değerleri 0.89 - 0.98 arasında saptanmıştır. Uygulanan yüksek sıcaklıkta kısa süreli kurutma ile (90 °C/ 3 sa) son ürünün su etkinliği değeri denenen tüm formulasyonlar için 0.6'nın altına çekilmiştir. Elde edilen bulgular kuru mercimek makarnasının mikrobiyal açıdan güvenli bir su etkinliği değerinde olduğunu göstermektedir. Shelly ve ark. (2008) [185] tüm hazır gıdaların su etkinliklerini araştırdıkları bir deneysel tarama çalışmasında buğday ve buğday dışı hammaddelerden elde edilen tüm ticari makarnaların su etkinliği değerlerini 0.4-0.6 aralığında saptamışlardır. Bu çalışmadan elde edilen bulgular literatür ile uyumlu olup makarnanın su etkinliği değerinin de kuru makarnanın mikrobiyal güvenliği açısından uygun olduğunu ve uygulanan kurutma işleminin yeterli olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.14. Mercimek makarnalarının su etkinliği değerleri.

Mercimek makarnası		
	t.b. < 100µm	100µm < t.b. <355 µm
F₁	0.41 ± 0.00 a, 1, ϕ	0.46 ± 0.00 a, 2, ϕ
F₂	0.42 ± 0.00 b, 1, ϕ	0.43 ± 0.00 b, 2, ϕ
F₃	0.39 ± 0.00 c, 1, ϕ	0.47 ± 0.00 c, 2, ϕ
F₄	0.44 ± 0.00 d, 1, ϕ	0.50 ± 0.00 d, 2, ϕ
F₅	0.43 ± 0.00 e, 1, ϕ	0.51 ± 0.00 e, 2, ϕ

(a-e) farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

(1-2) farklı rakamlar, aynı satırdaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Buğday makarnası su etkinliği değeri: 0.51 ± 0.00

ϕ: Buğday makarnası ile karşılaştırıldığında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

4.3.1. 3. Kuru mercimek makarnasının kül içeriği

Farklı tanecik büyüklüklerine sahip unlardan 5 farklı formülasyonda hazırlanan mercimek makarnalarının ve buğday makarnasının kül miktarı değerleri Tablo 4.15'de özetlenmiştir.

Kuru makarnanın kül içeriği makarnanın önemli bir kalite özelliği olan renk değerleri ile yakından ilgilidir. Buğday makarnası üretiminde kullanılacak hammadde ve kuru makarnanın kül içeriğinin belirli bir sınırın üstünde olması istenmez [51, 105, 107]. Bu çalışmada mercimek makarnası ve buğday makarnası yapımında kullanılan mercimek ununun ve buğday irmiğinin kül içerikleri değerleri de sırasıyla 2.36 ve 0.83 arasında saptanmıştı. Kuru mercimek makarnasının da her iki tanecik boyutunda üretilen tüm formülasyonlarındaki kül içeriği buğday makarnası ile karşılaştırıldığında önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). Kuru mercimek makarnasının kül içeriği her iki tanecik boyutunda da yumurta kullanılan formülasyonlarda (F1, F2, F3ve F4) önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). Mercimek makarnaları arasında en düşük kül içeriği ise her iki tanecik boyutunda yapılandırıcı madde

olarak yalnızca keçiyoynuzu gamı bulunan formulasyonlarında (F5) ($p < 0.05$) bulunmuştur. Literatürde buğday dışı hammaddelerle yapılan makarna çalışmalarında kül içeriğinin kullanılan hammaddeye göre farklılık göstermekle birlikte buğday makarnası ile karşılaştırıldığında daha yüksek değerler gösterdiği saptanmıştır [103, 105, 110, 186]. Petitot ve ark. [105] buğday ununa ayrı ayrı % 35 oranında bezelye unu ve bakla unu ekleyerek iki ayrı makarna üretimi denemesi yapmışlardır. Elde ettikleri kuru makarnaların kül değerlerini sırasıyla % 1.9 ve %1.8 olarak belirlerken sadece buğday unundan üretilen kontrol örneğinin kül değerinin ise % 1 olarak belirlemişlerdir. Söz konusu bu farklılığın formulasyona katılan baklagil unlarının sahip olduğu yüksek mineral içeriği ile açıklamışlardır.

Tablo 4.15. Mercimek makarnalarının kül içerikleri (%).

Mercimek makarnası		
	t.b.<100 μ m	100 μ m < t.b. <355 μ m
F ₁	2.80 \pm 0.05 ^{a,1,ϕ}	2.80 \pm 0.02 ^{a,1,ϕ}
F ₂	2.64 \pm 0.01 ^{b,1,ϕ}	2.64 \pm 0.03 ^{b,1,ϕ}
F ₃	2.57 \pm 0.03 ^{c,1,ϕ}	2.57 \pm 0.05 ^{c,1,ϕ}
F ₄	2.46 \pm 0.01 ^{d,1,ϕ}	2.46 \pm 0.02 ^{d,1,ϕ}
F ₅	2.37 \pm 0.01 ^{e,1,ϕ}	2.37 \pm 0.02 ^{e,1,ϕ}

(a-e) farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

(1-2) farklı rakamlar, aynı satırdaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Buğday makarnası kül içeriği: % 0.84 \pm 0.01

ϕ: Buğday makarnası ile karşılaştırıldığında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Türk Gıda Kodeksi Makarna Tebliği'nde [51] sade buğday makarnasının kül içeriğinin en çok % 1 tam buğday makarnasının ise en çok %2 olması istenmektedir. Bu çalışmada elde edilen buğday makarnasının kül içeriği (0.84 \pm 0.01) belirlenen yasal sınırlar için de kalmış ve literatürle de uyumlu bulunmuştur [51, 161].

Sonuç olarak mercimek makarnasının kül içeriği buğday makarnası ile karşılaştırıldığında oldukça yüksektir ($p < 0.05$). En yüksek kül içeriği en çok yumurta içeren F1 formülasyonlarında bulunurken en düşük kül içeriği ise en keçiboynuzu gamı içeren F5 formülasyonlarında bulunmuştur ($p < 0.05$).

4.3.1. 4. Kuru mercimek makarnasının ham protein içeriği

Farklı tanecik büyüklüklerine sahip unlardan 5 farklı formülasyonda hazırlanan mercimek makarnalarının ve buğday makarnasının ham protein miktarı değerleri Tablo 4.16'da özetlenmiştir.

Tablo 4.16. Mercimek makarnalarının ham protein içerikleri (%).

Mercimek makarnası		
	t.b.<100 μ m	100 μ m < t.b. <355 μ m
F ₁	32.35 \pm 0.04 ^{a, 1, \diamond}	32.40 \pm 0.05 ^{a, 1, \diamond}
F ₂	31.05 \pm 0.05 ^{b, 1, \diamond}	31.12 \pm 0.06 ^{b, 1, \diamond}
F ₃	29.75 \pm 0.06 ^{c, 1, \diamond}	29.92 \pm 0.05 ^{c, 1, \diamond}
F ₄	28.49 \pm 0.05 ^{d, 1, \diamond}	28.74 \pm 0.12 ^{d, 1, \diamond}
F ₅	27.16 \pm 0.01 ^{e, 1, \diamond}	27.39 \pm 0.02 ^{e, 1, \diamond}

(a-e) farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

(1-2) farklı rakamlar, aynı satırdaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Buğday makarnası ham protein içeriği: % 12.83 \pm 0.01

\diamond : Buğday makarnası ile karşılaştırıldığında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Makarnanın protein içeriği makarna kalitesi ve besleyici değeri açısından önem taşımaktadır. Makarna kalitesi ile protein içeriği ilişkisi gluten proteinleri açısından önemlidir ve bu durum proteinin teknolojik kalitesi olarak nitelendirilir. Bu nedenle buğday makarnalarının protein içeriği ve kalitesi yüksek durum irmiğinden yapılması istenir. Buğday dışı hammaddelerden elde edilen makarnalarda ise protein içeriği makarna kalitesi açısından kritik değildir çünkü bu makarnaların üretildiği hammaddelerin protein yapıları makarna

kalitesinden sorumlu gluten proteinlerinden yoksundur. Bu tür makarnalarda protein içeriğinin besleyici değer açısından daha önemli olduğu değerlendirilir [82].

Bu çalışmada mercimek makarnası ve buğday makarnası yapımında kullanılan mercimek unun ve buğday ununun protein içerikleri değerleri sırasıyla 26.63 ve 12.38 olarak saptanmıştır. Kuru mercimek makarnasının protein içeriği de her iki tanecik boyutunda üretilen tüm formülasyonlarda (F1, F2, F3, F4 ve F5) buğday makarnası ile karşılaştırıldığında önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). Mercimek makarnası üretiminde formülasyonda yumurtanın kullanılmasının protein içeriğini arttırdığı saptanmıştır ($p < 0.05$). Formülasyonda yapılandırıcı madde olarak yalnızca yumurtanın kullanıldığı mercimek makarnasının protein içeriği (F1) kullanılan her iki tanecik boyutu için de en yüksek değeri göstermiştir ($p < 0.05$). Mercimek makarnaları arasında en düşük protein içeriği ise her iki tanecik boyutunda da yapılandırıcı olarak yalnızca keçiyoynuzu gamının kullanıldığı F5 formülasyonlarında ($p < 0.05$) bulunmuştur. Literatürde buğday dışı hammaddelerle yapılan makarna çalışmalarında protein içeriğinin kullanılan hammaddeye göre farklılık göstermekle birlikte buğday makarnası ile karşılaştırıldığında daha yüksek değerler gösterdiği saptanmıştır [105, 182]. Literatürde glutensiz makarnaların protein içeriğini yükseltmeye yönelik farklı çalışmalar gerçekleştirilmiştir [107, 187, 188, 189]. Söz konusu çalışmalarda glutensiz makarna için belirlenen en yüksek protein içeriği 13.95 olarak rapor edilmiştir. Bu çalışmada her iki tanecik boyutunda üretilen tüm formülasyonlar için rapor edilen protein içeriği şimdiye kadar literatürde gluten içermeyen hammaddelerden elde edilen makarnalar için rapor edilen en yüksek protein içeriğidir ($p < 0.05$) [91, 105, 115, 182, 187].

Türk Gıda Kodeksi Makarna Tebliği'nde [51] sade ve zenginleştirilmiş, tam ve güçlendirilmiş buğday makarnasının protein içeriğinin sırasıyla en az %10.5, %11 ve %15.5 olması istenmektedir. Bununla birlikte literatürde de buğday makarnasının üretiminde kullanılan hammaddenin protein içeriğine göre %12 - 17.6 arasında olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada elde edilen buğday makarnasının protein içeriği (12.38 ± 0.01) belirlenen yasal sınırlar için de kalmış ve literatürle uyumlu bulunmuştur [51, 161].

Sonuç olarak mercimek makarnasının protein içeriği hem buğday makarnası hem de buğday dışı hammaddelerle yapılan makarna denemelerinin protein içeriklerinden oldukça yüksektir ($p < 0.05$). Mercimek makarnasının yüksek protein içeriğinin geliştirilen yeni ürünün besleyici değeri açısından önemli olduğu düşünülmektedir. Protein içeriği yüksek olan mercimek makarnasının yalnızca sağlıklı bir diyetle değil özel amaçlı diyetlerde de (sporcu beslenmesi, yüksek proteinli diyetler ve glutensiz diyetler) yer alabileceği öngörülmektedir.

4.3.1.5. Kuru mercimek makarnasının ham yağ içeriği

Farklı tanecik büyüklüklerine sahip unlardan 5 farklı formülasyonda hazırlanan mercimek makarnalarının ve buğday makarnasının ham yağ miktarı değerleri Tablo 4.17’de özetlenmiştir.

Tablo 4.17. Mercimek makarnalarının ham yağ içerikleri (%).

Mercimek makarnası		
	t.b.<100µm	100µm < t.b. <355 µm
F ₁	1.74 ± 0.01 ^{a, 1, ϕ}	2.08 ± 0.34 ^{a, 1, ϕ}
F ₂	1.47 ± 0.01 ^{b, 1, ϕ}	2.10 ± 0.01 ^{a, 2, ϕ}
F ₃	1.13 ± 0.05 ^{c, 1, ϕ}	1.21 ± 0.07 ^{b, 1, ϕ}
F ₄	0.96 ± 0.02 ^{d, 1, ϕ}	0.97 ± 0.02 ^{c, 1, ϕ}
F ₅	0.93 ± 0.01 ^{d, 1, ϕ}	0.95 ± 0.01 ^{c, 1, ϕ}

(a-d) farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

(1-2) farklı rakamlar, aynı satırdaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Buğday makarnası ham yağ içeriği: % 2.64 ± 0.37

ϕ: Buğday makarnası ile karşılaştırıldığında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Makarnanın yağ içeriği besleyici değeri ve ürünün enzimatik kararlılığı açısından önem taşımaktadır. Buğday makarnası kompleks karbonhidratlarca zengin, orta dereceli protein içeriği ve düşük yağ içeriği ile tanımlanır [82]. Diğer taraftan buğdayın yağ içeriğinin yüksek olması olası yağ peroksidasyonunu potansiyelini arttırabilir. Bu durum hammadde ve elde edilen son ürün kalitesinde olumsuzluğa neden olabilir. Çünkü lipoksigenazlar doymamış yağ asitlerini peroksidasyona uğratarak aynı anda ksantofil ve lütein başta olmak üzere karotenoidlerin de dolaylı oksidasyonuna (ko-oksidasyon) neden olarak rengin açılmasına yol açmaktadır [132]. Bununla birlikte baklagillerde de lipoksigenazlar hammadde ve son üründe de enzimatik kararlılığı olumsuz etkileyerek farklı koku oluşumlarına neden olduklarından ürünlerin duyu kalitesini düşürebilmektedirler. Bu nedenle düşük yağ içeriği potansiyel enzimatik bozulmayı azaltılmasına yardımcı olabilir [190].

Bu çalışmada mercimek makarnası ve buğday makarnası yapımında kullanılan mercimek unun ve buğday ununun yağ içerikleri değerleri sırasıyla 2.30 ± 0.04 ve 0.92 ± 0.04 olarak saptanmıştır. Kuru mercimek makarnasının yağ içeriği de her iki tanecik boyutunda üretilen tüm formülasyonlarda (F1, F2, F3, F4 ve F5) buğday makarnası ile karşılaştırıldığında önemli derecede düşük bulunmuştur ($p < 0.05$). Mercimek makarnası üretiminde formülasyonda yumurtanın kullanılmasının yağ içeriğini arttırdığı saptanmıştır ($p < 0.05$). Formülasyonda yapılandırıcı madde olarak yalnızca yumurtanın kullanıldığı mercimek makarnasının yağ içeriği kullanılan her iki tanecik boyutu için de en yüksek değeri göstermiştir ($p < 0.05$). Mercimek makarnaları arasında en düşük yağ içeriği ise her iki tanecik boyutunda yapılandırıcı olarak yalnızca keçiyoynuzu gamının kullanıldığı F5 formülasyonlarında ($p < 0.05$) bulunmuştur. Bunun nedeni formülasyona eklenen yumurtanın yağ içeriğinin keçiyoynuzu gamına göre daha yüksek olmasıdır. Kuru mercimek makarnasının her iki tanecik boyutunda üretilen tüm formülasyonlarındaki yağ içeriği buğday makarnası ile karşılaştırıldığında önemli derecede yüksektir ($p < 0.05$). Literatürde buğday dışı hammaddelerle yapılan makarna çalışmalarında yağ içeriğinin kullanılan hammaddeye göre farklılık göstermekle birlikte buğday makarnası ile karşılaştırıldığında daha düşük değerler gösterdiği saptanmıştır [191].

Türk Gıda Kodeksi Makarna Tebliği'nde [51] buğday makarnasının yağ içeriği hakkında herhangi bir sınır bulunmamaktadır. Bununla birlikte literatürde de buğday makarnasının üretiminde kullanılan hammaddenin yağ içeriğine göre %1 - 3 arasında olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada elde edilen buğday makarnasının yağ içeriği (2.30 ± 0.04) literatürle de uyumlu bulunmuştur [191, 192].

Sonuç olarak mercimek makarnası buğday makarnası gibi yağ içeriği düşük bir gıda olarak değerlendirilebilir ($p < 0.05$). Mercimek makarnasının düşük yağ içeriğinin (%2'den az)

geliştirilen yeni ürünün besleyici değeri açısından olumlu olduğu değerlendirilmektedir. Bununla birlikte elde edilen bulgular mercimek makarnasının her iki tanecik boyutunda da özellikle F5 formülasyonunun enzimatik kararlılığının da yüksek olduğunu işaret etmektedir.

4.3.1.6. Kuru mercimek makarnasının toplam karbonhidrat içeriği

Farklı tanecik büyüklüklerine sahip unlardan 5 farklı formülasyonda hazırlanan mercimek makarnalarının ve buğday makarnasının toplam karbonhidrat miktarı değerleri Tablo 4.18'de özetlenmiştir.

Tablo 4.18. Mercimek makarnalarının toplam karbonhidrat içerikleri (%).

Mercimek makarnası		
	t.b.<100µm	100µm < t.b. <355 µm
F₁	56.11 ± 0.41 ^{a,1,∅}	54.85 ± 0.42 ^{a,2∅}
F₂	58.06 ± 0.49 ^{b,1∅}	56.91 ± 0.31 ^{b,2∅}
F₃	60.00 ± 0.23 ^{c,1∅}	58.30 ± 0.16 ^{c,2∅}
F₄	60.02 ± 0.61 ^{c,1∅}	59.17 ± 0.30 ^{d,2∅}
F₅	62.09 ± 0.12 ^{d,1∅}	60.16 ± 0.39 ^{e,2∅}

(a-e) farklı harfler, aynı sütündeki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

(1-2) farklı rakamlar, aynı satırdaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Buğday makarnası toplam karbonhidrat içeriği: % 74.96 ± 0.34

∅: Buğday makarnası ile karşılaştırıldığında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Makarnanın toplam karbonhidrat içeriği besleyici değeri, ürünün pişme ve duysal kalitesi açısından önem taşımaktadır. DSÖ özellikle kompleks karbonhidratlarca zengin tam buğday unundan üretilen makarnaların ve baklagillerin sağlıklı bir diyetle tüketilmesi gereken gıdalar arasında göstermektedir [13, 82]. Diğer taraftan buğdayın karbonhidratça zengin olması buğdaydan un üretimi sırasında meydana gelen ve makarnanın pişme kalitesi ve dolayısıyla duysal kalitesini etkileyen potansiyel nişasta zedelenmesi için uygun bir zemin hazırlar. Nişasta zedelenmesi arttıkça pişmiş makarnanın yapışkanlığı artar ve

yüzey bütünlüğü bozular. Bu durum hammadde ve elde edilen son ürün kalitesinde olumsuzluğa neden olabilir. Baklagillerin protein içeriğinin yüksek olması toplam karbonhidrat içeriğinin buğdaya göre daha düşük olmasına neden olur. Bu nedenle daha düşük karbonhidrat içeriği potansiyel nişasta zedelenmesinin daha az görülmesine yardımcı olabilir [193]. Bu çalışmada mercimek makarnası ve buğday makarnası yapımında kullanılan mercimek unun ve buğday ununun toplam karbonhidrat içerikleri değerleri sırasıyla 60.51 ± 1.75 ve 71.06 ± 0.22 olarak saptanmıştır. Kuru mercimek makarnasının da toplam karbonhidrat içeriği her iki tanecik boyutunda üretilen tüm formülasyonlarda (F1, F2, F3, F4 ve F5) buğday makarnası ile karşılaştırıldığında önemli derecede düşük bulunmuştur ($p < 0.05$). Formülasyonda yapılandırıcı madde olarak yalnızca yumurtanın kullanıldığı mercimek makarnasının toplam karbonhidrat içeriği kullanılan her iki tanecik boyutu için de en düşük değeri göstermiştir ($p < 0.05$). Mercimek makarnaları arasında en yüksek toplam karbonhidrat içeriği ise her iki tanecik boyutunda yapılandırıcı olarak yalnızca keçiyoynuzu gamının kullanıldığı F5 formülasyonlarında ($p < 0.05$) bulunmuştur. Bunun nedeni formülasyona eklenen yumurtanın protein, yağ ve kül içeriğinin keçiyoynuzu gamına göre daha yüksek olmasıdır. Kuru mercimek makarnasının her iki tanecik boyutunda üretilen tüm formülasyonlarındaki yağ içeriğinin buğday makarnası ile karşılaştırıldığında önemli derecede yüksek olması da toplam karbonhidrat içeriğini azaltan diğer bir değişkendir ($p < 0.05$). Literatürde buğday dışı hammaddelerle yapılan makarna çalışmalarında toplam karbonhidrat içeriğinin kullanılan hammaddeye göre farklılık göstermekle birlikte buğday makarnası ile karşılaştırıldığında daha düşük değerler (40-60 %) gösterdiği saptanmıştır [191].

Türk Gıda Kodeksi Makarna Tebliği'nde [51] buğday makarnasının toplam karbonhidrat içeriği hakkında herhangi bir sınır bulunmamaktadır. Bununla birlikte literatürde de buğday makarnasının üretiminde kullanılan hammaddenin yağ içeriğine göre %75 - 83 arasında olduğu saptanmıştır [92, 193]. Bu çalışmada elde edilen buğday makarnasının toplam karbonhidrat içeriği (74.96 ± 0.34) literatürle uyumlu bulunmuştur [92, 161].

Sonuç olarak mercimek makarnası buğday makarnası ile karşılaştırıldığında toplam karbonhidrat miktarı ve yağ miktarı daha düşük, kül ve protein içeriği daha yüksek (yaklaşık 2 kat) bir gıdadır ($p < 0.05$). Mercimeğin kompleks karbonhidratlarca zengin bir gıda [50] olduğu göz önünde bulundurulduğunda mercimek makarnasının yüksek protein değeri ile birlikte sağlıklı bir makarna alternatifi olduğu düşünülmektedir.

4.3.1.7. Kuru mercimek makarnasının gluten içeriği

Farklı tanecik büyüklüklerine sahip unlardan 5 farklı formülasyonda hazırlanan

mercimek makarnalarının ve buğday makarnasının içerdiği gluten miktarı Tablo 4.19'da özetlenmiştir.

Tablo 4.19. Mercimek makarnalarının gluten içerikleri (ppm).

Mercimek makarnası		
	t.b.<100µm	100µm < t.b. <355 µm
F ₁	< 5 ^{a, 1, 0}	< 5 ^{a, 1, 0}
F ₂	< 5 ^{a, 1, 0}	< 5 ^{a, 1, 0}
F ₃	< 5 ^{a, 1, 0}	< 5 ^{a, 1, 0}
F ₄	< 5 ^{a, 1, 0}	< 5 ^{a, 1, 0}
F ₅	< 5 ^{a, 1, 0}	< 5 ^{a, 1, 0}

(a-d) farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

(1-2) farklı rakamlar, aynı satırdaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Buğday makarnası gluten içeriği: > 80 ppm

0: Buğday makarnası ile karşılaştırıldığında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Mercimek makarnasının gluten içeriği ürünün kalite özellikleri (pişme, dokusal ve duyuşsal) ve özel amaçlı diyetlerde kullanılabilirliği (glutensiz diyet) açısından önem taşımaktadır [76, 82, 92, 156]. Buğday makarnaları özellikle de tam buğday makarnası günlük sağlıklı bir diyetle yer alan önemli karbonhidrat kaynaklarından birisi iken son yıllarda tüketici beklentilerinin değişmesi, özel amaçlı diyetler vb. buğday dışı hammaddelerden yapılan makarnalar giderek büyüyen bir pazar hacmine sahip olmaktadır. Buğday dışı hammaddelerden yapılan makarnaların en büyük payı glutensiz ibaresi ile satışa çıkarılan makarnalardır. Bu tür makarnalar, yaşam boyu glutensiz bir diyetle bağlı kalma zorunluluğu bulunan çölyaklı, gluten intoleransı, dermatit heparoetiformis vb. rahatsızlıkları bulunan bireylerin (zorunlu glutensiz beslenen bireyler) diyetlerinde yer almalarının yanı sıra son yıllarda az karbonhidratlı, yüksek proteinli, glutensiz beslenmenin daha sağlıklı olduğuna inanan önemli miktardaki tüketici grubu da (tercihli glutensiz beslenen bireyler) buğday dışı hammaddelerden yapılan makarna tüketiminde artışa neden olmaktadır [52, 194]. Fakat

özellikle glutensiz ürünlerin besleyici değerinin sanıldığı gibi aksine düşük olduğu rapor edilmiştir [195].

Bu çalışmada mercimek makarnası ve buğday makarnası yapımında kullanılan mercimek unun ve buğday ununun gluten içerikleri değerleri sırasıyla < 5 ppm ve > 80 ppm olarak saptanmıştır. Kuru mercimek makarnasının gluten içeriği her iki tanecik boyutunda üretilen tüm formülasyonlarda (F1, F2, F3, F4 ve F5) önemli derecede düşük bulunmuştur ($p < 0.05$) ve yasal düzenlemelere göre “gluten içermez” anlamına (< 20 ppm) gelmektedir [138]. Mercimek makarnasının her iki tanecik boyutunda üretilen tüm formülasyonlarının gluten içeriği < 20 ppm’dir ve “gluten içermez” olarak etiketlenebilir [138]. Literatürde buğday dışı hammaddelerle yapılan makarna çalışmalarında glutensiz hammaddelerden üretilen makarnaların gluten içermediği saptanmıştır. Bu durumun ancak glutensiz bir hammadde kullanımı ve gluten bulaşısı olmayan bir üretim yöntemi ile gerçekleştirilebildiği belirtilmektedir [138, 161].

Sonuç olarak mercimek makarnası yasalara göre gluten içermez ibaresi taşıyabilecek bir üründür ve glutensiz bir diyetle yer alabilecek besleyici bir gıdadır ($p < 0.05$). Buğday makarnasının ise söz konusu diyetle yer alması sakıncalıdır.

4.3.1.8. Kuru mercimek makarnasının renk değerleri

Farklı tanecik büyüklüklerine sahip unlardan 5 farklı formülasyonda hazırlanan kuru mercimek makarnalarının ve buğday makarnasının renk değerleri Tablo 4.20’de özetlenmiştir.

Tablo 4.20. Mercimek makarnalarının renk (L*, a*, b*) değerleri.

Mercimek makarnası						
	t.b. < 100 µm			100 < t.b. < 355 µm		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
F₁	57.55±	28.80±0	39.98±	52.03±	28.51 ±	37.19 ±
	1.44 a,1, ϕ	.64 a,1, ϕ	1.04 a,1, ϕ	2.29 a,1, ϕ	0.56 a,1, ϕ	0.88 a,1, ϕ
F₂	55.81±	28.53±	40.02±	51.53±	28.56 ±	37.43 ±
	2.99 a,b,1, ϕ	0.95 a,1, ϕ	1.43 a,, ϕ1	3.71 a,2, ϕ	1.57 a,1, ϕ	1.66 a,b,2, ϕ
F₃	55.19±	27.94±	39.31±	54.32±	30.20 ±	38.93 ±
	2.12 a,b,1, ϕ	0.97 a,1, ϕ	1.42 a,1, ϕ	1.54 a,1, ϕ	1.16 b,c,2, ϕ	1.04 b,1, ϕ
F₄	54.61±	28.28±	39.03±	53.03±	28.99 ±	36.73 ±
	1.27 b,1, ϕ	0.43 a,1, ϕ	1.11 a,1, ϕ	4.22 a,1, ϕ	1.38 a,b,1, ϕ	1.83 a,2, ϕ
F₅	55.77±	28.10±	40.33±	54.75±	31.06 ±	41.15 ±
	1.90 b,1, ϕ	0.61 a,1, ϕ	0.87 a,1, ϕ	1.44 a,2, ϕ	1.10 c,2, ϕ	1.08 c,1, ϕ

(a-c) farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında p < 0.05 düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

(1-2) farklı rakamlar aynı satırdaki değerler arasında p < 0.05 düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Buğday makarnası renk değerleri: L*: 77.30±0.07 a*: 2.17 ± 0.12; b*:24.69 ± 0.02

ϕ: Buğday makarnası ile karşılaştırıldığında p < 0.05 düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Makarnanın rengi ürünün duyu kalitesi açısından önem taşımaktadır. Pişmemiş makarnayı tanımlarken kullanılan önemli kalite değişkenlerinden birisi de rengidir. Bugüne kadar yapılan makarna kalite tanımlamalarında makarna rengi buğday makarnası rengi üzerinden yapılmıştır. Söz konusu tanımlamalarda makarnanın parlak sarı “amber” renkte olması aranan bir özellik olarak gösterilir. Buğday makarnasının rengi başlıca üretildiği buğday irmiğinin/ununun pigment miktarı (karoteneidler), kül miktarı, lipoksigenaz enzimi aktivitesi ve kurutma parametreleri ile ilişkilendirilir [132]. Buğday dışı hammaddelerin buğday makarnası formülasyonuna eklenmesinin arzu edilen sarı renk değerlerinden uzaklaştığı birçok çalışmada rapor edilmiştir [103, 105, 186].

Bu çalışmada mercimek makarnası ve buğday makarnası yapımında kullanılan t.b. < 100 µm mercimek ununun, 100 < t.b. < 355 µm mercimek ununun ve buğday ununun parlaklık (L*) değerleri sırasıyla 87.76 ± 0.10 , 79.06 ± 0.26 ve 87.69 ± 0.24 olarak; kırmızılık değerleri sırasıyla 6.15 ± 0.22 , 12.54 ± 0.81 ve 1.37 ± 0.04 olarak ve sarılık değerleri 14.67 ± 0.02 , 16.95 ± 1.01 ve 20.43 ± 0.77 olarak saptanmıştır. Kuru mercimek makarnası için aynı değerler incelendiğinde her iki tanecik boyutunda üretilen tüm formülasyonlarda (F1, F2, F3, F4 ve F5) parlaklık değerinin üretildiği hammadde ile karşılaştırıldığında (yaklaşık %34) düştüğü, kırmızılık ve sarılık değerlerinin ise önemli derecede arttığı (% 200) saptanmıştır (p < 0.05). Buğday makarnası açısından ise parlaklık değerinin azaldığı (%10) kırmızılık (% 58) ve sarılık (% 20) değerlerinin ise arttığı saptanmıştır. Mercimek makarnası üretiminde t.b. < 100 µm olan undan üretilen ve yumurtanın en çok kullanıldığı formülasyon olan F1 formülasyonu parlaklık açısından en yüksek değeri göstermiştir (p < 0.05). Bununla birlikte t.b. < 100 µm olan unlardan üretilen formülasyonlar arasında a* ve b* değerleri açısından önemli bir farklılık görülmemiştir (p > 0.05). Mercimek makarnası üretiminde 100 < t.b. < 355 µm olan undan üretilen tüm formülasyonlarda L* değeri açısından önemli bir farklılık saptanmazken en yüksek a* ve b* değeri F5 formülasyonunda saptanmıştır (p < 0.05). Mercimek makarnası üretiminde kullanılan farklı tanecik büyüklüğündeki unların farklı formülasyonlarda üretilen kuru makarnanın renk değerleri üzerine genellikle (F2 ve F4 formülasyonları dışında) önemli bir etkisi saptanmamıştır (p > 0.05). Fakat kullanılan iki farklı tanecik boyutundan üretilen tüm formülasyonlardaki mercimek makarnaları parlaklık değeri buğday makarnası ile karşılaştırıldığında önemli derecede düşük, kırmızılık ve sarılık değerleri ise önemli derecede yüksek bulunmuştur (p < 0.05). Literatürde buğday dışı hammaddelerle yapılan makarna çalışmalarında kullanılan hammaddeye ve kurutma yöntemine göre renk değerlerinde değişimler saptanmıştır [196]. Farklı zamanlarda yapılan çalışmalarda buğday makarnasının bezelye, nohut ve bakla ile zenginleştirilmesi (en fazla %35) amaçlanmıştır. Elde edilen bulgular formülasyona baklagil ilavesinin makarnanın L* değerini önemli derecede azalttığını, kırmızılığını ise önemli derecede

arttırdığını ortaya koymuştur. Bu değişimin formulasyona eklenen baklagil miktarı arttıkça daha da dramatikleştiği saptanmıştır. Söz konusu durumun nedeni ise baklagillerin sahip olduğu yüksek kül içeriği ile açıklanmıştır [103, 105, 186, 187]. Bu çalışmadan elde edilen bulgularda önceki çalışmalarla uyumludur, hammadde olarak yalnızca mercimek unun kullanılması değerlerdeki dramatik değişimin nedeni olarak düşünülmektedir. Hem buğday makarnası hem de buğday dışı hammaddelerin kullanıldığı bazı makarna çalışmalarında ise makarna rengine kurutma değişkenlerinin etkisi incelenmiştir. Düşük sıcaklıklarda (40 °C ve 55 °C) ve yüksek sıcaklıklarda (70 °C ve 90 °C) yapılan kurutma işlemleri karşılaştırılmıştır. Kurutma sıcaklığı arttıkça makarnanın L* değerinde azalma ve a* değerinde artış görüldüğünü saptamışlardır. Bu durum kurutma sırasında gerçekleşen olası Maillard reaksiyonu ile açıklanmıştır [105, 130]. Önceki çalışmalardan elde edilen bulgular göz önünde bulundurulduğunda bu çalışmada da kullanılan yüksek sıcaklık ve kısa süreli kurutmanın da mercimek makarnasının ve buğday makarnasının kullanılan hammaddelerle karşılaştırıldığında azalan L* ve yükselen a* değerlerine etkisi olabileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak mercimek makarnasının renk değerlerinin tamamının (L*, a* ve b*) buğday makarnasınıninkiler ile karşılaştırıldığında önemli derecede farklı olduğu saptanmıştır (p <0.05). Buğday makarnasında yüksek parlaklık, düşük kırmızılık ve yüksek sarılık değeri belirgin iken mercimek makarnasında ise incelenen tüm formulasyonlarda düşük parlaklık, yüksek kırmızılık ve sarılık değeri belirgindir. Kuru mercimek makarnası denenen tüm formulasyonlar için üretildiği ana hammaddede olduğu gibi yüksek kırmızılık ve sarılık değeri ile karakterize edilebilir.

4.3.2. Kuru Mercimek Makarnasının Pişme Kalitesi Özellikleri

Pişme kalitesi yüksek bir makarnanın pişme süresinin kısa, suya geçen madde miktarının düşük, hacim ve ağırlık artışının ise yüksek olması gerektiği belirtilmektedir [181, 197]. Makarnanın pişme kalitesinin nicel değerlendirilmesi amacıyla optimum pişme süresi, suya geçen madde miktarı, hacim ve ağırlık artışı analizleri yapılmıştır. Analizler iki farklı tanecik büyüklüğü dağılımına sahip mercimek unlarında elde edilen makarnaların her bir formulasyonu ve buğday makarnası için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular Tablo 4.21, 4.22, 4.23 ve 4.24'te özetlenmiştir.

4.3.2.1. Optimum pişme süresi

Farklı tanecik büyüklüklerine sahip unlardan 5 farklı formülasyonda hazırlanan mercimek makarnalarının ve buğday makarnasının optimum pişme süreleri Tablo 4.21'de özetlenmiştir.

Tablo 4.21. Mercimek makarnalarının optimum pişme süreleri (dakika).

Mercimek makarnası		
	t.b.<100µm	100µm < t.b. <355 µm
F ₁	19.58±0.49 ^{a, 1, ϕ}	21.33±0.82 ^{a, 2, ϕ}
F ₂	17.83±0.41 ^{b, 1, ϕ}	20.50±1.05 ^{a, 2, ϕ}
F ₃	14.83±0.26 ^{c, 1, ϕ}	17.83±0.75 ^{b, 2, ϕ}
F ₄	14.04±0.10 ^{d, 1, ϕ}	16.50±0.55 ^{c, 2, ϕ}
F ₅	14.05±0.12 ^{d, 1, ϕ}	16.23±0.52 ^{c, 2, ϕ}

(a-d) farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

(1-2) farklı rakamlar, aynı satırdaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Buğday makarnasının optimum pişme süresi: 12.50±0.55 dakika

ϕ: Buğday makarnası ile karşılaştırıldığında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Makarnanın optimum pişme süresi, makarna tüketildiğinde en iyi dokusal özelliklerin sağlanması için pişirilmesi gereken süredir [146]. En iyi dokusal özelliğin sağlandığı süre ise makarnanın merkezinde yer alan beyaz ve/veya opak çekirdeğin kaybolması için (nişasta jelatinizasyonu) gerekli süre olarak tanımlanır. Makarnanın pişmesi için gerekli sürenin kısa olması makarna kalitesinin yüksek olmasının bir göstegesini olup, tüketici beğenisi açısından da istenilen bir özelliktir [198].

Bu çalışmada t.b. dağılımı 100 µm'den küçük olan unlardan elde edilen 5 farklı formülasyonda keçiyoynuzu gamı miktarı arttıkça pişme süresinin kısaldığı belirlenmiştir ($p < 0.05$). Aynı eğilim t.b. 100 -355 µm olan unlardan elde edilen mercimek makarnalarında da saptanmıştır ($p < 0.05$). Kullanılan farklı tanecik büyüklükleri birbiri ile karşılaştırıldığında ise

hazırlanan tüm formulasyonlarda t.b. 100 µm'den küçük olan unun kullanıldığı formulasyonların optimum pişme süresinin daha kısa olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$). Bununla birlikte incelenen farklı t.b. dağılımındaki unlardan elde edilen mercimek makarnaları arasında en kısa pişme süresine sahip formulasyonun t.b. dağılımı 100 µm'den küçük undan elde edilen F5 formulasyonu olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$). Her tanecik büyüklüğü dağılımına sahip unlardan elde edilen mercimek makarnalarının pişme süreleri buğday makarnası ile karşılaştırıldığında mercimek makarnalarının pişme sürelerinin daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$).

Mercimek makarnası için elde edilen bulgular literatürde bu konuda yapılan bir çalışma olmadığından doğrudan karşılaştırılamamıştır. Fakat literatürde buğday dışı hammaddelerin makarna üretiminde kullanıldığına ilişkin çalışmalar bulunmaktadır. Petitot ve ark. (2010) [105] yaptıkları bir çalışmada buğday makarnası formulasyonuna % 35 oranında ayrı ayrı bezelye ve bakla unu eklemişlerdir ve herhangi bir yapılandırıcı madde kullanmamışlardır. Elde ettikleri bulgular buğday makarnası formulasyonuna eklenen baklagillerin optimum pişme süresini 0.5 – 0.8 (%10-30 oranında) dakika kısalttığını bildirmektedir. Söz konusu kısılmanın baklagil unun lifçe zengin olmasının buğday makarnasının güçlü gluten ağını zayıflatarak suyun makarna merkezine geçişinin daha kolay olabileceği fikri ile açıklamışlardır. Borneo ve ark.'nın (2008) [192] yaptıkları bir çalışmada makarna formulasyonuna 1000 g buğday unu, 250 g amarant unu 160 g bütün yumurta ve 20 g tuz eklemişlerdir. Söz konusu çalışmada kontrol örneği olarak kullanılan buğday makarnası ile amarant ile zenginleştirilmiş makarnanın pişme süresi açısından önemli bir fark olmadığını saptamışlardır ($p > 0.05$). Islas-Rubio ve ark. (2014) [161] yaptıkları bir çalışmada makarna formulasyonunda buğday unu ve amarant ununu sırasıyla 0:100; 25:75; 50:50 75:25 ve 100:0 oranında kullanmışlar ve amarant unlu formulasyonlara 1.2 g/100 g monoglisericid ve 9 g/100 g yumurta beyazı tozu ekleyerek makarna üretimini gerçekleştirmişlerdir. Elde ettikleri bulgular formulasyonda yalnızca amarant unu kullanılmasının optimum pişme süresini 1 dakika kısalttığını göstermiştir. Yapılan diğer bir çalışmada ise buğday makarnası formulasyonuna % 15 oranında bezelye unu ve % 2 oranında guar gam eklenmiştir. Yalnızca buğday unu ve % 15 oranında bezelye unu ve % 2 oranında guar gam eklenmiş 2 ayrı formulasyondan da makarna üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular eklenen % 2 oranındaki guar gamın makarnanın optimum pişme süresini 2 dakika arttırdığını ortaya koymuştur [115]. Giuberti ve ark. (2015) [182] yaptıkları bir çalışmada makarna formulasyonunu pirinç unu ve beyaz fasülye unu ile sırasıyla 100:0, 80:20 ve 60:40 oranında hazırlayarak makarna üretimini gerçekleştirmişlerdir. Formulasyonadaki beyaz fasülye unu miktarı arttıkça optimum pişme süresinin sırasıyla 2.9 ve 4.1 dakika arttığını saptamışlardır. Söz konusu çalışmada literatürdeki farklı hammaddelerle

(özellikle baklagil unları) hazırlanan makarnalardaki farklı optimum pişme sürelerinin, kullanılan baklagilin kendine özgü yapısına, formülasyondaki miktarına, kurutma değişkenlerine ve makarna kalınlığına bağlı olarak değişebileceği belirtilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen bulgular kullanılan mercimek unun yapısı ve kullanılan yapılandırıcı maddelerin miktarının (yumurta ve keçiyoynuzu gamı) aynı koşullarda üretilmiş buğday makarnasına göre optimum pişme süresinde 1.5 - 7 dakika arasında bir artışa neden olduğu saptanmıştır. Edilen sonuçlar mercimek makarnası literatürde baklagil kullanılarak hazırlanan makarnaların sonuçları ile uyumludur [115, 182].

Buğday makarnası için elde edilen bulgular literatür ile uyumlu bulunmuştur. Yapılan çalışmalarda makarna tüketildiğinde en iyi dokusal özelliklerin sağlanması için pişirilmesi gereken sürenin 10-18 dak. arasında değiştiğini ve ortalama 13 dakika olduğu belirtilmektedir [199, 200, 201].

Sonuç olarak, t.b. dağılımı 100 µm'den küçük undan elde edilen F5 formülasyonlu mercimek makarnası, optimum pişme süresi açısından buğday makarnasına en yakın sonucu veren ve en kısa sürede pişen formülasyon olarak belirlenmiştir.

4.3.2.2. Suya geçen madde miktarı

Farklı tanecik büyüklüklerine sahip unlardan 5 farklı formülasyonda hazırlanan mercimek makarnalarının ve buğday makarnasının suya geçen madde miktarları Tablo 4.22'de özetlenmiştir.

Makarnada suya geçen madde miktarı makarnanın pişirme sırasında yapısını ne kadar iyi koruyabildiği ile ilgilidir. Düşük oranda suya geçen madde miktarı yüksek kalitede makarnanın bir göstergesi olarak kabul edilir [115]. Makarna suya geçen madde miktarına göre iyi kalite (6 g/100 g dan az), ortalama (6-8 g/ 100 g), kötü (8-10 g/ 100 g) ve çok kötü (10 g/100 g üzeri) olarak sınıflandırılmaktadır [51].

Tablo 4.22. Mercimek makarnalarının suya geçen madde miktarları (%).

Mercimek makarnası		
	t.b.<100µm	100µm < t.b. <355 µm
F₁	14.55 ± 0.31 ^{a, 1, ϕ}	12.81 ± 1.31 ^{a, b, 2, ϕ}
F₂	11.16 ± 1.39 ^{b, 1, ϕ}	14.28 ± 0.71 ^{b, c, 2, ϕ}
F₃	11.31 ± 1.76 ^{b, 1, ϕ}	15.82 ± 0.36 ^{c, 2, ϕ}
F₄	11.02 ± 0.37 ^{b, 1, ϕ}	15.48 ± 1.52 ^{c, 2, ϕ}
F₅	9.62 ± 0.34 ^{c, 1, ϕ}	12.15 ± 1.74 ^{a, 1, ϕ}

(a-c) farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

(1-2) farklı rakamlar, aynı satırdaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Buğday makarnasının suya geçen madde miktarı: % 3.30 ± 0.19

ϕ: Buğday makarnası ile karşılaştırıldığında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Bu çalışmada t.b. dağılımı 100 µm'den küçük olan unlardan elde edilen 5 farklı formülasyonda keçiyoynuzu gamı miktarı arttıkça suya geçen madde miktarının azaldığı belirlenmiştir ($p < 0.05$). Aynı tanecik büyüklüğü dağılımına sahip unlardan yapılan ve formülasyonda yapılandırıcı madde olarak yalnızca gam kullanıldığında (F5) suya geçen madde miktarının en az olduğu belirlenmiştir. Yumurta ve keçiyoynuzu gamının bir arada yapılandırıcı madde olarak kullanıldığı formülasyonlarda ise farklılık saptanmamıştır ($p > 0.05$). Diğer taraftan t.b. 100-355 µm arasında olan unlardan elde edilen makarnalarda, yapılandırıcı madde olarak yalnızca yumurta (F1) ve yalnızca keçiyoynuzu gamının (F5) kullanıldığı formülasyonlarda suya geçen madde miktarı en az olarak saptanmıştır ve iki formülasyon arasında önemli bir farklılık belirlenmemiştir ($p > 0.05$). Tanecik büyüklüğü 100 -355 µm olan unlardan elde edilen mercimek makarnalarında F2, F3 ve F4 formülasyonları arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır. ($p < 0.05$). Kullanılan farklı t.b. birbiri ile karşılaştırıldığında ise hazırlanan tüm formülasyonlarda t.b. 100 µm'den küçük olan unun kullanıldığı formülasyonların suya geçen madde miktarının daha az olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$). Bununla birlikte suya geçen madde miktarının en az olduğu formülasyonun t.b. dağılımı 100 µm'den küçük undan elde edilen F5 formülasyonu olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$). Her iki

tanecik büyüklüğü dağılımına sahip unlardan elde edilen mercimek makarnalarının suya geçen madde miktarlarının buğday makarnası ile karşılaştırıldığında daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$).

Mercimek makarnası için elde edilen bulgular literatürde bu konuda yapılan bir çalışma olmadığından doğrudan bir karşılaştırılma yapılamamıştır. Fakat literatürde buğday dışı hammaddelerin makarna üretiminde kullanıldığına ilişkin çalışmalar bulunmaktadır. Buğday dışı hammaddelerin formülasyona eklendiği ya da yalnızca buğday dışı hammaddeler kullanılarak üretilen tüm makarnalarda suya geçen madde miktarının buğday makarnası ile karşılaştırıldığında daha yüksek olduğu saptanmıştır [105, 115, 182, 197]. Yapılan bir çalışmada yalnızca gluten içermeyen hammaddelerle üretilen 10 ayrı ticari makarna incelenmiş ve bu makarnaların suya geçen madde miktarları % 3.8 ± 0.7 ve % 14.5 ± 0.5 arasında bulunmuştur. Aynı çalışmada 10 farklı markada ticari buğday makarnası örneği çalışılmış ve suya geçen madde miktarı % 5.4 ± 0.3 ve % 6.7 ± 0.5 arasında bulunmuştur [76]. Literatürde buğday dışı hammaddelerden elde edilen makarnaların suya geçen madde miktarlarının yüksek bulunması formülasyonda kullanılan buğday dışı hammaddelerin gluten ağ yapısını zayıflatmasından ve/veya bu yapıya sahip olmaması ile açıklanmaktadır. Buğday makarnasına (özellikle durum buğdayı) özgü güçlü gluten proteinleri makarnanın pişme kalitesinden birinci derecede sorumludur. Bu proteinler makarnanın pişirilmesi sırasında protein denatürasyonunun gerçekleşmesiyle sürekli ve güçlü bir gluten ağı oluşturur. Yine pişme sırasında eş zamanlı olarak nişasta granülleri de su alarak şişer ve oluşan gluten ağı yeterince güçlü değilse yapıdan dışarı çıkarak pişme suyuna geçer ve makarna kalitesini düşürür. Bu nedenle makarna üretiminde gluten ağının oluşturulması ve /veya taklit edilmesi suya geçen madde miktarı açısından oldukça önemlidir [62]. Yapılan çalışmalarda buğday dışı hammaddelerden elde edilen makarnalarda suya geçen madde miktarının azaltılmasında kullanılan stratejiler: Yapılandırıcı maddelerle gluten ağının taklit edilmeye çalışılması, kullanılan buğday dışı hammaddeye yapışkanlık özelliği kazandırmak amacıyla prejelatinizasyon işleminin uygulanması ve/veya yüksek sıcaklıkta kurutma işlemi yapılmasıdır. Söz konusu stratejilerin kullanılması ile buğday dışı hammaddelerden elde edilen makarnaların suya geçen madde miktarları iyileştirilmiş fakat henüz buğday makarnasının kalitesini yakalayamamıştır [105, 130, 197]. Bu çalışmada formülasyona yumurta ve keçiyoynuzu gamı eklenmesiyle mercimeğin doğal yapısında olmayan gluten taklit edilmeye çalışılmış bununla birlikte yüksek sıcaklık kısa süre kurutma uygulanmasıyla makarnanın suya geçen madde miktarı azaltılmaya çalışılmıştır. Elde edilen bulgularda aynı koşullarda üretilen buğday makarnası ile karşılaştırıldığında suya geçen madde miktarı daha yüksek bulunmuştur. Suya geçen madde miktarının yüksek bulunmasının nedeninin yalnızca suya geçen nişasta moleküllerinden (amiloz, amilopektin)

değil aynı zamanda suda çözünen baklagil proteinlerinden de kaynakladığı düşünülmektedir [105, 187] (Bouasla ve ark., 2017; Petitot ve ark., 2010). Bununla birlikte mercimek makarnasının pişme süresinin buğday makarnasına göre daha uzun olmasının da suya geçen madde miktarının artmasına neden olduğu değerlendirilmektedir [161]

Literatürde buğday makarnası için suya geçen madde miktarının %8'i aşmadığı bildirilmektedir. Bu çalışmada da buğday makarnasının % 3.30 suya geçen madde miktarı ile literatürle uyumlu olduğu ve iyi kalitede makarna sınıfında yer aldığı saptanmıştır [76, 197].

Sonuç olarak, t.b. dağılımı 100 µm'den küçük undan elde edilen F5 formülasyonlu mercimek makarnası suya geçen madde miktarı (% 9.62) açısından buğday makarnasına en yakın sonucu veren formülasyon olarak belirlenmiştir. Literatürde buğday dışı hammaddelerden elde edilen ticari makarnaların suya geçen madde miktarlarının % 14.5'i bulunduğu [76, 92] dikkate alındığında söz konusu formülasyon için elde edilen suya geçen madde miktarının kabul edilebilir düzeyde olduğu değerlendirilmektedir.

4.3.2.3. Hacim artışı

Farklı tanecik büyüklüklerine sahip unlardan 5 farklı formülasyonda hazırlanan mercimek makarnalarının ve buğday makarnasının hacim artışı değerleri Tablo 4.23'de özetlenmiştir.

Tablo 4.23. Mercimek makarnalarının hacim artışları (%).

Mercimek makarnası		
	t.b.<100µm	100µm < t.b. <355 µm
F ₁	222.71 ± 4.12 ^{a, 1, ϕ}	204.41 ± 7.90 ^{a, 2}
F ₂	244.51 ± 3.60 ^{b, 1, ϕ}	203.59 ± 4.14 ^{a, 2, ϕ}
F ₃	240.62 ± 7.67 ^{b, 1, ϕ}	224.49 ± 4.46 ^{b, 2, ϕ}
F ₄	268.33 ± 2.58 ^{c, 1, ϕ}	224.87 ± 4.95 ^{b, 2, ϕ}
F ₅	280.58 ± 5.29 ^{d, 1, ϕ}	202.19 ± 5.37 ^{a, 2, ϕ}

(a-d) farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

(1-2) farklı rakamlar, aynı satırdaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Buğday makarnasının hacim artışı: % 213.89 ± 11.39

ϕ: Buğday makarnası ile karşılaştırıldığında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Makarnada hacim artışı makarnanın pişme sırasında ne kadar su absorplayıp şişebildiği ile ilgili bir özellik olup yüksek hacim artışının yüksek kalitede makarna ile ilişkilendirildiği bilinmektedir. Yüksek hacim artışı makarnanın tabaktaki görünümünü etkileyen bir pişme kalite kistasıdır [92, 181]. Bu çalışmada t.b. dağılımı 100 µm'den küçük olan unlardan elde edilen 5 farklı formülasyonda keçiyoynuzu gamı miktarı arttıkça hacim artışının yükseldiği belirlenmiştir ($p < 0.05$). Aynı tanecik büyüklüğü dağılımına sahip unlardan yapılan ve formülasyonda yapılandırıcı madde olarak yalnızca gam kullanıldığında hacim artışının en yüksek olduğu belirlenmiştir. Yumurta ve gamın bir arada yapılandırıcı madde olarak kullanıldığı F2 ve F3 formülasyonlarda ise farklılık saptanmazken ($p > 0.05$) keçiyoynuzu gamının daha yüksek olduğu F4 formülasyonun hacim artışı daha yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). Diğer taraftan t.b. 100-355 µm arasında olan unlardan elde edilen makarnalarda, hacim artışı açısından yapılandırıcı madde olarak yalnızca yumurta (F1), ve iki yapılandırıcının bir arada kullanıldığı (F2) ve yalnızca keçiyoynuzu gamının (F5) kullanıldığı formülasyonlar arasında önemli bir farklılık bulunamazken ($p > 0.05$) en yüksek ağırlık artışı F3 ve F4 formülasyonlarında saptanmıştır ($p < 0.05$). Kullanılan farklı tanecik büyüklükleri birbiri ile karşılaştırıldığında ise hazırlanan tüm formülasyonlarda t.b. 100 µm'den küçük olan unun

kullanıldığı formülasyonların hacim artışının daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$). Bununla birlikte incelenen farklı t.b. dağılımındaki unlardan elde edilen mercimek makarnaları arasında en yüksek hacim artışına sahip formülasyonun t.b. dağılımı $100 \mu\text{m}$ 'den küçük undan elde edilen F5 formülasyonu olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$). $100-355 \mu\text{m}$ arasında t.b. dağılımına sahip unlardan elde edilen F1 formülasyonun hacim artışı ile buğday makarnasının hacim artışı arasında önemli bir farklılık bulunmazken aynı tanecik büyüklüğünün F2 ve F5 formülasyonlarının hacim artışı buğday makarnasından daha düşük, F3 ve F4 formülasyonlarının ki ise daha yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). Tanecik büyüklüğü dağılımı $100 \mu\text{m}$ 'den düşük unlardan elde edilen formülasyonlarda hacim artışı buğday makarnası ile karşılaştırıldığında daha yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$).

Mercimek makarnası için elde edilen bulgular literatürde bu konuda yapılan bir çalışma olmadığından doğrudan bir karşılaştırma yapılamamıştır. Fakat literatürde buğday dışı hammaddelerin makarna üretiminde kullanıldığına ilişkin çalışmalarda buğday dışı hammaddelerden elde edilen glutensiz makarnaların hacim artışları $\% 160.2 \pm 3.6$ (mısır-pirinç makarnaları) ve $\% 233.0 \pm 12.7$ (mısır makarnaları) arasında rapor edilmiş ve ortalama $\% 202.9 \pm 22.8$ olarak saptanmıştır [51, 161]. Yapılan diğer bir çalışmada ise glutensiz pirinç makarnasının hacim artışının $\% 200$ 'e kadar çıktığı belirlenmiştir. Elde edilen literatür verileri incelendiğinde her iki tanecik büyüklüğünde hazırlanan 5 formülasyonun da buğday dışı hammaddelerden üretilen diğer makarnaların hacim artışına yakın ya da yüksek olduğu görülmektedir.

Literatürde buğday makarnası için hacim artışının miktarının $\%200-300$ 'lik bir artışın kabul edilebilir olduğu belirtilmektedir. Bu çalışmada elde edilen buğday makarnasının $\% 213.89$ 'luk hacim artışının makarna kalitesi açısından kabul edilebilir düzeyde olduğu ve literatür ile uyumlu olduğu saptanmıştır [187].

Sonuç olarak, tanecik büyüklüğü dağılımı $100 \mu\text{m}$ 'den küçük undan elde edilen F5 formülasyonlu mercimek makarnası hacim artışı açısından en iyi formülasyon olarak belirlenmiştir ($p < 0.05$).

4.3.2.4. Ağırlık artışı

Farklı tanecik büyüklüklerine sahip unlardan 5 farklı formülasyonda hazırlanan mercimek makarnalarının ve buğday makarnasının ağırlık artışı değerleri Tablo 4.24'de özetlenmiştir.

Tablo 4.24. Mercimek makarnalarının ağırlık artışları (%).

Mercimek makarnası		
	t.b. < 100µm	100µm < t.b. <355 µm
F ₁	206.42 ± 7.57 ^{a,1}	171.81 ± 4.48 ^{a,2,ϕ}
F ₂	224.37 ± 6.09 ^{b,1,ϕ}	183.57 ± 5.90 ^{b,2,ϕ}
F ₃	207.99 ± 5.46 ^{a,1,ϕ}	171.55 ± 5.30 ^{a,2,ϕ}
F ₄	225.36 ± 8.82 ^{b,1,ϕ}	176.83 ± 6.63 ^{a,b,2,ϕ}
F ₅	234.11 ± 5.31 ^{c,1,ϕ}	169.65 ± 7.93 ^{a,2,ϕ}

(a-c) farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

(1-2) farklı rakamlar, aynı satırdaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Buğday makarnasının ağırlık artışı: % 199.79 ± 5.34

ϕ: Buğday makarnası ile karşılaştırıldığında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Makarnada ağırlık artışı makarnanın pişme sırasında ne kadar su absorpladığı ile ilgili bir özellik olup yüksek ağırlık artışının yüksek kalitede makarna ile ilişkilendirildiği bilinmektedir. Yüksek ağırlık artışı da hacim artışı gibi makarnanın tabaktaki görünümünü etkileyen bir pişme kalite kistasıdır [92].

Bu çalışmada t.b. 100 µm'den küçük olan unlardan elde edilen 5 farklı formülasyonda keçiyoynuzu gamı miktarı arttıkça ağırlık artışının yükseldiği (F3 hariç) belirlenmiştir ($p < 0.05$). Tanecik büyüklüğü 100 µm'den küçük olan unlardan elde edilen ve formülasyonda yapılandırıcı madde olarak yalnızca gam kullanıldığında (F5) ağırlık artışının en yüksek olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan t.b. 100-355 µm arasında olan unlardan elde edilen makarnalarda, ağırlık artışı açısından F2 formülasyonu en yüksek değeri göstermiştir ($p < 0.05$). Kullanılan

farklı tanecik büyüklükleri birbiri ile karşılaştırıldığında ise hazırlanan tüm formulasyonlarda t.b. 100 µm'den küçük olan undan elde edilen makarnaların (F1, F2, F3, F4, F5) ağırlık artışının daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$). Bununla birlikte incelenen farklı tanecik büyüklüğü dağılımındaki unlardan elde edilen mercimek makarnaları arasında en yüksek ağırlık artışına sahip formulasyonun t.b. dağılımı 100 µm'den küçük undan elde edilen F5 formulasyonu olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$). Her iki tanecik büyüklüğü dağılımına sahip unlardan elde edilen mercimek makarnalarının ağırlık artışları buğday makarnası ile karşılaştırıldığında yalnızca t.b. 100 µm'den küçük olan unlardan elde edilen F1 formulasyonuna sahip mercimek makarnasının ağırlık artışının buğday makarnasına en yakın değeri verdiği saptanmıştır ($p > 0.05$). Aynı zamanda bu iki makarnanın (t.b. 100 µm'den küçük olan unlardan elde edilen F1 ve buğday makarnası) 100-355 µm arasında olan unlardan elde edilen makarnanın F1 formulasyonu ile karşılaştırıldığında ise daha yüksek değerler gösterdiği saptanmıştır ($p < 0.05$). Tanecik büyüklüğü dağılımı 100 µm'den düşük unlardan elde edilen F2, F3, F4 ve F5 formulasyonlarda ağırlık artışı buğday makarnası ile karşılaştırıldığında daha yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). Bunun nedeni kullanılan yapılandırıcı maddelerinin (özellikle keçiyoynuzu gamı) yüksek su tutma kapasitesi ve optimum pişme sürelerinin daha uzun olması ile açıklanabilir (Rosa- Sibakov ve ark., 2016). Tanecik büyüklüğü dağılımı 100-355 µm arasında olan unlardan elde edilen makarnalarda ise en düşük ağırlık artışı değerleri saptanmıştır ($p < 0.05$). Tanecik büyüklüğü dağılımı 100-355 µm arasında olan unlardan elde edilen makarnalarda kullanılan unun tanecik büyüklüğü dağılımının daha geniş bir aralıkta yayılım göstermesi bu nedenle makarnanın daha heterojen ve gevşek bir yapıya sahip olması ve suya geçen madde miktarının daha yüksek olması söz konusu mercimek makarnalarındaki düşük ağırlık artışı değerlerini açıklamaktadır.

Mercimek makarnası için elde edilen bulgular literatürde bu konuda yapılan bir çalışma olmadığından doğrudan karşılaştırılamamıştır. Fakat literatürde buğday dışı hammaddelerin makarna üretiminde kullanıldığına ilişkin çalışmalarda buğday dışı hammaddelerden elde edilen glutensiz makarnaların ağırlık artışları %145.0 ±2.6 (mısır-pirinç makarnaları) ve %188.7±10.5 (mısır makarnaları) arasında rapor edilmiş ve ortalama % 155.2±17.4 olarak saptanmıştır [76]. Yapılan diğer bir çalışmada ise glutensiz pirinç makarnasının ağırlık artışının % 200 olarak belirlenmiştir [197]. Hammadde olarak pirinç ve fasülye ununun kullanıldığı bir makarna formulasyonunda ağırlık artışının % 209 a kadar çıktığı saptanmıştır [182]. Bu çalışmadan elde edilen bulgular literatür ile uyumlu bulunmuştur.

Literatürde buğday makarnasının suda dağılmadan ağırlık artışını %200'e kadar arttırabildiği saptanmıştır [178]. Bu çalışmada elde edilen buğday makarnasının 199.79 ±

5.34'lük ağırlık artışının makarna kalitesi açısından kabul edilebilir düzeyde ve literatür ile uyumlu olduğu saptanmıştır [76].

Sonuç olarak, t.b. dağılımı 100 µm'den küçük undan elde edilen F5 formülasyonlu mercimek makarnası ağırlık artışı açısından en iyi formülasyon olarak belirlenmiştir ($p < 0.05$).

Mercimek makarnasına ilişkin pişme kalite analizleri bulguları bütünüyle olarak değerlendirildiğinde en yüksek pişme kalitesine sahip mercimek makarnalarının t.b. dağılımı 100 µm'den küçük undan elde edilen formülasyonlarda olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Bununla birlikte t.b. dağılımı 100 µm'den küçük undan elde edilen F5 formülasyonunun (yapılandırıcı madde olarak yalnızca keçiyoynuzu gamının kullanıldığı formülasyon) en iyi pişme kalite performansına sahip olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$).

4.3.3. Kuru Mercimek Makarnasının Dokusal Özelliği

4.3.3.1. Kuru mercimek makarnasının kırılmaya karşı direnci

Farklı tanecik büyüklüklerine sahip unlardan 5 farklı formülasyonda hazırlanan mercimek makarnalarının ve buğday makarnasının kırılmaya karşı direnci Tablo 4.25'de özetlenmiştir.

Tablo 4.25. Mercimek makarnalarının kırılmaya karşı direnç değerleri.

Mercimek Makarnası				
	t.b. < 100 µm		100 µm < t.b. < 355 µm	
	Kuvvet (N)	Uzaklık (mm)	Kuvvet (N)	Uzaklık (mm)
F₁	17.45 ± 3.05 ^{a,1}	0.22 ± 0.05 ^{a,1}	14.82 ± 5.16 ^{a,1}	0.19 ± 0.05 ^{a,1}
F₂	21.31 ± 4.69 ^{a,1}	0.24 ± 0.03 ^{a,b,1}	13.00 ± 4.29 ^{a,2}	0.18 ± 0.04 ^{a,1}
F₃	22.14 ± 8.07 ^{a,1}	0.23 ± 0.07 ^{a,1}	18.84 ± 5.34 ^{a,1}	0.17 ± 0.03 ^{a,2}
F₄	31.09 ± 6.65 ^{b,1,ϕ}	0.24 ± 0.03 ^{a,b,1}	26.80 ± 5.39 ^{b,1,ϕ}	0.20 ± 0.03 ^{a,1,2}
F₅	30.05 ± 9.64 ^{b,1,ϕ}	0.28 ± 0.06 ^{b,1,ϕ}	31.85 ± 8.47 ^{b,1,ϕ}	0.25 ± 0.04 ^{a,1}

(a-b) farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

(1-2) farklı rakamlar aynı satırdaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Buğday makarnasının kırılmaya karşı direnci: F: 15.82 ± 3.86 N; Uzaklık: 0.21 ± 0.04 mm

ϕ: Buğday makarnası ile karşılaştırıldığında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Her makarna tipinin kendine özgü dokusal niteliklere sahip olması gereklidir. Örneğin kurutulmuş makarnaların kırılmaya karşı dayanıklı dokusal özelliklere sahip olması arzu edilir. Makarnanın kırılmaya karşı direnci öncelikle ambalajlama, depolama ve taşımada önemlidir. Makarnanın kırılmaya karşı direnci uygulanan kuvvetin büyüklüğü ve probun örneğe temas ettikten sonra kırılmaya neden olduğu uzaklık deformasyon ile doğru orantılı olarak değişmektedir [202].

Bu çalışmada kuru mercimek makarnalarının kırılmaya karşı gösterdiği direncin $14.48 \pm 4.98 - 31.85 \pm 8.47$ N olduğu, deformasyonunun ise $0.17 \pm 0.03 - 0.29 \pm 0.06$ mm arasında değiştiği saptanmıştır. Mercimek makarnası üretiminde kullanılan her iki tanecik boyutu için de formülasyonda kullanılan keçiyoynuzu gamı miktarının yüksek olduğu F4 ve F5 formülasyonları kırılmaya karşı en yüksek direnci göstermiştir ($p < 0.05$). Formülasyonda yapılandırıcı madde olarak yalnızca keçiyoynuzu gamının kullanıldığı mercimek makarnasının (F5) kırılmaya karşı gösterdiği direnç ve deformasyon kullanılan her iki tanecik boyutu için de en yüksek değeri göstermiştir ($p < 0.05$). Kullanılan farklı tanecik büyüklüklerinde hazırlanan formülasyonlar arasında (F2 dışında) kırılma direnci açısından önemli bir farklılık saptanmamıştır ($p > 0.05$). Kuru mercimek makarnasının her iki tanecik boyutunda üretilen tüm formülasyonlarındaki kırılmaya karşı direnci ve deformasyonu buğday makarnası ile karşılaştırıldığında formülasyondaki keçiyoynuzu gamı miktarının artışı ile (F4 ve F5) önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). Bu çalışmada kontrol örneği olarak hazırlanan buğday makarnasının yanısıra ticari olarak satılan buğday makarnası (spagetti şekline sahip) incelenmiş ve kırılmaya karşı direnci ve deformasyonu sırasıyla 39.20 ± 3.93 ve 0.25 ± 0.02 bulunmuştur ($p < 0.05$). Literatürde buğday dışı hammaddelerle yapılan makarna çalışmalarında kırılmaya karşı direncin kullanılan hammaddeye, yapılandırıcı maddeye göre farklılık göstermekle birlikte buğday makarnası ile karşılaştırıldığında daha düşük değerler gösterdiği saptanmıştır [76]. Bu çalışmadan elde edilen bulgular da hem mercimek makarnasının en iyi performans gösterdiği formülasyonların (F4 ve F5) hem de kontrol örneği olarak hazırlanan buğday makarnasının ticari olarak satılan buğday makarnasından daha düşük kırılma direncine sahip olduğunu göstermektedir. Bunun nedeninin endüstriyel makarna üretiminde kullanılan ekstrüzyon yönteminin makarnada daha güçlü bir yapı oluşturması olarak değerlendirilmektedir.

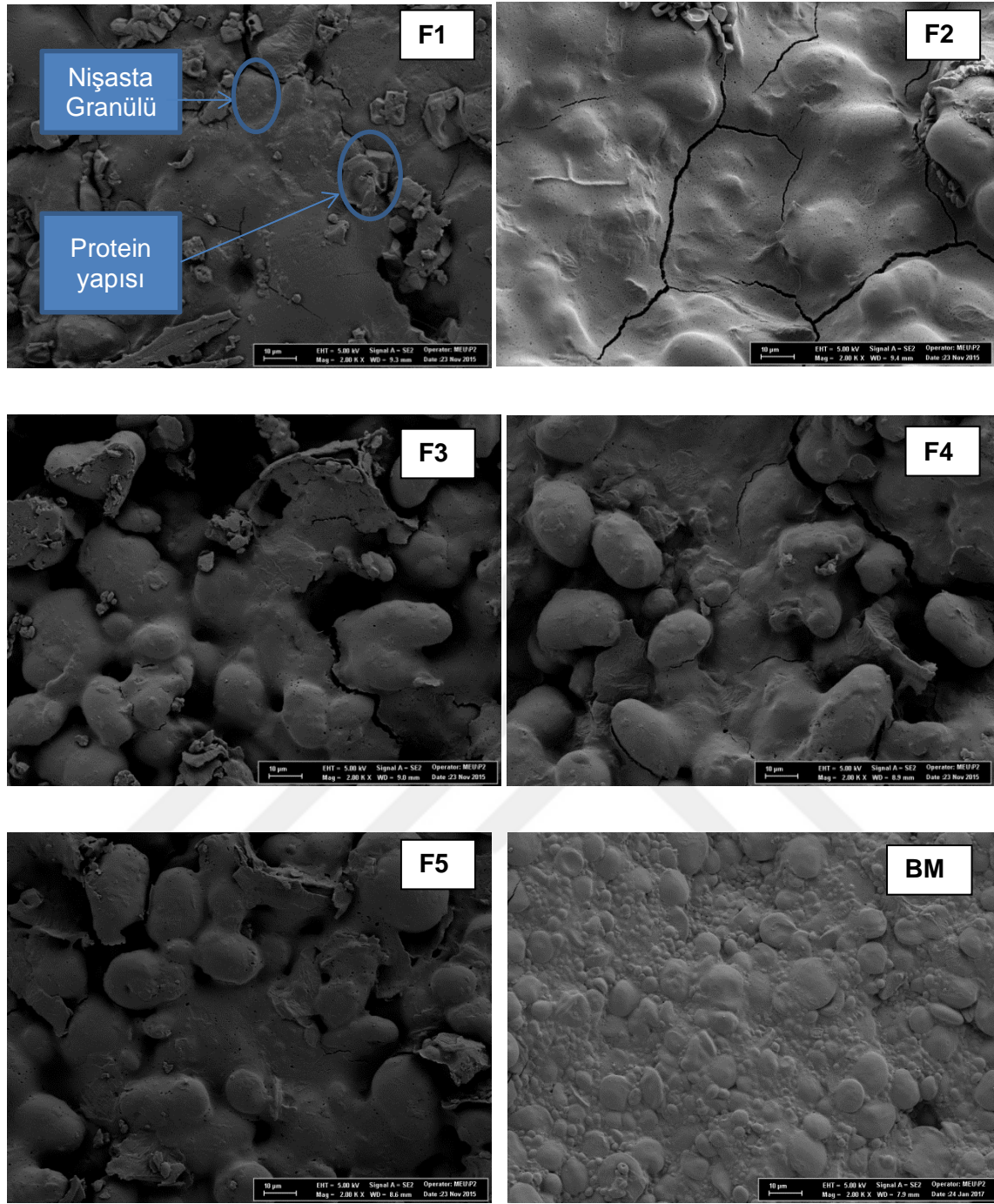
Sonuç olarak mercimek makarnasının kırılmaya karşı gösterdiği direncin ve deformasyonun en yüksek olduğu değerlerin tanecik boyutundan bağımsız olarak formülasyondaki keçiyoynuzu gamı miktarının en yüksek olduğu F4 ve F5'te olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$). Bu iki formülasyonun kırılmaya karşı direnci kontrol örneği olarak hazırlanan buğday makarnası ile karşılaştırıldığında daha yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$).

Ticari olarak satılan buğday makarnasına en yakın formülasyonlar ise her iki tanecik boyutunda da F4 ve F5 olarak belirlenmiştir.

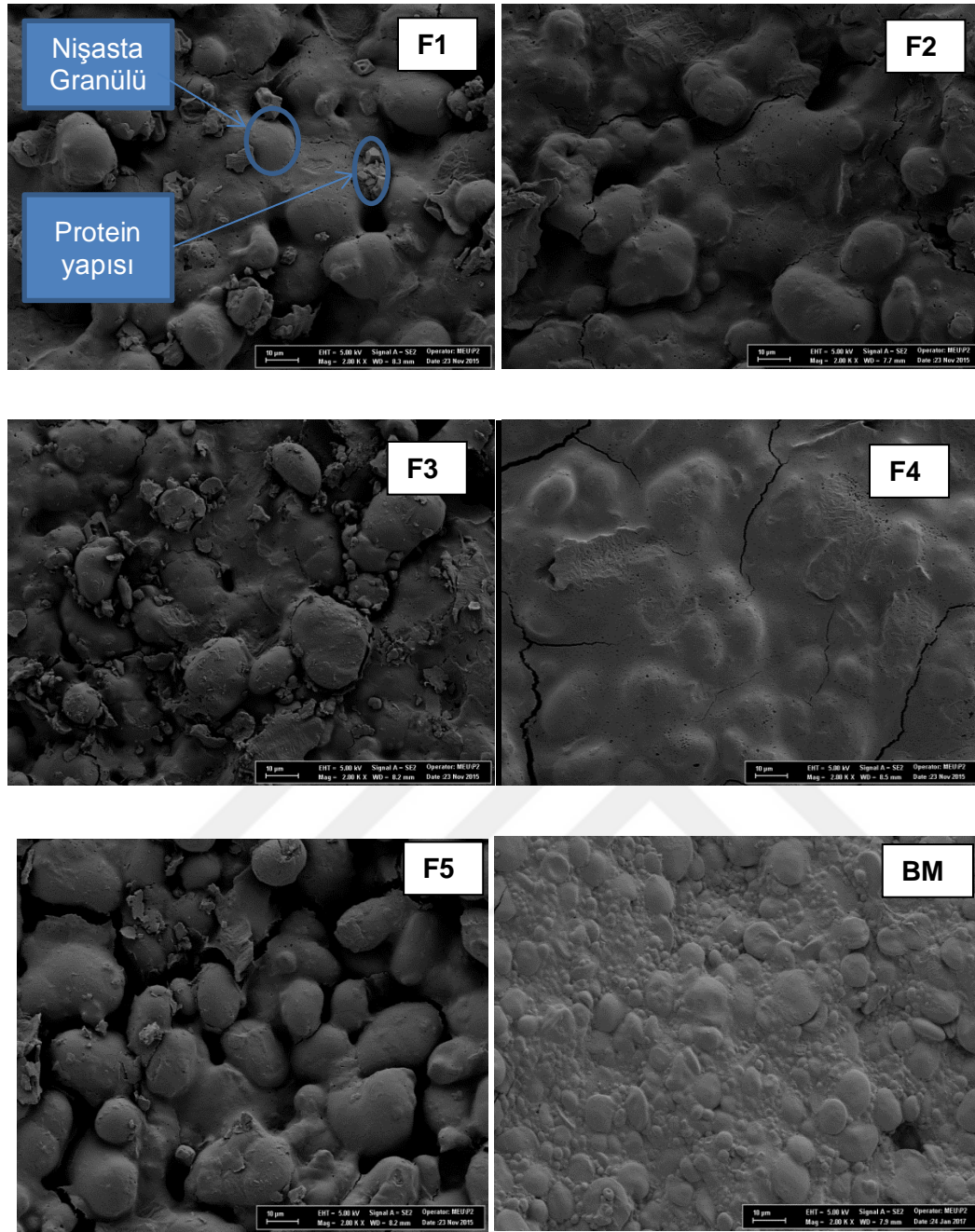
4.3.4. Kuru Mercimek Makarnasının Mikroyapısı

Farklı tanecik büyüklüklerine sahip unlardan 5 farklı formülasyonda hazırlanan kuru mercimek makarnalarının ve buğday makarnasının mikroyapısına ilişkin SEM görüntüleri Şekil 4.14 ve 4.15’de verilmiştir.

Kontrol örneği olarak kullanılan kuru buğday makarnasının mikroyapısı incelendiğinde nişasta granüllerinin gluten proteinlerinin oluşturduğu film tabakası altında gömülü olarak yerleştiği görülmektedir. Gluten ağının nişasta matriksi üzerinde tekdüze bir görünüm sergilediği görülmektedir. Literatürde de buğday makarnası için mikroyapı analizlerinde de benzer görüntüler kaydedilmiştir [203]. Gluten ağının bulunmadığı mercimek makarnasının her iki parçacık büyüklüğü için hazırlanan tüm formülasyonlarında ise nişastanın jelatinizasyonu ve kullanılan yapılandırıcı maddelerin (yumurta ve/ veya keçiyoynuzu gamı) yardımı ile yapının birbirine sınırlı derecede bağlandığı görülmektedir. Fakat buğday makarnasında gluten ağının oluşturduğu gibi tekdüze bir örtü yapısı gözlemlenmemiş birbirine yapışarak bağlanmış bir yapı gözlemlenmiştir. Mercimek makarnası formülasyonlarında heterojen, nişasta granüllerinin ve protein yapılarının yer yer kaynaşmadığı bir yapı göze çarpmaktadır. Elde edilen bu görüntüler mercimek makarnasının pişme kalitesinin buğday makarnası ile karşılaştırıldığında daha düşük olmasını açıklamaya da yardımcı olmaktadır [204].



Şekil 4.14. Kuru mercimek makarnalarının SEM görüntüleri (t.b. 100µm, F1-F5, × 2000).



Şekil 4.15. Kuru mercimek makarnalarının SEM görüntüleri ($100\mu\text{m} < \text{t.b.} < 355\mu\text{m}$, F1-F5, $\times 2000$).

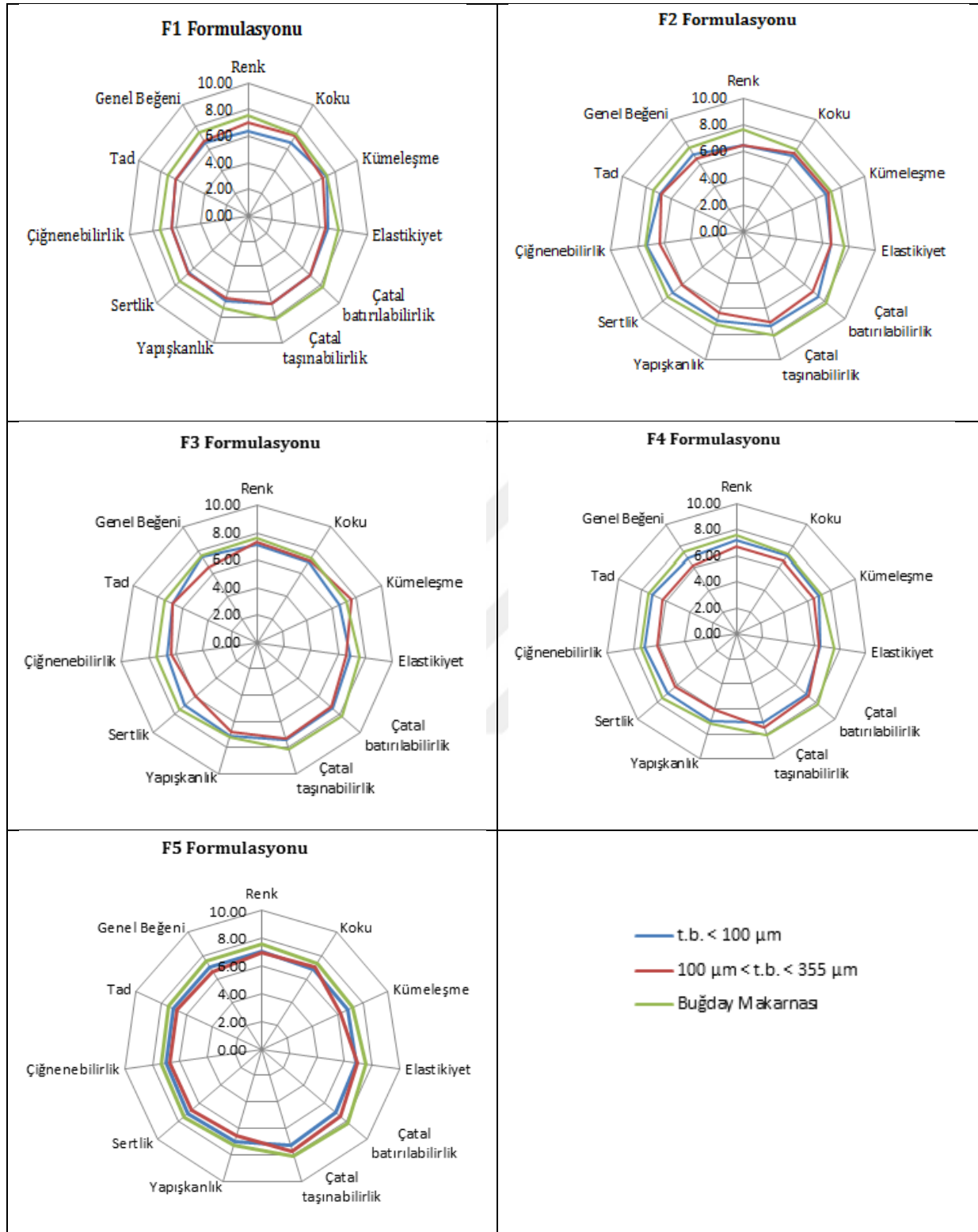
4.4. Pişmiş Mercimek Makarnasının Özellikleri

4.4.1. Pişmiş Mercimek Makarnasının Duyusal Beğenilirliği

Farklı tanecik büyüklüklerine sahip unlardan 5 farklı formulasyonda hazırlanan pişmiş mercimek makarnalarının ve buğday makarnasının duyusal analiz sonuçları Şekil 4.16'da özetlenmiştir.

Duyusal analizde incelenen kriterlerden kümeleşme, pişmiş makarnanın birbirine yapışma oranı; yapışkanlık, pişmiş makarna yüzeyinin dil, diş, damak veya ellere yapışma durumu; sertlik, makarnayı ısırmak için gerekli kuvvet; elastikiyet, makarnaya belli bir uzaklıktan deforme edici kuvvet (sıkıştırma) uygulandığında makarnanın zamana karşı stresinin azalma oranı ve çiğnenebilirlik ise bir örneği yutmaya uygun kıvama getirmek için saniyede bir çiğneme hızında çiğnemek için gerekli süre olarak ifade edilmektedir.

Duyusal analizde sunulan makarnaların bir tüketicinin makarna tüketim davranışları göz önünde bulundurularak tabaktaki özelliklerini (renk, koku, kümeleşme); tabaktan alınıp ağza götürülmesi sırasında gösterdiği davranışları (elastikiyet, çatal batırılabilirlik ve çatalda taşınabilirlik) ve ağızdaki davranışlarının (yapışkanlık, sertlik, çiğnenebilirlik ve tad) ve ürünün genel kabul edilebilirliğinin duyusal olarak test edilmesi amaçlanmıştır. Duyusal testte 9' lu ölçek kullanılmıştır. Panelistlerden, değerlendirilen her bir kıstas açısından 1 puan en kötü ve 9 puan en iyi olan örneği temsil edecek şekilde puanlama yapmaları istenmiştir.



Şekil 4.16. Pişmiş mercimek makarnalarının ve buğday makarnasının duyuusal özellikleri.

Duyusal analizde 9' lu skalada, 7 ve üstü puanlar ürünün markette tutunma ihtimalinin yüksek olduğunu ifade etmektedir [205]. Elde edilen bulgulardan kullanılan her iki tanecik

büyüklüğü için incelenen tüm kıstaslar açısından formülasyonlar arası farklılık saptanmamıştır ($p > 0.05$). Bununla birlikte t.b. $< 100 \mu\text{m}$ mercimek unundan hazırlanan tüm formülasyonların (özellikle F5) incelenen tüm kıstaslar açısından 7 ve üstü puan aldıkları belirlenmiştir. Buğday makarnası ise incelenen tüm kıstaslar açısından 7.5 ve üstü puanlar almıştır. Literatürden elde edilen veriler değerlendirildiğinde buğday dışı hammaddelerden üretilen makarnaların duyu beğenilerinin kontrol örneği olarak kullanılan buğday makarnalarından daha düşük olduğu ifade edilmektedir. Söz konusu çalışmalarda buğday dışı hammaddelerden üretilen makarnaların buğday makarnası ile karşılaştırıldığında elastikiyetinin az, çiğnenenebilirliğinin zor, yapışkanlık, kümeleşme ve sertliğinin fazla olduğu ifade edilmektedir [105, 115, 187, 191,192]. Özellikle yüksek protein içerikli hammaddelerden üretilen makarnaların söz konusu duyu özellikler açısından daha olumsuz puanlar aldığı ve % 45 zenginleştirmenin üzerine çıkılamayacağı ifade edilmiştir [105]. Yapılan bu çalışmadan elde edilen bulgular mercimek makarnasının buğday makarnası ile karşılaştırıldığında elastikiyetinin az, çiğnenenebilirliğinin zor, yapışkanlık, kümeleşme ve sertliğinin fazla olduğunu göstermektedir ($p < 0.05$).

Sonuç olarak mercimek makarnasının duyu beğenilirliğinin kullanılan iki farklı tanecik boyutunda hazırlanan tüm formülasyonlar kabul edilebilir düzeydir. Bununla birlikte t.b. $< 100 \mu\text{m}$ mercimek unundan hazırlanan F5 formülasyonunun incelenen kriterler açısından en yüksek puanları aldığı belirlenmiştir. Elde edilen bulgular mercimek makarnasının markette tutunabilecek bir ürün olduğunu işaret etmektedir.

4.4.2. Pişmiş Mercimek Makarnasının Renk Değerleri

Farklı tanecik büyüklüklerine sahip unlardan 5 farklı formülasyonda hazırlanan pişmiş mercimek makarnalarının ve buğday makarnasının renk değerleri Tablo 4.26'da özetlenmiştir.

Tablo 4.26. Pişmiş mercimek makarnalarının renk (L^* , a^* , b^*) değerleri.

Mercimek makarnası						
	t.b. < 100 μm			100 < t.b. < 355 μm		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
F₁	65.13±	16.74±	35.97 ±	64.95±	16.57±	35.8±
	0.76 _{a,1,∅}	0.51 _{a,1,∅}	1.99 _{a,1,∅}	0.76 _{a,1,∅}	0.46 _{a,b,1,∅}	2.03 _{a,1,∅}
F₂	63.94±	16.91±	34.47 ±	63.9±	16.91±	34.4±
	0.80 _{a,b,1,∅}	0.83 _{a,1,∅}	1.21 _{a,b,1,∅}	0.80 _{a,b,1,∅}	0.83 _{a,1,∅}	1.21 _{a,b,1,∅}
F₃	63.43±	16.62±	34.47 ±	63.3±	16.55±	34.3±
	1.05 _{b,1,∅}	0.93 _{a,1,∅}	1.35 _{a,b,1,∅}	1.02 _{b,1,∅}	1.04 _{a,b,1,∅}	1.24 _{a,b,1,∅}
F₄	64.62±	16.05±	35.32 ±	64.4±	15.97±	35.1±
	1.34 _{a,b,1,∅}	1.10 _{a,1,∅}	1.55 _{a,b,1,∅}	1.27 _{a,b,1,∅}	1.05 _{a,b,1,∅}	1.64 _{a,b,1,∅}
F₅	65.16±	15.82±	33.95 ±	64.9±	15.71±	33.8±
	0.92 _{a,1,∅}	0.79 _{a,1,∅}	0.63 _{b,1,∅}	0.96 _{a,1,∅}	10.78 _{b,1,∅}	0.65 _{b,1,∅}

(a-c) farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

(1-2) farklı rakamlar aynı satırdaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Buğday makarnasının renk değerleri: L^* : 80.01 ± 0.76 N; a^* : 2.41 ± 0.22 ; b^* : 29.47 ± 0.22

∅: Buğday makarnası ile karşılaştırıldığında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Pişmiş makarnanın rengi de kuru makarna gibi ürünün duyu kalitesi açısından önem taşımaktadır. Pişmiş makarnayı tanımlarken kullanılan önemli kalite değişkenlerinden birisi de rengidir. Bugüne kadar yapılan makarna kalite tanımlamalarında makarna rengi buğday makarnası rengi üzerinden yapılmıştır. Söz konusu tanımlamalarda makarnanın piştiğinde de parlak sarı “amber” renkte olması aranılan bir özellik olarak gösterilir [206]. Buğday dışı hammaddelerle üretilen makarnalarının buğday makarnasının arzu edilen sarı renk değerlerinden uzaklaştığı bir çok çalışmada rapor edilmiştir [103, 105,186].

Bu çalışmada t.b. < 100 µm mercimek unundan elde edilen, 100 < t.b. < 355 µm undan elde edilen kuru mercimek makarnasının ve buğday makarnasının parlaklık (L*) değerleri sırasıyla 54.61 ± 1.27 - 57.55 ± 1.44, 51.53± 3.71 - 54.75 ± 1.44 ve 77.30 ± 0.07 olarak; kırmızılık değerleri sırasıyla 27.94 ± 0.97 - 28.80 ± 0.64, 28.51 ± 0.51 -31.06 ± 1.10 ve 2.17 ± 0.12 olarak ve sarılık değerleri 39.08 ± 1.04 - 40.33 ± 0.87, 36.73 ± 1.83 - 41.15 ± 1.08 ve 24.69 ± 0.02 olarak saptanmıştır. Pişmiş mercimek makarnası için aynı değerler incelendiğinde her iki tanecik boyutunda üretilen tüm formülasyonlarda (F1, F2, F3, F4 ve F5) parlaklık değerinin kuru mercimek makarnası ile karşılaştırıldığında (yaklaşık %15) arttığı, kırmızılık değerinin önemli derecede azaldığı (% 44) ve sarılık değerinin de önemli derecede azaldığı (% 16) saptanmıştır (p < 0.05). Buğday makarnası açısından ise parlaklık değerinin azaldığı (% 3.5) kırmızılık (% 11) ve sarılık (% 19.4) değerlerinin ise arttığı saptanmıştır. Mercimek makarnası üretiminde t.b. < 100 µm olan undan üretilen F1 ve F5 formülasyonları parlaklık açısından en yüksek değeri göstermiştir (p < 0.05). Bununla birlikte t.b. < 100 µm üretilen unlardan üretilen formülasyonlar arasında kırmızılık değerleri arasında farklılık görülmezken en yüksek sarılık değerini F1 formülasyonu göstermiştir. Mercimek makarnası üretiminde 100 < t.b. < 355 µm olan undan üretilen tüm formülasyonlarda parlaklık değeri açısından F1 ve F5 formülasyonları parlaklık açısından en yüksek değeri göstermiştir (p < 0.05). En yüksek kırmızılık değeri F2 formülasyonunda saptanırken en yüksek sarılık değeri ise F1 formülasyonunda saptanmıştır (p < 0.05). Mercimek makarnası üretiminde kullanılan farklı tanecik büyüklüğündeki unların farklı formülasyonlarda üretilen pişmiş makarnanın renk değerleri üzerine önemli bir etkisi saptanmamıştır (p > 0.05). Fakat kullanılan iki farklı tanecik boyutundan üretilen tüm formülasyonlardaki pişmiş mercimek makarnalarının parlaklık değeri buğday makarnası ile karşılaştırıldığında önemli derecede düşük, kırmızılık ve sarılık değerleri ise önemli derecede yüksek bulunmuştur(p < 0.05). Elde edilen veriler literatürdeki buğday ve buğday dışı hammaddelerle yapılan çalışmalarla uyumludur [103, 105, 186]. Literatürde makarnanın pişirme işlemi ile parlaklık değerinin arttığı, kırmızılık ve sarılık değerlerinin ise azaldığı rapor edilmiştir [103, 105]. Yapılan bir diğer çalışmada ise baklagiller ile zenginleştirilmiş (nohut ve mercimek) pişmiş pirinç makarnasının kuru formu ile karşılaştırıldığında parlaklık değerinin

arttığı, kırmızılık ve sarılık değerinin ise azaldığı saptanmıştır. Bunun nedenini baklagil pigmentlerinin (tannin vb.) 100 °C olan makarna pişme suyunda çözünerek degrade olması ile açıklamışlardır [182, 187]. Bu çalışmadan elde edilen bulgularda önceki çalışmalarla uyumludur [177], pişmiş mercimek makarnasının kuru mercimek makarnası ile karşılaştırıldığında özellikle kırmızılık değerinin dramatik şekilde azaldığı saptanmıştır.

Sonuç olarak pişmiş mercimek makarnasının renk değerlerinin tamamının (L^* , a^* ve b^*) pişmiş buğday makarnasınıninkiler ile karşılaştırıldığında önemli derecede farklı olduğu saptanmıştır. Buğday makarnasında yüksek parlaklık, düşük kırmızılık ve yüksek sarılık değeri belirgin iken mercimek makarnasında ise incelenen tüm formülasyonlarda düşük parlaklık, yüksek kırmızılık ve sarılık değeri belirgindir. Elde edilen bulgular kuru mercimek makarnasının kendine has rengini oluşturan yüksek kırmızılık ve sarılık değerlerinin pişmiş makarnada azaldığını göstermektedir.

4.4.3. Pişmiş Mercimek Makarnasının Dokusal Özelliği

4.4.3.1. Pişmiş mercimek makarnasının sertlik özelliği

Farklı tanecik büyüklüklerine sahip unlardan 5 farklı formülasyonda hazırlanan pişmiş mercimek makarnalarının ve buğday makarnasının sertlik özelliği Tablo 4.27'de özetlenmiştir.

Tablo 4.27. Pişmiş mercimek makarnalarının sertlik değerleri.

Mercimek makarnası		
	t.b. < 100 µm	100 µm < t.b. < 355 µm
	Kuvvet (N)	Kuvvet (N)
F₁	1.26 ± 0.20 ^{a,1}	1.88 ± 0.22 ^{b,2,ϕ}
F₂	1.46 ± 0.32 ^{a,b,1,ϕ}	1.53 ± 0.16 ^{c,1,ϕ}
F₃	1.63 ± 0.31 ^{b,1,ϕ}	1.93 ± 0.14 ^{b,2,ϕ}
F₄	1.48 ± 0.21 ^{a,b,1,ϕ}	2.38 ± 0.34 ^{a,2,ϕ}
F₅	1.43 ± 0.29 ^{a,1}	1.95 ± 0.14 ^{b,2,ϕ}

(a-b) farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir

(1-2) farklı rakamlar aynı satırdaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Buğday makarnasının sertliği: $F: 1.09 \pm 0.22$

ϕ: Buğday makarnası ile karşılaştırıldığında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Pişmiş makarnanın dokusal özelliği ürünün duyu kabul edilebilirliği ile yakından ilgilidir. Pişmiş makarnanın sertliğinin yüksek olması özellikle buğday dışı hammaddelerle üretilen makarnalar için önemli bir sorundur ve giderilmesi için bir çok optimizasyon çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Makarna sertliğini etkileyen önemli faktörler arasında makarnanın yapıldığı hammaddenin özellikleri, protein kalitesi, kurutma koşulları, pişme suyunun özellikleri ve pişme sırasında proteinlerin su çekmesi olarak sıralanmaktadır [207, 208, 209].

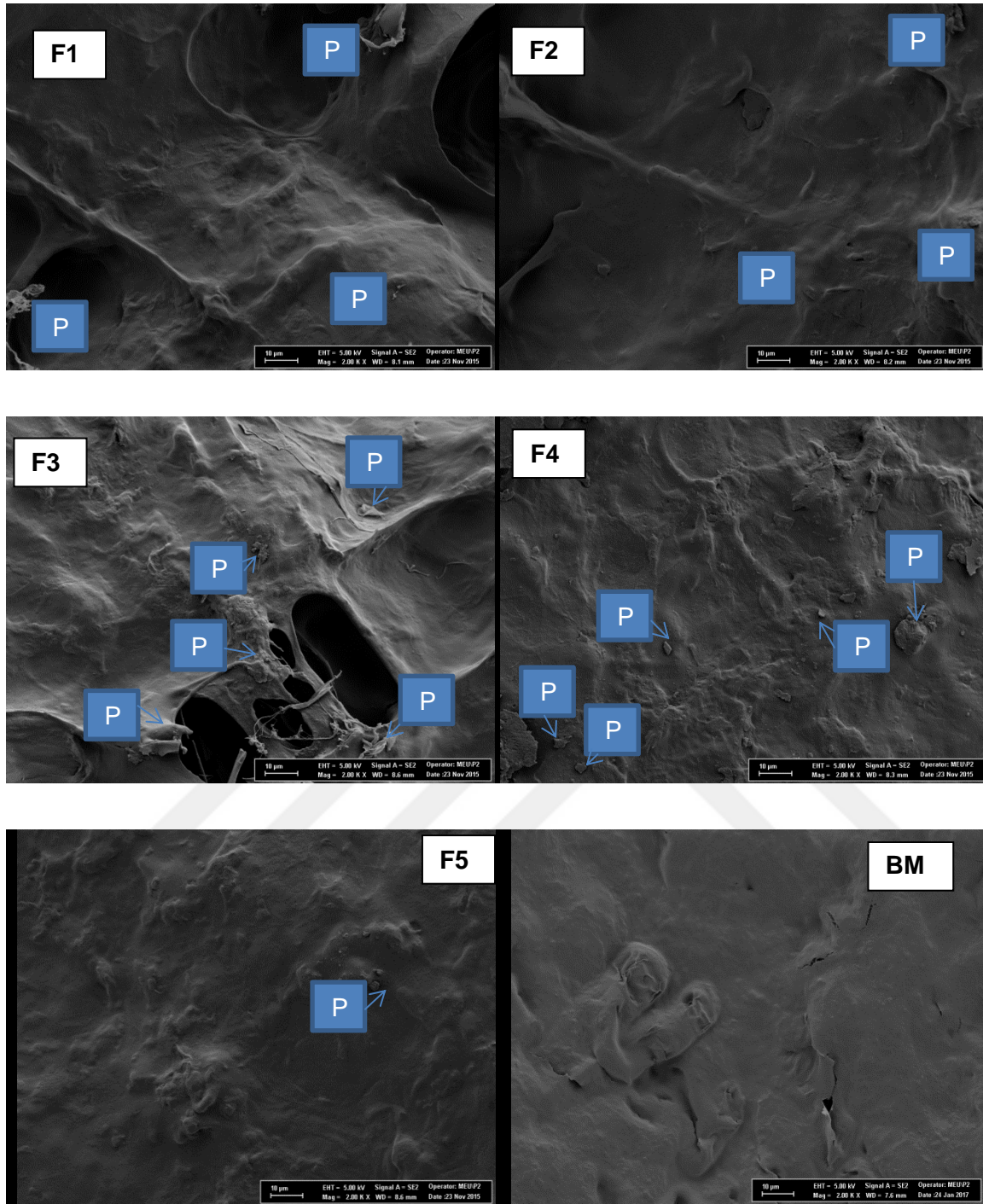
Bu çalışmada pişmiş mercimek makarnalarının sertliğinin $1.26 \pm 0.20 - 2.38 \pm 0.34$ N arasında değiştiği saptanırken buğday makarnası için aynı değer 1.09 ± 0.22 olarak saptanmıştır. Mercimek makarnası üretiminde kullanılan t.b. < 100 µm undan hazırlanan formülasyonda yalnızca yumurta ve keçi boynuzu gamı miktarının kullanıldığı F1 ve F5 formülasyonları en düşük sertlik değerleri saptanırken iki yapılandırıcının bir arada kullanıldığı formülasyonlar daha yüksek sertlik değerleri göstermişlerdir ($p < 0.05$). Tanecik büyüklüğü

100-355 µm olan undan hazırlanan formülasyonlar arasında F2 formülasyonu en düşük sertlik değerini gösterirken, F4 en yüksek sertlik değerini göstermiştir. Tanecik büyüklüğü 100 µm'den küçük olan undan hazırlanan mercimek makarnalarının sertliği tanecik büyüklüğü 100-355 µm olan undan hazırlanan mercimek makarnalarından tüm formülasyonlar için daha düşük sertlikte bulunmuştur ($p < 0.05$). Aletsel olarak elde edilen sertlik bulgular duyuusal analizde elde edilen sertlik bulgularını destekler niteliktedir (Bknz. Şekil 4.16). Bu çalışmada her iki tanecik büyüklüğünde hazırlanan mercimek makarnalarının tüm formülasyonları için bulunan sertlik değerleri kontrol örneği olarak hazırlanan buğday makarnasınınki ile karşılaştırıldığında önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). Literatürde de buğday dışı hammaddelerle yapılan makarna çalışmalarında sertliğin kullanılan hammaddeye, yapılandırıcı maddeye göre farklılık göstermekle birlikte buğday makarnası ile karşılaştırıldığında daha yüksek değerler gösterdiği saptanmıştır [92, 105].

Sonuç olarak mercimek makarnasının sertliğinin formülasyonda kullanılan unun tanecik büyüklüğü ile yakından ilgili olduğu saptanmıştır. Tanecik büyüklüğü 100 µm'den küçük olan undan hazırlanan mercimek makarnalarının sertliği kontrol örneğine daha yakın bulunmuştur ($p < 0.05$). Tanecik büyüklüğü 100 µm'den küçük olan undan hazırlanan mercimek makarnalarının yalnızca tek bir yapılandırıcı maddenin kullanıldığı formülasyonlarda (F1 ve F5) sertlik değeri daha düşük bulunmuştur ($p < 0.05$).

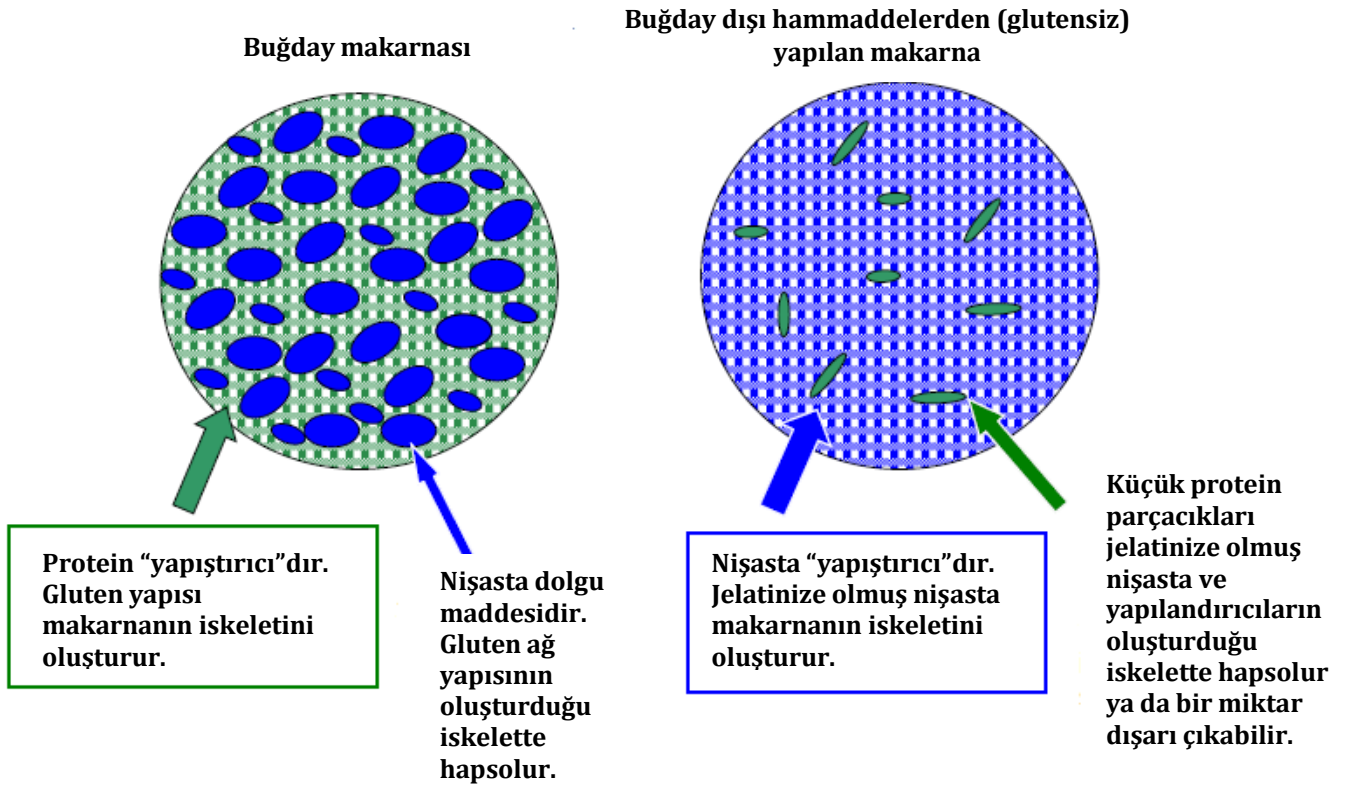
4.4.4. Pişmiş mercimek makarnasının mikroyapısı

Farklı tanecik büyüklüklerine sahip unlardan 5 farklı formülasyonda hazırlanan kuru mercimek makarnalarının ve buğday makarnasının mikroyapısına ilişkin SEM görüntüleri Şekil 4.17 ve 4.19'da verilmiştir.

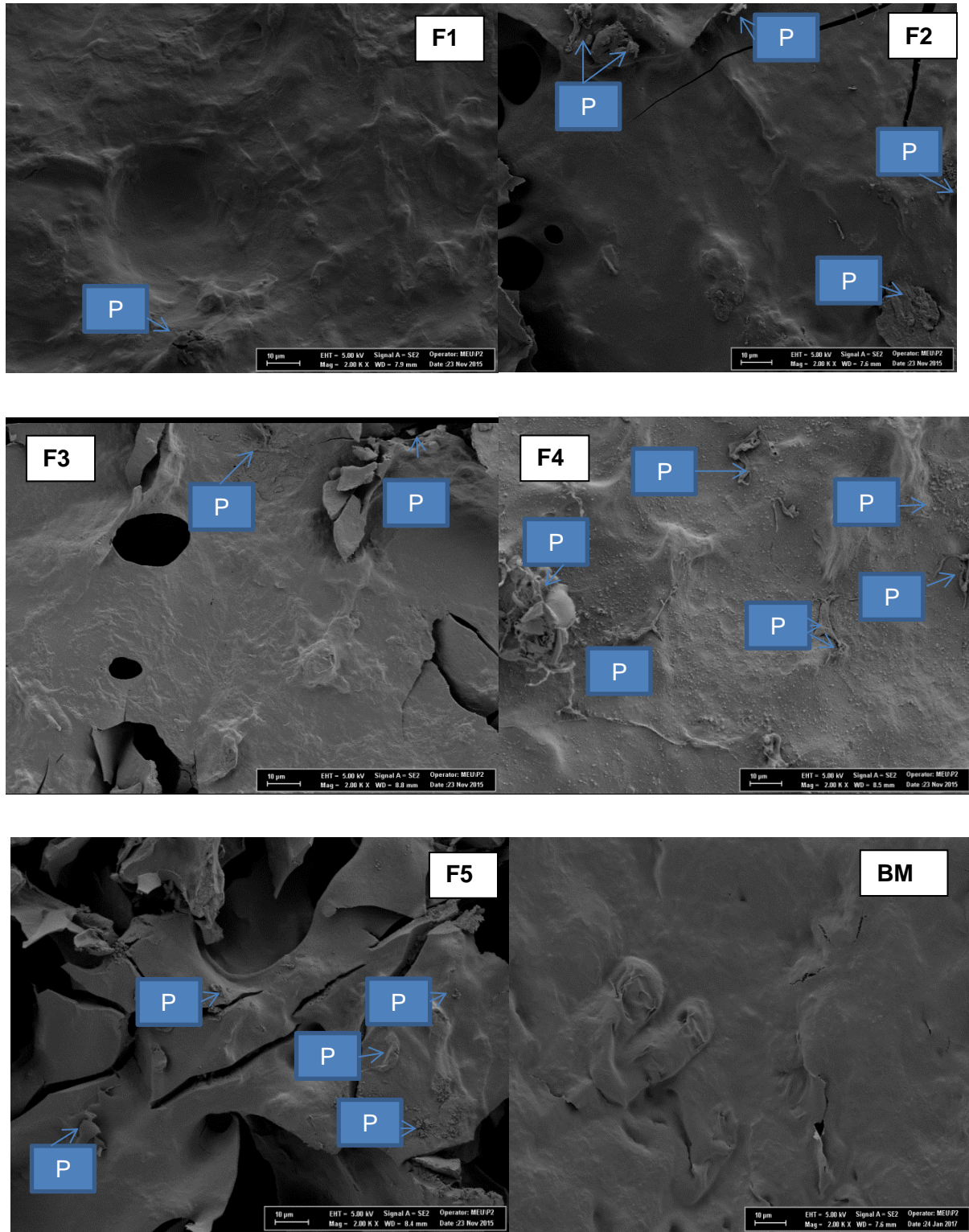


Şekil 4.17. Pişmiş mercimek makarnalarının SEM görüntüleri (t.b.< 100µm, F1-F5, ×2000); (P: protein yapısı).

Makarnanın pişirilmesi sırasında başlıca iki olay gerçekleşir bunlardan birisi nişasta jelatinizasyonu diğeri ise protein denetürasyonudur. Buğday makarnası pişerken nişasta su alıp şişer ve gluten proteinleri denature olarak şişen nişasta yapılarını tutacak kadar güçlü viskoelastik bir yapı oluşturur ve makarnanın yapısal bütünlüğünün korunmasını sağlar. Buğday dışı hammaddelerden elde edilen makarnalarda ise pişme sırasında nişasta su alarak şişer ve jelatinize olur, kullanılan yapılandırıcı maddelerle bir araya gelerek yapıştıran bir ağ yapısı oluşturur ve makarnanın yapısal bütünlüğünü korumasını sağlar (Şekil 4.17). Bu durumda protein yapılarının bu ağ yapılarının içinde ya da dışında gözlemlenebilir [62].



Şekil 4.18. Buğday makarnası ve buğday dışı hammaddelerden üretilen makarnaların yapısı.



Şekil 4.19. Pişmiş mercimek makarnalarının SEM görüntüleri ($100\mu\text{m} < \text{t.b.} < 355 \mu\text{m}$, F1-F5, $\times 2000$).

Söz konusu bilgiler ışığında mercimek makarnasının ve kontrol örneğinin mikroyapıları incelendiğinde nişastanın jelatinizasyonu ve protein denaturasyonu ile makarnada birbiri içine geçmiş düz bir yapı gözlemlenmiştir. Mercimek makarnalarında her iki tanecik büyüklüğünde hazırlanan tüm formülasyonlarda yapının dışına çıkan düzensiz geometrik şekiller (protein paketçikleri; P) çatlaklar ve pürüzlü bir yüzey gözlemlenirken buğday makarnasında tersine homojen, temiz (yüzey dışına taşan madde yok) ve pürüzsüz bir yüzey gözlemlenmiştir. Bunun temel nedeni Şekil 4.18'de ifade edilen gluten ağ yapısının mercimek makarnasında bulunmazken buğday makarnasında bulunmasıdır. Pişmiş mercimek makarnalarında elde edilen görüntüler tanecik büyüklüğü 100 µm'den küçük unların kullanıldığı formülasyonlarda yüzeyin daha temiz ve pürüzsüz olduğunu göstermektedir. Elde edilen görüntüler söz konusu mercimek makarnaların pişme kalitesinin de (özellikle suya geçen madde miktarı) daha yüksek olmasını açıklar niteliktedir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Yapılan çalışmada yeni bir ürün olan “mercimek makarnasının” teknolojik üretilebilirliği, hammaddeden son ürüne kadarki üretim süreci ve özellikleri ortaya koyulmuştur. Bu amaçla çalışmanın ilk aşamasında mercimek makarnası üretim sürecinde yer alan ana hammaddenin (kırmızı mercimek unu) fiziksel, fizikokimyasal ve mikroyapı özellikleri belirlenmiştir. İkinci aşamasında, mercimek makarnasının formülasyon optimizasyonu yapılmış ve ardından optimize edilen formülasyonlardaki mercimek makarnası hamurlarının fizikokimyasal, dokusal ve mikroyapı özellikleri incelenmiştir. Üçüncü aşamada söz konusu formülasyonlar kullanılarak makarna üretim süreci gerçekleştirilmiş ve üretilen kuru mercimek makarnalarının fizikokimyasal, dokusal, pişme kalitesi ve mikroyapı özellikleri belirlenmiştir. Çalışmanın son aşamasında tüketicinin tabağındaki son ürün olan pişmiş mercimek makarnasının duyuşal, fiziksel, dokusal ve mikroyapı özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen tüm veriler sonucunda en çok beğenilen ve en iyi kalitedeki mercimek makarnası formülasyonu seçilerek endüstriyel boyutta üretime hazır bir prototipinin üretimi gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın ilk kısmından elde edilen sonuçlar mercimek makarnası üretiminde kullanılan kırmızı mercimek ununun makarna üretimi açısından öne çıkan özelliklerinin; yüksek protein, düşük yağ, yüksek kül içeriği, gluten içermemesi ve yüksek kırmızılık-sarılık renk değerleri olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte mercimek ununun detaylı bir tanecik büyüklüğü dağılımı analizi yapılarak elde edilen veriler, makarna üretimine en uygun tanecik büyüklüğünün seçilmesi amacıyla optimizasyon denemelerinde kullanılmıştır. Buğday makarnası üretiminde kullanılan irmik kalitesini oluşturan temel öğelerin: Yüksek protein kalitesi (yüksek gluten içeriği), düşük kül içeriği ve yüksek sarılık rengi olduğu göz önünde bulundurulduğunda iki hammaddenin önemli derecede farklı özelliklere sahip olduğu saptanmıştır.

Çalışmanın ikinci kısmında hammaddenin özellikleri dikkate alınarak formülasyon optimizasyonu yapılmış ve optimize edilen formülasyonlardaki mercimek makarnası hamurları makarnaya işlenebilirlik açısından incelenmiştir. Mercimek makarnasının hamur formülasyon optimizasyonu yapılırken 3 önemli kıstas dikkate alınmıştır. Bu kıstaslar: i. Hamurun makarnaya işlenebilmesi (hamur açılabilirliği ve hamur şekil verilebilirliği), ii. Makarnanın pişirilirken suda yapısal bütünlüğünün korunabilmesi ve iii. Makarna kalitesininin (pişme, dokusal ve duyuşal) mümkün olduğunca buğday makarnasına yaklaşmasıdır. Söz konusu kıstaslar göz önüne alınarak ve kırmızı mercimek unu analizlerinden elde edilen bulgulardan yola çıkılarak makarna hamuru hazırlanırken hamurun içerdiği su miktarı (çeşme suyu + yumurtadan gelen su) ve tuz miktarı sabit tutulurken hamura eklenecek yapılandırıcı

maddelerin (yumurta ve/veya keçiyoynuzu gamının) miktarları optimize edilmiştir. Formülasyonun belirlenmesi amacıyla yapılan denemeler sonucunda kullanılacak yumurta ve keçiyoynuzu gamı miktarlarının aralığı sırasıyla 0.00-40.00 g ve 0.00-2.00 g olarak belirlenerek 5 ayrı (F1, F2, F3, F4 ve F5) mercimek makarnası formülasyonu oluşturulmuştur. Bununla birlikte mercimek makarnası üretiminde kullanılabilecek mercimek ununun en uygun tanecik büyüklüğünü bulmak amacıyla 3 farklı tanecik büyüklüğünde (t.b. < 100 μ m, 100 μ m < t.b. < 355 μ m ve t.b. > 355 μ m) optimize edilen formülasyonlar hazırlanmıştır. Böylece belirlenen 5 ayrı formülasyonda 3 farklı tanecik büyüklüğü dağılımına sahip (t.b. < 100 μ m; 100 μ m < t.b. < 355 μ m; t.b. > 355 μ m) unlar kullanılarak 15 (5 \times 3) farklı hamur örneği hazırlanmış ve makarnaya işleme denemeleri yapılmıştır. Elde edilen bulgular mercimek ununun tanecik büyüklüğü dağılımının, formülasyonda kullanılan yapılandırıcı maddenin çeşidinin ve miktarının hem hamurun işlenebilirliğinde hem de son ürün kalitesinde farklılığa neden olduğunu göstermiştir. Formülasyonda kullanılan keçiyoynuzu gamının miktarının artmasının hamurun makarnaya işlenebilirliğine ve son ürünün pişme ve dokusal kalitesine olumlu katkıda bulunduğu saptanmıştır. Diğer taraftan mercimek makarnası üretiminde kullanılan hamurun nem içeriğinin % 30'un altında olmasının ve kullanılan unun tanecik büyüklüğünün ince ve dağılımının dar bir aralıkta olmasının (t.b. 100 μ m'den küçük ve 100 μ m ve 355 μ m arasında) hamur işlenebilirliğini ve son ürün kalitesini iyileştirdiği saptanmıştır (p<0.05). Tanecik büyüklüğü dağılımı 355 μ m'den büyük olan undan elde edilen hamurlar, hamur açma aşamasında 5 farklı formülasyonda da dağıldığından bu tanecik büyüklüğündeki formülasyonlar elenmiştir.

Farklı tanecik büyüklüğüne sahip unlarla hazırlanmış 5 ayrı formülasyona sahip mercimek makarnası hamurlarının su etkinliği değerlerinin 0.88 - 0.91 arasında değiştiği saptanmıştır. Mercimek makarnası taze olarak üretilecek ise su etkinliği yüksek olduğundan ürünün mikrobiyolojik, kimyasal ve enzimatik reaksiyonlara yatkınlığının yüksek olduğu görülmüştür. Bu nedenle uygun üretim süreci (formülasyona sorbitol, gliserol gibi şeker alkollerini vb. nem tutucuların eklenmesi) ve ambalajlama tekniği ile (örneğin pastörizasyon ve vakum/ modifiye ambalajlama) piyasaya sürülmesi gerektiği değerlendirilmiştir. Bununla birlikte mercimek makarnası hamurunun kırmızılık değerlerinin ön plana çıktığını, sarılık değerinin de buğday makarnası ile yakın olduğu, parlaklık değerinin ise buğday makarnasından daha düşük olduğunu göstermiştir (p < 0.05). Mercimek makarnası hamurunun renk değerlerinin ortaya konulmasıyla potansiyel taze mercimek makarnasının renk değerleri için de bir veri tabanı oluşturulmuştur.

Mercimek makarnası hamurlarının mikroyapısı incelendiğinde tanecik büyüklüğünün küçülmesi ve dağılımının dar bir aralıkta olmasının oluşan hamurun daha tekdüze ve iyi karıştığı gözlemlenmiştir. Buğday makarnası hamurunda glutenin oluşturduğu film tabakasının mercimek makarnası hamurlarında yapılandırıcı madde olarak kullanılan yumurta ve/veya keçiyoynuzu gamı ile taklit edilebildiği saptanmıştır. Mercimek makarnası üretiminde tanecik büyüklüğü küçük ve dar bir aralıkta yayılan un kullanılmasının mercimek makarnası üretiminde daha iyi sonuçlar vereceği SEM görüntüleri ile desteklenmiştir.

Mercimek makarnası hamurunda yapılan fizikokimyasal ve mikroyapı analizlerinden elde edilen bulgular bütünüyle değerlendirildiğinde t.b. < 100µm ve 100 µm < t.b.< 355 µm, F1 - F5 hamurlarının makarna üretimine uygun olduğunu göstermiştir. Özellikle hamurun dokusal özellikleri dikkate alındığında her iki tanecik büyüklüğü için F5 formülasyonu başta olmak üzere F3 ve F4 formülasyonları işlenebilirlik açısından daha iyi olarak değerlendirilmiştir. Mercimek makarnası hamuru için elde edilen veriler aynı zamanda potansiyel taze mercimek makarnasının üretimi için de bir veri tabanı oluşturmuştur.

Çalışmanın 3. aşamasında kuru mercimek makarnası üretimi gerçekleştirilmiştir. Kuru mercimek makarnası; mercimek unu su, yumurta ve/veya keçiyoynuzu gamı ve tuzun karıştırılarak homojen bir hamur haline getirilmesi, hamura şekil verilip kurutulmasıyla üretilmiştir. Mercimek makarnası üretim süreci, üreticiye ek bir masraf çıkarmaması için hali hazırdaki buğday makarnası üretim sürecine mümkün olduğunca sadık kalınarak yapılmıştır. Mercimek makarnası üretim sürecinin sonunda elde edilen ürün kuru mercimek makarnası olarak adlandırılmıştır. Elde edilen bulgular kuru mercimek makarnasının her iki tanecik boyutundaki tüm formülasyonlarda ve buğday makarnasında, nem içeriğinin % 10'un altında olduğunu göstermektedir. Uygulanan yüksek sıcaklık kısa süre kurutma normu ile (90 °C/ 3 sa) son ürünün nem değeri ve su etkinliği denenen tüm formülasyonlar için % 10'un ve 0.6 su etkinliği değerinin altına çekilebilmiştir. Söz konusu nem değerleri ve su etkinliği değerlerinin kuru makarnanın mikrobiyal güvenliği açısından uygun olduğunu ve uygulanan kurutma işleminin yeterli olduğunu göstermektedir.

Kuru mercimek makarnasının optimize edilen tüm formülasyonları için gerçekleştirilen fizikokimyasal analizlerinden elde edilen bulgular mercimek makarnasının yüksek kül (%2.37-2.80), yüksek protein (27.16 ± 0.01 - 32.40 ± 0.05), düşük yağ (0.93 ± 0.01 -2.08 ± 0.34), yüksek karbonhidrat içeriği (54.85 ± 0.42 - 62.09± 0.12) ve glutensiz (< 5 ppm) olmasıyla karakterize edilebileceğini göstermektedir. Kuru mercimek makarnası kuru buğday makarnası ile karşılaştırıldığında özellikle yüksek protein içeriği (en az 2 kat fazla), glutensiz olması (< 5 ppm), düşük parlaklık (51.53± 3.71-57.55± 1.44), yüksek kırmızılık (28.10± 0.61-31.06 ± 1.10) -

sarıklık (36.73 ± 1.83 ve 41.15 ± 1.08) değeri ile önemli derecede farklı fizikokimyasal özellikler sergilemiştir ($p < 0.05$)

Makarnanın en önemli kalite özelliklerinden olan ve tüketicinin satın alma kararını etkileyen pişme kalitesi, optimum pişme süresi, suya geçen madde miktarı, hacim ve ağırlık artışı kıstasları ile değerlendirilmiştir. Kullanılan farklı tanecik büyüklükleri ile hazırlanan mercimek makarna formülasyonları birbiri ile karşılaştırıldığında en yüksek pişme kalitesine sahip mercimek makarnalarının tanecik büyüklüğü dağılımı $100 \mu\text{m}$ 'den küçük undan elde edilen formülasyonlarda olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Bununla birlikte tanecik büyüklüğü dağılımı $100 \mu\text{m}$ 'den küçük undan elde edilen F5 formülasyonunun (yapılandırıcı madde olarak yalnızca keöiboynuzu gamının kullanıldığı formülasyon) en iyi pişme kalite performansına sahip olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$). Söz konusu formülasyon alışılagelen buğday makarnasına en yakın pişme kalite özelliklerini sergilemiştir ($p < 0.05$). Elde edilen bulgular tanecik büyüklüğü dağılımı $100 \mu\text{m}$ 'den küçük olan unlardan elde edilen 5 farklı formülasyonda gam miktarı arttıkça pişme kalitesinin arttığı (optimum pişme süresinin kısaldığı, ağırlık ve hacim artışı değerinin arttığı ve suya geçen madde miktarının kısaldığı) belirlenmiştir ($p < 0.05$). Aynı eğilim t.b. $100 - 355 \mu\text{m}$ olan unlardan elde edilen mercimek makarnalarında da saptanmıştır ($p < 0.05$).

Kuru mercimek makarnasının incelenen diğer bir kalite özelliği ise üretimin paketlenme ve taşıma aşamalarında önem taşıyan kırılmaya karşı direncinin belirlenmesidir. Mercimek makarnasının kırılmaya karşı direncinin, her iki tanecik boyutunda üretilen tüm formülasyonlarında formülasyondaki keöiboynuzu gamı miktarının artışı ile (F4 ve F5) önemli derecede arttığı saptanmıştır ($p < 0.05$). Bu iki formülasyonun kırılmaya karşı direnci kontrol örneği olarak hazırlanan buğday makarnası ile karşılaştırıldığında daha yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). Bu çalışmadan elde edilen bulgular, hem mercimek makarnasının en iyi performans gösterdiği formülasyonların (F4 ve F5) hem de kontrol örneği olarak hazırlanan buğday makarnasının ticari olarak satılan buğday makarnasından daha düşük kırılma direncine sahip olduğunu göstermektedir. Bu nedenle endüstriyel makarna üretim yöntemlerinden biri olarak kullanılan ekstrüzyon yönteminin mercimek makarnası üretiminde de kullanılmasının ürünün dokusal özelliklerinin iyileştirilmesine yardımcı olacağı değerlendirilmiştir.

Kuru mercimek makarnasının mikroyapı analizinde, gluten ağının bulunmadığı mercimek makarnasının her iki parçacık büyüklüğü için hazırlanan tüm formülasyonlarında nişastanın jelatinizasyonu ve kullanılan yapılandırıcı maddelerin (yumurta ve/ veya keöiboynuzu gamı) yardımı ile yapının birbirine sınırlı derecede bağlandığı, heterojen, nişasta granüllerinin ve protein yapılarının yer yer kaynaşmadığı bir yapı görülmüştür. Elde edilen

SEM görüntüleri mercimek makarnasının pişme kalitesinin buğday makarnası ile karşılaştırıldığında daha düşük olmasını açıklamaya da yardımcı olmuştur.

Çalışmanın son aşamasında pişmiş mercimek makarnasının duyuşal, dokusal ve mikroyapı özellikleri incelenmiştir. Duyusal analizden elde edilen bulgulardan kullanılan her iki tanecik büyüklüğü için incelenen tüm kriterler açısından formülasyonlar arası farklılık saptanmamıştır ($p > 0.05$). Bununla birlikte t.b. $< 100 \mu\text{m}$ mercimek unundan hazırlanan tüm formülasyonların (özellikle F5) incelenen tüm kriterler açısından 7 ve üstü puan aldıkları belirlenmiştir. Buğday makarnası ise incelenen tüm kriterler açısından 7.5 ve üstü puanlar almıştır. Sonuç olarak mercimek makarnasının duyuşal beğenilirliğinin kullanılan iki farklı tanecik boyutunda hazırlanan tüm formülasyonlar kabul edilebilir düzeydir. Elde edilen bulgular mercimek makarnasının markette tutunabilecek bir ürün olduğunu işaret etmektedir.

Pişmiş makarnanın rengi de kuru makarna gibi ürünün duyuşal kalitesi açısından önem taşımaktadır. Mercimek makarnasında ise incelenen tüm formülasyonlarda düşük parlaklık, yüksek kırmızılık ve sarılık değeri belirgin iken buğday makarnasında yüksek parlaklık, düşük kırmızılık ve yüksek sarılık değeri belirgin bulunmuştur. Elde edilen bulgular kuru mercimek makarnasının kendine has rengini oluşturan yüksek kırmızılık ve sarılık değerlerinin pişmiş makarnada azaldığını da göstermektedir ($p < 0.05$).

Pişmiş mercimek makarnalarının en önemli dokusal özelliklerinden olan ve ise özellikle duyuşal kabul edilebilirliği ile yakından ilgili olan sertlik değeri ($1.26 \pm 0.20 - 2.38 \pm 0.34$ N) kontrol örneği olarak hazırlanan buğday makarnası ile karşılaştırıldığında (1.09 ± 0.22) önemli derecede yüksek bulunmuştur. Mercimek makarnasının sertliğinin formülasyonda kullanılan unun tanecik büyüklüğü ile yakından ilgili olduğu belirlenmiştir. Tanecik büyüklüğü $100 \mu\text{m}$ 'den küçük olan undan hazırlanan mercimek makarnalarının sertliği kontrol örneğine daha yakın bulunmuştur ($p < 0.05$). Bununla birlikte, yalnızca tek bir yapılandırıcı maddenin kullanıldığı formülasyonlarda da (F1 ve F5) sertlik değeri daha düşük bulunmuştur ($p < 0.05$).

Pişmiş mercimek makarnasının ve pişmiş buğday makarnasının mikroyapıları incelendiğinde nişastanın jelatinizasyonu ve protein denaturasyonu ile makarnada birbiri içine geçmiş düz bir yapı gözlemlenmiştir. Mercimek makarnalarında her iki tanecik büyüklüğünde hazırlanan tüm formülasyonlarda yapının dışına çıkan düzensiz geometrik şekiller (protein paketçikleri, lif) çatlaklar ve pürüzlü bir yüzey gözlemlenirken buğday makarnasında tersine homojen, temiz (yüzey dışına taşan madde yok) ve pürüzsüz bir yüzey gözlemlenmiştir. Pişmiş mercimek makarnalarından elde edilen görüntüler tanecik büyüklüğü $100 \mu\text{m}$ 'den küçük unların kullanıldığı formülasyonlarda yüzeyin daha temiz ve pürüzsüz olduğunu

göstermektedir. Elde edilen SEM görüntüleri söz konusu mercimek makarnalarının pişme kalitesinin de (özellikle suya geçen madde miktarı) daha yüksek olmasını açıklar niteliktedir.

Çalışmadan elde edilen bulgularla mercimek makarnasının teknolojik üretilebilirliği ortaya konmuştur. Bununla birlikte mercimek makarnası üretiminde özellikle tanecik büyüklüğü dağılımının 100 µm'den küçük olan mercimek ununun ve formulasyonda yapılandırıcı madde olarak yalnızca keçiyoynuzu gamının kullanıldığı formulasyonun (F5) hem işlenebilirlik hemde yüksek kalitede makarna üretimi açısından en iyi performansı gösterdiği saptanmıştır. Mercimek makarnası, yüksek protein ve karbonhidrat içeriği, düşük yağ içeriği, kırmızımsı-turuncu rengi ve glutensiz bir ürün olmasıyla karakterize edilebilir.

Yapılan çalışmalarla ve makarna endüstrisinin bu konudaki yüzyılı aşkın deneyimi ile buğday makarnasının hammaddeden son ürüne kadarki sürecini ayrıntılı olarak ortaya koyarak önemli bir very tabanı oluşturulmuştur. Buna bağlı olarak, hazırlanan makarna standartlarında da makarna tanımı buğday makarnası üzerinden yapılmıştır. Buğday dışı hammaddelerin makarna üretiminde kullanılmasını hammaddeden son ürüne kadar inceleyen akademik ve sanayi ölçekli çalışma sayısı sınırlıdır. Bu çalışmada buğday dışı hammaddelerden mercimeğin kullanılmasıyla makarna üretimi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kırmızı mercimek unu, mercimek makarnası hamuru, kuru mercimek makarnası ve pişmiş mercimek makarnasının özellikleri ortaya koyularak alışlagelen buğday makarnası üretim süreci ve ürün özellikleri ile karşılaştırılmıştır. Mercimek makarnası üretiminin yapılması ve hammaddeden son ürüne kadarki sürecin incelenmesi bu konuda yapılan ilk çalışma özelliğini taşımaktadır. Yapılan çalışmada yeni bir ürün olan "mercimek makarnasının" hem taze hem de kuru formunun teknolojik üretilebilirliğinin ortaya koyulmasıyla makarna ürünlerine yeni, güvenilir, besleyici ve sağlıklı bir seçenek eklenmiştir. Bununla birlikte mercimeğin yeni bir ürüne işlenmesiyle mercimeğe katma değer eklenmiş ve bu konuda yapılacak yeni çalışmalara da veri oluşturulmuştur.

Bu çalışmanın sonuçlarından tüm sağlıklı bireylerinin yanısıra obezite, hipertansiyon, diyabet, çölyak gibi hastalıklara sahip bireyler, gıda endüstrisi, mercimeğin tarladan sofraya gelmesine kadar olan süreçte yer alan kişilerin/ kuruluşların/ kurumların yararlanacağı değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1]. El, S. N., Karakaya, S., *Ürün Geliştirmede Optimum Beslenme Yaklaşımı*, Yüksek Lisans Ders Notları, Ege Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir, 2009; p 68.
- [2]. Akova, Y., *Bakliyat Raporu*, www.igeme.com.tr (22.05.2017).
- [3]. Food and Agriculture Organization Statistical Database (FAOSTAT), Lentil statistics, www.fao.org/faostat/en/#country (18 Haziran 2017).
- [4]. Wang, N. Daun, J.K.; Effects of Variety and Crude Protein Content on Nutrients and Anti-Nutrients in Lentils (*Lens culinaris*). *Food Chemistry* **2006**, 95, 493-502.
- [5]. Iqbal, A., Khalil, I.A., Ateeq N. ve Khan M.S.; Nutritional quality of important food legumes. *Food Chemistry* **2006**, 97, 331-335.
- [6]. Ertaş, N.; Baklagil ve baklagil ürünlerinin gıda endüstrisinde kullanımı, Ulusal Kop Bölgesel Kalkınma Sempozyumu, <http://unikop.org/makale/KS13-3-31.pdf> (31.05.2016).
- [7]. Türkiye İstatistik Kurumu, *Bitkisel Üretim İstatistikleri*, http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?alt_id=1001 (18.07.2016).
- [8]. Hasdemir M., Dünyada ve Türkiye’de baklagil sektörü ve bakanlık politikaları, Bakliyat ile Sağlıklı Beslenme Sağlıklı Hayat Sempozyumu, <http://www.bakliyatye.com/icerik/Sunumlar/9-Mehmet%20Hasdemir.pdf> (17.06.2016).
- [9]. Pekşen E.;Artık C., Antinutrisyonel maddeler ve yemeklik tane baklagillerin besleyici değerleri. *Ziraat Fakültesi Dergisi* **2006**, 20, (2), 110-120.
- [10]. Phillips R.D., Starchy legumes in human nutrition, health and culture. *Plants for Human Nutrition* **1993**, 44, 195-211.
- [11]. Ildiko S.G., Nutritional aspects of legumes. In V. R. Squires (Ed.). Encyclopedia of life support Systems (EOLSS), Volume I Sample chapter, <http://www.eolss.net/sample-chapters/c10/e5-02-02.pdf> (09.06. 2016).
- [12]Tharathan R.N.; Mahadevamma S., Grain legumes-a boon to human nutrition. *Trends in Food Science and Technology* **2003**, 14, 507-518.
- [13] World Health Organization, Healthy diet, Fact sheet No: 394, <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs394/en/> (02.10.2015).
- [14] Polak, R.; Philips E.M., Campbell, A.; Legumes: Health Benefits and Culinary Approaches to Increase Intake. *Clinical Diabetes* **2015**, 33, 4, 198-205.
- [15] Gupta, V.P.; Kapoor A.C., Chemical evaluation of protein quality of various grain legumes. *Indian Journal of Agricultural Science* **1979**, 50, 393-398.
- [16] Nikmaram, N.; Leong, S.Y.;Koubaa, M.; Zhu, Z.; Barba, F.J.; Greiner, R.; Oey, I., Roohinejad, S., Effect of extrusion on the anti-nutritional factors of food products: An overview. *Food Control* **2017**, 79, 62-73.

[17] Krupa, U., Main Nutritional and antinutritional compounds of bean seeds – A review. *Polish Journal of Food and Nutritional Sciences* **2008**, 58, (2), 149-155.

[18] Guillamon, E.; Pedrosa M. M.; Burbano C.; Cuadrado, C.; de Cortes Sanchez, M.; Muzquiz, M, The tripsin inhibitors present in seed of different grain legume species and cultivar. *Food Chemistry* **2008**, 107, (1), 68-74.

[19] Khokar, S.; Arpenten, R. K. O. *Antinutritional factors in food legumes and affects of processing. In V. R. Squires (Ed.). The role of food, agriculture, forestry and fisheries in human nutrition. Encyclopedia of life support Systems (EOLSS), Oxford: EOLSS publishers Co Ltd. Volume IV; p. 82-116.*

[20] Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, *2016 Birleşmiş Milletler Uluslararası Bakliyat Yılı.*

<http://www.tarim.gov.tr/ABDGM/Belgeler/Uluslararası%20Kurulu%C5%9Flar/2016%20BAKL%C4%B0YAT%20YILI%20en%20son.pdf> (19.04.2016).

[21] Ulusal Baklagil Konseyi (UBY), Baklagil Raporu, http://www.ubk.org.tr/ziraat_rapor.pdf, (24 Mart 2016).

[22] Egeli & Co, *Dünyada Bakliyat Yılı ve Türkiye’de Bakliyat Sektörü*, <http://www.epyas.com/Content/Files/Reports/7f0a9f19-484c-45f8-a4d5-f8b5824ca33d.pdf> (15.04.2016).

[23] Oplinger, E.S.; Hardman, L.L.; Kaminsk, A.R.; Kelling, K.A.; Doll J.D.; *Alternative field crops manuel:Lentil*, Departments of Agronomy and Soil Science, College of Agricultural and Life Sciences and Cooperative Extension Service, University of Wisconsin-Madison, WI 53706.

[24] Kaya F., Ülkemizde yetiştirilen bazı mercimek çeşitlerinin bileşimlerinin belirlenmesi, , Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2010.

[25] Pulse Austria, Lentil, <http://pulseaus.com.au/growing-pulses/bmp/lentil> (29.05.2017).

[26] TS 143, 1982, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/05/20080530-14.htm> (21.02.2014).

[27]. Aydoğan, A.; Karagül V.; Gürbüz, A., Farklı Ekim Zamanlarının Yeşil ve Kırmızı Mercimeğin (*Lens culinaris Medik.*) Verim ve Verim Öğelerine Etkileri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi* **2008**, 17, (1-2).

[28] Ermeticede, G.; Costa, A.; Silva K.; Soely, Q.M.; Pissini, M.; Machado ;Admar R.; Oliveira C., Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. *Food Chemistry* **2006**, 94, (3), 327-330.

[29]. Vidal-Valverde, C.; Frias, J.; Sierra, I., New functional legume foods by germination: effect on the nutritive value of beans, lentils and peas. *European Food Research and Technolnology* **2002**, 215, 472. doi: <https://doi.org/10.1007/s00217-002-0602-2>.

[30]. Mahan L.; Foster L.;Dahl W.J., Beans, Peas, and Lentils: Health Benefits. *Food science and Human Nutrition Department. UF/IFAS Extension; Document: FSHN13-06*, 2016.

[31]. Roy F.; Boye J.I.; Simpson, B.K., Bioactive proteins and peptides in pulse crops: Pea, chickpea and lentil. *Food Research International* **2010**, 43, (2), 432-442.

[32]. Akillioglu, H.G.; Karakaya, S., Effects of heat treatment and in vitro digestion on the angiotensin converting enzyme inhibitory activity of some legume species. *European Food Research Technology* **2009**, 229, 915–921.

[33].Erdmann, K.; Cheung, B.W.Y.; Schröder, H., The possible roles of food-derived bioactive peptides in reducing the risk of cardiovascular disease. *Journal of Nutritional Biochemistry* **2008**, 19, 643–654.

[34]. Daskaya-Dikmen, C.; Yucetepe, A.; Karbancioglu-Guler, F. ; Daskaya H.; Ozcelik B., Angiotensin-I-Converting Enzyme (ACE)-Inhibitory Peptides from Plants, *Nutrients* **2017**, 9, 316; doi:10.3390/nu9040316.

[35]. Barbana, C.;Boucher, A.C.; Boye, J.I, In vitro binding of bile salts by lentil flours, lentil protein concentrates and lentil protein hydrolysates. *Food Research International* **2011**, 44, 174–180.

[36]. Johnson, C.R.; Thavarajah, D.; Jr. Combs, G.F.;Thavarajah, P., Lentil (*Lens culinaris* L.): A prebiotic-rich whole food legume. *Food Research International* **2013**, 51, 1, 107-113.

[37]. Roy F.; Boye J.I.; Simpson B.K., Biocative proteins and peptides in pulse crops: Pea, chickpea and lentil. *Food Research International* **2010**, 43, 432-442.

[38]. Hefnawy, T.H., Effect of processing methods on nutritional composition and anti-nutritional factors in lentils (*Lens culinaris*). *Annals of Agricultural Science* **2011**, 56, (2), 57-61.

[39]. Nikmaram, N.; Leong, S.Y.; Koubaa, M.; Zhu, Z.; Barba, F.J.;Greiner, R.; Oey, I., Roohinejad, S.; Effect of extrusion on the anti-nutritional factors of food products: an overview. *Food Control*, **2017**, 79, 62-73.

[40]. Iriti M.; Varoni, E.M., Pulses, Healthy, and Sustainable Food Sources for Feeding the Planet, *International Journal of Molecular Sciences* **2017**, 18, 255.

[41].USA Dry Pea and Lentil Council, Dry Peas, Lentils &Chickpeas as Functional Ingredients,<https://www.usapulses.org/core/files/usapulses/uploads/files/Chapter7.pdf> p 107-117 (22.04.2016).

[42].International pasta organization, IPO, History of pasta, <http://www.internationalpasta.org/index.aspx?id=6> (16.05.2018).

[43]. Kummer, C., Where It Came From and How It Got Here, 1986, <https://www.theatlantic.com/magazine/archive/1986/07/pasta/306226/>(16.05.2018).

[44]. Lopez, A., <http://www.nationalgeographic.com/archaeology-and-history/magazine/2016/07-08/daily-life-pasta-italy-neapolitan-diet/> (16.05.2018).

- [45]. Mutlu makarna, <http://www.mutlumakarna.com.tr/en/pasta-and-health/default.aspx> (16.05.2018).
- [46]. Tat makarna, (<http://www.tatmakarna.com/makarna-2.htm> (17.05.2018).
- [47]. Otleş S., <http://eng.ege.edu.tr/~otles/GidaTarihi/Makarna.htm> (17.05.2018).
- [48]. Anonim <http://listverse.com/2010/07/27/top-10-memorable-spaghetti-scenes/>(17.05.2018).
- [49]. Tosun, M., 2001, http://www.kalkinma.com.tr/data/file/raporlar/ESA/SA/2001-SA/SA-01-03_09_Makarna_Sektoru.pdf (17.05.2018).
- [50]. USDA, Whole grain spaghetti, https://www.fns.usda.gov/sites/default/files/fdd/100427_Spaghetti_Whole_Grain.pdf (21.06.2017).
- [51]. Türk Gıda Kodeksi Makarna Tebliği, 2002/ 20, http://www.istanbulsaglik.gov.tr/w/mev/mev_teb1/tebl_temel_saglik/makarna.pdf (19.05.2018).
- [52]. Topper, A., Gluten-free Foods - US - October 2015, <http://store.mintel.com/gluten-free-foods-us-october-2015> (22.05.2015)
- [53]. Definition of pasta, <http://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/pasta> (23.07.2016).
- [54]. International Pasta Organization, The World Pasta Industry Status Report, <http://www.internationalpasta.org/resources/World%20Pasta%20Industry%20Survey/IPOstatreport2014low.pdf> (22.12.2016).
- [55]. Makarna tüketimi, <http://www.makarna.org.tr/d/makarna-sektoru/makarna-tuketimi/42/>(22.12.2016).
- [56]. Tosun, M. http://www.kalkinma.com.tr/data/file/raporlar/ESA/SA/2001-SA/SA-01-03-09_Makarna_Sektoru.pdf (20.02.2017).
- [57]. Mintel, <http://www.mintel.com/press-centre/food-and-drink/italys-love-of-pasta-goes-off-the-boil> (22.02.2017).
- [58]. Glass, K.A.; Doyle, M., Relationship Between Water Activity of Fresh Pasta and Toxin Production by Proteolytic Clostridium botulinum. *Journal of food protection* **1991**, 54, (3),162-165, DOI:10.4315/0362-028X-54.3.162.
- [59]. Costa, C.; Marcella, A.L.; Amalia, M.; Matteo, C.; Del Nobile, A., Shelf life extension of durum semolina-based fresh pasta. *International Journal of Food Science and Technology* **2010**, 45, 8,1545-1551, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02277.x>.
- [60]. Hui, Y.H.; Chandan, R.C.;Clark, S.; Cross, N.; Dobbs, J.;Hurst, W.J.;Nollet, L.M.L.;Shimoni, E.; Sinha, N.; Smith, E.B.; Surapat, S.; Titchenal, A; Toldra, F., Handbook of Food Products Manufacturing, Vol.2, 2007,

https://books.google.com.tr/books?id=mnh6aoI8iF8C&pg=PA331&lpg=PA331&dq=pasta+classification&source=bl&ots=EWSkj2ymtk&sig=0awuOXVF84aE8StaHzzlUZMMowg&hl=en&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwjAmL3Stt_QAhWFF8AKHQKrBnEQ6AEISjAI#v=onepage&q=pasta%20classification&f=false), p. 329-352 (21.10.2017).

[61]. Sicignano, A., Di Monaco, R.; Masi, P.; Cavella, S., From raw material to dish: pasta quality step by step. *Journal of Science of Food and Agriculture* **2015**, 95, 2579–2587.

[62]. Bühler, A.G.; Hardtmann, S., “Gluten free pasta production: Basic technological aspects”, available at <http://www.buhlergroup.com/europe/en/downloads/Buhler-GlutenFreePasta.pdf> (12.05.2017).

[63]. Jeantet, R., Croguennec, T., Schuck, P., Blue, G., Handbook of Food Science and Technology 3: Food Biochemistry and Technology, <https://books.google.com.tr/books?id=ltxlDAAAQBAJ&pg=PT200&lpg=PT200&dq=stuffed+pasta+technology&source=bl&ots=9TTwDUVTS8&sig=mmLzcgFaCcdyiF3Tcb-QCkO4NDE&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwjosJK7quDUAhVJPxQKHbdeAQoQ6AEINTAE#v=onepage&q=stuffed%20pasta%20technology&f=false>

[64]. Ronzoni Foods, <https://www.ronzoni.com/en-us/content/25981/Products.aspx> (22.12.2017).

[65]. Bühler, Instant pasta production line, <http://www.buhlergroup.com/global/en/industry-solutions/processed-food/pasta/instant-pasta.htm#.WVOI-ISGPIU> (22.12.2017).

[66]. Barilla, 2017, <https://www.barilla.com/en-us/product-results/sauce/range/ready-pasta/?sort=alpha> (22.12.2017).

[67]. USDA, The 2015-2020 Dietary Guidelines for Americans, 8th ed. , (<https://www.cnpp.usda.gov/dietary-guidelines> (13.96.2018).

[68]. USDA, USDA Branded Food Products Database, <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/45204037?fgcd=&manu=&format=&count=&max=25&offset=&sort=default&order=asc&qlookup=pasta+wheat&ds=&qt=&qp=&qa=&qn=&q=&ing=> (23.1.2016).

[69]. Schar Foods, Corn and Rice Pastas, <https://www.schaer.com/en-int/pl/pasta> (28.12.2017).

[70]. Vici G.; Belli L.; Biondi M.; Polzonetti V.; Gluten free diet and nutrient deficiencies: A review. *Clinical Nutrition* **2016**, 35,(6),1236-1241. doi: 10.1016/j.clnu.2016.05.002.

[71]. Grace-Farfaglia, P.; Bones of contention: bone mineral density recovery in celiac disease—a systematic review. *Nutrients* **2015**;7: 3347–3369.

[72]. Samasca, G.; Sur, G.; Lupan, I.; Deleanu, D., Gluten-free diet and quality of life in celiac disease. *Gastroenterology Hepatol Bed to Bench*. **2014**, 7, 139.

[73]. Martin, J.; Geisel, T.; Maresch, C.; Krieger, K.; Stein, J., Inadequate nutrient intake in patients with celiac disease: results from a German dietary survey. *Digestion* **2013**, *87*, 240–246.

[74]. Penagini, F., Dilillo, D., Meneghin, F., Mameli, C., Fabiano, V., Zuccotti, G.V. Gluten-free diet in children: an approach to a nutritionally adequate and balanced diet. *Nutrients*. **2013**, *5*:4553–4565.

[75]. Wild, D.; Robins, G.; Burley, V.; Howdle, P., Evidence of high sugar intake, and low fibre and mineral intake, in the gluten-free diet. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics* **2010**, *32*, 573–581.

[76]. Kurt Gökhisar, O. and Turhan M, Seeking the truth: Nutritional quality of packed gluten free foods (GFFs), 18th European Young Cereal Scientists and Technologists Workshop, Warsaw, 18-20 Nisan 2018, Varşova, Polonya, p. 17.

[77]. Pellegrini, N.; Agostoni, C.; Nutritional aspects of gluten-free products, *Journal of Science and Food Agriculture* **2015**, *95*,(12), 2380-5. doi: 10.1002/jsfa.7101.

[78]. Giacco, R.; Vitale, M.; Riccardi, G; Pasta: Role in Diet. In: Caballero, B., Finglas, P., and Toldrá, F. (eds.) *The Encyclopedia of Food and Health* vol. 4; Oxford: Academic Press, 2016; p. 242-245.

[79]. Eserkaya, T.; Güleç, G.; Sönmezoğlu, A.; Yıldırım, A., Makarnalık Buğdaylarda Kalite ve Kaliteyi Etkileyen Faktörler. *GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi* **2010**, *27*,(1), 113-120.

[80]. Troccoli, A., Borrelli, G. M., De Vita, F., Di Fonzo, N., Durum Wheat Quality: A Multidisciplinary Concept, *Journal of Cereal Science* **2000**, *31*, doi:10.1006/jcrs.2000.0322.

[81]. Bushuk, W. Wheat breeding for end-product use. *Euphytica* **1998**, *100*: 137–145.

[82]. Sissons, M., Role of durum wheat composition on the quality of pasta and bread. *Food* **2008**, *2*,(2).

[83]. Sakin, M ; Düzdemir, O ; Sayaslan, A ; Yüksel, F, Stability properties of certain durum wheat genotypes for major quality characteristics, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* **2014**, *35*, 343-355.

[84] Morris, C.F., Evaluation of Wheat-Grain Quality Attributes, *Reference Module in Food Science* **2016**, DOI: 10.1016/B978-0-08-100596-5.00247-X.

[85]. Aalami, M.; Leelavathi, K.; Rao, U.J.S.P., Spaghetti making potential of Indian durum wheat varieties in relation to their protein, yellow pigment and enzyme contents. *Food Chemistry* **2007**, *100*, 1243- 1248.

[86]. Borrelli, G.M.; Troccoli, A.; DiFonzo, N., Fares, C., Durum wheat lipoxygenase activity and other parameters that affect pasta color. *Cereal Chemistry* **1999**, *76*, 335-340.

[87]. Fraignier, M.P., Michaux-Ferriere, N., Kobrehel, K., Distribution of peroxidases in durum wheat (*Triticum durum*), *Cereal Chemistry* **2000**, *77*, 11-17.

[88]. Edwards, N.M.; Gianibelli, M.C.; McCaig, T.N.; Clarke, J.M.; Ames, N.P.; Larroque, O.R.; Dexter, J.E., Relationships between dough strength, polymeric protein quantity and composition for diverse durum wheat genotypes. *Journal of Cereal Science* **2007**, 45, 140-149.

[89]. Yeyinli, N.; Köse, E., *Makarnada Kaliteyi Belirlemede Kullanılan Yöntemler*, Türkiye 9. Gıda Kongresi; 24-26 Mayıs 2006, Bolu, p.747.

[90]. Cabrera-Chávez F.; Calderón de la Barcac, A.M.; Islas-Rubio, A.R.; Marti, A.; Marengo, M.; Pagani, M.A., Bonomia F.; Iamettia, S., Molecular rearrangements in extrusion processes for the production of amaranth-enriched, gluten-free rice pasta. *Food Science and Technology* **2012**, 47, (2), 421-426.

[91]. Marti, A.; Pagania, M.A.; Seetharamanb, K., Understanding starch organisation in gluten-free pasta from rice flour, *Carbohydrate Polymers* **2011**, 84, 1069-1074.

[92]. Marti A.; Caramanico R.; Bottega G.; Pagani M.A., Cooking behavior of rice pasta: Effect of thermal treatments and extrusion conditions. *LWT - Food Science and Technology* **2013**, 54, 229-235.

[93]. Mariotti, M.; Iametti, S.; Cappaa, C.; Rasmussen P.; Lucisano, M., Characterisation of gluten-free pasta through conventional and innovative methods: Evaluation of the uncooked products, *Journal of Cereal Science* **2011**, 53, (3), 319-327.

[94]. Padalino, L.; Mastromaeo, M.; De Vita, P.; Ficco, D.; Del Nobile, M., Effects of hydrocolloids on chemical properties and cooking quality of gluten-free spaghetti. *International Journal of Food Science and Technology* **2013**, 48, 972-83.

[95]. Türkiye Makarna Sanayicileri Derneği (TMSD), Bilimsel Yönleriyle Makarna; Ankara, p.109-112.

[96]. Baik, B.K.; Ullrich, S.E., Barley for Food: Characteristics, Improvement, and Renewed Interest. *Journal of Cereal Science* **2008**, 48, 233-242, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2008.02.002>.

[97]. Izydorczyk, M.S.; Dexter, J.E., Barley b-Glucans and Arabinoxylans: Molecular Structure, Physicochemical Properties, and Uses in Food Products—A Review. *Food Research International* **2008**, 41, 850-868, <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2008.04.001>.

- [98]. Fletcher, R.J., Pseudocereals Overview, Reference Module in Food Science, <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/pseudocereal> (22.12.2017).
- [99]. Alvarez-Jubete, L.; Arendt, E.K.; Gallagher E., Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional glutenfree ingredients. *Trends in Food Science and Technology* **2010**, 21, 106-113.
- [100]. Padalino, L.; Conte, A.; Del Nobile, A.M.; Overview on the General Approaches to Improve Gluten-Free Pasta and Bread *Foods* **2016**, 5, 87, doi:10.3390/foods5040087.
- [101]. Caperuto, L.C.; Amaya-Farfan, J.; Camargo, C.R., Performance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) flour in the manufacture of gluten-free spaghetti, *Journal of Science of food and Agriculture* **2000**, 81,(1), 95-101, [https://doi.org/10.1002/1097-0010\(20010101\)81:1<95::AID-JSFA786>3.0.CO;2-T](https://doi.org/10.1002/1097-0010(20010101)81:1<95::AID-JSFA786>3.0.CO;2-T)
- [102]. Pasta production from the pseudocereals amaranth, quinoa and buckwheat, Schoenlechner, R.; Jurackova, K., Berghofer, E., *Using Cereal Science and Technology for the Benefit of Consumers*, Proceedings of the 12th International ICC Cereal and Bread Congress, 24–26 th May, 2004, Harrogate, UK, A volume in Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 2005, p. 74–81.
- [103]. Wood J.A., Texture, processing and organoleptic properties of chickpea fortified spaghetti with insights to the underlying mechanisms of traditional durum pasta quality. *Journal of Cereal Science* **2009**, 49, 18-133.
- [104]. Boye, J.; Zare, F.; Pletch, A., Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed, *Food Research International* **2010**, 43, 414–443.
- [105]. Petitot, M.; Boyer, L.; Minier, C.; Micard, V., Fortification of pasta with split pea and faba bean flours: Pasta processing and quality evaluation, *Food Research International* **2010**, 43, 634–641.
- [106]. Gallegos-Infante, J.A.; Rocha-Guzman, N.E.; Gonzalez-Laredo, R.F.; Ochoa-Martínez, L.A.; Corzo, N. , Bello-Perez , L.A.; Medina-Torres, L.; Peralta-Alvarez, L.E., Quality of spaghetti pasta containing Mexican common bean flour (*Phaseolus vulgaris*). *Food Chemistry* **2010**, 119, 1544–1549.
- [107]. Giménez , M.A.; Drago, S.R.; De Greef, D.; Gonzalez, R.J.; Lobo, M.O.; Samman, N.C., Rheological, functional and nutritional properties of wheat/broad bean (*Vicia faba*) flour blends for pasta formulation, *Food Chemistry* **2012**, 134, 200–206.
- [108]. Demirkesen İ.; Mert B.; Sumnu G.; Sahin S., Utilization of Chestnut Flour in Gluten-free Bread Formulations. *Journal of Food Engineering* **2010**, 101: 329-336.

- [109]. Chaisawang, M.; Supphantharika, M., Pasting and rheological properties of native and anionic tapioca starches as modified by guar gum and xanthan gum. *Food Hydrocolloids* **2006**, *20*, 641–649.
- [110]. Padalino, L.; Mastromatteo, M.; Sepielli, G.; Del Nobile, M.A. Formulation optimization of gluten-free functional spaghetti based on maize flour and oat bran enriched in β -glucans. *Material* **2011**, *4*, 2119–2135.
- [111]. Gray, J.A.; Bemiller, J.N. Bread staling: Molecular basis and control. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **2003**, *2*, 1–21., 69.
- [112]. Funami, K.Y.; Omoto, T.; Goto, Y.; Asai, I.; Nishinari, K. Effects of non-ionic polysaccharides on the gelatinization and retrogradation behaviour of wheat starch. *Food Hydrocolloids* **2005**, *19*, 1–13.
- [113]. Shi, X.; Bemiller, J.N., Effects of food gums on viscosities of starch suspensions during pasting. *Carbohydrate Polymers* **2002**, *50*, 7–18.
- [114]. Silva, E.; Birkenhake, M.; Scholten, E.; Sagis, L.M.C.; van der Linden, E. Controlling rheology and structure of sweet potato starch noodles with high broccoli powder content by hydrocolloids. *Food Hydrocolloids* **2013**, *30*, 42–52.
- [115]. Padalino, L.; Mastromatteo, M.; Lecce, L.; Spinelli, S.; Conte, A.; Del Nobile, M.A. Optimization and characterization of gluten-free spaghetti enriched with chickpea flour. *International Journal of Food Science and Nutrition* **2014**, *49*, 1544–1556.
- [116]. Thompson, T., The nutritional quality of gluten-free foods. In *Gluten Free Food Science and Technology*; Gallagher, E., Ed.; Blackwell Publishing Ltd.: Oxford, UK, 2009; pp. 42–51.
- [117]. Deora, S.; Deswal, A.; Mishra, H.N. Functionality of alternative protein in gluten-free product development. *Food Science and Technology International* **2015**, *21*, 364–379.
- [118]. An, Y.H.; Gang, D.O.; Shin, M.S. Effects of transglutaminase on the physical properties of resistant starch-added wheat flour doughs and baguettes. *Food Science and Biotechnology* **2005**, *14*, 608–613.
- [119]. Gujral, H.; Rosell, C. Functionality of rice flour modified with a microbial transglutaminase. *Journal of Cereal Science*, **2004**, *39*, 225–230.
- [120]. Renzetti, S.; Behr, J.; Vogel, R.F.; Barbiroli, A.; Iametti, S.; Bonomi, F.; Arendt, E.K. Transglutaminase treatment of brown rice flour: A chromatographic, electrophoretic and spectroscopic study of protein modifications. *Food Chemistry* **2012**, *131*, 1076–1085.
- [121]. Raina, C.S.; Singh, S.; Bawa, A.S.; Saxena, D.C. Textural characteristics of pasta made from rice flour supplemented with proteins and hydrocolloids. *Journal of Texture Studies* **2005**, *36*, 402–420.

- [122]. Sozer, N. Rheological properties of rice pasta dough supplemented with proteins and gums. *Food Hydrocolloids* **2009**, 23, 849–855.
- [123]. Marti, A.; Barbiroli, A.; Marengo, M.; Fongaro, L.; Iametti, S.; Pagani, M.A. Structuring and texturing gluten-free pasta: Egg albumen or whey proteins? *European Food Research and Technology* **2014**, 238, 217–224.
- [124]. Schoenlechner, R.; Wendner, M.; Siebenhandl-Ehn, S.; Berghofer, E. Pseudocereals as alternative sources for high folate content in staple foods. *Journal of Cereal Science* **2010**, 52, 475–479.
- [125]. Menon, R.; Padmaja, G.; Sajeev, M.S.; Sheriff, J.T. Effect of fortification with different starches on starch digestibility, textural and ultrastructural characteristics of sweet potato spaghetti. *Journal of Root Crops* **2012**, 38, 157–167.
- [126]. Yalcin, S.; Basman, A. Quality characteristics of corn noodles containing gelatinized starch, transglutaminase and gum. *Journal of Food Quality* **2008**, 31, 465–479.
- [127]. Heini, N.R.; R.L.; D. Cassan; Mantila, U.H.; Micard, V.; Lantto, R.; Sozer, N. Effect of bioprocessing and fractionation on the structural, textural and sensory properties of gluten-free faba bean pasta. *LWT Food Science and Technology* **2016**, 67, 27–36.
- [128]. Walsh, D. E. and Gilles, K. A., Pasta manufacturing, AVI Publishing Company, Inc., 1977, , <https://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch09/final/c9s09-5.pdf>.
- [129]. Mercier, S.; Des Marchais, L.P.; Sébastien Villeneuve, M.F., Effect of die material on engineering properties of dried pasta, *Procedia Food Science* **2011**, 1, 557-562.
- [130]. D'Amico, S.; Hrabalova, M.; Müller, U.; Berghofer, E. Bonding of spruce wood with wheat flour glue—Effect of press temperature on the adhesive bond strength. *Industrial Crops and Products* **2010**, 31, 255–260.
- [131]. American Association of Cereal Chemists (AACC) (2000), *Approved methods of the AACC 6650*; Saint Paul, MN, USA.
- [132]. Tuncer, T.; Ercan, R., Makarna Kalitesi ve Etkili Faktörler. *Gıda* **2015**, 15, 199-204.
- [133]. Marti A.; Pagani M.A., What can play the role of gluten in gluten free pasta?". *Trends in Food Science and Technology* **2013**, 31,(1), 63-71.
- [134]. American Association of Cereal Chemists (AACC), *AACCI Method 44-16.01, Approved Methods of the AACC*; 9th ed. AACC St Paul, MN., 1995.
- [135]. International Association for Cereal Chemistry, *ICC Standards 104/1*, Vienna, Austria, Rev.1990.
- [136]. American Association of Cereal Chemists (AACC), *AACCI Method 46-12.01 Crude Protein Kjeldahl Method, Boric Acid Modification, Approved Methods of the AACC*; 9th ed. AACC, St Paul, MN., 1995.

[137]. American Association of Cereal Chemists (AACC), *AACCI Method 30-25.01 Crude Fat -- Kjeldahl Method, Boric Acid Modification, Approved Methods of the AACC*; 9th ed. AACC, St Paul, MN., (1995).

[138]. Codex Alimentarius, *Standard For Foods For Special Dietary Use For Persons Intolerant To Gluten*, CODEX STAN 118-1979, revised 2008, amendment 2015.

[139]. Chen, W. Z.,; Hosney, R. C., Development of an objective method for dough stickiness. *Food Science and Technology-Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie* **1995**, 28, 5, 467–473.

[140]. Burešová, I.; Tokár, M.; Mareček, J.; Hřivna, H.; Faměra, O.; Šottníková, V., The comparison of the effect of added amaranth, buckwheat, chickpea, corn, millet and quinoa flour on rice dough rheological characteristics, textural and sensory quality of bread, *Journal of Cereal Science* **2017**, 75, 158.

[141]. American Association of Cereal Chemists (AACC), *Approved methods of the AACC 6650*; Saint Paul, MN, USA, 2000.

[142]. J. Kruger, E.; Hatcher D. W.; Anderson, M. J., The Effect of Incorporation of Rye Flour on the Quality of Oriental Noodles, *Food Research International* **1998**, 31, (1), 27–35.

[143]. Altuğ, T.; Elmacı, Y., *Gıdalarda Duyusal Değerlendirme, Meta Basım*, İzmir, 2005, p 130.

[144]. Sissons, M.J., Pasta. In: Wrigley C, Corke H, Walker C (Eds) *Encyclopaedia of Grain Science*, Elsevier, Australia, 2004, p 409-418.

[145]. Turnbull, K., Quality assurance in a dry pasta factory. In: Kill RC, Turn-bull K (Eds) *Pasta and Semolina Technology*, Blackwell Scientific, Oxford, 2001, p181-221.

[146]. Sacchetti, G.; Coccob, G. ; Coccob, D.; Neria, L.; Mastrocolaa, D. Effect of semolina particle size on the cooking kinetics and quality of spaghetti. *Procedia Food Science* **2011**, 1740 – 1745, doi:10.1016/j.profoo.2011.09.256.

[147]. de Noni, I.; Pagani, M. A., Cooking Properties and Heat Damage of Dried Pasta as Influenced by Raw Material Characteristics and Processing Conditions. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **2010**, 50, 5, 465 - 472.

[148]. Mondelli, G., Drying pasta: technology in a simple fount. *Professional Pasta Newsletter* **2000** 11: 10-23.

[149]. Saturni, L.; Ferretti, G.; Bacchetti, T., The gluten-free diet: safety and nutritional quality. *Nutrients* **2010**, 2, 1, 16-34.

[150]. Barbana, C.; Boye, J.I., *In vitro* protein digestibility and physico-chemical properties of flours and protein concentrates from two varieties of lentil (*Lens culinaris*). *Food Function* **2013**, 4, 310-321.

- [151] Azima, F.;Novelina, R.S.P., The physical and chemical properties of wheat flour in some wheat (*Triticum spp.*) varieties grown in West Sumatera, *International Journal on Advance science Engineering Information Technology* **2013**, 3,(4), 40-45.
- [152] Mikhaylenko, G. G.; Czuchajowska, Z.; Baik, B.-K.; Kidwell K. K., Environmental Influences on Flour Composition, Dough Rheology, and Baking Quality of Spring Wheat, *Cereal chemistry* **2000**,507-511, <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2000.77.4.507>.
- [153] Nobile, M.A.;Baiano, A.; Conte, A.;Mocci, G., Influence of protein content on spaghetti cooking quality. *Journal of Cereal Science* **2005**, 41, 347–356.
- [154] Kim, S.K.. Instant Noodle-Pasta and Noodle Technology. American Association of Cereal Chemists, Inc. Saint Paul, MN, USA., 1996; p 195–225.
- [155]. Galvez, F.C.F.; Resurrecion, A.V.A.; Ware, G.O., Process Variables, Gelatinized Starch and Moisture Effects on Physical Properties of Mungbean Noodles. *Journal of Food Science* **1994**, 59, (2),378-381.
- [156]. Lucisano, M., Pagani, M.A., Mariotti, M., Locatelli, D.P., Influence of die material on pasta characteristics. *Food Research International* **2008**, 41, (6), 646-652.
- [157]. Heo, S.; Jeon, S.; Lee, S., Utilization of *Lentinus edodes* mushroom β -glucan to enhance the functional properties of gluten-free rice noodles. *LWT - Food Science and Technology* **2014**, 55, (2), 627-631.
- [158]. Larrosa, V.; Lorenzo, G.; Zaritzky N.;Califano, A; Improvement of the texture and quality of cooked gluten-free pasta., *LWT – Food Science and Technology* **2016**, 70,96–103.
- [159].Phongthai, S.; D’Amico, S.;Schoenlechner, R.; Homthawornchoo, W.; Rawdkuen S. Effects of protein enrichment on the properties of rice flour based gluten-free pasta. *LWT-Food Science and Technology* **2017**, 80, 378–385.
- [160].Mirhosseini, H.; Farhana, N.;Rashida, A.; Tabatabaee, B. Kok, A.; Cheong, W.; Kazemia, M.; Zulkurnainc, M., Effect of partial replacement of corn flour with durian seed flour and pumpkin flour on cooking yield, texture properties, and sensory attributes of gluten free pasta. *LWT - Food Science and Technology* **2015**, 63, 1, 184-190.
- [161]. Islas-Rubio, A.; Calderon de la Barca, A.M.; Cabrera Chavez, F.; Beta, T., Effect of semolina replacement with a raw: Popped amaranth flour blend on cooking quality and texture of pasta. *LWT- Food Science and Technology* **2014**, 57, (1), 217-222, DOI: 10.1016/j.lwt.2014.01.014.
- [162]. Ma, Z., Boye, J.I.; Simpson, B.K.; Prasher, S.O.; Monpetit, D.; Malcolmson, L., Thermal processing effects on the functional properties and microstructure of lentil, chickpea, and pea flours. *Food Research International* **2011**, 44, 2534–2544.

[163]. Sotomayor, C.; Frias, J.; Fornal, J.; Sadowska, J.; Gloria, O.; Granada, U., Vidal-Valverde, C. Lentil Starch Content and its Microscopical Structure as Influenced by Natural Fermentation. *Starch/Stärke* **1999**, 5, 152–156.

[164]. Aguilera, Y.; Esteban, R.M., Benitez, V.; Molla, E.; and Martin-Cabrejas, M., Starch functional properties, and microstructural characteristics in chickpea and lentil as affected by thermal processing. *Journal Agricultural Food Chemistry* **2009**, 57, 10682–10688, DOI:10.1021/jf902042r.

[165]. Hafsa, I.; Cuq, B.; Kim, S.J.; Le Bail, A.; Ruiz, T.; Chevallier, S., Description of internal microstructure of agglomerated cereal powders using X-ray microtomography to study of process–structure relationships. *Powder Technology* **2014**, 256, 512–521.

[166]. Saad, M.M.; Sadoudi, A.; Rondet, E.; Cuq B., Morphological characterization of wheat powders, how to characterize the shape of particles. *Journal of Food Engineering* **2011**, 102, 293–301.

[167]. Tayar M., Hayatın kaynağı yumurta,
http://www.academia.edu/8486542/HAYATIN_KAYNA%20C4%9EI_YUMURTA (02.04.2014)

[168]. Carini, E.; Vittadini, E.; Curti, E.; Antoniazzi, F.; Viazzani, P. Effects of different mixers on physicochemical properties and water status of extruded and laminated fresh pasta. *Food Chemistry* **2010**, 122, 462-469.

[169]. Srinivasan, B.K.; Prabhasankar, P, A study on starch profile of rajma bean (*Phaseolus vulgaris*) incorporated noodle dough and its functional characteristics. *Food Chemistry* 2015, 180,(1),124-132, DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.02.030.

[170]. Zhang, D.; Moore, W.R., Effect of Wheat Bran Particle Size on Dough Rheological Properties, *Journal of the Science of Food and Agriculture* **1997**, 74,(4), 490 – 496, DOI:10.1002/(SICI)1097-0010(199708)74:4<490::AID-JSFA822>3.0.CO;2-0.

[171] La Peña, E.; Manthey, F.A.; Patel, B.K.; Campanella, O.H., Rheological properties of pasta dough during pasta extrusion: Effect of moisture and dough formulation, *Journal of Cereal Science* **2014**, 60, (2), 346-351.

[172] Fontana A.J., Understanding the water activity in food,
https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/35452537/Understanding_Water_ActivityProf._Djagal.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1543825767&Signature=L8h7fEDulEmk8A1WyAosvOdQAuo%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3Djournal_about_water.pdf (04.05.2015).

[173]. Paulados Reis Correia, M.; Esteves, S.A.; Ferreira Guiné, R.P., Effect of mushroom powder in fresh pasta development, *Foodbalt* **2017**, 134-139.

[174]. Ivan Svec, M.; Hrušková, V.; H. Sekerová, Colour evaluation of different pasta samples. *Journal of Food Sciences* **2008**, 26,(6), 421-427, DOI:10.17221/83/2008-CJFS.

[175]. Rayas-Duarte, P.; Mock, C. M.; Satterlee, L. D., Quality of Spaghetti Containing Buckwheat, Amaranth, and Lupin Flours, *Cereal Chemistry* **1996**, 73, (3), 381-387.

[176]. Wójtowicz, A.; Moscicki, L., Influence of legume type and addition level on quality characteristics, texture and microstructure of enriched precooked pasta, *LWT- Food Science and Technology* **2014**, 59,(2), DOI:10.1016/j.lwt.2014.06.010.

[177]. Muehlbauer F. J.; Mihov M.; Vandenberg A.; Tullu A.; Materne M., Improvements in developed countries, In: *The Lentil: Botany, Production and Uses*; CAB International, Oxfordshire, UK.; 2009, p 137- 154.

[178]. Soh, H. N.; Sissons, M.; Turner, M.A., Effect of Starch Granule Size Distribution and Elevated Amylose Content on Durum Dough Rheology and Spaghetti Cooking Quality, *Cereal Chemistry* **2006**, 83, (5), DOI:10.1094/CC-83-0513.

[179]. Grausgruber, H.; Hatzenbichler, E.; Ruckebauer, P., Analysis of repeated stickiness measures of wheat dough using a texture analyzer, *Journal of Texture Studies* **2003**, 34, 69-82.

[180]. Létang, C.; Piau, M.; Verdier, C.; Characterization of wheat flour–water doughs. Part I: Rheometry and microstructure, *Journal of Food Engineering* **1999**, 41, (2),121-132.

[181]. Kurt Gökhisar, O.; Turhan M., *Evaluation of a novel gluten-free pasta*, 16. European Young Cereal Scientists and Technologists Workshop, Selanik, 18th-21 Nisan 2017, Yunanistan, p 23.

[182]. Giuberti, G.; Gallo, A.; Cerioli, C.; Fortunati, P.; Masoero, F.; Cooking quality and starch digestibility of gluten free pasta using new bean flour. *Food Chemistry* **2015**,175, 9. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.11.127.

[183]. Cuq, B.; Gonçalves, F.; Mas, J.F.; Vareille, L.; Abecassis, J., Effects of moisture content and temperature of spaghetti on their mechanical properties. *Journal of Food Engineering* **2003**, 59, (1), 51-60.

[184]. Safe Food, White paper, Water Activity (a_w) in Foods, <http://safefood360.com/resources/Water-Activity.pdf> (23.08.2016).

[185]. Shelly, J.; Schmidt, A., Jr.; Fontana, Jr.; Water Activity Values of Select Food Ingredients and Products, <https://doi.org/10.1002/9780470376454.app5> (03.97.2016).

[186]. Zhao, B.; Chang, K.C., Evaluation of effects of soaking and precooking conditions on the quality of precooked dehydrated pea, lentil and chickpea products. *Journal of Food Processing and Preservation* **2008**, 32, 517–532.

[187]. Bouasla, A.; Wójtowicz, A.; Zidoune M.N.; Olech, M.; Nowak, R.; Mitrus, M.; Oniszczyk, A., Gluten-Free Precooked Rice-Yellow Pea Pasta: Effect of Extrusion-Cooking Conditions on Phenolic Acids Composition, Selected Properties and Microstructure. *Journal of Food Science* **2016**, 8, (5), doi: 10.1111/1750-3841.13287.

[188].Alamprese, C.; Casiraghi, E.; Primavesi, L.; Rossi, M.; Hidalgo, A., Functional and rheological characteristics of fresh egg pasta. *Italian Journal of Food Science*, **2005**, 17, (1), 3-15.

[189].Detchewa, P.; Thongngam; Jane, J.L.; Naivikul, O., Preparation of gluten-free rice spaghetti with soy protein isolate using twin-screw extrusion. *Journal of Food Science Technology* **2016**, 53, (9): 3485–3494, doi: [10.1007/s13197-016-2323-8.

[190]. Hayward, S.; Cilliers, T.; Swart, P., Lipoxygenases: From Isolation to Application. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **2016**, 3-13.

[191]. Rosa-Sibakov, N.; Heiniö, R.L.; Cassan, D.; Holopainen-Mantila, U.; Micard, V.; Lantto, R.; Sozer, N., Effect of bioprocessing and fractionation on the structural, textural and sensory properties of gluten-free faba bean pasta, *LWT - Food Science and Technology* **2016**, 67, 27-36.

[192].Borneo, R.; Aguirre, A., Chemical Composition, Cooking Quality, and Consumer Acceptance of Pasta made with Dried Amaranth Leaves Flour. *LWT-Food Science and Technology* **2008**, 1, 1748-1751, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.02.011>.

[193]. Naivikul, O.; D'Appolonia, B. L., Comparison of Legume and Wheat Flour Carbohydrates., *Cereal Chemistry* **1978**, 55:913 - 918.

[194]. Atasoy, G. Türkiye glutensiz ürünlerinde fiyat ve gluten araştırması, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Mersin, Türkiye, 2017.

[195]. Kurt Gökhisar, O.;Turhan M., A new nutritious gluten free staple food: Lentil pasta, 4 th International Symposium on Gluten-Free Cereal Products and Beverages, 18-19 Ekim 2016, Cork, Ireland, p.73.

[196]. Marconi, E.; Carcea , M.; Schiavone , M.; Cubadda, R., Spelt (*Triticum spelta* L.) Pasta Quality: Combined Effect of Flour Properties and Drying Conditions, *Cereal Chemistry* **2002**, 79, (5), 634-639, <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2002.79.5.634>.

[197]. Lucisano, M.; Cappa, C.; Fongaro, L.; Mariotti, M., Characterisation of gluten-free pasta through conventional and innovative methods: Evaluation of the cooking behavior. *Journal of Cereal Science* **2012**, 56, (3), 2012, 667-675.

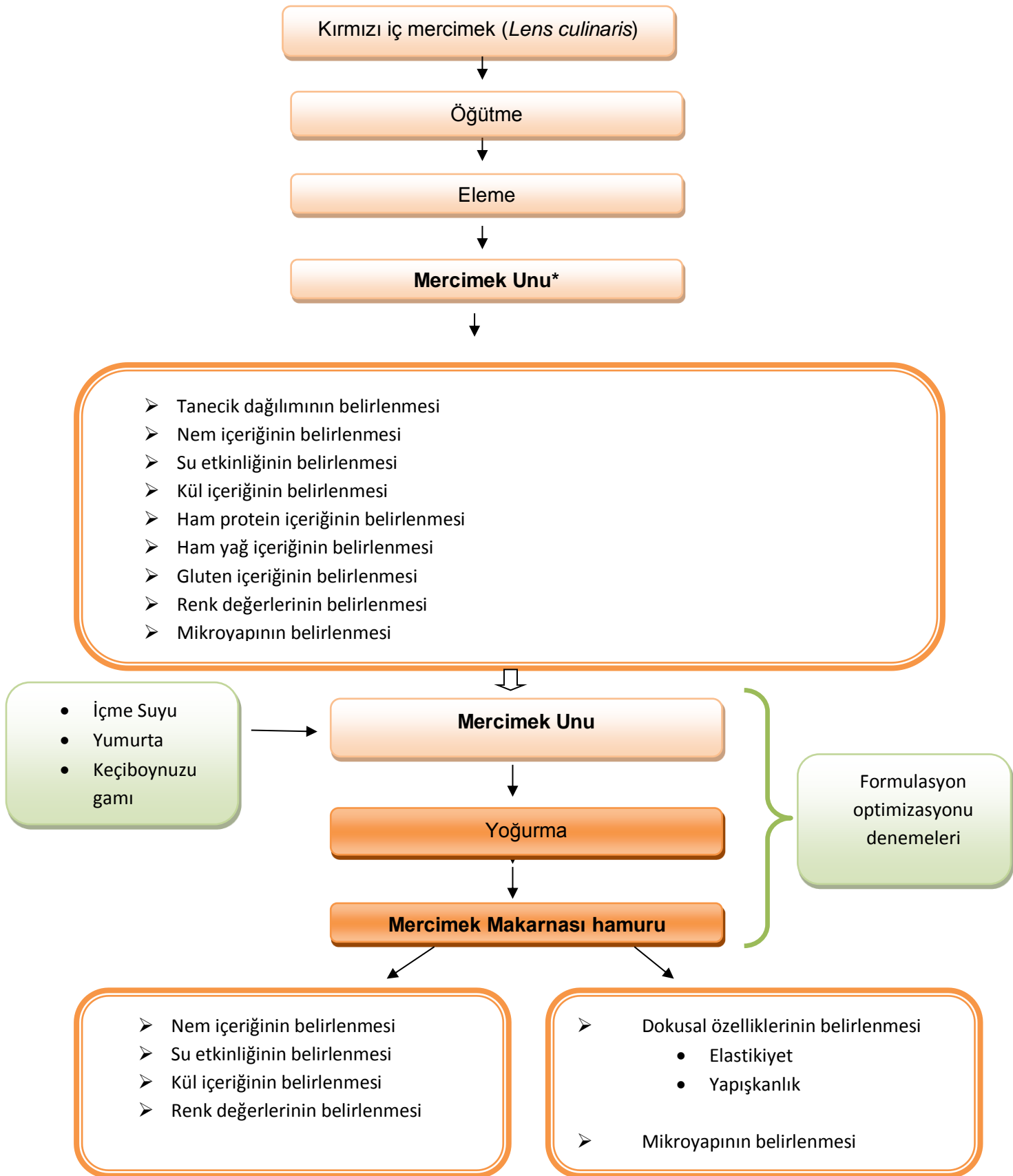
[198].Gull, A.;Prasad, K.; Kumar, P., Effect of millet flours and carrot pomace on cooking qualities, color and texture of developed pasta, *LWT - Food Science and Technology* **2015**, 63, (1), 470-474.

[199]. Baiano A.; Lamacchia C.; Fares C.; Terracone C.; La Notte E., Cooking behaviour and acceptability of composite pasta made of semolina and toasted or partially defatted soy flour. *LWT - Food Science and Technology* **2011**,44, (4), 1226-1232.

[200]. Cubadda R.E.; Carcea M.E.; Marconi E.; Trivisonno M.C., Influence of gluten proteins and drying Temperature on the cooking quality of durum wheat pasta. *Cereal Chemistry* **2007**, 84,(1), 48–55.

- [201]. Voisey, P.W.; Larmond, E., Exploratory evaluation of instrumental techniques for measuring some textural characteristics of cooked spaghetti. *Cereal Science Today* **1973**, 18:126.
- [202]. Hou, G.; Kruk, M, Asian Noodle Technology -Technical Bulletin. *International Food Research Journal* **1998**, 19, 309-313.
- [203]. Purnima, C.; Ramasarma, P.R.; Prabhasankar, P., Studies on effect of additives on protein profile, microstructure and quality characteristics of pasta. *Journal of Food Science and Technology* **2012**, 49: 50, <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0258-7>.
- [204]. Sudha, M. L.; Krishnarau, L., Effect of blends of dehydrated green pea flour and amaranth seed flour on the rheological, microstructure and pasta making quality. *Journal of Food Science and Technology –Mysore* **2012**, 49,(6),713-720, DOI:10.1007/s13197-010-0213-z.
- [205]. Erdohan, Z.Ö., Akıcı hamur Teknolojisi ile Nohut Cipsi Üretimi, Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2013.
- [206]. Debbouz, A.; Pitz, W. J.; Moore, W. R.; Dappolonia, B. L., Effect of bleaching on durum- wheat and spaghetti quality. *Cereal Chemistry* **1995**, 72, 128–131.
- [207]. Martinez C.; Pablo D.; Risotta Alberto E.; Leon M.; Amon C., Physical, sensory and chemical evaluation of cooked spaghetti. *Journal of Texture Studies* **2007**, 38, 666-683.
- [208]. Raina; C.S.; Singh, S.; Bawa, A.S.; Saxena, D.C., Textural characteristics of pasta made from rice flour supplemented with proteins and hydrocolloids. *Journal of Texture Studies* **2005**, 36, (4),402 – 420, DOI: 10.1111/j.1745-4603.2005.00024.x.
- [209]. De Stefanis, E.; Sgrulletta, D., Effect of high temperature drying on technological properties of pasta. *Journal of Cereal Science* **1990**, 12, 97-104.

EK 3.1.DENEME PLANI





Mercimek Makarnası Hamuru



Açma



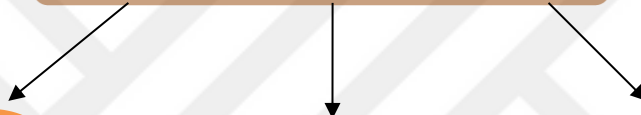
Şekil verme



Kurutma



Mercimek Makarnası



Pişme kalitesinin belirlenmesi

- Optimum pişme süresinin belirlenmesi
- Pişme suyuna geçen madde miktarının belirlenmesi
- Pişen makarnada hacim artışının belirlenmesi
- Pişen makarnada ağırlık artışının belirlenmesi

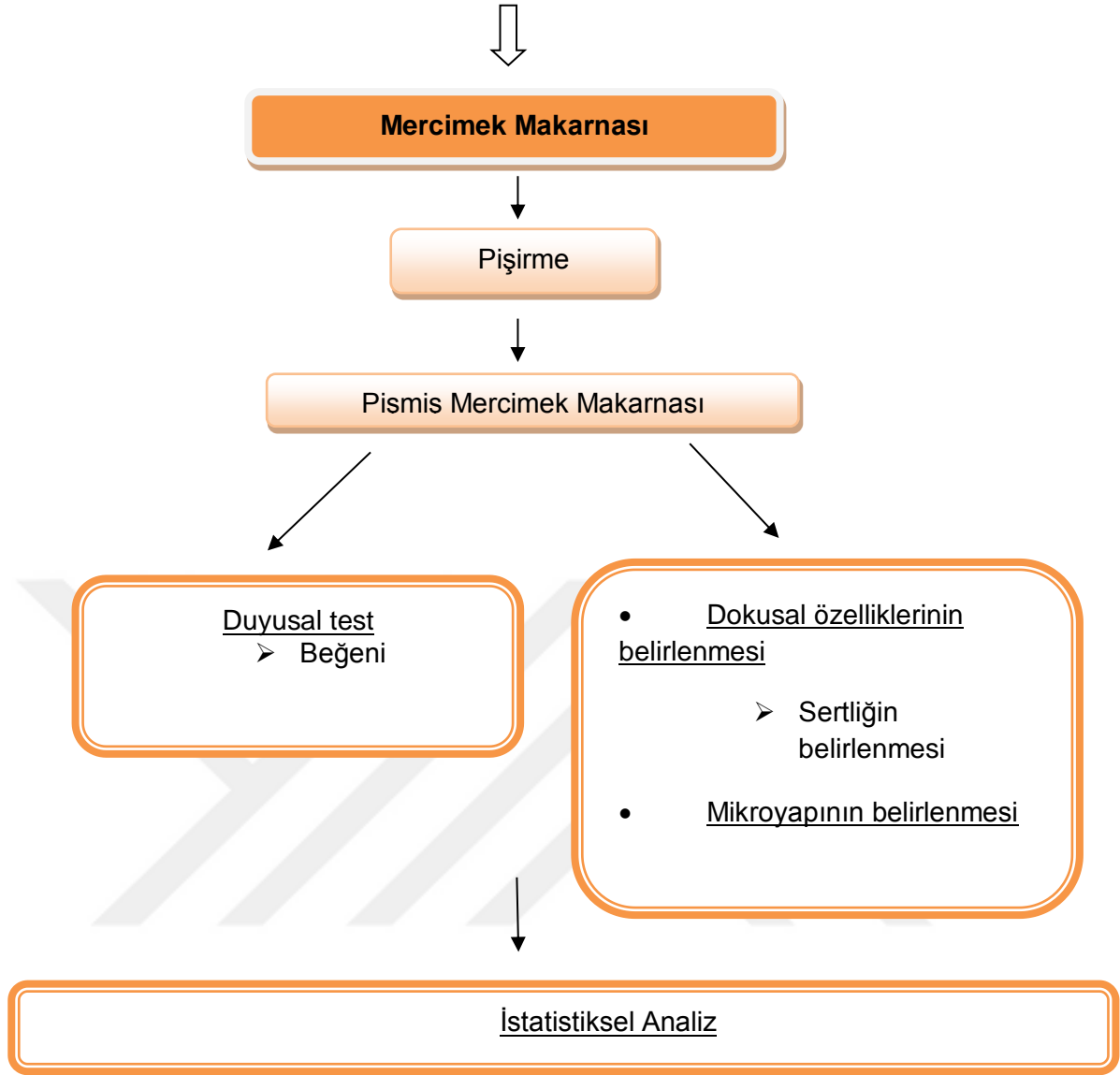
Bileşim ve fizikokimyasal özelliklerin belirlenmesi

- Nem içeriğinin belirlenmesi
- Su etkinliğinin belirlenmesi
- Kül içeriğinin belirlenmesi
- Ham protein içeriğinin belirlenmesi
- Ham yağ içeriğinin belirlenmesi
- Toplam karbonhidrat içeriğinin belirlenmesi
- Renk değerlerinin belirlenmesi

Dokusal özelliklerin belirlenmesi

- Kırılganlık

Mikroyapının belirlenmesi



*Kontrol örneği olarak *Tr. Durum* buğdayı unu kullanılmıştır. Mercimek unu, hamuru ve mercimek makarnası üretimi için yapılan tüm işlemler ve analizler kontrol örneği için de yapılmıştır.

EK 3.2. MERCİMEK MAKARNASI DUYUSAL DEĞERLENDİRME FORMU

Lütfen aşağıdaki ölçütler açısından size sunulan ürün hakkında hissettiğiniz yanıtı ölçekte işaretleyiniz.

Tabak:

Renk

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Koku

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Kümeleşme

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Tabaktan ağıza:

Elastikiyet

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Çatal batırabilirlik

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Çatalda taşınabilirlik

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Ağız:

Yapışkanlık

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Sertlik

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Çiğnenebilirlik

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Tad

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Genel beğeni

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Görüş ve önerileriniz:

EK 3.3.DUYUSAL ANALİZ EĞİTİMİ SUNUMU

**MERCİMEK
MAKARNASI
DUYUSAL ANALİZİ
EĞİTİMİ**

13.04.2018-06.12.2018-06.12.2018

**MERCİMEK
MAKARNASI**



**KÜMELEŞME ve
YAPIŞKANLIK**

- Kümeleşme (bulkiness) pişmiş makarnanın birbirine yapışma oranıdır.
- Yapışkanlık pişmiş makarna yüzeyinin dil, diş, damak veya ellere yapışma durumunu ifade eder.

**KÜMELEŞME ve
YAPIŞKANLIK**



SERTLİK

- Duyusal olarak makarnayı ısırarak için gerekli kuvveti ifade eder.

SERTLİK



ELASTİKİYET

- Deforme edici bir kuvvet uygulanıp kaldırıldığında, deforme olmuş makarnanın ilk durumuna geri dönme kapasitesini ifade eder.

ÇİGNENEİLİRLİK

- Çiğnenebilirlik (chewiness) makarnayı çiğnemeye başladikten sonra yutmaya uygun kıvama getirmek için gerekli süredir.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Özge KURT GÖKHİSAR

Doğum Tarihi : 09.09.1986

E-mail : ozgekurtgokhisar@gmail.com

Öğrenim Durumu :

Derece	Bölüm/Program	Okul	Yıl
Lise	Matematik/Fen	Anamur Andolu Lisesi	2000-2004
Lisans	Gıda Mühendisliği Bölümü	Ege Üniversitesi	2004-2008
Yüksek Lisans	Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Beslenme Bilim dalı	Ege Üniversitesi	2008-2010
Doktora	Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Beslenme Bilim Dalı	Ege Üniversitesi	2010-2011
Doktora	Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı	Mersin Üniversitesi	2011-2018

ESERLER

PATENTLER

- 1) Kurt, O., Turhan, M., 2017. Gluten Free Fresh and Dry Lentil Pasta. Turkish Patent Institute, P2018/14259.**
- 1) Kurt, O., Turhan, M., Kefalas, P., Loupassaki, S., 2013. Production Process of Cream Olive Oil and Cream Olive Oil. Turkish Patent Institute, P2013/13895.**

MAKALELER

- 4) Gokhisar Kurt, O. and Turhan, M. Comparison of glutenous and gluten-free pastas: Cooking quality parameters. Food Quality and Preferences.(under review).**

- 3) Atasoy, G., **Kurt Gokhisar, O.**, and Turhan, M. Manufactured gluten free food (mGFF) issues in Turkey. New Perspectives on Turkey. (under review).
- 2) **Gokhisar Kurt, O.** ve El, S.N. Effects of cooking and storage on in vitro digestibility of L-cartinine and antioxidant capacity of beef longissimus muscle (M. Longissimus Dorsi), European Journal of Food Reasearch and Technology, 240: 311-318, 2015.
- 1) **Kurt, O.** ve El, S.N., L-carnitine as a bioactive compound: Importance of in nutrition,health and bioavailability, TUBAV Journal of Science, 2011, Vol 4:2, p: 97-102.

BİLDİRİLER

- 9) **Kurt Gökhisar, O.** and Turhan M. (2018). Seeking the truth: Nutritional quality of packed gluten free foods (GFFs). 18th European Young Cereal Scientists and Technologists Workshop. p.17. Warsaw, on April 18th-20st, Poland, Oral presentation.
- 8) **Kurt Gökhisar, O.** and Turhan M. (2017). Evaluation of a novel gluten-free pasta. 16th European Young Cereal Scientists and Technologists Workshop. p.21. Thessaloniki, on April 18th-21st, Greece, Oral presentation.
- 7) **Kurt Gökhisar, O.** and Turhan M. (2016). A new nutritious gluten free staple food: Lentil pasta. 4 th International Symposium on Gluten-Free Cereal Products and Beverages. p.73. Cork, on October 18th-19th, Ireland, Poster presentation.
- 6) **Kurt Gökhisar, O.** and Turhan M. (2016). Myopy in the legume world. 15th International Cereal and Bread Congress. p.94. İstanbul, on April 18th-21st, Turkey, Oral presentation.
- 5) **Kurt Gökhisar, O.**, Turhan M., Kefalas P., Loupassaki S. (2016). Spreadable olive oil (SOO). 4th International ISEKI_Food Conference. p.200. Vienna, on 6-8 July Austria, Poster Presentation.
- 4) **Kurt Gokhisar, O.**, Turhan M. (2015). Cooking Quality of Pasta: Glutenous vs Gluten free, 3rd Traditional Foods From Adriatic to Caucasus, Sarajevo, on October 1st-4th, Bosnia and Herzegovina, Poster presentation.
- 3) **Kurt, O.**, El, S.N., (2009). L-carnitine: In vitro bioaccessibility in beef longissimus muscle (M. Longissimus Dorsi) cooked with different methods. Management Committee & Working Group Meetings of COST ACTION FA1005 Improving health properties of food by sharing our knowledge on the digestive process (INFOGEST) Le Croisic, on October 19th- 21st, France, Poster presentation.
- 2) **Kurt, O.**, El, S.N., (2011). L-carnitine: In vitro bioaccessibility in beef longissimus muscle (M. Longissimus Dorsi) cooked with different

methods. TUBITAK, 4th International Congress on Food and Nutrition, October, Istanbul, Turkey, Poster Presentation.

1) Karakaya S., Ercan P., Turk, O., Kancabas, A., **Kurt, O.**, (2009). Some traditional beverages specific to Western Anatolia, II. Traditional Foods Symposium, Yuzuncuyıl University, on May 27th-29th, Van, Turkey, Oral presentation.

