

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BAL KABAĞI ÇEKİRDEĞİ YAĞI ÜRETİM ATIKLARININ
MAKARNA ÜRETİMİNDE KULLANIM OLANAKLARININ
ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇİĞDEM ŞAHİN FİDAN

DENİZLİ, OCAK - 2024

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



BAL KABAĞI ÇEKİRDEĞİ YAĞI ÜRETİM ATIKLARININ
MAKARNA ÜRETİMİNDE KULLANIM OLANAKLARININ
ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇİĞDEM ŞAHİN FİDAN

DENİZLİ, OCAK - 2024

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

ÇİĞDEM ŞAHİN FİDAN

ÖZET

BAL KABAĞI ÇEKİRDEĞİ YAĞI ÜRETİM ATIKLARININ MAKARNA ÜRETİMİNDE KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇİĞDEM ŞAHİN FİDAN

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ EZGİ ÖZGÖREN ÇAPRAZ)

DENİZLİ, OCAK - 2024

Bu çalışmada, geleneksel makarna üretiminde kullanılan buğday irmiğine %7.5, %15 ve %22.5 oranlarında bal kabağı çekirdeği yağı üretim atığı (BKÇA) ikame edilmiştir. Bal kabağı çekirdeği yağı üretimi sırasında ortaya çıkan atıkların değerlendirilmesi ve makarnaya fonksiyonellik kazandırılması amaçlanmıştır. Üretilen makarnaların fiziksel, kimyasal, pişirme, mikroyapı ve duyusal özellikleri araştırılarak kontrol örneği ile karşılaştırılmıştır. BKÇA ilave edilmesiyle, makarnaların protein, yağ, çözünür diyet lifi ve çözünmez diyet lifi miktarları artış göstermiştir. Bunun yanında makarnalar kalsiyum, potasyum, magnezyum, fosfor, demir, çinko, bakır ve mangan mineralleri bakımından daha zengin bir kaynak haline gelmiştir. Renk analizi sonucuna göre, BKÇA ilave edilmesiyle makarnaların L^* , a^* ve b^* değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Makarnaların pişirme özellikleri değerlendirildiğinde, BKÇA ilave edilmesiyle, optimum pişme süresi, suya geçen madde miktarı, hacim artışı, şişme derecesi ve su tutma kapasitesinde artış meydana gelmiştir. Tekstür analiz sonuçlarına göre, BKÇA ilavesiyle makarnaların sertlik, yapışkanlık, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri düşüş göstermiş, elastikiyet değeri ise istatistiksel olarak değişmemiştir. Taramalı elektron mikroskobu görüntüleri değerlendirildiğinde; kontrol örneğinin pürüzsüz ve üniform bir yapıya sahip olduğu, BKÇA ilave edilmesiyle makarnaların yüzeyinde küçük çatlakların meydana geldiği belirlenmiştir. %15 seviyesine kadar BKÇA ilave edilen makarnaların duyusal özellikler bakımından kabul edilebilir nitelikte olduğu tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Bal kabağı çekirdeği, makarna, fonksiyonel gıda, zenginleştirme, atık

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE USE POSSIBILITIES OF PUMPKIN SEED OIL PRODUCTION WASTES IN PASTA PRODUCTION

MSC THESIS

ÇİĞDEM ŞAHİN FİDAN

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
FOOD ENGINEERING**

(SUPERVISOR:ASSIST. PROF. DR. EZGİ ÖZGÖREN ÇAPRAZ))

DENİZLİ, JANUARY 2024

In this study, pumpkin seed oil production waste (PSOPW) was used in pasta production by substituting 7.5%, 15% and 22.5% to wheat semolina. It was aimed to utilize the pumpkin seed oil production wastes and provide functional properties to the pasta. The physical, chemical, cooking, microstructural and sensory properties of the pasta samples were investigated and were compared to the control sample. Protein, fat, soluble dietary fiber and insoluble dietary fiber contents of pasta samples increased with the supplementation of PSOPW. Additionally, enriched pasta samples became a richer source of minerals such as calcium, potassium, magnesium, phosphorus, iron, zinc, copper and manganese. Color analysis indicated a decrease in L^* , a^* and b^* values with the addition of PSOPW to the formulation. Optimum cooking time, cooking loss, volume increase, swelling index and water holding capacity increased by PSOPW supplementation. Textural analysis showed that hardness, adhesiveness, gumminess and chewiness values of pastas were decreased with increasing PSOPW level in the pasta formulation, while springiness values were statistically similar in all pasta samples. Scanning electron microscopy images showed that the control sample had a smooth and uniform structure. With the addition of PSOPW to the formulation, small cracks appeared on the pasta surface. It has been determined that pasta containing up to 15% PSOPW is acceptable in terms of sensory properties.

KEYWORDS: Pumpkin seed, pasta, functional food, enrichment, waste

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	3
1.1.1 Bal Kabağı ve Bal Kabağı Çekirdeği.....	3
1.1.2 Makarna	11
1.2 Tezin Amacı	14
2. MATERYAL VE YÖNTEM	15
2.1 Materyal.....	15
2.1.1 Bal Kabağı Çekirdeği Yağı Üretim Atığının Hazırlanması.....	15
2.1.2 Makarnaların Üretilmesi	16
2.2 Yöntem	19
2.2.1 Kimyasal Analizler	19
2.2.1.1 Nem Miktarı Analizi	19
2.2.1.2 Kül Miktarı Analizi	19
2.2.1.3 Yağ Miktarı Analizi	19
2.2.1.4 Protein Miktarı Analizi	20
2.2.1.5 Suda Çözünür, Suda Çözünmez Diyet Lifi Analizi	20
2.2.1.6 Karbonhidrat Miktarının Hesaplanması	21
2.2.1.7 Kalori Değerinin Hesaplanması	21
2.2.1.8 Mineral Madde Kompozisyonu Analizi.....	22
2.2.2 Fiziksel Analizler	22
2.2.2.1 Renk Analizi.....	22
2.2.2.2 Tekstür Analizi.....	23
2.2.3 Pişirme Analizleri	23
2.2.3.1 Optimum Pişme Süresi.....	23
2.2.3.2 Suya Geçen Madde Miktarı	23
2.2.3.3 Hacim Artışı	24
2.2.3.4 Şişme Derecesi	24
2.2.3.5 Su Tutma Kapasitesi	25
2.2.4 Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntülemesi	25
2.2.5 Duyusal Analiz	25
2.2.6 İstatistiksel Analiz.....	26
3. BULGULAR	27
3.1 Kimyasal Analiz Bulguları	27
3.1.1 Hammaddelerin Genel Kimyasal Bileşimleri	27
3.1.2 Makarna Örneklerinin Genel Kimyasal Bileşimleri	29
3.1.3 Mineral Madde Kompozisyonları	36
3.2 Fiziksel Analiz Bulguları.....	42
3.2.1 Renk Analizi Bulguları	42

3.2.2	Tekstür Analizi Bulguları	46
3.2.3	Makarna Örneklerinin Pişme Özellikleri	51
3.2.3.1	Optimum Pişme Süresi.....	51
3.2.3.2	Suya Geçen Madde Miktarı	53
3.2.3.3	Hacim Artışı	54
3.2.3.4	Şişme Derecesi	55
3.2.3.5	Su Tutma Kapasitesi	55
3.3	Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntüleri Analiz Bulguları	56
3.4	Duyusal Analiz Bulguları	59
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER	63
5.	KAYNAKLAR.....	69
6.	EKLER.....	90
	EK A: Duyusal Analiz Formu	90
7.	ÖZGEÇMİŞ	91



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Bal kabağı çekirdeği yağı üretim atığı.....	15
Şekil 2.2: Kurutulmuş makarna örneklerine ilişkin görüntüler.....	17
Şekil 2.3: Pişirilmiş makarna örneklerine ilişkin görüntüler	18
Şekil 3.1: Makarna örneklerinin taramalı elektron mikroskobu görüntüleri.....	59



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1: Hammaddelerin Genel Kimyasal Bileşimleri	27
Tablo 3.2: Makarna Örneklerinin Genel Kimyasal Bileşimleri	30
Tablo 3.3: Hammaddelerin mineral madde kompozisyonları (mg/kg)	37
Tablo 3.4: Makarna örneklerinin mineral madde kompozisyonları (mg/kg)	38
Tablo 3.5: Üretimde kullanılan hammaddelerin renk değerleri	43
Tablo 3.6: Pişmemiş makarna örneklerinin renk parametrelerinin değerleri	43
Tablo 3.7: Pişirilen makarna örneklerinin renk parametrelerinin değerleri	45
Tablo 3.8: Makarna Örneklerinin Tekstür Analizi Bulguları	47
Tablo 3.9: Makarna örneklerinin pişirme işlemi ile oluşan özellikleri	52
Tablo 3.10: Makarna örneklerinin duyusal analiz bulguları	60

SEMBOL LİSTESİ

°C	:	Santigrat derece
µm	:	Mikrometre
dk	:	Dakika
mm	:	Milimetre
cm	:	Santimetre
g	:	Gram
ml	:	Mililitre
mg	:	Miligram
kcal	:	Kilokalori
s	:	Saniye
N	:	Newton
kg	:	Kilogram
α	:	Alfa
mJ	:	Milijoule

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın her aşamasında, bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, ilgisini ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ezgi ÖZGÖREN ÇAPRAZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın yürütüldüğü Pamukkale Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde görev alan, başta Bölüm Başkanımız Sayın Prof. Dr. Sami Gökhan ÖZKAL olmak üzere, tüm değerli bölüm hocalarıma teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Ufuk Gökçe AYRANCI'ya ve bana fikren destek olan arkadaşım Yasemin KUZUMOĞLU'na ayrıca teşekkür ederim.

Mesleki gelişimi destekleyerek çalışmalarımnda kolaylıklar sağlayan Sayın Müdürüm Mehmet Ali VARDAL'a ve manevi destekleri için tüm iş arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde yanımda olan, sevgilerini ve desteklerini daima üzerimde hissettiğim, en büyük dayanağım canım annem Emine ŞAHİN'e ve canım babam Hüseyin ŞAHİN'e sonsuz teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarım sırasında ve tez yazım sürecimde her türlü desteği veren, karşılaştığım tüm zorlukları aşmamda yardımcı olan, lisansüstü eğitimim sırasında tanıdığım ve hayatımın geri kalanında daima yanımda olmasını dilediğim kıymetli eşim Mesut FİDAN'a sonsuz teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

Gıdaların işlenmesi esnasında büyük miktarlarda katı ve sıvı atıklar ortaya çıkmaktadır. Bu atıklar önemli miktarda çevre kirliliğine neden olmaktadır (Qdais ve diğ. 2010). Dünya nüfusunun giderek artmasına bağlı olarak gıda üretimi yapan işletme sayısında artış olacağı düşünüldüğünde, tarımsal atıkların da önemli miktarda artacağını söylemek mümkündür. Dolayısıyla bu durum, sorunun büyüme olasılığını oldukça yükseltmektedir (Horzum 2018). Atık yönetimi yönetmeliği (2015)'ne göre ilk aşama, üretim sürecinde atık oluşumunun önlenmesi olarak bildirilmiştir. Bu aşamayı sırasıyla atığın azaltılması, geri dönüşümü ve bertaraf edilmesi takip etmektedir. Böylece bertaraf edilecek atık miktarı azaltılarak, insan ve çevre sağlığı ile tüm kaynakların korunması amaçlanmıştır.

Gıda işleme sırasında ortaya çıkan atıklar incelendiğinde, bu atıkların sağlık üzerine faydalı etkileri bulunan mikro ve makro besin ögelerini içerdikleri belirlenmiştir. Ancak gıda bileşimi açısından zengin bu atıklar, çoğunlukla katma değeri düşük gübre veya hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda ise, katma değeri yüksek ürünler elde etmek amacıyla fonksiyonel gıda bileşeni olarak zenginleştirme çalışmalarında kullanılmaya başlanmıştır. Böylece yan ürünlerin değerlendirilmesi sağlanarak üretimden kaynaklanan atıkların daha verimli şekilde kullanılması amaçlanmaktadır (El-Adaway 2001; Karmel 1982; Brennan ve Sameuyl 2004; Tudorica ve diğ. 2004).

Meyve ve sebzeler taze olarak tüketilmelerinin yanı sıra, jöle, meyve suyu, salata sosu, şarap ve reçel gibi daha uzun raf ömrüne sahip gıdalara dönüştürülerek de tüketilebilmektedir. Tüm bu ürünlerin üretimi esnasında birçok meyve ve sebzenin çekirdeği atık olarak ortaya çıkmaktadır. Çekirdekler, meyve ve sebzelerin küçük bir parçası gibi görünse de işleme sırasında milyarlarca ton çekirdek çöpe atılmaktadır (Song 2019).

Son yıllarda yapılan çalışmalar ile meyve ve sebze çekirdeklerinin gıda bileşenleri açısından oldukça zengin olduğu anlaşılmıştır. Bu çekirdeklerin sağlık üzerine önemli etkileri bulunan; karotenoidler ve flavanoidler gibi antioksidan özelliğe

sahip maddeleri, yağ asitlerini, çeşitli vitamin ve mineralleri içerdikleri belirlenmiştir (Tuna, 2015).

Meyve ve sebze çekirdeklerinin yağ içeriği bakımından zengin olduğu bildirilmiştir. Çekirdek yağları, sağlık açısından önemli faydaları bulunan doymamış yağ asitleri açısından zengin olması sebebiyle günümüzde piyasada yaygın olarak bulunmaktadır. Ancak çekirdek yağı üretiminin birincil yan ürünü olan çekirdek küspesi, çoğu zaman atık olarak ortaya çıkmaktadır. Yağı alınan çekirdek küspelerinden elde edilen unların; antioksidan özelliğe sahip bileşenleri, diyet lifilerini, protein, vitamin ve mineraller gibi sağlığa yararlı pek çok bileşeni içerdiği belirlenmiştir (Song 2019; Parry ve diğ. 2008).

Birçok ülkede yaygın şekilde tüketilen bal kabağının önemli miktarda protein, çözünür ve çözünmeyen diyet lifi ve karotenoidler gibi biyoaktif bileşikleri içerdiği belirtilmiştir. İçerdikleri bileşenler sayesinde antidiyabetik, antibakteriyel, antitümör ve antioksidan özelliklere sahip olduğu bildirilmiştir (AlJahani ve Cheikhousman 2017; Bemfeito ve diğ. 2020; Sharma ve diğ. 2020). Literatürde bal kabağı üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde; mısır gevreği, kek, ekmek ve makarna gibi unlu mamul ürünlerine ve süt ürünlerine ilave edilerek çeşitli gıda gruplarının zenginleştirilmesi amaçlanmıştır (Villamil ve diğ. 2023).

Bal kabağının genellikle meyve kısmının kullanılması nedeniyle kabuk ve çekirdek kısmı atık olarak ortaya çıkmaktadır. Bu atık miktarı işlenen toplam bal kabağı miktarının yaklaşık %25'i gibi önemli bir kısmını oluşturmaktadır (Brian 2008). Bal kabağı üretim atıklarında bulunan vitamin, mineral ve fitokimyasalların miktar ve içeriklerinin belirlenmesi ile bu atıkların gıda zenginleştirme amacıyla kullanımı üzerine yapılan çalışmalar son zamanlarda daha fazla dikkat çekmeye başlamıştır (Ceclu ve diğ. 2020; AlJahani ve Cheikhousman 2017).

Bal kabağı çekirdeği, özellikle tarımsal endüstriyel atık olarak kabul edildiği ülkelerde, gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Çekirdekler çiğ veya kavrulmuş formda tüketimlerinin yanında, yağ üretiminde ve çeşitli gıda formülasyonlarının zenginleştirilmesinde kullanılmaktadır (Białek ve diğ. 2016; Rani ve diğ. 2021).

Gıda atıkları çeşitli endüstrilerde giderek daha fazla kullanılmaktadır (Sobczak 2020). Buna karşın literatürde, bal kabağı çekirdeği yağı üretim atıklarının insan tüketimine yönelik katma değeri yüksek ürünler elde etmek amacıyla kapsamlı kullanımına ilişkin az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışma ile soğuk pres bal kabağı çekirdeği yağı üretim atıklarının değerlendirilerek besleyici değeri yüksek fonksiyonel makarna elde edilmesi amaçlanmıştır.

1.1 Literatür Özeti

1.1.1 Bal Kabağı ve Bal Kabağı Çekirdeği

Bal kabağının (*C. moschata*) kökenine dair yapılan araştırmalarda, ilk olarak M.Ö. 3400'de Meksika'nın batısında yetiştirilmeye başlandığı; M.Ö. 900'de Amerika'nın güneybatısına doğru yayıldığı belirtilmiştir (Decker-Walters ve Walters 2000). Bal kabağı düşük sıcaklıklara ve dona karşı oldukça hassastır. Tohumlarının çimlenebilmesi için sıcaklığın 16°C'nin üzerinde olması gerekmektedir. Bu nedenle tropikal ve subtropikal bölgelerde yetiştirilmektedir. Ürünün maksimum verimi için optimum sıcaklık aralığı 20-35°C'dir. Düşük nem seviyelerinin de mahsul verimi üzerinde olumlu etkileri vardır (Ahmad ve Khan 2019).

Bal kabağı, dünya çapında yetiştirilen Kabakgiller (*Cucurbitaceae*) familyasında yer alan ekonomik öneme sahip bir sebzedir (Balkaya ve diğ. 2009). Dünya çapında en yaygın yetiştirilen bal kabakları; *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata* ve *Cucurbita pepo* türleridir (Sunulu ve Yağcıoğlu 2014). Ülkemizde bal kabağı çekirdeği yağı elde etmek amacıyla genellikle *Cucurbita pepo* ve *Cucurbita moschata* türleri kullanılmaktadır (Dalkıran 2014; Fidan 2014).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından Dünya'da kabak üretim miktarının 2021 yılında 1.9 milyon hektar alanda 31.2 milyon tonun üzerinde olduğu bildirilmiştir (Anonim 2021). Türkiye'de TÜİK istatistiklerine göre; 2022 yılında 92968 ton bal kabağı (*Cucurbita moschata*) üretilmiştir. Ülkemizde en yüksek bal kabağı üretimi sırasıyla Afyonkarahisar (12140 ton), Ankara (8862 ton) ve Düzce (7676 ton) illerinde gerçekleştirilmiştir (Anonim 2022).

Ülkemiz Dünya kabak üretiminde; Çin, Ukrayna, Rusya, Amerika Birleşik Devletleri, İspanya'dan sonra 6. sırada yer almaktadır (Anonim 2021).

TÜİK verilerine göre bal kabağının (*Cucurbita moschata*) yıllara göre Türkiye'deki üretim miktarı Tablo 1.1'de gösterilmiştir.

Tablo 1.1: Türkiye'de yıllara göre bal kabağı üretim miktarı (ton/yıl)

Yıl	Bal Kabağı (<i>Cucurbita moschata</i>)
2012	93612
2013	95076
2014	93672
2015	95363
2016	96268
2017	89737
2018	87207
2019	92319
2020	93659
2021	97168
2022	92968

Bal kabağı, içerdiği yüksek lif ve fenolik bileşenler sayesinde besin değeri yüksek bir gıdadır. Kalsiyum, demir, potasyum, magnezyum, fosfor, bakır ve mangan gibi önemli mineraller açısından zengin içeriğe sahip olmasının yanı sıra yeterli miktarda selenyum, fosfor, çinko ve demir gibi mineralleri de içermektedir (Nwofia ve diğ. 2012; Nawirska ve diğ. 2009; Stevenson ve diğ. 2007). Bal kabağı aynı zamanda yüksek miktarda C, E, B1, B3 ve B6 vitaminlerini içermektedir.

Bal kabağında bulunan vitamin ve minerallerin, COVID 19 salgını sırasında ve sonrasında bağışıklığın güçlendirilmesinde önemli bir rolü olduğu bildirilmiştir (Dhok ve diğ. 2020). Yapılan çalışmalar ile zengin bal kabağı içeren diyetin; akciğer, göğüs, mide, kolon kanseri ve osteoporozu riskini azalttığı belirlenmiştir (Xanthopoulou ve diğ. 2009).

İnsan sağlığına faydalı bir gıda olan bal kabağı, pişirilerek ve püre yapılarak kullanılabilirdiği gibi makarna, bisküvi, ekmek, kurabiye gibi birçok tahıl ürününde zenginleştirme materyali olarak da kullanılabilir (Gözükara 2013).

Bal kabağının bileşiminde, %4-6 oranında çekirdek olduğu belirlenmiştir. Bu çekirdekler; çiğ veya kavrulmuş şekilde çerez olarak tüketilmesinin yanında gübre yapımında, yağ üretiminde ve ekmek, kek, makarna, yoğurt gibi gıdaları zenginleştirmede de kullanılmaktadır (Białek ve diğ. 2016; Rani ve diğ. 2021).

Bal kabağı çekirdeğinden elde edilen yağ, Orta Doğu ve Afrika'daki bazı ülkelerde yemeklik yağ olarak kullanılmaktadır (Sawaya ve diğ. 1983; Kamel ve diğ. 1985). Ayrıca Slovenya, Hırvatistan, Avusturya, Macaristan gibi bazı güneydoğu Avrupa ülkelerinde salata yağı olarak kullanımı yaygındır (Vujasinoviç ve diğ. 2010).

Bal kabağı çekirdeğinin protein, lif, çoklu doymamış yağ asitleri, fitosteroller, karotenoidler ve tokoferoller bakımından zengin bir kaynak olduğu yapılan çalışmalar ile ortaya konulmuştur (Xanthopoulou ve diğ. 2009). Ayrıca bal kabağı çekirdeğinin potasyum, kalsiyum, magnezyum, fosfor, demir, mangan ve çinko gibi önemli mineraller bakımından zengin olduğu bildirilmiştir (Elinge ve diğ. 2012).

Bal kabağı çekirdekleri, bal kabağının türüne, yetiştirme koşullarına, olgunluk derecesine bağlı olarak değişen miktarda doymamış yağ asitlerini, protein ve lifleri içermektedir (Öztürk ve Turhan, 2020). Bal kabağı çekirdeği, %28-40 oranında protein, %44-53 oranında yağ, %7-10 oranında karbonhidrat ve %1-31 oranında diyet lifi içermektedir (Rani ve diğ. 2021; Elinge ve diğ. 2012; Nyam ve diğ. 2013). İçerdiği yağ asitlerinin yaklaşık %80'ini doymamış yağ asitlerinden olan oleik asit ve linolenik asit oluşturmaktadır (Dalkıran 2014). Bal kabağı çekirdeği, %37.2-%54.9 oranında linoleik asit, %26.8-%43.6 oranında oleik asit içermektedir (Potočnik ve diğ. 2016).

Bal kabağı çekirdeği, içerdiği makro ve mikro besin ögeleri sayesinde insan sağlığı üzerine olumlu etkiler sağlamaktadır. Bal kabağı çekirdeğinin çinko, fosfor, magnezyum ve potasyum gibi önemli mineralleri içermesi, artrit, iltihaplanma, prostat kanseri gibi hastalıklara karşı koruyucu etki sağlamaktadır (Maheshwari ve diğ. 2015). Ayrıca bal kabağı çekirdeğinin antiülseratif özellikler gösterdiği bildirilmiştir (Gill ve Bali 2011). Bal kabağı çekirdeğinin yüksek miktarda (576 mg/100 g) triptofan içermesi sayesinde serotonin sentezinde artışa neden olarak depresyonu tedavi etmeye yardımcı olduğu tespit edilmiştir (Adrian 2011). Yapılan bir çalışmada, sıçanlara metil izobütil keton enjekte edilerek depresyonun tetiklenmesinden sonra çiğ ve işlenmiş bal kabağı çekirdeğinin antidepresan özellikleri araştırılmıştır. Kabak çekirdeği

ekstraktlarının her ikisinin de antidepresan aktiviteye sahip olduğu ve olumsuz yan etkileri olan antidepresanlara faydalı bir alternatif olarak kullanılabileceği rapor edilmiştir (George ve Nazni 2012).

Çiğ bal kabağı çekirdeğinden elde edilen yağın, trigliserit, toplam kolesterol, LDL kolesterol, ürik asit, kreatin, serum transamilazları ve üreyi önemli ölçüde azalttığı, serum HDL kolesterolünü ise önemli seviyede arttırdığı bildirilmiştir (Nameni ve diğ. 2021; Majid ve diğ. 2020). Bunun yanı sıra bal kabağı çekirdeği yağının hipertansiyon riskini azalttığı belirlenmiştir (Xanthopoulou ve diğ. 2009).

Rouag ve diğ. (2020) bal kabağı çekirdeği yağının, yetişkin sıçanlarda sodyum nitratın neden olduğu oksidatif stresi inhibe ederek karaciğeri hasarını geciktirdiğini bildirmiştir. Bal çekirdeği yağı ekstraktlarının antioksidan, antibakteriyel ve antiinflamatuvar aktiviteye sahip olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle bal kabağı çekirdeği yağı, ilaç, kozmetik ve gıda endüstrileri için önemli bir kaynak olup gün geçtikçe kullanımı yaygınlaşmaktadır (Amin ve diğ. 2020). Bal kabağı çekirdeği yağının kullanımının yaygınlaşması, yağ üretimi sırasında ortaya çıkan atıklarının artmasına neden olmaktadır. Besin değeri yüksek bu atıkların gıda üretiminde fonksiyonel bileşen kaynağı olarak değerlendirilmesi; insan sağlığına, çevre kirliliğine ve bununla birlikte ÷lke ekonomisine katkı sağlaması bakımından oldukça önemlidir.

Günümüzde sağlıklı yaşam tarzının benimsenmesi ve besin değeri yüksek gıdalara ilişkin farkındalığının artmasıyla birlikte tüketiciler, insan sağlığına olumlu etki yapan, besin değeri yüksek, hazırlanması kolay gıdalara yönelmişlerdir. Bu nedenle, sağlık üzerine olumlu etkileri bulunan kabak çekirdeğinin, fonksiyonel gıda olarak değerlendirilmesi ve çeşitli gıdalarda zenginleştirme materyali olarak kullanım olanaklarının belirlenmesi üzerine farklı çalışmalar yapılmıştır. Kek, ekmek, makarna, bisküvi gibi tahıl ürünlerine, et ürünlerine ve süt ürünlerine dahil edilerek gıda ürünlerinin zenginleştirilmesi sağlanmıştır.

Bal kabağı çekirdeği ununun, çeşitli unlu mamullerde fonksiyonel bileşen olarak kullanılması besin değerlerinin artırılması açısından oldukça önemlidir. Bal kabağı çekirdeği ununun biyolojik öneminin yüksek olması, buğday ununa göre esansiyel amino asit miktarının daha fazla olmasıyla ilişkili olduğu bildirilmiştir.

Buğday ununa %5, %10, %15 ve %20 oranlarında bal kabağı çekirdeğı unu ilave edilerek ekmek üretiminin yapıldığı bir çalışmada, bal kabağı çekirdeğı unu oranı arttıkça esansiyel amino asit (valin, izolösin, lösin, lizin, metiyonin, treonin, triptofan, fenilalanin) miktarının artış gösterdiği tespit edilmiştir. Formülasyona %20 oranında bal kabağı çekirdeğı unu ilave edilmesiyle üretilen ekmeğın toplam esansiyel amino asit miktarında yaklaşık 3.5 kat artış meydana geldiğı bildirilmiştir (Litvynchuk ve diğ. 2022).

Diğeri bir çalışmada buğday ununa %5, %10, %15 ve %20 oranında bal kabağı çekirdeğı unu ikame edilmesinin ekmek kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Öncelikle buğday ve bal kabağı çekirdeğinden oluşan kompozit unun kimyasal bileşimi analiz edilmiştir. Bal kabağı çekirdeğı ilavesi ile kompozit unun protein, yağ ve kül miktarının arttığı, nem ve karbonhidrat miktarının ise azaldığı belirlenmiştir. Kontrol örneğı ile kıyaslandığında buğday ununa %5 ve %10 oranında bal kabağı çekirdeğı unu ikamesiyle elde edilen kompozit unun α -amilaz aktivitesinde artış meydana geldiğı gözlemlenmiştir. Formülasyona %10'dan daha yüksek oranlarda bal kabağı çekirdeğı unu ilavesi ile ekmeğın hacim, gözeneklilik, esneklik değeri anlamli seviyede azaldığı, sertlik değeri ise arttığı bildirilmiştir. İlave oranı arttıkça örneklerin yapışkanlık değeri azaldığı; sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değeri arttığı ifade edilmiştir. Sonuç olarak buğday ununa %10 oranında bal kabağı çekirdeğı unu ikame edilerek üretilen ekmek örneğinin lezzet, tekstür, dış görünüş ve genel kabul edilebilirlik özellikleri açısından en yüksek puana sahip olduğı bildirilmiştir. Ekmeğın kimyasal, fiziksel, tekstürel ve duyuşal özelliklerinin tümü değerlendirildiğinde, buğday ununa %10 seviyesine kadar bal kabağı çekirdeğı ununun ikame edilmesi önerilmiştir (Mironeasa ve Codină 2016).

Shanshan ve Bushuty (2011)'nin yaptığı çalışmada; bileşime %5 ve %10 oranlarında bal kabağı çekirdeğı unu ilave ederek hazırlanan ekmekler kimyasal, reolojik ve duyuşal özellikler açısından incelenmiştir. Bal kabağı çekirdeğı unu kullanımı ile örneklerin protein, yağ, diyet lifi oranları artış meydana gelmiştir. Ekmeğın protein açısından zenginleştirilmesi için alternatif bir kaynak olarak değerlendirilebileceğı belirtilmiştir. Reolojik açıdan bakıldığında, bal kabağı çekirdeğı unu ilavesiyle, su kaldırma oranlarının düştüğü, hamur direncinin arttığı, uzama kabiliyetinin ise zayıfladığı ifade edilmiştir. Duyuşal değerlendirme sonucuna göre %5

bal kabağı çekirdeğı unu ilave edilen örneğın kontrole en yakın puanlara sahip olduğı bildirilmiştir.

Kaur ve Sharma (2018), farklı oranlarda (%10, %20, %30) çiğ veya kavrulmuş bal kabağı çekirdeğı unu kullanarak kek üretimi gerçekleştirmişlerdir. Yapılan duyusal değerlendirme sonucunda en çok beğenilen örneğın %20 oranında zenginleştirilen kek olduğı bildirilmiştir. Protein ve yağ içeriğinin, kavrulmuş bal kabağı çekirdeğı unu katkılı örneklerde; lif, kül, toplam karotenoid, antioksidan aktivite, demir ve çınko içeriğinin ise çiğ bal kabağı çekirdeğı katkılı örneklerde daha yüksek olduğı belirlenmiştir. Nem miktarının ise kontrol örneğinde diğerk örneklerle kıyasla daha yüksek olduğı tespit edilmiştir.

Tuna (2015)'nın yaptığı bir çalışmada, buğday ununa farklı oranlarda (%5, %10 ve %15) bal kabağı çekirdeğı unu ikame ederek üretilen keklerin tekstürel ve duyusal özellikleri incelenmiştir. Bal kabağı çekirdeğı ununun %5 seviyesinde ikame edilmesiyle kek hamurunun uzamaya karşı gösterdiği direncin arttığı, bu oranın %15'e çıkartılması sonucunda ise kek hacminin düştüğü ve aromatik tadın artması sebebiyle tüketiciler tarafından kabul edilebilirliğın oldukça azaldığı belirlenmiştir. Ransit tat oluşumuna engel olunabilmesi için kek üretiminde bal kabağı çekirdeğı unu kullanımının en fazla %10 seviyesinde olması gerektiğı ifade edilmiştir.

Kumari ve diğ. (2020), tam buğday ununa %10, %20 ve %30 oranlarında çimlendirilmiş bal kabağı çekirdeğı unu ikame ederek bisküvi üretimi gerçekleştirmiştir. Bal kabağı çekirdeğı unu ikame oranı arttıkça bisküvilerin kül, yağ, protein ve diyet lifi miktarlarında anlamlı düzeyde artış olduğı bildirilmiştir ($p<0.05$). Kontrol örneğinde, yağ içeriğı %12.38, protein içeriğı 12.28, toplam diyet lifi içeriğı ise %10.73 iken, %30 oranında bal kabağı çekirdeğı unu ikame edilmiş bisküvilerde sırasıyla yağ miktarının %28'e, protein miktarının %21.58'e, toplam diyet lifi miktarının ise %12.10'a yükseldiğı tespit edilmiştir. Bal kabağı çekirdeğı unu ikamesiyle, bisküvi örneklerinin kalsiyum, magnezyum, çınko, potasyum, fosfor ve demir miktarının arttığı belirlenmiştir. Duyusal değerlendirme sonucunda, %30 oranında zenginleştirilen örneklerin tüm parametreler (renk, lezzet, aroma, tekstür, dış görünüş, genel kabul edilebilirlik) bakımından kabul edilebilir puanlar aldıkları ifade edilmiştir.

Bir diğerk çalışmada soğuk pres bal kabağı çekirdeğı yağı üretim atığı (BKÇA) buğday ununa ikame edilerek bisküvi üretimi gerçekleştirilmiştir. Bisküviler sırasıyla 100:0, 80:20, 60:40 ve 40:60 oranlarında buğday unu ve BKÇA kombinasyonundan üretilmiştir. BKÇA ilavesine bağılı olarak katı yağ ilavesi kademeli olarak azaltılmıştır. BKÇA'nın formülasyona ilave edilme oranı arttıkça; bisküvinin çapının, yüksekliğinin ve hacminin azaldığı ve ayrıca bisküvinin daha yumuşak bir dokuya sahip olduğu bildirilmiştir. İkame oranının artmasıyla birlikte örneklerin L^* , a^* ve b^* değerlerinin azaldığı belirtilmiştir. Duyusal değerlendirme sonucunda; BKÇA'nın artan oranda ilavesiyle, örneklerin tat puanlarının anlamlı düzeyde arttığı ifade edilmiştir. Renk puanları dikkate alındığında en yüksek puana %40 ve %60 BKÇA içeren örneklerin sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum yeşilimsi rengin beğeniyi arttırdığını ortaya koymaktadır. Genel kabul edilebilirlik puanı en yüksek %40 BKÇA ilave edilen örnekte tespit edilmiştir. Sonuç olarak BKÇA'nın bisküvilerin teknolojik kalitesinde önemli bir bozulma olmaksızın, %60 oranına kadar buğday unu ve katı yağ yerine işlevsel ve besleyici bir kaynak olarak başarıyla kullanılabileceğı ifade edilmiştir (Jukić ve diğ. 2019).

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, tahıl ürünleri dışındaki gıda ürünlerinde de bal kabağı çekirdeğinin zenginleştirme materyali olarak kullanıldığı görülmüştür. Bu kapsamda yapılan bir çalışmada formülasyonda dana yağı yerine %0, %3, %6, %9 ve %12 oranlarında bal kabağı çekirdeğı unu kullanılarak 5 farklı köfte hazırlanmıştır. Bal kabağı çekirdeğı unu ilavesiyle köftelerin protein, mineral ve karbonhidrat içeriğinin arttığı, yağ ve nem oranının ise azaldığı tespit edilmiştir. Formülasyona %3, %6, %9 ve %12 oranlarında bal kabağı çekirdeğı unu ilave edilen köftelerin yağ içeriğinde, kontrole göre sırasıyla %9.43, %14.30, %19.10 ve %26.74 oranlarında azalma meydana geldiğı belirtilmiştir. Bal kabağı çekirdeğı unu ilavesiyle; köftelerin pişirme kaybında ve sertliğinde azalma meydana geldiğı bildirilmiştir. Bal kabağı çekirdeğı unu ilave edilme oranı arttıkça, çoklu doymamış yağ asitleri/doymuş yağ asitleri oranının arttığı ifade edilmiştir. Buna karşın n-6/n-3 oranının yükseldiğı belirlenmiştir. Yüksek n-6/n-3 oranının kanser, diyabet gibi farklı patolojilerin ortaya çıkmasıyla ilişkili olması nedeniyle bu oranının 4'ten küçük olması gerektiğı ifade edilmiştir. Dana yağı kullanılarak üretilen kontrol köftelerinde n-6/n-3 oranı 3.41 iken bal kabağı çekirdeğı unu içeren köftelerde bu oranın 5.97-17.78 arasında değıştiğı; buna bağılı olarak köftelere yüksek miktarda bal kabağı çekirdeğı

unu ilavesinin sağlık sorunlarına sebep olabileceği bildirilmiştir. Öte yandan çoklu doymamış yağ asitleri/doymuş yağ asitleri oranının %12 bal kabağı çekirdeği unu ile zenginleştirilen köftelerde 0.05'ten 0.26'ya yükseldiği bildirilmiştir. Duyusal analiz sonucunda, %3 bal kabağı çekirdeği unu içeren köftelerin genel kabul edilebilirlik puanlarının kontrol örneği ile istatistiksel olarak benzer olduğu, ancak formölasyona daha yüksek oranlarda bal kabağı çekirdeği unu ilave edilmesiyle birlikte köftelerin duyusal puanlarının azaldığı ifade edilmiştir. Çalışma sonucunda köftelere yağ ikame maddesi olarak %3 oranında bal kabağı çekirdeği unu ilave edilmesi önerilmiştir. Kabak çekirdeği ununun, yüksek protein (%31.96), yağ (%49.87), oleik asit (%44.78) ve linoleik asit (%39.40) içeriği nedeniyle gıdaların zenginleştirmesinde önemli bir kaynak olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Öztürk ve Turhan 2020).

Süt ürünleri, en çok zenginleştirilen gıda gruplarından birini oluşturmaktadır (Kanareikina ve diğ. 2019). Kanareikina ve diğ. (2019), kurutulmuş kısrak sütü (kontrol) ve %1 bal kabağı çekirdeği unu katkılı kurutulmuş kısrak sütü kullanarak iki farklı yoğurt üretimi gerçekteştirmişler ve örneklerin fizikokimyasal özelliklerini incelemişlerdir. 10 günlük depolama süresi boyunca yapılan incelemede, kurutulmuş kısrak sütü kullanılarak üretilen yoğurdun asitliğinin arttığı, viskozitesinin azaldığı bildirilmiştir. Öte yandan bal kabağı çekirdeği unu ile yoğurdun kalsiyum ve C vitamini içeriğinin arttığı belirlenmiştir. Ayrıca bal kabağı çekirdeğinde doğal olarak bulunan pektinin etkisiyle yoğurdun viskozitesinin arttığı bildirilmiştir. Ca^{+2} iyonları varlığında, kalsiyumun pektin moleküllerini bağlayarak yapı oluşumunu gerçekteştirdiği, bunun sonucu olarak bal kabağı çekirdeği unu katkılı yoğurdun viskozitesinin arttığı bildirilmiştir. (Kanareikina ve diğ. 2019).

Benzer sonuçlar Dabija ve diğ. (2018a, 2018b) tarafından da rapor edilmiştir. Formölasyona %4 oranında ilave edilen bitkisel protein kaynaklarının (bezelye proteini, soya proteini, buğday gluteni, kenevir proteini ve bal kabağı çekirdeği unu) yoğurdun reolojik, fizikokimyasal ve duyusal özelliklerine etkileri belirlenmiştir. Kontrol örneğiyle kıyaslandığında zenginleştirilmiş tüm yoğurtların daha düşük pH ve daha yüksek asitlik değerlerine sahip oldukları tespit edilmiştir. Bu durumun yoğurt örneklerinde bulunan laktik asit bakterilerinin çoğalmasını sağlayan bitkisel protein kaynakları ile ilişkili olduğu düşünülmüştür. Ayrıca bal kabağı çekirdeği unu ilavesinin, kontrol numunesi ile kıyaslandığında su tutma kapasitesini %13.7 oranında

düşürdüğü vurgulanmıştır. Duyusal değerlendirme sonucunda, en yüksek toplam kabul edilebilirlik puanına sahip örneklerin bal kabağı çekirdekli ve ardından kenevir proteinli yoğurt örneklerinin olduğu bildirilmiştir. Son olarak, her iki çalışmanın sonuçları, yoğurt üretimine bitkisel proteinlerin eklenmesinin, ürünün besin değerini, fizikokimyasal, reolojik ve duysal özelliklerini iyileştirebileceğini göstermiştir (Dabija ve diğ. 2018b). Ancak bitkisel proteinlerin yoğurtta serum ayrılmasını arttırması nedeniyle süt endüstrisine yönelik yeni formülasyonlar elde etmek amacıyla daha fazla çalışma yapılması gerektiği bildirilmiştir (Lee ve Lucey 2010).

Bal kabağı çekirdeği ununun bileşen olarak ilave edildiği formülasyona ve katkılanma miktarına bağlı olarak örneklerin fiziksel, kimyasal, duysal ve reolojik özelliklerini farklı şekillerde etkileyebileceği söylenebilir.

1.1.2 Makarna

Türk Gıda Kodeksi Makarna Tebliği'ne (Anonim 2002b) göre makarna; buğday irmiğine (*Triticum durum*) su eklenerek tekniğine göre uygun şekilde yoğrulması sonucu oluşan hamurun şekillendirilmesi ve ardından kurutulmasıyla elde edilen bir ürün olarak tarif edilmiştir. Makarna bileşimine ilave edilen farklı kaynaklara göre; sade, çeşnili, tam buğday, zenginleştirilmiş, güçlendirilmiş makarna, mineral ve vitamin ilaveli makarna olarak adlandırılmaktadır.

Çeşnili makarna, buğday irmiğinden (*Triticum durum*) tekniğine göre uygun şekilde oluşturulan makarna hamuruna ve/veya kurutulan makarnaya süt ve süt ürünleri, et ve et ürünleri, su ürünleri, yumurta ve yumurta ürünleri, baklagil ve sebze unları, baharat ile tat vericiler, sebze ve meyve lifleri, *Triticum compactum* ve *Triticum aestivum* buğday çeşitleri dışında diğer tahıl ürünleri ve lifleri ve buna benzer ürünlerin ilave edilmesiyle üretilen üründür. Zenginleştirilmiş makarna, buğday irmiğinden (*Triticum durum*) tekniğine göre uygun şekilde hazırlanan hamura, demir, folik asit, riboflavin, tiamin ve niasin karışımı ve/veya kalsiyum ve/veya vitamin D ilave edildikten sonra hamura şekil verilmesi ve ardından kurutulmasıyla elde edilen üründür. Güçlendirilmiş makarna ise zenginleştirilmiş makarnada belirlenen mineral ve vitaminlerin üst sınır değerlerine protein ilave edilerek elde edilen hamura şekil verildikten sonra kurutulmasıyla üretilen üründür. Mineral ve vitamin ilaveli makarna,

buğday irmiğinden (*Triticum durum*) tekniğine göre uygun şekilde elde edilen makarna hamuruna mineral ve vitamin ilave edilmesiyle üretilen üründür.

Makarnaya olan talep; tadı, hazırlama kolaylığı, düşük maliyeti, uzun raf ömrü gibi pek çok özelliği nedeniyle artış göstermektedir (Hager ve diğ. 2012). Makarna genellikle protein oranı yüksek olan durum buğdayı irmiğinden (*Triticum durum*) yapılır. Ancak mineraller, vitaminler, diyet lifi, treonin ve lisin gibi birçok önemli bileşen açısından fakirdir (Liu ve diğ. 2016). Makarnanın besin değerinin bireylerin günlük ihtiyacını karşılayacak şekilde artırılması fikri son yıllarda hız kazanmıştır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından, makarnanın besin değeri yüksek gıda bileşenleri açısından zenginleştirmeye yönelik iyi bir araç olabileceği bildirilmiştir (Chillo ve diğ. 2008). Makarna üretiminde az sayıda hammadde kullanılması, toplumun her kesimi tarafından severek tüketilmesi ve üretim sürecinin basit olması nedeniyle farklı kaynaklarla zenginleştirilmeye uygun bir gıda ürünüdür (Kamali Rousta ve diğ. 2020).

Bu kapsamda konuya ilişkin yapılan bir çalışmada, buğday ununa %2.5 ve %7.5 ikame oranında önceden kurutulmuş böğürtlen, ahududu, kırmızı kuş üzümü ve siyah kuş üzümü meyveleri ikame edilerek makarna üretimi gerçekleştirilmiştir. Kurutulmuş meyve ikame edilmesiyle makarnaların antioksidan aktivitelerinde artış meydana geldiği tespit edilmiştir. Kontrol örneğine kıyasla kurutulmuş ahududu ve böğürtlen ilavesi ile optimum pişme süresinin azaldığı belirlenmiştir. Ancak ikame oranındaki değişikliğin bu süreye herhangi bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir. Ayrıca formülasyonda kurutulmuş meyve ikame oranının artmasıyla birlikte suya geçen madde miktarının da arttığı belirlenmiştir. Bu durumun, kurtulmuş meyvelerin makarna hamurunun gluten yapısını zayıflatmasından kaynaklanabileceği ifade edilmiştir. Kontrol örneğinin en yüksek sertlik değerine sahip olduğu belirtilmiştir. Zenginleştirme oranlarının artması ile sertlik, yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerlerinde azalma tespit edilmiştir (Bustos ve diğ. 2019).

Zarzycki ve diğ. (2020), makarnayı zenginleştirmek amacıyla irmiğe (*Triticum durum L.*) %5, %9, %13, %17, %20 ve %23 oranlarında keten tohumu unu ve keten tohumu küspesi ikame etmişlerdir. Kontrole kıyasla, makarnaya keten tohumu (unu ve küspesi) ilavesinin karbonhidrat içeriğini azalttığı, kül, protein, yağ ve diyet lifi içeriklerini arttırdığı tespit edilmiştir. Keten tohumu küspesi ilaveli makarnaların,

keten tohumu unu ilaveli makarnalara kıyasla daha yüksek kül, protein ve diyet lifi içeriğine, daha düşük yağ içeriğine sahip olduğu saptanmıştır. Kontrole kıyasla, formülasyona zenginleştirme materyallerinin ilavesinin artması ile optimum pişme süresinde anlamlı düzeyde artma, pişme kaybında ise anlamlı düzeyde azalma meydana gelmiştir. Ayrıca makarnaya ilave edilen keten tohumu unu, keten tohumu küspesine göre pişme süresinde daha fazla artışa neden olmuştur. Buna bağlı olarak keten tohumu ununun gluten ağında daha az bozulmaya neden olduğu sonucuna varılmıştır.

Sujka ve diğ. (2022) yaptıkları bir çalışmada irmiğe farklı oranlarda (%0, %1, %5, %10, %15 ve %20) karabuğday kabuğu unu ikame ederek makarna üretimi gerçekleştirmişlerdir. Yapılan kimyasal analizler sonucunda; protein içeriği, kontrol örneğinde %11.73 iken zenginleştirilen makarna örneklerinde %11.69 ile %10.50 arasında değiştiği belirlenmiştir. Karabuğday kabuğu unu ilavesi ile örneklerin lif içeriğinde önemli bir artış meydana geldiği tespit edilmiştir. Lif içeriği kontrol örneğinde %4.31 iken %20 oranında zenginleştirilen örnekte %14.15'e yükselmiştir. Ayrıca zenginleştirme oranının artmasıyla birlikte kül içeriğinde artış gözlemlenmiştir. Zenginleştirme ile makarnaların pişme süresinde azalma, hacim artışında ve pişme kaybında artma meydana gelmiştir. Kontrol örneğine kıyasla, karabuğday kabuğu unu ilave oranı arttıkça makarna örneklerinin L^* değerinin anlamlı düzeyde azaldığı belirtilmiştir. Zenginleştirme yapılan tüm örneklerde; tekstür, renk, koku, tat, genel kabul edilebilirlik puanları anlamlı düzeyde azalmıştır. Bu nedenle formülasyona karabuğday kabuğu ununun en fazla %10 oranında ilave edilmesi önerilmiştir.

Diğer bir çalışmada, yeşil bezelye, kırmızı mercimek ve mürdümük unları kullanılarak makarnanın zenginleştirilmesi amaçlanmıştır. Baklagil unları irmiğe %5, %10, %15 ve %20 oranlarında ikame edilmiştir. İkame oranına paralel olarak diyet lifi, kül, protein içeriğinde artış meydana gelmiştir. Makarna örneklerine %20 oranında baklagil unlarının ikame edilmesi ile diyet lifi içeriğinin yaklaşık 2 kat arttığı belirlenmiştir. Baklagil unlarının %15 oranında ikame edilmesi ile makarnanın esansiyel amino asit (lisin, treonin ve izolösin) miktarında artış meydana gelmiştir. İkame oranındaki artışa bağlı olarak pişme kaybının arttığı ifade edilmiştir. %20 oranında kırmızı mercimek unu ile zenginleştirilen makarna örneğinin en yüksek kabul edilebilirlik puanına sahip olduğu bildirilmiştir (Teterycz ve diğ. 2020).

1.2 Tezin Amacı

Son yıllarda, sağlıklı ve ekonomik olarak erişilebilir gıdalara olan talep hızla artmaktadır. Diğer taraftan dünyada sınırlı sayıda bulunan kaynakların hızla tükeniyor olması, bu talebi karşılayacak yeni ürünlerin geliştirilmesine yönelik çalışmaların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu kapsamda, gıda endüstrisinde ortaya çıkan bitkisel atıkların, gıda formülasyonuna dahil edilerek değerlendirilmesi, israfın en aza indirilmesine katkıda bulunmanın yanı sıra üretime katma değer sağlayarak ülke ekonomisine fayda sağlamaktadır.

Bal kabağı çekirdeğinin fonksiyonel gıda kaynağı olarak kullanılmasına yönelik ilgi, biyolojik ve farmakolojik potansiyeli nedeniyle gün geçtikçe artmaktadır. Bal kabağı çekirdeği; protein, yağ, lif gibi temel bileşenlerin yanı sıra vitamin, mineral, karotenoidler, fitosteroller ve fenolik bileşikler gibi sağlık üzerine olumlu etkileri olan bileşenleri içermesi nedeniyle dikkat çekmektedir. Bal kabağı çekirdeği, bazı bölgelerde çerez olarak tüketilse de çekirdek yağının elde edildiği proseslerde önemli miktarlarda atıklar ortaya çıkmaktadır (Peng ve diğ. 2021).

Bu çalışma ile başta protein olmak üzere biyolojik öneme sahip birçok gıda bileşenini içeren soğuk pres bal kabağı çekirdeği yağı üretim atıklarının, tüketimi yaygın bir tahıl ürünü olan makarnaya ilave edilmesiyle fonksiyonel gıda elde edilmesi amaçlanmıştır. Sağlık açısından faydalı bileşenler içeren bu değerli atığın makarna üretiminde kullanılarak gıda zincirine kazandırılmasıyla; israfın azaltılması, ülke ekonomisine fayda sağlanması ve çevre kirliliğini en aza indirmeye katkıda bulunulması hedeflenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

Çalışmada kullanılan bal kabağı çekirdeği yağı üretim atığı Tazemiz Doğal Ürünler (Erdemli, Mersin, Türkiye) ünvanlı firmadan, *Triticum durum* buğdayından elde edilen irmik, tuz ve su ise Denizli'deki yerel marketlerden temin edilmiştir.

2.1.1 Bal Kabağı Çekirdeği Yağı Üretim Atığının Hazırlanması

Soğuk pres yöntemi ile çekirdek yağı üretimi esnasında ortaya çıkan atıkların öğütülmesi ve ardından elekten geçirilmesi ile BKÇA elde edilmiştir. Elde edilen bu atıklar, makarna üretiminde hammadde olarak kullanmak amacıyla un halinde temin edilmiş ve 500 µm'lik elekten geçirilerek homojen partikül boyutu sağlanmıştır. BKÇA çalışma süresince derin dondurucuda (Vestel, FT280, Türkiye) -18°C'de muhafaza edilmiştir. BKÇA'ya ilişkin görsel Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1: Bal kabağı çekirdeği yağı üretim atığı

2.1.2 Makarnaların Üretilmesi

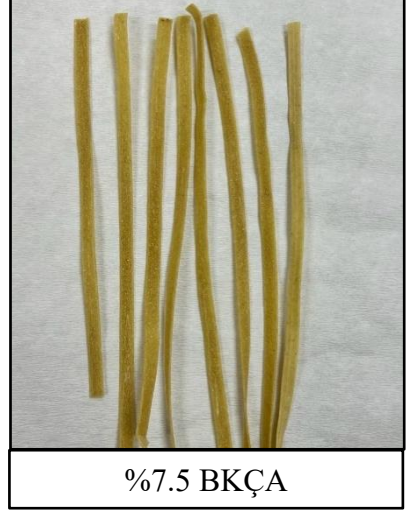
Makarna formülasyonuna ilave edilecek BKÇA oranları yapılan ön denemelerle belirlenmiştir. %100 durum buğdayı irmiği kullanılarak (kontrol) ve irmik yerine %7.5, %15 ve %22.5 oranlarında BKÇA ikame edilerek toplam 4 çeşit makarna üretimi gerçekleştirilmiştir. Örneklerin üretimi esnasında ilave edilen içme suyu miktarları ön denemeler sonucunda belirlenmiştir. Makarna örnekleri, Tablo 2.1’de belirtilen formülasyonlar kullanılarak üretilmiştir.

Tablo 2. 1: Üretilen makarna örneklerinin formülasyonları

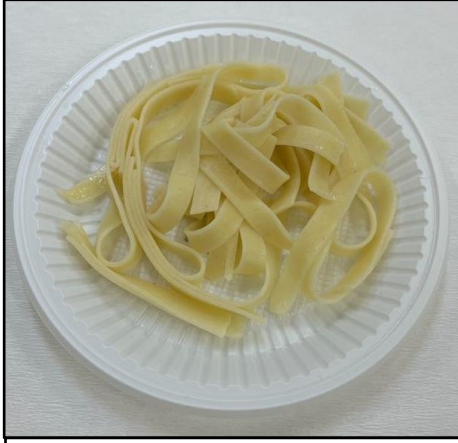
Makarna Örnekleri	BKÇA (%)	İrmik (%)	Tuz (%)	Su (%)
Kontrol	-	100	1	34
%7.5 BKÇA	7.5	92.5	1	40
%15 BKÇA	15	85	1	40
%22.5 BKÇA	22.5	77.5	1	42

Kontrol: Bal kabağı çekirdeği yağı üretim atığı ilave edilmeyen makarna örneği
%7.5 BKÇA: %7.5 bal kabağı çekirdeği yağı üretim atığı ilave edilmiş makarna örneği
%15 BKÇA: %15 bal kabağı çekirdeği yağı üretim atığı ilave edilmiş makarna örneği
%22.5 BKÇA: %22.5 bal kabağı çekirdeği yağı üretim atığı ilave edilmiş makarna örneği

Formülasyonda belirtilen her bir bileşen, makarna üretimi için kullanılan makinenin (Dolly, La Monferrina, İtalya) yoğurma haznesine ilave edilerek 10 dk süre boyunca karıştırılmıştır. Süre sonunda elde edilen hamura, makinenin 28 numaralı başlığı kullanılarak 6 mm genişlikte ve 0.85 mm kalınlıkta olacak biçimde yassı uzun şekil verilmiştir. Şekil verilen makarnalar 10 cm uzunluğunda kesilmiş ve ardından nem içeriği %10’un altına ininceye kadar sıcak hava dolaşımli kabin tipi kurutucuda (Yücebaş Makine Ticaret Limited Şirketi, İzmir) 40 °C’de kurutulmuştur. Makarna örnekleri 2’şer tekerrür olacak şekilde üretilmiştir. Kurutulmuş makarna örnekleri, ağzı kapalı nem geçirmez ambalajlar (PET+COEX PA) içerisinde analizler tamamlanıncaya kadar oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir. Kurutulmuş makarna örneklerinin pişirilmeden önce ve pişirildikten sonraki görüntüleri sırasıyla Şekil 2.2 ve Şekil 2.3’te gösterilmiştir.



Şekil 2.2: Kurutulmuş makarna örneklerine ilişkin görüntüler



Kontrol Örneği



%7.5 BKÇA



%15 BKÇA



%22.5 BKÇA

Şekil 2.3: Pişirilmiş makarna örneklerine ilişkin görüntüler

2.2 Yöntem

2.2.1 Kimyasal Analizler

2.2.1.1 Nem Miktarı Analizi

Nem miktarı analizinde kullanılan kurutma kapları önceden ayarlanmış 105 ± 2 °C'deki etüvde (Nüve FN 120, Türkiye) sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş ve desikatörde soğutulmuştur. Kurutma kapları içerisine ~5 g örnek tartıldıktan sonra sabit ağırlığa gelinceye kadar etüvde (105 ± 2 °C) kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık 24 saat sonra, kuruyan örnekler soğumaları için desikatöre alınmıştır. Soğuyan örneklerin tartımları yapılmış ve kurutma işlemi ile buharlaşan nem miktarı hesaplanmıştır. Buharlaşan nem miktarı, başlangıçta analizde kullanılan örnek miktarına oranlanarak makarnaların nem içeriği (%) hesaplamaları yapılmıştır (AOAC 1990).

2.2.1.2 Kül Miktarı Analizi

Homojen haldeki örneklerden önceden sabit ağırlığa getirilmiş porselen krozelere içerisine ~3 g tartılmıştır. Krozelere ön yakma işlemi uygulandıktan sonra kül fırınına (Elektro-Mag, M1813, Türkiye) alınmıştır. Kül fırınının sıcaklığı 800 ± 5 °C'ye ulaşınca kadar kademeli bir şekilde arttırılmıştır. Kroze içerisinde tamamen beyaz kül elde edilinceye kadar örnekler yakılmaya devam edilmiştir. Yakma işlemi tamamlandığında krozelere kül fırınından alınarak desikatörde soğutulmuş ve tartımları yapılmıştır. Krozedeki kül miktarı başlangıçta analiz için kullanılan örnek miktarına oranlanarak kül miktarı (%) hesaplanmıştır (AOAC 1990).

2.2.1.3 Yağ Miktarı Analizi

Makarna örneklerinin yağ içerikleri Soxhlet Ekstraksiyon Yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Ekstraksiyon işlemi için kartuşların içerisine homojen hale

getirilmiş örneklerden ~10 g tartılmış ve soxhlet cihazına (GFL, 1042, Almanya) yerleştirilmiştir. Ekstraksiyon işleminde petrol eteri çözücü olarak kullanılmış ve ekstraksiyon sonunda rotary evaporatör (Buchi, R-114, Switzerland) kullanılarak uzaklaştırılmıştır. Cam balon içerisindeki kalıntı sabit tartıma gelinceye kadar etüvde kurutulmuş ardından tartımı gerçekleştirilmiştir. Elde edilen yağ miktarı başlangıçta kullanılan örnek miktarına oranlanarak yağ miktarı (%) hesaplanmıştır (AOAC 1990).

2.2.1.4 Protein Miktarı Analizi

Makarna örneklerinin protein miktarını belirlemek için Kjeldahl metodu kullanılmıştır. Yaklaşık 1 g örnek Sülfürik Asit kullanılarak yakılmıştır. Ardından %40'lık Sodyum Hidroksit çözeltisi kullanılarak distile edilerek azotlu bileşiklerin %4'lük Borik Asit içerisinde toplanması sağlanmıştır. Son olarak elde edilen distilatın 0.1 N Hidroklorik Asit ile titrasyonu gerçekleştirilmiştir. Protein miktarı, hammadde ve makarna örnekleri için 6.25 çevirme faktörü kullanılarak % olarak hesaplanmıştır (AACC 1999).

2.2.1.5 Suda Çözünür, Suda Çözünmez Diyet Lifi Analizi

Makarna örneklerinin diyet lifi miktarları AACC 32-07 (1995) ve AOAC 991.43 (1995) yöntemlerine göre belirlenmiştir. Diyet lifi analizi, Toplam Diyet Lifi Analiz Kiti (Megazyme International Ireland Ltd, Wicklow, İrlanda) yardımı ile gerçekleştirilmiştir. Örnekler sırasıyla α -amylase, proteaz ve amiloglukozidaz ile muamele edilerek içerdikleri protein ve nişasta bileşenleri uzaklaştırılmıştır.

Öncelikle, 1 g makarna örneği (M1 ve M2) üzerine 40 mL MES-TRIS tampon çözeltisi ilave edilerek manyetik karıştırıcıda (IKA Works. Inc., MSH B, Germany) karıştırılmıştır. Örneklerin içerdiği sindirilebilir nişastanın hidrolizi için 50 μ L α -amilaz ilave edilerek 95-100 °C'deki su banyosunda (Wisebath, WB-22, Korea) 30 dk bekletilmiştir. Su banyosunda bekletildikten sonra 60 °C'ye soğutulmuştur. 100 μ L proteaz enzimi eklenerek 60 °C sıcaklıktaki çalkalamalı su banyosuna (Blulab, BCS30, Türkiye) yerleştirilmiştir. 30 dk boyunca çalkalandıktan sonra örneklerin üzerine 5 ml 0.561 N HCl çözeltisi eklenip, %5'lik NaOH ve %5'lik HCL çözeltileri

kullanılarak pH 4.1-4.8 aralığında ayarlanmıştır. Ardından 200 µl amiloglukozidaz ilave edilmiş ve örnekler tekrar 60 °C sıcaklıktaki çalkalamalı su banyosunda 30 dk karıştırılmıştır. Enzim karışımı, vakum pompası yardımı ile önceden celite eklenerek sabit ağırlığa getirilen gooch krozelerinden geçirilmiştir. Böylece diyet lifinin suda çözünmeyen kısmının tutulması sağlanmıştır. Ardından krozelerin üstünde kalan kısım sırasıyla 10 ml %95'lik etanol ve 10 ml aseton ile iki kez yıkanmıştır. Alt kısımda toplanan filtrata, hacminin 4 katı kadar 60 °C sıcaklıktaki etil alkol eklenmiştir. Oda şartlarında 1 saat bekletildikten sonra bu karışım da gooch krozelerinden geçirilmiştir. Kroze üzerinde kalan diyet lifinin suda çözünen kısmı ise sırasıyla 15 ml %78'lik etanol, 15 ml %95'lik etanol ve 15 ml aseton ile iki kez yıkanmıştır. Krozelerin 105±2 °C ayarlanan etüvde bir gece kurutulması sağlanmış ardından tartımları (R1 ve R2) yapılmıştır. Örneklerin protein (P) ve kül (A) miktarları belirlenerek suda çözünür ve çözünmez diyet lifi miktarları aşağıdaki eşitlikten (2.1) hesaplanmıştır.

$$\text{Diyet Lifi (\%)} = \frac{\frac{R1+R2}{2} - P - A - B}{\frac{M1+M2}{2}} \times 100 \quad (2.1)$$

R1: M1 örneğinin kalıntı ağırlığı, R2: M2 örneğinin kalıntı ağırlığı, M1: 1. paralel örnek ağırlığı, M2: 2. paralel örnek ağırlığı, P: R1 kalıntısının protein miktarı, A: R2 kalıntısının kül miktarı, B: Kör deneme

2.2.1.6 Karbonhidrat Miktarının Hesaplanması

Örneklerin yağ, protein, nem, kül ve diyet lifi miktarları toplanıp 100'den çıkarılarak karbonhidrat miktarı (%) hesaplanmıştır (Cardenas-Hernandez ve diğ. 2016).

2.2.1.7 Kalori Değerinin Hesaplanması

Örneklerin içerdiği yağ miktarları 9 kcal/g katsayısı ile karbonhidrat ve protein miktarları ise 4 kcal/g katsayısı ile çarpılmış ve çarpım değerleri toplanarak kalori değerleri (kcal/100g) hesaplanmıştır (Souci ve diğ. 2000).

2.2.1.8 Mineral Madde Kompozisyonu Analizi

Hammadde ve makarna örneklerinin mineral madde analizinde Kaçar ve İnal (2008)'in yöntemi modifiye edilerek kullanılmıştır. Mineral madde içeriğinin belirlenmesi amacıyla makarna örnekleri ve hammaddelerden 0.5 g tartılmıştır. Tartılan örneklerin üzerine 6 ml HNO₃, 2 ml H₂O₂ eklenerek 200 °C'deki mikrodalgada 15 dk boyunca yaş yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Ardından saf su ile 100 ml'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan bu çözeltiden 10 ml alınmış ve 100 ml'lik balon joje içerisinde % 0.5'lik HNO₃ çözeltisi ile geri kalan hacimleri tamamlanmıştır. Hazırlanan çözeltiden ICP-OES (Agilent Technologies Inc., The Agilent 5800, USA) kullanılarak element miktarları (P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn) belirlenmiştir.

2.2.2 Fiziksel Analizler

2.2.2.1 Renk Analizi

Hammaddelerin, pişirilmeden önce ve pişirildikten sonra makarna örneklerinin renk değerleri (L^* , a^* ve b^*), otomatik renk ölçüm cihazı (HunterLab MiniScan XE, ABD) ile belirlenmiştir. L^* değeri; açıklık ve koyuluk parametrelerini, a^* değeri; kırmızılık ($+a^*$) ve yeşillik ($-a^*$) parametrelerini, b^* değeri; sarılık ($+b^*$) ve mavilik ($-b^*$) parametrelerini ifade etmektedir (Anonim 1995).

Bunun yanı sıra kontrol örneği ile BKÇA ilave edilen makarna örnekleri arasındaki farkın belirlenmesi amacıyla toplam renk değişim (ΔE) değerleri denklem 2.2'ye göre hesaplanmıştır (Yamauchi 1989).

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (2.2)$$

$$\Delta L = L^* \text{ örnek} - L^* \text{ kontrol}$$

$$\Delta a = a^* \text{ örnek} - a^* \text{ kontrol}$$

$$\Delta b = b^* \text{ örnek} - b^* \text{ kontrol}$$

2.2.2.2 Tekstür Analizi

Makarna örneklerinin tekstür özellikleri Brookfield marka CT3 4500 model tekstür analiz cihazı (Brookfield Engineering Laboratories Inc., USA) kullanılarak belirlenmiştir. Optimum pişme süresince pişirilen makarna örnekleri, her test için 3 ayrı şerit halinde plaka üzerinde yan yana dizilmiştir. Örnekler, 2.5 cm çapında silindirik bir prop (TA 3/100) kullanılarak analiz edilmiştir. Makarnaların sertlik, yapışkanlık, elastikiyet, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri belirlenmiştir. Her örnek için 10 ölçüm yapılmıştır. Metotta kullanılan ön test hızı 1 mm/s, test anı hızı 0.5 mm/s, test sonrası hızı 0.5 mm/s, tetikleyici kuvvet 0.05 N, yük hücresi 4.5 kg olarak ayarlanmıştır (Padalino ve diğ. 2013; Larrosa ve diğ. 2016).

2.2.3 Pişirme Analizleri

Kontrol örneği ve BKÇA ilave edilen makarna örneklerinin, optimum pişme süresi, hacim artışı, suya geçen madde miktarı, su tutma kapasitesi ve şişme derecesi analiz edilmiştir.

2.2.3.1 Optimum Pişme Süresi

Makarna örnekleri 5 cm uzunluğunda kesilmiş, ardından kesilen örneklerden 10 g tartılmıştır. 200 ml kaynayan saf suda makarna örneği pişirilmeye başlanmıştır. Pişme süresinin belirlenmesi için 30 saniye aralıklarla makarna şeritleri iki cam levha arasında sıkıştırılmıştır. Makarna şeridinin ortasındaki beyaz pişmemiş kısım kayboluncaya kadar işlem gerçekleştirilmiş ve geçen zaman dakika olarak kaydedilmiştir (AACC 2000).

2.2.3.2 Suya Geçen Madde Miktarı

10 g makarna örneği (M1) 250 ml saf su içerisinde optimum pişme süresince pişirilmiştir. Pişirilen örnekler bühner hunisi yardımı ile daha önceden darası alınmış beher (D) içerisine süzülmüştür. Örneklerin pişirildiği kaba 50 ml saf su ilave edilerek

kalıntı kalmaması için çalkalanmış ve buhner hunisinde bulunan makarna örnekleri bu su ile yıkanmıştır. Beherde biriken süzüntü kurumasi için su banyosuna (NB9, Nüve, Ankara, Türkiye) bırakılmış daha sonra 105±2 °C sıcaklıktaki etüve (UNB 400, Memmert GmbH+Co. KG, Schwabach, Almanya) koyularak sabit ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiştir. Beherler soğutulduktan sonra son tartımları alınmıştır (M2). Aşağıdaki denklem (2.3) yardımıyla suya geçen madde miktarları hesaplanmıştır (AACC 2000).

$$\text{Suya Geçen Madde Miktarı (\%)} = \frac{(M2 - D)}{M1} \times 100 \quad (2.3)$$

2.2.3.3 Hacim Artışı

5 cm boyunda kesilen 10 g makarna örneği, içerisinde belirli miktarda saf su bulunan 250 ml'lik mezür içerisine koyulmuştur. Makarna örnekleri mezür içerisine koyulduktan sonra su seviyesinde meydana gelen artış hesaplanarak örneklerin hacmi (V1) belirlenmiştir. Aynı işlemler, optimum pişirme süresi boyunca pişirilen ve bühner hunisi yardımıyla süzülen örnekler için de tekrarlanmıştır (V2). Aşağıdaki verilen denklemden (2.4) hacim artışı (%) hesaplanmıştır (Kaur ve diğ. 2012).

$$\text{Hacim Artışı (\%)} = \frac{V1 - V2}{V1} \times 100 \quad (2.4)$$

2.2.3.4 Şişme Derecesi

Şişme derecesinin belirlenmesi için optimum pişme süresi boyunca makarna örnekleri pişirilmiştir. Süre sonunda örnekler süzölmüş ve tartılmıştır (M1). Makarna örnekleri 105±2 °C sıcaklıktaki etüvde (UNB 400, Memmert GmbH+Co. KG, Schwabach, Almanya) kurutulduktan sonra tekrar tartım işlemi gerçekleştirilmiştir (M2). Şişme derecesi denklem 2.5 yardımı ile belirlenmiştir (Cleary ve Brennan 2006).

$$\text{Şişme Derecesi} = \frac{M1 - M2}{M2} \quad (2. 5)$$

2.2.3.5 Su Tutma Kapasitesi

10 g makarna örneği (M1) optimum pişirme süresince pişirilmiştir. Pişirme işleminden sonra örneklerin süzülmesi sağlanmış ve tartımları alınmıştır (M2). Su tutma kapasitesinin (%) belirlenmesinde aşağıdaki eşitlik (2.6) kullanılmıştır (Marti ve diğ. 2011).

$$\text{Su Tutma Kapasitesi (\%)} = \frac{M2 - M1}{M1} \times 100 \quad (2. 6)$$

2.2.4 Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntülemesi

Makarna örneklerinin yüzey morfolojileri taramalı elektron mikroskobu (SEM, scanning electron microscope) kullanılarak incelenmiştir. Örnekler öncelikle Savant Modulyod-230 (Thermo Electron Corporation, USA) marka liyofilizatör ile dondurularak kurutulmuş ve ardından iletkenlik kazanmaları amacıyla altınla kaplanmıştır. Kaplamanın ardından SEM (FEI Quanta 250 FEG, Hillsboro, Oregon, USA) ile örneklerin yüzey görüntüleri alınmıştır. Bu yüzey görüntüleri 100 kat ve 2500 kat büyütülerek elde edilmiştir (Anonim 2007).

2.2.5 Duyusal Analiz

Duyusal analiz için makarna örnekleri, %1 oranında tuz ve %1 oranında mısırözü yağı ilave edilen su içerisinde optimum pişme süresine kadar pişirilmiştir. Pişirilen örnekler rastgele seçilen üçer basamaklı sayılar ile kodlanmıştır. Makarna örnekleri panelistlere sıcak bir şekilde sunulmuştur. Örnekler arasında geçiş yaparken ağız tadının nötrlenmesi amacıyla su içilmesi önerilmiştir. Panele, Pamukkale

Üniversitesi Mühendislik Fakültesi lisans ve lisansüstü öğrencileri ile öğretim elemanlarından oluşan 40 panelist katılım sağlamıştır.

Panelistler pişmiş makarna örneklerini 1 (aşırı kötü)-7 (mükemmel) puan arasındaki hedonik skala ile renk, koku, lezzet, tekstür ve genel beğeni parametreleri bakımından değerlendirmiştir. Panelde kullanılan duyu analizi formu EK A’ da yer almaktadır.

2.2.6 İstatistiksel Analiz

Formülasyona BKÇA ilave edilmesiyle makarna örneklerinde meydana gelen değişimlerin belirlenmesi amacıyla “Minitab 16 Statistical Software” programı kullanılmıştır. Örneklerle ilişkin farklılıklar Tukey testi ile karşılaştırılarak, $\alpha=0.05$ güven aralığına göre değerlendirilmiştir. Makarna örnekleri 2 tekerrürlü üretilmiştir. Tekstür ve renk analizleri 4 paralelli, diğer analizler 2 paralelli olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar ortalama $\pm$ standart hata olarak verilmiştir.

3. BULGULAR

3.1 Kimyasal Analiz Bulguları

3.1.1 Hammaddelerin Genel Kimyasal Bileşimleri

Makarna üretiminde hammadde olarak kullanılan irmik ve bal kabağı çekirdeği yağı üretim atığının (BKÇA) kimyasal kompozisyonunu belirlemek amacıyla yapılan nem, kül, protein, yağ, diyet lifi, karbonhidrat ve kalori değeri analizlerinin sonuçları Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1: Hammaddelerin Genel Kimyasal Bileşimleri

Kimyasal Bileşimler*	Hammaddeler	
	İrmik	BKÇA
Nem (%)	9.64±0.05	4.48±0.86
Kül (%)	0.882±0.004	6.633±0.205
Protein (%)	13.21±0.21	46.62±0.21
Yağ (%)	1.66±0.07	14.49±0.32
Çözünür Diyet Lifi (%)	1.54±0.15	3.76±0.34
Çözünmez Diyet Lifi (%)	2.61±0.30	18.84±0.24
Toplam Diyet Lifi (%)	4.15±0.45	22.60±0.58
Karbonhidrat (%)	70.46±0.45	5.17±0.85
Kalori Değeri (kcal/100g)	349.62±0.16	337.57±3.57

*Sonuçlar yaş ağırlık üzerinden verilmiştir.

Türk Gıda Kodeksi İrmik Tebliği’nde buğday irmiğinin en fazla %14.5 nem miktarına sahip olabileceği bildirilmiştir (Anonim 2002a). Makarna üretiminde kullanılan irmiğin %9.64 nem değerine sahip olduğu saptanmıştır. Bu nem miktarının tebliğde belirtilen maksimum değerin altında olduğu belirlenmiştir.

Durum buğdayının (*Triticum durum L.*) sahip olduğu protein miktarı, makarna kalitesi bakımından oldukça önemlidir. Makarna üretiminde, protein içeriği %11’in altında olan buğday irmiğinin kullanılması makarna kalitesini olumsuz yönde

etkilemektedir. Buğday irmiğinin protein miktarı, makarnanın pişme kalitesini önemli düzeyde etkilemektedir. Bu nedenle makarna üretiminde, protein miktarı %13'ün üzerinde olan buğday irmiği tercih edilmektedir (Bilgiçli ve Soylu 2016).

Bunun yanı sıra Türk Gıda Kodeksi İrmik Tebliği'ne göre buğday irmiğinin kuru maddede en az %14 oranında protein, en fazla %1 oranında kül içeriğine sahip olması gerektiği belirtilmiştir (Anonim 2002a). Çalışmada kullanılan irmiğin kuru madde esasına göre içerdiği protein (%14.62) ve kül (%0.98) miktarlarının, tebliğde belirtilen kriterlere uygun olduğu tespit edilmiştir. BKÇA'nın irmiğe kıyasla kül miktarının yaklaşık 7.5 kat, protein miktarının yaklaşık 3.5 kat, yağ miktarının ise yaklaşık 9 kat yüksek olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde BKÇA'nın çözünür diyet lifi, çözünmez diyet lifi ve toplam diyet lifi miktarının da irmiğe kıyasla sırasıyla yaklaşık 2.5 kat, 7 kat ve 5.5 kat daha fazla olduğu saptanmıştır.

Yapılan analizler neticesinde irmiğin %70.46 oranında BKÇA'nın ise %5.17 oranında karbonhidrat miktarına sahip olduğu belirlenmiştir. İrmğin kalori değeri 349.62 kcal/100 g iken BKÇA'nın kalori değeri 337.57 kcal/100 g tespit edilmiştir. BKÇA'nın protein ve yağ miktarı irmiğe göre daha yüksek olmasına karşın kalori değeri daha düşük tespit edilmiştir. Bu durumun irmiğin BKÇA'ya göre yaklaşık 13.5 kat daha yüksek karbonhidrat içeriğine sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

Aydin ve diğ. (2023)'nin soğuk pres bal kabağı çekirdeği yağı üretim atığının kimyasal bileşimini inceledikleri bir çalışmada; nem miktarı %5.36, kül miktarı %3.55, protein miktarı %39.35, yağ miktarı %16.68, karbonhidrat miktarı %7.55, toplam diyet lifi miktarı %17.97 olarak bildirilmiştir.

Ardabili (2011) bal kabağı çekirdeğinin kimyasal bileşimini incelediği çalışmasında; çekirdeklerin %25.4 oranında protein, %41.59 oranında yağ içerdiğini bildirmiştir. Ayrıca nem, ham lif, kül ve karbonhidrat içeriklerinin sırasıyla %5.2, %5.34, %2.49 ve %25.19 olduğu ifade edilmiştir.

Diğer bir çalışmada bal kabağı çekirdeğinin protein miktarı %30.23, yağ miktarı %49.05, karbonhidrat miktarı %10.71, diyet lifi miktarı %6, kalori değeri ise 559 kcal/100g olarak tespit edilmiştir (Rani ve diğ. 2021).

Al-Anoos ve diğ. (2015)'nin çalışmasında bal kabağı çekirdeği ununun nem içeriği %3.38-5.53, kül içeriği %4.22-5.3, protein içeriği %34.19-39.75, yağ içeriği %35.2-41.95 ve diyet lifi içeriği %4.12-4.69 olarak rapor edilmiştir.

Steiner-Asiedu ve diğ. (2014), bal kabağı (*C. pepo*) çekirdeğinin nem miktarını %6.66, protein miktarını %36, yağ miktarını %46, kül miktarını ise %4.90 olarak bildirmiştir.

Diğer bir çalışmada Elinge ve diğ. (2012), bal kabağı çekirdeğinin nem içeriğini %5, kül içeriğini %5.5, yağ içeriğini %38, lif içeriğini %1, protein içeriğini %27.48, karbonhidrat içeriğini %28.03 ve kalori değerini 564 kcal/100g olarak rapor etmişlerdir.

Üç farklı bal kabağı türünün (*C. pepo*, *C. moschata* ve *C. Maxima*) genel kimyasal bileşimlerinin incelendiği bir çalışmada *C. pepo* türüne ait bal kabağı çekirdeğinin karbonhidrat, protein, yağ, diyet lifi, kül ve nem içerikleri sırasıyla %12.22, %30.88, %43.98, %14.84, %5.50 ve %7.40 olarak belirlenmiştir. *C. moschata* türüne ait bal kabağı çekirdeğinin karbonhidrat, protein, yağ, diyet lifi, kül ve nem içerikleri sırasıyla %14.01, %29.81, %45.67, %10.85, %5.31 ve %5.17 olarak bildirilmiştir. Diğer bir bal kabağı türü olan *C. Maxima*'ya ait çekirdeklerin karbonhidrat, protein, yağ, diyet lifi, kül ve nem içerikleri ise sırasıyla %12.90, %27.48, %52.43, %16.15, %4.42 ve %2.75 olarak tespit edilmiştir (Kim ve diğ. 2012).

Literatürde bal kabağı çekirdeğini konu alan çalışmalara sıkça rastlanırken bal kabağı çekirdeği yağı üretim atığına ilişkin sınırlı sayıda çalışma yer almaktadır. BKÇA'nın kimyasal bileşiminin literatürle kısmen uyumlu olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmalarda bal kabağı çekirdeklerinin besinsel bileşiminde meydana gelen değişimlerin bal kabağının türüne ve yetiştirme koşullarına bağlı olduğu belirtilmiştir (Kim ve diğ. 2012).

3.1.2 Makarna Örneklerinin Genel Kimyasal Bileşimleri

Bu çalışmada üretimi gerçekleştirilen makarna örneklerinin genel kimyasal bileşimleri Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2: Makarna Örneklerinin Genel Kimyasal Bileşimleri

Kimyasal Bileşimler	Makarna Örnekleri			
	Kontrol	%7.5 BKÇA	%15 BKÇA	%22.5 BKÇA
Nem (%)	10.28±0.12 ^a	10.08±0.51 ^{ab}	9.69±0.11 ^{ab}	9.47±0.3 ^b
Kül (%)*	1.440±0.014 ^c	1.700±0.080 ^c	2.040±0.266 ^b	2.706±0.135 ^a
Protein (%)*	13.15±0.12 ^d	15.48±0.28 ^c	17.88±0.19 ^b	20.64±0.36 ^a
Yağ (%)*	1.61±0.08 ^d	3.46±0.17 ^c	5.71±0.27 ^b	7.51±0.17 ^a
Çözünür Diyet Lifi (%)*	1.39±0.01 ^d	1.73±0.06 ^c	2.40±0.03 ^b	2.91±0.09 ^a
Çözünmez Diyet Lifi (%)*	2.90±0.05 ^d	3.55±0.14 ^c	5.43±0.21 ^b	7.18±0.12 ^a
Toplam Diyet Lifi (%)*	4.29±0.05 ^d	5.28±0.11 ^c	7.83±0.19 ^b	10.10±0.07 ^a
Karbonhidrat (%)*	69.21±0.29 ^a	63.99±0.31 ^b	56.83±0.45 ^c	49.57±0.60 ^d
Kalori Değeri (kcal/100g)	344.01±0.53 ^b	349.05±2.76 ^a	350.30±1.50 ^a	348.44±1.28 ^a

-Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

*Sonuçlar yağ ağırlık üzerinden verilmiştir.

Unlu mamullerde yüksek nem miktarı mikrobiyolojik bozulmayla ilişkilendirilmekte ve unlu mamullerin raf ömrünü sınırlamaktadır (Smith ve diğ. 2004). Makarnanın nem içeriği, kurutma işleminin etkinliğini belirleyen önemli bir parametredir. Nitekim makarnada kurutma işlemi yeterli seviyede yapılırsa dahi uygun olmayan depolama koşulları nem miktarında artışa neden olmaktadır. Nem miktarındaki bu artış mikrobiyolojik bozulmaya dolayısıyla makarnanın raf ömrünün kısılmasına ve ekonomik kayıplara yol açmaktadır (Köten ve Sabri 2014).

Türk Gıda Kodeksi Makarna Tebliği (Anonim 2002b)'nde makarna çeşitlerinde nem miktarının en fazla %13 olması gerektiği belirtilmiştir. Üretimi gerçekleştirilen makarna örneklerinin nem içeriklerinin %9.47 ile %10.28 arasında değiştiği ve bu değerlerin tebliğde belirtilen maksimum nem değerinin altında olduğu belirlenmiştir. BKÇA ilavesinin %22.5'a çıkması ile kontrol örneğine kıyasla nem miktarının önemli seviyede düştüğü tespit edilmiştir (p<0.05).

Kül, organik maddelerin yakılması sonucunda geriye kalan inorganik maddeler olarak ifade edilmektedir (Park ve Bell 2004). Gıdalardaki kül miktarının mineral madde varlığı ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Baysal 2019; Hayıt 2023). Yalnızca buğday irmiği kullanılarak üretilen kontrol örneğinde kül miktarı %1.44 iken %7.5 BKÇA, %15 BKÇA ve %22.5 BKÇA ilave edilen makarna örneklerinde kül miktarları sırasıyla %1.700, %2.040 ve %2.706 olarak tespit edilmiştir. Makarna örneklerine %15 ve %22.5 oranlarında BKÇA ilave edilmesi, örneklerin kül miktarını anlamlı

düzeyde arttırmıştır ($p<0.05$). TS 1620'de (Anonim 2016), makarna çeşitlerinin sahip olması gereken kül miktarı ile ilgili herhangi bir sınırlama bulunmazken, Türk Gıda Kodeksi Makarna Tebliği'nde (Anonim 2002b) kül miktarının sade makarnada en fazla %1, tam buğday makarnasında en fazla %2 olması gerektiği bildirilmiştir. Bu çalışmada üretilen makarna örnekleri tebliğde çeşnili makarna olarak tanımlanmakta dolayısıyla örneklerin sahip olması gereken kül miktarı ile ilgili sınırlama bulunmamaktadır.

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde, mineral madde miktarı yüksek hammaddeler ile üretilen makarnalarda da benzer bulgular elde edilmiştir. Raina ve diğ. (2023)'nin yaptıkları bir çalışmada, irmiğe bal kabağı çekirdeği küspesi ilave edildikçe makarnaların kül miktarında artış meydana geldiği ifade edilmiştir. Kül miktarı kontrol örneğinde %0.45 iken %3, %6, %9, %12 ve %15 oranlarında bal kabağı çekirdeği küspesiyle zenginleştirilen örneklerde sırasıyla %0.62, %0.93, %1.24, %1.49 ve %1.5 olarak bildirilmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada makarna üretiminde irmiğe %5, %9, %13, %17, %20 ve %23 oranlarında keten tohumu unu veya keten tohumu küspesi ilave edilmiş ve her iki bileşenin de ilave edilme oranlarına paralel olarak örneklerin kül miktarında artış belirlenmiştir (Zarzycki ve diğ. 2020). Bir başka çalışmada benzer şekilde makarna üretiminde çörek otu küspesinin kullanılması ile örneklerin kül miktarında ilave edilme oranına bağlı olarak önemli düzeyde artış gözlemlenmiştir. İrmige %25 oranında çörek otu küspesi ilavesi ile kül miktarının %1'den (kontrol), %2.2'ye yükseldiği tespit edilmiştir (Krawęcka ve diğ. 2022). Diğer bir çalışmada buğday unu ve irmik karışımına (1:1) %20 oranında fındık, fıstık, ceviz ve kabak çekirdeği ilave edilerek üretilen makarna örneklerinin kül içerikleri sırasıyla %2.12, %1.11, %4.24 ve %5.67 olarak bildirilmiştir. En yüksek kül miktarının kabak çekirdeği ilave edilen örnekte olduğu belirlenmiş ve kabak çekirdeğinin diğer hammaddelere kıyasla yüksek miktarda kül ihtiva ettiği vurgulanmıştır (Çalışkan Koç ve diğ. 2020).

Protein miktarı, makarna kalitesinin belirlenmesinde en önemli kriterlerden biridir (Köten ve Sabri 2014). TS 1620 Makarna Standardı'nda çeşnili makarnanın kuru madde üzerinden en az %10 oranında protein içermesi gerektiği belirtilmiştir (Anonim 2016). Bu çalışmada üretilen makarna örneklerinin protein miktarları, kontrol örneğinde %13.15 iken artan oranlardaki BKÇA ilavesiyle birlikte sırasıyla

%15.48, %17.88 ve %20.64'e yükselmiştir ($p<0.05$). Protein içeriğindeki bu artış, BKÇA'nın protein miktarı dikkate alındığında çalışmanın amacına uygun olduğunu göstermektedir. En düşük protein miktarı kontrol örneğinde, en yüksek protein miktarı ise %22.5 BKÇA ilave edilen örnekte saptanmıştır. Makarna örneklerinin protein miktarı bakımından Makarna Tebliği'ne uygun olduğu görülmüştür.

Bazı proteinler vücutta sentezlenemediği için hayati fonksiyonların yerine getirilmesi amacıyla dışarıdan gıdalar yoluyla alınması gerekmektedir (Baysal 2019). Literatürde konuya ilişkin bu amaca yönelik benzer çalışmalar yer almaktadır. Protein açısından zengin hammaddeler kullanılarak makarna üretimi gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde, benzer bulgulara rastlanılmıştır. Raina ve diğ. (2023), solvent ekstraksiyonu ile yağı alınan bal kabağı çekirdeği küspesinin ilave edilme oranı arttıkça makarna örneklerinin protein içeriğinde artış meydana geldiğini gözlemlemişlerdir. Formülasyonda buğday irmiğine %15 oranında bal kabağı çekirdeği küspesinin ikame edilmesiyle protein miktarının %11.46'dan (kontrol), %20.91'e yükseldiği bildirilmiştir. Özgören (2019)'in çalışmada tütülenmiş ve tütülenmemiş balık eti makarna formülasyonuna ilave edilmiştir. Hem tütülenmiş hem de tütülenmemiş balık eti ilave oranına bağlı olarak makarna örneklerinin protein miktarlarında artış tespit edilmiştir. Kontrol örneğinde protein miktarı %13.87 iken, %25 oranında tütülenmiş ve tütülenmemiş balık eti ilave edilen örneklerin protein miktarlarının sırasıyla %25.76 ve %25.91 olduğu bildirilmiştir. Bir başka çalışmada Koli ve diğ. (2022), protein miktarı %65.71 olan Spirulina tozu ile %15 oranında zenginleştirilen makarna örneğinin protein miktarının kontrol örneğine kıyasla %11.52'den %20.44'e artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Zarzycki ve diğ. (2020), makarnayı zenginleştirmek için %5, %9, %13, %17, %20 ve %23 oranlarında keten tohumu unu ve keten tohumu küspesi kullanmışlardır. Her iki hammaddenin de ilave edilme oranı arttıkça makarna örneklerinin protein miktarları artış göstermiştir. Kontrol örneğinin protein miktarı %13.37 olarak tespit edilirken, keten tohumu unu ilave edilmiş makarna örneklerinin protein miktarlarının %14 ve %17.93 değerleri arasında, keten tohumu küspesi ilave edilmiş makarna örneklerinin protein miktarlarının ise %14.14 ve %18.06 arasında değişim gösterdiği belirtilmiştir.

Yetişkin bir insanın vücudunun ortalama %15-20'si yağlardan oluşmaktadır. Yağ vücuda en çok enerji veren besin ögesidir. Organları çevreleyerek dış etkenlerden

korumaya yardımcı olmaktadır (Topuz ve diğ. 2022; Baysal 2019). Bu çalışmada zenginleştirme amacıyla kullanılan BKÇA'nın formülasyona ilave edilme oranı arttıkça makarna örneklerinin de aynı doğrultuda yağ miktarlarının arttığı tespit edilmiştir. Yağ miktarı, kontrol örneğinde %1.61 iken; %7.5, %15 ve %22.5 BKÇA ilave edilen örneklerde sırasıyla, %3.46, %5.71 ve %7.51 olarak belirlenmiştir. Kontrole kıyasla tüm makarna örneklerinin yağ miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artış meydana gelmiştir ($p<0.05$). Bu artışın, makarna üretiminde kullanılan BKÇA'nın irmiğe kıyasla daha yüksek yağ içermesi ile ilişkili olduğu düşünülmüştür (Tablo 3.1).

Raina ve diğ. (2023) makarna formülasyonuna, kimyasal çözücü yardımı ile yağı alınan kabak çekirdeği küspesini %3, %6, %9, %12 ve %15 oranlarında ilave etmişlerdir. Yağ miktarının, zenginleştirme oranına paralel bir şekilde anlamlı düzeyde arttığı, kontrol örneğinde %1.81 iken, zenginleştirilen makarna örneklerinde %2.06 ile %3.28 arasında değiştiği bildirilmiştir. Raina ve diğ. (2023)'nin yaptığı çalışma ile bu çalışmada üretilen makarna örneklerinin yağ içerikleri arasındaki farklılığın üretimde kullanılan hammaddelerin yağ miktarlarının birbirlerinden farklı olmasından kaynaklı olduğu düşünülmüştür. Çalışmada kullanılan bal kabağı çekirdeğinden soğuk pres yöntemi ile yağ ayrılırken Raina ve diğ. (2023) kimyasal çözücü kullanmıştır. Diğer bir çalışmada ise eşit orandaki buğday unu ve irmik karışımına (1:1), yağ miktarları sırasıyla %66.50, %46.33, %66.80, %46.06 ve %35.92 olarak tespit edilen fındık, fıstık, ceviz, badem ve kabak çekirdeği tozları %20 oranında ikame edilerek makarna örnekleri üretilmiştir. Yağ miktarı kontrol örneğinde %8.36 iken fındık, fıstık, ceviz, badem ve kabak çekirdeği tozları ile zenginleştirilen örneklerde sırasıyla %17.47, %16.53, %16.32, %14.67 ve %18.26 olarak saptanmıştır (Çalışkan Koç ve diğ. 2020).

Diyet lifi, insan ince bağırsağında sindirilemeyen, kalın bağırsakta tamamen veya kısmen fermentasyona uğrayan bitkilerin yenilebilir kısımları olarak tanımlanmaktadır (DeVries 1999). Diyet lifi, suda çözünür ve suda çözünmez diyet lifi olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Diyet liflerinin bağırsak sağlığı üzerinde olumlu etkilerinin olduğu bildirilmiştir. Yapılan çalışmalarda kalın bağırsak kanseri ile kardiyovasküler hastalıklara yakalanma riskini azalttığı belirlenmiştir. Bu nedenle tüketicilere sağlık açısından fayda sağlaması amacıyla diyet lifinin fonksiyonel bileşen olarak gıdalarda kullanımı gün geçtikçe artmaktadır (Burton-Freeman 2000; DeVries

2004; Quirós-Sauceda 2014). Formülasyona artan oranlarda BKÇA ilave edilmesi ile makarna örneklerinin çözünür diyet lifi, çözünmez diyet lifi ve toplam diyet lifi içeriklerinde belirgin düzeyde artış meydana gelmiştir ($p<0.05$). Çözünür diyet lifi içeriği kontrol örneğinde %1.39, %22.5 BKÇA ilave edilen örnekte %2.91 olarak tespit edilmiştir. Çözünmez diyet lifi içeriği ise kontrol örneğinde %2.90, %22.5 BKÇA ilave edilen örnekte %7.18 olarak tespit edilmiştir. Toplam diyet lifi içeriği kontrol örneğinde %4.29 iken %7.5, %15 ve %22.5 BKÇA ikame seviyelerinde sırasıyla yaklaşık 1.2, 1.8 ve 2.4 kat artış göstermiştir.

Literatürdeki benzer bir çalışmada irmiğe %25 oranında hindistan cevizi unu ve hindistan cevizi küspesi ikame edilmesiyle makarnaların diyet lifi içeriğinin %4.55'den sırasıyla %13.89'a ve %17.16'ya yükseldiği bildirilmiştir (Sykut-Domańska-ve diğ. 2020). Diğer bir çalışmada-makarna formülasyonuna %40 oranında kenevir tohumu unu ilave edilmesi sonucu makarnanın toplam diyet lifi içeriğinin kontrole kıyasla yaklaşık 5 kat arttığı tespit edilmiştir (Tetrycz ve diğ. 2021). İrmige %35 oranında olgunlaşmamış muz ikame edilerek makarna üretiminin gerçekleştirildiği bir başka çalışmada, diyet lifi içeriğinin %4.25'ten %6.77'ye yükseldiği rapor edilmiştir (Garcia-Valle ve diğ. 2020). Durum buğdayı irmiğine %50 oranında yulaf kepeği ve elma unu ikame edilerek üretilen makarna örneklerinin diyet lifi içerikleri %10.20'den sırasıyla %16.43 ve %10.68'e yükseltilmiştir (Espinosa-Solis ve diğ. 2019). Difonzo ve diğ. (2022)'nin yaptıkları çalışmada durum buğdayı irmiğine artan seviyelerinde (%5, %10 ve %15) inülin ilavesi ile makarna örneklerinin diyet lifi içeriklerinin sırasıyla yaklaşık 2.3 kat, 5.5 kat ve 8.5 kat arttırdığı tespit edilmiştir.

İnsan vücudunda harcanan enerjinin büyük bir kısmı karbohidratlardan karşılanmaktadır. Beslenme ile vücuda yeterli miktarda karbohidrat alınması proteinlerin enerji kaynağı olarak kullanılmasını engellemektedir (Topuz ve diğ. 2022). Makarnanın içinde yer alan kompleks karbohidratların yüksek enerji değerine sahip olması makarnanın önemli bir besin kaynağı olmasını sağlamaktadır (Demirkol ve İçöz 2002).

Bu çalışmada formülasyona artan oranlarda BKÇA ilave edilmesi, makarna örneklerinin karbohidrat miktarlarını istatistiksel olarak önemli düzeyde azaltmıştır ($p<0.05$). Yalnızca buğday irmiği kullanılarak üretilen kontrol örneğinde en yüksek

karbonhidrat miktarı (%69.21) tespit edilirken; %7.5 BKÇA, %15 BKÇA ve %22.5 BKÇA ilave edilen örneklerde karbonhidrat miktarları sırasıyla %63.99, %56.83 ve %49.57 olarak tespit edilmiştir. Konuya ilişkin yapılan çalışmalar incelendiğinde; özellikle protein açısından zengin kaynaklar ilave edilerek üretilen makarnalarda benzer sonuçlar bildirilmiştir. Koli ve diğ. (2022), spirulina tozu ilave ederek ürettikleri makarna örneklerinde, spirulina ilave edilme oranı arttıkça karbonhidrat miktarının azaldığını tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Zarzycki ve diğ. (2020), makarnayı zenginleştirmek amacıyla keten tohumu unu ve keten tohumu küspesi kullanmışlardır. Her iki hammaddenin de formülasyona ilave edilme oranı arttıkça makarna örneklerinin karbonhidrat miktarlarında azalma olduğu bildirilmiştir. Diğer bir çalışmada irmik ununa %0, %5, %10, %15, %20 ve %25 oranlarında çörek otu küspesi ikame edilerek üretilen makarna örneklerinin sırasıyla %80.72, %77.61, %74.70, %70.42, %65.44 ve %63.29 oranlarında karbonhidrat içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir (Krawęcka ve diğ. 2022).

Gıdaların tüketilmesi ve vücutta sindirilmesi sonucu, besin bileşenleri yapı taşlarına ayrılmaktadır. Bu yapı taşları ince bağırsaktan kan dolaşımına emilerek vücudun bütün dokularına taşınmaktadır. Bu sayede, vücutta enerji üretilmesi, yeni doku ve hücrelerin oluşturulması gibi birçok yaşamsal faaliyette rol almaktadırlar. Tüm bunların yanı sıra enerjinin protein, yağ ve karbonhidratlardan karşılanma oranları da önem teşkil etmektedir. Yetişkin sağlıklı bir bireyde enerjinin %10-15'i proteinlerden, %55-60'ı karbonhidratlardan ve en fazla %30'unun yağlardan sağlanması gerektiği bildirilmiştir (Besler ve diğ. 2015).

İrmiğe BKÇA ikame edilmesiyle üretilen makarna örneklerinin kalori değerinde kontrole göre anlamlı düzeyde artış meydana geldiği tespit edilmiştir ($p<0.05$). Kontrol örneğinin en düşük kalori değerine (344.01 kcal/100g) sahip olduğu, zenginleştirilen makarna örneklerinin kalori değerinin 348.44-350.30 kcal/100g arasında değiştiği belirlenmiştir. Zenginleştirilen makarna örneklerinin kalori değerinin kontrol örneğinden daha yüksek olması, örneklerin protein ve yağ içeriği ile ilişkilendirilmiştir. Duda ve diğ. (2019), kriket tozu ile zenginleştirdikleri makarna örneklerinin kalori değerlerini incelemişlerdir. Kriket tozu ikame oranının %0'dan %15'e yükselmesi ile birlikte makarna örneklerinin kalori değerinin 390.55 kcal/100 g'dan 403.93 kcal/100 g'a yükseldiği rapor edilmiştir. Makarna örneklerinin

üretiminde kullanılan hammaddelerin bileşimine bağlı olarak enerji değerlerinin değişiklik gösterdiği saptanmıştır. Bayomy ve Alamri (2022), buğday yerine %15, %20 ve %25 oranlarında sarı mercimek unu ve nohut unu kullanarak erişteyi zenginleştirmeyi amaçlamışlardır. Kontrol örneğinin kalori değeri 401.1 kcal/100 g iken, sarı mercimek unu ile zenginleştirilen makarna örneklerinin kalori değerlerinin 392.76 kcal/100 g ile 399.58 kcal/100 g arasında, nohut unu ile zenginleştirilen makarna örneklerinin kalori değerlerinin ise 390.53 kcal/100 g ile 394.02 kcal/100 g arasında değiştiği bildirilmiştir.

3.1.3 Mineral Madde Kompozisyonları

Metabolizmada birçok basamakta görev alan mineraller, güçlü kemiklerin oluşmasından sinir uyarılarının iletilmesine kadar birçok işlevin yerine getirilmesinde önemli role sahiptir (Gharibzahedi ve Jafari 2017). Mineraller vücutta bulunma miktarlarına ve vücut gereksinimine bağlı olarak makro mineraller ve mikro mineraller olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Güzel Seydim 2020). Potasyum, sodyum, klor, magnezyum, kalsiyum ve fosfor makro mineraller sınıfında; demir, çinko, selenyum, mangan, iyot, flor ve klor ise mikro mineraller sınıfında yer almaktadır (Samur 2008). Dengeli ve sağlıklı beslenme için birçok önemli minerali içeren farklı bitkisel ve hayvansal kaynaklar fonksiyonel bileşen olarak gıdalarda zenginleştirme materyali olarak kullanılmaktadır.

Makarna üretiminde hammadde olarak kullanılan irmik ve BKÇA'nın mineral madde kompozisyonları Tablo 3.3'te verilmiştir.

BKÇA'nın, fosfor (P), kalsiyum (Ca), potasyum (K), magnezyum (Mg), demir (Fe), bakır (Cu), mangan (Mn) ve çinko (Zn) miktarlarının irmikten daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.3: Hammaddelerin mineral madde kompozisyonları (mg/kg)

Mineral Madde	Hammadde Çeşitleri	
	İrmik	BKÇA
P	1700.00±0.01	12000.00±57.70
K	2600.00±0.01	15700.00±57.70
Ca	300.00±0.01	1500.00±0.01
Mg	700.00±0.01	7100.00±57.70
Fe	27.30±0.17	289.06±0.20
Cu	4.86±0.15	34.71±0.09
Mn	19.83±0.09	94.73±0.30
Zn	36.74±0.20	262.57±0.87

Steiner-Asiedu ve diğ. (2014) çalışmalarında bal kabağı çekirdeğinin mineral madde kompozisyonunu incelemişlerdir. Bal kabağı çekirdeğinin Fe miktarı 65.0 mg/kg, Cu miktarı 79.0 mg/kg, Mn miktarı 32.0 mg/kg, Zn miktarı 71.0 mg/kg, Mg miktarı 5300.0 mg/kg, K miktarı 6100.0 mg/kg, Ca miktarı 310.0 mg/kg olarak bildirilmiştir. Bal kabağı çekirdeğinde yapılan benzer bir çalışmada Ca miktarı 460.1 mg/kg, Fe miktarı 88.06 mg/kg, Mg miktarı 5920.0 mg/kg, P miktarı 12329.9 mg/kg, K miktarı 8089.9 mg/kg, Zn miktarı 78.13 mg/kg, Cu miktarı 13.33 mg/kg, Mn miktarı 45.58 mg/kg olarak belirlenmiştir (Patel ve diğ. 2023). Bouazzaoui ve Mulengi (2018), bal kabağı çekirdeğinin Mg miktarını 2461.2 mg/kg, K miktarını 3948.0 mg/kg, Mn miktarını 21.84 mg/kg, Fe miktarını 67.20 mg/kg, Cu miktarını 2.52 mg/kg, Zn miktarını 67.20 mg/kg tespit etmişlerdir. Aguilar ve diğ. (2013), *C. moschata* türünde 3 farklı bal kabağı çekirdeğinin mineral madde kompozisyonunu incelemiştir. Bal kabağı çekirdeklerinin Ca miktarı 5350.0-5890.0 mg/kg, P miktarı 1890.0-1930.0 mg/kg, Mg miktarı 3190.0-3530.0 mg/kg, Mn miktarı 38.9-52.3 mg/kg, Cu miktarı 12.1-13.1 mg/kg arasında olduğu bildirilmiştir. Çalışmada kullanılan BKÇA'nın mineral madde kompozisyonunun literatür çalışmaları ile kısmen uyumlu olduğu belirlenmiştir. Mineral madde kompozisyonunun çevresel ve genetik birçok faktöre bağlı olarak değişkenlik gösterebileceği bildirilmiştir (Topcu ve diğ. 2014).

Üretimi gerçekleştirilen makarna örneklerinin mineral madde kompozisyonları Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4: Makarna örneklerinin mineral madde kompozisyonları (mg/kg)

Mineral Madde	Makarna Çeşitleri			
	Kontrol	%7.5 BKÇA	%15 BKÇA	%22.5 BKÇA
P	1600.00±0.01 ^d	2400.00±57.70 ^c	3300.00±57.70 ^b	4100.00±57.70 ^a
K	2600.00±0.01 ^d	3500.00±0.01 ^c	4500.00±0.01 ^b	5500.00±0.01 ^a
Ca	200.00±0.01 ^d	300.00±0.01 ^c	400.00±0.01 ^b	500.00±0.01 ^a
Mg	700.00±0.01 ^d	1200.00±0.01 ^c	1700.00±57.70 ^b	2200.00±0.01 ^a
Fe	26.13±0.08 ^d	52.02±0.14 ^c	60.47±0.56 ^b	92.14±0.05 ^a
Cu	5.47±0.07 ^d	7.84±0.08 ^c	10.00±0.06 ^b	12.17±0.12 ^a
Mn	19.25±0.04 ^d	25.00±0.05 ^c	29.54±0.19 ^b	35.29±0.18 ^a
Zn	35.76±0.08 ^d	53.60±0.20 ^c	69.81±0.33 ^b	86.82±0.59 ^a

-Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

Formülasyonda BKÇA ilave edilmesiyle birlikte makarna örneklerinin P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn ve Zn miktarlarının anlamlı düzeyde arttığı tespit edilmiştir (p<0.05).

Fosfor, Ca mineralinden sonra vücutta en fazla bulunan ikinci mineraldir. Kemik ve dişlerin gelişiminde rol almasının yanında, dokuların onarılması ve enerji üretilmesi gibi birçok fizyolojik süreçte yer almaktadır. Vücuttaki fosforun yaklaşık %80'i kemiklerde ve dişlerde, geriye kalan kısmı ise hücrelerde ve hücre dışı sıvılarda bulunmaktadır (Baysal 2019; Güzel Seydim 2020). Bu çalışma kapsamında üretimi gerçekleştirilen makarna örneklerinin P miktarları, kontrol örneğinde 1600 mg/kg iken, %7.5 BKÇA, %15 BKÇA ve %22.5 BKÇA ikame edilen örneklerde sırasıyla 2400 mg/kg, 3300 mg/kg ve 4100 mg/kg olarak belirlenmiştir. Yetişkin bir kişinin günlük alması gereken P miktarının 1250 mg olduğu bildirilmiştir (FDA 2023). 100 g kontrol örneğinin tüketilmesi ile günlük P gereksiniminin yaklaşık %13'ü karşılanırken %7.5 BKÇA, %15 BKÇA ve %22.5 BKÇA ikamesi ile üretilen makarna örneklerinin tüketilmesi ile sırasıyla %19, %26 ve %33'ünün karşılanabileceğini ifade etmek mümkündür.

İnsan beslenmesinde önemli bir mineral olan potasyum; hücredeki ozmotik basıncı düzenlemede, sıvı ve elektrolit dengesini sağlamada ve hücre bütünlüğünün korunmasında rol oynamaktadır (Bilişli 2012). Çalışma kapsamında üretilen kontrol örneğinin 2600 mg/kg K içeriğine sahip olduğu, buna karşın BKÇA ile zenginleştirilen makarna örneklerinin K içeriğinin 3500-5500 mg/kg arasında değiştiği belirlenmiştir. BKÇA ilavesi, makarnaların K içeriğini ilave edilme oranıyla paralel olarak anlamlı düzeyde arttırmıştır ($p<0.05$). Yetişkin bir kişinin günlük alması gereken K minerali miktarının 4700 mg olduğu bildirilmiştir (FDA 2023). Dolayısıyla 100 g kontrol örneği ile %7.5, %15 ve %22.5 oranında zenginleştirilen makarna örneklerinin tüketilmesi ile günlük K minerali ihtiyacının sırasıyla %5.5'inin, %7.5'inin, %9.5'inin ve %11'inin karşılanabileceği ifade edilebilir.

Kalsiyum, insan iskelet sisteminin ayrılmaz bir bileşenidir. Vücutta toplam Ca mineralinin %99'u kemiklerde ve dişlerde, geriye kalan %1'lik kısmı ise hücrelerde ve dokularda bulunmaktadır. Vücudumuzda Ca Emilimi yaşam boyunca önemli ölçüde değişiklik göstermektedir. Hızlı büyüme dönemlerinde daha yüksek, yaşlılık döneminde ise daha düşük Ca Emilimi gerçekleşmektedir. Gıdalar yoluyla alınan Ca miktarı fizyolojik gereksinimleri karşılamak için yetersiz kaldığında, kemikte bulunan değişebilir kalsiyumun kana geçmesi hızlanır. Bu durum kemik kütlelerinde azalmaya ve beraberinde osteopeni ve osteoporozu neden olmaktadır. Ca açısından zengin gıda kaynakları ve Ca minerali ile zenginleştirilen gıdaların tüketilmesi vücutta Ca alımına önemli katkılar sağlamaktadır (EFSA 2017). Bu çalışma kapsamında üretilen makarna örnekleri Ca minerali bakımından değerlendirildiğinde; irmiğe %7.5, %15 ve %22.5 BKÇA ikame edilmesi ile örneklerin Ca miktarlarının kontrole kıyasla sırasıyla yaklaşık 1.5, 2 ve 2.5 kat arttığı belirlenmiştir ($p<0.05$). Yetişkin bir kişinin günlük alması gereken Ca miktarının 1300 mg olduğu bildirilmiştir (FDA 2023). Bu veriler dikkate alındığında, kontrol örneği ile %7.5, %15 ve %22.5 oranında BKÇA ilave edilen makarna örneklerinden 100 g tüketilmesi ile günlük Ca ihtiyacının sırasıyla %1.5, %2.3, %3 ve %3.8'inin karşılanabileceğini söylemek mümkündür.

Magnezyum 300'den fazla enzimatik reaksiyonun kofaktörüdür. Özellikle karbonhidratların ve yağların sentezi için gerçekleşen reaksiyonlarda etkin rol oynamaktadır (EFSA 2017). Vücuttaki magnezyum içeriğinin %60'ı kemik ve dişlerde, %26'sı kaslarda kalan kısmı ise yumuşak dokularda ve vücut sıvılarında

bulunmaktadır (Bilişli 2012). Vücut sıvılarında bulunan magnezyum, ozmotik basıncı ve asit baz dengesini sağlamaya yardımcıdır (Baysal 2019). Üretimi gerçekleştirilen makarna örnekleri Mg miktarı açısından incelendiğinde; en düşük Mg miktarına (700 mg/kg) kontrol örneğinin sahip olduğu buna karşın en yüksek Mg içeriğine (2200 mg/kg) ise %22.5 BKÇA ikame edilen örneğin sahip olduğu belirlenmiştir. Formülasyona artan oranlarda BKÇA ilave edilmesi ile örneklerin Mg miktarlarında istatistiksel olarak önemli düzeyde artış meydana gelmiştir ($p<0.05$). Günlük önerilen Mg alım düzeyi yetişkin bir kişide 420 mg'dır (FDA 2023). Bu alım düzeyi dikkate alındığında, %0, %7.5, %15 ve %22.5 oranlarında BKÇA ile zenginleştirilen makarna örneklerinden 100'er gram tüketildiğinde Mg gereksiniminin sırasıyla %16.6'sı, %28.5'i, %40.4'ü ve %52.3'ü karşılanabilecektir.

Demirin vücuttaki başlıca görevi oksijen taşınması ile ilgilidir. Büyük bir kısmı hemoglobinin yapısında bulunmaktadır. Demirin hem ve hem olmayan (ferritin dahil) olarak iki çeşidi vardır. Demir alımının fizyolojik gereksinimleri karşılamada yetersiz olması durumunda demir eksikliği ortaya çıkmaktadır. Demir eksikliği anemisi tüm dünyada en sık görülen yetersiz beslenme sorunlarından biridir. En büyük risk altındaki kişiler büyüme nedeniyle demir gereksinimi yüksek olan bebekler, çocuklar ve hamile kadınlardır (EFSA 2017). Dolayısıyla gıdaların üretiminde Fe minerali bakımından zengin kaynaklar kullanılmasına yönelik yaklaşımlar oldukça önemlidir. Bu çalışmada üretilen makarna örneklerinin Fe miktarları; kontrol örneğinde 26.13 mg/kg; BKÇA ilave edilen makarna örneklerinde ise 52.02-92.14 mg/kg arasında değişmektedir. Formülasyona artan oranlarda BKÇA ilave edilmesiyle makarna örneklerinin Fe miktarında istatistiksel olarak önemli düzeyde artış meydana gelmiştir ($p<0.05$). Günlük önerilen Fe minerali alımı; yetişkin bir kişide 18 mg olarak bildirilmiştir (FDA 2023). Çalışmada %0, %7.5, %15 ve %22.5 oranlarında BKÇA ilave edilerek üretilen makarna örneklerinden 100 g tüketilmesi ile günlük önerilen Fe miktarının sırasıyla %14.5'i, %29'u, %33.6'sı ve %51'inin karşılanabileceğini söylemek mümkündür.

Bakır bazı enzimler için kofaktördür (Baysal 2019). Vücudumuzda kemik doku ve yumuşak dokunun oluşturulmasında, beyin fonksiyonlarının yerine getirilmesinde, hücresel enerji metabolizmasında görev almaktadır (Güzel Seydim 2020). Cu miktarları, kontrol örneğinde 5.47 mg/kg; BKÇA ile katkılanan makarna örneklerinde

ise 7.84-12.17 mg/kg arasında değişmektedir. Katkılama oranına paralel olarak örneklerin Cu miktarlarında artış meydana gelmiştir ($p<0.05$). Günlük önerilen Cu minerali alım düzeyinin yetişkin kişilerde 0.9 mg olduğu ifade edilmiştir (FDA 2023). Bu mineralin gereğinden fazla alımı söz konusu olduğunda toksik etki yaptığı bildirilmiştir. Tolare edilebilir en üst alım düzeyi yetişkin bir birey için 8-10 mg/gün, çocuklar için ise 1-5 mg/gün olarak belirlenmiştir (Baysal 2019).

Mangan, büyüme, kıkırdak ve bağ dokunun oluşumu, karbonhidrat ve lipid metabolizması için gerekli olan önemli bir mineraldir (Güzel Seydim 2020; Bilişli 2012; Baysal 2019). Bu çalışma kapsamında üretimi gerçekleştirilen makarna örneklerinin Mn içerikleri formülasyona BKÇA ilavesiyle paralel olarak artmıştır ($p<0.05$). Kontrol örneğinde Mn miktarı 19.25 mg/kg olarak tespit edilirken, formülasyona %22.5 BKÇA ilavesiyle yaklaşık 1.8 kat artış göstererek 35.29 mg/kg seviyesine kadar yükselmiştir. Günlük önerilen Mn alım düzeyinin yetişkin kişilerde 2.3 mg olduğu bildirilmiştir (FDA 2023). Fazla Mn alımının solunum sistemi rahatsızlıkları, tiroid ve nörolojik hormonlarda bozukluklara sebep olabileceği bildirilmiştir. Tolere edilebilir en üst alım düzeyinin 11 mg/gün olduğu ifade edilmiştir (Baysal 2019).

Zn, insan vücudunda kemikler, karaciğer, böbrek, pankreas ve epitel dokularda yer almaktadır. İnsülin hormonunun bileşiminde bulunması nedeniyle insülin salgılanması ve depolanmasında etkili olduğu belirtilmektedir. Ayrıca karbonhidrat, protein, lipid ve nükleik asitlerin sentezlenmesi veya parçalanmasında rol alan enzimlerin yapısında bulunmaktadır (Bilişli 2012; Baysal 2019). Bu çalışmada edinilen bulgulara göre Zn miktarı, kontrol örneğinde 35.76 mg/kg, %7.5 BKÇA ikame edilen örnekte 53.6 mg/kg, %15 BKÇA ikame edilen örnekte 69.81 mg/kg ve %22.5 ikame edilen örnekte ise 86.82 mg/kg'dır ($p<0.05$). Günlük Zn gereksinim miktarı yetişkin bir kişide 11 mg olarak bildirilmiştir (FDA 2023). Bu çalışmada üretilen kontrol örneğinin tüketilmesiyle günlük alınması gereken ortalama Zn miktarının yaklaşık %33'ünün, %22.5 oranında zenginleştirilen makarna örneğinin tüketilmesiyle yaklaşık %79'unun karşılanabileceği ifade edilebilir.

Zlateva ve diğ. (2022), farklı oranlarda (%5 ve %10) bal kabağı çekirdeği ununun, ekmeğin mineral madde içeriğine etkisini incelemişlerdir. Kontrol örneğine kıyasla zenginleştirilen örneklerde artan ikame oranına paralel olarak Fe, Ca, K, Mg

ve P miktarlarının arttığı bildirilmiştir. Kontrol örneği ile %10 oranında kabak çekirdeği unu ilave edilen örnek kıyaslandığında, kabak çekirdeği ununun ilave edilmesi ile ekmek örneklerinin Fe miktarı 1.34 mg/kg'dan 8.98 mg/kg'a, Ca miktarı 108 mg/kg'dan 166 mg/kg'a, K miktarı 718 mg/kg'dan 1349.95 mg/kg'a, Mg miktarı 158 mg/kg'dan 652 mg/kg'a, P miktarı 511 mg/kg'dan 1344.5 mg/kg'a yükseldiği bildirilmiştir ($p<0.05$).

Krawęcka ve diğ. (2022), makarna üretiminde %5, %10, %15, %20 ve %25 oranlarında çörek otu küspesi kullanmışlardır. Artan oranlarda çörek otu küspesi ilavesi, örneklerin Cu, Zn, Mn ve Fe miktarlarını oransal olarak arttırdığı bildirilmiştir. Kontrol örneği ile %25 oranında çörek otu küspesi ilave edilen makarna örneklerinin mineral madde içerikleri dikkate alındığında; Cu miktarının 4.12 mg/kg'dan 8.51 mg/kg'a, Zn miktarının 12.37 mg/kg'dan 22.06 mg/kg'a, Mn miktarının 7.72 mg/kg'dan 14.50 mg/kg'a, Fe miktarının 22.83 mg/kg'dan 58.62 mg/kg'a yükseldiği bildirilmiştir.

3.2 Fiziksel Analiz Bulguları

3.2.1 Renk Analizi Bulguları

Renk, gıda ürünlerinde tüketicilerin tercihini etkileyen önemli bir kalite parametresidir. Tüketicilerin tercihi, pişmemiş makarnaların parlak sarımsı renkte olması yönündedir (Hayıt ve diğ. 2023). Makarnanın parlak sarımsı rengi, temel olarak ırmikteki karotenoid pigmentlerinden ve lipoksigenaz enzim aktivitesinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır (Dedeoğlu 2020). İrmikte lipoksigenaz enzim aktivitesinin artması karotenoid pigmentlerinin bozulmasına ve parlak sarı rengin açılmasına neden olmaktadır (Coşkun ve Ercan 2003; Dedeoğlu 2020). Bu çalışma kapsamında üretimi gerçekleştirilen makarna örneklerinde hammadde olarak kullanılan ırmik ve kabak çekirdeği küspesinin renk değerleri (L^* , a^* , b^*) Tablo 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.5: Üretimde kullanılan hammaddelerin renk değerleri

Hammaddeler	L^*	a^*	b^*
İrmik	82.15±0.62	2.14±0.13	11.07±0.59
BKÇA	42.26±1.74	-7.52±0.42	2.08±0.35

L^* değerinin açıklık ve koyuluk parametrelerini ifade ettiği dikkate alındığında; BKÇA'nın irmiğe kıyasla daha düşük L^* değerine, farklı bir ifadeyle daha koyu renge sahip olduğu tespit edilmiştir. L^* değeri irmikte 82.15 iken, BKÇA'da 42.26 olarak belirlenmiştir.

Kırmızılık ($+a^*$) ve yeşillik ($-a^*$) parametrelerini ifade eden a^* değerinin irmikte 2.14, BKÇA'da ise -7.52 olduğu; sarılık ($+b^*$) ve mavilik ($-b^*$) parametrelerini ifade eden b^* değerinin ise irmikte 11.07, BKÇA'da 2.08 olduğu tespit edilmiştir.

Bu hammaddeler ilave edilerek üretilen makarnaların pişirilmeden önceki renk değerleri Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6: Pişmemiş makarna örneklerinin renk parametrelerinin değerleri

Makarna Örnekleri	L^*	a^*	b^*	ΔE
Kontrol	72.28±1.54 ^a	1.91±0.10 ^a	12.73±0.27 ^a	
%7.5 BKÇA	62.42±1.11 ^b	-1.14±0.14 ^b	11.97±0.48 ^b	10.30±1.78 ^b
%15 BKÇA	59.70±1.57 ^c	-1.76±0.14 ^c	10.55±0.33 ^c	13.50±2.47 ^a
%22.5 BKÇA	57.50±0.51 ^d	-2.38±0.19 ^d	9.67±0.29 ^d	15.90±1.45 ^a

-Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$).

Pişmemiş makarna örneklerinin renk analiz sonuçları incelendiğinde; formülasyona artan oranlarda BKÇA ilave edilmesi, makarna örneklerinin L^* , a^* ve b^* değerlerinde azalmaya neden olmuştur ($p<0.05$). Makarna örneklerinin L^* değerinin kontrol örneğinde 72.28 olduğu, en yüksek ilave edilme oranı olan %22.5 BKÇA içeren örneklerde bu değerin 57.50'ye düştüğü belirlenmiştir. Diğer bir renk parametresi olan a^* değerinin kontrol örneğinde 1.91 olduğu, %7.5, %15 ve %22.5 oranında BKÇA ile zenginleştirilen örneklerde bu parametrenin sırasıyla -1.14, -1.76 ve -2.38 olduğu saptanmıştır. $-a^*$ değerinin yeşilliği ifade ettiği düşünüldüğünde, a^*

değerindeki bu azalma, BKÇA'daki yeşil renk pigmentinin daha fazla olması ile açıklanabilir (Tablo 3.5). Makarna örneklerinin b^* değerleri incelendiğinde ise; kontrol örneğinin, BKÇA ilave edilen örneklerle kıyasla daha yüksek b^* değerine (12.73), farklı bir ifadeyle daha sarı renge sahip olduğu belirlenmiştir. BKÇA ilave edilen makarna örneklerinin b^* değerlerinin 9.67-11.97 arasında değiştiği saptanmıştır. Formülasyona BKÇA ilave edilmesiyle doğru orantılı olarak b^* değerinin azaldığı tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Kontrol örneğine kıyasla zenginleştirilen makarna örneklerinde meydana gelen toplam renk değişimleri " ΔE " ile gösterilmektedir (Yamauchi 1989). Makarna formülasyonuna artan oranlarda BKÇA ilave edilmesi, ΔE değerinde yükselmeye neden olmuştur. Bu değer, %15 ve %22.5 seviyelerinde BKÇA ilave edilen örneklerde istatistiksel olarak benzer bulunmuştur ($p>0.05$). Toplam renk değişimi (ΔE) değerinin, 3-6 aralığında değişmesi "toplumun çoğu tarafından algılanabilir", 6-12 aralığında değişmesi "aynı renk grubundaki büyük farklılık", 12'den büyük olması ise "başka bir renk grubu" olarak sınıflandırılmaktadır (Yamauchi 1989). Elde edilen bulgulara göre; %7.5 oranında zenginleştirilen örneğin "aynı renk grubundaki büyük farklılık" sınıfında, %15 ve %22.5 oranlarında zenginleştirilen örneklerin ise "başka bir renk grubu" sınıfında yer aldığı söylenebilir.

Piştirme işlemi ile makarnada bulunan renk pigmentlerinde değişiklik meydana gelebileceği bildirilmiştir (Bustos ve diğ. 2019). Bu nedenle pişmiş makarna örneklerinin renk parametrelerinin belirlenebilmesi amacıyla L^* , a^* ve b^* değerleri ölçülmüştür. Optimum pişme süresi boyunca pişirilen makarna örneklerinin renk değerleri Tablo 3.7'de verilmiştir.

Piştirilen makarna örneklerinin renk analiz sonuçları incelendiğinde, kontrol örneğinin en yüksek L^* değerine (57.89) sahip olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Artan oranlarda BKÇA ilavesi, makarna örneklerinin L^* değerinde anlamlı düzeyde azalmaya yol açmıştır ($p<0.05$).

Piştirilen makarna örneklerinin a^* değerleri incelendiğinde; artan oranlarda BKÇA ilave edilmesiyle, makarna örneklerinin a^* değerlerinde azalma meydana gelmiştir ($p<0.05$). Bu değer, kontrol örneğinde 0.95 iken, diğer makarna örneklerinde -1.59 ile -0.52 arasında değişmiştir.

Piştirilen makarna örneklerinde ölçülen diğer bir renk parametresi olan b^* değeri incelendiğinde; kontrol örneğinin en yüksek (22.48), %22.5 BKÇA içeren örneğin ise en düşük (16.44) b^* değerine sahip olduğu saptanmıştır. BKÇA ilave edilen örneklerin b^* değeri, kontrole göre istatistiksel olarak önemli seviyede azalmıştır ($p<0.05$). %7.5 BKÇA ve %15 BKÇA ilave edilen örneklerin b^* değerleri ise istatistiksel olarak benzer bulunmuştur ($p>0.05$).

Tablo 3.7: Piştirilen makarna örneklerinin renk parametrelerinin değerleri

Makarna Örnekleri	L^*	a^*	b^*	ΔE
Kontrol	57.89±0.77 ^a	0.95±0.12 ^a	22.48±0.45 ^a	
%7.5 BKÇA	54.76±0.33 ^b	-0.52±0.09 ^b	18.24±0.36 ^b	5.56±0.51 ^c
%15 BKÇA	53.75±0.34 ^c	-0.97±0.07 ^c	17.71±0.22 ^b	6.64±0.48 ^b
%22.5 BKÇA	52.42±0.40 ^d	-1.59±0.21 ^d	16.44±0.28 ^c	8.59±0.64 ^a

-Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$).

Piştirilen makarna örneklerinde ΔE değeri, zenginleştirme oranına bağlı olarak anlamlı düzeyde artış göstermiştir ($p<0.05$). Piştirilen makarna örneklerinde elde edilen ΔE değeri bulgularına göre; %7.5 oranında zenginleştirilen örneğin “toplumun çoğu tarafından algılanabilir” sınıfında, %15 ve %22.5 oranlarında zenginleştirilen örneklerin ise “aynı renk grubundaki büyük farklılık” sınıfında yer aldığını ifade etmek mümkündür.

Konuya ilişkin benzer bir çalışmada Raina ve diğ. (2023), makarna formülasyonuna %0, %3, %6, %9, %12 ve %15 oranlarında solvent ekstraksiyonu yöntemiyle yağı alınan bal kabağı çekirdeği küspesi ilave etmişlerdir. Pişmemiş makarna örneklerinde bal kabağı çekirdeği küspesi ilave seviyesinin artmasıyla L^* değerinin azaldığı, a^* ve b^* değerlerinin ise tüm örneklerde benzer olduğu tespit edilmiştir. Pişmiş makarna örneklerinde ise L^* , a^* ve b^* değerlerinin tüm örneklerde benzer olduğu belirlenmiştir.

Ainsa ve diğ. (2022)’nin yaptıkları çalışmada formülasyona %3 oranında deniz marulu katkılanmasıyla üretilen makarnaların renk değerleri incelenmiştir. Deniz marulu katkılanan örneğin kontrol örneğine kıyasla daha düşük L^* , a^* ve b^* değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Makarnanın tipik sarı renginin, tüketiciler

tarafından en çok tercih edilen renk olmasına rağmen günümüzde makarnanın rengini etkileyen çeşitli bitkisel kaynakların üretimde kullanılmasıyla, tüketicilerin farklı renkler görmeye alışkanlık kazandığı bildirilmiştir. Dolayısıyla makarnanın renginde meydana gelen değişikliğin olumsuz bir özellik olmadığı, aksine makarnanın daha yenilikçi görüldüğü ifade edilmiştir.

Bir diğer çalışmada spirulina ilave edilerek üretilen makarnaların kontrol örneğine göre daha düşük L^* , a^* ve b^* değerlerine sahip olduğu bildirilmiştir. Bu durum, spirulinanın irmiğe göre daha koyu ve daha yeşil renkte olmasıyla ilişkilendirilmiştir (Zen ve diğ. 2020).

Çevik (2023)'in çalışmasında gıda endüstrisinde atık olarak ortaya çıkan elma posası, karpuz kabuğu, portakal posası, üzüm posası ve muz kabuğu makarna üretiminde kullanılmıştır. Elma posası, karpuz kabuğu, üzüm posası ve muz kabuğu ilavesiyle, makarna örneklerinin L^* değerinin azaldığı, a^* değerlerinin ise arttığı bildirilmiştir ($p<0.05$). Portakal posası ilavesiyle L^* ve a^* değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir değişim olmadığı bildirilmiştir ($p>0.05$). b^* değerinin ise karpuz kabuğu ve portakal posası ilavesiyle arttığı, üzüm posası ve muz kabuğu ilavesiyle azaldığı belirtilmiştir ($p<0.05$). Elma posası ilavesiyle b^* değerinde istatistiksel olarak önemli bir değişim olmadığı ifade edilmiştir ($p>0.05$).

Bu çalışma kapsamında BKÇA ilave edilerek üretilen makarna örneklerinin, pişmeden önce ve piştikten sonra belirlenen renk parametreleri Tablo 3.6 ve Tablo 3.7 dikkate alınarak karşılaştırıldığında; pişirme işlemi ile örneklerin L^* değerinin azaldığı, a^* ve b^* değerinin ise arttığı tespit edilmiştir. Pişirme işlemi ile meydana gelen renk parametrelerindeki değişimler; renk pigmentlerinin pişme suyuna geçmesi ve bir miktar bozulması, makarnaların su miktarının artması gibi sebeplerle ilişkilendirilmiştir (Raina ve diğ. 2023; Mercier ve diğ. 2016).

3.2.2 Tekstür Analizi Bulguları

Tekstür, gıdanın kabul edilebilirliğini ve tüketicilerin satın alma eğilimini değerlendirmek için kullanılan parametrelerden biridir. Sertlik, yapışkanlık, elastikiyet, çiğnenebilirlik gibi dokusal özellikleri değerlendirmek için farklı duyuların

(görme, duyma ve dokunma) aynı anda kullanıldığı karmaşık bir özelliktir. Tekstür Profil Analizi (TPA), subjektif duyuşal ölçümlerin aksine objektif ve hızlı bir yöntem olması nedeniyle gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Rahman ve diğ. 2021).

Enstrümantal yöntemle tekstür profil analizi (TPA), test edilen maddenin en az iki kez sıkıştırılması ve kaydedilen kuvvet-deformasyon eğrilerinden mekanik parametrelerin ölçülmesi ile gerçekleştirilmektedir (Szczeniak 2002).

Bu çalışmada, pişirilen makarna örneklerinin tekstürel özellikleri (sertlik, yapışkanlık, elastikiyet, sakızimsılık, çiğnenebilirlik) test edilmiştir. Bu analiz sonuçlarına ilişkin değerler Tablo 3.8’de verilmiştir.

Tablo 3.8: Makarna Örneklerinin Tekstür Analizi Bulguları

Parametreler	Pişmiş Makarna Örnekleri			
	Kontrol	%7.5 BKÇA	%15 BKÇA	%22.5 BKÇA
Sertlik (N)	26.96±6.33 ^a	14.43±5.13 ^b	12.29±3.81 ^{bc}	6.93±2.22 ^c
Yapışkanlık (mJ)	1.15±0.10 ^a	0.56±0.24 ^b	0.40±0.14 ^b	0.15±0.08 ^b
Elastikiyet (mm)	0.34±0.05 ^a	0.35±0.02 ^a	0.35±0.03 ^a	0.32±0.05 ^a
Sakızimsılık (N)	19.03±3.87 ^a	11.62±4.15 ^b	9.35±3.28 ^{bc}	5.47±1.80 ^c
Çiğnenebilirlik (mJ)	6.59±1.99 ^a	4.05±1.47 ^b	3.22±1.10 ^{bc}	1.82±0.71 ^c

-Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

Makarnanın dokusal özellikleri temel olarak; gluten-nişasta ağı tarafından kontrol edilmektedir (Chang ve Wu 2008). Kaliteli bir makarnada, sertliğin ve çiğnenebilirliğin yüksek, yapışkanlığın düşük olması istenmektedir (Bustos ve diğ. 2015). Gonzalez ve diğ. (2000), kaliteli pişmiş bir makarnanın sert ve elastik olması gerektiğini, buna karşın yapışkanlığa eğiliminin düşük olması gerektiğini ifade etmiştir.

Sertlik, ilk sıkıştırma sırasında elde edilen en yüksek kuvvet olarak tanımlanmaktadır (Bustos ve diğ. 2015). Makarnada bulunan protein-nişasta ağının kuvveti ile ilişkilidir (Dexter 1979). Deformasyona karşı gösterilen direncin ölçüsü olarak tanımlanan sertlik değeri, makarnaların dayanıklılığının ve kırılabilirliğinin

değerlendirilmesi açısından oldukça önemli bir kriterdir (Jayasena ve Nasar-Abbas 2012; Peleg 2019). BKÇA'nın artan oranlarda ilave edilmesiyle sertlik değerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma meydana geldiği belirlenmiştir ($p<0.05$). En yüksek sertlik değeri 26.96 N ile kontrol örneğinde tespit edilirken, en düşük sertlik değeri 6.93 N ile %22.5 BKÇA ilave edilen örnekte tespit edilmiştir.

Formülasyona ilave edilen BKÇA oranındaki artış nedeniyle irmik miktarında meydana gelen azalma, protein-nişasta ağının oluşumundan sorumlu olan gluten proteinlerinin azalmasına yol açmıştır (Krawęcka ve diğ. 2022). Bu azalma sebebiyle esnek gluten yapının bozulduğu ve dolayısıyla makarnaların sertliğinin azaldığı düşünülmüştür. Literatürdeki çalışmalarda da konuya ilişkin benzer sonuçlar elde edilmiştir. Özgören (2019), makarna formülasyonuna artan oranlarda tütülenmiş ve tütülenmemiş halde balık eti ilave edilmesiyle makarna örneklerinin sertlik değerlerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde düşüş olduğunu bildirmiştir. Zaky ve diğ. (2022), bileşimde ayçiçeği küspesi protein izolatu oranının artmasının makarnaların sertlik değerini azalttığını ifade etmişlerdir. Krawęcka ve diğ. (2022), üretimde çörek otu küspesi kullanılması ile makarnaların sertlik değerinde kontrole göre azalma meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Yapışkanlık iki sıkıştırma arasındaki negatif iş olarak ölçülmektedir. Pişirme suyuna geçen nişasta miktarıyla yakından ilişkilidir. Pişirme suyuna geçen nişastanın makarna yüzeyinde birikerek yapışkanlığı arttıracak belirtilmiştir (Bustos ve diğ. 2015; Dedeoğlu 2020).

Makarnaların yapışkanlık özellikleri incelendiğinde; kontrol örneğinin en yüksek (1.15 mJ) değere; diğer makarna örneklerinin ise 0.15-0.56 mJ arasında değişen daha düşük değerlere sahip oldukları belirlenmiştir. BKÇA ilavesiyle kontrole göre makarnaların yapışkanlık değerinde azalma meydana geldiği gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Bu azalmanın, BKÇA ikame edilen örneklerin sahip olduğu yüksek diyet lifi içeriği ve su tutma kapasitesi ile ilişkili olduğu düşünülmüştür. Diyet lifi, proteine bağlanmak için nişasta ile rekabet etmekte ve buna bağlı olarak nişasta-protein matrisini bozarak yapının zayıflamasına yol açmaktadır. Aynı zamanda yüksek su tutma kapasitesine sahip olan diyet lifi, nişasta ile su için rekabet ederek makarnanın yapışmasına engel olmaktadır (Wang ve diğ. 2022; Teterycz ve diğ. 2021).

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde konuya ilişkin benzer bulgular elde edilmiştir. Makhoul ve diğ. (2019), buğday irmiğine %15 seviyesinde yulaf kepeği, arpa unu ve dirençli nişasta olmak üzere 3 farklı kaynaktan elde edilen diyet lifinin ilave edilmesiyle üretilen makarnaların yapışkanlık değerinin azaldığını bildirmiştir ($p<0.05$). Jayasena ve Nasar-Abbas (2012), buğday irmiğine %0-%50 seviyelerinde acı bakla unu ilave ederek makarna üretimi gerçekleştirmişlerdir. %20, %30, %40 ve %50 oranlarında ilave edilen acı bakla ununun makarnaların yapışkanlık değerini azalttığı belirtilmiştir ($p<0.05$). Buğday irmiğine %50 oranında yulaf kepeği ve elma unu ilave edilmesiyle üretilen makarnaların yapışkanlık değerinin, kontrole göre azaldığı ancak bu azalmanın istatistiksel olarak önemli olmadığı ifade edilmiştir (Espinosa-Solis ve diğ. 2019).

Elastikiyet, gıdaya uygulanan bir kuvvetten sonra oluşan deformasyonun, kuvvet kaldırıldıktan sonra ortadan kaybolması olarak ifade edilmektedir (Bustos ve diğ. 2015). Bu çalışmada üretilen makarna örneklerinin elastikiyet değerleri 0.32-0.35 mm arasında değişmiştir. BKÇA'nın formülasyona ilave edilmesinin makarnaların elastikiyet özelliği üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$).

Makarna formülasyonuna farklı kaynakların ilave edilmesi ile ilgili yapılan bazı çalışmalarda da benzer sonuçlara rastlanmıştır. Formülasyona %10 oranında nohut unu veya nohut protein izolatu ilave edilmesi, makarnaların elastikiyet değerlerini kontrole göre arttırdığı ancak bu artışın istatistiksel olarak önemli olmadığı belirtilmiştir (El-Sohaimy ve diğ. 2020). Yapılan bir çalışmada, %40 oranında kenevir unu ilaveli makarna, %10 oranında yağı alınmış kenevir küspesi ilaveli makarna ve kontrol örneğinin elastikiyet özelliği bakımından istatistiksel olarak birbirine benzer değerlere sahip olduğu belirtilmiştir (Tetrycz ve diğ. 2021).

Sakızımsılık; yapışkanlık ve sertlik değerlerinin birbiri ile çarpılmasıyla ortaya çıkan ikincil bir özelliktir. Ayrıca sakızımsılık, yarı katı nitelikteki bir gıdayı, yutulmaya hazır duruma getirmek için gerekli olan enerji olarak tanımlanmaktadır (Erdemir ve Karaoğlu 2021).

Bu çalışmada BKÇA ilave edilen makarnaların sakızımsılık değerleri, kontrole göre istatistiksel olarak önemli düzeyde düşük bulunmuştur ($p<0.05$). Kontrol örneği

en yüksek değere (19.03) sahipken, bu örneği sırasıyla %7.5 BKÇA (11.62 N), %15 BKÇA (9.35 N) ve %22.5 BKÇA (5.47 N) ilaveli örnekler takip etmiştir. Sakızimsılık değerinin yapışkanlık ve sertlik değeri ile ilişkili olduğu düşünüldüğünde, bu düşüşün diğer bulgularla uyum içerisinde olduğu ifade edilebilir.

Daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde farklı zenginleştirme kaynakları kullanılarak üretilen makarlarda sakızimsılık özelliği bakımından benzer bulgulara rastlanılmıştır. İrmik yerine %3 oranında kurutulmuş ton balığı ve levrek konsantreleri kullanılarak üretilen makarnaların sakızimsılık değerlerinin kontrole göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azaldığı bildirilmiştir (Ainsa ve diğ. 2021). Üç farklı deniz yosununun %3 oranında katkılanmasıyla üretilen makarnaların sakızimsılık değerlerinin, kontrol grubu makarnaya kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde düşük olduğu tespit edilmiştir (Ainsa ve diğ. 2022). Buğday irmiğine %10, %20 ve %30 oranlarında ikame edilen havuç posası ve pancar-elma posasının, makarnaların sakızimsılık değerini kontrole göre düşürdüğü ifade edilmiştir (Kultys ve Moczowska-Wyrwisz 2022).

Çiğnenebilirlik, makarnanın yutmaya hazır hale getirilebilmesi için harcanan enerji olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışma kapsamında, en yüksek çiğnenebilirlik değerine 6.59 mJ ile kontrol örneği sahip iken en düşük çiğnenebilirlik değerine 1.82 mJ ile %22.5 BKÇA ilaveli örneğin sahip olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada üretilen makarnaların çiğnenebilirlik değerleri, BKÇA ilave edilme miktarına bağlı olarak azalmıştır ($p < 0.05$). Çiğnenebilirlik değerinde meydana gelen bu azalma, Bustos ve diğ. (2015)'nin ifadeleriyle benzer şekilde, BKÇA'nın protein-nişasta ağının elastikiyetini bozarak yapının yumuşamasına neden olması ile ilişkilendirilmiştir.

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde, makarnaların zenginleştirildiği kaynağa bağlı olarak çiğnenebilirlik değerinde benzer değişimler meydana geldiği gözlemlenmiştir. Yapılan bir çalışmada buğday ununa %2.5 ve %7.5 oranında kurutulmuş böğürtlen, ahududu, kırmızı kuş üzümü ve siyah kuş üzümü ikame edilerek üretilen makarlarda, ikame oranıyla paralel olarak tüm örneklerde çiğnenebilirlik değerlerinin düştüğü ifade edilmiştir (Bustos ve diğ. 2019). İrmik yerine %3 oranında kurutulmuş ton balığı ve levrek konsantreleri kullanılarak geliştirilen makarnaların çiğnenebilirlik değerlerinin, kontrole göre anlamlı düzeyde azaldığı belirtilmiştir (Ainsa ve diğ. 2021).

3.2.3 Makarna Örneklerinin Pişme Özellikleri

Makarnaların kalite özelliklerinin belirlenmesindeki önemli parametrelerden biri de optimum pişme süresi, suya geçen madde miktarı, şişme derecesi ve hacim artışı gibi pişme özellikleridir (Dedeoğlu 2020).

Bu çalışma kapsamında üretimi gerçekleştirilen makarna örneklerinin pişme özelliklerine ilişkin bulgular Tablo 3.9’da verilmiştir.

3.2.3.1 Optimum Pişme Süresi

Zenginleştirilen makarna örnekleri kontrol örneği ile karşılaştırıldığında; BKÇA ikame oranıyla doğru orantılı olarak optimum pişme süresinin arttığı belirlenmiştir ($p<0.05$). Kontrol örneği en kısa optimum pişme süresine (6.00 dakika) sahipken; %7.5, %15 ve %22.5 BKÇA ile zenginleştirilen örneklerde bu sürenin sırasıyla 7.75 dakika, 10.00 dakika ve 10.75 dakikaya uzadığı tespit edilmiştir.

Kabak çekirdeği küspesinin daha yüksek diyet lifi ve protein içeriğine sahip olması, su difüzyon hızının daha yavaş olmasına dolayısıyla makarna örneklerinin pişme sürelerinin uzamasına neden olabileceği düşünülmüştür. Yapılan benzer çalışmalarda da yüksek diyet lifi ve protein içeriğine sahip hammaddelerin, makarnaların pişme süresini uzatabileceği bildirilmiştir (Krawecka ve diğ. 2020; Çalışkan Koç ve diğ. 2020). Optimum pişme süresinin suyun penetrasyon hızı ve nişasta jelatinizasyonuna bağlı olduğu, kompleks protein ağının nişasta granüllerine su girişini engelleyebileceği ve nişastanın jelatinizasyonunu yavaşlatabileceği bildirmiştir (Liu ve diğ. 2016).

Tablo 3.9: Makarna örneklerinin pişirme işlemi ile oluşan özellikleri

Makarna Örnekleri	Optimum pişme süresi (dk)	Suya geçen madde miktarı (%)	Hacim artışı (%)	Şişme derecesi	Su tutma kapasitesi (%)
Kontrol	6.00±0.07 ^d	5.48±0.11 ^d	308.3±21.5 ^c	2.82±0.12 ^b	168.77±2.69 ^b
%7.5 BKÇA	7.75±0.07 ^c	6.64±0.26 ^c	390.0±24.2 ^b	3.12±0.07 ^a	186.24±9.03 ^a
%15 BKÇA	10.00±0.07 ^b	7.78±0.24 ^b	460.0±32.7 ^a	3.25±0.03 ^a	190.43±8.24 ^a
%22.5 BKÇA	10.75±0.11 ^a	8.32±0.07 ^a	510.0±38.3 ^a	3.15±0.04 ^a	193.48±4.69 ^a

-Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

Çalışkan Koç ve diğ. (2020)'nin yaptıkları çalışmada formülasyona fıstık, ceviz, badem ve kabak çekirdeği tozu ilave edilerek makarna üretimi gerçekleştirilmiştir. Protein içeriği nispeten daha yüksek olan badem ve kabak çekirdeği tozu ilave edilen makarna örneklerinin optimum pişme süresinin daha uzun olduğu ifade edilmiştir. Zarzycki ve diğ. (2020), makarnayı zenginleştirmek için irmiğe keten tohumu unu ve keten tohumu küspesi ikame etmişlerdir. Makarna örneklerindeki keten tohumu bileşenleri oranının %0'dan %23'e çıkması, kontrol örneğine kıyasla pişme süresinin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artmasına yol açtığı bildirilmiştir.

3.2.3.2 Suya Geçen Madde Miktarı

Makarna kalitesinin belirlenmesinde suya geçen madde miktarı (pişme kaybı) önemli bir parametredir ve yüksek kaliteli makarnalar düşük pişme kaybıyla nitelendirilmektedir. Gluten-nişasta ağı zayıf olan makarnalarda pişirme esnasında jelatinleşen nişastanın üründen ayrılması suya geçen madde miktarını arttırmaktadır (Piwińska ve diğ. 2016).

Bu çalışmada üretimi gerçekleştirilen kontrol örneğinde suya geçen madde miktarı %5.48 iken zenginleştirilen makarna örneklerinde suya geçen madde miktarları %6.64 ile %8.32 arasında değişmiştir. Formülasyona BKÇA ilavesinin artmasıyla birlikte suya geçen madde miktarının da arttığı gözlemlenmiştir ($p < 0.05$). Makarnada suya geçen madde miktarının maksimum %9 olması gerektiği bildirilmiştir (AACC 2000). Suya geçen madde miktarının, üretilen tüm makarna örneklerinde belirtilen üst limit değerinin altında olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada BKÇA ilavesiyle suya geçen madde miktarında meydana gelen artışın, formülasyonda azalan buğday irmiğine bağlı olarak bozulan gluten-nişasta ağından kaynaklanabileceği düşünülmüştür.

Literatür çalışmaları incelendiğinde konuya ilişkin benzer bulgulara rastlanılmıştır. Raina ve diğ. (2023), makarnaya artan oranlarda bal kabağı çekirdeği küspesi ilave edilmesiyle suya geçen madde miktarının arttığını belirtmişlerdir. Suya geçen madde miktarı, kontrol örneğinde %5.23 iken %3, %6, %9, %12 ve %15 oranlarında zenginleştirilen örneklerde %6.69 ile %11.70 arasında değiştiği

belirlenmiştir. Surasani ve diğ. (2019), balık işleme atıklarını %2.5, %5, %7.5 ve %10 oranlarında ilave ederek ürettikleri makarnalarda, glutenin azalmasıyla gluten-nişasta ağının bozulduğunu ve buna bağlı olarak suya geçen madde miktarının arttığını ifade etmişlerdir. Peressini ve diğ. (2020), formülasyona inülin, psilyum, arpa kepeği ilave ederek makarna üretimi gerçekleştirmişlerdir. Kontrole kıyasla, farklı kaynaklarla zenginleştirilen örneklerin suya geçen madde miktarlarında artış olduğu bildirilmiştir. Pozan (2019), erişte üretiminde artan oranlarda kavun çekirdeği tozu kullanılması ile suya geçen madde miktarının %3.75'ten (kontrol), %40 oranında kavun çekirdeği ilaveli eriştede %9.72'ye yükseldiğini, bu yükselmenin artan ikame oranına bağlı olarak gluten ağının zayıflamasıyla ilişkili olduğunu bildirmiştir.

3.2.3.3 Hacim Artışı

Makarna örneklerinde pişirme işlemi ile meydana gelen hacim artış değerleri incelendiğinde; kontrol örneğinin en düşük değere (%308.3); %22.5 BKÇA ilaveli örneğin ise en yüksek değere (%510.0) sahip olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3.9). Kontrole kıyasla, artan BKÇA ikame oranına paralel olarak hacim artış değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı seviyede yükseldiği belirlenmiştir ($p < 0.05$). Bu hacim artışı, bal kabağı çekirdeği proteininin yüksek hidrasyon kapasitesiyle ve BKÇA'nın ince partikül boyutuyla ilişkilendirilmiştir. Konuya ilişkin yapılan araştırmalarda; Raina ve diğ. (2023) ve Kaur ve diğ. (2013) tarafından da benzer değerlendirmeler yapıldığı gözlemlenmiştir.

Raina ve diğ. (2023), formülasyona %3, %6, %9, %12 ve %15 oranlarında bal kabağı çekirdeği küspesi ilave ederek ürettikleri makarnalarda, kontrole kıyasla hacim artış değerinin sırasıyla %6.7, %8, %19.7, %33 ve %41 oranında daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Kaur ve diğ. (2013)'nin yaptıkları bir çalışmada, makarna bileşimine mantar tozu ve yağsız soya unu ilave edilmesiyle kontrole kıyasla hacim artış değerinin yükseldiği bildirilmiştir. Bitkisel proteinlerin daha yüksek protein ve lif içeriğine sahip olmasının yüksek su tutma çekme kapasitesine ve dolayısıyla makarnaların pişirme sonrasında hacminin genişlemesine katkıda bulunmasına neden olduğu belirtilmiştir (Kaur ve diğ. 2013).

Kaliteli bir makarnanın pişirildiğinde şeklini muhafaza edebilmesi ve hacminin 2 katına çıkması gerektiği bildirilmiştir (Cubadda 1988). Bu çalışmada üretilen tüm makarna örneklerinin, hacim artışı bakımından istenilen özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir.

3.2.3.4 Şişme Derecesi

Makarnanın şişme derecesi, pişirme sırasında nişasta ve proteinler tarafından emilen suyun bir göstergesidir (Gull ve diğ. 2018).

BKÇA ilave edilen makarna örneklerinde şişme derecesinin kontrole kıyasla önemli düzeyde yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Bileşime farklı oranlarda BKÇA ilave edilmesi, zenginleştirilmiş makarna örneklerinin şişme derecelerinde önemli bir farklılığa neden olmamıştır ($p>0.05$). Şişme derecesi kontrol örneğinde 2.82 iken, BKÇA ilave edilen örneklerde 3.12-3.25 arasında değişmiştir. Şişme derecesi değerinde meydana gelen bu artışın, BKÇA'nın daha yüksek diyet lifi içeriğine sahip olması ve buna bağlı olarak su emiliminin artması ile ilişkili olabileceği düşünülmüştür.

Gull ve diğ. (2018), darı unu ve kompozit un (durum buğdayı irmiği:havuç posası) karışımı kullanarak makarna üretimi gerçekleştirmiştir. %100 durum buğdayı irmiğiyle üretilen kontrol örneğinin şişme derecesi 1.92 iken darı unu ve kompozit un karışımı kullanılarak üretilen örneğin şişme derecesi 2.58 olarak belirlenmiştir. Zouari ve diğ. (2011), makarna formülasyonuna farklı oranlarda (%1, %2, %3) mavi-yeşil alg ilave etmişlerdir. Mavi-yeşil alg ilave edilme oranının artmasıyla birlikte şişme derecesi değerlerinin önemli düzeyde arttığı belirlenmiştir ($p<0.05$). Bu artışı, mavi-yeşil alglerin yüksek su tutma kapasitesi ile açıklamışlardır.

3.2.3.5 Su Tutma Kapasitesi

Su tutma kapasitesi genellikle, lifli kaynaklarda atmosferik basınç altında suyu bünyesine dahil edebilme yeteneğini yansıtmak için kullanılmaktadır (Saleh ve diğ. 2018).

Bu çalışmada üretilen makarnaların su tutma kapasiteleri, kontrol örneğinde %168.77 iken BKÇA ile zenginleştirilen örneklerde %186.24 ile %193.48 arasında değişmektedir. Bileşime BKÇA ilave edilmesiyle makarna örneklerinin su tutma kapasitesinde kontrole göre anlamlı düzeyde artış meydana gelmiştir ($p<0.05$). Su tutma kapasitesinde meydana gelen bu artış, BKÇA'nın yüksek miktarda diyet lifi içermesi ile ilişkilendirilmiştir.

Literatür çalışmalarında konuya ilişkin benzer bulgulara rastlanılmıştır. Saleh ve diğ. (2018), buğday irmiğine ikame olarak tatlı patates ununun kullanılması ile makarnaların su tutma kapasitesinde önemli düzeyde artış meydana geldiğini bildirmişlerdir ($p<0.05$). Bu artışı, tatlı patates ununun içerdiği diyet lifi ile ilişkilendirmişlerdir. Piwińska ve diğ. (2015), buğday irmiğine %4, %8, %12, %16 ve %20 seviyelerinde yulaf tozu ilave edilerek üretilen makarnalarda, yulaf tozunun artmasıyla su tutma kapasitesinin arttığını bildirmiştir. Buğday ununa armut, hurma ve elma yan ürünleri ilave edilerek üretilen makarnaların su tutma kapasiteleri incelendiğinde; kontrole kıyasla, katkılanan makarna örneklerinin tümünde su tutma kapasitesinin arttığı belirlenmiştir (Bahir ve diğ. 2022). Diğer bir çalışmada buğday irmiğine farklı oranlarda (%0-%15) buğday çimi tozu ikame edilerek 6 farklı makarna üretimi gerçekleştirilmiştir. İkame oranındaki artışa bağlı olarak makarnaların su tutma kapasitesinin yükseldiği bildirilmiştir. Bu durumu buğday çimi tozunun yüksek diyet lifi içeriğiyle ilişkilendirilmiştir. Ayrıca lif parçacıklarının ince partikül boyutu nedeniyle daha geniş yüzey alanına sahip olduğu, dolayısıyla bu durumun su tutma kapasitesinin artmasına yol açtığı bildirilmiştir (Bawa ve diğ. 2022).

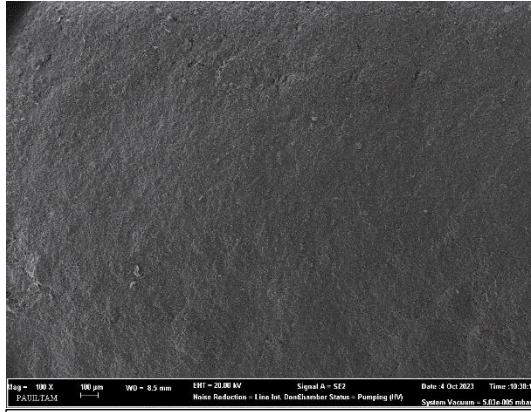
3.3 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntüleri Analiz Bulguları

Taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntülemelerinde, makarnaların yapısında bulunan nişasta granülleri ve gluten proteinleri arasındaki etkileşimler ve bu etkileşimin ortaya çıkardığı kuvvet incelenmektedir (Rajeswari ve diğ. 2013).

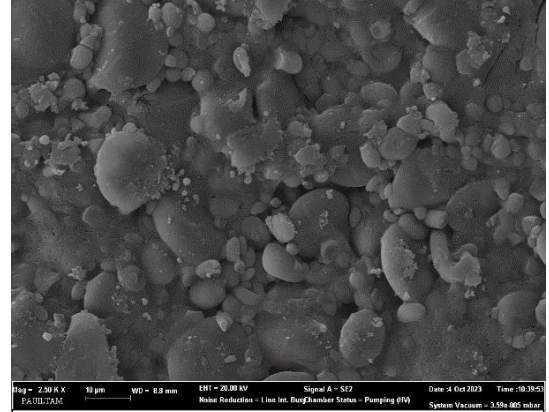
Bu çalışma kapsamında üretilen pişmemiş formdaki makarnaların taramalı elektron mikroskobu görüntüleri Şekil 3.1'de verilmiştir.

Örneklere ait yüzey görüntüleri (Şekil 3.1) detaylı incelendiğinde; kontrol örneğinin, pürüzsüz ve üniform (tekdüze) bir yapıya (Şekil 3.1a) sahip olduğu, BKÇA ile zenginleştirilen örneklerin ise yüzeylerinde dalgalanmaların olduğu ve küçük çatlakların meydana geldiği gözlemlenmiştir. BKÇA ilavesinin gluten ağının sürekliliğini bozarak düzensiz ve pürüzlü bir yüzeyin oluşmasına neden olduğu söylenebilir. Ayrıca yüzeyde görüntülenen küçük delik ve çatlakların, kurutma sırasında oluşan yüzey geriliminden kaynaklanabileceği bildirilmiştir (D'Amico ve diğ. 2015). Kim ve diğ. (2014), pirinç protein izolatı ile zenginleştirilen erişteelerde benzer çatlak ve delikleri gözlemlemiş ve bu çatlakları azaltmak için bileşime %1 oranında Transglutaminaz (TGaz) eklenmesini önermiştir. BKÇA ilave edilen makarnaların bozulmuş, tekdüze olmayan gluten-nişasta ağına sahip olması, tekstür ve pişirme özelliklerinde meydana gelen değişimleri doğrulamaktadır. Literatürdeki benzer örneklerde de ilave edilen kaynakların kontrol örneğine göre protein-nişasta ağını zayıflatabileceği ve bu durumun, pişirme esnasında suya geçen madde miktarında artışa yol açabileceği bildirilmiştir (Raina ve diğ. 2023; Gupta ve diğ. 2021).

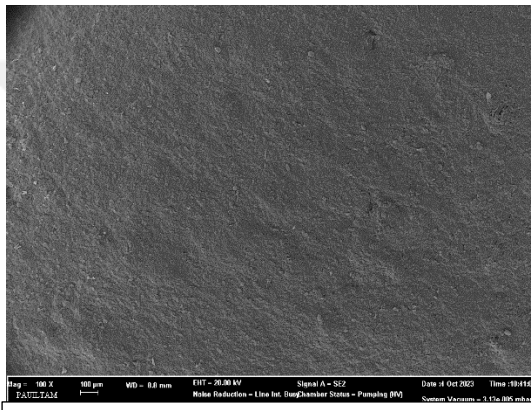
Makarnaların yüzey morfolojilerini ele alan çalışmalar incelendiğinde benzer bulgulara rastlanılmıştır. Formülasyona %8 oranında kinoa protein izolatının ilave edildiği bir çalışmada, kontrol örneğine kıyasla kinoa protein izolatı katkılanan makarna örneklerinin daha gevşek yapıya ve düzgün olmayan yüzeye sahip olduğu bildirilmiştir (Gupta ve diğ. 2021). Sharma ve diğ. (2023) benzer ifadelerle, %20 oranında mısır ile zenginleştirilen makarnanın, kontrole göre düzensiz bir yüzeye ve gevşek bir yapıya sahip olduğunu bildirmiştir. Ayrıca bu durumun pişirme sırasında yüksek pişme kaybına yol açacağını ifade etmiştir. Diğer bir çalışmada mor buğday kepeği ilavesiyle makarnada bulunan gluten proteininin azaldığı, bu sebeple makarnanın protein-nişasta yapısında bozulma meydana geldiği belirtilmiştir (Jhans ve diğ. 2023).



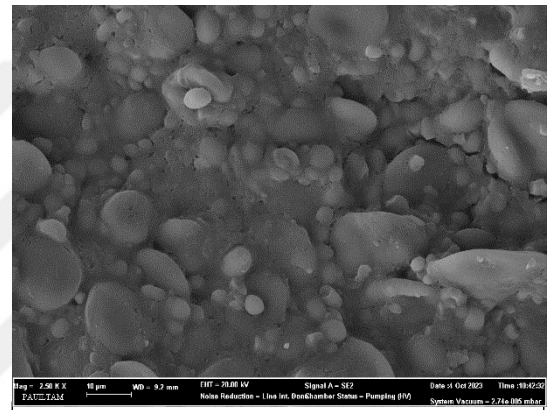
(a) Kontrol 100X



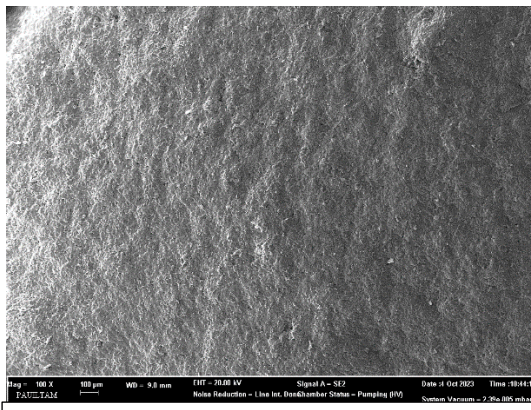
(b) Kontrol 2500X



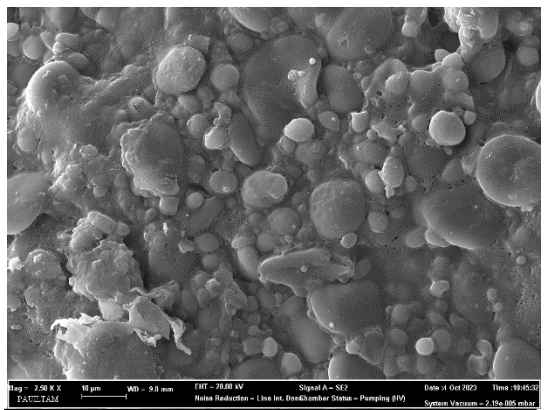
(c) %7.5 BKÇA 100X



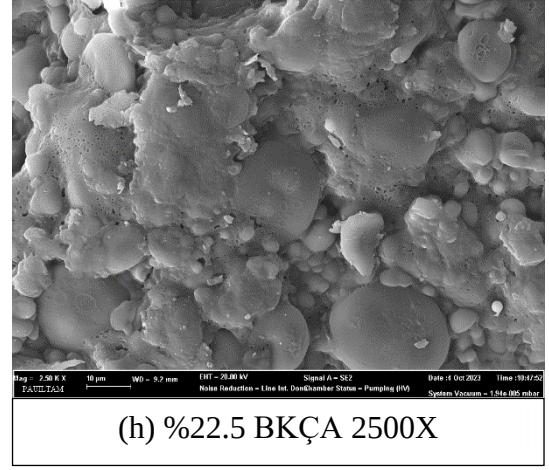
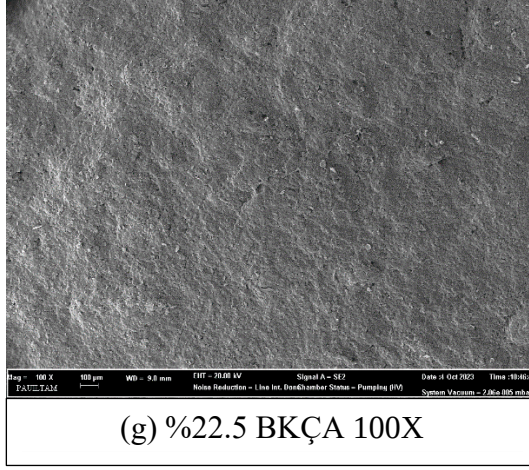
(d) %7.5 BKÇA 2500X



(e) %15 BKÇA 100X



(f) %15 BKÇA 2500X



Şekil 3.1: Makarna örneklerinin taramalı elektron mikroskobu görüntüleri

2500 oranında büyütülmüş görüntüler incelendiğinde; kontrol örneğinde nişasta granülleri ve bu granüllerin etrafını saran ince protein tabakası görülürken, formülasyona BKÇA ilave oranı arttıkça nişasta granüllerinin protein tabakası içine gömüldüğü belirlenmiştir (Şekil 3.1.b,d,f,h). Literatürdeki benzer çalışmalar incelendiğinde nişasta granüllerinin etrafını saran kalın protein tabakasının makarnanın pişme süresinde artışa neden olabileceği belirtilmiştir (Özgören 2019). Çalışma kapsamında üretilen örneklerin formülasyonuna BKÇA ilave oranının artmasıyla optimum pişme süresinin uzadığı belirlenmiştir.

3.4 Duyusal Analiz Bulguları

Duyusal analizler, pişirme işlemi sonrası makarna kalitesinin değerlendirilmesi ve tüketicilerin beğenisinin belirlenmesinde oldukça önemli bir aşamadır. Kaliteli bir makarnanın pişirme işleminden sonra dağılmaması, diri olması ve şeklinin bozulmaması gerektiği bildirilmiştir (Elias ve Mantley 2005).

Panelistler tarafından renk, koku, lezzet, tekstür ve genel beğeni parametrelerine göre değerlendirilen makarna örneklerine ait duyusal analiz sonuçları Tablo 3.10'da verilmiştir.

Tablo 3.10: Makarna örneklerinin duyusal analiz bulguları

Duyusal Analiz Parametreleri	Makarna Örnekleri			
	Kontrol	%7.5 BKÇA	%15 BKÇA	%22.5 BKÇA
Renk	5.43±1.13 ^a	5.03±1.05 ^a	4.13±1.31 ^b	3.63±1.31 ^b
Koku	5.10±1.17 ^a	4.80±1.14 ^{ab}	4.55±1.20 ^{ab}	4.38±1.28 ^b
Lezzet	5.10±1.19 ^a	5.08±1.05 ^a	3.93±1.33 ^b	3.58±1.52 ^b
Tekstür	4.90±1.36 ^a	5.03±1.27 ^a	3.90±1.32 ^b	3.70±1.56 ^b
Genel Beğeni	5.15±1.15 ^a	4.98±1.12 ^a	4.03±1.25 ^b	3.70±1.47 ^b

-Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

Makarnanın rengi tüketicilerin kabulünü belirleyen en önemli özelliklerden biridir (Song ve diğ. 2013). Makarna örnekleri renk özelliği bakımından incelendiğinde; BKÇA ilave edilme oranı arttıkça renk puanlarının azaldığı tespit edilmiştir. En yüksek renk puanına 5.43 ile kontrol örneğinin; en düşük renk puanına ise 3.63 ile %22.5 BKÇA katkılı örneğin sahip olduğu belirlenmiştir. Kontrol örneği ve %7.5 BKÇA katkılı örneğin renk puanları istatistiksel olarak benzerken (p>0.05), diğer katkılama oranlarında üretilen örneklerin renk puanları istatistiksel olarak kontrolden farklıdır (p<0.05). Literatürde yer alan çalışmalarda, parlak sarı renkli makarnaların tüketiciler tarafından daha çok tercih edildiği ifade edilmiştir (Petitot ve diğ. 2010). Renk ölçüm cihazı kullanılarak ölçülen renk değerlerine göre; BKÇA ilavesiyle L^* ve b^* değerinin azaldığı yani rengin koyulaştığı ve sarılık değerinin azaldığı dikkate alındığında; tüketicilerin makarnalarda parlak sarı rengi daha çok tercih etmeleri ile ilişkili olarak BKÇA ilave edilme oranı arttıkça makarnaların renk puanlarında düşüş meydana gelmiştir.

Geleneksel olmayan kaynaklarla zenginleştirilen makarna örneklerinin duyusal açıdan değerlendirilmesinde önemli olan bir diğer faktör ise kokudur (Liubych ve diğ. 2023). Üretimi gerçekleştirilen makarna örnekleri koku özelliği bakımından incelendiğinde hem BKÇA ilavesiyle hem de artan ilave oranıyla ilişkili olarak makarna örneklerinin koku puanının düştüğü saptanmıştır. Kontrol örneği en yüksek koku puanını (5.10) alırken; %7.5, %15 ve %22.5 oranlarında BKÇA ile zenginleştirilen örneklerde koku puanları sırasıyla 4.80, 4.55 ve 4.38'e düşmüştür.

Koku puanlarında meydana gelen bu düşüşün kontrole göre istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ($p<0.05$).

Bir diğer duyuşsal parametre olan lezzet puanları bakımından çalışma kapsamında üretilen örnekler kıyaslandığında artan oranlarda BKÇA ilavesi ile makarna örneklerinin puanlarında azalma meydana geldiği belirlenmiştir. En yüksek lezzet puanları kontrol örneğinde (5.10) ve ardından %7.5 BKÇA (5.08) ilave edilen örnekte gözlemlenmiştir. %7.5 BKÇA ilavesiyle makarnanın lezzet puanında meydana gelen değişimin istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$). Ancak makarnaya %15 ve %22.5 seviyelerinde BKÇA ilave edilmesiyle lezzet puanlarının sırasıyla 3.93 ve 3.58'e düştüğü, kontrole kıyasla bu düşüşlerin istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ($p<0.05$).

Makarnaların tekstür puanları incelendiğinde; %7.5 BKÇA ilave edilen örneğin en yüksek puana (5.03) sahip olduğu belirlenmiştir. Bu örneği sırasıyla, kontrol örneği (4.90), %15 BKÇA (3.90) ve %22.5 BKÇA (3.70) ilave edilen örnekler takip etmiştir. Kontrol ve %7.5 BKÇA ilaveli örneğin tekstür puanlarının istatistiksel olarak benzer ($p>0.05$) olduğu, bu iki örneğin tekstür puanlarının ise diğer örneklerden istatistiksel yüksek oldukları belirlenmiştir ($p<0.05$).

BKÇA katkılı makarnaların genel beğeni puanlarına bakıldığında; katkılama oranı arttıkça genel beğenin azaldığı gözlemlenmiştir. En yüksek genel beğeni puanı 5.15 ile kontrol örneğinde; en düşük genel beğeni puanı ise 3.70 ile %22.5 BKÇA ilave edilen örnekte saptanmıştır. Genel beğeni puanı bakımından kontrol örneği ve %7.5 BKÇA ilaveli örneğin istatistiksel olarak benzer olduğu tespit edilmiştir ($p>0.05$). Bir başka ifadeyle makarnaya %7.5 seviyesinde ilave edilen BKÇA'nın genel beğeni puanı üzerinde önemli etkisi bulunmamıştır.

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde Raina ve diğ. (2023) benzer şekilde bileşime artan oranlarda (%3-%15) bal kabağı çekirdeği küspesi ilave etmişlerdir. Bal kabağı çekirdeği küspesi ilavesinin makarnaların renk, tat, koku, tekstür ve genel kabul edilebilirlik puanlarını düşürdüğünü bildirmişlerdir. Tüm parametreler için en düşük puanlar %15 ilave seviyesinde gözlemlenmiştir. Ayrıca 9 ölçekli hedonik skalada değerlendirilen makarnaların tümünün, 6'nın üzerinde duyuşsal puanlara sahip olduğu ve tüketici açısından kabul edilebilir olduğu ifade edilmiştir.

Duyusal özellikler bakımından değerlendirildiğinde, %9 seviyesine kadar bal kabağı çekirdeği küspesinin ilave edilmesini önermişlerdir.

Bir diğer çalışmada formülasyona %4, %8 ve %12 oranlarında ilave edilen kinoa protein izolatının makarnanın duysal özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Kinoa protein izolatı ilave edilmesiyle, makarnaların tüm duysal özellik puanlarında (dış görünüş, renk, koku, lezzet, genel beğeni) düşüş meydana geldiği belirlenmiştir ($p<0.05$). Kontrol örneğinden sonra en iyi duysal özelliklere, %8 oranında kinoa protein izolatı ilave edilen makarnanın sahip olduğu, %12 oranında zenginleştirilen makarnaların ise tüm duysal parametre puanlarının kabul edilebilir sınırın altında olduğu ifade edilmiştir (Gupta 2021).

Sharma ve diğ. (2023), bileşime %10, %20 ve %30 oranlarında mısır unu ilave ederek makarna üretimi gerçekleştirmişlerdir. Mısır unu ilavesiyle tüm duysal özellik (dış görünüş, lezzet, tekstür, genel kabul edilebilirlik) puanlarının kontrole göre düştüğü bildirilmiştir ($p<0.05$). Kontrol örneğinden sonra en yüksek genel kabul edilebilirlik puanına %20 oranında zenginleştirilen makarna örneğinin sahip olduğu bildirilmiştir.

Bu çalışma kapsamında %7.5 ve %15 BKÇA seviyesinde üretilen makarna örnekleri; genel beğeni özellikleri bakımından, 7 ölçekli hedonik skalanın ortalama değeri olan 4'ün üzerinde puanlar almışlardır. Bu nedenle %15 seviyesine kadar BKÇA ilave edilerek üretilen makarnaların, tüketiciler tarafından kabul edilebilir nitelikte olduğu ifade edilebilir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Soğuk pres yöntemiyle bal kabağı çekirdeği yağı üretimi sırasında besleyici değeri yüksek atıklar ortaya çıkmaktadır. Bu değerli proses atıkları makarna bileşimine ilave edilerek fonksiyonel ve katma değeri yüksek makarnaların üretilmesi amaçlanmıştır.

Bu amaç doğrultusunda makarna formülasyonuna %7.5, %15 ve %22.5 oranlarında BKÇA ilave edilmiştir. BKÇA ilavesinin, makarnaların gıda bileşimine önemli düzeyde katkı sağladığı ve dolayısıyla makarnalara fonksiyonellik kazandırdığı belirlenmiştir.

BKÇA'nın, makarna formülasyonuna ilavesiyle örneklerin kül, protein, yağ ve diyet lifi miktarlarında önemli düzeyde artışa neden olduğu saptanmıştır. Kül, protein, yağ ve diyet lifi miktarlarında meydana gelen artışa bağlı olarak, BKÇA ilave edilen makarna örneklerinin karbonhidrat miktarları önemli seviyede azalmıştır ($p<0.05$). Makarnaya %7.5, %15 ve %22.5 seviyelerinde BKÇA ilave edilmesiyle, protein miktarı %13.15'den sırasıyla %15.48, %17.88 ve %20.64'e; yağ miktarı ise %1.61'den sırasıyla %3.46, % 5.71 ve %7.51'e yükselmiştir ($p<0.05$). Toplam diyet lifi içeriği, kontrol örneğinde %4.29 iken artan BKÇA ilavesiyle sırasıyla %5.28, %7.83 ve %10.10'a yükselmiştir. Makarnaların besin bileşiminde meydana gelen bu değişimler, hammadde olarak kullanılan BKÇA'nın kimyasal kompozisyonu ile ilişkilendirilmiştir. BKÇA'nın irmiğe kıyasla protein miktarının yaklaşık 3.5 kat, yağ miktarının yaklaşık 9 kat, toplam diyet lifi miktarının yaklaşık 5.5 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Mineral madde içeriği bakımından; BKÇA'nın, fosfor (P), kalsiyum (Ca), potasyum (K), magnezyum (Mg), demir (Fe), bakır (Cu), mangan (Mn) ve çinko (Zn) miktarlarının irmikten daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla BKÇA ilave edilmesiyle, makarnaların mineral madde içeriğinde istatistiksel olarak önemli düzeyde artış meydana gelmiştir ($p<0.05$). Makarnaya %22.5 seviyesinde ilave edilen BKÇA, kontrole göre potasyum, kalsiyum, bakır ve mangan miktarlarını yaklaşık 2 kat; fosfor ve çinko miktarlarını yaklaşık 2.5 kat; demir miktarını 3.5 kat; magnezyum miktarını 5.6 kat arttırmıştır.

Üretimi gerçekleştirilen makarna örneklerinin pişirme öncesi ve sonrası renk değerleri (L^* , a^* , b^*) belirlenmiştir. BKÇA'nın irmiğe kıyasla daha düşük L^* , a^* ve b^* değerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Pişmemiş makarna örneklerinin renk değerleri incelendiğinde; BKÇA ilave edilmesiyle makarna örneklerinin L^* , a^* ve b^* değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). Bu azalma, ilave edilen BKÇA'nın renk değerleriyle yakından ilişkilidir.

Makarna örneklerinin L^* değerinin kontrol örneğinde 72.28 olduğu, en yüksek ilave edilme oranı olan %22.5 BKÇA içeren örneklerde bu değer 57.50'ye düştüğü belirlenmiştir. Diğer bir renk parametresi olan a^* değerinin kontrol örneğinde 1.91 olduğu, %7.5, %15 ve %22.5 oranında BKÇA ile zenginleştirilen örneklerde bu parametrenin sırasıyla -1.14, -1.76 ve -2.38 olduğu saptanmıştır. $-a^*$ değerinin yeşilliği ifade ettiği düşünüldüğünde, a^* değerindeki bu azalma, BKÇA'da yeşil renk pigmentinin daha fazla olması ile açıklanabilir. Makarna örneklerinin b^* değerleri incelendiğinde ise; kontrol örneğinin, BKÇA ilave edilen örneklere kıyasla daha yüksek b^* değerine (12.73), farklı bir ifadeyle daha sarı renge sahip olduğu belirlenmiştir. BKÇA ilave edilen makarna örneklerinin b^* değerlerinin 9.67-11.97 arasında değiştiği saptanmıştır. Pişmemiş makarna örneklerinin toplam renk değişim (ΔE) değerleri incelendiğinde %7.5 oranında zenginleştirilen örneğin “aynı renk grubundaki büyük farklılık” sınıfında, %15 ve %22.5 oranlarında zenginleştirilen örneklerin ise “başka bir renk grubu” sınıfında yer aldığı saptanmıştır.

Pişmiş makarna örneklerinin renk parametreleri incelendiğinde pişirilmemiş makarnaların bulgularıyla benzer şekilde, BKÇA ilave edilmesiyle makarna örneklerinin L^* , a^* ve b^* değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). Pişirilen makarna örneklerinde elde edilen ΔE değeri bulgularına göre; %7.5 oranında zenginleştirilen örneğin “toplumun çoğu tarafından algılanabilir” sınıfında, %15 ve %22.5 oranlarında zenginleştirilen örneklerin ise “aynı renk grubundaki büyük farklılık” sınıfında yer aldığını belirlenmiştir.

Makarnaların pişme, tekstür ve duyu özellikleri tüketicilerin satın alma tercihlerini belirleyen en önemli parametrelerdir.

Üretimi gerçekleştirilen makarnaların pişme özellikleri değerlendirildiğinde; bileşime BKÇA ilave edilmesiyle, makarnaların optimum pişme süresinin uzadığı,

suya geçen madde miktarı, hacim artışı, şişme derecesi ve su tutma kapasitesi değerlerinin ise arttığı belirlenmiştir ($p<0.05$).

BKÇA ilave oranı arttıkça optimum pişme süresinin uzadığı belirlenmiştir ($p<0.05$). Kontrol örneği en kısa optimum pişme süresine (6.00 dakika) sahipken; %22.5 BKÇA ile zenginleştirilen örnekte bu sürenin sırasıyla 10.75 dakikaya uzadığı tespit edilmiştir. BKÇA'nın daha yüksek diyet lifi ve protein içeriğine sahip olması, su difüzyon hızının daha yavaş olmasına dolayısıyla makarna örneklerinin pişme sürelerinin uzamasına neden olabileceği düşünülmüştür.

Suya geçen madde miktarı, kontrol örneğinde %5.48 iken BKÇA ile zenginleştirilen makarna örneklerinde %6.64 ile %8.32 arasında değişmiştir. Formülasyona BKÇA ilavesinin artmasıyla birlikte suya geçen madde miktarının da arttığı gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Makarnada suya geçen madde miktarının maksimum %9 olması gerektiği belirtilmiştir (AACC 2000). Suya geçen madde miktarının, üretilen tüm makarna örneklerinde belirtilen üst limit değerinin altında olduğu tespit edilmiştir. Suya geçen madde miktarında meydana gelen artışın, formülasyona BKÇA ilavesiyle azalan gluten miktarı nedeniyle bozulan gluten-nişasta açısından kaynaklanabileceği düşünülmüştür.

Hacim artış değerleri incelendiğinde; kontrol örneğinin en düşük değere (%308.3); %22.5 BKÇA ilaveli örneğin ise en yüksek değere (%510.0) sahip olduğu tespit edilmiştir. BKÇA ilavesiyle, hacim artış değerlerinin kontrole göre anlamlı seviyede yükseldiği belirlenmiştir ($p<0.05$). Bu hacim artışı, bal kabağı çekirdeği proteininin yüksek hidrasyon kapasitesiyle ve BKÇA'nın ince partikül boyutuyla ilişkilendirilmiştir.

BKÇA ilave edilen makarna örneklerinde şişme derecesinin kontrole kıyasla önemli düzeyde yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Şişme derecesi kontrol örneğinde 2.82 iken, BKÇA ilave edilen örneklerde 3.12-3.25 arasında değişmiştir. Şişme derecesi değerinde meydana gelen bu artışın, BKÇA'nın daha yüksek diyet lifi içeriğine sahip olması ve buna bağlı olarak su emiliminin artması ile ilişkili olabileceği düşünülmüştür.

Su tutma kapasitesi, kontrol örneğinde %168.77 iken BKÇA ile zenginleştirilen örneklerde %186.24 ile %193.48 arasında değişmektedir. Bileşime BKÇA ilave edilmesiyle makarna örneklerinin su tutma kapasitesinde kontrole göre anlamlı düzeyde artış meydana gelmiştir ($p<0.05$). Su tutma kapasitesinde meydana gelen bu artış, BKÇA'nın irmiğe göre daha yüksek miktarda diyet lifi içermesi ve ince partikül boyutuna bağlı daha geniş yüzeye sahip olması ile ilişkili olduğu düşünülmüştür.

Tekstür analiz sonuçlarına göre; BKÇA'nın artan oranlarda formülasyona ilave edilmesiyle sertlik değerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma meydana gelmiştir ($p<0.05$). En yüksek sertlik değeri 26.96 N ile kontrol örneğinde belirlenirken en düşük sertlik değeri 6.93 N ile %22.5 BKÇA ilave edilen örnekte tespit edilmiştir. Artan oranlarda BKÇA ilave edilmesinin, gluten proteinleri oranının azalmasına neden olduğu, bu sebeple esnek gluten yapının bozulduğu ve dolayısıyla makarnaların sertliğinin azaldığı sonucuna varılmıştır.

Makarnaların yapışkanlık özellikleri incelendiğinde; kontrol örneğinin en yüksek (1.15 mJ) değere; diğer makarna örneklerinin ise 0.15-0.56 mJ arasında değişen daha düşük değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. BKÇA ilavesiyle kontrole göre makarnaların yapışkanlık değerinde azalma gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Bu azalmanın, BKÇA ikame edilen örneklerin sahip olduğu yüksek diyet lifi içeriği ve su tutma kapasitesi ile ilişkili olduğu düşünülmüştür.

Bu çalışmada BKÇA ilave edilen makarnaların sakızımsılık değerleri, kontrole göre istatistiksel olarak önemli düzeyde daha düşük bulunmuştur ($p<0.05$). Kontrol örneği en yüksek değere (19.03) sahipken, bu örneği sırasıyla %7.5 BKÇA (11.62 N), %15 BKÇA (9.35 N) ve %22.5 BKÇA (5.47 N) ilaveli örnekler takip etmiştir. Sakızımsılık değerinin yapışkanlık ve sertlik değeri ile ilişkili olduğu düşünüldüğünde, bu düşüşün diğer bulgularla uyum içerisinde olduğu sonucuna varılmıştır.

En yüksek çiğnenebilirlik değerine 6.59 mJ ile kontrol örneği sahip iken en düşük çiğnenebilirlik değerine 1.82 mJ ile %22.5 BKÇA ilaveli örneğin sahip olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada üretilen makarnaların çiğnenebilirlik değerleri, BKÇA ilave edilme miktarına bağlı olarak azalmıştır ($p<0.05$). Bu azalma, BKÇA'nın

protein-nişasta ağının elastikiyetini bozarak yapının yumuşamasına neden olması ile ilişkilendirilmiştir.

Taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntülemelerinde; kontrol örneğinin, pürüzsüz ve üniform (tekdüze) bir yapıya sahip olduğu, BKÇA ile zenginleştirilen örneklerin ise yüzeylerinde dalgalanmaların ve küçük çatlakların olduğu gözlemlenmiştir. BKÇA ilavesinin gluten ağının sürekliliğini bozarak düzensiz ve pürüzlü bir yüzeyin oluşmasına neden olduğu söylenebilir.

Duyusal analiz ile makarnaların renk, koku, lezzet, tekstür ve genel beğeni özellikleri değerlendirilmiştir. BKÇA ilave edilme oranı arttıkça renk puanlarının azaldığı tespit edilmiştir. En yüksek renk puanına 5.43 ile kontrol örneğinin; en düşük renk puanına ise 3.63 ile %22.5 BKÇA katkılı örneğin sahip olduğu belirlenmiştir. Kontrol örneği ve %7.5 BKÇA katkılı örneklerin renk puanlarının istatistiksel olarak benzer ($p>0.05$) olduğu, diğer katkılama oranlarında üretilen örneklerin ise renk puanlarının istatistiksel olarak daha düşük olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).

BKÇA ilavesiyle makarna örneklerinin koku puanının düştüğü saptanmıştır. Kontrol örneği en yüksek koku puanını (5.10) alırken; %7.5, %15 ve %22.5 oranlarında BKÇA ile zenginleştirilen örneklerde koku puanları sırasıyla 4.80, 4.55 ve 4.38'e düşmüştür. Koku puanlarında meydana gelen bu düşüşün kontrole göre istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ($p<0.05$).

Bileşimine BKÇA ilave edilmesiyle, makarnaların lezzet puanlarını azalma meydana geldiği belirlenmiştir. En yüksek lezzet puanları kontrol örneğinde (5.10) ve %7.5 BKÇA (5.08) ilave edilen örnekte tespit edilmiştir. Makarnaya %15 ve %22.5 seviyelerinde BKÇA ilave edilmesiyle lezzet puanlarının sırasıyla 3.93 ve 3.58'e düştüğü, kontrole kıyasla bu düşüşlerin istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ($p<0.05$).

Tekstür puanları bakımından %7.5 BKÇA ilave edilen örneğin en yüksek puana (5.03) sahip olduğu belirlenmiştir. Bu örneği sırasıyla, kontrol örneği (4.90), %15 BKÇA (3.90) ve %22.5 BKÇA (3.70) ilave edilen örnekler takip etmiştir. Kontrol ve %7.5 BKÇA ilaveli örneğin tekstür puanlarının istatistiksel olarak birbirine benzer olduğu belirlenmiştir ($p>0.05$).

BKÇA ilave edilme oranı arttıkça genel beğenin azaldığı gözlemlenmiştir. En yüksek genel beğeni puanı 5.15 ile kontrol örneğinde; en düşük genel beğeni puanı ise 3.70 ile %22.5 BKÇA ilave edilen örnekte saptanmıştır. Genel beğeni puanı bakımından kontrol örneği ve %7.5 BKÇA ilaveli örneğin istatistiksel olarak benzer olduğu tespit edilmiştir ($p>0.05$).

Her ne kadar genel beğeni bakımından kontrol örneği en yüksek puana sahip olsa da %7.5 BKÇA ve %15 BKÇA ilave edilen makarnalar da ortalama değerin (4.00) üzerinde genel beğeni puanı almıştır. Bu nedenle %15 seviyesine kadar BKÇA ilave edilerek üretilen makarnaların, tüketiciler tarafından kabul edilebilir nitelikte olduğu sonucuna varılmıştır.

Tüm sonuçlar doğrultusunda, %15 oranında bal kabağı çekirdeği yağı üretim atığı ilave edilerek fonksiyonel makarna elde edilmesinin mümkün olduğu belirlenmiştir. Böylece bal kabağı çekirdeği yağı üretim atıklarının yeniden gıda zincirine kazandırılabilceği kanaatine varılmıştır.

5. KAYNAKLAR

AACC, Approved Methods of the American Association Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota: AACC International, (2000).

AACC, Determination of crude protein- Kjeldahl Method, Boric Acid Modification (Method 46-12). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 11th ed. American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, MN., (1999).

AACC, Determination of Soluble, Insoluble and Total Dietary Fiber in Foods and Food Products (Method 32-07). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 9th ed. American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, MN., (1995).

Adrian A., “Anti-Depression Diet”, (accessed on 23 March 2022), Available online:https://scholar.google.co.uk/scholar?hl=zhCN&as_sdt=0%2C5&q=Adrian%2C+A.+Anti-Depression+Diet.+&btnG=, (2011).

Aguilar, Y. M., Navarro, M. V., Espinosa, M. E., Yero, O. M., Ramírez, R. C., Murkovic, M. and López, J. C., “Investigation of the variable chemical composition of the seeds of five cultivars of Cucurbita maxima and C. moschata from Cuba and Mexico”, Die Ernährung, 37(12), 445-453, (2013).

Ahmad, G. and Khan, A. A., “Pumpkin: horticultural importance and its roles in various forms; a review”, *International Journal of Horticulture & Agriculture*, 4, 1-6, (2019).

Ainsa, A., Honrado, A., Marquina, P. L., Roncalés, P., Beltrán, J. A. and Calanche M, J. B., “Innovative development of pasta with the addition of fish by-products from two species”, *Foods*, 10(8), 1889, (2021).

Ainsa, A., Honrado, A., Marquina, P., Beltrán, J. A. and Calanche, J., “Influence of Seaweeds on the Quality of Pasta as a Plant-Based Innovative Food”, *Foods*, 11(16), 2525, (2022).

Aksoylu, Z., “Bisküvinin Fonksiyonel Özellik Taşıyan Bazı Bitkisel Ürünlerce Zenginleştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Manisa, (2012).

Al-Anoos, I., EI-dengawy, R. and Hasanin, H., “Studies on chemical composition of some Egyptian and Chinese pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed varieties”, *Journal of Plant Science and Research*, 2(2), 1-4, (2015).

AlJahani, A. and Cheikhousman, R., “Nutritional and sensory evaluation of pumpkin-based (*Cucurbita maxima*) functional juice”, *Nutrition and Food Science*, 47(3), 346-356, (2017).

Amin, M. Z., Islam, T., Uddin, M. R., Uddin, M. J., Rahman, M. M. and Satter, M. A., “Comparative study on nutrient contents in the different parts of indigenous and hybrid varieties of pumpkin (*Cucurbita maxima* Linn.)”, *Heliyon*, 5(9), (2019).

Anonim, “Bitkisel Üretim Verileri”, Ankara: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, (2022).

Anonim, “Countries by Pumpkin Production”, <http://www.fao.org/faostat/en/>, (2021).

Anonim, “The Manual of Hunter-Lab Mini Scan XE Colorimeter”, Virginia: HunterLab Cooperation, U.S.A., (1995).

Anonim, Atık Yönetimi Yönetmeliği, T.C. Resmî Gazete (29314, 2 Nisan 2015), (2015).

Anonim, FEI company, The quanta FEG user operation manual, 3rd Ed, 4022 290 22214 (2007).

Anonim, Makarna Standardı (TS 1620). Ankara: Türk Standartları Enstitüsü, (2016).

Anonim, Türk Gıda Kodeksi İrmik Tebliği, Tebliğ No: 2002/21, (2002a).

Anonim, Türk Gıda Kodeksi Makarna Tebliği, Tebliğ No: 2002/20, (2002b).

AOAC “Total, Insoluble and Soluble Dietary Fiber in Food-Enzymatic Gravimetric Method (Method 991.43) MES-TRIS Buffer”. Official Methods of Analysis, 16th ed. AOAC International, Gaithersburg, MD, USA, (1995).

AOAC, Official Methods of Analysis, Washington, D.C.: Association of Official Agricultural Chemists, (1990).

Ardabili, A. G., Farhoosh, R., Khodaparast, M. H. H., “Chemical Composition and Physicochemical Properties of Pumpkin Seeds (*Cucurbita pepo* Subsp. *pepo* Var. *Styriaca*) Grown in Iran”, *Journal of Agricultural Science and Technology*, 13, 1053-1063, (2011).

Aydin, E., Turgut, S. S., Aydin, S., Cevik, S., Ozcelik, A., Aksu, M., ... and Ozkan, G., “A New Approach for the Development and Optimization of Gluten-Free Noodles Using Flours from Byproducts of Cold-Pressed Okra and Pumpkin Seeds”, *Foods*, 12(10), 2018, (2023).

Balkaya, A., Yanmaz, R. and Özbakir, M., “Evaluation of variation in seed characters of Turkish winter squash (*Cucurbita maxima*) populations”, *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 37(3), 167-178, (2009).

Bawa, K., Brar, J. K., Singh, A., Gupta, A., Kaur, H. and Bains, K., “Wheatgrass powder-enriched functional pasta: Techno-functional, phytochemical, textural, sensory, and structural characterization”, *Journal of Texture Studies*, 53(4), 517-530, (2022).

Bayomy, H. and Alamri, E., “Technological and nutritional properties of instant noodles enriched with chickpea or lentil flour”, *Journal of King Saud University, Science*, 34(3), 101833, (2022).

Baysal, A., *Beslenme*, Ankara: Hatiboğlu Yayınevi, 9-264, (2019).

Bchir, B., Karoui, R., Danthine, S., Blecker, C., Besbes, S. and Attia, H., “Date, apple, and pear by-products as functional ingredients in pasta: cooking quality attributes and physicochemical, rheological, and sensorial properties”, *Foods*, 11(10), 1393, (2022).

Bemfeito, C. M., Carneiro, J. D. D. S., Carvalho, E. E. N., Coli, P. C., Pereira, R. C. and Vilas Boas, E. V. D. B., “Nutritional and functional potential of pumpkin (*Cucurbita moschata*) pulp and pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) peel flours”, *Journal of Food Science and Technology*, 57, 3920-3925, (2020).

Besler, H. T., Rakıcıoğlu, N., Ayaz, A., Büyüktuncer Demirel, Z., Gökmen Özel, H., Samur, F. G., ... Yıldız, E., “*Türkiye’ye Özgü Besin ve Beslenme Rehberi*”, Ankara, Merdiven Reklam Tanıtım, (2015).

Białek, M., Rutkowska, J., Adamska, A. and Bajdalow, E., “Partial replacement of wheat flour with pumpkin seed flour in muffins offered to children”, *CyTA-Journal of Food*, 14(3), 391-398, (2016).

Bilgiçli, N. ve Soylu, S., “Buğday ve un kalitesinin sektörel açıdan değerlendirilmesi”, *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 5(2), 58-67, (2016).

Bilişli, A., *Gıda Kimyası*, Çanakkale: Sidas Medya Ltd. Şti., (2012).

Bouazzaoui, N. and Mulengi, J. K., “Fatty acids and mineral composition of melon (*Cucumis Melo*) and pumpkin (*Cucurbita moschata*) seeds”, *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 24(4), 315-322, (2018).

Brennan, C. S. and Samyue, E., “Evaluation of starch degradation and textural characteristics of dietary fiber enriched biscuits”, *International Journal of Food Properties*, 7(3), 647-657, (2004).

Brian, H., “Utilization of squash waste Bachelor of Technology (Honours) in Food Technology”, (2008).

Burton-Freeman, B., “Dietary fiber and energy regulation”, *The Journal of nutrition*, 130(2), 272S-275S, (2000).

Bustos, M. C., Paesani, C., Quiroga, F. and León, A. E., “Technological and sensorial quality of berry-enriched pasta”, *Cereal Chemistry*, 96(5), 967-976, (2019).

Bustos, M. C., Perez, G. T. and Leon, A. E., “Structure and quality of pasta enriched with functional ingredients”, *Rsc Advances*, 5(39), 30780-30792, (2015).

Cárdenas-Hernández, A., Beta, T., Loarca-Piña, G., Castaño-Tostado, E., Nieto-Barrera, J. O. and Mendoza, S., “Improved functional properties of pasta: Enrichment with amaranth seed flour and dried amaranth leaves”, *Journal of Cereal Science*, 72, 84-90, (2016).

Ceclu, L., Mocannu, D. and Nistor, O., “Pumpkin – health benefits”, *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, Vol. 26 No. 3, pp. 241-246, (2020).

Chang, H. C. and Wu, L. C., “Texture and quality properties of Chinese fresh egg noodles formulated with green seaweed (*Monostroma nitidum*) powder”, *Journal of food science*, 73(8), S398-S404, (2008).

Chillo, S., Laverse, J., Falcone, P. M., Protopapa, A. and Del Nobile, M. A., “Influence of the addition of buckwheat flour and durum wheat bran on spaghetti quality”, *Journal of Cereal Science*, 47(2), 144-152, (2008).

Cleary, L. and Brennan, C., “The influence of a (1 → 3)(1 → 4)-β-D-glucan rich fraction from barley on the physico-chemical properties and in vitro reducing sugars release of durum wheat pasta”, *International Journal of Food Science Technology*, 41(8), 910-918, (2006).

Coşkun, E. ve Ercan, R., “Makarnalık buğdaylarda lipoksigenaz enzim aktivitesinin belirlenmesi”, *Gıda*, 28(3), (2003).

Cubadda, R., “Evaluation of durum wheat semolina and pasta in Europe”, *Durum Wheat: Chemistry and Technology*, Saint Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists, 217-228, (1988).

Çalışkan Koç, G., Tekgül, Y. and Çoban, S., “Physicochemical properties, fatty acid composition, cooking quality, and sensory evaluation of pasta enriched with different oleiferous powders”, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14, 3048-3057, (2020).

Çevik, A., “Gıda endüstrisi yan ürünleri ve atıklarının ekmek ve makarnanın fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesinde kullanımı”, Doktora Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, (2023).

Dabija, A., Codină, G. G., Gâtlan, A. M., Sănduleac, E. T. and Rusu, L., “Effects of some vegetable proteins addition on yogurt quality”, *Scientific Study & Research: Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, 19(2), 181-192, (2018a).

Dabija, A., Codină, G. G., Stroe, S. G. and Boboc, M., “Influence of the pumpkin seeds addition on quality characteristics of yoğurt”, *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*, 18(6.2), 269-276, (2018b)

Dalkıran, G. N., “Kabak Çekirdeğinden Enzimatik Sulu Ekstraksiyon ile Yağ Eldesi ve Yüzey Aktif Madde Kullanımının Yağ Verimine Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2014).

D'Amico, S., Mäschle, J., Jekle, M., Tömösközi, S., Langó, B. and Schoenlechner, R., “Effect of high temperature drying on gluten-free pasta properties”, *LWT-Food Science and Technology*, 63(1), 391-399, (2015).

Decker-Walters, D. S. and Walters, T. W., “*Squash*”, *The Cambridge world history of food*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 335-351, (2000).

Dedeoğlu, M., “Glutensiz makarna üretim parametrelerinin optimizasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karaman, (2020).

Demirkol, O. ve Aysel, İ. Ç. Ö. Z., “Makarnanın Besin Değeri ve Mikrobiyal Kalitesi”, *Sakarya University Journal of Science*, 6(1), 115-118, (2002).

DeVries, J. W., “Dietary fiber: the influence of definition on analysis and regulation”, *Journal of AOAC international*, 87(3), 682-706, (2004).

DeVries, J. W., Prosky, L., Li, B. and Cho, S., “A historical perspective on defining dietary fiber”, *Cereal foods world*, 44, 367-369, (1999).

Dexter, J. E. and RR, Matsuo, “Changes in spaghetti protein solubility during cooking”, *Cereal Chemistry*, 56, 394-397 (1979).

Dhok, A., Butola, L. K., Anjankar, A., Shinde, A. D. R., Kute, P. K. and Jha, R. K., “Role of vitamins and minerals in improving immunity during Covid-19 pandemic-A review”, *Journal of Evolution of Medical and Dental Sciences*, 9(32), 2296-301, (2020).

Difonzo, G., de Gennaro, G., Caponio, G. R., Vacca, M., Dal Poggetto, G., Allegretta, I., ... and Pasqualone, A., “Inulin from Globe Artichoke Roots: A Promising Ingredient for the Production of Functional Fresh Pasta”, *Foods*, 11(19), 3032, (2022).

Duda, A., Adamczak, J., Chełmińska, P., Juskiewicz, J. and Kowalczewski, P., “Quality and nutritional/textural properties of durum wheat pasta enriched with cricket powder”, *Foods*, 8(2), 46, (2019).

El-Adaway, T.A., Taha, K.M., “Characteristics and composition of different seed oils and flours”, *Food Chemistry*, 74, 47–54 (2001).

Elias, E. M. and Manthey, F. A., “End products: Present and future uses”, (Eds: C. Royo, M. M. Nachit, N. Di Fonzo, J. L. Araus, W. H. Pfeiffer and G. A. Slafer), *Durum wheat breeding: current approaches and future strategies*, 1, New York: Haworth Press, 63-85, (2005).

Elinge, C. M., Muhammad, A., Atiku, F. A., Itodo, A. U., Peni, I. J., Sanni, O. M. and Mbongo, A. N., “Proximate, mineral and anti-nutrient composition of pumpkin (*Cucurbita pepo* L) seeds extract”, *International Journal of Plant Research*, 2(5), 146-150, (2012).

El-Sohaimy, S. A., Brennan, M., Darwish, A. M. and Brennan, C., “Physicochemical, texture and sensorial evaluation of pasta enriched with chickpea flour and protein isolate”, *Annals of Agricultural Sciences*, 65(1), 28-34, (2020).

Eraslan G., Kanbur M., Aslan Ö. and Karabacak M. “The Antioxidant Effects of Pumpkin Seed Oil on Subacute Aflatoxin Poisoning in Mice”, *Environmental Toxicology*, 28, 681–688, (2013).

Erdemir, E. ve Karaoğlu M., “Et ve et ürünlerinin tekstürel özelliklerini enstrümantal olarak tespit etme yöntemleri ve tekstür profil analizi üzerine bir derleme”, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(4), 2836-2848, (2021).

Espinosa-Solis, V., Zamudio-Flores, P. B., Tirado-Gallegos, J. M., Ramírez-Mancinas, S., Olivas-Orozco, G. I., Espino-Díaz, M., ... and Baeza-Jiménez, R., “Evaluation of cooking quality, nutritional and texture characteristics of pasta added with oat bran and apple flour”, *Foods*, 8(8), 299, (2019).

European Food Safety Authority (EFSA), “Dietary reference values for nutrients summary report”, (Vol. 14, No. 12, p. e15121E), (2017).

FDA Daily value and percent daily value on the nutrition and supplement facts labels. Available online: <https://www.fda.gov/media/135301/download> (Accessed on: 29.08.2023)

Fidan. S., “Türkiye’de Çerezlik Kabak Yetiştiriciliği”, *Çerezlik Kabak Çalıştayı*, Kayseri, 63-64, (2014).

Garcia-Valle, D. E., Agama-Acevedo, E., Alvarez-Ramirez, J. and Bello-Perez, L. A., “Semolina pasta replaced with whole unripe plantain flour: chemical, cooking quality, texture, and starch digestibility”, *Starch-Stärke*, 72(9-10), 1900097, (2020).

George S. and Nazni P., “Antidepressive Activity of Processed Pumpkin (*Cucurbita maxima*) Seeds on Rats”, *International Journal of Pharmaceutical and Bio-Medical Science*, 1:225–231, (2012).

Gharibzahedi, S. M. T., and Jafari, S. M., “The importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortification, processing effects and nanoencapsulation”, *Trends in Food Science & Technology*, 62, 119-132, (2017).

Gözükara, Ö. İ., “Balkabağı tozunun fizikokimyasal ve sorpsiyon özellikleri üzerine kurutma metotlarının etkisi ve balkabağı tozunun kek üretiminde kullanımı”, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2013).

Gill N., Bali M., “*Cucurbita pepo* Tohumlarından Anti Ülser Cucurbitane Tipi Triterpenoidin İzolasyonu”, *Research Journal of Phytochemistry*, 5, 70–79, (2011).

Gonzalez, J.J., McCarthy, K.L. and McCarthy, M.J., “Textural and Structural Changes in Lasagna After Cooking”, *Journal of Texture Studies*, 31(1), 93-108, (2000).

Gull, A., Prasad, K., and Kumar, P., “Nutritional, antioxidant, microstructural and pasting properties of functional pasta”, *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(2), 147-153, (2018).

Gupta, A., Sharma, S. and Surasani, V. K. R., “Quinoa protein isolate supplemented pasta: Nutritional, physical, textural and morphological characterization”, *LWT-Food Science and Technology*, 135, 110045, (2021).

Güzel Seydim, Z. B. (Ed.), *Fonksiyonel Beslenme*, İzmir: Sidas Medya Ltd. Şti., 203-224, (2020).

Hager, A. S., Zannini, E. and Arendt, E. K., “Gluten-free pasta-Advances in research and commercialization”, *Cereal Foods World*, 57(5), 225-229, (2012).

Hayıt F., Acun S, Gül H., “Ticari Olarak Satışta Olan Glutensiz Makarnaların Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Tekstürel Kalitelerinin Belirlenmesi”, *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*; 6(1), 700-719, (2023).

Horzum, M., “Endüstriyel artık olan elma posasından diyet lifi üretimi optimizasyonu ve partikül boyutun teknolojik özelliklere etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi*, Kayseri, (2018).

Jayasena, V. and Nasar-Abbas, S. M., “Development and quality evaluation of highprotein and high-dietary-fiber pasta using lupin flour”, *Journal of Texture Studies*, 43, 153-163, 134, (2012).

Jhans, B., Kaur, G., Gupta, A., Singh, A., Sharma, S. and Sharma, R., “Functional, bioactive and morphological properties of purple wheat bran enriched pasta”, *International Journal of Food Science & Technology*, 58(3), 1241-1249, (2023).

Jukić, M., Lukinac, J., Čuljak, J., Pavlović, M., Šubarić, D. and Koceva Komlenić, D., “Quality evaluation of biscuits produced from composite blends of pumpkin seed oil press cake and wheat flour”, *International Journal of Food Science & Technology*, 54(3), 602-609, (2019).

Kaçar, B. ve İnal, A., *Bitki Analizleri*, Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık, (2008).

Kamali Roustia, L., Azizi Tabrizzad, M. H., Amini, M., Tavakoli, M. and Yahyavi, M., “A review: New Approach to Enrich Pasta with fruits and vegetables”, *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 17(103), 129-149, (2020).

Kamel, S.B., Dawson, H. and Kakuda, Y., “Characteristics and composition of melon and grape seed oils and flours”, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 65, 881-883, (1985).

Kanareikina, S. G., Kanareikin, V. I., Ganieva, E. S., Burakovskaya, N. V., Shadrin, M. A., Khalepo, O., ... and Voskanyan, O. S., “The structure development of yogurt with vegetable ingredients”, *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(2), 1587-1592, (2019).

Karmel, B.S., Deman, J.M., Blackman, B., “Nutritional fatty acid and oil characteristics of different agricultural seed”, *Food Technology*, 17, 263–267 (1982).

Kaur, G., Sharma, S., Nagi, H. P. S. and Dar, B. N., “Functional properties of pasta enriched with variable cereal brans”, *Journal of Food Science and Technology*, 40(4), 467-474, (2012).

Kaur, G., Sharma, S., Nagi, H. P. S. and Ranote, P. S., “Enrichment of pasta with different plant proteins”, *Journal of Food Science and Technology*, 50, 1000-1005, (2013).

Kaur, M. and Sharma, S., “Development and nutritional evaluation of cake supplemented with pumpkin seed flour”, *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 37(3), 232-236, (2018).

Kim, M. Y., Kim, E. J., Kim, Y. N., Choi, C. and Lee, B. H., “Comparison of the chemical compositions and nutritive values of various pumpkin (Cucurbitaceae) species and parts”, *Nutrition Research and Practice*, 6(1), 21-27, (2012).

Kim, Y., Kee, J. I., Lee, S. and Yoo, S. H., “Quality improvement of rice noodle restructured with rice protein isolate and transglutaminase”, *Food Chemistry*, 145, 409-416, (2014).

Koli, D. K., Rudra, S. G., Bhowmik, A. and Pabbi, S., “Nutritional, functional, textural and sensory evaluation of Spirulina enriched green pasta: A potential dietary and health supplement”, *Foods*, 11(7), 979, (2022).

Köten, M. ve Sabri, Ü. N. S. A., “Türkiye’de Üretilen Makarnaların Bazı Kimyasal Bileşimlerinin ve Pişme Kalitelerinin Belirlenmesi”, *Gıda*, 39(1), 33-40, (2014).

Krawęcka, A., Sobota, A., Ivanišová, E., Harangozo, L., Valková, V., Zielińska, E., ... and Mildner-Szkudlarz, S., “Effect of Black Cumin Cake Addition on the Chemical Composition, Glycemic Index, Antioxidant Activity, and Cooking Quality of Durum Wheat Pasta”, *Molecules*, 27(19), 6342, (2022).

Kultys, E. and Moczowska-Wyrwisz, M., “Effect of using carrot pomace and beetroot-apple pomace on physicochemical and sensory properties of pasta”, *LWT-Food Science and Technology*, 168, 113858, (2022).

Kumari, N., Sindhu, S. C., Kumari, V. and Rani, V., “Nutritional evaluation of developed value added biscuits incorporating germinated pumpkin seed flour”, *Journal of pharmacognosy and phytochemistry*, 9(5), 2802-2806, (2020).

Larrosa, V., Lorenzo, G., Zaritzky, N. and Califano, A., “Improvement of the texture and quality of cooked gluten-free pasta”, *LWT-Food Science and Technology*, 70, 96-103, (2016).

Lee, W. J. and Lucey, J. A., “Formation and physical properties of yogurt”, *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(9), 1127-1136, (2010).

Litvynchuk, S., Galenko, O., Cavicchi, A., Ceccanti, C., Mignani, C., Guidi, L. and Shevchenko, A., “Conformational changes in the structure of dough and bread enriched with pumpkin seed flour”, *Plants*, 11(20), 2762, (2022).

Liu, T., Hamid, N., Kantono, K., Pereira, L., Farouk, M. M. and Knowles, S. O., “Effects of meat addition on pasta structure, nutrition and in vitro digestibility”, *Food Chemistry*, 213, 108-114, (2016).

Liubych, V., Novikov, V., Pushka, O., Pushka, I., Cherchel, V., Kyrpa, M., ... and Moskalets, T., “Development of the recipe of pasta with pumpkin flour”, *EUREKA: Life Sciences*, (1), 57-65, (2023).

Maheshwari, P., Prasad, N. and Batra, E., “Papitas -The Underutilized Byproduct and the Future Cash Crop- A Review”, *American International Journal of Research in Formal, Applied & Natural Sciences*, 12(1), 31-34, (2015).

Majid, A. K., Ahmed, Z. and Khan, R., “Effect of pumpkin seed oil on cholesterol fractions and systolic/diastolic blood pressure”, *Food Science and Technology*, 40, 769-777, (2020).

Makhlouf, S., Jones, S., Ye, S. H., Sancho-Madriz, M., Burns-Whitmore, B. and Li, Y. O., “Effect of selected dietary fibre sources and addition levels on physical and cooking quality attributes of fibre-enhanced pasta”, *Food Quality and Safety*, 3(2), 117-127, (2019).

Marti, A., Fongaro, L., Rossi, M., Lucisano, M. and Pagani M. A., “Quality characteristics of dried pasta enriched with buckwheat flour”, *International Journal of Food Science & Technology*, 46, 2393-2400, (2011).

Mercier, S., Moresoli, C., Mondor, M., Villeneuve, S. and Marcos, B., “A meta-analysis of enriched pasta: What are the effects of enrichment and process specifications on the quality attributes of pasta?”, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(4), 685-704, (2016).

Mironeasa, S. and Codina, G. G., “Effects of the pumpkin seed addition on bread quality of wheat flour with a very good quality for bread making”, *In Modern Technologies in the Food Industry*, 229-237, (2016).

Nameni, R. O., Woumbo, C. Y., Kengne, A. P., Zokou, R., Tekou, F. A., Nguekouo, P. T. and Kuate, D., “Effects of stifled cooking on the quality and lipid-lowering potential of oils extracted from two species of pumpkin seeds (*Citrullus lanatus* and *Cucumeropsis mannii*)”, *Pharmacology*, 4(1), 47, (2021).

Nawirska, A., Figiel, A., Kucharska, A. Z., Sokół-Łętowska, A. and Biesiada, A., “Drying kinetics and quality parameters of pumpkin slices dehydrated using different methods”, *Journal of Food Engineering*, 94(1), 14-20, (2009).

Nyam, K. L., Lau, M. and Tan, C. P., “Fibre from pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seeds and rinds: physico-chemical properties, antioxidant capacity and application as bakery product ingredients”, *Malaysian Journal of Nutrition*, 19(1), 99-109, (2013).

Nwofia, G. E., Victoria, N. N. and Blessing, K. N., “Nutritional variation in fruits and seeds of pumpkins (*Cucurbita Spp*) accessions from Nigeria”, *Pakistan Journal of Nutrition*, 11(10), 848, (2012).

Özgören, E., “Balık eti kullanımının makarnanın kalite özelliklerine etkisi”, Doktora Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli, (2019).

Öztürk, T. and Turhan, S., “Physicochemical properties of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seed kernel flour and its utilization in beef meatballs as a fat replacer and functional ingredient”, *Journal of food processing and preservation*, 44(9), e14695, (2020).

Padalino, L., Mastromatteo, M., Lecce, L., Cozzolino, F., Del Nobile, M.A., “Manufacture and characterization of gluten-free spaghetti enriched with vegetable flour”, *Journal of Cereal Science*, 57(3), 333-342, (2013).

Park, Y. W., Bell, L. N., “Determination of moisture and ash contents of foods”, *Food Science And Technology-New York-Marcel Dekker*, 138(1), 55, (2004).

Parry, J. W., Cheng, Z., Moore, J. and Yu, L. L., “Fatty acid composition, antioxidant properties, and antiproliferative capacity of selected cold-pressed seed flours”, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 85, 457-464, (2008).

Patel, K., Soni, A. and Tripathi, R., “Pumpkin seed: Nutritional composition, health benefits”, *Magnesium*, 3(12), 190-92, (2023).

Peleg, M., “The instrumental texture profile analysis revisited”, *Journal of Texture Studies*, 50(5), 362-368, (2019).

Peng, M., Lu, D., Liu, J., Jiang, B. and Chen, J., “Effect of roasting on the antioxidant activity, phenolic composition, and nutritional quality of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seeds”, *Frontiers in Nutrition*, 8, 647354, (2021).

Peressini, D., Cavarape, A., Brennan, M. A., Gao, J., Brennan, C. S., “Viscoelastic properties of durum wheat doughs enriched with soluble dietary fibres in relation to pasta-making performance and glycaemic response of spaghetti”, *Food Hydrocolloids*, 102, Article 105613, (2020).

Petitot, M., Boyer, L., Minier, C. and Micard, V., “Fortification of pasta with split pea and faba bean flours: Pasta processing and quality evaluation”, *Food Research International*, 43(2), 634-641, (2010).

Piwińska, M., Wyrwisz, J., Kurek, M. and Wierzbicka, A., “Hydration and physical properties of vacuum-dried durum wheat semolina pasta with high-fiber oat powder”, *LWT-Food Science and Technology*, 63(1), 647-653, (2015).

Piwińska, M., Wyrwisz, J., Marcin Andrzej Kurek, Wierzbicka, A., “Effect of drying methods on the physical properties of durum wheat pasta”, *CyTA - Journal of Food*, 14(4), 523–528, (2016).

Potočnik, T., Ogrinc, N., Potočnik, D. and Košir, I. J., “Fatty acid composition and $\delta^{13}\text{C}$ isotopic ratio characterisation of pumpkin seed oil”, *Journal of Food Composition and Analysis*, 53, 85-90, (2016).

Pozan, K., “Erişte üretiminde kavun çekirdeği tozu kullanımı ve bazı özelliklerinin belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2019).

Qdais, H. A., Abdulla, F. and Qrenawi, L., “Solid waste landfills as a source of green energy: Case study of Al Akeeder landfill”, *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 4(1), 69-74, (2010).

Quirós-Sauceda, A. E., Palafox-Carlos, H., Sáyago-Ayerdi, S. G., Ayala-Zavala, J. F., Bello-Perez, L. A., Alvarez-Parrilla, E., ... and González-Aguilar, G. A., “Dietary fiber and phenolic compounds as functional ingredients: interaction and possible effect after ingestion”, *Food & Function*, 5(6), 1063-1072, (2014).

Rahman, M. S., Al-Attabi, Z. H., Al-Habsi, N. and Al-Khusaibi, M., “Measurement of instrumental texture profile analysis (TPA) of foods”, *Techniques to Measure Food Safety and Quality: Microbial, Chemical, and Sensory*, 427-465, (2021).

Raina, S., Gupta, A., Singh, A., Surasani, V. K. R. and Sharma, S., “Functionality of pasta enriched with pumpkin seed meal: cooking quality, techno-functional properties, textural and structural characterisation”, *International Journal of Food Science & Technology*, 58(5), 2735-2743, (2023).

Rajeswari, G., Susanna, S., Prabhasankar, P. and Venkateswara, Rao, G., “Influence of onion powder and its hydrocolloid blends on pasta dough, pasting, microstructure, cooking and sensory characteristics”, *Food Biosci*, 4, 13-20, (2013).

Rani, R., Kumar, S. and Yadav, S., “Pumpkin and chia seed as dietary fibre source in meat products: A review”, *The Pharma Innovation Journal*, 10, 477-485, (2021).

Rouag, M., Berrouague, S., Djaber, N., Khaldi, T., Boumendjel, M., Taibi, F., ... and Messarah, M., “Pumpkin seed oil alleviates oxidative stress and liver damage induced by sodium nitrate in adult rats: biochemical and histological approach”, *African Health Sciences*, 20(1), 413-425, (2020).

Saleh, M., Lee, Y. and Obeidat, H., “Effects of incorporating nonmodified sweet potato (*Ipomoea batatas*) flour on wheat pasta functional characteristics”, *Journal of Texture Studies*, 49(5), 512-519, (2018).

Samur, G., “*Vitaminler, mineraller ve sağlığımız*”, Sağlık Bakanlığı Yayın No: 727, Klasmat Matbaacılık, Ankara, (2008).

Sawaya, N.W., Dagher, J.N. and Khan, P., “Chemical characterization and edibility of oil extracted from *Citrullus colocynthis* seeds”, *Journal of Food Science*, 48, 104-106, (1983).

Shanshan, N. M. and Bushuty, D. H. E., “Effect of Natural Additions from Marjoram and Pumpkin Seeds on the Rheological and Sensory Properties of Wheat Flour Bread”, *Research Journal Specific Education*, Faculty of Specific Education, Mansoura University, (2011).

Sharma, P., Kaur, G., Kehinde, B. A., Chhikara, N., Panghal, A. and Kaur, H., “Pharmacological and biomedical uses of extracts of pumpkin and its relatives and applications in the food industry: a review”, *International Journal of Vegetable Science*, 26(1), 79-95, (2020).

Sharma, S., Joshi, S., Gupta, A., Sharma, R., Sandhu, S. K. and Singh, B., “Influence of quality protein maize enrichment on the antioxidant, protein profile, in vitro digestibility and quality characteristics of pasta”, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17(6), 6236-6252, (2023).

Smith, J. P., Daifas, D. P., El-Khoury, W., Koukoutsis, J. and El-Khoury, A., “Shelf life and safety concerns of bakery products—a review”, *Critical reviews in food science and nutrition*, 44(1), 19-55, (2004).

Sobczak, P., Zawisław, K., Starek, A., Żukiewicz-Sobczak, W., Sagan, A., Zdybel, B. and Andrejko, D., “Compaction process as a concept of press-cake production from organic waste”, *Sustainability*, 12(4), 1567, (2020).

Song, X., Zhu, W., Pei, Y., Ai, Z. and Chen, J., “Effects of wheat bran with different colors on the qualities of dry noodles”, *Journal of Cereal Science*, 58(3), 400-407, (2013).

Song, Z., “Chemical Compositions of the Selected Cold-Pressed Seed Flours and Their Free Radical Scavenging and Anti-Proliferative Capacities”, Doctoral dissertation, University of Maryland, College Park, (2019).

Souci, S. W., Fachman, H., Kraut, E., *Foods composition and nutrition tables*, Stuttgart: Medpharm GmbH Scientific Publishers, (2000).

Steiner-Asiedu, M., Nuro-Ameyaw, P., Agbemaflé, I., Hammond, S. H. and Tano-Debrah, K., “Research Article Nutrient Composition and Protein Quality of Four Species of the Cucurbitaceae Family”, *Advance Journal of Food Science and Technology*, 6(7), 843-851, (2014).

Stevenson, D. G., Eller, F. J., Wang, L., Jane, J., Wang, T. and Inglett, G. E., “Oil and tocopherol content and composition of pumpkin seed oil in 12 cultivars”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 4005–4013, (2007).

Sujka, K., Cacak-Pietrzak, G., Sułek, A., Murgrabia, K. and Dziki, D., “Buckwheat hull-enriched pasta: Physicochemical and sensory properties”, *Molecules*, 27(13), 4065, (2022).

Sunulu, S. ve Yağcıoğlu, M., “Kayseride çerezlik kabak (*Cucurbita pepo* L.) üreticilerinin işletme, pazarlama ve üretim teknikleri durumu”, Çerezlik Kabak Çalıştayı, Kayseri, 13-14, (2014).

Surasani, V. K. R., Singh, A., Gupta, A. and Sharma, S., “Functionality and cooking characteristics of pasta supplemented with protein isolate from pangas processing waste”, *LWT-Food Science and Technology*, 111, 443-448, (2019).

Sykut-Domańska, E., Zarzycki, P., Sobota, A., Teterycz, D., Wirkijowska, A., Blicharz-Kania, A., ... and Mazurkiewicz, J., “The potential use of by-products from coconut industry for production of pasta”, *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(7), e14490, (2020).

Szczesniak, A. S., “Texture is a sensory property”, *Food quality and preference*, 13(4), 215-225, (2002).

Teterycz, D., Sobota, A., Przygodzka, D. and Łysakowska, P., “Hemp seed (*Cannabis sativa* L.) enriched pasta: Physicochemical properties and quality evaluation”, *Plos one*, 16(3), e0248790, (2021).

Teterycz, D., Sobota, A., Zarzycki, P. and Latoch, A., “Legume flour as a natural colouring component in pasta production”, *Journal of Food Science and Technology*, 57, 301-309, (2020).

Topcu, A., Saldamlı, İ. ve Sağlam, F., “Vitaminler ve mineraller”, (ed: İ. Saldamlı), Gıda Kimyası, Ankara: Hacettepe Üniversitesi Yayınları, 411-478, (2014).

Topuz A., Mert, H., “Beslenme, Lipitler ve Ateroskleroz Oluşumu”, Sağlık Bilimleri Alanında Uluslararası Araştırmalar X, 159, (2022).

Tuna, H. E., “Gıda atığı olan vişne, nar, kabak ve kayısı çekirdeklerinin kek üretiminde değerlendirilmesi”, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2015).

Villamil, R. A., Escobar, N., Romero, L. N., Huesa, R., Plazas, A. V., Gutiérrez, C. and Robelto, G. E., “Perspectives of pumpkin pulp and pumpkin shell and seeds uses as ingredients in food formulation”, *Nutrition & Food Science*, 53(2), 459-473, (2023).

Vujasinovic, V., Djilas, S., Dimic, E., Romanic, R., Takaci, A., “Shelf life of coldpressed pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seed oil obtained with a screw press”, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 87, 1497–1505, (2010).

Wang, J., Brennan, M. A., Serventi, L. and Brennan, C. S., “Impact of functional vegetable ingredients on the technical and nutritional quality of pasta”, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(22), 6069-6080, (2022).

Xanthopoulou, M. N., Nomikos, T., Fragopoulou, E. and Antonopoulou, S., “Antioxidant and lipoxygenase inhibitory activities of pumpkin seed extracts”, *Food Research International*, 42(5-6), 641-646, (2009).

Yamauchi, J., *Handbook of color science*, Tokyo: Japanese Academy of Color Science, (1989).

Zaky, A. A., Hussein, A. S., Mostafa, S. and Abd El-Aty, A. M., “Impact of Sunflower Meal Protein Isolate Supplementation on Pasta Quality”, *Separations*, 9(12), 429, (2022).

Zarzycki, P., Sykut-Domańska, E., Sobota, A., Teterycz, D., Krawęcka, A., Blicharz-Kania, A., ... and Zdybel, B., “Flaxseed enriched pasta—chemical composition and cooking quality”, *Foods*, 9(4), 404, (2020).

Zen, C. K., Tiepo, C. B. V., da Silva, R. V., Reinehr, C. O., Gutkoski, L. C., Oro, T. and Colla, L. M., “Development of functional pasta with microencapsulated Spirulina: Technological and sensorial effects”, *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 100(5), 2018-2026, (2020).

Zlateva, D., Stefanova, D., Chochkov, R. M. and Ivanova, P., “Study on the impact of pumpkin seed flour on mineral content of wheat bread”, *Food Science and Applied Biotechnology*, 5(2), 131-139, (2022).

Zouari, N., Abid, M., Fakhfakh, N., Ayadi, M. A., Zorgui, L., Ayadi, M. and Attia, H., “Blue-green algae (*Arthrospira platensis*) as an ingredient in pasta: free radical scavenging activity, sensory and cooking characteristics evaluation”, *International journal of food sciences and nutrition*, 62(8), 811-813, (2011).



EKLER

6. EKLER

EK A: Duyusal Analiz Formu

Panelist Numarası:

Sayın panelist,

Size, toplam 4 (dört) adet makarna örneği sunulacaktır. Lütfen makarnaları sunum sırasına göre inceleyiniz. Makarnaların özellikleri hakkındaki düşüncelerinizi işaretlemek için kutucuklardan birine çarpı işareti (X) koymanız yeterli olacaktır.

Makarna örneklerini tatmaya başlamadan ve bir sonraki makarnanın tadına bakmadan önce bir miktar su içiniz.

MAKARNA NUMARASI:

1. Makarnanın **RENGİNİ** inceleyip, düşüncenizi işaretleyiniz.

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Aşırı kötü	Çok kötü	Kötü	Orta	İyi	Çok iyi	Mükemmel

2. Makarnanın **KOKUSUNU** inceleyip, düşüncenizi işaretleyiniz.

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Aşırı kötü	Çok kötü	Kötü	Orta	İyi	Çok iyi	Mükemmel

3. Makarnanın tadımını yaptıktan sonra **LEZZETİNİ** inceleyip, düşüncenizi işaretleyiniz.

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Aşırı kötü	Çok kötü	Kötü	Orta	İyi	Çok iyi	Mükemmel

4. Makarnanın **TEKSTÜRÜNÜ** (*çiğnerken hissedilen doku özelliklerinin tümü*) inceleyip, düşüncenizi işaretleyiniz.

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Aşırı kötü	Çok kötü	Kötü	Orta	İyi	Çok iyi	Mükemmel

5. Makarna ile ilgili olarak **GENEL BEĞENİNİZ** hakkındaki düşüncenizi işaretleyiniz.

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Aşırı kötü	Çok kötü	Kötü	Orta	İyi	Çok iyi	Mükemmel