



**BUĞDAY VİTAL VE DENATÜRE GLUTEN
PROTEİNLERİNİN AROMA MADDELERİ BAĞLAMA
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FATMA GÜLER

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**MERSİN
KASIM-2023**

**BUĞDAY VİTAL VE DENATÜRE GLUTEN
PROTEİNLERİNİN
AROMA MADDELERİ BAĞLAMA ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FATMA GÜLER

ORCID ID: 0000-0003-3261-4691

MERSİN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

PROF. DR. SEDAT SAYAR

ORCID ID: 0000-0001-8757-993X

MERSİN

KASIM – 2023

ÖZET

BUĞDAY VİTAL VE DENATÜRE GLUTEN PROTEİNLERİNİN AROMA MADDELERİ BAĞLAMA ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Bu çalışmada buğday unu kullanılarak vital gluten ve denatüre gluten proteinleri elde edilmiştir. Elde edilen glutenlerde nem, kül, protein, yağ, renk, verim, su ve yağ tutma gibi kalite özellikleri analiz edilmiştir. Tez çalışmasının asıl amacı ise bu vital ve denatüre glutenleri içeren model hamurların fırınlanması sonucu aroma maddelerinin ürünlerden salınımını takip etmektir. Bu çalışmada sadece un, denatüre gluten katkılı un ve vital gluten katkılı un kullanılarak her üründe ayrı ayrı olacak şekilde timol, limonen ve diasetil aromalarını içeren model hamur üretimi yapılmıştır. Elde edilen üründe nem, renk analizleri ve GC-SPME (Katı faz mikroekstraksiyon) yöntemi ile aroma tayini yapılarak vital gluten ve denatüre glutenin etkisi incelenmiştir. Çalışmada buğday unundan elde edilen glutenin gluten indeks değeri ortalama %73, kuru gluten içeriği %12,5 olarak belirlenmiştir. Kurutma işlemleri sonrasında vital ve denatüre glutende sırasıyla yağ içeriği %0,79 ve %0,03; gluten verimi 29,0 g ve 21,4 g; su tutma kapasitesi %234 ve %297; yağ tutma kapasitesi ise %221 ve %217 olarak tespit edilmiştir. Vital ve denatüre gluten için sırasıyla L* (parlaklık) değerleri 78,10 ve 59,24; a* (kırmızılık) değerleri 0,98 ve 9,43; b* (sarılık) değerleri 13,43 ve 20,84 olarak ölçülmüştür. Model hamurdan elde edilen ürünlerde GC-SPME ile yapılan aroma analizinde elde edilen pik alanları üzerinden değerlendirildiğinde genel olarak vital gluten katkılı hamurun sade un ve denatüre katkılı una göre aromayı daha fazla tuttuğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Buğday, denatüre gluten, vital gluten, aroma maddeleri, GC-SPME

Danışman: Prof. Dr. Sedat SAYAR, Mersin Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Mersin

ABSTRACT

INVESTIGATION OF AROMA BINDING PROPERTIES OF WHEAT VITAL AND DENATURED GLUTEN PROTEINS

In this study, vital gluten and denatured gluten proteins were obtained by using wheat flour. Necessary analyzes were carried out on the obtained glutes in terms of quality characteristics such as moisture, ash, protein, fat, color, yield, water and oil retention. The main purpose of the thesis is to use gluten as an additive and to monitor the release of aroma substances added to the model dough sample produced with this additive. In this study, model dough containing thymol, limonene and diacetyl aromas was produced separately for each product, using only flour, denatured gluten-added flour and vital gluten-added flour. The effects of vital gluten and denatured gluten were examined in the resulting product by determining moisture, color and aroma using the GC-SPME (Solid phase microextraction) method. When we look at the results, the average gluten index value of the gluten obtained from wheat flour before drying is 73%, the dry gluten content is 12.5%; was determined as. After drying processes, the fat content of vital and denatured gluten was 0.79% and 0.03%, respectively; gluten yield 29.0 g and 21.4 g; water holding capacity 234% and 297%; The oil retention capacity was determined as 221% and 217%. In the color analysis for vital and denatured gluten, L* (brightness) values were 78.10 and 59.24, respectively; a* (redness) values 0.98 and 9.43; b* (yellowness) values were measured as 13.43 and 20.84. These results were compared with the literature. When evaluated based on the peak areas obtained in the aroma analysis performed with GC-SPME in the model dough, it was concluded that, in general, the vital gluten added dough retained the aroma compared to plain flour and denatured flour.

Keywords: Wheat, denatured gluten, vital gluten, aroma compounds, GC-SPME

Advisor: Prof. Dr. Sedat SAYAR, Mersin University, Department of Food Engineering, Mersin

TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca deneyim ve bilgi birikimlerinden yararlandığım sayın hocam Prof. Dr. Sedat SAYAR'a eğitimim boyunca beni destekleyip her konuda yardımcı olduğu ve bu süreçte başarıya ulaşmam için gereken motivasyonu bana kazandırdığı için sonsuz teşekkür ediyorum.

Tez çalışmamı 2021-1-TP2-4312 numaralı araştırma projesi proje ile destekleyen Mersin Üniversitesi Projeler Birimi (BAP)'ne teşekkür ederim.

Lisans eğitimimi de aldığım Mersin Üniversitesinde Gıda Mühendisliği bölümündeki tüm hocalarıma temelde gerekli olan tüm bilgi birikimini bana sağladıkları ve bu süreçte bana örnek teşkil ettikleri için sonsuz teşekkür ediyorum.

Mersin Üniversitesi Gıda Mühendisliği bölümünde bulunan ve daha öncesi mezun olmuş tüm doktora ve yüksek lisans öğrencisi arkadaşlarıma bana her konuda yardımcı oldukları için sonsuz teşekkür ediyorum.

Son olarak hayatım boyunca her zaman ve her koşulda yanımda olan bana her zaman inanan ve destekleyen aileme sonsuz teşekkür ediyorum.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇ KAPAK	ii
ONAY	iii
ETİK BEYAN	iv
ÖZET	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
TABLOLAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Buğday	3
2.2. Buğday Proteinleri	4
2.3. Vital Gluten	7
2.4. Vital Gluten İşlevleri	8
2.5. Vital Gluten Kullanım Alanları	9
2.6. Aroma Maddeleri	9
2.7. Literatür Çalışmaları	10
3. MATERYAL VE YÖNTEM	12
3.1. Materyal	12
3.2. Yöntem	12
3.2.1. Buğday Ununda Yapılan Analizler	12
3.2.1.1. Nem Tayini	13
3.2.1.2. Protein Tayini	13
3.2.1.3. Toplam Yağ Miktarı Tayini	14
3.2.1.4. Kül Tayini	15
3.2.1.5. Yaş Gluten (Yaş Öz) Miktarı Tayini	15
3.2.1.6. Kuru Gluten Miktarı ve Gluten İndeks Değeri Tayini	15
3.2.2. Vital Gluten Üretimi	16
3.2.3. Denatüre Gluten Üretimi	16
3.2.4. Vital ve Denatüre Gluten Örneklerinde Yapılan Analizler	17
3.2.4.1. Nem Tayini	17
3.2.4.2. Protein Tayini	17
3.2.4.3. Toplam Yağ Tayini	17
3.2.4.4. Kül Tayini	17
3.2.4.5. Gluten Verimi	17
3.2.4.6. Su Tutma ve Yağ Tutma Kapasitesi	18
3.2.4.7. Renk Analizi	18
3.2.5. Model Hamur Üretimi	18
3.2.6. Model Hamurda Yapılan Analizler	18
3.2.6.1. Nem Analizi	18
3.2.6.2. Renk Analizi	19
3.2.6.3. GC-SPME ile Aroma Analizi	19
3.2.6.4. İstatistiksel Analizler ve Verilerin Değerlendirilmesi	20
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	21
4.1. Buğday Unu Temel Bileşim Öğeleri	21
4.2. Gluten Analizleri	21
4.3. Vital ve Denatüre Gluten Örneklerinde Yapılan Analizler	22
4.3.1. Vital ve denatüre gluten örneklerinin temel bileşim öğeleri	23
4.3.2. Gluten Verimi	26
4.3.3. Su Tutma ve Yağ Tutma Kapasitesi	26

4.3.4. Renk Analizi	28
4.4. Model Hamurda Yapılan Analizler	29
4.4.1. Nem Analizi	29
4.4.2. Renk Analizi	30
4.4.3. GC-SPME ile Aroma Analizi	30
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	33
KAYNAKLAR	34
EK1 GC-SPME Analizi Timol İçin Elde Edilen Pik Grafikleri	40
EK2 GC-SPME Analizi Limonen İçin Elde Edilen Pik Grafikleri	41
ÖZGEÇMİŞ	42



TABLolar DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 1.1. Farklı proteinlerin esansiyel amino asit oranı	4
Tablo 2.1. Vital gluten için belirli spesifikasyonlar	8
Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan aroma maddeleri ile ilgili temel bilgiler	12
Tablo 3.2. Model hamur formülasyonu	19
Tablo 4.1. Çalışmada kullanılan buğday unu örneğinin bazı özellikleri	21
Tablo 4.2. Buğday unu örneğinden elde edilen glutenin bazı özellikleri	22
Tablo 4.3. Çalışmada kullanılan buğday unu örneğinin bazı özellikleri	23
Tablo 4.4. Vital gluten ve denatüre gluten için verim değerleri	26
Tablo 4.5. Vital ve denatüre gluten için su tutma ve yağ tutma değerleri	27
Tablo 4.6. Vital ve denatüre gluten renk ölçüm sonuçları	29
Tablo 4.7. Model hamurlardan elde edilen ürünlerin renk analizi sonuçları	29

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Buğday yapısında bulunan temel kısımlar	4
Şekil 2.2. Yoğurma ile glutenin ve gliadin arasında oluşan bağlar	5
Şekil 2.3. Gluten proteini elektron mikroskop görüntüsü	6
Şekil 2.4. Kullanıma hazır vital gluten	7
Şekil 2.5. Belirli oranlarda vital gluten takviyesi yapılmış buğday ekmeğinde kabarma durumu	9
Şekil 3.1. Titrasyon düzeneği ve uygulaması	14
Şekil 3.2. Soxhelet düzeneği ve işlem sonucu etüve alınan örnekler	14
Şekil 3.3. Üretimi yapılan gluten proteinleri	17
Şekil 3.4. Katı faz mikroekstraksiyonda kullanılan su banyosu düzeneği	20
Şekil 4.1. Vital ve denatüre gluten görselleri (a: vital gluten; b: denatüre gluten)	28
Şekil 4.2. Model hamurlara vital ve denatüre glüten ilavesinin elde edilen ürünlerde aroma bağlama özelliklerine etkisi	31

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltma/Simge	Tanım
AACCI	American Association of Cereal Chemists International
ANOVA	Analysis of Variance
a*	Kırmızılık-Yeşillik
b*	Sarılık-Mavilik
L*	Parlaklık
dk	Dakika
SPME	Katı Faz Mikro Ekstraksiyon
µm	Mikrometre
IWGA	Uluslararası Buğday Gluteni Birliği
%	Yüzde
°C	Santigrat Derece
g	Gram
ml	Mililitre



1. GİRİŞ

Buğday, dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de insan beslenmesindeki en temel gıda maddelerinin elde edildiği tarla bitkisidir. Bununla birlikte, hayvan beslemede, tarla tarımı içerisinde, sosyal ve kültürel yönden de öneme sahip stratejik bir üründür. Tanesinin uygun beslenme yönünden dengeli amino asitler içermesi, taşınma, depolanma, işlenmesindeki kolaylıklar ve geniş adaptasyon sınırları nedeniyle birçok ülkede temel kalori kaynağı konumundadır. Ülkemiz coğrafyası, buğdayın gen merkezi olması nedeniyle yabancı buğday türlerini, buğday akraba türlerini, yerel buğday köy çeşitlerini ve modern buğday ıslah çeşitlerini birlikte barındırdığı için buğday yönünden son derece geniş bir çeşitliliğe ve zenginliğe sahiptir (Atak, 2017).

Buğday kalitesi kullanım şekline göre farklı alanlarda incelenir. Buğdayda işlenmeye uygunluğunu etkileyen faktörler mevsimsel ve kalıtsal olarak iki kısımda incelenir. Yetiştirme, depolama, hasat koşulları mevsimsel faktörler olarak incelenir. Doğal ve ıslah çalışmaları sonucunda meydana gelen değişimler ise kalıtsal faktörler olarak incelenir. Bu iki faktör dışında kaliteye etki eden durumlar sırasıyla iklim, toprak ve çeşittir (Ercan ve ark., 1998).

Buğdaydan elde edilen yaş gluten protein miktarı üretim koşullarına (iklim şartları, toprak özellikleri, son ürün saklama koşulları vb.) göre değişim gösterir. Gluten miktarı fazla ve kalitesi yüksek olan buğdaydan elde edilmiş unda partiküller daha fazla şişer ve hamurda istenilen kalite sağlanmış olur. Bu kalite özelliğini sedimentasyon testi ile anlamak mümkündür. Gluten miktarı fazla olan ve kalitesi iyi olan unlarda sedimentasyon değeri yüksek olur (Menderis ve ark., 2008).

Gluten proteini buğday haricinde çavdar, arpa, yulaf gibi tahıllarda da bulunan bir protein grubudur. Buğday ununda %6-14 arasında bulunan proteinin %78-85'lik kısmını gluten (gliadin + glutenin), %6-12'sini albümin ve %5-11'ini globülinlerin oluşturduğu bilinmektedir (Elgün ve Erugay, 1995). Bu proteinler hamur oluşturan ve hamur oluşturmayanlar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Day, 2011). Gluten proteinleri hamur oluşturan protein grubu olup fırıncılık ürünlerindeki işlevleri oldukça önemlidir. Genel olarak tahıl proteinleri, optimum altı amino asit profilleri ve sınırlı protein sindirilebilirlikleri nedeniyle yüksek kalitede kabul edilmez. Bu nedenle gıda işleme sanayiinde işlevsel özellikleri çok daha belirgin olarak öne çıkmaktadır.

Yapılan literatür taramalarından yola çıkıldığında gluten proteinlerinin daha çok fırıncılık ürünlerine eklenmesi sonucu ürün yapılarında meydana getirdiği değişiklikler ve vital glutenin kalitesi üzerinde yoğunlaşmıştır. Ancak proteinlerin önemli bir diğer özelliği de aroma bağlama kapasiteleridir. Literatürde çeşitli gıdalardan elde edilmiş proteinlerin aroma bağlama özellikleri üzerine çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda daha çok protein ekstraktları-izolatları enkapsülasyon malzemesi olarak kullanılmış ve aroma salınımına etkileri incelenmiştir.

Bilindiği üzere aroma, gıdalarda lezzet bileşiminde etkili kalite kriterlerini, tüketici beğenisini ve ürünün kabul edilebilirliğini büyük ölçüde belirleyen bir etkidir (Yılmaz ve İşleten, 2004). Aroma bileşikleri, oda sıcaklığında buhar fazında bulunan, burun boşluğunda koku alma duyusuyla algılanan

uçucu moleküllerdir. Gıda maddelerinde bulunan bu uçucu aroma maddelerinin buhar fazda salınımının kontrolü gıda matrisinde bulunan uçucu olmayan bileşikler ile etkileşimine bağlıdır. Bu bileşikler proteinler, lipitler, karbonhidratlar ve polifenollerdir (Eker ve Cabaroğlu, 2018). Gıdalarda aroma salınımı kontrolünün bilinmesi, gıda içeriğinin ayarlanması ve gıda işleme proseslerinin geliştirilmesi için büyük bir öneme sahiptir (Yılmaz ve İşleten, 2004). Bu bilgiler doğrultusunda yapılan literatür taramalarında vital veya denatüre gluten proteinlerinin herhangi bir gıda formülasyonunda kullanıldıklarında aroma bağlama ve aroma salınımına etkisini inceleyen herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Sonuç olarak bu çalışmada belirlenmiş yöntemler ve aroma maddeleri (thymol, R-limonen ve diasetil (2,3-butanodione)) ile vital ve denatüre glutenin aroma bağlama özelliği incelenmiştir.



2.KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Buğday

Buğday, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de ekonomik, beslenme, tarla tarımı, sosyal ve kültürel yönden öneme sahip bir tarla bitkisidir. Dünya genelinde yaygın olarak tüketilmesinin ve beslenmede temel kalori kaynağı olarak tercih edilmesinin başlıca sebepleri arasında; tanesinin uygun besleme değeri taşıması, beslenme yönünden dengeli aminoasitler içermesi, yetiştirme, taşıma, depolama, işlenmesindeki kolaylıklar gibi özellikleri sayılabilir. Bununla birlikte buğday yapısında prolamin grubu depo proteinleri (gluten) içermesinden dolayı, günümüz teknolojilerine göre ekmek yapımına en uygun tahıl olması ve tanesinde nötr aromatik bileşikleri içermesi buğdayı dünya genelinde beslenmede en fazla tercih edilen tahıl konumuna getirmiştir (Atak, 2017). Buğday, ekim zamanına, rengine, yapısal özelliklerine, kullanım amacına vb. durumlara göre sınıflandırılabilir. Otsu bir bitkidir, genellikle ılık ve serin iklim koşullarında yetişir.

- Ekim zamanına göre buğday çeşitleri: Yaz buğdayı, kış buğdayı
- Rengine göre buğday çeşitleri: Kırmızı buğday, beyaz buğday
- Yapısına göre buğday çeşitleri: Sert buğday, yumuşak buğday
- Kullanımına göre buğday çeşitleri: Ekmeklik buğday, bisküvilik buğday, durum buğday

Buğday'ın diğer tahıllara göre avantaj sağlayan yönleri;

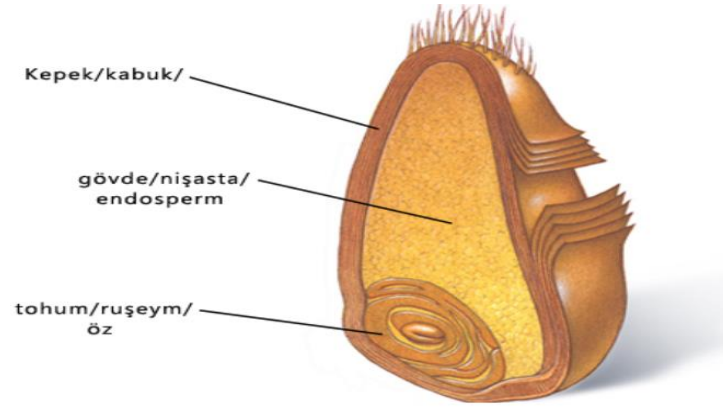
- Yüksek iklimsel adaptasyona sahiptir.
- Kendi kendini dölleme yeteneğine sahip olduğu için genetik stabilitesi yüksektir.
- Tarımı kolay, verimi yüksektir.
- Gluten yapısı sayesinde ekmek yapımı için en uygun tahıldır (Biçer, 2011).

Buğday; ruşeym, endosperm ve kabuk olmak üzere üç temel kısımdan (Şekil 2.1) oluşur. Ruşeym, bitkinin embriyo veya tohum kısmını içerir. Endosperm bitkinin büyümesi için gerekli olan maddelerin bulunduğu bölümdür. Dış kabuk ise, bitkiyi bakteri, küf, böcek ve sert hava koşullarına karşı koruyan alörönun bulunduğu kısımdır (Ceyhun Sezgin ve Bülbül, 2017).

Kepek: Değirmencilikte endospermden ayrılarak hayvan yemi olarak kullanılan kabuk kısmıdır.

Endosperm: Buğdayın un elde edilen kısmıdır. Çimlenme sırasında, bitki için gerekli olan bütün besin öğelerinin deposudur. Yapısındaki hücreleri protein yapısı içine saklı nişasta granülleriyle çevrilidir.

Ruşeym: Tohumun çimlenmesini sağlayan bölümüdür. Yüksek oranda yağlı madde içerir. Erken bozulmaya sebep olduğundan ayrılması tercih edilir.



Şekil 2.1. Buğday yapısında bulunan temel kısımlar

2.2. Buğday Proteinleri

Buğday ununda bulunan proteinler hamur oluşturmaya ve hamur oluşturanlar olmak üzere ikiye ayrılır (Biçer, 2011). Değirmencilik açısından en önemli proteinler; albuminler, globulinler, gliadin, glutenin proteinleridir. Buğdayda bulunan bu proteinler, kuru madde olarak; %4 glutenin, %4 gliadin, %0.4 albumin, %0.7 globulin ve %0.3 proteoz'dan oluşmaktadır (Day, 2011). İşlevsel özelliklerinin yanında gluten proteinlerinin beslenme açısından da önemi vardır. Her ne kadar diğer gıda proteinleriyle karşılaştırılınca esansiyel aminoasit oranı düşük seviyede olsa da aminoasit bileşiminin yaklaşık %25'i esansiyel aminoasitlerden oluşmaktadır (Tablo 1.1).

Tablo 1.1. Farklı proteinlerin esansiyel amino asit oranı (Woychik ve ark., 1961; Wolf ve ark., 1982; McMeekin ve ark., 1949; Shukla ve Cheryan, 2001)

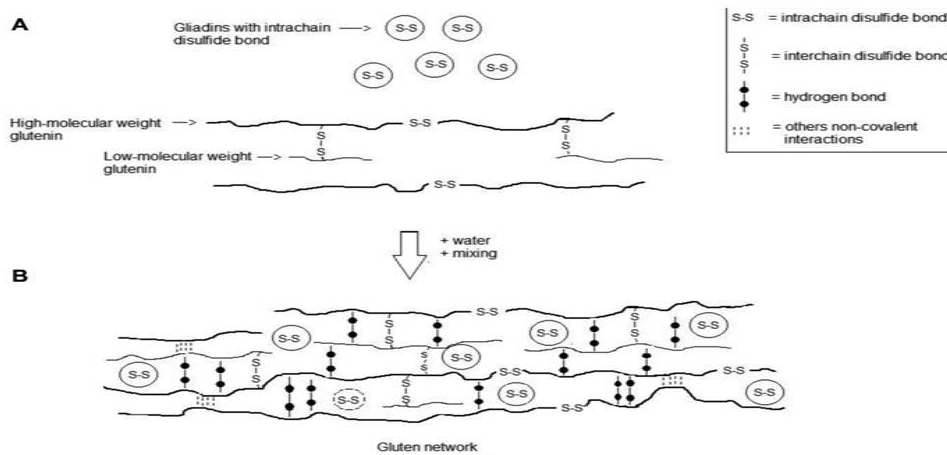
Amino asit	Gluten	Soya Proteini	Kazein	Zein
Lisin	1,12	6,95	7,31	0,30
Threonine	2,34	4,03	4,23	3,03
Methionine	1,69	0,73	2,50	0,60
Valine	3,84	4,83	6,20	4,25
İzolösin	3,75	4,63	5,36	3,95
Lösin	6,38	7,86	8,08	17,73
Fenilalanin	4,60	5,34	4,54	6,48
Triptofan	0,93	-	1,11	4,15
TOPLAM	24,65	34,36	39,33	39,65

Buğday gluten proteinleri çözünürlüklerine göre gliadinler ve gluteninler olarak sınıflandırılmaktadır. Gluteninler polimerik yapıda proteinlerdir ve zayıf asit veya bazik çözeltilerde

çözünen sodyum dodesil sülfat poliakrilamid jel elektroforez (SDS-PAGE) sisteminde moleküler ağırlıklarına göre yüksek moleküler ağırlıklı (HMW, 80-130 kDa) ve düşük moleküler ağırlıklı (LMW, 35-80 kDa) gluteninler olarak gruplandırılmaktadır. Gliadin proteinleri monomerik yapıda ve seyreltik alkolde çözünen (30-75 kDa), asit poliakrilamid jel elektroforez (A-PAGE) sisteminde dört alt gruba ayrılmaktadır. Bu gruplar, sülfürce fakir ve sistein içermeyen ω -gliadinler ile sülfürce zengin ve zincir-içi disülfid bağları yapabilen γ -, β - ve α -gliadinlerdir. Gluteninler hamurun elastik özelliklerinde, gliadinler ise hamurun viskoz ve kohezif özelliklerinde etkilidir (Yüksel ve ark., 2011).

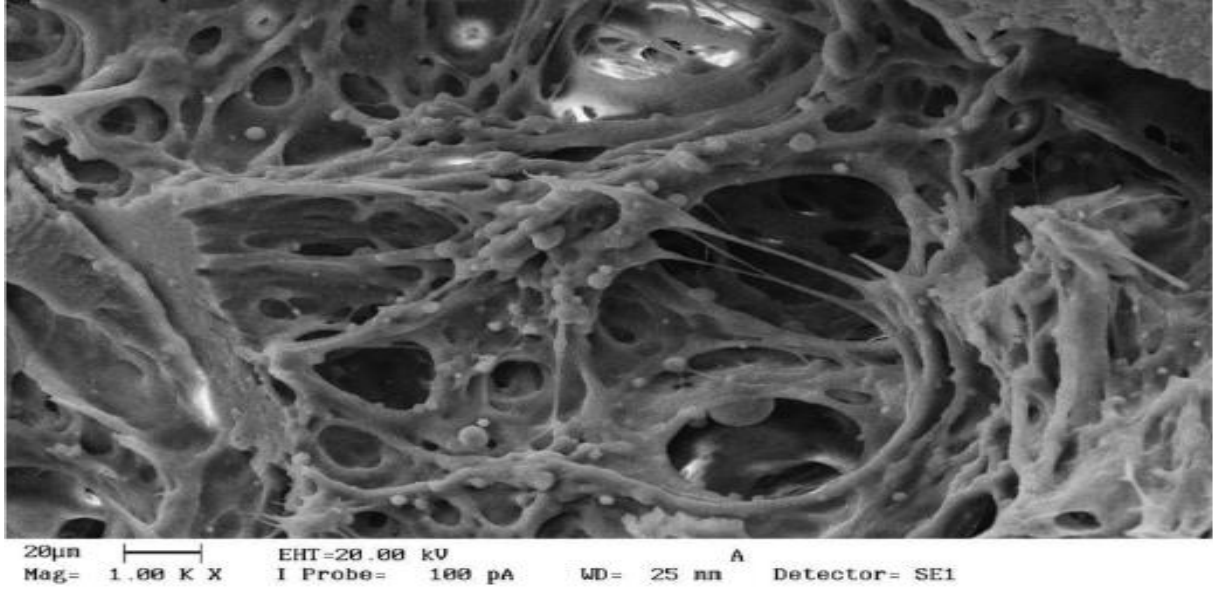
Buğday kırmısından ya da unundan yapılan hamur, tuzlu su ile yıkandığında, nişasta ile albumin ve globulin proteinlerinin tamamına yakın bir kısmı su ile birlikte ortamdan ayrılır, geriye yaş öz kalır. Yapısında 2/3 oranında su tutan yaş özün kurutulması ile kuru öz elde edilir. Kuru öz, başlıca gliadin (%43) ve glutenin (%39)'den oluşmaktadır. Kalan yüzdeler kısmında ise tamamen uzaklaştırılmayan diğer bileşenler mevcuttur. Kuru özün bileşimi içinde yer alan bu bileşenler sırasıyla nişasta (%6.4), diğer proteinler (%4.4), lipidler (%2.8) ve şekerler (%2.1) şeklindedir (Dizlek, 2012).

Buğday unu ile elde edilen hamurun oluşumunda pH 5.3-6.6 arasında gluteni oluşturan gliadin pozitif (+), glutenin ise negatif (-) elektrik yüklüdür, bu nedenle gluten oluşumunda bu iki protein molekülü arasındaki S-S ve zıt yüklü iyonlar arasında karşılıklı etkileşimi sağlayan iyon bağı çekimleri etkin olur, ayrıca hidrojen ve Van der Waals bağlarının çekimlerinin de etkili olduğu söylenebilir (Şekil 2.2). Bu mekanizma ile hamurun yoğrulması sırasında gliadin moleküllerinin glutenin molekülleri arasına girdiği ve gluten yapısının oluştuğu görülür. Burada hamurun yoğrulmasındaki temel amaçlardan biri; yoğurma ortamındaki moleküller arası mesafeyi azaltarak farklı yüzeylerin birbirlerine yaklaşmasını sağlamaktır. Böylece, öz proteinlerinde bulunan aktif grupların fiziksel etki yardımıyla belirli doğrultular üzerinde yönlendirilerek birbirlerine yaklaştırılmaları sağlanacak ve bu gruplar arasında S-S, iyon, hidrojen ve Van der Waals bağları oluşturularak gluten ağı (Şekil 2.3) meydana gelecektir (Dizlek, 2011).



Şekil 2.2. Yoğurma ile glutenin ve gliadin arasında oluşan bağlar (Cornell ve Hoveling., 1998)

Gluten kompleksinin 2 temel bileşeninden biri olan, sadece tahıl tohumlarında bulunan, kimyasal olarak basit proteinler sınıfına giren ve heterojen bileşime sahip olan gliadin, gluten yapısının ve ekmek hamurunun uzayabilme yeteneğine sahip olmasından ve hamur kitlesi oluşumundan sorumlu olan başlıca bileşendir. Ekmek hacmini kontrol eden, şekil olarak küresel bir yapıya sahip ve yüzey alanı glutenine göre daha az olduğundan su ve yağ gibi diğer moleküllerle etkileşimi daha az olan gliadin, gluten oluşumunda pozitif yüke sahiptir (Dizlek, 2012).



Şekil 2.3. Gluten proteini elektron mikroskop görüntüsü (Cornell ve Hoveling., 1998)

Buğdayın en önemli kalite ölçütleri olarak kabul edilen gluten niceliği ve niteliği, hamurun yoğrulma, işlenme, gaz tutma kapasitesi ve son ürün kalitesi üzerinde etkili olan en önemli öğelerdir. Gluten niceliğinin fazlalığı ve niteliğinin yüksekliği buğdaylarda bir kalite belirteci olarak kabul edilir (Dizlek, 2012). Ancak bazı durumlar söz konusu olduğunda buğday ununda gluten oluşumu kısıtlanabilir veya tamamen engellenebilir. Gluten kalitesini etkileyen etmenlerden bazıları üretim aşamasında yer alan işlem basamaklarından (yoğurma, fermantasyon, pişirme) kaynaklanabilir. Örneğin, hamurun pişirme aşamasından önce 43°C ve üzerindeki bir ısıya tabi tutulması, glutenin doğal yapısının bozulmasına (denatüre olmasına) ve dolayısıyla hamurdaki glutenden kaynaklı özelliklerin (viskoelastik yapının bozulması, gaz tutma kapasitesinin azalması) zarar görmesine sebep olur. Ekmek hamurunun az yoğrulması durumunda gluten ağı yeterince gelişemez. Fazla ve şiddetli yoğrulan hamurlarda ise glutendeki bazı S-S bağları parçalanarak SH kökleri formuna dönüşür ve bu durumda gluten proteinleri kısmi depolimerizasyona uğrayarak çözünürlükleri artar ve gluten ağı zayıflar. Yetersiz fermantasyon gluten ağının tam gelişmemesine, aşırı fermantasyon ise gluten ağının zayıflamasına yol açar ve her iki durumda da hamurun gaz tutma kapasitesi azalır.

Bu etkenler haricinde başka bir sebep ise süne ve kımlı tarla zararlılarıdır. Süne ve kımlı tarafından buğdaya salgılanan proteaz yeterli nem ve sıcaklık bulunan ortamda aktivite göstererek gluten

proteinlerini parçalamaktadır. Gluten proteinlerinin parçalanması (hidrolize olması) sonucu hamur; yumuşar, yoğurma ve şekil verme sırasında elastikiyeti azalarak hamurda yayılmaya sebep olur. Ayrıca hamurun gaz tutma kapasitesini azaltarak ekmeğin düşük hacimli olmasına sebep olur. Bu durumun engellenmesi için fırıncılık sektöründe ekmeğin üretimi sırasında belirli katkı maddeleri kullanılır ve bu madde ile hamurun öz niteliklerini iyileştirmek, öze ve hamura kuvvetli ve stabil bir yapı kazandırmak amaçlanır. Bu amaçla kullanılan başlıca katkı maddeleri oksidan maddeler, oksidatif enzimler, yüzey aktif maddeler ve vital glutendir (Dizlek, 2011). Bu bilgi doğrultusunda yapılan bu çalışmada incelenen ve ekmeğin yapımında katkı maddesi olarak kullanılan vital glutenin çok yönlü bir kullanım alanı oluşturabileceği söylenebilir.

2.3. Vital Gluten

Uluslararası Buğday Gluteni Birliği (IWGA)'ne göre, gluten “vital olmayan (denatüre)” ve “vital” olmak üzere 2 şekilde pazarlanabilmektedir. Vital olmayan buğday gluteni tersinmez denatürasyona maruz kalmış glutendir. Vital olmayan buğday gluteni genellikle proteince zenginleştirmek için kullanılır. Vital gluten ise üretiminde uygulanan yöntem ile canlılığını koruduğu için elde edilecek ürünlerde viskoelastik özelliklerin (elastikiyet ve uzayabilirlik) geliştirilmesi ve desteklenmesi için kullanılır (Ortolan, 2017).

Buğday unundan hazırlanmış hamurun belirli işlemlerden geçirilip buğday yapısında bulunan depo proteinlerinin oluşturduğu protein konsantrasyonunun uygun yöntem ile kurutulmasıyla elde edilen kuru toz halde ürün vital gluten olarak adlandırılır. Vital olarak adlandırılmasının sebebi işlevini koruyor olmasıdır yani denatüre olmamış proteindir. Seyreltik asitlerde ve alkalilerde çözünür ancak nötr çözücülerde çözünmezler. Esneklik ve yapışkanlık özelliklerine sahiptir (Cornell ve Hoveling., 1998). Ticari olarak pazarlanan vital glutene ait spesifikasyonlar Tablo 2.1.'de verilmiştir.



Şekil 2.4. Kullanıma hazır vital gluten

2.4. Vital Gluten İşlevleri

Vital gluten, unu zenginleştirmekte, ekmeklik kalitesini ve su absorpsiyonunu arttırmaktadır. Üründe yapışkanlığı artırır ve nem kaybını azaltarak raf ömrünün uzamasında katkı sağlar. Standardı olmayan bir hammaddeden, standart kalitede bir ürün elde etmek için buğday unu üretiminde katkı maddesi olarak kullanılır. Gluten, hamura elastik ve plastik bir yapı verir, bu sayede hamurun uzayabilirliği ve geri çekme dayanımı artar (Cornell ve Hoveling., 1998). Hamurun kabarmasını sağlayarak büyük hacimli bir ürün elde edilmesine olanak sağlar. Hamurun karışım ve fermantasyon dayanıklılığını güçlendirir. Eklendiği ürünlerin besin değerlerini ve fonksiyonel protein oranını artırır. Üründe yapının güçlenmesini sağlar (Biçer, 2011).

Tablo 2.1. Vital gluten için belirli spesifikasyonlar (Day, 2011)

Görünüm	Soluk kahverengi
Koku	Aşırı ısınma ile kçtü koku oluşumu olmamalı
İncelik	200 µm elekten minimum geçen %90 olmalı
	400 µm elekten maksimum takılan %2 olmalı
Sulandırma	25 °C'de su ile kolay sulanır ve güçlü elastik yapı oluşturur
Nem içeriği	%8,5-9,5
Protein içeriği	%73-82
Kül içeriği	Max. %0,9
Mineraller	%0,5-1,5
Karbonhidrat	%3-20
Lifler	<%1
Lipid	%5-8

Vital glutenin hamuru kabartma mekanizması şöyle gerçekleşmektedir: Hamur içinde bulunan karbondioksit gazı, hava ve buhar ısı ile genişler ve ısı etkisiyle esneyen gluten proteinleri bu gaz çeşitlerini hamur içinde hapseder. Pişirme işlemi sürdükçe ısı esneyen ve genişleyen gluten proteinlerini denatüre eder ve ürün istenilen yapısını kazanır. İşlenecek unun içerisine %2 ile %10 oranında vital buğday gluteni (VWG) eklendiğinde, unun protein içeriği artacağından yapısı daha güçlü ve hacimli bir kıvama gelir ve işlenecek ürünün dokusu daha iyi bir hale gelir. Vital glutenin ilavesi ile elde edilen hamurun, genişleme kapasitesi, su ve gaz tutma kapasitesi artırılmış olur. Hamurun direnci ve ekmeklik enerjisi artar bu sayede işlenen hamurdan daha kolay şekilde ekmek yapılabilir hale gelir. Ayrıca elde edilen ürünün verimi, yumuşaklığı ve raf ömrü artırılabilir (Ortolan, 2017).

2.5. Vital Gluten Kullanım Alanları

Vital buğday gluteni özellikle fırıncılık sektöründe kullanılan temel bileşenlerden birisidir. Buğday unu kullanılarak üretilen unlu mamüllerde aynı kalitede un bulunmadığında una vital gluten takviyesi yapılarak standart kalitede ürün elde etmek için kullanılır. Kahvaltılık gevrek üretiminde tüketicilerin istediği sert yapının oluşması için kullanılır. Böylece süt ile buluşan ürünümüz gevrek yapısını daha uzun süre koruyabilir. Makarna ve noodle üretiminde kırılabilirliği önlemek ve istenilen yapıyı elde etmek için kullanılır (Day, 2011). İşlenmiş et ve balık ürünlerinde içerdiği emülsiyon yağ ve su arasındaki bağın oluşumu için gerekli sistemin kuvvetlenmesinde yardımcı madde olarak kullanılır (Ortolan, 2017).



Şekil 2.5: Belirli oranlarda vital gluten takviyesi yapılmış buğday ekmeğinde kabarma durumu (Ortolan, 2017)

Et ve peynir üretiminde başka bir kullanım şekli ise vejeteryan yemeklerinde et ya da süt kullanılmadan elde edilen et benzeri süt benzeri ürünlerde yapı oluşumunu destekler. Et ürünleri için ürüne kullanılan baharatların bağlanması sağlar. Proteinli bisküvilerin, mısır cipslerinin, hazır çorbaların ve hazır sosların üretimlerinde vital buğday gluteninin kullanıldığı diğer alanlara örnek olarak verilebilir. Ayrıca vital buğday glutenleri, süt proteini ya da soya proteininin kullanıldığı yerlerde su tutma oranı yüksek olduğundan düşük maliyette bir alternatif olarak da kullanılabilir. Bunlarla birlikte vital buğday gluteninin evcil hayvan gıdaları, su ürünleri, hayvan yemleri ve film üretimi gibi gıda sektörü dışında kullanımı da mevcuttur (Ortolan, 2017).

2.6. Aroma Maddeleri

Gıda endüstrisinde kullanılan aroma maddeleri doğal, doğala özdeş ve yapay aroma maddeleri olarak 3 grupta toplanabilir doğal aroma maddeleri doğal bir materyalden fiziksel, enzimatik, mikrobiyolojik yollarla elde edilir. Doğala özdeş aroma maddeleri doğal bir materyalden

yararlanılmadan kimyasal sentez yoluyla elde edilen ürünlerdir. Yapay aroma maddeleri ise doğada bulunmayıp sentez yoluyla elde edilmektedir (Batu ve ark., 2008).

Aroma maddeleri, gıdalarda lezzet bileşiminde etkili kalite kriterlerini, tüketici beğenisini ve ürünün kabul edilebilirliğini büyük ölçüde belirleyen bir etkidir (Yılmaz ve İşleten, 2004). Aroma bileşikleri, oda sıcaklığında buhar fazında bulunan, burun boşluğunda koku alma duyusuyla algılanan uçucu moleküllerdir (Eker ve Cabaroğlu, 2018). Gıda maddelerinde bulunan bu uçucu aroma maddelerinin buhar fazda salınımının kontrolü gıda matrisinde bulunan uçucu olmayan bileşikler ile etkileşimine bağlıdır. Bu bileşikler proteinler, lipitler, karbonhidratlar ve polifenollerdir (Eker ve Cabaroğlu, 2018). Gıdalarda aroma salınımı kontrolünün bilinmesi, gıda içeriğinin ayarlanması ve gıda işleme proseslerinin geliştirilmesi için büyük bir öneme sahiptir (Yılmaz ve İşleten, 2004). Yapılacak çalışmada thymol, R-limonen ve diasetil (2,3-butanodione) aroma maddelerinin kullanılması planlanmaktadır.

Limonen, turunçgillerin ve diğer birçok bitki türünün esansiyel yağlarında bulunur ve portakalın ana aroma bileşenidir. Kapalı formülü, $C_{10}H_{16}$ 'dir. Birbirinin simetriği olan iki formda bulunabilir. L-Limonen çam ve terapentin kokusundadır. R-Limonen portakal kokusundadır (Surburg ve Panten, 2016). Timol bir terpenoidtir ve kekik (*thymus vulgaris*) yağında bulunur. Kekikotu (*Origanum vulgare*) ve ilgili türler karakteristik kekik kokusuna sahiptir. Kapalı formülü, $C_{10}H_{14}O$ 'dir. Akdeniz lezzeti taşıyan ürünler için sentetik aromalarda kullanılır. Suda çok az ya da hiç çözünmez, fakat alkolde ve yağlarda çok kolay çözünür. Lezzet amacıyla kullanılması dışında, antifungal olarak da kullanılmaktadır. Diasetil ise tereyağı aromasıdır. 2,3-Bütanodione olarakta bilinir. Kapalı formülü, $(CH_3CO)_2$ şeklindedir (Surburg ve Panten, 2016).

2.7. Literatür Çalışmaları

Homolog aldehitlerin (heksanal, heptanal ve oktanal) ve ketonların (2-hekzanon, 2-heptanon ve 2-oktanon) tuz ve alkaliyle ekstrakte edilmiş kanola ve bezelye proteinleri ve ticari buğday gluteni ile olan etkileşimlerini gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC/MS) kullanarak incelemişlerdir. Protein örneklerinin %1'lik (w/v) çözeltilerine aroma maddeleri eklenmiş ve karışım cam vial içerisinde 3 saat bekletildikten sonra aroma analizleri GC/MS'te analiz edilmiştir. Aldehitlere bağlanma kapasitesi en yüksek olan örnek tuzla ekstrakte edilmiş kanola proteini izolatları olmuş ve bunu sırasıyla buğday gluteni ve tuzla ekstrakte edilmiş bezelye proteini izolatları izlemiştir. Keton aromalarının bağlanması ise şu sırayla azalmıştır: bezelye protein izolatları> buğday gluteni> kanola protein izolatları. Bu çalışmada protein izolatları herhangi bir gıda ürünüde denenmemiş, direkt aroma maddeleriyle karıştırılarak sıvı ortamda bir çalışma yapılmıştır (Wang ve ark., 2014).

Fesleğen (*Ocimum basilicum L.*) uçucu yağı (FUY) püskürterek kurutma tekniği ile enkapsüle edilmiş ve elde edilen mikrokapsüllerin karakterizasyonu sağlanmıştır. Ardından, en uygun mikrokapsül formülasyonu belirlenerek model ürüne (mayonez) ilave edilmiş ve model ürünün duyuusal, mikrobiyel,

reolojik ve oksidatif özelliklerinde meydana gelen değişimler izlenmiştir. Kaplama materyali olarak akasya gamı (AG), maltodekstrin (MD) ve peynir altı suyu proteini izolatu (PPI) kullanılmış olup AG, AG:PPI (1:1, m/m), AG:PPI:MD (1:1:1, m/m) ve PPI:MD (1:1, m/m) olmak üzere dört farklı kaplama materyali formülasyonu ile çalışılmıştır. En yüksek enkapsülasyon etkinliği (%87.19±3.02) ve in vitro salım (%58.97±0.39) değerlerinin AG:PPI:MD mikrokapsüllerine ait olduğu tespit edilmiştir (Özdemir, 2019).

Zein bazlı mono ve multi katmanlı filmlerin timol salınımını kontrol ettiğini-yavaşlattığını belirtmişlerdir. Benzer bir çalışmada zein/kazein bazlı kaplama materyalinde enkapsüle edilmiş eugenol ve timolün salınım hızının kontrolünde kullanılabileceğini tespit etmişlerdir (Chen ve ark., 2015). Viry ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, statik headspace yöntemi ile peynir altı suyu proteinleri (PAS) ve kazein proteinlerinin farklı karakterlerdeki (3 ester, 3 aldehit, 3 alkol) aroma bileşenlerinin salınımına etkisini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre artan toplam protein konsantrasyonu ve daha yüksek PAS/kazein oranı tüm lezzet bileşikleri için aroma bağlanmasını arttırdığı tespit edilmiştir. PAS proteini için ester ve alkollerde kazeinattan 5 kat ve aldehitlerde 3 kat daha yüksek bir bağlanma sabiti elde edildiği belirtilmiştir (Mastromatteo ve ark., 2009; Viry ve ark., 2018).

Aroma bağlanma özellikleri hakkında kapsamlı ve kesin bilgi elde etmek için yaptıkları çalışmada üst boşluk-katı faz mikro ekstraksiyon / gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi, statik üst boşluk / gaz kromatografisi, floresans spektroskopisi, zeta potansiyeli, parçacık boyutu ve yüzey hidrofobikliği kullanılmıştır. Klotz ve Hill bağlanma modelleri, sulu çözelti içindeki bağlanma parametrelerini tahmin etmek için soya proteini izolatına (SPI) bağlanan düşük ve yüksek konsantrasyonlu tatlarda karşılaştırılmış. Sonuçta gıdalardaki aroma bileşikleri ve proteinler arasındaki etkileşimleri doğru bir şekilde değerlendirmek ve aroma profilleri ile ilgili mevcut bilgilere katkıda bulunmak için birden fazla analitik yöntemin gerekli olduğu düşünülmüştür (Guo ve ark., 2020).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu tez çalışmasında temelde incelenmek istenilen vital glutenlerin elde edilmesi için Mersin'in Tarsus bölgesinde mevcut olan un fabrikasından Esperia, Adana 99 ve Bayraktar olarak adlandırılan farklı çeşitte buğdaylar temin edilmiştir. Sonrasında bu buğdayların un formuna getirilmesi için Mersin Üniversitesi Gıda Araştırma Laboratuvarında bulunan mini valsli un değirmeni (Tekpa, Ankara) kullanılmıştır.

Model hamurun içerisine eklenen (R)-(+)-Limonen (Product No: 62118), diasetil (2,3-bütanedione) (Product No: B85307) ve timol (Product No: T0501) Sigma-Aldrich (Sigma-Aldrich St Louis, MO, USA)'dan temin edilmiştir. Seçilen aroma maddeleri Türk Gıda Kodeksi Aroma Vericiler ve Aroma Verme Özelliği Taşıyan Gıda Bileşenleri Yönetmeliğinde (Anonim, 2011) yer alan ve gıdalarda kullanımına izin verilen aroma verici maddeleri arasında yer almaktadır (Tablo 3.1.).

Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan aroma maddeleri ile ilgili temel bilgiler

Adı	Eş anlamlısı	FL Numarası	CAS
Limonen	(+)- <i>p</i> -Mentha-1,8-diene	01.001	138-86-3
Timol	2-Isopropyl-5-methylphenol	04.006	89-83-8
Diasetil	2,3-Butanedione	07.052	431-03-8

Avrupa Birliğinin aroma bilgi sisteminde yer alan numara
Kimyasal Abstraktlar Servisi kayıt numarası

3.2. Yöntem

3.2.1. Buğday Ununda Yapılan Analizler

Adana 99, Esperia ve Bayraktar buğdayları eşit oranlarda harmanlanarak öğütülmüş ve çalışmada kullanılacak buğday unu elde edilmiştir.

3.2.1.1. Nem Tayini

Buğday ununda nem tayini AACC Metot No: 44-15.02 (AACC 2000)'ye göre belirlenmiştir. Yönteme göre 2-3 g arası örnek (net ağırlığı kaydedilmiş) alüminyum numune tartım kaplarına alınmış ve 130°C'de sabit tartıma gelene kadar bekletilmiştir. Örneklerin nem içeriği kurutma sonrası meydana gelen ağırlık kaybından yola çıkarak % olarak belirlenmiştir.

3.2.1.2. Protein Tayini

Buğday ununda ham protein tayini Uluslararası Amerikan Tahıl Kimyacıları Derneği'nin Metod 46-09 numaralı yöntemine göre yapılmıştır (AACC, 2000). Analiz için Kjeldahl düzeneği kurularak sırası ile yakma, destilasyon ve titrasyon işlemleri yapılmıştır. Yakma aşamasında 0,3 g örnek kjeldahl tüplerine alınarak üzerine 20 şer ml sülfirik asit ilavesi ile 405°C de işlem uygulanmıştır. 3 saat yakma işleminden sonra 15 er ml saf su tüplere ilave edilmiştir. Ayrıca erlenlere 50 şer ml 0,1 N sülfirik asit koyularak erlenler ve tüpler cihaza yerleştirilmiş ve önceden hazırlanmış %40 NaOH ile destilasyon işlemi yapılmıştır. Destilasyon işlemi tamamlandıktan sonra fenolftalein ve 0,1 N NaOH ile titrasyon işlemi yapılmış (Şekil 3.1) ve sonuçta sarf edilen NaOH miktarı ile protein miktarı hesaplanmıştır. Sonuçlar kuru madde esasına göre verilmiştir.

$$\% \text{Protein} = \frac{(R-V) \times F \times 0,0014008 \times f \times 10000}{m(100-M)} \quad (3.1)$$

Burada,

V: sarf edilen NaOH miktarı, ml

R: kör örnek sarf miktarı, ml

F: 5,7

f: 0,1 M HCl faktörü (1)

m: örnek miktarı, g

M: numune nem miktarı, %



Şekil 3.1. Titrasyon düzeneği ve uygulaması

3.2.1.3. Toplam Yağ Miktarı Tayini

Yağ analizi Uluslararası Amerikan Tahıl Kimyacıları Derneği'nin (AACC, 2000) Metod 30-25 numaralı yöntemine göre yapılmıştır. Analiz için soxhelet cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.2). Ekstraksiyon kartuşuna 5 er g örnek konularak pamukla kapatılmış ve üzerine belirli bir seviyeye kadar petrol eteri ilave edilmiştir. Metal kapak yardımı ile cihaza tutturulan tüplerde sırası ile immersion (daldırma), washing (yıkama) ve recovery (geri kazanım) işlemleri uygulanmıştır. İşlemler sırası ile daldırma 30 dk, yıkama 60 dk ve geri kazanım 60 dk boyunca uygulanmıştır. Tüm aşamalar bittiğinde krozeler 103°C'ye ayarlanmış etüve (J. P. Selecta, İspanya) alınarak herhangi bir eter kalıntısı varsa uzaklaştırılmıştır. Elde edilen veriler ile gerekli hesaplama yapılarak sonuçlar alınmıştır.

$$\%Yağ = \frac{\text{son tartım} - \text{sabit tartım}}{\text{örnek miktarı}} \times 100 \quad (3.2)$$



Şekil 3.2. Soxhelet düzeneği ve işlem sonucu etüve alınan örnekler

3.2.1.4. Kül Tayini

Vital ve denature glutende kül analizi için 900°C derecede kül fırını kullanılmıştır. Sabit tartımı alınan krozelerde 3-5 g örnek tartılarak ve üzerine örneği ıslatacak kadar saf alkol eklenerek yapılan önyakma işlemi sonrasında krozeler en az 2 saat (kül rengindeki siyahlıklar kaybolana kadar) kül fırınında (Carbolite, ELF 11/6B, İngiltere) bekletilmiştir (Schopf ve ark., 2021). Yakma işlemi tamamlandığında örnekler desikatöre alınarak soğumaya bırakılmıştır ve son tartımlar yapılarak gerekli hesaplama yapılmıştır.

$$\% \text{ Kül} = \frac{\frac{(M1 \times 100)}{M2}}{(100 - R)} \quad (3.3)$$

Burada,

M1: Kalıntı ağırlığı, g

M2: Örnek miktarı, g

R: % nem miktarı

3.2.1.5. Yaş Gluten (Yaş Öz) Miktarı Tayini

Un örneğinde yaş gluten miktarı tayini, AACC Standart Metot No: 38-10 (AACC 2000)'a göre yapılmıştır. Buğday unu ile hazırlanan hamurun 125 µm elek üzerinde %2'lik tuzlu su çözeltisi kullanılarak el ile yıkanması ve bu şekilde yapısında bulunan nişastanın ve seyreltik tuz çözeltisinde çözünen proteinlerin (albümin ve globulin) uzaklaştırılması prensibine dayanmaktadır. Tamamen yıkandıktan sonra kalan yaş kısım tartılarak yaş öz veya yaş gluten miktarına ulaşılmıştır.

3.2.1.6. Kuru Gluten Miktarı ve Gluten İndeks Değeri Tayini

Kuru gluten miktarı ve gluten indeks değeri, AACC Standart Metot No: 38-12.02 (AACC 2000)'a göre yapılmıştır. Kuru gluten değeri yaş gluten tayininin devamı niteliğinde olup elde edilen yaş glutenin 130°C'de belirli bir süre kurutulması ile belirlenmiştir. Elde edilen kuru gluten tartımı yapılarak ağırlığı not alınarak gerekli hesaplamalar yapılmıştır.

Gluten indeks değeri için yaş gluten santrifüj eleğine yerleştirilmiştir. Bir dakika sürede 6000 devir/dakika'lık santrifüjde (Tekpa, Ankara) santrifüjlenmiş ve işlem sonunda elekten geçen kısım ve elekte kalan kısım ayrılmıştır. Elekte kalan kısım tartılarak aşağıda belirtilen formül ile indeks değeri hesaplanmıştır (Biçer, 2011).

$$\text{Gluten İndeks} = \frac{M1}{M2} \times 100 \quad (3.4)$$

M1: Elekte kalan kısım

M2: Elekte kalan kısım + Elekten geçen kısım

3.2.2. Vital Gluten Üretimi

Buğday unundan vital gluten üretiminde literatürde daha önce kullanılmış olan laboratuvar ölçekli yaş öğütme yöntemi esas alınmıştır (Koyuncu, 2014; Wadhawan ve Bushuk, 1989). Bu yönteme göre 50 g un üzerine 25 ml saf su ile hazırlanmış %2'lik tuzlu su çözeltisi eklenerek hamur elde edilmiştir. Daha sonra elde edilen hamur manuel olarak saf su ile hazırlanmış %2'lik tuzlu su ile 125 µm gözenekli elek üzerinde, elek altından akan su berrak olana kadar yıkanmış ve yaş gluten elde edilmiştir. Yaş gluten küçük parçalara bölünerek derin dondurucuda (-30°C) dondurulmuş ve ardından liyofilizatörde (Cryodos-50, Telstar Cryodos, Terrassa, İspanya) kurutulmuştur. Kurutulan gluten 500 µm elekten geçecek şekilde laboratuvar tipi bir değirmende (IKA M20 Universal Mill, Almanya) öğütülmüştür.

3.2.3. Denatüre Gluten Üretimi

Denatüre gluten üretiminde yaş gluten örneğinin elde edilmesine kadar olan aşamalar yukarıda vital gluten üretimi ile aynıdır. Burada yıkama işlemi sonucu elde edilen yaş gluten yine küçük parçalara bölünerek 102°C 'ye ayarlanmış etüvde 12 saat kurutulup desikatörde bir süre soğuduktan sonra aynı şekilde 500 µm elekten geçecek şekilde öğütülmüştür.

Burada elde edilen vital ve denatüre glutenler (Şekil 3.3) hava almayacak şekilde kapaklı tüplere konularak 4°C'de ayarlı buzdolabında muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.3. Üretimi yapılan gluten proteinleri (a) Yaş gluten; (b) toz halinde vital gluten (c) toz halinde denatüre gluten

3.2.4. Vital ve Denatüre Gluten Örneklerinde Yapılan Analizler

3.2.4.1. Nem Tayini

Bölüm 3.2.1.1.'e göre yapılmıştır.

3.2.4.2. Protein Tayini

Bölüm 3.2.1.2.'ye göre yapılmıştır.

3.2.4.3. Toplam Yağ Tayini

Bölüm 3.2.1.3.'e göre yapılmıştır.

3.2.4.4. Kül Tayini

Bölüm 3.2.1.4.'e göre yapılmıştır.

3.2.4.5. Gluten Verimi

Çalışmada kullanılacak gluten örneklerinin verim değerleri yapılan literatür taraması sonucu aşağıdaki formül esas alınarak hesaplanmıştır (Koyuncu, 2014).

$$\text{Verim (\%)} = [\text{Gluten miktarı (g, km)} / \text{Buğday un miktarı (g, km)}] \times 100 \quad (3.5)$$

3.2.4.6. Su Tutma ve Yağ Tutma Kapasitesi

Su tutma kapasitesi için 0.5 g gluten örneği plastik Falcon® tüplerine tartılarak üzerine 10 ml saf su eklenmiştir. Aynı şekilde yağ tutma için 10 ml sıvı ayçiçek yağı kullanılarak işlem yapılmıştır. Örnekler vorteks ile iyice karıştırılır ve 1 saat süre ile çalkalanmıştır. Süre sonunda tüpler 2000xg hızda 30 dk. santrifüj edilmiş ve süpernatant (üst faz) atılarak çökeltinin ağırlığı belirlenmiştir. Su tutma ve yağ tutma kapasitesi aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Schopf ve ark., 2021).

$$\text{Su tutma/Yağ tutma kapasitesi (\%)} = [\text{Yaş gluten (g)} / \text{Kuru vital gluten (g, km)}] \times 100 \quad (3.6)$$

3.2.4.7. Renk Analizi

Gluten örneklerinin renk değerleri (parlaklık (L*) ve renk (a*, b*)) Hunter LabScan Kolorimetresi kullanılarak ölçülmüştür (HunterLab, Amerika). Burada ölçülen değerler için L* değeri parlaklık derecesini belirlerken a* (+) kırmızı, a*(-) yeşil renk derecesi ve b*(+) sarı, b*(-) mavi renk derecesi hakkında bilgi vermektedir (Çelik ve Çakmakçı, 2020).

3.2.5. Model Hamur Üretimi

Tez çalışmasında Limonen, diasetil ve timol aromalarının salınım özelliklerinin vital ve denatüre gluten eklenmiş model hamur formülasyonlarında araştırılması planlanmıştır. Model hamur üretimi un, su ve tuz bileşimi kullanılarak hazırlanmıştır.

Hamur üretimi için uygulanan reçete aşağıda mevcut olan Tablo 3.2'de gösterilmiştir. Bu reçete ile hazırlanan hamur 180°C'lik fırında 20 dk. Pişirilmiştir. Pişmiş örnekler 1 saat bekleme süresinden sonra aroma analizi için kullanılmıştır.

3.2.6. Model Hamurda Yapılan Analizler

3.2.6.1. Nem Analizi

Nem analizi için Uluslararası Amerikan Tahıl Kimyacıları Derneği'nin Metot 44-19 no'lu yöntemi kullanılmıştır (AACC, 2000).

3.2.6.2. Renk Analizi

Örneklerin renk analizleri kolorimetrik olarak renk tayin cihazında (Bölüm 3.2.4.7) ürün yüzeyinin en az 5 farklı noktalarından okuma yapılarak L^* , a^* ve b^* değerleri belirlenmiştir. Beş farklı noktadan elde edilen L^* , a^* ve b^* değerlerinin ortalaması kullanılmıştır.

Tablo 3.2. Model hamur formülasyonu

Bileşen	Kontrol	VG	DG
Buğday unu, g	25	22,5	22,5
Tuz, g	0,375	0,375	0,375
Saf su, mL	12,5	12,5	12,5
Aroma maddesi, $\mu\text{g}/\mu\text{l}$	125	125	125
Vital gluten, g	-	2,5	-
Denatüre gluten, g	-	-	2,5

VG: Vital gluten

DG: Denatüre gluten

3.2.6.3. GC-SPME ile Aroma Analizi

Bu çalışmada aroma analizleri GC-Katı faz mikro ekstraksiyon (GC-SPME) yöntemi ile yapılmıştır. Pişmiş örneklerden uçucu bileşenlerin ekstraksiyonunda divinilbenzen/karboxen/polidimetil silioksan (DVB/CAR/PDMS) SPME fiberi (Supelco Co., Bellefonte, PA, USA) kullanılmıştır. Fiber seçimi, aynı aromaların GC-SPME yöntemi ile analiz edildiği çalışmalar dikkate alınarak seçilmiştir (Marcuzzo ve ark., 2012; Chen ve ark., 2010; Steinhaus ve ark., 2003). SPME fiberi kullanılmadan önce 15 dk. süreyle 220°C 'de GC'nin enjeksiyon bloğunda şartlandırılmıştır.

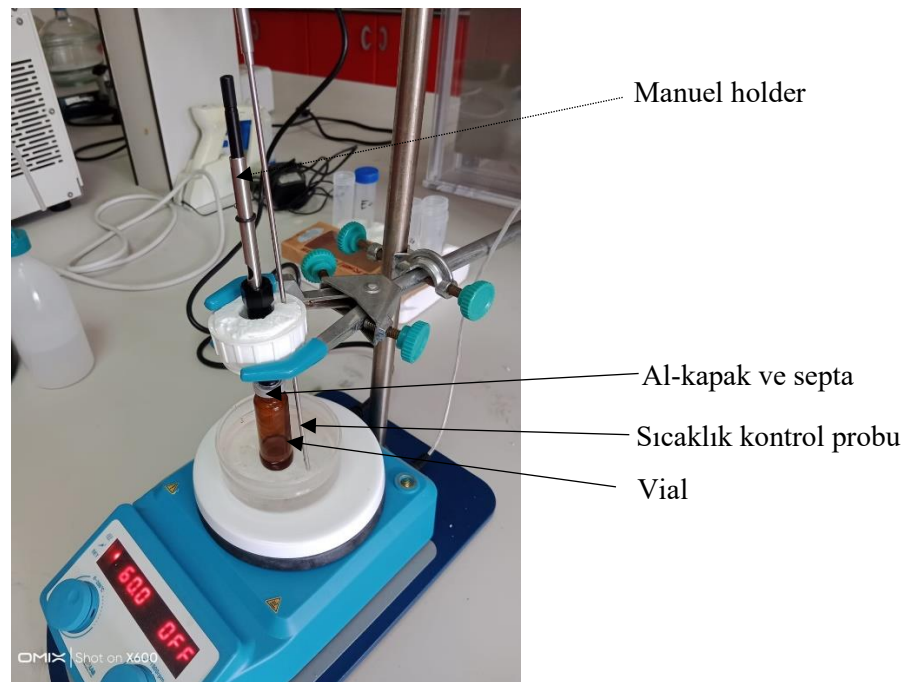
Piştirilip 1 saat süreyle bekletilen hamurlar 20 ml'lik viallere (Isolab Laborgeräte GmbH, Germany) konulmuş ve vial PTFE-silikon kaplı septum kapaklar (Isolab Laborgeräte GmbH, Germany) ile kapatılmış ve 60°C 'ye ayarlı su banyosunda alınmıştır (Şekil 3.5). Vialler su banyosu içerisindeyken SPME fiberi vial kapaktan içeri daldırılarak 60°C 'de 30 dk. süreyle uçucu bileşenlerin sıcaklık etkisiyle tepe boşluğuna ve oradan da SPME fiberine geçmesi sağlanmıştır (Baştürk ve Cavidoğlu, 2017). Ekstraksiyon işlemi sonrasında SPME fiberi doğrudan GC aletinin enjeksiyon portuna (220°C) yerleştirilmiş ve burada 1 dk. daha bekletilerek tüm uçucu bileşenlerin ayrılması sağlanmıştır. GC

analizlerinde Mersin Üniversitesi İleri Araştırma ve Uygulama Merkezinde bulunan gaz kromatografisi cihazı (Agilent 7890 A, Agilent, CA, USA) kullanılmıştır.

Yapılan çalışmada DB-WAX (30m x 250 µm x 0,25 µm; J&W Scientific, Folsom, CA, USA) kolonu ve FID (alev iyonizasyon dedektörü) dedektörü kullanılmıştır. Taşıyıcı gaz olarak 20,4 cm/dk doğrusal hıza sahip helyum gazı kullanılmıştır. SPME fiberi enjeksiyon bloğuna yerleştirildiğinde fırın sıcaklığı 40°C’de başlatılmış ve bu sıcaklıkta 6 dk. bekletilmiştir. Daha sonra fırın sıcaklığı kademeli olarak 6°C/dk hızla 105°C’ye devamında ise 15°C/dk. hız ile 220°C’ye çıkarılmış ve burada 5 dk. bekletilmiştir. Dedektör sıcaklığı 260°C’ye ayarlanmıştır. GC analizi splitless olarak çalışılmıştır (Perez-Juan ve ark., 2006; Perez-Juan ve ark., 2007). Model hamurlardan elde edilen ürünlerin aroma bağlama kapasitesi GC piklerinin alanları üzerinden yorumlanmıştır. Vital ve denatüre gluten varlığında SPME-GC analizi sonucu elde edilen GC pik alanları ile kontrol numunesinden elde edilen pik alanları birbirleri ile kıyaslanmıştır. Benzer bir yaklaşım literatürde de değişik çalışmalarda kullanılmıştır (Wang ve Arntfield, 2014; Wang, 2015, Innocente ve ark., 2011).

3.2.6.4. İstatistiksel Analizler ve Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışma kapsamında yapılacak analizler en az üç kez tekrarlanmış ve sonuçlara ait ortalama değerlerin istatistiksel analizinde tek yönlü ANOVA kullanılarak farklılıklar Tukey testi ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 3.4. Katı faz mikroekstraksiyonda kullanılan su banyosu düzeneği

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Buğday Unu Temel Bileşim Öğeleri

Çalışmada kullanılan buğday unu örneğine ait analiz sonuçları Tablo 4.1’de sunulmuştur.

Tablo 4.1. Çalışmada kullanılan buğday unu örneğinin bazı özellikleri

Parametre, %	Sonuç
Nem	12,24±0,20
Protein	11,21±0,78
Toplam yağ	1,13±0,31
Kül	0,74±0,23

Protein, toplam yağ ve kül analiz sonuçları kurumadde bazında verilmiştir.

Türk Gıda Kodeksi Ekmeklik Buğday Unu Tebliğine bakıldığında % nem miktarının en fazla 14,5 oranında, % protein miktarının en az 10,5 oranında, % kül oranının ise 0,7 ile 0,8 aralığında olabileceği belirtilmiştir (TS EN 2013-9, 2013). M. Yılmaz ve R. Meral (2019)’ un ekmeklik buğday ununda kalite parametreleri üzerine yaptıkları çalışmada nem, protein ve kül için sırasıyla %10,8, %10,9 ve %0,6 değerlerine ulaşılmıştır (Yılmaz ve Meral, 2019). S. Bulut (2012)’un Türkiye’de ekmeklik buğday unu için kalite üzerine yapılan araştırma da nem, kül ve protein için bulunan uygun aralıklar sırasıyla %9-11, %0,65 ve %11,4-16 olarak verilmiştir (Bulut, 2012). H. Gül ve ark. (2020)’nın Türkiye’de göller bölgesinde yetişen ekmeklik buğdaylar için yaptıkları çalışmada kül miktarı %0,45 ile %0,74 aralığında bulunmuştur (Gül ve ark., 2020). Z. Mut ve ark. (2017)’nin bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum L.*) tane verimi ve kalitesi üzerine yaptıkları çalışmada yağ için %1,4-1,91, protein için %12-13,8, kül için %1,62-1,82 aralığında değerlerine ulaşılmıştır (Mut ve ark., 2017).

Yapılan literatür taraması sonucunda çalışmada elde edilen sonuçların standart verilere uygun olduğu ve materyal olarak kullanılabilmesi sonucuna ulaşılmıştır.

4.2. Gluten Analizleri

Çalışmada kullanılan buğday ununun yaş gluten, kuru gluten ve gluten indeks değerleri Tablo 4.2’de verilmiştir. Yaş öz, unda bulunan gluten miktarını ve kalite değerlerini ifade etmektedir. Ekmeklik unda kalite açısından oldukça önemlidir ve hamurun ekmek yapımı için uygun olup olmadığı hakkında bilgi veren elastik yapıda proteindir. Yoğurma sırasında oluşturduğu ağımsı yapı ile fermantasyon ile oluşan

CO₂ gazını hamurun yapısında tutarak daha iri hacimli bir ürün elde edilmesine olanak sağlamaktadır (Bulut, 2012). Bu nedenle unda gluten miktarı kalite açısından önemli bir kriterdir. Aynı zamanda hamurda stabilite değerinin ve hamur yoğurma sırasında dayanıklılığının yüksek olmasında bir etkidir (Yılmaz ve Meral, 2019). Stabilite değerinin yüksek olması hamurda elastikiyetin fazla olması ve işlenmeye elverişli olacağı anlamına gelmektedir.

Buğday ununda %35 üzeri yaş gluten miktarı yüksek, %28-35 iyi, %20-27 orta ve %20'den az değerlerin ise düşük gluten miktarı olarak değerlendirilmektedir (Özkaya ve Özkaya, 2005). Bu çalışmada kullanılan buğday unun yaş gluten miktarı %34,5 ile iyi seviyede bir yaş gluten içeriği olarak değerlendirilebilmektedir. Ülkemizde yetiştirilen ekmeklik buğdaylarda yaş gluten miktarının analiz edildiği bazı çalışmalarda da %22.3 - %37.9 aralığında yaş gluten değerlerinin bulunduğu görülmektedir (Altınbaş ve ark., 2004; Yağdı, 2004).

Çalışmamızda kullanılan buğday unun kuru gluten içeriği ortalama %14,2 olarak belirlenmiştir. Bu değer ekmeklik buğdaylarda belirlenen kuru gluten içerikleri ile uyumludur (Aydoğan ve ark., 2007; Mutlu ve Timuçin, 2020).

Tablo 4.2. Buğday unu örneğinden elde edilen glutenin bazı özellikleri

Parametre, %	Sonuç
Yaş gluten	34,5±0,7
Kuru gluten	14,2±0,1
Gluten indeks	72,8±4,2

Literatür taramasına göre ekmek üretiminde kullanılacak unlarda gluten indeks değerinin 60-95 aralığında olması istenmektedir. İndeks değeri 95'ten fazla olduğunda unda sertliği, 60'dan düşük olduğunda ise unda yumuşaklığı ifade etmektedir. İyi kalite sınıfında olan bir unda istenilen yumuşama derecesinin düşük olmasıdır. Çünkü undaki yumuşama derecesi ürünün işlenmeye karşı toleransını göstermektedir. Yumuşama derecesi arttıkça ürünün işlenebilirliğide aynı oranda düşüş gösterecektir ve bu durum fermantasyon işleminde kısaltmaya sebep olacaktır (Menderis ve ark., 2008). Bu doğrultuda elde edilen değerlere bakıldığında gluten indeks değerlerinin istenilen aralıkta olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

4.3. Vital ve Denatüre Gluten Örneklerinde Yapılan Analizler

Yapılan çalışmada elde edilen yaş gluten 2 farklı yöntem ile kurutulmuştur. Bu yöntemlerden birinde gluten direk fırında ısıya maruz bırakılarak kurutulurken bir diğeri önce -30°C'de dondurularak

liyofilizatörde kurutulmuştur. Fırında ısıya maruz bırakıldığında gluten denatüreasyona uğramış ve rehidrasyonu mümkün olmamıştır. Ancak dondurarak yapılan kurutmada düşük sıcaklıkta suyun uzaklaştırılması ile hazırlanan gluten vital gluten olarak kullanılmıştır.

Bu konu üzerine yapılan bir çalışmada dondurarak kurutma, vakum altında ve fırında ısı ile olmak üzere 3 farklı yöntem ile gluten kurutulmuştur. Dondurarak kurutma ile -89°C 'de 24 saat kurutma yapılmış, 60°C 'de 4 saat vakum altında kurutma yapılmış ve 80°C 'de 4 saat kurutma işlemleri yapılmıştır. Bu çalışmada su ve yağ tutma özellikleri başta olmak üzere farklı kalite kriterleri üzerine çalışmalar yapılmış ve sonuçta üç farklı yöntem içinde genel özellikler birbirine yakın derecede görülürken su absorblama özelliği bakımından dondurarak kurutma ile yapılan kurutmada daha iyi verim alındığı sonucuna ulaşılmıştır (Kaushik ve ark., 2015). Başka bir araştırmada ise bu üç yöntem ek olarak tamburda kurutma ve sprey kurutucu ile kurutma yöntemlerinden söz edilmiş ancak bu yöntemlerin kurulum maliyeti çok yüksek olduğundan tercih edilebilirliğinin düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Ortolon ve Steel, 2017).

4.3.1. Vital ve denatüre gluten örneklerinin temel bileşim öğeleri

Elde edilen vital ve denatüre glutende kalite değerlendirmesi için sırasıyla nem, protein, toplam yağ ve kül analizleri yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.3.'te sunulmuştur.

Nem analizde vital gluten için ortalama olarak %6,26 değeri ölçülmüş ve denatüre gluten için ortalama olarak %1,76 değeri ölçülmüştür.

Tablo 4.3. Çalışmada kullanılan buğday unu örneğinin bazı özellikleri, %

Parametre	VG	DG
Nem	6,26±0,35 ^a	1,76±0,24 ^b
Protein	79,81±0,78 ^a	80,17±0,91 ^a
Toplam yağ	0,78±0,08 ^a	0,04±0,00 ^b
Kül	0,74±0,23 ^a	0,79±0,14 ^a

Protein, toplam yağ ve kül analiz sonuçları kuru madde bazında verilmiştir.

Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p<0,05$).

Glutenin yapısındaki standart nem içeriğine ulaşmak için farklı çalışmalarda elde edilen sonuçlara bakılmıştır. Bu çalışmalardan birisinde nem içeriği %6-8 olarak gösterilmiştir (Ortolon ve ark., 2017). Vital glutenin ve çeşitli maddelerin katkı olarak kullanımı ile zenginleştirilmiş makarna üretimi üzerine yapılan bir çalışmada vital gluten için nem içeriği %7.31 olarak hesaplanmıştır (Krawęcka ve ark., 2020). Diğer bir çalışmada standart nem değeri %8 olarak verilmiştir (Manley ve

ark., 2011). Buğday gluteninin üretimi, özellikleri ve uygulama alanlarının (Day, 2011) incelendiği çalışmada ise buğday proteini için Codex uluslararası standardının baz alındığı ve bu doğrultuda nem içeriğinin %10'dan küçük olması gerektiği görülmüştür (Standard, C. A., 2001). Buğday gluteninin temel karakterizasyonunun incelendiği çalışmada Codex'te geçerli standarda ek olarak nem değerinin ortalama %6 olarak hesaplandığı görülmüştür (Schopf ve Katharina, 2021). Bu durumda vital glutende hesaplanan nem oranının (Tablo 4.3.) beklenen standarda uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Vital ve denatüre olarak üretilen iki farklı glutende nem farkının üretim yönteminden kaynaklandığı düşünülmüştür. Denatüre gluten vital glutene göre yüksek sıcaklıkta 12 saat süre ile işlendiği için yapısında bulunan suyun vital glutene göre daha büyük oranda uzaklaştırılabildiği sonucuna ulaşılmıştır.

Protein miktarı için standart değer birçok çalışmada ve Codeks uluslararası standartlarında belirtilmiştir (Standard, C. A., 2001). Bu yönde yapılan araştırmalara bakacak olursak, buğday unu bazlı yenilebilir filmlerde gluten kalitesinin incelendiği bir çalışmada protein oranı %80.6 olarak belirtilmiştir (Wang ve ark., 2022). Gluten ve birkaç çeşitli maddenin katkı olarak kullanılmasıyla üretilen makarna özellikleri üzerine yapılmış bir çalışmada protein değeri %70,99 olarak ölçülmüştür (Krawecka ve ark., 2020). Bisküvi üretiminde kullanılan buğday unu için kalite incelemesi yapılan çalışmada kullanılan buğday için protein içeriği standart olarak %73 oranında verilmiştir (Manley ve ark., 2011). Durum buğdayı ile biyoetanol ve vital gluten üretimi üzerine yapılan çalışmada farklı buğdaylardan elde edilen glutenlerde protein değerleri %70 – 80 aralığında bulunmuştur (Sayaslan ve ark., 2018). Vital glutende su absorpsiyon özelliğinin spesifik ekmek hacmi üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada standart değer %73–80 aralığında olduğu belirtilmiştir (Schopf ve Katharina, 2021). Vital glutenin fizikokimyasal özelliklerinin ve reolojik özelliklerinin incelendiği başka bir çalışmada standart aralık %73 – 82 olarak belirtilmiştir (Ortolon ve ark., 2017). Codex uluslararası standartlarında buğday gluteni için yer alan verilere bakıldığında ise olması gereken standart protein değeri %80 oranlarında kabul edilmiştir (Standard, C. A., 2001). Bütün bu veriler göz önünde bulundurulduğunda çalışmada %79,81 (Tablo 4.3.) olarak elde edilen protein oranının standart değere uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yağ, gıda maddelerinde lezzet, besin değeri ve fizikokimyasal özellikler açısından oldukça önemli yere sahip bir besin maddesidir. Bu nedenle gıdalarda temel olarak toplam yağ analizi yapılarak ürün kalitesi değerlendirilmektedir. Bu tez çalışmasında da toplam yağ analizi yapılmıştır ve elde edilen sonuçlar Tablo 4.3'te verilmiştir. Yapılan literatür taramasında standart yağ oranı hakkında çeşitli çalışmalar bulunmuştur. Ekmek üretiminde vital glutenin kalite kriterlerinden biri olan su tutma kapasitesinin incelendiği çalışmada toplam yağ oranının %1,34 olarak hesaplandığı görülmüştür (Schopf ve Katharina, 2021). Yulaf β gluklan, ksantan zamkı ve vital gluten ile zenginleştirilen makarna üretimi üzerine yapılmış çalışmada yağ oranı %1,48 olarak hesaplanmıştır (Krawecka ve ark., 2020). Buğday unu ile üretilen yenilebilir filmlerde gluten kalitesinin incelendiği bir çalışmada yağ oranı %0,8 olarak belirtilmiştir (Wang ve ark., 2022). Buğday unu kullanılarak hazırlanan bisküvilerde vital gluteninde incelendiği bir diğer çalışmada yağ oranı standart olarak %1 olarak verilmiştir (Manley ve

ark., 2011). Codex uluslararası standartlarında yer alan verilere göre standart yağ değeri en fazla %1,5 oranlarında olacak şekilde kabul edilmiştir (Codex, 2001). Sonuç olarak yapılan bu çalışmalar ve kodeks baz alındığında %1,13 olarak elde edilen toplam yağ değeri standart değer aralığında olup materyal kullanımına uygun bulunmuştur.

Vital ve denatüre gluten için yapılan kül analizinde Tablo 4.3'te görüldüğü gibi sonuçlar elde edilmiştir. Vital glutenin katkı olarak kullanıldığı bir çalışmada gluten için kül değerinin %0,57 olarak hesaplandığı görülmüştür (Krawęcka ve ark., 2020). Bisküvi üretiminde buğday unu ve vital buğday gluteni üzerine yapılan bir çalışmada vital gluten için verilen standartlarda kül içeriği %1,2 olarak verilmiştir (Manley ve ark., 2011). Ekmek üretiminde vital glutenin kalite kriterlerinden biri olan su tutma kapasitesinin incelendiği çalışmada gluten için kül değeri ortalama %0,93 olarak hesaplanmıştır (Schoph ve ark., 2021). Codex uluslararası standardına (Codex, 2001) bakıldığında ortalama kül değerinin %2'den küçük olması gerektiği görülmüştür.

Gıdalarda tat, tekstür ve ürün stabilitesi gibi önemli kalite özellikleri o gıdada mevcut olan mineral madde içeriğine bağlıdır. Örneğin, şeker üretiminde kül miktarının fazlalığı renk ve kristallenme özelliğini olumsuz yönde etkilemektedir; meyve jölesi veya marmelat üretiminde kül miktarı kullanılan meyve miktarının göstergesidir. Bunlar haricinde ekmeklik un için kül oranı da önemli bir kalite kriteridir. Buğday kabuğu yüksek oranda mineral içeriğine sahip olduğundan kül değerinin standarttan yüksek olması kepek oranının yüksek olduğu anlamına gelmektedir ve bu durumda un randımanının yüksek olacağı dolayısıyla ekmeklik kalitesinin düşük olacağı anlamına gelmektedir (Anonim, 2010). Yapılan çalışmada ulaşılan kül değerinin istenilen standart aralıkta olduğu görülmüş ve elde edilen ürünün uygun kalitede olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Denatüre ve vital gluten üretimi için farklı prensiblere dayanan iki ayrı yöntem kullanılmıştır. Denatüre gluten üretiminde elde edilen yaş gluten yüksek sıcaklığa maruz kaldığı için üründe besin değeri, şekli, rengi ve aromatik yapısında bozulma meydana gelmektedir. Vital gluten üretiminde ise yaş gluten vakum altında düşük sıcaklık ile işlem gördüğü için üründe katı formda bulunan su süblimasyon ile yapıdan uzaklaştırılır. Bu yöntem ile üründe kalite daha yüksek oranda korunur ve üründe rehidrasyon hızı daha yüksek olur. Yani kuru toz halinde ürün su ilavesi ile tekrar eski formunu alabilir. Ancak denatüre glutende rehidrasyon mümkün değildir yani yaş halde oluşan gluten ağı denatüre glutende tekrar elde edilemez (Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003). Bu doğrultuda yağ analizi sonucuna bakacak olursak vital glutende denatüre glutene göre yüksek oranda yağ elde edilmiştir. Bu durumun kullanılan çözücü maddenin vital glutenin yapısındaki yağı kolayca çözerken denatüre olmuş glutende yapıdaki yağı çözemediğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Nem içeriğine bakıldığında da yine vital glutenin nem içeriğinin denatüre glutene göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumda kurutma yönteminde ki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.3.2. Gluten Verimi

Buğday unundan vital ve denatüre gluten üretimi için elde edilen verim değerleri Tablo 4.4.'te verilmiştir. Buğday unundan elde edilen gluten miktarı gluten verimi hakkında bilgi vermektedir. Buğday ununda yüksek gluten miktarı ve kalitesi, yüksek su tutma kapasitesine ve güçlü elastik yapıda hamur üretimine katkı sağlamaktadır (Bilgiçli ve Soylu, 2016).

Tablo 4.4. Vital gluten ve denatüre gluten için verim değerleri

Örnek	Verim (%)
VG	36,7 ± 3,4 ^a
DG	36,1 ± 3,1 ^a

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p<0,05).
(VG: Vital Gluten; DG: Denatüre Gluten)

Literatürde gluten verimi üzerine birçok çalışma mevcuttur. İrmikaltı undan vital gluten eldesi üzerine yapılan bir çalışmada öğütme sanayinde buğday unu kullanıldığında gluten için genellikle asgari %12 verim hedeflenmektedir (Koyuncu, 2014). Literatüre göre özellikle ekmeklik buğdaylardan elde edilen unlarda olabildiğince yüksek gluten verimi ve kalitesi istenir. Çünkü bu değerlerin yüksek olması son üründe yüksek oranda su tutma ve elastik yapı sağlayacaktır. Bu sebeple ekmeklik unlarda asgari %12 verim beklenirken ideal oranın %27 değerlerinde olduğuda söylenmektedir (Bilgiçli ve Soylu, 2016). Ekmeklik buğdayda gluten indeksi ve diğer kalite parametreleri üzerine yapılan bir çalışmada %32 oranında verim elde edilmiştir (Menderis ve ark., 2008). Buğday gluteninin karakterizasyonu ve izolasyonu üzerine yapılan bir çalışmada çeşitli buğdayların gluten verimleri hesaplanmış ve sonuçta %30,28 ile %36,54 aralığında değerler elde edilmiştir (Kaushik ve ark., 2015). Bu bilgiler doğrultusunda Tablo 4.4'te verilen değerlere göre vital gluten ve denatüre gluten için istenilen seviyelerde verim elde edilmiştir. Ayrıca iki gluten için yakın değerlerde sonuç elde edilmiştir. Kullanılan hammaddenin bu anlamda kalite kriterlerine uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

4.3.3. Su Tutma Ve Yağ Tutma Kapasitesi

Analizler denatüre ve vital gluten örneklerinde 3 paralel halinde gerçekleştirilmiştir. Sonuçta ortalama alınarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Su tutma kapasitesi ekmeklik unlarda son üründe kaliteyi etkileyen önemli faktörlerden birisidir. Su tutma özelliği tüm işlevleri etkilemektedir ancak en önemli etki alanı hamurda esnekliği, kabarma durumu vb. unun mekanik özellikleri üzerinedir. Fırıncılık sektöründe ekmeklik unlarda su kaldırma miktarının yüksek olması iyi bir jelatinizasyon, fırın sıçraması, yumuşak kabuk yapısını sağlamaktadır. Öte yandan su tutma seviyesinde aşırı yükseklik söz konusu olduğunda protein ve nişasta etkileşiminin olumsuz etkilendiği bilinmektedir. Bu durumda su kaldırma kapasitesinin ekmek yapımında çok kritik bir öneme sahip olduğunu söyleyebiliriz (Biçer, 2011).

Tablo 4.5. Vital ve denatüre gluten için su tutma ve yağ tutma değerleri

Örnek	Su Tutma Kapasitesi (%)	Yağ Tutma Kapasitesi (%)
VG	234,1 ± 4,11 ^b	220,8 ± 3,25 ^a
DG	296,8 ± 4,88 ^a	217,3 ± 22,35 ^a

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p<0,05).
(VG: Vital Gluten; DG: Denatüre Gluten)

Glutenin izolasyonu ve elde edilen glutenin kalite kriterleri üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada farklı buğdaylar ile üretilen glutenler de denatüre glutenin su tutma değeri için %249,94-354,22 arasında sonuçlara ulaşılrken, vital gluten için su tutma değeri % 266,6-412,2 arasında sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada elde edilen sonuçların haricinde su tutma değerinin standart aralık olarak %345,88 ve % 353,81 değerlerinde olması gerektiği belirtilmiştir. Aynı çalışmada yağ tutma kapasitesi üzerine de inceleme yapılmış ve %246,19 ile %356 aralığında değerlere ulaşılmıştır. Çalışmada aynı zamanda farklı üretim yöntemleride kıyaslanmış ve dondurularak kurutma yöntemi ile elde edilmiş vital glutenin denatüre glutene oranla yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Kaushik ve ark., 2015). Durum buğday unu ile vital gluten ve bioetanol üretimi yapılan bir çalışmada vital gluten için su tutma değeri 221,6 ile 236,6 aralığında ölçülmüştür (Sayaslan ve ark., 2018).

Yapılan araştırmalara bakıldığında standart aralığa ulaşıldığı görülmüştür. Aynı zamanda yukarıda bahsi geçen çalışmada ulaşıldığı gibi yağ tutmada vital glutenin denatüre glutene göre yüksek değerde çıktığı görülmüştür. Su tutma kapasitesine bakıldığında ise denatüre glutenin vital glutene göre daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu farklılıkların üretim için kullanılan kurutma tekniğinin farklı oluşundan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

4.3.4. Renk Analizi

Yapılan çalışmada renk ölçümü için materyal ve yöntem kısmında da belirtildiği gibi Hunter $L^*a^*b^*$ ölçümü kullanıldı. Analiz sonucunda Tablo 4.6'da gösterilen değerler elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar haricinde Şekil 4.1'de mevcut olan vital gluten ve denatüre gluten arasındaki renk farkı net bir şekilde görülmektedir. Sonucu değerlendirdiğimizde vital glutenin parlaklık değerinin denatüre glutenden yüksek olduğu ve bunun duyuşsal olarak ta kesinleştiği sonucuna ulaşılmıştır. Parlaklığın aksine a ve b değerlerine yani kırmızılık ve sarılık değerlerine bakıldığında denatüre glutende vitalden daha yüksek değerler görülmüştür. Görselde görüldüğü gibi denatüre gluten kahverengimsi tonlarda görünürken vital glutenin krem rengi tonlarında olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu durumun uygulanan ısıl işlemden kaynaklanabileceği düşünölmektedir. Ürünün yapısında bulunan suyun faz farklılığı yani liyofilizatörde üretilecek ürünün öncesinde $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de dondurulması ve yapısındaki suyun vakum altında uzaklaştırılması denatüre glutende ise tam tersi yüksek su içeriğinde yüksek sıcaklıkta işlem görmesinin bu gibi yapısal farklılığa sebep olduğu düşünölmektedir.

İrmikaltı un ile vital gluten üretimi üzerine yapılan çalışmada ve durum buğdayı unu ile vital gluten ve bioetanol üretimi üzerine yapılan ticari vital gluten için renk ölçümü yapılmış ve sonucunda L^* değeri 83,6, a^* değeri 0,9, b^* değeri 14,3 olarak ölçölmüştür (Sayaslan ve ark., 2018; Koyuncu, 2014). Elde edilen sonuçlara bakacak olursak birebir örtüşme olmasada çok yakın değerlerin elde edildiği görölmüştür. Elde edilen sonuçlardaki küçük farklılıkların kullanılan un çeşiti, ortam ve üretim şartları ile ilgili olabileceği düşünölmektedir.



Şekil 4.1: Vital ve denatüre gluten görselleri (a: vital gluten; b: denatüre gluten)

Tablo 4.6. Vital ve denatüre glutende renk ölçüm sonuçları

Örnek	L*	a*	b*
VG	78,10±1,4 ^a	0,98±0,33 ^b	13,43±0,43 ^b
DG	59,24±1,2 ^b	9,43±0,91 ^a	20,84±0,67 ^a

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p<0,05).
(VG: Vital Gluten; DG: Denatüre Gluten)

4.4. Model Hamurda Yapılan Analizler

4.4.1. Nem Analizi

Sadece un, vital gluten katkılı un ve denatüre gluten katkılı un ile 3 farklı aroma kullanılarak hazırlanan model hamurlar pişirilerek aroma bağlama testine hazır hale getirilmiştir. Kontrol ve aroma eklenmiş ürünlerin nem analizleri aynı aromayı içeren örneklerde ortalama olarak sunulmuştur. Tabloda da (Tablo 4.7) görüldüğü gibi tüm örneklerin nem içeriğinin birbirine yakın olduğu görülmüştür.

Tablo 4.7. Model hamurlardan elde edilen ürünlerin nem ve renk analizi sonuçları

Örnek	Nem	L*±	a*	b*
UN+T	19,13±1,07 ^{a,b}	71,66±0,39 ^b	3,02±0,04 ^c	17,05±0,15 ^a
DG+T	18,85±0,23 ^b	66,89±0,04 ^c	5,92±0,05 ^c	17,13±0,11 ^a
VG+T	18,99±0,51 ^b	70,15±0,18 ^b	3,08±0,11 ^c	16,59±0,21 ^{a,b}
UN+L	19,83±1,19 ^{a,b}	73,42±0,22 ^a	2,76±0,04 ^f	17,11±0,03 ^a
DG+L	22,11±0,59 ^a	64,75±0,13	4,89±0,14 ^d	14,35±0,37 ^c
VG+L	17,75±1,30 ^b	71,57±1,27 ^b	2,22±0,06 ^g	15,97±0,28 ^b
UN+D	20,05±2,01 ^a	65,69±0,36 ^c	6,85±0,02 ^b	14,78±0,02 ^c
DG+D	22,84±0,35 ^a	63,81±2,77 ^{c,d}	5,88±0,54 ^c	13,40±0,12 ^d
VG+D	21,67±1,11 ^a	60,72±0,46 ^d	8,85±0,16 ^a	15,83±0,09 ^b

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p<0,05).

(UN+T: Sade un ve timol ile hazırlanan hamur; DG+T: Denatüre gluten katkılı un ve timol ile hazırlanan hamur; VG+T: Vital gluten katkılı un ve timol ile hazırlanan hamur; UN+L: Sade un ve limonen ile hazırlanan hamur; DG+L: Denatüre gluten katkılı un ve timol ile hazırlanan hamur; VG+L: Vital gluten katkılı un ve timol ile hazırlanan hamur; UN+D: Sade un ve diasetil ile hazırlanan hamur; DG+D: Denatüre gluten katkılı un ve diasetil ile hazırlanan hamur; VG+D: Vital gluten katkılı un ve diasetil ile hazırlanan hamur)

4.4.2. Renk Analizi

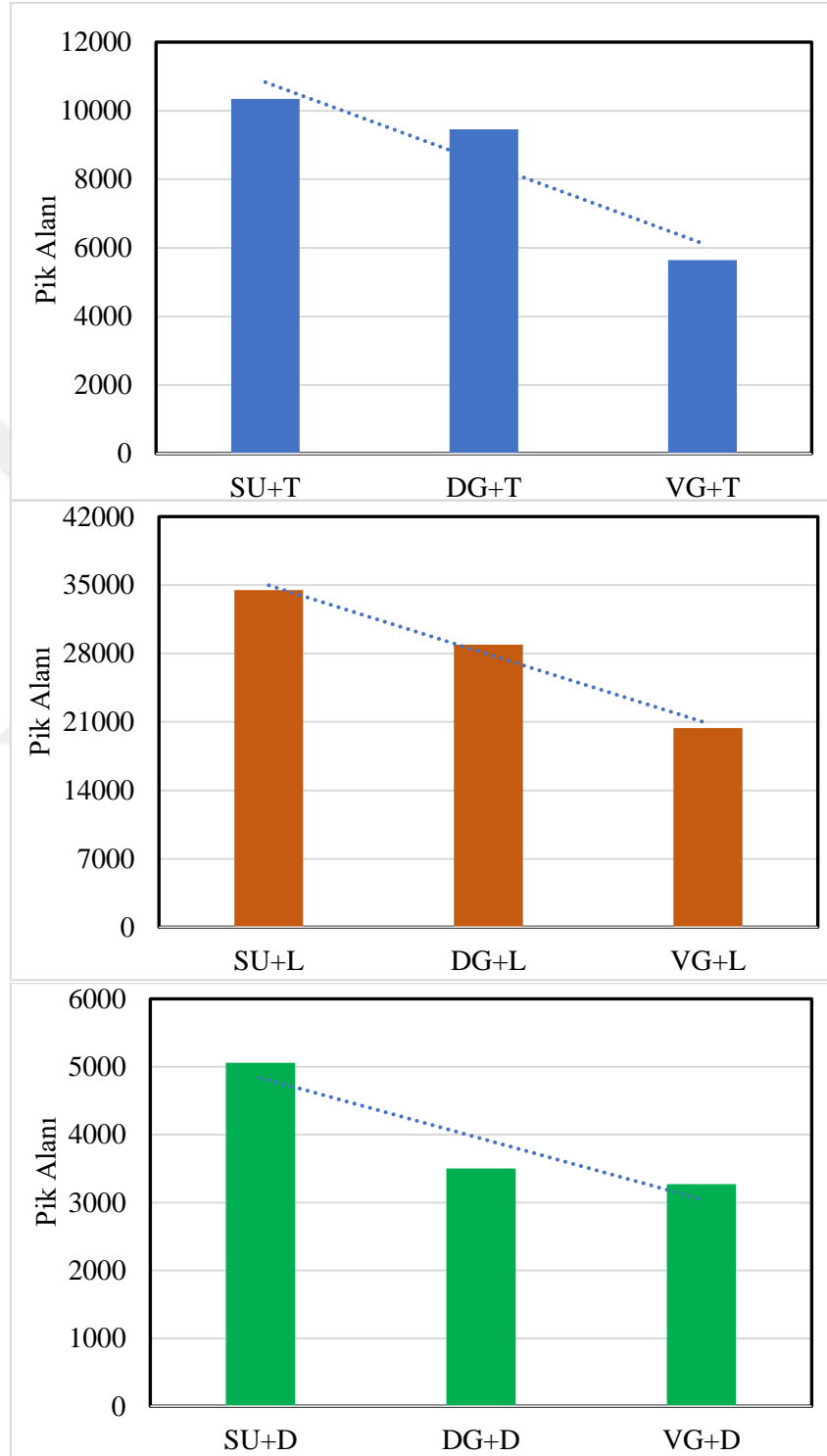
Sadece un, vital katkılı un ve denatüre katkılı un ile 3 farklı aroma kullanılarak hazırlanan model hamurlar için L, a, b değerleri Tablo 4.7’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde genellikle denatüre gluten eklenen örneklerde L değerinin düştüğü gözlenmiştir. Bunun nedeni denatüre glutenin vital glutenden daha koyu renkli olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Burada elde edilen glutenlerde elle yıkama yapıldığı için ürünlerde ihmal edilebilir düzeyde de olsa nişasta kalıntısı olabileceğinden yüksek su içeriğine sahip yaş gluten ısıya maruz kaldığında maillard reaksiyonu gerçekleşmiş ve renkte koyuluk meydana gelmiştir. Kırmızılık değeri olarak bilinen a değeri ise denatüre gluten eklenmiş örneklerde belirgin bir şekilde daha yüksektir. Bu durumun da yine denatüre glutenin yüksek sıcaklıktan dolayı daha kırmızımsı görünmesinden (Şekil 4.1.) kaynaklanmaktadır. Gluten veya farklı aroma maddesi eklenmesi işlemin örneklerin b değerlerinde herhangi bir değişime neden olmadığı gözlenmiştir. Diasetil ilavesi yapılan ürünlerde kırmızılık değeri yüksek ve parlaklık düşük çıkmıştır. Bunun sebebi aromanın renginden kaynaklanmaktadır. Diğer aromalar şeffaf renkte olurken diasetil sarı renkte bir görüntüye sahiptir ve ürüne ilave edilip pişmeye bırakıldığında ürüne kırmızı bir görüntü vermiştir.

4.4.3. GC SPME ile Aroma Analizi

Proteinlerin uçucu aroma bileşiklerine bağlanma kapasiteleri birbirinden farklıdır. Başka bir deyişle, bir protein, diğer proteinlerle karşılaştırıldığında belirli bir aromaya veya tüm aromalara nispeten daha yüksek bağlanma kapasitesine sahip olabilir ve tek bir protein, tüm aroma bileşiklerini eşit afiniteyle bağlamamaktadır. Aroma sınıfı, aroma karbon sayısı, protein kaynağı ve protein izolasyon yöntemi de dahil olmak üzere bu dört faktörün tamamının, aroma tutma seviyesini önemli ölçüde etkilediği bilinmektedir (Wang ve Arntfield, 2014).

Yapılan GC analizlerinden elde edilen pik alanları her bir aroma maddesinin kullanıldığı örnekler için Şekil 4.2’de ayrı ayrı verilmiştir. Ayrıca elde edilen GC pik görsellerinden bazıları Ek-1 ve Ek-2 bölümünde sunulmuştur. Şekil 4.2’de verilen pik alanlarının daha küçük olması aroma salınımının daha az olduğunun, dolayısıyla arama bağlamanın, sonucudur. Bu durumda sonuçlar irdelendiğinde vital gluten eklenmiş ürünlerde aroma bağlama oranlarının denatüre gluten eklenen örneklerden daha yüksek olduğu görülmüştür. Literatürde proteinlerin aroma bağlama özellikleri ile ilgili çalışmalara bakıldığında genel olarak proteinlerin özelliklerine bağlı olarak değişmekle birlikte aroma maddelerinin proteinler tarafından belli ölçülerde bağlandığı görülmektedir (Wang ve Arntfield, 2014; Wang ve Arntfield, 2015; Guo ve ark., 2019; Lesme ve ark., 2020). Mevcut çalışmada aroma vital ve denatüre gluten eklenmiş örneklerde aroma tutma oranları arasındaki en büyük fark timol eklenmiş örneklerde gözlenmiştir. Bunu sırasıyla limonen ve diasetil eklenmiş örnekler izlemektedir. Timol ($C_{10}H_{14}O$; $M_a=150$ g/mol; $KN=232^\circ C$) ve limonen ($C_{10}H_{16}$; $M_a=136$ g/mol; $KN=176^\circ C$) hidrofobik karakterli maddelerdir. Diasetil

($C_4H_6O_2$; $M_a=86$ g/mol; $KN=88^\circ C$) ise hidrofilik özelliklere sahiptir. Aroma maddelerinin bu özellikleri incelendiğinde vital glutenin hidrofobik maddeleri bağlama kapasitesinin görece daha yüksek olduğu söylenebilir. Guo ve ark. (2019)'da farklı sıcaklıklarda (80, 90 ve $100^\circ C$) ısıtma işlemi uygulanmış soya protein izolatlarının SPME yöntemi kullanılarak aroma bağlama özellikleri incelenmiştir. Sonuçlara



Şekil 4.2. Model hamurlara vital ve denatüre gluten ilavesinin elde edilen ürünlerde aroma bağlama özelliklerine etkisi (SU+T: Sade un ve timol ile hazırlanan hamur; DG+T: Denatüre gluten katkılı un ve timol ile hazırlanan hamur; VG+T: Vital gluten katkılı un ve timol ile hazırlanan hamur; SU+L:

Sade un ve limonen ile hazırlanan hamur; DG+L: Denatüre gluten katkılı un ve timol ile hazırlanan hamur; VG+L: Vital gluten katkılı un ve timol ile hazırlanan hamur; SU+D: Sade un ve diasetil ile hazırlanan hamur; DG+D: Denatüre gluten katkılı un ve diasetil ile hazırlanan hamur; VG+D: Vital gluten katkılı un ve diasetil ile hazırlanan hamur

göre aroma bağlanma kapasitesinin 80°C'lik ön ısıtma işlemine tabi tutulan örnekte azaldığı, 90°C ve 100°C'lik ön-ısıtma uygulanmış örneklerde ise kaybolduğu gösterilmiştir.

GC-SPME tekniğinde aroma analizi temel olarak fiber kaplaması, tepe boşluğu ve örnek olmak üzere üç faz arasında gerçekleşir. Araştırmalar sonucunda tepe boşluğunda bulunan aromanın yoğunluğunun vial içerisine konulan örnekler de bulunan uçucu bileşenlerin buhar basıncı ve kaynama noktasına bağlı olduğu görülmüştür (Dadalı ve Elmacı, 2017).

Ekstraksiyon süresinin uzun tutulması ile kaynama noktası yüksek olan örneklerde yüksek pik alanlarının elde edilebileceği söylenmektedir (Dadalı ve Elmacı, 2017). Bu doğrultuda diasetilin buhar basıncının yüksek olmasına rağmen pik alanlarına bakıldığında timolün diasetile göre daha yüksek alanda olmasının sebebinin timolün kaynama noktasının (232°C) diasetilin kaynama noktasına (88°C) göre yüksek olması düşünülmektedir.

Yapılan çalışmada üretim sırasında yüksek sıcaklıkta ve vakum altında düşük sıcaklıkta olmak üzere iki farklı kurutma yöntemi kullanılmıştır. Bu uygulamalar sonucunda protein ağ yapısını koruyabildiğimiz dolayısıyla rehidrasyon hızı yüksek olan vital gluten ve protein ağ yapısı yüksek sıcaklık ile bozulmuş denatüre gluten elde edilmiştir. Bu iki glutenin katkı olarak kullanıldığı model hamura ilave edilen aroma maddelerinin protein ağ yapısı hasar almamış vital gluten ile yapıya daha sıkı tutunabildiği ve dolayısıyla daha düşük oranda salınımın olduğu düşünülmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez kapsamında fırıncılık sektöründe kullanılabilir ve üründe aroma bağlama potansiyeline sahip vital ve denatüre olmak üzere iki farklı buğday gluteni elde edilmiştir. Elde edilen gluten örnekleri için önemli kalite parametrelerinden olan nem, protein, kül, toplam yağ, renk, gluten verimi, su tutma ve yağ tutma analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Gluten örneklerinin üretimi için kullanılan buğday ununun temel özellikleri bakımından Türk Gıda Kodeksi Ekmeklik Buğday Unu Tebliğine göre uygun özelliklere sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Vital ve denatüre gluten ile ilgili yapılan analizlerde elde edilen sonuçlar gerek yapılan benzer çalışmalara gerekse Kodeks Uluslararası standardına göre değerlendirilmiştir. Sonuç olarak tek başına denatüre ve vital gluten standart için uygun bulunmuş ve aralarında karşılaştırma yapıldığında genel olarak vital gluten ve denatüre gluten için yakın oranlarda verim sağlandığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu kalite farklılığına örnek olarak nem analizi sonuçlarına bakıldığında ve standart verilerle kıyaslandığında vital glutende üretim için uygulanan yöntemin nem değerinde herhangi bir olumsuzluğa sebep olmadığı söylenirken denatüre olmuş gluten için uygulanan yöntemin nem ve renk üzerinde olumsuz etkileri olduğu görülmüştür. Yüksek ısıya 12 saat maruz kaldığı için nem içeriğinin büyük ölçüde azaldığı görülmüştür. Renk değerleri incelendiğinde ise parlaklık değeri için vital glutende yüksek sonuç alınırken sarılık ve kırmızılık değerlerinde denatüre glutende yüksek sonuçlara ulaşılmıştır. Ürünler görsel olarak değerlendirildiğinde net bir şekilde krem ve kahverengimsi tonlar ile aralarında farklılık olduğu görülmüştür.

Glutenlerin mekanik yapısı bakımından elde edilen sonuçlara göre düşük sıcaklık ve vakum altında işlenen vital glutenin denatüre olmuş glutene oranla yapısının daha iyi korunduğunu ve dolayısıyla ilave edileceği ürünlerde esneklik ve gaz tutma özelliğini destekleyeceği, dolayısıyla kaliteyi olumlu etkileyeceği sonucuna ulaşılmıştır. Gluten verimi için ulaşılan sonuca göre ürünün standarda göre istenilen aralıkta olduğu görülmüştür.

GC-SPME çalışmalarında kontrol ve aroma ilavesi eklenmiş formülasyonlardan elde edilen ürünlerin analizleri sonucunda elde edilen pik alanları ile değerlendirme yapılmıştır. Sonuç olarak vital gluten katkılı örneklerin denatüre katkılı ve kontrole göre daha çok aroma bağlama eğiliminde olduğu tespit edilmiştir. Aroma maddeleri arasında bakıldığında timol de yüksek oranda bağlanma olduğu ve devamında bunu sırasıyla limonen ve diasetilin takip ettiği gözlenmiştir. Bununla birlikte, elde edilen bu sonuçlardan yola çıkarak buğday gluteni proteinlerinin aroma bağlama özelliklerinin unlu mamul formülasyonlarının kimyasal ve fiziksel diğer özelliklerinin de göz önünde bulundurularak daha detaylı bir şekilde çalışılmasının yararlı olacağı önerilmektedir.

KAYNAKLAR

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

Altınbaş, M., Tosun, M., Yüce, S., Konak, C., Köse, E. ve Can, R.A. (2004). “Ekmeklik buğdayda (*T. aestivum* L.) tane verimi ve bazı kalite özellikleri üzerinde genotip lokasyon etkileri.” Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, Vol. 41, No. 1, pp. 65-74.

Anonim (2010). Gıdalarda Gravimetrik Analizler 2, Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, Ankara.

Anonim (2011). Türk Gıda Kodeksi Aroma Vericiler ve Aroma Verme Özelliği Taşıyan Gıda Bileşenleri Yönetmeliği (2011, 29 Aralık). Resmi Gazete (Sayı: 28157). Erişim Adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111229M3-2.htm>.

Atak, M. (2017). “Buğday ve Türkiye buğday köy çeşitleri.” Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Vol. 22, No. 2, pp. 71-88.

Aydoğan, S., Akçacık, A. G., Şahin, M. ve Yüksel, K. A. Y. A. (2007). “Ekmeklik buğday (*T. aestivum* L.) genotiplerinde verim ve bazı kalite özellikleri arasındaki ilişkiler.” Tarla bitkileri merkez araştırma enstitüsü dergisi, Vol. 16, No. 1-2, pp.21-30.

Baştürk, A. ve Cavidoğlu, İ. (2017). “Soya yağının oksidasyonu üzerine farklı faktörlerin etkilerinin yanıt yüzey yöntemi ile belirlenmesi.” Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, Vol. 27, No. 2, pp. 233-244.

Batu, A. ve Molla, E. (2008). “Lokum Üretiminde Kullanılan Katkı Maddeleri.” Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, No. 1, pp. 33-36.

Biçer, P. (2011). Su tutma kapasitesine etki eden bazı ticari ürünlerin hamur reolojisi ve ekmek özellikleri üzerine etkilerinin incelenmesi, Master's thesis, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, Türkiye.

Bilgiçli, N. ve Soylu, S. (2016). “Buğday ve un kalitesinin sektörel açıdan değerlendirilmesi.” Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi, Vol. 5, No. 2, pp. 58-67.

Bulut, S. (2012). “Ekmeklik buğdayda kalite.” Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi, Vol. 28, No. 5, pp. 441-446.

Ceyhun Sezgin, A. ve Bülbül, S. (2017). “Türk Sanatı ve Mutfak Kültüründe Buğday.” Journal of International Social Research, Vol. 10, pp. 54.

Chen, H., Zhang, Y. and Zhong, Q. (2015). “Physical and antimicrobial properties of spray-dried zein–casein nanocapsules with co-encapsulated eugenol and thymol”, *Journal of Food Engineering*, Vol. 144, pp. 93-102.

Cornell H. and Hoveling A. W. (1998). *Wheat Chemistry and Utilization*. 1rd edition, CRC press, New York, p. 344-348.

Çelik, K. ve Çakmakçı, S. (2020). *Gıdalarda Renk ve Renk Ölçümü*, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Dadalı, C. ve Elmacı, Y. E. (2017). “Gıdalarda Uçucu Bileşen Analizinde Katı Faz Mikroekstraksiyon Koşullarının Optimizasyonunda Yanıt Yüzey Yönteminin Kullanılması.” *Turkish Journal Of Agriculture-Food Science And Technology*, Vol. 5, No. 10, pp. 1173-1183.

Day, L. (2011). “Wheat gluten: production, properties and application.” In *Handbook of food proteins*, Woodhead Publishing, pp. 267-288.

Dizlek, H. (2011). “Gluten oluşumu ve bunu sınırlayan-engelleyen etmenler.” *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, Vol. 6, No. 3, pp. 14-22.

Dizlek, H. (2012). “Buğdaydaki gluten proteinleri: Gliadin.” *Akademik Gıda*, Vol. 10, No. 2, pp. 109-114.

Eker, T. ve Cabaroğlu, T. (2018). “Gıdaların tüketilmesi sırasında retronazal yolla aroma salınımının belirlenmesi.” *Gıda*, Vol. 43, No. 1, pp. 64-77.

Elgün, A. ve Erugay, Z. (1995). *Tahıl İşleme Teknolojisi*. Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi, Yayın No: 297, 2.Baskı, Erzurum, s. 481.

Ercan, R., Seçkin, R. ve Velioğlu, S. (1988). “Ülkemizde yetiştirilen bazı buğday çeşitlerinin ekmeklik kalitesi.” *GIDA*, Vol. 13, No. 2.

Guo, J., He, Z., Wu, S., Zeng, M. and Chen, J. (2019). “Binding of aroma compounds with soy protein isolate in aqueous model: Effect of preheat treatment of soy protein isolate.” *Food Chemistry*, Vol. 290, pp. 16-23.

Guo, J., He, Z., Wu, S., Zeng, M. and Chen, J. (2020). “Effects of concentration of flavor compounds on interaction between soy protein isolate and flavor compounds.” *Food Hydrocolloids*, Vol. 100, No. 105388.

Gül H., Kara B., Acun S., Aslan S. T. ve Öztürk A. (2020). “Türkiye’nin göller bölgesi’nde yetiştirilen farklı buğday çeşitlerinin bazı kalite özellikleri.” *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, Vol. 7, No. 3, pp. 586-595.

Innocente, N., Marchesini, G. and Biasutti, M. (2011). “Feasibility of the SPME method for the determination of the aroma retention capacity of proteose-peptone milk protein fraction at different pH values.” *Food chemistry*, Vol. 124, No. 3, pp. 1249-1257.

Kaushik, R., Kumar, N., Sihag, M. K. and Ray, A. (2015). “Isolation, characterization of wheat gluten and its regeneration properties.” *Journal of food science and technology*, Vol. 52, pp. 5930-5937.

Komes, D., Lovrić, T., Kovačević Ganić, K. and Gracin, L. (2003). “Study of trehalose addition on aroma retention in dehydrated strawberry puree.” *Food Technology and Biotechnology*, Vol. 41, No. 2, pp. 111-119.

Koyuncu, M. (2014). İrmikaltı undan vital gluten ve etanol üretimi üzerine bir araştırma, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye.

Krawęcka, A., Sobota, A. and Sykut-Domańska, E. (2020). “Physicochemical, sensory, and cooking qualities of pasta enriched with oat β -glucans, xanthan gum, and vital gluten.” *Foods*, Vol. 9, No. 10, pp. 1412.

Lesme, H., Alleaume, C., Bouhallab, S., Famelart, M. H., Marzin, C., Lopez-Torres, L. and Rannou, C. (2020). “Aroma-retention capacities of functional whey protein aggregates: Study of a strawberry aroma in solutions and in fat-free yogurts.” *Food Research International*, Vol. 136, No. 109491.

Manley, D., Pareyt, B. and Delcour, J. A. (2011). “Wheat flour and vital wheat gluten as biscuit ingredients.” In *Manley’s technology of biscuits, crackers and cookies*, Woodhead Publishing, pp. 109-133.

Marcuzzo, E., Debeaufort, F., Sensidoni, A., Tat, L., Beney, L., Hambleton, A. and Voilley, A. (2012). “Release behavior and stability of encapsulated D-limonene from emulsion-based edible films.” *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 60, No. 49, pp. 12177-12185.

Mastromatteo, M., Barbuzzi, G., Conte, A. and Del Nobile, M. A. (2009). “Controlled release of thymol from zein based film.” *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, Vol. 10, No. 2, pp. 222-227.

McMeekin, T. L., Groves, M. L. and Hipp, N. J. (1949). “Apparent specific volume of α -casein and β -casein and the relationship of specific volume to amino acid composition.” *Journal of the American Chemical Society*, Vol. 71, No. 10, pp. 3298-3300.

Menderis, M., Atlı, A., Köten, M. ve Kılıç, H. (2008). “Gluten indeksi değeri ve yaş gluten/protein oranı ile ekmeklik buğday kalite değerlendirmesi.” Haran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Vol. 12, No. 3, pp. 57-64.

Mutlu, A. ve Timuçin, T. A. Ş. (2020). “Türkiye’de yetiştirilen bazı ekmeklik buğday çeşitlerinin yarı kurak iklim koşullarında (*T. aestivum L.*) kalite özellikleri ile verim ve verim unsurlarının incelenmesi.” Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, No. 19, pp. 344-353.

Mut, Z., Köse, Ö. D. E. ve Akay, H. (2017). “Bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum L.*) çeşitlerinin tane verimi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi.” Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, No. 32, pp. 85-95.

Ortolan, F. ve Steel, C. J. (2017). “Protein characteristics that affect the quality of vital wheat gluten to be used in baking: A review.” Comprehensive reviews in food science and food safety, Vol. 16, No. 3, pp. 369-381.

Özdemir, N. (2019). Fesleğen (*Ocimum basilicum L.*) uçucu yağının püskürterek kurutma tekniği ile mikroenkapsülasyonu ve model üründe uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Türkiye.

Özdemir, Y., Yalınkaya, S. and İlhan, S. (2023). Properties of Cake and Pogaca Enriched With Carob Molasses Pulp Flour

Özkaya, H. ve Özkaya, B. (2005). Tahıl ve Ürünleri Analiz Yöntemleri, 2. baskı, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:31, Ankara

Pérez-Juan, M., Flores, M. and Toldrá, F. (2006). “Model studies on the efficacy of protein homogenates from raw pork muscle and dry-cured ham in binding selected flavor compounds.” Journal of Agricultural and Food Chemistry, Vol. 54, No. 13, pp. 4802-4808.

Pérez-Juan, M., Flores, M. and Toldrá, F. (2007). “Binding of aroma compounds by isolated myofibrillar proteins: Effect of protein concentration and conformation.” Food chemistry, Vol. 105, No. 3, pp. 932-939.

Poinot, P., Grua-Priol, J., Arvisenet, G., Rannou, C., Semenou, M., Le Bail, A. and Prost, C. (2007). “Optimisation of HS-SPME to study representativeness of partially baked bread odorant extracts.” Food Research International, Vol. 40, No. 9, pp. 1170-1184.

Sadikoğlu, H. ve Özdemir, M. (2003). “Dondurarak kurutma teknolojisi ve evreleri.” Gıda, Vol. 28, No. 6.

Sayaslan, A., Koyuncu, M., Türker, S., İrkli, Y., Serin, A. ve Orhan, F. G. (2018). “Use of durum wheat clear flour in vital gluten and bioethanol production.” Journal of cereal science, Vol. 80, pp. 50-56.

Schopf, M., Wehrli, M. C., Becker, T., Jekle, M. and Scherf, K. A. (2021). "Fundamental characterization of wheat gluten." *European Food Research and Technology*, Vol. 247, pp. 985-997.

Shewry, P. R., Halford, N. G. and Lafiandra, D. (2003). "Genetics of wheat gluten proteins." *Advances in genetics*, Vol. 49, pp. 111-184.

Shukla, R. and Cheryan, M. (2001). "Zein: the industrial protein from corn." *Industrial Crops And Products*, Vol. 13, No. 3, pp. 171-192.

Standard, C. A. (2001). *Wheat Protein Products Including Wheat Gluten: CODEX STAN 163-1987, Rev. 1-2001*; FAO.

Steinhaus, M., Fritsch, H. T. and Schieberle, P. (2003). "Quantitation of (R)- and (S)-linalool in beer using solid phase microextraction (SPME) in combination with a stable isotope dilution assay (SIDA)." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 51, No. 24, pp. 7100-7105.

Surburg, H. and Panten, J. (2016). "Common fragrance and flavor materials: preparation, properties and uses." John Wiley & Sons.

TS EN 2013-9 (2013). *Buğday Unu Tebliği, Türk Gıda Kodeksi, Ankara, Türkiye*

Viry, O., Boom, R., Avison, S., Pascu, M. and Bodnár, I. (2018). "A predictive model for flavor partitioning and protein-flavor interactions in fat-free dairy protein solutions." *Food Research International*, Vol. 109, pp. 52-58.

Yılmaz, E. ve İşleten, M. (2004). "Gıda matrislerinden aroma maddeleri salınımının fiziksel esasları." *Gıda Mühendisliği Dergisi*, Vol. 18, pp. 25-29.

Yılmaz, M. S. ve Meral, R. (2019). "Ekmeklik un kalite parametreleri arasındaki ilişkiler." *ADYUTAYAM Dergisi*, Vol. 7, No. 1, pp. 33-45.

Yüksel, F., Koyuncu, M. ve Sayaslan, A. (2011). "Makarnalık buğday (*Triticum durum*) kalitesi." *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, No. 2, pp. 5-31.

Wadhawan, C. K. and Bushuk, W. (1989). "Studies on vitality of commercial gluten. I: Physical, chemical and technological characteristics." *Cereal chemistry*, Vol. 66, No. 6, pp. 456-461.

Wang, K. and Arntfield, S. D. (2016). "Effect of protein-flavour binding on flavour delivery and protein functional properties: A special emphasis on plant based proteins." *Flavour and Fragrance Journal*, Vol. 32, No. 2, pp. 92-101.

Wang, J., Sun, X., Xu, X., Sun, Q., Li, M., Wang, Y. and Xie, F. (2022). “Wheat Flour-Based Edible Films: Effect of Gluten on the Rheological Properties, Structure, and Film Characteristics.” *International Journal of Molecular Sciences*, Vol. 23, No. 19, pp. 11668.

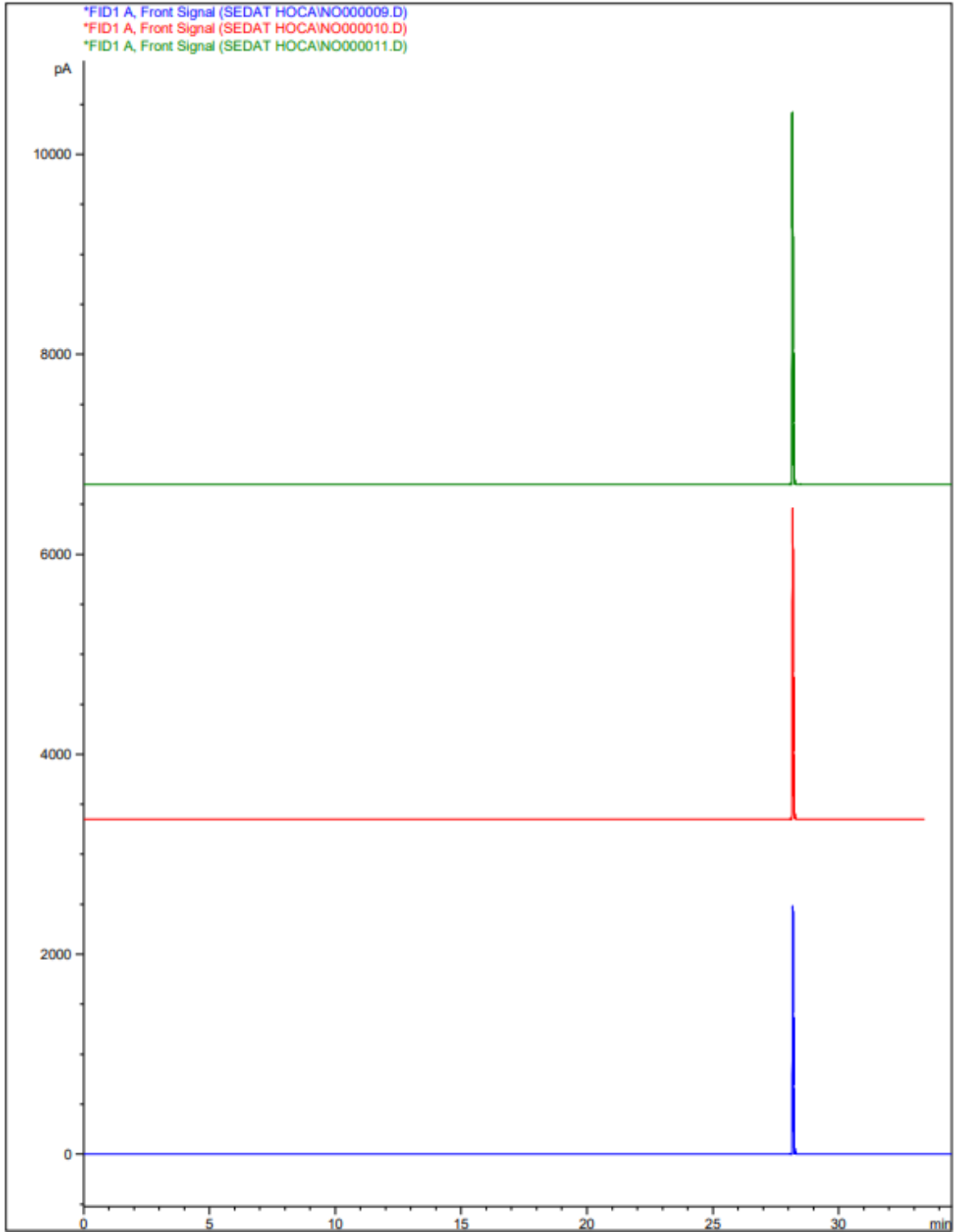
Wolf, R. B., Cavins, J. F., Kleiman, R. and Black, L. T. (1982). “Effect of temperature on soybean seed constituents: oil, protein, moisture, fatty acids, amino acids and sugars.” *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Vol. 59, No. 5, pp. 230-232.

Woychik, J. H., Boundy, J. A. and Dimler, R. J. (1961). “Wheat gluten proteins, amino acid composition of proteins in wheat gluten.” *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 9, No. 4, pp. 307-310.



EKLER

EK 1. GC-SPME ANALİZİ TİMOL İÇİN ELDE EDİLEN PİK GRAFİKLERİ

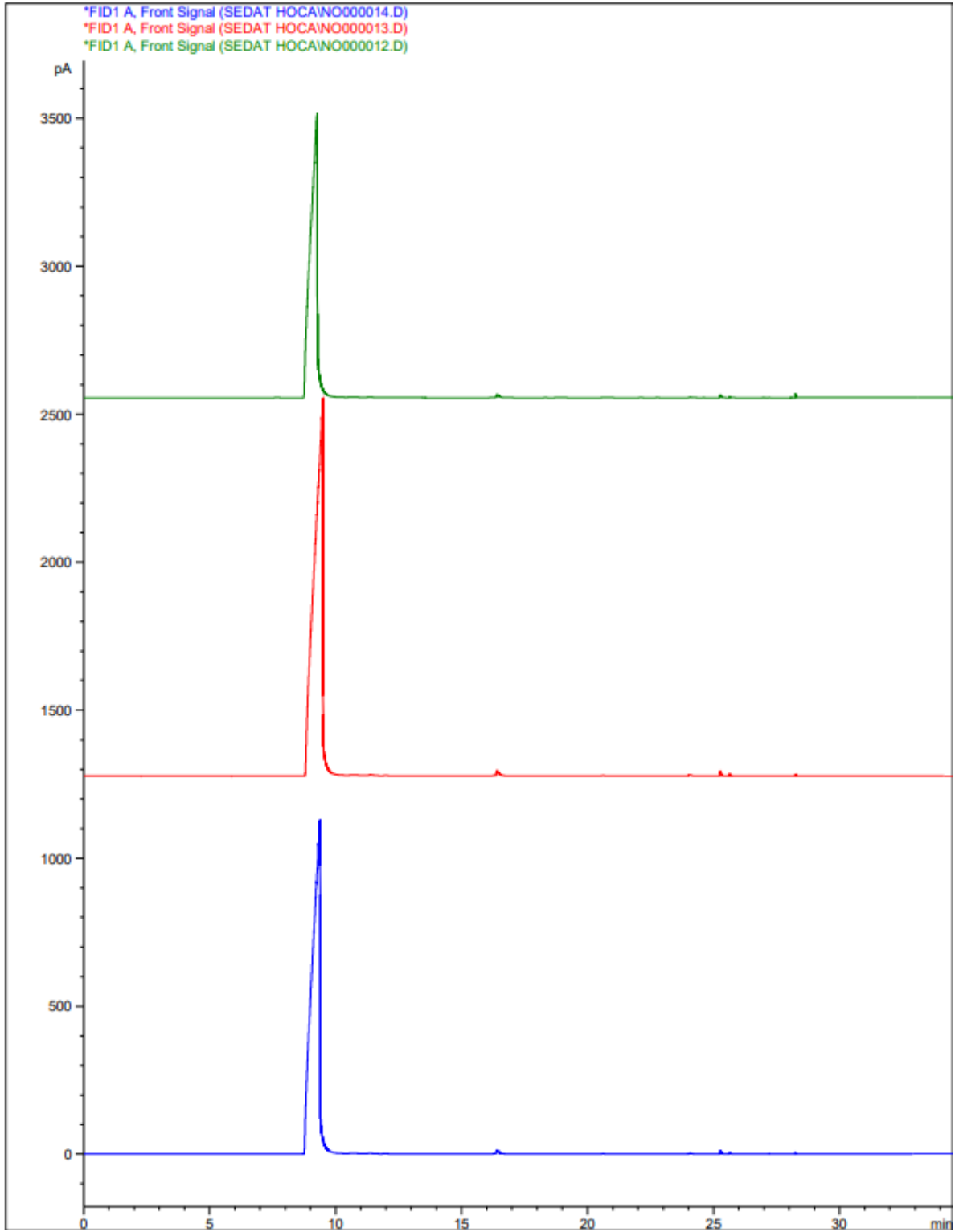


No. 9: Vital katkılı un ve timol ile hazırlanan örnek

No. 10: Sade un ve timol ile hazırlanan örnek

No. 11: Denatüre katkılı ve timol ile hazırlanan örnek

EK 2. GC-SPME ANALİZİ LİMONEN İÇİN ELDE EDİLEN PİK GRAFİKLERİ



No. 12: Vital katkılı un ve limonen ile hazırlanan örnek

No. 13: Sade un ve limonen ile hazırlanan örnek

No. 14: Denatüre katkılı ve limonen ile hazırlanan örnek

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı

Doğum Tarihi



