

**T.C.**  
**BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**MAKARNALIK BUĞDAY ÇEŞİDİNDE ULTRASON  
TEKNOLOJİSİNİN TAVLAMA İŞLEMİ ÜZERİNE ETKİSİNİN  
İNCELENMESİ**

**BAHAR KAYA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Jüri Üyeleri :** **Dr. Öğr. Üyesi Yavuz YÜKSEL (Tez Danışmanı)**  
**Prof. Dr. Rasim Alper ORAL**  
**Dr. Öğr. Üyesi Fatma KORKMAZ**

**BALIKESİR, EYLÜL - 2024**

## **ETİK BEYAN**

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak tarafımda hazırlanan “**Makarnalık Buğday Çeşidinde Ultrason Teknolojisinin Tavlama İşlemi Üzerine Etkisinin İncelenmesi**” başlıklı tezde;

- Tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Kullanılan veriler ve sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tüm bilgi ve sonuçları bilimsel araştırma ve etik ilkelere uygun şekilde sunduğumu,
- Yararlandığım eserlere atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ederim.

**Bahar KAYA**

## ÖZET

**MAKARNALIK BUĞDAY ÇEŞİDİNDE ULTRASON TEKNOLOJİSİNİN  
TAVLAMA İŞLEMİ ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BAHAR KAYA  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ  
(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖGR. ÜYESİ YAVUZ YÜKSEL)**

**BALIKESİR, EYLÜL - 2024**

İnsanların günlük diyetlerinde, farklı buğdaylardan üretilen yiyecekler oldukça fazladır. Makarnalık buğdaylar (*Triticum durum*) bunlardan bir tanesidir. Bu buğday sert bir buğday çeşidi olup, kendine özgü öğütme kriterleri bulunmaktadır. Öğütmeye uygun hale gelebilmesi için 2 veya 3 aşamada tavlama işlemi yapılmaktadır. Öğütme sonrası elde edilen irmiğin kalitesi tavlama ve öğütme işlemlerinin uygun yapılmasına bağlıdır. Bu amaçla farklı öğütme teknikleri ve farklı tavlama uygulamalarına yönelik birçok çalışma yapılmıştır. Çalışmamızda su içerisinde ultrason (US) uygulanarak tavlanan makarnalık buğdaylardan elde edilen irmiklerin kalite parametrelerinin değişimi, klasik tavlama yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Klasik tavlama ve US uygulanarak yapılan tavlama işlemleri sonucunda irmikte, fiziksel, kimyasal ve fizikokimyasal analizler yapılmıştır. Sonuçlar, klasik tavlama işlemine göre US ile tavlama işlemi irmik verimi, granülasyon, renk ( $L^*$  ve  $b^*$ ), nem, kül, protein, ham selüloz, gluten ve gluten indeks değerlerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde değişime neden olmuştur. US irmik verimi ve kül oranlarını düşürmüştür. Bu sonuç renk değerlerine de olumlu yansımıştır.  $L^*$  değerleri yükselmiş, ultrason uygulanan ve 24 saat dinlendirilen (US24) buğday örneklerinden elde edilen irmikler daha parlak bir görünümlü olmuştur. İrmik ve buğdaylardaki su seviyeleri US ile artmıştır. US24'e ait irmik kalite parametresi değerleri 8 saat dinlendirilenlere göre daha iyi sonuçlar vermiştir. İrmik protein ve gluten indeks değerleri ultrason uygulanan örneklerde daha yüksek çıkmıştır. Granülasyon değerlerinde 112-212 $\mu$  aralığındaki irmik oranı US ile daha da artmıştır. Yapılan çalışma, su hidrasyonunun ve irmik kalitesinin daha iyi olduğu ultrason uygulaması sonuçları ile makarnalık buğdaylarda klasik tavlama işleminde uygulanan 48 saatlik dinlendirme süresinin daha kısa sürelerle düşürülebileceği hususunda önemli sonuçlar ortaya koymuştur.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Makarnalık buğday, tavlama, ultrason uygulaması, ıslatma

Bilim Kod / Kodları : 90808, 90812

Sayfa Sayısı: 70

## **ABSTRACT**

### **INVESTIGATION OF THE EFFECT OF ULTRASOUND TECHNOLOGY ON THE ANNEALING PROCESS OF DURUM WHEAT VARIETY**

**MSC THESIS**

**BAHAR KAYA**

**BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE**

**DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING**

**(SUPERVISOR: DR. ÖĞR. ÜYESİ YAVUZ YÜKSEL)**

**BALIKESİR, SEPTEMBER - 2024**

In people's daily diets, there are many foods produced from different wheats. Durum wheat (*Triticum durum*) is one of them. This wheat is a hard wheat variety and has its own milling criteria. In order to make it suitable for milling, a tempering process is carried out in 2 or 3 stages. The quality of the semolina obtained after milling depends on the proper tempering and milling processes. For this purpose, many studies have been conducted on different milling techniques and different tempering applications. In our study, the change in quality parameters of semolina obtained from durum wheat tempered by applying ultrasound (US) in water was compared with the classical tempering method. Physical, chemical and physicochemical analyzes were performed on semolina as a result of the classical tempering and US tempering processes. The results showed that, compared to the classical tempering process, the US tempering process caused statistically significant changes in semolina yield, granulation, color ( $L^*$  and  $b^*$ ), moisture, ash protein, crude fiber, gluten and gluten index values. US reduced semolina yield and ash ratios. This result was also reflected positively on color values.  $L^*$  values increased, and semolina obtained from wheat samples treated with ultrasound and rested for 24 hours (US24) had a brighter appearance. Water levels in semolina and wheat increased with US. Semolina quality parameter values of US24 have better results than those arrested for 8 hours. Semolina protein and gluten index values were higher in samples subjected to ultrasound. The semolina ratio in the granulation values between 112-212 $\mu$  increased further with US. The study revealed important results that the 48-hour resting period applied in the classical tempering process of durum wheat can be reduced to shorter periods with the results of ultrasound application, which provides better water hydration and semolina quality.

**KEYWORDS:** Durum wheat, tempering, ultrasound application, soaking

Science Code / Codes : 90808, 90812

Page Number : 70

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>SEMBOL LİSTESİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>viii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI</b> .....	<b>3</b>
2.1 Buğday .....	3
2.2 Buğdayın Tavlama ve Öğütülmesi .....	10
2.3 Ultrason Teknolojisi .....	15
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>21</b>
3.1 Materyal .....	21
3.2 Metot .....	22
3.2.1 Denemelerin Kuruluşu .....	22
3.2.2 Laboratuvar Analizleri .....	23
3.2.2.1 Buğday Analizleri .....	23
3.2.2.2 Tavlama İşlemi .....	25
3.2.2.3 Öğütme İşlemi .....	26
3.2.2.4 İrmikte Fiziksel Analizler .....	27
3.2.2.5 İrmikte Kimyasal Analizler .....	28
3.2.2.6 İrmikte Fizikokimyasal Analizler .....	28
3.2.3 İstatistiksel Analizler .....	28
<b>4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA</b> .....	<b>30</b>
4.1 Analitik Sonuçlar .....	30
4.2 Araştırma Sonuçları .....	31
4.2.1 Ön Denemeler .....	31
4.2.1.1 Buğdayı İslatma İşleminde Ultrason Uygulama Süresi ve Dinlendirme Süresi Parametrelerinin Tane Suyu Absorpsiyonuna Etkisi .....	31
4.2.1.2 Buğdayı İslatma İşleminin Farklı Dinlendirme Sürelerinde Ultrasonlu İslatma Uygulamasının Bazı Öğütme Parametrelerindeki Etkileri .....	34
4.2.1.2.1 İrmikte Yapılan Fiziksel Analizler .....	34
4.2.1.2.1.1 Verim .....	34
4.2.1.2.1.2 Granülasyon .....	35
4.2.1.2.1.3 Renk .....	37
4.2.1.2.1.4 Pike .....	38
4.2.1.2.2 İrmikte Yapılan Kimyasal Analizler .....	41
4.2.1.2.2.1 Nem .....	41
4.2.1.2.2.2 Kül .....	42
4.2.1.2.2.3 Protein .....	44
4.2.1.2.2.4 Ham Selüloz .....	46
4.2.1.2.2.5 Yağ .....	46

4.2.1.2.3 İrmikte Yapılan Fizikokimyasal Analizler .....	49
4.2.1.2.3.1 Gluten ve Gluten İndeks .....	49
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>51</b>
<b>6. KAYNAKLAR .....</b>	<b>53</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>66</b>
EK A: Makarnalık buğday örneklerindeki dinlendirme sürelerinin ultrasonlu ıslatma ve ultrasonuz ıslatma sürelerindeki tane suyu (%) absorpsiyonuna etkileri .....	67
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>70</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1: Kavitasyon olayının etkisi .....	16
Şekil 3.1: Bandelin RK 510 H ultrasonik banyo.....	21
Şekil 3.2: Ultrasonlu ve ultrasonuz ıslatma işlemlerinin deneme aşmaları.....	23
Şekil 3.3: NIR spektroskopi cihazı .....	24
Şekil 3.4: Grobecker kesme aleti ile camsılık tayini.....	24
Şekil 3.5: Minolta CR 300 cihazı ile renk ölçümü.....	25
Şekil 3.6: Perten Glutomatic 2000 cihazı ile gluten ve gluten indeks ölçümü .....	25
Şekil 3.7: Chopin Moulin CDI.....	27
Şekil 3.8: Granülasyon analizi elekleri .....	27
Şekil 3.9: Pike analizi ölçümü.....	28
Şekil 4.1: Makarnalık buğday örneklerindeki optimum dinlendirme süresinin ultrasonlu ıslatma ve ultrasonuz ıslatma işlemlerinin tane suyu (%) absorpsiyonuna etkileri .....	32
Şekil 4.2: Tavlama şeklinin irmik verimi üzerine etkisi .....	35
Şekil 4.3: Tavlama şeklinin irmik granülasyonu üzerine etkisi .....	37
Şekil 4.4: Tavlama şeklinin irmik renk değerleri üzerindeki etkisi .....	38
Şekil 4.5: Tavlama şeklinin irmikteki pike oranı üzerine etkisi.....	39
Şekil 4.6: Tavlama şeklinin irmik nem oranı üzerine etkisi.....	42
Şekil 4.7: Tavlama şeklinin irmik kül oranı üzerine etkisi .....	43
Şekil 4.8: Tavlama şeklinin irmik protein oranı üzerine etkisi .....	45
Şekil 4.9: Tavlama şeklinin irmik ham selüloz üzerine etkisi .....	46
Şekil 4.10: Tavlama şeklinin irmik yağ oranı üzerine etkisi.....	47
Şekil 4.11: Tavlama şeklinin irmik gluten ve gluten indeks oranı üzerine etkisi .....	50
Şekil A.1: 15 DK ultrasonlu ve ultrasonuz ıslatma işlemi karşılaştırması .....	67
Şekil A.2: 14 DK ultrasonlu ve ultrasonuz ıslatma işlemi karşılaştırması .....	67
Şekil A.3: 13 DK ultrasonlu ve ultrasonuz ıslatma işlemi karşılaştırması .....	68
Şekil A.4: 12 DK ultrasonlu ve ultrasonuz ıslatma işlemi karşılaştırması .....	68
Şekil A.5: 11 DK ultrasonlu ve ultrasonuz ıslatma işlemi karşılaştırması .....	69

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 2.1:</b> Buğday tavlanmasında kullanılan yöntemler .....	11
<b>Tablo 4.1:</b> Makarnalık buğday örneklerine ait bazı fiziksel analiz sonuçları.....	33
<b>Tablo 4.2:</b> Makarnalık buğday örneklerinin farklı dinlendirme süresinin ultrasonlu ıslatma ve ultrasonuz ıslatma işlemlerinin tane suyu (%) absorpsiyonu üzerindeki etkileri .....	33
<b>Tablo 4.3:</b> İrmikte yapılan verim ve granülasyon analizlerine ait sonuçlar .....	40
<b>Tablo 4.4:</b> İrmikte yapılan renk ve pike analizlerine ait sonuçlar .....	40
<b>Tablo 4.5:</b> İrmikte yapılan kimyasal analizlere ait sonuçlar .....	48
<b>Tablo 4.6:</b> İrmikte yapılan fizikokimyasal analizlere ait sonuçlar .....	48

## SEMBOL LİSTESİ

<b>a*</b>	: (-) yeşil, (+) kırmızı renk değeri
<b>b*</b>	: (-) mavi, (+) sarı renk değeri
<b>°C</b>	: Santigrat
<b>cm</b>	: Santimetre
<b>g</b>	: Gram
<b>kg</b>	: Kilogram
<b>kg/hl</b>	: Hetolitre ağırlığı
<b>kHz</b>	: Kilohertz
<b>L</b>	: Litre
<b>L*</b>	: Parlaklık renk değeri
<b>MHz</b>	: Megahertz
<b>μ</b>	: Mikron
<b>mL</b>	: Mililitre
<b>mm</b>	: Milimetre
<b>mW</b>	: Miliwatt
<b>Pike K</b>	: Kahverengi pike
<b>Pike S</b>	: Siyah pike
<b>PSI</b>	: Particle Size Index
<b>NIR</b>	: Near Infrared Reflectance
<b>TS</b>	: Türk Standartları
<b>US</b>	: Ultrason
<b>US8</b>	: Ultrason uygulamalı 8 saat dinlendirme
<b>US24</b>	: Ultrason uygulamalı 24 saat dinlendirme
<b>W</b>	: Watt

## ÖNSÖZ

Yapılan bu tez çalışmasının ortaya çıkmasında, konu, konunun önemi ve temellerinin oluşumunun ortaya çıkarılmasında, çalışmaların oluşturulmasında ve çalışmaların tüm süreci boyunca zaman, süre gözetmeksizin desteklerini esirgmeden her türlü yardımı sağlayan, çok kıymetli tez danışmanım olan Sayın Dr. Öğ. Üyesi Yavuz YÜKSEL'e sonsuz teşekkürlerimi, sevgi ve saygılarımı sunarım.

Tez çalışması sürecince her türlü bilgi paylaşımı, buğday temini, analiz cihazları kullanımı sağlayan Toru Un (Bandırma Has Un Fab.Ltd.Şti.) ailesine ve bunların gerçekleşmesini sağlayan, vakit gözetmesizin desteğini esirgemeyen Sayın Murat ÖZGENÇ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Yine vakit gözetmeksizin her konuda yardımını ve desteğini esirgemeyen Sayın Furkan KÖRPE'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın analizleri aşamasında ve laboratuvar ortamı kullanımı sağlanmasında Bilcanlı A.Ş'ye ve bunların gerçekleşmesini sağlayan, bir çok konuda desteğini esirgemeyen Sayın Yüksek Ziraat Mühendisi Cengiz MERİÇ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Laboratuvar ortamında yardım sağlayan ve bilgi paylaşımı konusunda desteklerini esirgemeyen Sayın Erhan YÜCE, Emre ÖZDEREKÖYLÜ ve Fulya ÇAKIRCA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tellioğlu un fabrikasındaki çalışmaları gerçekleştirilebilmesinde aracı olan Sayın Kadriye BAYDAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Yine aynı işletmede çalışmaya desteklerini esirgemeyen Serdar GÜNDOĞAN'a, Ceyda KAÇMAZ GÜMÜŞ'e ve İbrahim Selçuk AVCI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Asgen Tarım Ticaret A.Ş'ye ve Sayın Rıdvan AYTİN'e cihaz sağlama konusunda desteklerinden dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Turtat Tohumculuk'a ve Sayın Nahit ÇAĞIRICI'ya desteğinden dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Beni bu günlere getiren, her zaman desteklerini ve emeklerini benden esirgemeyen ve yine bu sürecin her aşamasında destek sağlayan, sevgili ailem, KAYA ailesine sonsuz teşekkür ve sevgilerimi sunarım.

Uzun zamandır her alanda desteği olan, tez sürecinde de her türlü desteği sağlayan sevgili nişanlım Aytaç KILINÇ'a ve KILINÇ ailesine sonsuz sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunarım.

**Balıkesir, 2024**

**Bahar Kaya**

## 1. GİRİŞ

Buğday, dünya üzerinde insanoğlunun hayatında çok eski tarihlerden beri yetiştiriciliği yapılan bir bitki türüdür. İnsanların enerji ihtiyaçlarını karşılamada ilk üretildiği tarihten beri beslenmede önemli bir yere sahiptir. Buğday olumsuz iklim şartlarına karşı dayanma yeteneği yüksek olması nedeniyle, kültür bitkileri içerisinde üretim ve ekim açısından yetiştirilen en yaygın tahıl türüdür. İnsanların yoğun olarak tükettiği, ekmek, un, makarna ve bisküvi gibi çoğu yiyeceğin üretiminde tahıl kullanılmaktadır. Hububat adı da verilen tahılın Türkiye’de günlük kalori alımı içerisinde yeri %70-80 olarak bilinmektedir.

İnsanlar tarafından sıklıkla tüketilen bir gıda maddesi de buğdaydan imal edilen makarnadır. Makarna, durum buğdayından elde edilen irmiğin besince zengin bileşenler ve su ile yoğurulması, şekil verilmesi ve kurutulması ile üretilen yarı hazır gıda maddesi olarak tanımlanmaktadır. Makarna üretiminde temel hammadde irmiktir. Durum buğdayı irmik haline getirilmeden önce, buğday tanelerinin fiziksel yapılarını, öğütülmeye elverişli hale getirmek gerekmektedir. Tavlama adı verilen bu işlem, belirli bir zamanda ve belirli bir sıcaklıkta buğday tanesine su verilmesi ya da uzaklaştırılması şeklinde açıklanmaktadır. Tavlama işlemi ile buğday tanelerinde kepek tabakası elastik bir yapı kazanırken unu endosperm mozaik bir yapı kazanmaktadır. Bunun sonucu olarak, kepek unu endospermden daha kolay ayrıştırılmaktadır. İrmik verimi ve buğday öğütme kalitesi artmaktadır. İrmik üretiminde, tavlama işleminin yanı sıra durum buğdaylarında tane iriliği, bintane, hektolitre ağırlığı, tane sertliği ve tane rengi gibi kriterler de öğütme işlemi üzerinde etkili faktörlerdir.

Dünya üzerinde üretim miktarlarının giderek artması, beklentilerin ve kalite algısının giderek gelişmesi, yeni teknolojik gelişmelerin farklı alanlara katkısının artması gibi etkenlerle hızlı, kaliteli ve besince değerli mamül elde etmek önemli hale gelmiştir. Bu durum proses hatlarında yeni araştırmalar yapmaya ve yeni ürünlerin daha verimli, daha az enerji sarfiyatlı, daha az maliyetli, ve daha güvenilir şekilde üretilmesi ihtiyacını ortaya koymuştur. Gıda endüstrisinde bu amaçlar doğrultusunda üretim hatlarında kullanılmaya başlayan ve araştırmalara konu olan yeni teknolojilerden bir tanesi de ultrason teknolojisidir. Ultrason, farklı maddelerden (sıvı, gaz ve katı) geçebilme kabiliyetine sahip, 20 kHz frekansından daha yüksek olan ve insan işitme duyusu tarafından algılanamayan ses dalgalarıdır. Hububat sanayinde oldukça sınırlı kullanıma sahip olan ultrason

teknolojisi metotlarının, tahıl ve tahıl ürünlerinde kullanımının bazı faydaları fark edilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır.

Ultrason işlemi ile değirmencilik sektöründe tavlama süresinin kısılması, silo yatırımlarının azalması, üretim kapasitesi artışı, daha hızlı ve kaliteli öğütme ürünlerinin elde edilmesinde fayda sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada, makarnalık buğday çeşidine iki farklı tavlama yöntemi uygulanmış ve bu yöntemlerden elde edilen parametreler karşılaştırılmıştır. Ultrason işlemi uygulanarak yapılan tavlama işleminin klasik tavlama işlemine göre irmik kalitesi üzerine etkilerinin değişimi incelenmiştir. Bu amaçla her iki tavlama işleminden elde edilen irmiklerin kalite parametreleri karşılaştırılmıştır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1 Buğday

Tahıl taneleri, dünya çapında enerji, karbonhidrat ve bitkisel proteinlerin ana besin kaynağıdır. Şu anda, tahılların yalnızca %41'i insan tüketimi için kullanılırken, %35 kadarı hayvan yemi olarak kullanılmaktadır (Poutanen vd., 2022). Türkiye'de günlük kalorinin yarısına yakını (%44) ekmekten, geriye kalan kısmı ise diğer tahıl ürünlerinden karşılanmaktadır (Şanlıer, 2013). Genel olarak üretim şekline bakıldığında un üretimi öne çıkmaktadır. Dünya üzerinde yetiştirilen en yaygın tahıl çeşidi buğday olmaktadır. Buğday, çevre koşullarına uyum sağlama (adaptasyon) yeteneği yüksek olan bir bitki türüdür. Bu yüzden farklı bölge ve iklimlerde kolaylıkla yetişebilmektedir (Shewry, 2009). Botanik yapısına göre buğday; ekmeklik (*Triticum aestivum*), topbaş ya da bisküvilik (*Triticum compactum*) ve makarnalık buğday (*Triticum durum*) şeklinde 3'e ayrılmaktadır (Elgün ve Ergutay, 1995; Posner, 2000; Morris, 2004; Hosenev, 1994).

Dünyadaki mevcut durum ihtiyaçları göz önünde bulundurulduğunda, üretilecek olan nihai ürünün kaliteli hale getirilmesinde buğdayın ve unun sahip olduğu niteliksel özellikleri ciddi oranda önem taşımaktadır. Bundan dolayı un spesifikasyonunda hammaddelerin tercihi, kalite unsurları ve uygulanan öğütme teknolojileri gözetilmelidir (Hüttner, Bello ve Arendt, 2010; Vouris vd., 2018). Makarna, durum buğdayı türünden elde edilen irmik, zenginleştirici bazı malzemeler ve su ile karıştırılarak, şekil verildikten sonra kurutulmuş olarak üretilen yarı hazır gıda maddesi olarak tanımlanır. Makarna sanayinin kullandığı temel hammadde irmik olarak bilinmektedir. Ekmeklik buğdaya göre makarnalık buğday daha yüksek irmik verimine sahip olmaktadır. Durum buğdayı öğütülmeden önce buğday tanelerinin fiziksel yapısı öğütmeye elverişli hale getirilmekte ve bunu yaparken irmik kalitesinin zarar görmemesi amaçlanmaktadır (Palacığlu ve Emil, 2004).

Makarnalık buğdayların kalitesi makarnaların kalitesinde etkili olan en önemli unsurlardan biridir. Hammaddenin kalitesini genellikle çeşidin ve çevre koşullarının belirlediği ifade edilmektedir. Kalite için önemli bir kriter olan bin tane ağırlığı, irmik veriminin tahmini için kullanılmaktadır (Matsuo ve Dexter, 1980). Bin adet buğday tanesinin ağırlığı, elde edilecek irmiğin verimine çok önemli bir düzeyde etki etmektedir (Tuncer ve Ercan, 1990). Endosperm yapısının kepek yapısına oranı, küçük tanelerde daha azken, iri tanelerde bu oran daha yüksek olmakta ve bundan dolayı da küçük tanelerden yapılacak olan irmiğin

verimi daha düşük, büyük tanelerden yapılacak olan irmiğin verimi ise daha yüksek olarak gerçekleşmektedir. Bu sebeple bin tane ağırlığı, makarnalık buğdayda öğütme kabiliyetinin değerlendirmesinde önemli bir unsur olarak kabul görülmektedir (Koyuncu, 2020).

Yapılan bir çalışmada, 30 buğday türü incelenmiş ve başakta bulunan tane sayısı, tane verimi ve bin tane ağırlıkları karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucu başakta bulunan tane sayısının ve bin tane ağırlığının, tane verimi üzerinde doğrudan etkili olduğu ifade edilmiştir (Kurt, 2012). Buğday tanelerinin homojenliği ve iriliğinin, öğütme kalitesine etki eden önemli faktörler olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte kolay bir şekilde öğütülme sağlaması da değirmencilik açısından daha büyük hacimli endosperm ve daha fazla un verimi potansiyeli olarak önemli bir faktördür (Elgün vd., 2002; Millet ve Pinthus, 1984; Köksel, 2005). Bin tane ağırlığının artması ile randımanın arttığı gözlemlenmiştir (Tuncer ve Ercan, 1990). Yine yapılan farklı çalışmalarda, buğdayın tane iriliği ile bin tane ağırlığı arasında pozitif yönlü anlamlı bir ilişkinin varlığı saptanmıştır (Li, 1987).

Hektolitre ağırlığı kavramı, kilogram türünden 100 litre buğdayın ağırlığı olmaktadır ve ülkelerin bazılarında libre/bushel şeklinde de kullanılmaktadır. Bir buğday tanesinin iriliği, yoğunluğu, dolgunluğu, homojenliği ve şekli hektolitre ağırlığını etkileyen etmenlerdendir. Genel olarak, karın çukuru çok olan, küçük ve uzun olan taneler hektolitre ağırlığını düşürmektedir. Hektolitre ağırlığında, ekimin yapıldığı mevsim, toprağın özellikleri, yabancı maddeler, nem miktarı ve buğdayın türü etkili olmaktadır. Buğdayda hektolitre ağırlığıyla un verimi arasında pozitif anlamda bir ilişki mevcut olmaktadır yani hektolitre ağırlığındaki yükseliş buğdayda verimi de yükseltmektedir (Ünal, 1992).

Üç yıl süren bir araştırmanın sonuçlarına göre, bin tane ağırlığı ve irmik verimi arasında anlamlı ilişkinin bulunmadığı ifade edilmiştir. Belirtilen ilişkinin hektolitre ağırlığı bakımından iki senelik zamanda önemli bulunmuş ise de üçüncü senede önemsiz bulunduğu belirtilmiştir. Fakat 174 adet makarnalık buğday numunesi ile bir çalışma yapılmış ve sonucunda irmik verimiyle, hektolitre ve bin tane ağırlığı arasında önemli seviyede pozitif bir ilişki tespit edilmiştir (Tuncer, 1994; Matsuo ve Dexter, 1980; Tuncer ve Ercan, 1990).

Makarnalık buğdayda tane sağlamlığı, öğütmede kalite ve irmik veriminde başlıca kalite kriteri olarak kullanılmaktadır (Yeyinli ve Köse, 2006). Tane sertliğinde artış olduğunda,

bin tane ağırlığında düşüş olmakta, hektolitre ağırlığında ise az olsa da bir artış olduğu tespit edilmiştir (Yüksel ve Elgün, 2013).

TS 2974 buğday standartlarına göre ise; 78,0 kg/hL ve üzeri 1.sınıf; 76,0 ile 77,9 kg/hL arası 2.sınıf; 74,0 ile 75,9 kg/hL arası 3.sınıf makarnalık buğday olarak sınıflandırılırken, 73,9 kg/hL ve altı düşük vasıflı makarnalık buğday olmak üzere 4 farklı sınıf şeklinde belirtilmiştir. Üzerinde analiz yapılan, 10 farklı yerel olarak ifade edilen durum buğdayı numunelerinin hektolitre ağırlıkları; 83,23 kg (Durbel buğdayı çeşidi) ile 76,00 (Kundururu buğday çeşidi) arasında değiştiği sonucuna ulaşılmıştır. İfade edilen standartlara göre Göller Bölgesi'nden temin edilmiş yerel durum buğdayı türlerinden 6 adedi (Ankara 98, Durbel, Kızıltan 91, Gökala, Burgaz, Ak buğday) 1.sınıf, 4 adedi ise (Gediz 75, Kunduru, Sert buğday, Çeşit 1252) 2.sınıf makarnalık buğday olarak saptanmıştır (Öztürk, 2016).

Buğdaylar hektolitre ağırlığı bakımından yüksek ağırlığa sahip olmasının ilişkili olduğu belirtilen etkenler; yüksek protein oranına sahip olması, kabuk yüzeyinin daha az un veriminin daha yüksek olması ve buğday tanelerinin daha sıkı bir yapıya sahip olması şeklinde belirtilmiştir (Yürür, 1998).

Makarna üretiminin en yüksek kalitede gerçekleşmesi için; irilikleri yönünden homojen şekilde orta boyutlara sahip olan kaliteli ve un içermeyen irmiklerin kullanılması gerekmektedir (Koyuncu, 2020).

Durum buğdayı türünün öğütme değeri, teknolojik olarak iyi özellikler taşıyan ve ekstrakte edilmiş olan irmik niceliğine göre belirlenmektedir. Bazı özellikler bu oran üzerinde etkili olmakta bu sebeple de tüm tane boyutlarının her zaman benzer olması gerekmektedir (Gonzalez, 1995).

Makarnalık buğday sıklıkla camsı ve sert taneyle birlikte anılmaktadır. Ülkelerin birçoğunda makarnalık buğday sınıflandırmasında camsılık oranı kullanılmaktadır. Buğday tanesinin sert ve camsı yapıya sahip olması irmik üretimi yapmak için uygun olmakta, unsu ve beyaz buğday taneleri ise irmik üretimi yapmak için uygun olmayan bir özellik olmaktadır. Camsı buğday tanelerinin oranı yükseldiğinde, irmik verimiyle, makarna kalitesinde artış meydana gelmektedir (Aktan ve Atlı, 1992). Yapılmış olan bir

çalışmada, unu tanelerdeki %10'luk her artış, %1 ile %1,6 değerleri arasında değişkenlik gösteren bir irmik kaybı saptanmıştır (Koyuncu, 2020).

Buğdayda tavlama işlemi ve öğütme işlemi şartlarını ve başka ürünlere uygunluk kademelerini belirleyen fiziksel özellikler içinden en önemli olanı buğday tanesinin yumuşaklık ya da sertlik derecesidir (TMO, 2007). Her zaman geçerli olmamakla birlikte buğdayın sertlik veya camsılık derecesi ile protein içerikleri arasında pozitif bir ilişkinin var olduğu yaygın olarak kabul görmektedir. Unu ve yumuşak yapıya sahip ancak yüksek protein ya da camsı ve sert yapıda olmasına rağmen düşük protein içeren buğdaylar da mevcut olabilmektedir (Hoseney, 1990). Buğday tanesi endospermde, nişasta ve protein arasında bulunan bağlantıyla genetik yapıya olan bağlantı tane sertliğini ortaya çıkardığı düşünülmektedir (H. Özkaya ve B. Özkaya, 2005).

Hava şartları, buğday cinsi, toprak yapısı ve yetiştirme şartları gibi etkenler camsılık oranını etkilemektedir (Güleç, Sönmezoglu ve Yıldırım, 2010). Buğday tanesinin görsel bir olgu olarak unu, camsı, dönmeli bir görüntüde olması, özellikle ışığın buğdayın endosperm yapısıyla olan ilişkisi (kırılma, yansıma gibi) neticesinde meydana gelmektedir. Buğday endosperm yapısının çatlak, kırık ya da küçük boşluklar içermeden çok sıkı olan bir mikro yapıya sahip olması camsı, tam aksi durumlarda da dönmeli (unu ve camsı yapının aynı tanede olması) ya da unu bir görüntüde olmasını sağlamaktadır (Hoseney, 1990).

Makarnalık buğday türlerinde camsı yapıya sahiplik, irmiğin saflığının, veriminin ve elde edilen granülasyonunun irmik değirmenciliği açısından önemli bir kabul oranıdır. Bu oran arttıkça daha çok irmik, buna karşılık olarak da daha ince irmik ve daha az un elde edilebilmektedir (Tuncer, 1994).

Makarnalık buğday türü için önem arz eden bir kalite kriteri de tanenin rengidir. Üretilmiş olan son ürünün parlak sarı renge sahip olması arzulanan bir özellik olmaktadır. Makarna renginde etkili olan etmenler olarak, tanedeki oksidatif enzimler, pigment konsantrasyonu ve makarna üretim şartları sayılabilir. Makarna renginin en belirleyici unsuru, üretimde kullanılmış olan irmiğin barındırdığı sarı renkli pigment miktarıdır (Öztürk, 2016).

Buğday yapısında değişik pigmentler bulunabilsede makarna rengi için en belirleyici olarak bildirilen, flavonoid ve karotenoid pigmentleri olmaktadır (Yüksel, Koyuncu ve

Sayaslan, 2011).  $b^*$  değeri olarak ifade edilen ve makarnalık buğdayın kalitesini gösteren bir unsur olan değer, buğday tanesindeki sarı renk pigmenti niceliği hakkında bilgi vermektedir. Ürün parlaklığı hakkında görüş sağlayan  $L^*$  değeri de diğer bir kalite kriteri olmaktadır. Makarna ve irmiğin açık, parlak bir sarı renge sahip olması arzulanan bir özelliktir. Diğer tüm buğday türleri arasında makarnalık buğday, yeterli oranda sarı renk pigmentlerini (ksantofiller ve karotenler) doğal olarak barındırdığı için önemli olmaktadır. Parlak sarı renk nihai üründe tüketici için caziplik unsurudur ve bunu sağlayan yüksek  $L^*$  ve  $b^*$  değerleri olan genotiplerin renk bakımından makarna üretiminde kalitesi daha yüksektir (Hailu ve Merker, 2008).

Makarnanın işlenme ve pişirilmesi aşamalarında bu parlak sarı rengin korunması istenen bir durumdur. Karotenoid doğasında pigmentler tarafından oluşan rengin korunması, lipoksigenaz enzim aktivitesiyle bağlantılı olduğu için lipoksigenazlar kalite bakımından önemli enzim olarak bilinmektedir. 1 dk süreyle  $60^{\circ}\text{C}$  ısıtma uygulandığında lipoksigenaz aktivitesi büyük bir bölümünü kaybetmektedir. İnhibe edilmesi de askorbik asitle sağlanabilmektedir (Walsh, Youngs ve Gilles, 1970; McDonald, 1979).

Sert buğday yapısının gluten içeriğinin yüksek olması özellikle ekmek ve farklı fırıncılık ürünlerinin üretimini mümkün kıldığı gibi, yüksek miktarda ve kaliteli proteine sahip olması ve endosperm yapısında  $\beta$ -karoten renk pigmentine sahip olması en yüksek kalitede makarna üretimini mümkün kılmaktadır (Hirawan vd., 2010).

Yapılan bir çalışmada, dolgu malzemesi kullanılmasıyla ruşeym ve kepek kullanılmış numunelerin  $b^*$  renk değerinde yükseliş gözlemlenmiş, dolgunsuz numunelerin  $b^*$  renk değerinde düşüş gözlemlenmiştir. Katkı miktarının yükselmesiyle dolgulu numunelerde  $b^*$  renk değeri yükselme eğilimi gösterdiği, dolgunsuz yaş makarna numunelerinde  $b^*$  renk değeri düşüş eğilimi gösterdiği bildirilmiştir (Cankurtaran, 2016).

2013 yılında yapılmış olan bir çalışmada, değişik buğday türlerine ait olan kepekler noodle üretiminde kullanılmıştır. İçerikteki buğday kepeği miktarı yükseldikçe üretilmiş olan noodle için  $L^*$  değeri azalış göstermiştir. Diğer değerlerin ( $a^*$  ve  $b^*$  değeri) de tersi bir şekilde kepek miktarı ile birlikte yükselme gösterdiği bildirilmiştir (Song vd., 2013).

Sarı renk pigmentleri durum buğdayında görece daha fazla olmasından dolayı, irmik altın sarısı bir renkte yani açık ve parlak renkli olmaktadır. Arzu edilen bu özellik, küçük miktarda kepeğin kahve rengi pikeleriyle azalış göstermesidir. Ancak buğdayın içinde saf olmayan ya da buğday yapısının dış kabuğunda meydana gelmiş kusurların sebep olduğu koyu siyah olan pikeler irmiğin, dolayısıyla da bundan üretilecek olan makarnanın parlak ve altın sarısı olması gerken rengini olumsuz olarak etkilemektedir (Koyuncu, 2020).

Durum buğdayının kabuğunun soyulmasıyla, daha az pike ve kül ile daha parlak renge sahip bir irmik üretimi sağlamaktadır (Dexter ve Wood, 1996). Yapılmış olan bir araştırmada taşlı kabuk soyma prosedüründe öğütme sırasında uzaklaştırılması yapılacak kepek miktarının ciddi oranda azaldığı ve bu şekilde kırma düzeni kısaltılarak pasajlarda çok miktarlarda, daha düşük pike oranı olan ve daha iyi renge sahip olan irmik üretiminin yapılabileceği ifade edilmiştir (Koyuncu, 2020).

Kül miktarının tür farklarından daha çok çevrenin değişkenleriyle alakalı olduğu söylenmektedir. Daha nemli şartlarda yetişmiş buğdayların küllerinin daha yüksek olacağı bildirilmektedir. Bu kül miktarındaki artış irmiğin rengini olumsuz yönde etkilemekte, irmikte donuklaşma meydana gelmekte ve bundan üretilen makarnanın kahverengiye dönen bir renk almasına ve ekstraksiyon süresinin de uzamasına sebep olmaktadır (Yeyinli ve Köse, 2006; Güleç vd., 2010).

İrmikte kül miktarı aynı zamanda randımanla orantılı olarak bilinmekte ve buna karşılık randımanda kabul gören bir kriter olmaktadır. Endosperm yapısından dışa, kabuğa yakın olan bölümlere geçildikçe yani randıman yükseldikçe buğdayın yapısı gereği içten dışa mineral maddeler arttığından dolayı kül miktarında da artış olmaktadır (Aktoluğ ve Bekbölet, 1978). Diğer bir yandan kül miktarları daha çok olan buğdayların ve unların sahip olduğu protein miktarları daha fazla olmaktadır (Elgün ve Ergutay, 1995).

Buğdayın içerisinde bulunmakta olan protein miktarı çevre şartlarından etkilenebilmekte ancak protein kalitesi genellikle kalıtım etkisi altında olmaktadır (Bushuk, 1982). Buğdayın türü, protein kalitesi üzerinde etkili olan en önemli etken olarak bilinmektedir (Dexter, Dronzek ve Matsuo, 1978).

Kuru makarna üretimi gerçekleştirenlerin hammadde tercihlerinde dikkat ettikleri ilk parametre, durum buğdayında bulunan protein miktarı olarak ifade edilir (Cecchini vd., 2021). Kalitenin en önemli belirleyicisi olan proteinler, yalnızca endospermde bulunmaktadır. Makarnalık olan buğdaylarda, gluten (glutenin ve gliadin) viskoelastikliğin sağlayıcısıdır (Güleç vd., 2010).

Protein içeriğinin yükselmesiyle pişirmede yaşanan kayıpların azaldığı, pişmeye olan dayanıklılığın ve makarna sertliğinin yükseldiği bildirilmektedir. Pişirme kaybında, pişme ağırlığında ve pişmiş olan makarna sağlamlığında özellikle gluten etkili olmaktadır. Gluten proteini, pişme esnasında makarnanın su alımı, çignenebilirlik, elastikiyet ve nişastanın dağılmasını engelleyerek pişirmede kayıp gibi bazı kalite özelliklerinde belirleyici olma etkisine sahiptir (Marti, Seetharaman ve Pagani, 2013; Sicignano vd., 2015). İrmik içerisindeki protein miktarı düşük ise irmiğikte su alımı yavaşlamakta ve yoğurmanın süresi artmaktadır. Bu da kurutma esnasında sorun oluşturmakta, makarnaların pişirilme özelliklerinde zayıflama ve kolay kırılma gibi olumsuzluklara neden olabilmektedir (Yeyinli ve Köse, 2006).

Protein içeriği yüksek makarnalık buğdaydan elde edilen irmikte unsu partiküller az, irmik verimi de daha yüksek olmaktadır (Aktan ve Atlı, 1992). Bir diğer araştırmada ise unsu yapıya sahip buğday tane oranı yükseldiğinde, pigment ve protein oranlarında azalma meydana geldiği belirtilmiştir. Buna karşılık nişasta miktarı yükseldiğinde sarı pigment ve protein miktarının azaldığı ifade edilmiştir (Matsuo ve Dexter, 1980).

Yapılmış olan bir araştırmada, buğday kepeği ilave edilerek daha fazla lif içeriği barındıran makarna üretiminin sağlanması amaçlanmıştır. %20, 25, 30, 35, 40 şeklinde 4 farklı oranda makarna imalatı irmiğine buğday kepeği eklenmiş; kimyasal, fiziksel ve duyuşsal özellikleri gibi bazı incelemeler yapılmış, pişirme kalitesi kontrol edilmiştir. Kepek ilave oranı yükseldikçe toplam diyet lifi, yağ, protein ve kül miktarlarında artışla beraber makarna rengine de bir koyulaşma gözlemlenmiştir (Sobota vd., 2014).

Buğday tanesinin yapısındaki toplam proteinler yaklaşık olarak %80-85 glutenden, geriye kalan %15-20'lik kısmı da gluten olmayan proteinlerden oluşmaktadır (Erken, 2022). Yapılan bir çalışmada, protein içerikleri birbirinden farklı olan makarnalık buğdaylarda

makarna kalitesiyle gluten arasındaki ilişki incelenmiş ve glutenin-gliadin oranlarındaki artışın makarna kalitesini de arttırdığı saptanmıştır (Tuncer, 1994).

Gliadinler ve glutenler, gluten proteinlerini oluşturmakta ve kalite üzerinde farklı etkilere sahip olmaktadır. Gluten proteinleri arasında glutenin miktarı fazla olan türlerin yüksek pişme kalitesine sahip olmakla birlikte gliadin miktarı fazla olan türlerden üretilen pişmiş makarnaların ise istenen sertlik ve diriliği azalmaktadır (Koyuncu, 2020). Üretilen irmiğin içerisine buğday kepeğinin ilave edilmesi gluten ağının kırılmasını engellemektedir ve yapının homojenliğini bozan bir işlem olmaktadır (Prückler vd., 2014).

Yapılmış bir araştırmada, gluten ve albumin oranının yüksek olmasının makarnada arzulanan sarı renkte bozulmaya sebep olduğu tespit edilmiştir (Walsh ve Gilles, 1971). Farklı bir çalışmada, protein miktarındaki azalma ile gluten indeks ve su kaldırma değerlerinde artış meydana geldiği ifade edilmiştir (Mis, 2003).

## **2.2 Buğdayın Tavlanması ve Öğütülmesi**

Öğütme işlemleri için önemli olan bir adım, buğdayın kepek katmanlarından endosperm kısmının ayrılması ve öğütme işleminin kolaylaşmasına olanak sağlayan tavlama işlemidir. Tavlama işlemi neticesinde tanede bulunan rutubetin miktarı ve dağılımı değişim göstermektedir (Yüksel ve Elgün, 2020). Tavlama işlemi, un endüstrisinde, başta un kalitesi, un verimi ve enerji sarfiyatını etkileyen oldukça önemli işlemlerden biri olmaktadır. Tavlama işlemi, öğütülecek olan taneleri, en ideal su seviyesine ulaştırma ve dinlendirme çalışmaları olarak tanımlanabilmektedir. Buğday tanelerine tavlama uygulanmasının nedeni, buğday tanelerinin fiziksel özelliklerini öğütme işlemine uygun hale getirmek ve elde edilecek olan un kalitesini arzulanan amaç doğrultusunda en uygun hale getirmektir (Yüksel, 2013; Keskinoglu, Elgün ve Türker, 2001).

Tavlama işleminin, buğday tanelerinin sertliklerini azalttığı ve tanelerin öğütme yeteneğini arttırdığı çoğu araştırmacı tarafından bildirilmiştir. Makarnalık buğday çeşidinin tane yapılarının sertliğinin çok yüksek olması, endosperm kısmının da gevrek ve sert olmasından kaynaklanmaktadır ve bu sebepten dolayı da irmik üretimi için kullanılması uygundur. Makarna üretimi için irmik çok fazla miktarda avantaj sunmaktadır. Bu avantajlar içinde en önemlisi hamur yapımı için daha az miktarda su ihtiyacının olmasıdır. Kullanılan su miktarı daha sonra kurutma işlemini etkilemektedir. Diğer avantajlar ise,

pigment miktarının yüksek, stabil ve sert olması, basınç altında hamurun kolay akma özelliği taşıması ve pişme kalitesi şeklinde ifade edilebilir (Tuncer, 1994).

Öğütme teknolojisi için tavlama işlemine etki eden üç unsur; ortam sıcaklığı, tavlama suyunun miktarı ve işlem süresi olarak ifade edilmektedir. Soğuk tavlama işleminde verilen suyun buğday tanelerinde yayılması ve dengeye gelebilmesi için 1 ile 3 gün arasında değişen zamana ihtiyaç olurken 30-40°C aralığında ılık dinlendirme yapılan koşullarda bu süre 1 ile 3 saate kadar azalabilmektedir (Elgün ve Ergutay, 1995). Buğday tanesi içindeki suyun dağılımı modern ve geleneksel tavlama işlemleri ile gerçekleştirilmektedir. Buğdayların tavlama sırasında günümüze kadar farklı yöntemler kullanılmıştır (Tablo 2.1) (Yüksel, 2013).

**Tablo 2.1:** Buğdayın tavlama sırasında kullanılan yöntemler.

<b>Tavlama Çeşitleri</b>	<b>Tavlamanın Uygulama Şekli</b>
<b>Paçal Yoluyla Tavlama</b>	Tanedeki suyun optimum düzeyin altında ve üzerinde olan buğdayların istenilen su oranının sağlanması şeklinde paçal yapılarak dinlendirilmesi olarak elde edilir. Bu yöntemde homojen biçimde tavlama yapmak genel olarak mümkün değildir (Elgün ve Ertugay, 1995; Sünter, 2003).
<b>Soğuk Tavlama</b>	Soğuk tavlama yöntemi oda sıcaklığında olan musluk suyu kullanılarak yapılır. Çevre şartları ve buğdayın özelliklerine bağlı olarak dinlendirme süresi 24-72 saat aralığında değişebilmektedir. Bu yöntemle buğday, suyu tane kabuğuna birkaç dakikada alırken tane içindeki dağılımı çok uzun sürebilmektedir ve bu süre için fazla tav silosuna ihtiyaç duyulur. Bu durum ise maliyeti yükseltmekte olduğu için dezavantaj olarak görülmektedir (Elgün, 1997; H. Özkaya ve B. Özkaya, 2005).
<b>Ilık Tavlama</b>	30-46°C aralığındaki sıcaklıklarda gerçekleştirilen en yaygın tavlama metodudur. Ilık tavlama tanedeki suyun dağılıp dengeye ulaşması 1-1.5 saate indirgenebilmektedir. Fakat tanedeki istenen optimum fiziksel yapı özellikleri oluşması açısından öğütmeden önce 24 saatlik bir dinlendirme süresi tavsiye edilmektedir (Elgün ve Ertugay, 1995; Dizlek ve Kurt, 2021).
<b>Sıcak Tavlama</b>	Tavlama sıcaklığı 46°C üzerinde ve 60°C'ye kadar da yükseltilebilmektedir. 70°C'nin üzerine yükseltmek mümkün olsa da bu sıcaklıktaki işlem süresi kritik bir noktaya ulaşarak proteaz aktivitesine zarar vermektedir. Aynı zamanda aşırı sıcaklıkta ekmekçilik ve gluten değerleri de zarar görebilmektedir. Bu sıcaklıkta uygulanan tavlama işlemi ise tavlama süresini oldukça kısaltmaktadır (Elgün ve Ertugay, 1995; Dıraman ve Demirci, 1997; Dizlek ve Gül, 2007).

**Tablo 2.1** (devam)

<b>Buharla Tavlama</b>	Buharla tavlama yöntemi genel olarak su buharıyla buğday sıcaklığını arttırarak suyun buğday tanesine verilmesini kapsamaktadır (H. Özkaya ve B. Özkaya, 2005). Bu işlem iki şekilde gerçekleştirilmektedir. Yüksek basınçlı tavlama şeklinde amaç enzim inaktivasyonudur ve 100°C üstünde 5-10 saniyelik bir süre ile uygulanmaktadır. Bu yöntemle tanedeki su optimum tav suyunun üzerine çıkmaktadır ve tav suyunun vakum altında uzaklaştırmak gerektirdiğinden maliyeti oldukça yüksektir. Düşük basınçlı tavlama şeklinde ise 35°C civarındaki sıcaklıkta tavlama olup tav süresi 3-4 saat süreye inmektedir. Vakum süreci içerisinde sıcaklık 25°C'ye inmektedir (Elgün, 2008; Dizlek ve Kurt, 2021).
<b>Mikrodalga İle Tavlama</b>	Buğday prosesinde istenilen neme ulaşmak için gereken su miktarı taneye verilir ve dinlenme süresindeki buğday prosesine mikrodalga işlemi uygulanır. Dinlenme süresi mikrodalga işleminin sıcaklığına göre belirlenir ve mikrodalga sıcaklığının artması dinlendirme süresini kısaltmaktadır (Bayrakçı vd., 2010; Arslan Bayrakçı, 2008).
<b>Ultrason Uygulaması İle Tavlama</b>	Hububat sanayinde sınırlı kullanıma sahip olan ultrason uygulaması ile tavlama yönteminde buğday ve su karışımına ultrason probu daldırılıp ultrasonik vibrasyon sağlanarak yapılan bir yöntemdir. Tavlama sırasında ultrason uygulaması tanedeki su alma ve dağılma hızını arttırdığını, endüstride iki aşamalı olan tavlama tek aşamaya düşürebileceğine dair umut verici sonuçlar elde ettiklerini yapılan çalışmalarla belirtilmektedirler (Yüksel ve Elgün, 2013).
<b>Enzimatik Tavlama</b>	Enzimler genellikle işlevsel özelliklerinden kaynaklı una, ekmek yapımının yoğurma aşamasında eklenir. Fakat bu yöntemle enzimin doz aşımıyla ve un-hamur içerisinde homojen dağılmamasından kaynaklı bazı sorunlar oluşturabilmektedir. Buğdayın glutenini iyileştirmek adına geleneksel bir yöntem olan öğütme aşamasında enzim kullanımı üzerine durulmuştur. Tavlama suyuna transglutaminaz (TG) veya glikozoksidaz (GO) eklenmesiyle buğday unundaki gluten oluşturma kapasitesinin geliştirildiğini bildirmektedirler (Haros, Rosell ve Benedito, 2002; Rosell vd., 2003).

Yapılmış olan bir çalışmada, 26-36°C aralığında bir gece dinlendirilme işleminden sonra öğütme yapılan numunelerin kül miktarları, 21°C'de bekletilmiş olanlara göre daha düşük miktarda olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte 15-17°C'de kış aylarında öğütme işlemi yapılan buğdayların, kül miktarının yükseldiği, un veriminin ve unun ekmeklik kalitesinin azaldığı; 27°C sıcaklıkta, 37°C su ile tavlama işlemi uygulandığında kül miktarının seviyesinin neredeyse yaz aylarındaki seviyelere düştüğü ve unun ekmeklik kalitesinin arttığı tespit edilmiştir (Seçkin, 1986).

Tavlama işlemi yapılırken sıcak su kullanımı, bekleme süresini kısaltmakla birlikte tanelerin öğütmeye uygun hale getirerek enerji tüketiminin azalmasını ve unun kalitesinin yükselmesini sağlamaktadır (Keskinoglu vd., 2001). Tavlama işlemi esnasında verilen suyun buğday tanelerinin içine ulaşma hızı arttırılabildiğinde buğdayın öğütme için en uygun koşullara kavuşma süresinde kısalma meydana gelecektir. Tavlama süresinin kısalması, ticari değirmencilik için yer ve zaman bakımından önemli faydalarının olabileceğinden tercih edilebilir olmaktadır (Tuncer, 1994).

Yapılmış olan bir araştırmada, tavlama suyunun verilmesinin ardından 2 saat içerisinde buğday tanesinin içine nüfus ettiğini ve en uygun seviyede randıman elde edebilmek için bu zamanın yeterli olduğu ifade edilmiştir (Swanson ve Pence, 1930).

Farklı bir çalışmada, buğday türünün tavlama işleminde önemli bir etken olduğu ancak bu etkenin belirleyici tek unsur olmadığını, tanenin alabileceği su miktarının türlere göre değişebildiğini, tavlama suyu sıcaklığı ve tavlama işlemi süresinin de bunda etkili olduğunu belirtmişlerdir. Benzer biçimde bir çalışmada, tavlama suyunun buğday içerisine ulaşma hızınının 20-100°C arasında sıcaklık artışıyla birlikte arttığı saptanmıştır. Fakat farklı bir çalışmada da tavlama işleminde süre ile sıcaklıkların belirli bir seviyenin üzerine çıkması endosperm proteinlerinde ortaya çıkan koagüle durumunun olabileceğini ifade etmişlerdir. Bir önemli etken de buğdayın içerisinde barındırdığı kendi nem miktarıdır ve bu miktar tavlama süresini de etkilemektedir. Öğütmenin en önemli kısmı tavlama işlemidir. Bu işlemde gerekli miktarda su taneye verilmekte ve bu suyun yeterince nüfuz sağlaması için belirli bir süreye ihtiyaç duyulmaktadır (Tuncer, 1994).

Bir araştırmada buğdayın herhangi bir işlem öncesi barındırdığı kendi rutubet miktarının az olmasında daha uzun süren bir tavlamaya ihtiyacının olduğunu aktarmıştır (Pomeranz, 1982). Yapılan başka bir çalışmada buğdayın herhangi işlem öncesi barındırdığı rutubet miktarı çok az ise 48 saat öncesinden buğday neminin en alt seviye olarak %13,5 seviyesine getirilmesini ve ardından öğütmeden 18 saat kadar önce de istenen nem oranına göre tavlama işlemi yapılmasını önermişlerdir (Finney ve Bolte, 1985). Benzer şekilde yapılmış olan bir diğer çalışmada ise farklı derecelerdeki sertlikte olan buğdaylar çeşitli nem oranlarında tavlama işlemi yapılarak öğütülmüş ve buğday tanesindeki nem miktarının artmasıyla ters bir yönde randımanda azalma meydana geldiği ifade edilmiştir (Hook, Bone ve Fearn, 1982).

Öğütme işlemi, makarnalık buğdaylar için diğer buğday türlerine göre farklıdır. Buğday taneleri dişli valsler yardımıyla arzu edilen irilik ölçüsüne kadar öğütülür, sonra yoğunluk ve irilik temeline göre çalışmakta olan purifayr sistemi kullanılarak ufak kepek parçacıklar irmikten uzaklaştırılır. İyi purifayr (ayırma) sistemiyle irmik içerisinde gözle görülebilir siyah parçacıklar ve küçük kepek parçaları ayrılmalıdır. Eğer bu parçacıklar irmikten ayrılmaz ise makarnada daha fazla belirgin olacak şekilde ortaya çıkmakta ve makarna satışını düşürmektedir. Buğdayda öğütme uygulamasının ilkesi, tavlama işleminin hemen ardından ilk kırma valsleri ile buğday tanesinin açılarak endosperm yapısından kepeği kazımak, ardından peş peşe seri bir öğütme işlemi, eleme ve purifayr işlemleri yapılmasıyla endospermi, embriyo ve kepek yapılarının birbirinden ayırmaktadır (Dick ve Matsuo, 1988; Stringfellow vd., 1978).

Öğütme işlemi, genel şekliyle ifade edilecek olunursa, kepek tabakasının ayrılması ve sonrasında uzaklaştırılmasını kapsamaktadır. Kepek ile birlikte embriyo da ayrıştırılıp uzaklaştırılmalıdır. Bunun nedeni ise embriyoda bulunan yüksek oranda yağ içeriğinin, bileşiminde kullanılacak olan ürünleri çok hızlı biçimde acılaştırmasıdır (Koyuncu, 2020).

Bir çalışmada, kaliteli öğütme işlemi yapmak için camsı ve sert yapıya sahip olan buğday endospermelerinin, yeterli gevreklik seviyesine ulaşmasında 24 ile 36 saat arasında tavlama süresinin uygun olduğu aktarılmıştır. Çalışmada buğday numunelerinin yarısı arasından geçirilmek üzere düz valsere alınmış, diğer yarısı bu uygulamaya tabi tutulmadan 45 dakika ve 7 farklı saat (1, 2, 4, 5, 8, 18 ve 48) şeklinde tavlama zamanı uygulamıştır. Kontrol grubundan farklı metotolar uygulanan işlemler sonrasında camsı ve sert yapıya sahip olan buğdaylarda tavlama zamanını 45 dakikaya kadar indirilebileceğini ve bununla birlikte üretilen unun kül oranının da 18 ile 24 saat klasik tavlama yöntemine göre üretilen unun kül miktarından daha az olduğunu bildirmiştir. Aktarılan farklı bir çalışmada da tavlama nem miktarının yüksek olması, öğütme esnasında buğday tanelerinin aşırı biçimde yassılaşmasına ve bu yassılaşmanın da randıman düşüşüne sebep olduğu belirtilmiştir (Tuncer, 1994).

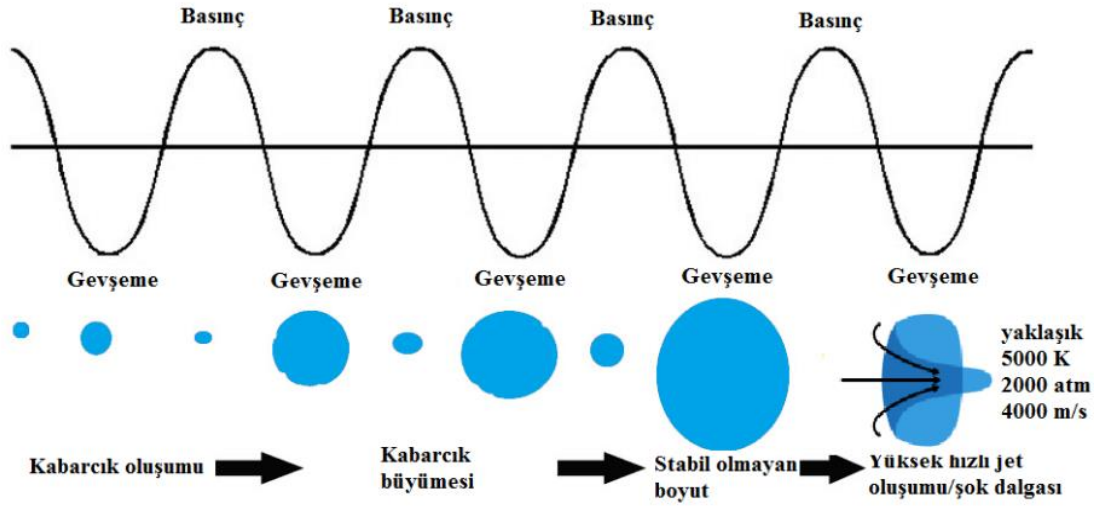
Öğütme özellikleri ile buğdayda tane sertliği arasında ilişkiyi inceleyen bir çalışmada, buğday tanesinin barındırdığı nemin artmasıyla endosperm yapısının yumuşaklığının da artış gösterdiği saptanmıştır (Yamazaki ve Donelson, 1983). Aktarılmış olan bir araştırmada, kepek aşırı kırılmadan, endosperm yapısı yumuşatılarak ayrıştırılması için,

yapısı oldukça sert olan makarnalık buğdayın tavlama derecesi %16-16,5 olacak şekilde ve bu işlemin de üç aşamada yapılması gerektiği vurgulanmıştır (Tuncer, 1994).

### **2.3 Ultrason Teknolojisi**

Ultrason, “farklı maddelerden (sıvı, gaz ve katı) geçebilme kabiliyetine sahip, 20 kHz frekansından daha yüksek olan ve insan işitme duyusu tarafından algılanamamakta olan ses dalgalarıdır” şeklinde tanımlanabilmektedir. Başka bir tanım ise, “bir saniye içerisinde 20.000 ya da daha yüksek ses dalgasıyla enerji üretimidir” şeklindedir (Villamiel, Hamersveld ve Jong, 1999; Butz ve Tauscher, 2002). Ultrason araçları genel olarak 20 kHz ile 10 MHz frekansları aralığında kullanılmaktadır. Gıda üretim süreçlerinde mikroorganizma inaktivasyonunu gerçekleştirmek için kullanılan ve kavitasyon yapabilme yeteneğine sahip “Güçlü Ultrason” (Power Ultrasound) 20 ile 100 kHz aralığında olmaktadır (Piyasena, Mohareb ve McKellar, 2003). Biyokimya alanında kullanımı amacıyla hücreleri ve yağları parçalama yeteneğine sahip ultrason propları, diğerlerine göre 100 kat daha fazla ultrasonik bir enerji üretebilmektedir (Elgün, 2019).

Bahsi geçen kavitasyon oluşum düzeneği, ultrasonik ses dalgaları ile mekanik titreşimler üretmesiyle başlamaktadır. Bu ses dalgaları sıvı maddelere etki edildiğinde ortam içerisinde yayılma gerçekleştirerek bir basınç oluşturmaktadır. Bu işlem sonunda sıvı madde içerisinde ufak baloncuklar meydana gelmektedir. Belli bir hacme varan bu baloncuklar daha yüksek miktarda enerjiyi içlerinde tutamadıklarından dolayı patlamaktadır. Bu olay kavitasyon olarak adlandırılmaktadır (Raso vd., 1998). Kavitasyon oluşum şekli Şekil 2.1’de gösterilmiştir. Anlatılan bu olayın etkileri neticesinde hücre zarlarının bünyesinde bozulma meydana gelmeye başlamaktadır (Scherba, Weigel ve O’Brien, 1991).



**Şekil 2.1:** Kavistasyon olayının etkisi (Lionelli ve Mason, 2010; Turan, 2007).

Denizaltılarında radarların kullanımı ile ultrason dalgalarının öldürücü potansiyele sahip olduğu, yayılan ses dalgalarının neden olduğu balık ölümleriyle anlaşılmıştır. Bunun hücreleri inaktif hale getirme ve bozmada kullanılabileceği düşünülmüştür. 1960'larda ultrason araştırmaları mikrobiyal hücrelere etkisini anlamak üzerine yoğunlaşmıştır. Bu çalışmalarda kavistasyon nedeniyle parçalama hasarı, serbest radikal ve ısı oluşumu saptanmıştır. Ultrason uygulamasının hücre duvarını bozarak stoplazmanın dışarı boşalmasını sağladığı 1975'deki araştırmalarda gözlemlenmiştir. (Earnshaw, Appleyard ve Hurst, 1995).

Biyolojik olan yapıları bozması ile bilinen ultrason dalgaları ve ultrason dalgalarının etkilerinin nasıl gerçekleştiği çeşitli araştırmalarda incelenmiştir. Ultrason dalgalarının boyutu belirli yoğunlukta ve uygun olarak belirlendiğinde hücre ölümüne sebep olabilmektedir. Sıvı içerisinde geçen dalgalar basıncı arttırabilmekte ya da azaltabilmektedir. Ultrason dalgasının büyüklüğü yeterli seviyedeysse kaviteler ya da baloncuklar oluşmaktadır. Kalıcı ya da geçici olmak üzere kavistasyonun iki farklı etkisi olabilir. Kalıcı olarak ifade edilen kavistasyon küçük baloncuklardan oluşmaktadır ve oluşan bu baloncuklar değişen basıncın etkisi ile titreşmektedir. Sıvı içindeki küçük baloncuklar çözünür, titreşimlerin sayesinde etrafa dağılarak hücre yüzeylerine sürtünmek suretiyle hücre zarlarının yıkımına sebep olurlar. Geçici kavistasyon olarak adlandırılan etki, baloncukların boyutlarının hızlı bir şekilde değişmesi ile ortaya çıkmaktadır. Belirli bir titreşim rotasyonunda baloncuklar değişik yoğunluklarda sönerler. Sönme sırasında

etraflarında yüksek basınç ile bir sıcaklık meydana gelir. Meydana gelen bu iki etmen hücre zarı yapılarında bozulma meydana getirmektedir (Scherba vd., 1991).

Bir takım parametreler kavitasyon oluşma miktarını etkilemektedir. Buhar basıncının yükselmesiyle kavitasyon baloncukları yüksek sıcaklıklarda daha hızlı oluşmaktadır. Sıcaklık artışı ile baloncuk miktarı artış gösterir. Diğer önemli bir parametre olan ultrason dalga genişliği, azami baloncuk büyüklüğünü tayin etmektedir. Büyük baloncuklar düşük dalga boyunda oluşmaktadır ve sönme sonrası yüksek enerji meydana gelmektedir. 2.5 MHz'den daha fazla frekanslarda kavitasyon meydana gelmemektedir. Sıvının viskozitesi de kavitasyon oluşumuna etki eden önemli bir etmendir. Difüzyon yüksek viskoziteye sahip sıvılarda kolay bir şekilde bozulacağı için kavitasyon oluşma seviyesi azalmaktadır. Bu olumsuz etki düşük frekans dalgaları kullanılarak aşılabilmektedir. Sıvı ısıtılarak viskozite azaltılabilmekte, ultrason dalgalarının daha kolay şekilde sıvı içerisine girmesi sağlanabilmektedir (Yüksel, 2013).

Yüksek ve düşük şiddetli olmak üzere ultrason uygulamalarında 2 değişik şekilde ses dalgası kullanılabilir. Düşük şiddete (enerjiye) sahip ultrason, güç seviyesi düşük ( $\leq 1 \text{ W/cm}^2$ ) ve frekansı yüksek (0.1-20 MHz) olarak tanımlanmaktadır. Enerji seviyeleri düşük (100 mW) olan ve 0.1-20 MHz arasında yüksek frekanslar gıda uygulamalarında kullanılmaktadır (Gunasekaran ve Ay, 1995; McClements, 1997; Villamiel vd., 1999). Yüksek şiddete (enerjiye) sahip ultrason ise, enerji boyutu yüksek ( $10-1000 \text{ W/cm}^2$ ) ve frekansı nispeten düşük ( $\leq 0.1 \text{ MHz}$ ) olarak ifade edilebilir. Bu tür ultrason dalgalarıyla gerçekleştirilen uygulamalarda, materyalde bir takım kimyasal ve fiziksel değişimler ortaya çıkabildiğinden dolayı cansız materyellerde ve ürün işlemede yaygın şekilde tercih edilmektedir. Yüksek enerji ultrasonunun materyallerin yapısını bozan etkisi üzerine değişik teorilerin mevcut olduğu belirtilmektedir (Yüksel, 2013; Villamiel vd., 1999).

Zarar vermeyen ultrasonik uygulamalar, yüksek frekans (0.1-2 MHz), düşük enerji seviyeleri ( $< 100 \text{ mW}$ ) ve darbe işlemi ile nitelendirilmektedir (Gunasekaran ve Ay, 1995). Bu şekilde oluşturulan ultrason uygulamalarının, ultrasonik dalganın materyelin içinden geçerken zarar vermemesi ve özelliklerini değiştirmemesi amaçlanmaktadır (McClements, 1995).

Uzun yıllardır endüstrilerin değişik alanlarında, türlü kimyasal ve fiziksel reaksiyonlarda ultrason teknolojisi kullanılmaktadır. Endüstriyel alanda en sık kullanım amacı, ultrason işleminin neticesinde ortaya çıkan kavitasyondan faydalanılarak yapılmakta olan temizlik işlemidir. Gıda alanında kullanımı doğrultusundaki çalışmalar yeni olmakta ve bu yönde devam etmektedir (Yüksel, 2013).

Ultrason teknolojisi metotlarının tahıl ve tahıl mamüllerinde kullanımının bazı faydaları fark edilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır. Yüksek enerjiye sahip ultrason dalgaları, yüzey gerilimini kırmasıyla birlikte suyun organik maddeye nüfuz etmesini artırarak, organik maddenin su alımını hızlandırmakta, bu sayede temizlemeyi, polar sistemler üzerinde tepkimeleri ve ıslatmayı hızlandırmaktadır, bu sebeple tahıl ve tahıl mamülleri alanında faydalanılmıştır. Pirinç ve mısır nişastası üretim sürecinde ıslatma süresinin azaltılması için kullanılmıştır (Mulet, Carcel ve Bon, 2003; Elgün, 2019; Dolatowski, Stadnik ve Stasiak, 2007).

Düşük yoğunluğa sahip yüksek frekans ultrason teknolojisinin yıkıcığılı olmayan özellikte olduğu için, gıdalarda kullanımı giderek fazlaşmaktadır. Gıda sanayinde ultrasonik dalgalar, enzim aktivitesi inhibisyonunda, oksidasyonun hızlanmasında, ekstraksiyon, emülsiyon, filtrasyon, kristalizasyon ve degassing uygulamalarının yapılmasında kullanılmaktadır. Meyve ve sebzelerde bulunan gizli çürüklerin tespitinde ve iç kalitenin ürüne zararsız bir şekilde test edilmesinde ultrason dalgaları kullanılabilir. Ultrason uygulamaları gıda alanında; viskozite, tekstür, konsantrasyon ölçümleri, ürünlerin kompozisyonlarının belirlenmesi, gıda ambalajlarının incelenmesi, düşük yada yüksek sıcaklık işlemlerinin hızlandırılması, gıda olgunlaştırılması, temizleme, berraklaştırma, homojenizasyon vb. gibi geniş kullanımı bulunmaktadır (Yüksel, 2013).

Yapılmış bir araştırmada, ultrason metodunun; gıda karakteristiklerinin fiziksel ölçümlerinde, gıdaların besin değerleri bakımından kalite kayıplarına sebep olmayan, zamandan tasarruf sağlayan, hızlı olan ve çok yüksek maliyetli olmayan, gıdalara zarar vermeyen bir yöntem olduğu aktarılmıştır (Garcia-Alvarez vd., 2006). Yüksek güce sahip ultrasonik ses dalgalarının bir etkisi olarak da kristal büyümesinin, irilik ve hız açısından kontrol sağlaması şeklinde olumlu yanlarının olduğu bilinmektedir (Luque de Castro ve Priego-Capote, 2007).

Wu vd., (2000) yapmış oldukları çalışmada ultrason teknolojisinin kullanımının, yoğurt fermentasyon sürecinde etkili olduğunu, sütün homojenizasyonunu, yoğurdun su tutabilme kapasitesini ve viskozitesini arttırdığını, fermentasyon sürecini de yarım saat kısalttığını belirtmişlerdir.

Farklı bir araştırmada ultrason işleminin, fiziksel gıda özellikleri analizlerinde, gıdaların besin değerlerinde kalite bakımından düşüşe sebep olmayan, gıdalara zarar vermeyen bunun yanında zaman tasarrufu sağlayan, aşırı pahalı olmayan ve hızlı bir yöntem olduğu ifade edilmiştir (Garcia-Alvarez vd., 2006). Bu etkilerin yanında gıdada mikroorganizmaların inaktivasyonunu, oluşan kavitasyon etkisiyle mikromekanik şoklar ile sağlamakta mikroorganizmaların işlevsel ve yapısal bileşiklerini bozmaktadır (Piyasena vd., 2003).

Xia vd., (2006) çalışmalarında, çay infüzyonunun ultrason destekli ekstraksiyon ile duyu kalitesinin geleneksel uygulamaya kıyasla daha iyi olduğunu aktarmışlardır.

Jelatinizasyon işlemi sonrasında nişasta solüsyon viskozitelerini önemli düzeyde ultrason uygulamaları azaltmıştır. Yüksek konsantrasyona (%20-30) sahip nişasta jeli, sonikasyon uygulamaları ile sıvılaştırılabilmektedir. Çeşitli nişastaların (mısır, pirinç, tapiyoka, patates, tatlı patates, buğday) yapısında bulunan polisakkaritlerin miktarını saptamakta ve viskozitesini kontrol etmede kullanılabilir olduğu belirtilmiştir (Lida vd., 2008).

Alava vd., (2007), hamurun reolojik özellikleri ve su içeriğini tespit etmede ultrason teknolojilerini kullandıklarını ifade etmektedirler. Aynı zamanda farklı amaçlarla kullanılan un tiplerinin birbiri içerisinde ayrılmasını alternatif bir yol olabileceğini göstermektedir.

Yapılan bir çalışmada kakaonun kurutulmasında kullanılan ultrason dalgalarıyla kurutma işlemi gerçekleştirilmiş ve enerji kullanımını çok daha aza indirgeyebildiklerini açıklamaktadır (Akkoyunlu, 1990). Değişik bileşenlerde oluşturulan alkali sarı eriştelerin mekanik niteliklerinde değişikliklerin saptanmasında düşük frekanslı ultrason kullanılmıştır. Sarı alkali eriştelerin mekanik temel özelliklerinin ayrılmasında ve anlaşılmasında ultrason uygulamasının güvenilirdir ve basit bir teknik olduğu ifade edilmiştir (Bellido ve Hatcher, 2010).

Ekmeğin gözenekli iç yapısının, mekanik özelliklerinin ne ölçüde ve nasıl etkilendiği düşük şiddetli ultrason uygulanarak incelenmiştir ve bunun sonucunda ultrason uygulama yönteminin anlamlı bir teknik olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Elmehdi, Page ve Scanlon, 2003).

Yüksel (2013), çalışmasında hububat sanayinde oldukça sınırlı kullanıma sahip ultrason kullanılarak yapılan tavlama yönteminde, su ve buğday karışımına ultrason probu daldırma yordamıyla, ultrasonit titreşime maruziyet oluşturmuştur. Buğday tavlama esnasında 3 farklı düzeyde (%45, %65 ve %75), sert yapıya sahip buğday taneleri barındıran numunelere, normal koşullarda ıslatma kademesinde 4 farklı genlik düzeyinde (%0, %20, %60 ve %100) ve de 3 değişik zaman (1, 2 ve 3 dk) ile ultrason uygulama işlemi yapılmıştır. Sonuç olarak ultrason uygulama işlemi ile tavlama işlemi gerçekleştirilmesinde, buğday tanelerinin su alma hızını ve suyun tane içinde yayılma hızını arttırdığını bildirmiştir. Ayrıca sert yapıya sahip olan buğdayların, iki aşamalı olan değirmen diyagramlarındaki tavlama işlemi, ultrason yöntemi yardımıyla tek aşamaya düşürebilme yönünde umutları arttırıcı sonuçlara ulaştığını ifade etmiştir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1 Materyal

Bu çalışmada, Balıkesir/Bandırma’da bulunan Toru Un Fabrikasından temin edilen %94 camsılık derecesindeki Zivego makarnalık buğday çeşidi materyal olarak kullanılmıştır. Örnekler yabancı maddelerden ayrıldıktan sonra 2,5 mm delik çaplı elekten geçirilip kırık buğdaylar ayrılarak homojen yapıda taneler elde edilmiştir.

Örneklerde kullanılan cihazlar; Necklife EK5055 marka hektolitre aleti, PSI (Particle Size Index) yöntemine göre NIR (Near Infrared Reflectance) spektroskopi tekniği ile Perten IM9500 model cihazı, Minolta CR 300 (Konica Minolta, Inc., Osaka, Japonya) renk ölçüm cihazı, Perten Glutomatic 2000 ve Gluten Index Centrifuge 2010 gluten ve gluten indeks cihazı ve Chopin Moulin CDI (Fransa) cihazı kullanılarak araştırma gerçekleştirilmiştir.

Buğdaylara uygulanan ultrason uygulamasında, 640 W gücünde, 35 kHz frekansta çalışan havuz tipi Bandelin RK 510 H Ultrasonik Banyo cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.1). Cihaz sabit güç seviyesinde çalışmakta ve güç seviyesi (amplitude) için ayar düğmesi bulunmamaktadır.



Şekil 3.1: Bandelin RK 510 H ultrasonik banyo.

## 3.2 Metot

### 3.2.1 Denemelerin Kuruluşu

Bu çalışma ırmik üretimi için %74 sertlikteki durum buğdayının ultrasonlu ıslatma, ultrasonsuz ıslatma ve klasik yöntem olarak yürütülüp iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada analitik kalite özellikleri belirlenen materyalin ön denemelerle ultrasonlu ıslatma işlemi optimizasyonu yapılmış, ikinci aşamada da çalışma amacına yönelik denemeler sürdürülmüştür. Denemelerde optimum su seviyesi ultrason cihazının minimum çalışma su seviyesine göre 7,5 L olarak belirlenmiş ve aynı zamanda deneme desenlerinde kullanılacak optimum buğday miktarları da ultrason cihazının taban alanındaki katı-sıvı yoğunluğu oranına göre 500 g olarak belirlenmiştir.

*Birinci aşama:* Laboratuvar şartlarında uygulanan ultrasonlu ıslatma yöntemi kullanılarak farklı sürelerde (11, 12, 13, 14, 15 dk) ultrason cihazı ile ön denemeler gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemle tane suyu absorpsiyonunun %16 nem seviyesini sağlayan işlem süresi belirlenmiştir. Yapılan deneme desenlerinde en uygun ultrason uygulama işlem süresi %16 nem seviyesini sağlayan 15 dakika olarak belirlenmiştir. Denemelerde kullanılan buğday çeşidinin sertlik derecesine göre optimum dinlendirme süreleri (8 ve 24 s) belirlenmiştir. Birinci aşamada yapılan ön denemelerin işlem süreci Şekil 3.2’de fotoğraflarla gösterilmiştir.

*İkinci aşama:* Bu aşamada ise ön denemelerde belirlenen optimum ultrason işlem parametreleri kullanılarak tavlama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Kontrol grubu olan klasik yöntemle de %16 nem seviyesi olacak şekilde tav suyu verilip 48 saat dinlendirilmiş ve öğütmeler gerçekleştirilip sonuçları ultrasonlu ıslatma ve ultrasonsuz ıslatma işlemi ile karşılaştırılmıştır.



**Şekil 3.2:** Ultrasonlu ve ultrasonuz ıslatma işlemlerinin deneme aşamaları.

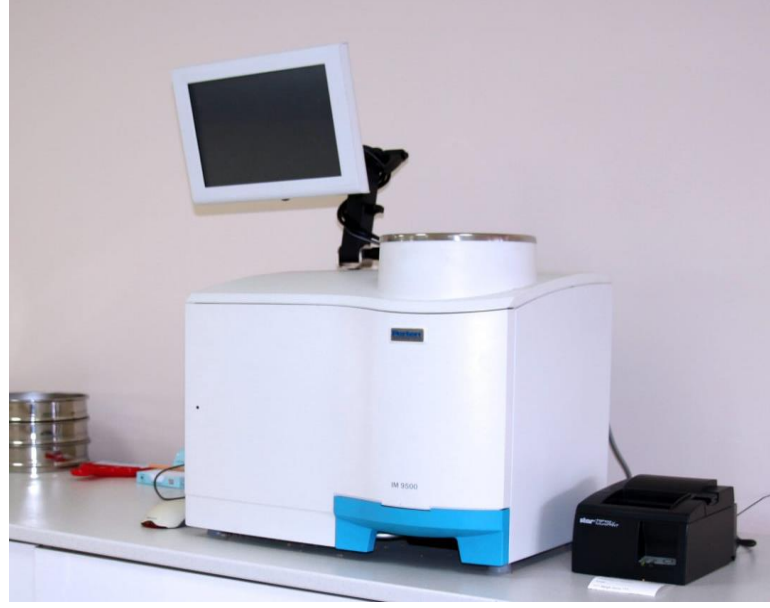
### 3.2.2 Laboratuvar Analizleri

#### 3.2.2.1 Buğday Analizleri

Denemelerde kullanılmış olan makarnalık buğdaylara ait analizler aşağıdaki yöntemlerle yapılmıştır.

Hektolitre ağırlığı materyal kısmında belirtilen cihazla belirlenmiştir ve 1 litrelik ölçüm kabında 2 paralel olarak tayin yapılmıştır. Çıkan değerler kilogram/hektolitre (kg/hL) cinsinden ifade edilmiştir. Bin tane ağırlığı tayini Elgün vd., (2002) tarafından belirtilen yöntemle 1000 adet buğday tanesi sayılarak 2 paralelli yapılmıştır ve sonuçlar gram olarak verilmiştir. Tane iriliği tayini, 2,5 mm ve 2,25 mm delik aralıklı elekler kullanılarak 2 paralelli olarak yapılmış ve elekler üzerindeki kalan miktarlar % cinsinden verilmiştir (Elgün vd., 2002).

Tane sertliği tayini materyal kısmında belirtilen NIR spektroskopi tekniği (Şekil 3.3) ile ölçülmüştür.



**Şekil 3.3:** NIR spektroskopi cihazı.

Camsılık tayini Elgün vd., (2002) tarafından belirtilen yöntemle göre (Şekil 3.4) 2 paralel olarak yapılmıştır ve camsı tane oranı % olarak ifade edilmiştir.



**Şekil 3.4:** Grobecker kesme aleti ile camsılık tayini.

Buğday örneklerine yapılan renk analizleri ( $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ ) metaryal kısmında belirtilen renk cihazıyla (Şekil 3.5) gerçekleştirilerek belirlenmiştir.  $L^*$  değeri parlaklığı [(100) beyaz-(0) siyah],  $a^*$  değeri yeşil-kırmızı [(-) yeşil-(+) kırmızı] ve  $b^*$  değeri mavi-sarı [(-) mavi-(+) sarı] değerlerini ifade etmektedir (Francis, 1980; Özçelik, 2012).



**Şekil 3.5:** Minolta CR 300 cihazı ile renk ölçümü.

Gluten ve gluten indeks tayini AACC 38-12A metoduna göre metaryal kısmında belirtilen cihazlarla (Şekil 3.6) yapılmıştır (AACC, 1990).



**Şekil 3.6:** Perten Glutomatic 2000 cihazı ile gluten ve gluten indeks ölçümü.

### 3.2.2.2. Tavlama İşlemi

Elek kullanılarak homojenliği sağlanan durum buğdayının el yardımıyla kırık buğday taneleri temizlenmiş ve örnekler ıslatma işlemine hazır hale getirilmiştir. Islatma işlemleri için oda sıcaklığındaki su kullanılmış ve buğdayların ultrason (US) cihazındaki su içerisine daldırılarak belirlenen süre ile gerçekleştirilmiştir. Denemeler iki tekrarlı olacak şekilde klasik yöntem, ultrasonlu ve ultrasonuz ıslatma işlemi olarak 3 farklı şekilde ıslatma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Denemelerde kullanılan su miktarı, ölçümü belli olan bir kaptan 7,5 L olacak şekilde havuz içerisine eklenmiştir. Ardından tartılarak miktarı belirlenen 500 g buğday örnekleri de su dolu havuz içerisine daldırılıp ultrason işlemi gerçekleştirilmiştir.

Ultrasonlu ve ultrasonuz ıslatma işlemleri aynı şekilde 15 dk süre ile gerçekleştirilmiştir. Süre bitiminde buğdayların havuz içerisinden alınarak bir bez yardımıyla yüzeydeki suyu alınmıştır ve her işlemde farklı bez kullanılmıştır. Yüzeydeki suyu alınmış buğdaylar hava geçişi olmayan kavanozlar içerisinde 1 saat bekletildikten sonra açılıp bir bez üzerine yayılarak 1 saat oda sıcaklığındaki laboratuvar ortamında bekletilmiş ve buğdaylar tekrar kavanoz içerisine alınarak dinlendirme süresi kadar bekletilmiştir.

Değirmenlerde ve laboratuvar şartlarında yapılan araştırma sonuçları doğrultusunda makarnalık buğdayların öğütülmesi için kritik nem seviyesi oranının ortalama %16 olduğu belirlenmiştir. Çalışmamızda yapılan ön denemelerde ultrason süresi parametrelerinin belirlenmesinde bu nem seviyesi esas alınmıştır.

Su absorpsiyonu AACC 44-19 metoduna göre, ıslatma işlemi gerçekleştirildikten sonra farklı sürelerde (8 ve 24 s) blender ile kırılarak tanenin su absorpsiyon miktarı hesaplanmıştır (AACC, 1990).

Klasik yöntemle ıslatma işleminde (kontrol grubu) ultrason (US) işlemi uygulanmadan kuru buğday nemine göre eklenecek su miktarı hesaplaması yapıldıktan sonra otomatik pipet ile 36,90 ml oda sıcaklığındaki su kavanoz içerisine eklenerek yarım saat çalkalanıp 48 saat dinlendirilmiştir.

### **3.2.2.3. Öğütme İşlemi**

Tavlama işlemleri tamamlanan örneklerin öğütme işlemleri laboratuvar tipi valsli değirmende (Şekil 3.7) gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 3.7:** Chopin Moulin CDI.

#### 3.2.2.4. İrmikte Fiziksel Analizler

Öğütme sonrası kırma ve redüksiyon sisteminden elde edilen ürünler tartılarak AACC No:26-41 metoduna göre irmik verimi (%) hesaplanmıştır (AACC, 1990).

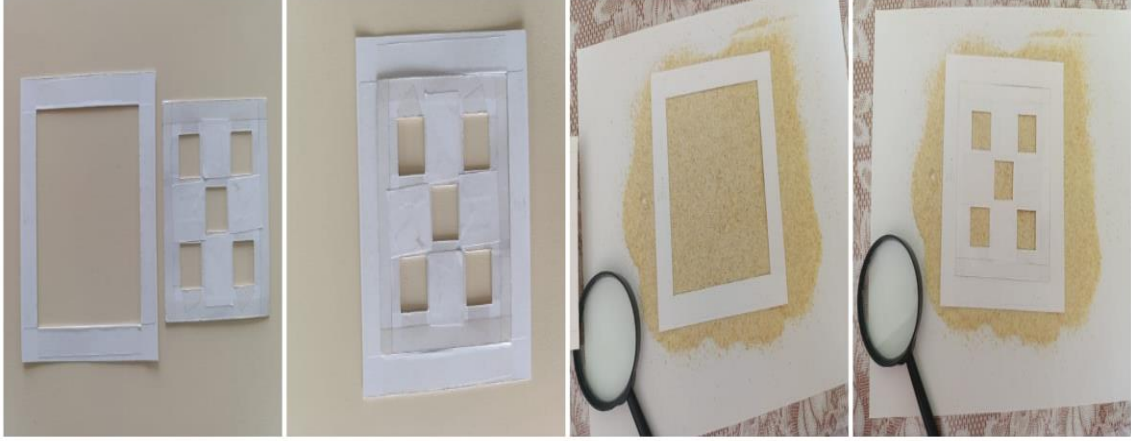
İrmik granülasyonu tayininde delik aralıkları 355, 212 ve 112 mikron olan elekler (Şekil 3.8) kullanılarak hesaplanmıştır. İrmik örnekleri otomatik sarsmalı elek makinasında 100 g tartılarak 5 dk boyunca eleme işlemi yapılmıştır. Elek üstü ve elek altında kalan örnekler ayrı ayrı tartılarak % şeklinde hesaplanmıştır (Elgün, Türker ve Bilgiçli, 2015).



**Şekil 3.8:** Granülasyon analizi elekleri.

Örneklerdeki renk tayini laboratuvar analizleri başlığı altında verilmiş olan yöntemeye göre gerçekleştirilmiştir.

İrmikler açık kahverengi tonunda bir kağıt üzerine bir miktar yayılır, üzerine ortadaki alan 10 x 10 cm boyutunda olan kare yerleştirilir ve bir büyüteç yardımıyla siyah benekler sayılır ardından 10 x 10 cm boyutunda içerisinde 5 adet 2 x 2 cm olan bir kare daha yerleştirilerek karelerin içerisinde kalan kahverengi benekler sayılır. Kahverengi pike için bu işlem 5 ayrı yerden yapıldığı için çıkan sonuç 5 ile çarpılarak pike tayini yapılır (Şekil 3.9) (Koyuncu, 2020).



**Şekil 3.9:** Pike analizi ölçümü.

#### **3.2.2.5. İrmikte Kimyasal Analizler**

Nem tayini AACC 44-19 metoduna göre 135°C’de 2,5 saat kurutularak yapılmıştır. Kül miktarı tayini AACC 08-01’da belirtilen metoda göre kül fırınında 600°C’de 2 saat süreyle yakılarak yapılmıştır. Protein tayini AACC 46-12’de belirtilen metoda göre yapılmıştır. Ham selüloz miktarı, AACC 32-10’da belirtilen metoda göre belirlenmiştir. Yağ miktarı, AACC 30-25’da belirtilen metoda göre belirlenmiştir (AACC, 1990).

#### **3.2.2.6. İrmikte Fizikokimyasal Analizler**

Gluten ve gluten indeks tayini laboratuvar analizleri başlığı altında verilmiş olan yönteme göre gerçekleştirilmiştir.

#### **3.2.3. İstatistiksel Analizler**

Bu çalışmada yapılan denemeler 2 tekrarlı ve 2 paralelli olarak gerçekleştirilmiştir. Analizleri yapılan örneklerin ölçümlerinin ortalaması alınarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. İstatistiksel veriler SPSS Version22 paket programı kullanılarak değerlendirilmiş ve tek yönlü varyans (One-way ANOVA) analizine tabi tutulmuştur.

Önemli bulunan veriler ise Duncan Çoklu Karşılaştırma testi kullanılarak sonuçlar ortalama standart sapmada  $p < 0,05$  düzeyinde istatistiksel hesaplamaları yapılmıştır.

## 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

### 4.1 Analitik Sonuçlar

Araştırmada materyal olarak kullanılan makarnalık buğday örneklerine bin tane ağırlığı, tane iriliği, hektolitre ağırlığı, tane sertliği, camsılık, renk, gluten ve gluten indeks analizleri yapılmıştır. Sonuçlar Tablo 4.1 'de verilmiştir. Yapılan analizlerin her biri 2 paralel ve 2 tekerrür olarak yapılmış ve ortalamaları alınmıştır. Bu sonuçlara göre; bin tane ağırlığı ortalama 48,5 g, hektolitre ağırlığı ortalama 85,35 kg olarak bulunmuştur. Tane sertliği ve camsılık değerleri ise sırayla %74 ve %94 olarak bulunmuştur. Tane iriliği ise 2,5 µ, 2,2 µ üstü ve elek altı oranları sonuçları sırasıyla %87,83, %12,03 ve %0,2 olarak bulunmuştur. Durak ve Köse (2003), tarafından makarnalık buğday üzerine yapılmış bir çalışmada örneklerin ortalama olarak bin tane ağırlığını 34,76 g, hektolitre ağırlığını 85,52 kg ve camsılık oranını ise %80,03 olarak bulmuştur. Camsılık, tane sertliği ve tane iriliği oranları üzerine Ercan ve Bildik (1993)'in yaptığı bir çalışmada, bin tane ağırlığı sırasıyla 33,80-42,10 g ve hektolitre ağırlığı ise 76,30-79,30 kg arasında değiştiği belirtmişlerdir. Makarnalık buğday üzerinde Coşkun ve Ercan (2003)'in yaptığı bir çalışmada camsı tane oranının ortalamasını %70,33 olarak belirtmişlerdir. Tane iriliği analizinde ise elek altı, 2,2 µ, 2,5 µ ve 2,8 µ oranlarının ortalamalarını da sırasıyla %8,24, %14,81, %26,38 ve %50,20 olarak bildirmişlerdir. Tuncer (1994) tarafından yapılan bir çalışmada, makarnalık buğdayların bin tane ağırlığını 20-60 g arasında, hektolitre ağırlığını %77,60-79,60 kg arasında ve camsılık oranını ise %79-100 arasında değişmekte olduğunu belirtmiştir. Certel (1990) tarafından yapılan çalışmada, durum buğdayının hektolitre ağırlığını %84,40 kg/hl olarak belirtmiş ve yapılan bir diğer çalışmada ise Özkaya vd., (1993) tarafından bin tane ağırlığının ortalamasını 52,20 g olarak belirtmişlerdir. Çalışmada kullanılan makarnalık buğday örneklerinin analiz sonuçlarına göre, bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı ve camsılık oranının literatürde yapılmış çalışmalarla benzerlik gösterdiği gözlenmiştir.

Gluten ve gluten indeks değerleri sırasıyla %33,25 ve 51 bulunmuştur. Koyuncu (2020), yaptığı bir çalışmada gluten ve gluten indeks değerlerini ise %32,7 ve 68 olarak bulmuştur. Sözen ve Yağdı (2005)'nin yaptığı çalışmada farklı makarnalık buğday örneklerinin gluten değerlerinin ortalamalarını %20,8 olarak bildirmiştir. Çeşitli makarnalık buğdaylar üzerine Sayaslan vd., (2012)'nin yaptıkları çalışmada, gluten indeks değerleri sırasıyla 21-96 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Renk analiz sonuçları ise ortalama L\*, a\* ve b\* değerleri olarak sırayla 80,80, 1,15 ve 17,23 olarak bulunmuştur. Tekin ve Çakmaklı (1989) makarnalık buğdaylar üzerine yaptıkları bir çalışmada, L\*, a\* ve b\* değerleri ortalamaları sırasıyla 81,35, -2,05 ve 17,8 olarak bulunmuştur. Makarnalık buğdaylarda yapılan bir çalışma Aydoğan vd., (2012) tarafından renk analizinin b\* değeri ortalamasını 20,33 olarak bildirilmiştir.

## **4.2 Araştırma Sonuçları**

### **4.2.1 Ön Denemeler**

Makarnalık buğdayları ıslatma işleminde tane suyu absorpsiyonuna, farklı sürelerde ultrasonlu ıslatma ve ultrasonuz ıslatma olarak gerçekleştirilen uygulamaların dinlendirme süresi tahmini denemeleri Tablo 4.2 'de verilmiştir.

Yapılan ön demelerde sonuçlar göz önüne alınarak optimum ıslatma işlem süresi tahmin edilmiştir ve klasik ıslatma işlemi ile karşılaştırma yapılmıştır.

#### **4.2.1.1. Buğdayı Islatma İşleminde Ultrason Uygulama Süresi ve Dinlendirme Süresi Parametrelerinin Tane Suyu Absorpsiyonuna Etkisi**

Buğdaylara ıslatma işlemi gerçekleştirilmeden önce örneklerin tanedeki su oranları tespit edilerek tane suyu absorpsiyon denemelerinde optimum süre belirlenmiştir.

Islatma işlemi, homojenliği sağlanmış 500 g'lık örneklerin havuz içerisindeki 7,5 L'lik suya daldırılmasıyla yapılmıştır.

Klasik ıslatma işlemi, ultrason uygulanmadan klasik yöntemle nem düzeyi %16 olacak şekilde aşağıda verilen su miktarı hesaplama yöntemi ile hesaplanarak kapalı bir kap içerisine eklenmiştir ve 30 dk süre ile sürekli karışım sağlanıp 48 saat sonunda öğütme işlemine tabi tutulmuştur ve öğütme işlemi gerçekleştirilmiştir. Öğütme işlemi gerçekleştirilen örneklerin fiziksel, kimyasal ve fizikokimyasal analizleri yapılmıştır.

$$ES = [(D1/D2) \times W] - W \text{ (Elgün vd., 2015).}$$

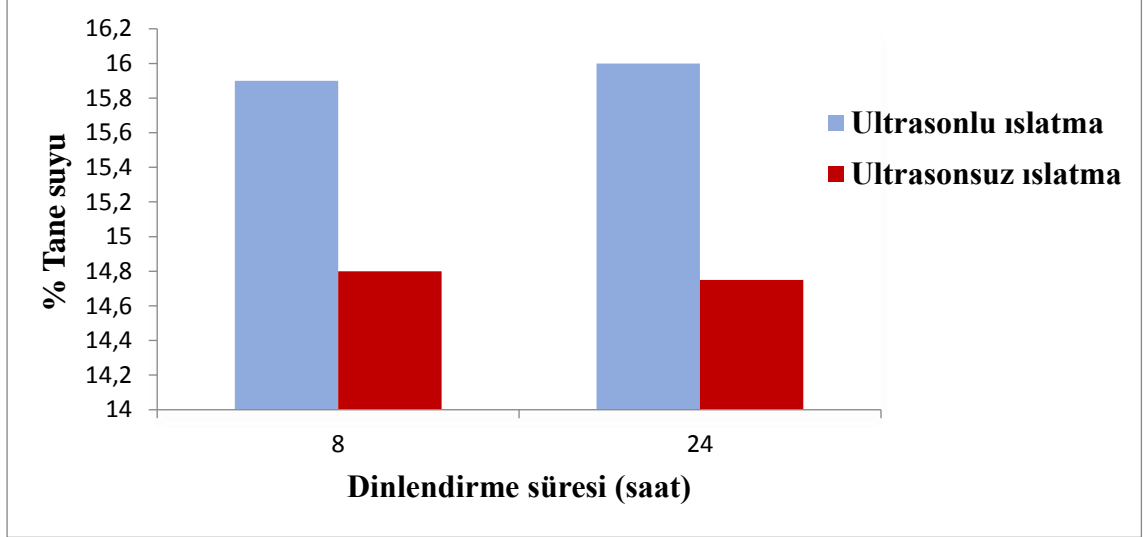
**ES:** Eklenecek su miktarı (ml)

**D2:** Buğdayda istenen kurumadde (%)

**W:** Tavlanacak buğday miktarı (g)

**D1:** Buğdayın kurumaddesi (%)

Tüm işlemlerde kullanılan ıslatma suyu oda sıcaklığında ( $\pm 20^{\circ}\text{C}$ ) kullanılmıştır ve tüm işlemler 2 paralel ve 2 tekerrür olarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar 2 tekerrürlü işlemlerin ortalamaları alınarak şekil ve çizelge üzerinde gösterilmiştir (Tablo 4.2). Şekil 4.1’de optimum seçilen süredeki nem düzeyi ultrasonlu ıslatma ve ultrasonuz ıslatma işlemi olarak verilmiştir. Örneklerdeki diğer ön deneme şekil listesi EK A’da verilmiştir.



**Şekil 4.1:** Makarnalık buğday örneklerindeki optimum dinlendirme süresinin ultrasonlu ıslatma ve ultrasonuz ıslatma işlemlerinin tane suyu (%) absorpsiyonuna etkileri.

Tablo 4.2’de ultrasonlu ıslatma ve ultrasonuz ıslatma işleminin su absorpsiyona olan etkileri karşılaştırılmıştır ve bu durumda çizelge incelendiğinde ultrason uygulama süresi arttıkça örneklerin de tanedeki su absorpsiyonunu da arttırdığı gözlenmiştir.

Ultrasonuz ıslatma işleminde uygulama süresinin artması tanenin su absorpsiyonuna fazla bir etkisi olmadığı gözlenmiştir. Genel anlamda incelenirse, ultrasonlu ıslatma işleminin tanenin su absorpsiyonuna etkisi ultrasonuz ıslatma işleminden %1-2 daha fazla olmuştur.

**Sonuç olarak,** tüm ıslatma işlemleri dikkate alındığında en uygun ultrason uygulama süresi, %16-16,5 nem düzeyindeki sürenin sağlandığı 15 dk olarak belirlenmiş ve bu işlem parametresinin kullanılması uygun görülmüştür.

**Tablo 4.1:** Makarnalık buğday örneklerine ait bazı fiziksel analiz sonuçları<sup>1</sup>.

Kalite Kriterleri	Hektolitre Ağırlığı (kg/hl)	Bin Tane Ağırlığı (g) <sup>2</sup>	Tane İriligi (%)	Tane Sertliği (%)	Camsılık (%)	L*	Renk a*	b*	Gluten (%)	Gluten İndeks (%)
Makarnalık Buğday	85,35±0,1	48,50±1,0	99,87±0,2	74±0,01	94±0,01	80,80±0,55	1,15±0,28	17,23±0,32	33,25±1,5	51±1,0

<sup>1</sup>:Sonuçlar iki paralelin ortalamasıdır. <sup>2</sup>:Sonuçlar kuru madde esasına göre dir.

**Tablo 4.2:** Makarnalık buğday örneklerinin farklı dinlendirme süresinin ultrasonlu ıslatma ve ultrasonuz ıslatma işlemlerinin tane suyu (%) absorpsiyonu üzerindeki etkileri<sup>1</sup>.

Tane Suyu (%)										
Islatma İşlemi (dakika)	11		12		13		14		15	
Dinlendirme Süresi (saat)	8s	24s	8s	24s	8s	24s	8s	24s	8s	24s
Ultrasonlu Islatma	15,60±0,2	15,20±0,1	15,50±0,1	15,95±0,15	15,45±0,05	15,95±0,35	16,15±0,05	16,15±0,15	15,90±0,1	16,00±0,2
Ultrasonuz Islatma	15,15±0,05	15,10±0	15,15±0,15	15,70±0,1	15,05±0,05	15,00±0,1	15,00±0	14,80±0,1	15,00±0,1	14,75±0,35

<sup>1</sup>:Sonuçlar iki paralelin ortalamasıdır.

#### **4.2.1.2. Buğdayı Islatma İşleminin Farklı Dinlendirme Sürelerinde Ultrasonlu Islatma ve Ultrasonlu Islatma Uygulamasının Bazı Öğütme Parametrelerindeki Etkileri**

Ön denemelerde belirlenmiş olan ıslatma işlemleri tamamlanan buğday örneklerinden öğütme sonunda elde edilen irmiklerin bazı fiziksel, kimyasal ve fizikokimyasal analizleri yapılmıştır.

Parametre olarak öğütme sonrası irmik verimi hesaplanan örneklerin sonuçları göz önüne alınarak buğday için optimum dinlendirme süresi belirlenmiştir.

Tavlama işlemleri tamamlanan örneklerin öğütme işlemleri laboratuvar tipi valsli değirmende (Chopin Moulin CDI) gerçekleştirilmiştir. Öğütme sonrası irmiklerin randıman hesaplamasıyla birlikte analizleri yapılmış ve edinilmiş veriler ve istatistik analiz sonuçları ise tablolarla özetlenmiştir.

##### **4.2.1.2.1. İrmikte Yapılan Fiziksel Analizler**

###### **4.2.1.2.1.1. Verim**

İrmik örneklerine yüksek rutubet uygulaması öğütme sırasında tanede yüksek derecede yassılaşmaya sebep verirken işlem sonunda ise verimin düştüğü yapılmış çalışmalarda ifade edilmektedir (Tuncer, 1994).

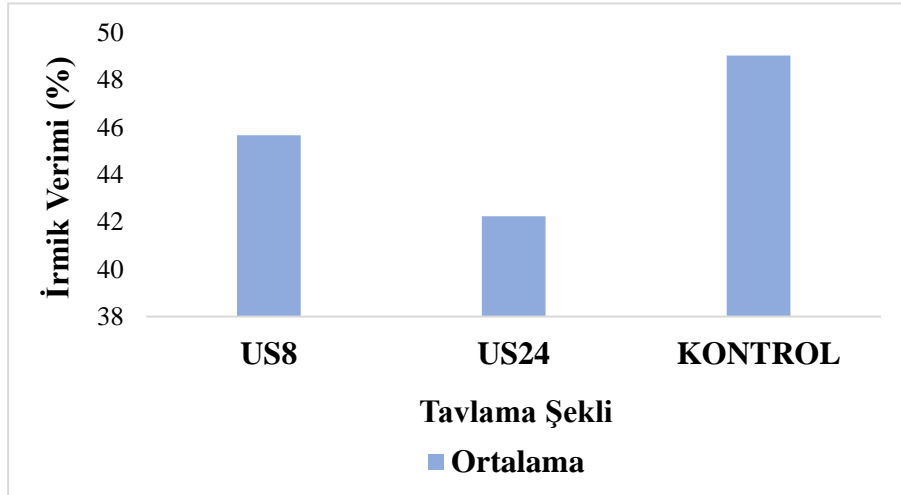
Makarnalık buğday örneklerinin irmik verimi Tablo 4.3'de verilmiştir. Klasik yöntemle karşılaştırılan ultrasonlu 8 saat ve ultrasonlu 24 saat irmik verimlerinin klasik yönteme göre azaldığı saptanmıştır. Ultrason uygulanan tavlama işlemlerinde ise bekletme süresinin artması irmik verimini olumsuz etkileyerek azalttığı gözlenmiştir. Bu sonuçlara göre ultrasonlu dinlendirme süresi ve klasik yöntem varyasyon kaynaklarına göre arasındaki farklar istatistiki olarak  $p < 0,05$  düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir. Tavlama şeklinin irmik verimi üzerindeki etkisi Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre ultrason işleminin etkisiyle yüksek oranda su hidratasyonu nedeniyle öğütme sonrası irmik verimlerinin düştüğü düşünülmektedir. Yapılan bir çalışmada, makarnalık buğdaylara tavlama öncesi ve sonrası taşlı kabuk soyma işlemi uygulayarak farklı tavlama süresi (3, 6 ve 9 saat) ve farklı tav suyu (%15, %16 ve %17) kullanarak çalışma yapmıştır ve çalışma sonucu irmik verimlerini ortalama %51,70-55,80 arasında değiştiği saptanmıştır. Aynı zamanda artan tav suyunun irmik verimini düşürdüğünü ve %15 tavlama suyu ile 9 saat

dinlendirme süresinde en yüksek irmik verimini elde ettiğini bildirmiştir (Koyuncu, 2020). Bu çalışma paralelinde ultrason işlemi ile makarnalık buğdaylarda su absorpsiyonunun fazlalığı (Şekil 4.2) irmik verimine olumsuz yansımıştır.

Tuncer ve Ercan (1994) yapmış oldukları bir çalışmada makarnalık buğday örneklerine 3 ayrı rutubet seviyesi (%15,5, %17,0 ve %18,5) ve farklı sürelerde (3, 6, 9, 12 ve 15 saat) tavlama işlemi uygulamış ve irmik verimlerinin %56,40-60,70 değer aralığında değiştiği tespit edilmiştir.

Dexter vd., (1994b) tarafından yapılmış olan bir çalışmada, farklı sürelerde (6 ve 16 saat) durum buğdayına tavlama işlemi uygulanmış ve buğdayların irmik verimlerini %64,50 ve %63,70 değerleri olarak saptamışlardır.

Yapılan bir diğer çalışmada ise sağlam, orta ve yüksek seviyede süne zararına uğramış olan 5 adet makarnalık buğday örnekleri kullanılarak süne zararının makarna kalitesine etkisi araştırılmıştır ve araştırma sonucu irmik veriminin %58,70-51,60 arasında değiştiği ve süne zararı arttıkça irmik veriminin önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir (Ünsal Özderen, 2009).



Şekil 4.2: Tavlama şeklinin irmik verimi üzerine etkisi.

#### 4.2.1.2.1.2. Granülasyon

İrmik granülasyon dağılımı makarna hamurunun absorpsiyon nitelikleri ve son ürünün kalitesine etkisi açısından önemli bir kriterdir (Köten ve Atlı, 2008; Morris, 2004; Dick ve Matsuo, 1988) Makarna üretiminde iyi kalitede ürün elde edebilmek için orta boyutta irmik

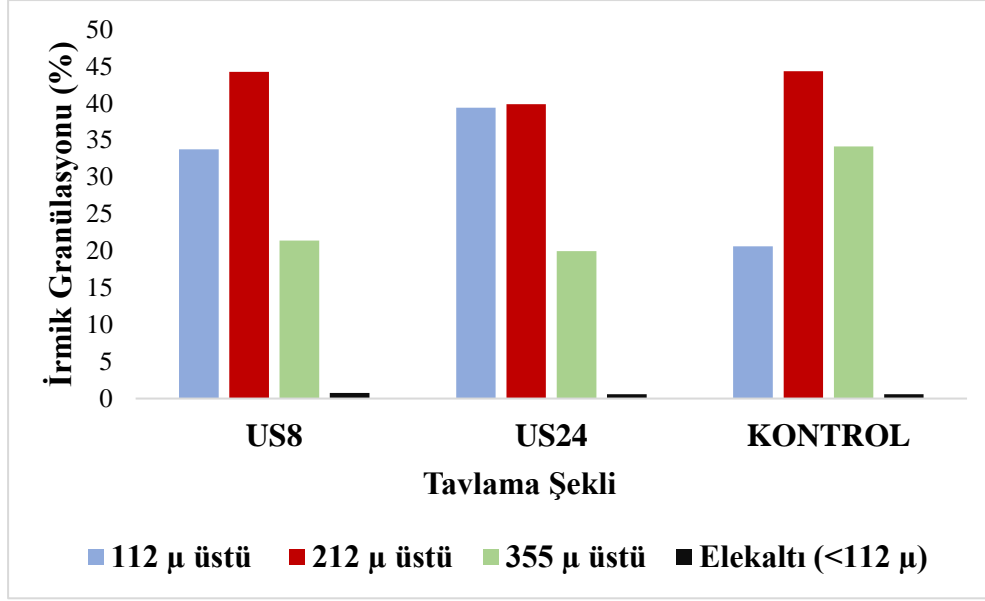
tercih edilirken içerisinde un bulundurmayan ve irilik olarak homojen olması istenir. Çok ince irmikler toz oluşturmaya daha fazla meyillidir ve kolaylıkla temizlenmediği için depolama ve işlem sürecinde zorluk oluşturduğu bildirilmektedir (Hummel, 1966).

Makarnalık buğday örneklerinin irmik granülasyon analiz sonuçları Tablo 4.3'de verilmiştir. Granülasyon sonuçlarına bakıldığında en yüksek granülasyon değerinin 112  $\mu$  ve 212  $\mu$  elek üstü değerleri arasında olduğu ve en düşük granülasyon değerinin ise ultrason uygulanan 24 saat dinlendirme süresinde 355  $\mu$  elek üstünde olduğu gözlenmiştir. Klasik yöntemle yapılan kontrol grubunda 112  $\mu$  üstü elekte en düşük seviye gözlenmişken ultrason uygulanan tavlama işlemlerinde bekleme süresi arttıkça 112  $\mu$  üstü değerlerin arttığını gözlenmiştir. Ultrason uygulanan tavlama işlemlerinde ise 112  $\mu$  elek üstünde dinlendirme süresi arttıkça granülasyon değeri artış gösterirken 212  $\mu$ -355  $\mu$  üstü eleklerde azalma olduğu saptanmıştır. Her iki tavlama türünde de 112  $\mu$ -212  $\mu$  üstü eleklerde en yüksek granülasyon değerleri gözlenmiştir. İstatiksel analiz sonuçları  $p < 0,05$  düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir. Tavlama şeklinin irmik granülasyonu üzerindeki etkisi Şekil 4.3'de gösterilmiştir.

Yapılan bir çalışmada camsı ve dönmeli buğday tanelerinin yarısına ön kırma uygulanmış ve diğer kısmına ön kırma işlemi uygulanmadan farklı süre ve farklı rutubetlerde tavlama işlemi yapılmıştır ve kırık ve sağlam tanede 350  $\mu$  üstü irmik miktarı tavlama süresinin artmasıyla irmik miktarı azaldığını tespit etmiştir (Tuncer, 1994).

Koyuncu (2020) yaptığı bir çalışmada makarnalık buğdaylara tavlama öncesi ve sonrası taşlı kabuk soyma işlemi uygulamıştır ve klasik yöntemle karşılaştırmıştır, tavlama öncesi taşlı kabuk soyma işleminin klasik ve tavlama sonrası soyma işlemine kıyasla 200  $\mu$  altı en düşük, 200-355  $\mu$  aralığında da en yüksek değeri verdiğini bildirmiştir. Aynı zamanda 450-118  $\mu$  aralığında öğütme etkinliğinin irmikte homojenliğini arttırdığını bildirmiştir.

Durak ve Köse (2003)'nin yaptığı bir çalışmada durum buğdayından elde edilmiş spagetti makarnalara bazı kalite nitelikleri belirlenmiş ve birbiri arasındaki etkilerini incelemiştir. Elde edilen irmik örneklerinin partikül büyüklüğünde en yüksek 280  $\mu$  üstü elekte, en düşük ise 150  $\mu$  üstünde sonuçlar elde ettiklerini bildirmişlerdir.



Şekil 4.3: Tavlama şeklinin irmik granülasyonu üzerine etkisi.

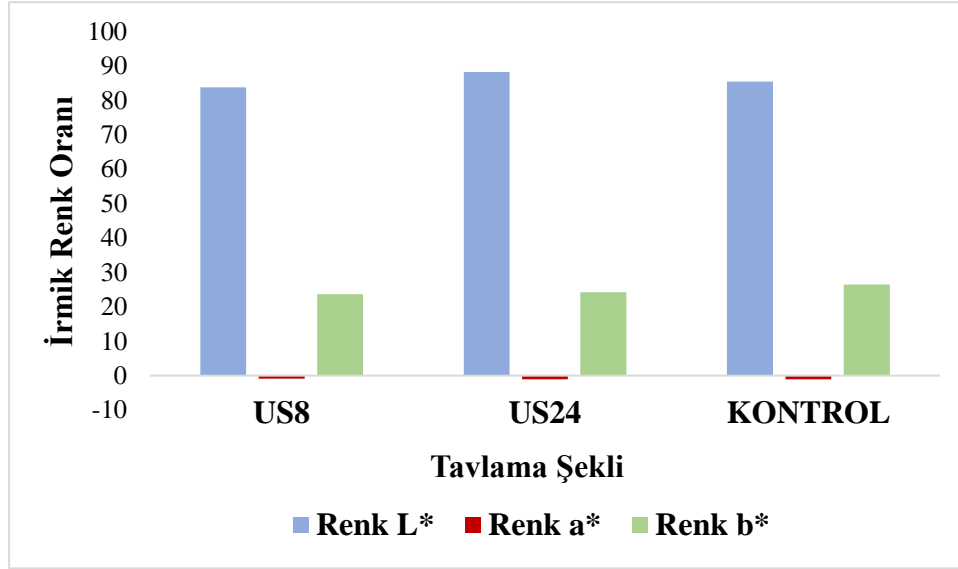
#### 4.2.1.2.1.3. Renk

Renk ölçüm değerlerinde L\* değeri irmikte parlaklık oranını; (+a\*) kırmızılık, (-a\*) yeşillik değerini; (-b\*) mavilik, (+b\*) sarılık renk değerlerini ifade etmektedir (Horzum, 2018).

Makarnalık buğday örneklerine ait irmik renk analiz sonuçları Tablo 4.4'te verilmiştir. İrmik örneklerine ait L\* değerleri 83,81-88,24 arasında, a\* değerleri (-0,84)-(-1,07) arasında ve b\* değerleri ise 23,68-26,44 değerleri arasında değiştiği gözlenmiştir. Ultrason uygulamalı tavlama işlemlerinde dinlendirme süresi arttıkça parlaklığın arttığı, kırmızılık renginin azalıp yeşil rengin arttığı ve sarılık renginin de arttığı saptanmıştır. Ultrason işlemi L\* ve b\* değerlerini istatistiksel açıdan önemli düzeyde ( $p < 0,05$ ) etkilediğini göstermiştir. a\* değerlerindeki değişimin ise istatistiksel olarak önemsiz düzeyde ( $p > 0,05$ ) olduğu belirlenmiştir. Tavlama şeklinin irmik renk değerleri üzerindeki etkisi Şekil 4.4'de gösterilmiştir.

İlhan Umay (2019) keçiboynuzu meyve posası unu kullanarak elde edilen irmik örneklerinin renk değerleri ortalamalarının sırasıyla L\* değeri 87,15; a\* -1,85 ve b\* 19,93 arasında değiştiğini tespit etmiştir. Bir diğer çalışmada ise irmik renk değerleri ortalaması sırasıyla L\* 87,43; a\* -1,43 ve b\* 22,12 olarak ifade etmektedir (Özçelik, 2012).

Akın (2017) tarafından yapılan çalışmada irmik örneklerine ait renk değerleri sırayla L\* 84,46-84,40; a\* 1,68-2,25 ve b\* 17,9-23,36 aralığında değiştiğini bildirmektedir. Köten (2010) ise makarnalık buğday çeşidinin irmik örneklerinde L\* değerini 85,98, a\* değerini 1,43 ve b\* değerini ise 27,12 olarak ifade etmektedir. Yapılan bir diğer çalışmada ise irmik örneklerine ait renk değerleri sırasıyla L\*,a\* ve b\* değeri olarak 90,92-92,67; 1,58-2,69 ve 20,02-28,16 olarak belirtmektedir (Canay, 2018).



Şekil 4.4: Tavlama şeklinin irmik renk değerleri üzerindeki etkisi.

#### 4.2.1.2.1.4. Pike

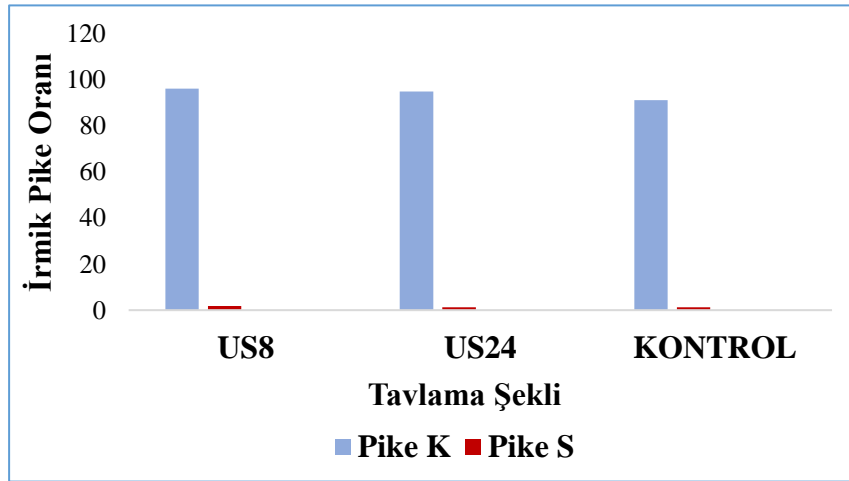
Kepek kontaminasyonu ve renkli testa tabakası kahverengi pikeyi işaret etmektedir. Siyah pike ise dış kontaminasyonlara, böcek kalıntısı ve siyah ot tohumlarına işaret etmektedir (Koyuncu, 2020).

Makarnalık buğday örneklerine ait pike analiz sonuçları Tablo 4.4'te verilmiştir. Kahverengi pike (pike K) değerlerinin sonuçları 91,25-96,25 değerleri arasında siyah pike değerlerinin ise 1,25-1,75 arasında değiştiği saptanmıştır. En yüksek kahverengi pike oranı ultrason uygulamalı tavlama işleminin 8 saat dinlendirilme işleminde sonuçlandığı saptanmıştır. Bekleme süresinin artmasıyla kahverengi pike oranının da azaldığı saptanmıştır. Aynı şekilde en yüksek siyah pike (pike S) oranı ultrason uygulamalı tavlama işleminin 8 saat dinlendirilme işleminde görüldüğü ve bekleme süresinin artması siyah pike oranını azalttığı saptanmıştır. Fakat sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirildiğinde ultrason işleminin pike değerlerine önemli düzeyde ( $p>0,05$ ) etki etmediğini

göstermektedir (Tablo 4.4). Tavlama şeklinin irmik pike oranı üzerindeki etkisi Şekil 4.5’de gösterilmiştir.

Akın (2017), makarna üretimi için önemli olan irmikteki pike değerlerini kahverengi pike için 39,00-136,00 değerleri arasında, siyah pike için ise 1,00-6,00 değerleri arasında değiştiğini ifade etmektedir. Buğday tanesinde yer alan embriyonun kararması ve kusurlu tanelerden meydana gelmesi siyah pike oluşmasına olanak sağlamaktadır (Dexter ve Matsuo, 1982).

Yapılan bir çalışmada irmikteki pike oranlarını kahverengi ve siyah pike olarak sırayla 101-21 adet/100 cm<sup>2</sup> ve 1-2 adet/100 cm<sup>2</sup> arasında değiştiğini bildirmiştir (Koyuncu, 2020). Dexter vd., (1994a) yaptıkları bir çalışmada, işlem görmemiş makarnalık buğday irmiğinin pike oranını 39 adet/50cm<sup>2</sup>, aynı buğdaya taşlı kabuk soyma işlemi uygulayarak yaptığı sonuçlarda ise pike oranını 27 adet/50 cm<sup>2</sup> olarak elde ettiklerini ifade etmektedirler.



Şekil 4.5: Tavlama şeklinin irmikteki pike oranı üzerine etkisi.

**Tablo 4.3:** İrmikte yapılan verim ve granülasyon analizlerine ait sonuçlar.

Buğday Örnekleri	Örnek Sayısı	Verim (%)	Granülasyon			
			112 $\mu$ üstü (%)	212 $\mu$ üstü (%)	355 $\mu$ üstü (%)	112 $\mu$ elekaltı (%)
<b>Kontrol</b>	4	49,04 <sup>a</sup> ±0,65	20,60 <sup>c</sup> ±1,67	44,32 <sup>a</sup> ±1,20	34,15 <sup>a</sup> ±0,60	0,57 <sup>b</sup> ±0,05
<b>US8</b>	4	45,67 <sup>b</sup> ±0,55	33,77 <sup>b</sup> ±3,15	44,27 <sup>a</sup> ±1,76	21,40 <sup>b</sup> ±1,44	0,75 <sup>a</sup> ±0,05
<b>US24</b>	4	42,24 <sup>c</sup> ±0,23	39,40 <sup>a</sup> ±0,95	39,87 <sup>b</sup> ±0,65	19,97 <sup>b</sup> ±0,33	0,57 <sup>b</sup> ±0,09

<sup>1</sup>: Tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir. Sonuçlar 2 tekrarlı 2 paraleldir. (Ortalama  $\pm$  Standart sapma); Sonuçlar 2 tekrar ve 2 paralel (2x2) ortalamalarıdır.

**Tablo 4.4:** İrmikte yapılan renk ve pike analizlerine ait sonuçlar.

Buğday Örnekleri	Örnek Sayısı	Renk Değerleri			Pike K	Pike S
		L*	a*	b*		
<b>Kontrol</b>	4	85,49 <sup>b</sup> ±2,14	-1,06 <sup>a</sup> ±0,22	26,44 <sup>a</sup> ±0,31	91,25 <sup>a</sup> ±14,93	1,25 <sup>a</sup> ±0,5
<b>US8</b>	4	83,81 <sup>b</sup> ±0,72	-0,84 <sup>a</sup> ±0,16	23,68 <sup>c</sup> ±0,49	96,25 <sup>a</sup> ±17,07	1,75 <sup>a</sup> ±0,5
<b>US24</b>	4	88,24 <sup>a</sup> ±0,17	-1,07 <sup>a</sup> ±0,22	24,26 <sup>b</sup> ±0,15	95,00 <sup>a</sup> ±15,81	1,25 <sup>a</sup> ±0,5

<sup>1</sup>: Çizelgede aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir. Sonuçlar 2 tekrarlı 2 paraleldir. (Ortalama  $\pm$  Standart sapma); Sonuçlar 2 tekrar ve 2 paralel (2x2) ortalamalarıdır.

#### 4.2.1.2.2. İrmikte Yapılan Kimyasal Analizler

##### 4.2.1.2.2.1. Nem

Makarna sektöründe su miktarı tavlancak olan buğdayların öğütme kalitesinin üzerinde önemli bir yere sahiptir ve optimum seviyede olması istenir. Buğdaya uygulanan fazla su miktarı irmik verimini azaltırken kalitesini de artırır. Aynı zamanda buğdaya uygulanan düşük su miktarı ise kaliteyi düşürürken irmik ve irmik altı un miktarını da artırır. Makarna işleme için de yüksek su oranlı irmik tercih edilir (Koyuncu, 2020). Yapılan bir çalışmada, ultrasonikasyon ile hidrasyon (ıslatma) işleminin farklı buğday çeşitlerinin termodinamik özellikleri üzerine etkisi incelemiştir. Buğday tanelerinde ultrasonikasyon uygulamasıyla hidrasyon, geleneksel hidrasyona (klasik ıslatma) göre daha kolay gerçekleşmiştir (Yıldırım, 2022). Elde edilen nem değeri sonuçları bu bulguyu doğrulayıcı niteliktedir (Tablo 4.5; Şekil 4.6). Bu sonuçlara göre özellikle ultrason uygulanarak 24 saatlik dinlendirilen irmiklerin klasik tavlama ile 48 saat dinlendirilen irmik örneklerinden daha fazla nem içeriğine sahip olduğu ve bunun sonucu olarak ultrason işleminin irmiklerde daha fazla hidrasyona neden olduğu görülmüştür.

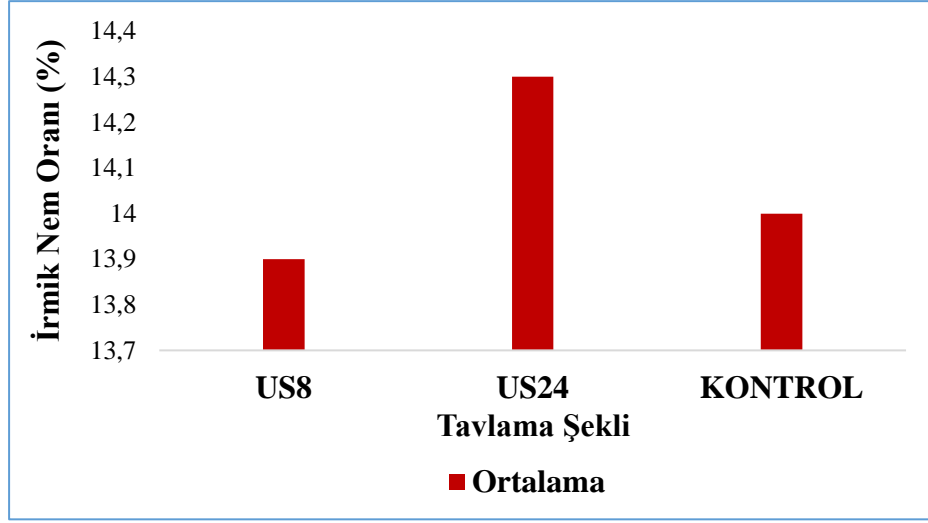
Koyuncu (2020) tarafından, tavlama öncesi buğdaya uygulanan taşlı kabuk soyma işleminde nem değerlerinin %9,26-15,50 arasında değiştiğini belirtmiştir. En fazla su oranını klasik sistemde, en düşük su oranını ise tavlama öncesinde yapılan taşlı kabuk soyma işleminde olduğunu belirtmiştir.

Makarnalık buğday örneklerinin irmikteki nem miktarı analizi sonuçları Tablo 4.5’de verilmiştir. Sonuçlara göre irmikteki nem oranı %13,90-14,30 arasında değiştiği ve en yüksek nem oranı ultrasonlu 24 saatte en düşük nem oranı ise ultrasonlu 8 saatte olduğu gözlenmiştir. Sonuçlar istatistiksel açıdan  $p < 0,05$  düzeyinde önemsiz olduğu gözlenmiştir. Tavlama şeklinin irmik nem oranı üzerindeki etkisi Şekil 4.6’da gösterilmiştir.

Akın (2017) irmik ve spagetti kalite kriterlerinin üzerine yaptığı bir çalışmada irmik örneklerinin nem oranlarını %12,21-14,00 arasında değiştiğini ve ortalama %13,26 olarak elde ettiğini bildirmiştir.

Yapılan bir çalışmada yerli kavuzsuz arpanın makarnada kullanılması üzerine kalite özelliklerinin incelenmesi araştırılmış ve irmik örneğini ortalama %12,30 olarak elde ettiğini bildirmiştir (Ermişer, 2019).

İlhan Umay (2019), keçiyoynuzu meyve posası unu kullanarak makarna içeriğini zenginleştirmeyi amaçladığı bir çalışmada irmik örneklerinin nem değerlerini ortalama %13,20 olarak saptamıştır.



Şekil 4.6: Tavlama şeklinin irmik nem oranı üzerine etkisi.

#### 4.2.1.2.2.2. Kül

Buğday örneklerindeki kül miktarı irmik ve un içerisindeki kepek oranının bir göstergesidir. Makarna yüzeyinde siyah ve kahverengi pikelere sebebiyet verdiği için dolayı makarnanın rengini olumsuz açıdan etkilemektedir. Bu sebeple irmikteki kül miktarının artması irmikteki renk değerlerini de olumsuz açıdan etkilemektedir (Ünsal Özderen, 2009).

Makarnalık buğday örneklerinin irmikteki kül miktarı analiz sonuçları Tablo 4.5’de verilmiştir. Sonuçlara göre kül değerleri %1,08-1,13 arasında değiştiği ve kül değerlerinde ultrasonlu 8 saat ve 24 saatteki değerlerin anlamlı bir farkı olmadığı gözlenmiştir. Ultrason uygulanan tavlama işleminde dinlendirme süresi arttıkça az da olsa kül miktarında artış olduğu gözlenmiştir. Kontrol grubunun kül değerleri ise ultrasonlu ıslatmalara göre yüksek çıktığı ve sonuçların istatistiksel açıdan  $p < 0.05$  düzeyinde önemli olduğu gözlenmiştir. Kül miktarları değerlerinde kontrol grubuna göre azalma olması ultrason ile ıslatma işleminin öğütmede kepek ayrışımını daha iyi sağladığı sonucunu ortaya koymuştur (Şekil 4.7; Tablo 4.5). Düşük kül içeriği makarna kalitesini olumlu yönde etkilemektedir. Külün irmikte fazla olması irmik renk kalitesini de düşürmektedir (Boyacıoğlu ve Tülbek, 2002; Güleç vd., 2010).

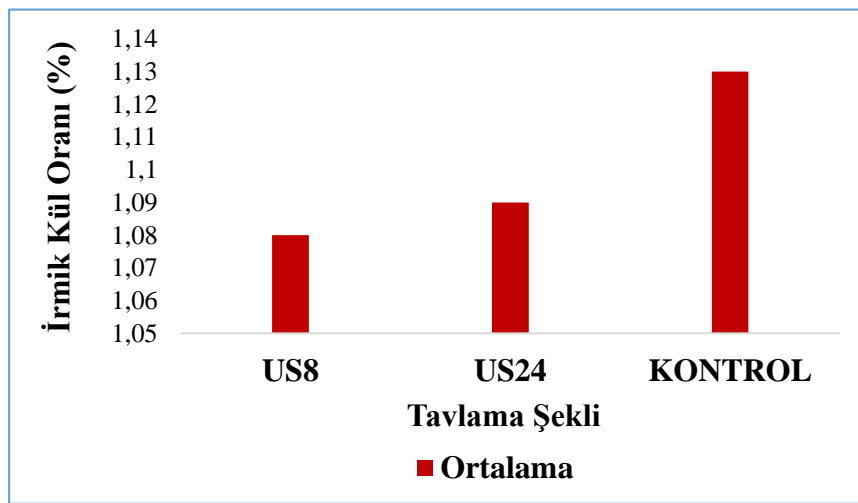
Singh vd., (1998) tarafından, makarnalık buğday örneklerine farklı sürelerde (0, 30, 60, 90 ve 120 sn) debranning işlemi uygulanmış ve kül değerlerine bakılmıştır. Sonuç olarak kül değerleri sırasıyla %1,95, %1,79, %1,55, %1,44 ve %1,20 olarak elde ettiğini bildirmiştir.

Borrelli vd., (2008) yaptıkları bir çalışmada, makarnalık buğday örneklerine farklı sürelerde (30, 60, 90, 120, 150 ve 180 sn) debranning işlemi uygulamışlardır ve sonucunda %1,38, %1,12, %0,97, %0,89, %0,84 ve %0,80 kül değerleri elde edildiğini saptamışlardır.

Koyuncu (2020) yaptığı çalışmada ırmik örneklerinin kül oranlarının %1,28-1,56 değerler arasında değiştiğini ve tavlama öncesi uygulanan soyma işleminin tavlama sonrası uygulanan soyma işlemine göre daha fazla kül miktarı elde ettiğini bildirmiştir.

Köten (2010), spagetti yapımında arpa ununun kullanılması ile zenginleştirme amaçlanan bir çalışmada ırmik örneklerine ait kül değerlerini ortalama %0,86 olarak elde ettiğini bildirmiştir.

Ercan ve Bildik (1993), Türkiye’de yetişen başlıca 7 durum buğdayı çeşitlerine fizikokimyasal özelliklerini ve makarna kalitesini tespit etmeyi amaçlayan bir çalışmada ırmik örneklerinin kül miktarlarını %0,97-1,29 değerleri arasında değişim gösterdiğini ve makarna üretim aşamasında kül miktarının artmasıyla renkte meydana gelecek olan tahribatın da arttığını ifade etmektedirler.



Şekil 4.7: Tavlama şeklinin ırmik kül oranı üzerine etkisi.

#### 4.2.1.2.2.3. Protein

Makarna kalitesini belirlemede protein miktarı önemli kriterler arasında yer almaktadır (Köten ve Ünsal, 2014). TS 1620 Makarna Standardı'nda makarnanın kuru madde yönünden en düşük %10 protein oranı içermesi gerektiğini belirtmiştir (Şahin Fidan, 2024). Makarna üretiminde irmik protein oranı yoğurma ve işleme aşamalarını etkileyen önemli faktörler arasında yer almaktadır (Matsuo vd., 1982; Autran, Abecassis ve Feilet, 1986).

Makarnalık buğday örneklerinin irmikteki protein miktarı analiz sonuçları Tablo 4.5'de verilmiştir. Protein analizi sonuçları %13,45-13,63 arasında değiştiği gözlenmiştir. Ultrasonlu ıslatma işleminde 8 saatlik dinlendirme süresi protein oranı en düşük sonuçlandığı gözlenmiştir. Ultrasonlu tavlama işlemlerinde dinlendirme süresinin artması protein oranlarında da artmaya sebep olmuştur. Klasik tavlama işlemine göre ultrason uygulaması ile tavlama işlemi protein değerlerini istatistiksel olarak önemli ( $p<0,05$ ) düzeyde etkilemiştir (Tablo 4.5). Tavlama şeklinin irmik protein oranı üzerindeki etkisi Şekil 4.8'de gösterilmiştir. Ultrason ile tavlama işlemi irmik protein içeriğinde herhangi bir olumsuz etkisi olmadığını göstermiştir. Bu sonuç, ultrason işlemi uygulamasının protein içeriği bakımından makarna kalitesini olumsuz etkilemeyeceğinin göstergesi olarak değerlendirilebilmektedir. Buğday proteinleri üzerine ultrason uygulamasının etkilerini inceleyen çalışmalar yapılmıştır (Zhang vd., 2021; Yüksel ve Elgün, 2020; Yang vd., 2017). Yapılan bir çalışmada farklı ultrason güç seviyelerinin buğday gluten proteini üzerine etkileri incelenmiştir. Ultrason gücünün gluten örneklerinin protein elektroforetik desenleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı bulunmuştur (Zhang vd., 2011). Benzer bir çalışmada, düşük enerjili ultrason uygulaması çözeltideki glutenin sülfidril içeriğini artırmıştır. Yüksek enerjili sonikasyon işlemi ise gluten proteinindeki sülfidril gruplarında azalma meydana getirmiştir. Yüksek enerjili sonikasyon, gluten proteinindeki serbest sistein moleküllerinin birleşmesiyle yeni disülfid bağlarının oluşumuna neden olmuştur (Singh ve MacRitchie, 2001).

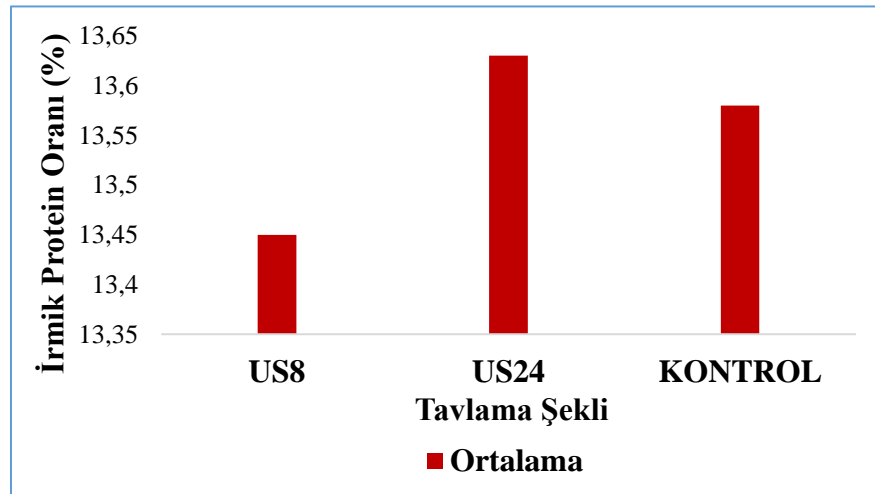
Durak ve Köse (2003) yaptığı bir çalışmada irmik protein oranının %13 değer aralığında olması gerektiğini ve %11'den düşük olan değerler için ise kötü kalitede ürün elde edildiğini ve irmik örneklerinin protein oranlarını %10,74-12,20 değerler arasında değiştiğini bildirmiştir.

Ünsal Canay (2018), Türkiye’de üretilen 8 farklı makarnalık buğday çeşidine kepek ilave edilmesiyle spagettinin kalite özellikleri ve besinsel değerleri üzerine yaptığı bir çalışmada irmik örneklerine ait protein sonuçlarının %13,16-17,57 değerleri arasında değiştiğini belirtmiştir.

Tuncer (1994) tarafından durum buğdaylarına yapılan farklı öğütme yöntemlerinin makarna ve irmik kalitesindeki değişikliklerin araştırıldığı bir çalışmada tavlama süresi ve irmik verimi artmasıyla protein miktarlarında artış olduğunu sebebinin ise alöron tabakasının irmiğe karışması sonucu olarak ifade etmektedir. İrmik örneklerinin protein oranlarını ise %10,3-13,7 arasında değiştiğini bildirmiştir.

Köten (2010), arpa unu ile zenginleştirdiği makarnalık buğday örneklerinin kalite ve besinsel özelliklerini araştırdığı bir çalışmada irmik örneklerinin protein oranlarını ortalama %11,40 değer olarak elde ettiğini, Atlı vd., (2010) ise Svevo çeşidi buğdayda yaptığı bir çalışmada irmik örneklerinin protein oranını ortalama %17,00 olarak ifade ettiğini bildirmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada süne zararının durum buğdayına ve makarna kalitesine etkisinde irmik örneklerindeki protein değerleri %11,8-14,1 değerleri arasında değiştiğini ve süne zararının artması protein oranlarındaki düşüğe sebep olduğunu bildirmiştir (Ünsal Özderen, 2009). Koyuncu (2020) tarafından yapılan bir çalışmada irmik protein oranı %10,60-12,50 arasında değiştiğini ve tavlama öncesi taşlı kabuk soyma işleminin tavlama sonrası kabuk soyma işlemine kıyasla daha fazla protein oranı elde ettiğini bildirmiştir.

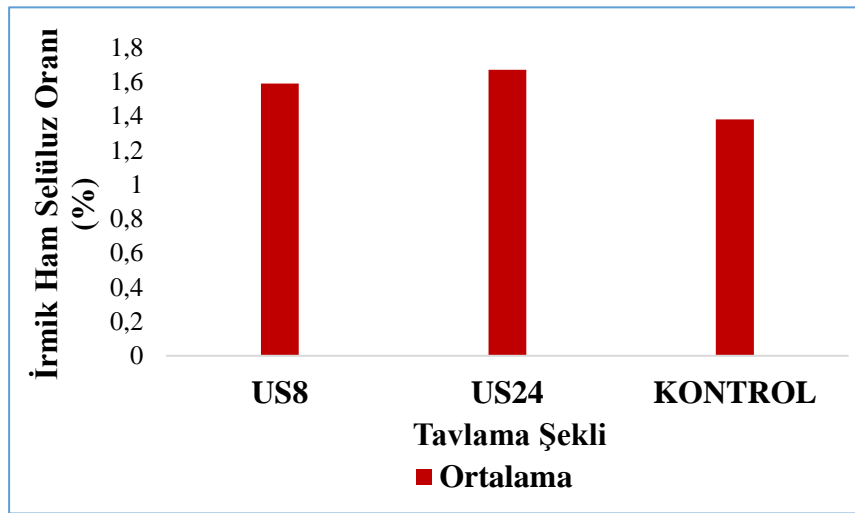


Şekil 4.8: Tavlama şeklinin irmik protein oranı üzerine etkisi.

#### 4.2.1.2.2.4. Ham Selüloz

Makarnalık buğday örneklerinin irmikteki ham selüloz miktarı analiz sonuçları Tablo 4.5’de verilmiştir. Analiz sonuçları %1,38-1,67 arasında değiştiği ve sonuçlara göre ultrasonlu ıslatma işleminin 24 saatlik dinlendirme süresindeki ham selüloz miktarı ultrasonlu 8 saat ve kontrol grubuna göre arttığı belirlenmiştir. Ultrasonlu işlemin dinlendirme süresi arttıkça ham selüloz miktarında artış gözlenmiştir. En düşük ham selüloz miktarı kontrol grubu olan klasik yöntemde gözlenmiştir ve sonuçlar istatistiksel açıdan  $p < 0,05$  düzeyinde önemli olduğu gözlenmiştir. Tavlama şeklinin irmik ham selüloz oranı üzerindeki etkisi Şekil 4.9’de gösterilmiştir.

Koyuncu (2020), yaptığı bir çalışmada irmik örneklerindeki ham selüloz miktarının %1,46-2,00 değerleri arasında değiştiğini ve alöron tabakasının irmiğe katkıda bulunduğunu bu sebeple kül ve protein oranlarında artış olduğunu belirtmektedir.



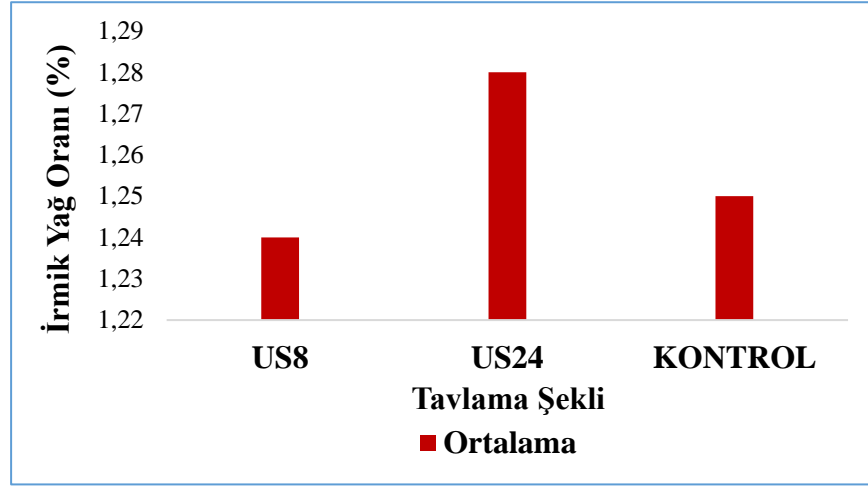
Şekil 4.9: Tavlama şeklinin irmik ham selüloz oranı üzerine etkisi.

#### 4.2.1.2.2.5. Yağ

Makarnalık buğday örneklerinin irmikteki yağ analiz sonuçları Tablo 4.5’de verilmiştir. İrmikteki yağ sonuçları %1,24-1,28 arasında değiştiği gözlenmiştir. Klasik tavlamaya göre ultrason işlemi irmik örneklerine ait yağ değerlerinde istatistiksel olarak  $p > 0,05$  önemli bir etkisinin olmadığını göstermiştir. Tavlama şeklinin irmik yağ oranı üzerindeki etkisi Şekil 4.10’de gösterilmiştir.

Yapılan bir çalışmada, farklı makarnalık buğday örneklerinin irmik yağ oranını %1,87 olarak elde ettiğini ve yağ düşüklüğünün sebebini ruşeym kontaminasyonunun düşük olması olarak ifade etmektedir (Lezsek, Palys ve Szumilo, 2012).

İlhan Umay (2019), keçiyoynuzu ununun makarnada kullanılması üzerine yaptığı bir çalışmada irmik örneklerinin yağ oranını ortalama %1,72 olarak elde ettiğini ifade etmektedir.



Şekil 4.10: Tavlama şeklinin irmik yağ oranı üzerine etkisi.

**Tablo 4.5:** İrmikte yapılan kimyasal analizlere ait sonuçlar.

<b>Buğday Örnekleri</b>	<b>Örnek Sayısı</b>	<b>Nem (%)</b>	<b>Kül (%)</b>	<b>Protein (%)</b>	<b>Ham Selüloz (%)</b>	<b>Yağ (%)</b>
<b>Kontrol</b>	4	14,00 <sup>b</sup> ±0,12	1,13 <sup>a</sup> ±0,01	13,58 <sup>ab</sup> ±0,10	1,38 <sup>b</sup> ±0,01	1,25 <sup>a</sup> ±0,02
<b>US8</b>	4	13,90 <sup>b</sup> ±0,08	1,08 <sup>b</sup> ±0,01	13,45 <sup>b</sup> ±0,06	1,59 <sup>a</sup> ±0,03	1,24 <sup>a</sup> ±0,04
<b>US24</b>	4	14,30 <sup>a</sup> ±0,12	1,09 <sup>b</sup> ±0,01	13,63 <sup>a</sup> ±0,10	1,67 <sup>a</sup> ±0,08	1,28 <sup>a</sup> ±0,02

<sup>1</sup>: Tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir. Sonuçlar 2 tekrarlı 2 paraleldir. (Ortalama ± Standart sapma); Kimyasal analiz sonuçları Kurumadde üzerinden hesaplanmıştır. Sonuçlar 2 tekrar ve 2 paralel (2x2) ortalamalarıdır.

**Tablo 4.6:** İrmikte yapılan fizikokimyasal analizlere ait sonuçlar.

<b>Buğday Örnekleri</b>	<b>Örnek Sayısı</b>	<b>Gluten (%)</b>	<b>Gluten İndeks</b>
<b>Kontrol</b>	4	34,25 <sup>a</sup> ±2,06	50,50 <sup>c</sup> ±1,29
<b>US8</b>	4	22,25 <sup>c</sup> ±0,42	70,75 <sup>b</sup> ±1,50
<b>US24</b>	4	28,60 <sup>b</sup> ±0,16	77,00 <sup>a</sup> ±0,00

<sup>1</sup>: Tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir. Sonuçlar 2 tekrarlı 2 paraleldir. (Ortalama ± Standart sapma); Sonuçlar 2 tekrar ve 2 paralel (2x2) ortalamalarıdır.

### 4.2.1.2.3. İrmikte Yapılan Fizikokimyasal Analizler

#### 4.2.1.2.3.1 Gluten ve Gluten İndeks

Gluten, buğdayın bileşiminde yer alan glutenin ve gliadin proteinlerinin su almasıyla şişerek oluşan bir elastik maddededir (Yaralı, 2017). Makarna üretiminde yüksek elastikiyeti olan kuvvetli glutenin iyi derecede pişme kalitesine sahiptir, aynı zamanda düşük elastikiyeti olan zayıf glutenin ise kötü kalitede makarna üretimine sahiptir. Yani kaliteli bir makarna üretimi için kuvvetli gluten ve yüksek protein istenmektedir (Yeyinli, 2006).

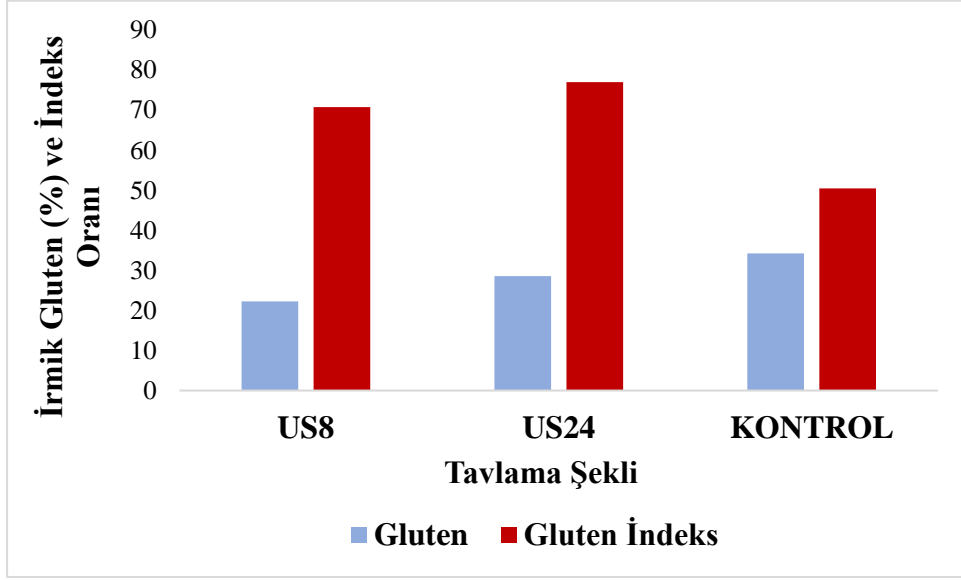
Makarnalık buğday örneklerinin irmikteki gluten ve gluten indeks değerlerinin sonuçları Tablo 4.6'da verilmiştir. Analiz sonuçlarında gluten değerlerinin %22,25-34,25 arasında değiştiği ve ultrason uygulamalı tavlama işleminin gluten değerlerini azalttığını gözlenmiştir. Gluten indeks değerleri ise %50,50-77,0 arasında değiştiği ve ultrason uygulamalı tavlama işleminin gluten indeks değerlerini arttırdığı ve dinlendirme süresi arttıkça gluten indeks değerlerinin de arttığı gözlenmiştir. Gluten ve gluten indeks analizlerinin değerleri istatistiki açıdan  $p < 0,05$  düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Tavlama şeklinin irmik gluten ve gluten indeks oranı üzerindeki etkisi Şekil 4.11'de gösterilmiştir.

Yüksel (2013), yaptığı bir çalışmada buğdaylarda sertlik derecesinin artmasıyla gluten ve gluten indeks miktarlarının arttığını ve ultrason uygulaması ile birlikte gluten miktarlarında az da olsa düşüş meydana geldiğini aynı zamanda gluten indeks değerlerinde de artış meydana geldiğini belirtmiştir.

Ermişer (2019) yaptığı bir çalışmada, makarna yapımında kullandığı durum buğdayının irmikteki gluten ve gluten indeks oranlarını sırayla %31,70 ve 98,1 olarak elde ettiğini bildirmiştir.

Köten (2010) tarafınan, Svevo cv. durum buğdayı irmiğinin gluten miktarını %33,00 ve gluten indeksini ise 62 olarak bildirmiştir. Bir başka çalışmada ise makarnalık buğday örneklerinin irmik gluten ve gluten indeks değerlerini sırayla %43,50 ve 91,2 olarak elde ettiğini bildirmiştir (Köroğlu, 2010).

Yapılan bir diğer çalışmada ise camısı ve dönmeli makarnalık buğday çeşitlerinin irmik örneklerindeki gluten oranları sırayla %37,20-37,70 ve %28,0-28,9 arasında değiştiği bildirilmektedir (Tuncer, 1994).



**Şekil 4.11:** Tavlama Şeklinin irmik gluten ve gluten indeks oranı üzerine etkisi.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırmada, yüksek sertlik derecesine sahip olan makarnalık buğdayların ultrasonlu ıslatma işlemiyle tanedeki su absorpsiyonunun yanında irmik verimi ve irmiğin kalite parametrelerine olan etkilerini ortaya çıkarma amacı hedeflenmiştir.

Islatma süresi 15 dakika belirlenen buğdayların bu sürede optimum tane suyuna (%16) ulaştığı belirlenmiştir. Ultrason uygulama süresi ile su absorpsiyonunun arttığı gözlemlenmiştir.

Ultrason işlemi uygulanmış buğdayların dinlendirme süreleri arttıka irmik veriminde azalma olduğu su oranında ise artış olduğu belirlenmiştir.

Klasik yöntemle ıslatma işleminde 112  $\mu$  elek üstü irmik miktarı ultrasonlu ıslatma işlemlere kıyasla azaldığı ve ultrasonlu ıslatma işleminin 24 saat dinlendirme süresiyle 112  $\mu$  elek üstü irmik miktarının arttığı gözlenmiştir. Buna karşılık 212  $\mu$  ve 355  $\mu$  elek üstü irmik miktarlarında ultasonlu ıslatma işlemlerinin klasik yönteme göre azaldığı ve ultrasonlu işlemlerde dinlendirme süresinin artmasıyla bu miktarın azaldığı da grlmektedir. Genel olarak elek analiz sonuçları değerlendirildiğinde ultrason işlemi uygulaması klasik tavlama göre irmik iriliğini azaltmıştır. Özellikle 212  $\mu$  elek altında bu artışın daha belirgin olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuç irmik veriminin düşüşüne de yansımıştır. İrmik verimi ultrason uygulaması ile tavlanan buğdaylarda azalma göstermiştir.

Ultrason işleminin tanede mikro çatlaklara neden olduğu ve böylece tanede su hidratasyonunu hızlandırdığı bu sonucun su absorpsiyonu ve irmik su seviyelerinin artışına neden olduğu dşnlmektedir. Klasik tavlama işlemine göre ultrason uygulanan buğdaylardan elde edilen irmiklerin kül oranları düşmüş, irmik renk değerlerinden ise L\* değeri ise artış göstermiştir. Her iki değerin değişimi 24 saatlik dinlendirilen buğdaylarda daha belirgin olarak grlmştir. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde ultrason uygulamasında 8 saatlik dinlendirmenin irmik kalite parametrelerinin istenen seviyede olumlu sonuçlar vermesi için yeterli olmadığı belirlenmiştir. 24 saatlik dinlendirmenin ultrason uygulamasında daha iyi sonuçlar verdiği ortaya kmıştır. Bunun sebebinin kepek – irmik ayrışımının daha iyi olması nedeniyle kl değeri düşüklüğü ve rengin (L\*) daha parlak

kaynaklandığı düşünölmektedir. Ultrason uygulanarak 24 saatlik dinlendirilen buğdayların kabuğunda istenen elastik yapının oluşmasında ve bu sayede irmikten daha kolay ayrılmasında fayda sağladığı ortaya çıkmıştır. Makarna üretiminde irmik kalite kriterlerinde önemli bir yeri olan pike değerleri ultrason işlemi ve klasik tavlama işlemi ile önemli bir değişiklik göstermemiştir. Bu durum şeklinde uygulanan teknolojinin makarna açısından olumsuz bir etkisi olmayacağını göstermektedir. İrmik protein değerleri ultrason işleminden etkilenmiştir. Bu sonuç gluten ve gluten indeks değerlerine de yansımıştır. Gluten indeks değerinin özellikle ultrason uygulanmış 24 saat dinlendirilmiş irmik örneklerinde artmış olması proteinin ve glutenin biyokimyasal yapısında değişikliklere neden olduğu ve protein ağlarını güçlendirdiğı şeklinde yorumlanmıştır.

Sonuç olarak, ultrason uygulaması tavlama için gerekli uygun tane suyu seviyesine ulaşma süresini kısaltmıştır. Değirmencilik sektöründe 2 veya 3 aşamada yapılan tav suyu verme işleminin tek aşamaya düşürölmesinde ultrason teknolojisinin bir alternatif olabileceğı ön görölmektedir. Dolayısıyla su ve silo ihtiyacını daha da azaltarak endüstriyel alanda mali harcama giderlerini azaltacağı düşünölmektedir. Fakat ultrason cihazı ilk kurulum maliyetlerinin yüksekliğı bu teknolojinin sağladığı fayda ile karşılaştırılmalıdır. Çalışmamızda kullanılan ultrason cihazı 640 W gücündedir. Buradan yola çıkarak daha güçlü enerji seviyesinde kullanılacak cihazlar irmik kalitesinde ve buğday hidrasyon hızının artmasında olumlu sonuçlar ortaya çıkaracağı varsayılmaktadır. Araştırmamızın ilerde yapılacak farklı ultrason güç seviyelerinde, farklı tahıl çeşitlerinde ve farklı kalite parametrelerinde ultrason uygulamalarına ışık tutacağı düşünölmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

- AACC, (1990). *Methods of the American Association of Cereal Chemists*, St Paul, Minnesota.
- Akın, M. (2017). *Buğday, irmik ve makarna kalite özellikleri arasındaki ilişkilerinin sanayi düzeyinde araştırılması* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 498127).
- Akkoyunlu, B. O. (1990). *İşitilebilir, ultrasonik ve infrasonik dalgaların üretimi ve iç enerjisi* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 14811).
- Aktan, B. ve Atlı, A. (1992). Çakmak 79 ve Kunduru 1149 makarnalık buğday çeşitlerinin makarna pişme kalitesine azotlu gübre uygulamasının etkisi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 2(1), 37-49.
- Aktoluğ, A. ve Bekbölet, M. (1978). Durum buğdayı ürünlerinin (irmik ve makarna) üretim sırasında uğradığı kalite değişiklikleri. *Gıda*, 3(4).
- Alava, J. M., Sahi, S. S., Garcia-Alvarez, J., Turo, A., Chavez, J. A., Garcia, M. J., vd. (2007). Use of ultrasound for the determination of flour quality. *Ultrasonics*, 46(3), 270-276.
- Arslan Bayrakçı, H. (2008). *Buğdayın tavlanmasında mikrodalga uygulamasının öğütme ve ekmekçilik kalitesine etkisi üzerine bir araştırma* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 178298).
- Atlı, A., Aktan, B., Şanal, T., Kaplan Evlice, A., Ünsal, A. Ş., Dönmez, E., vd. (Mayıs, 2010). Makarnalık buğdayın kalite özellikleri ve kalite değerlendirme. *Makarnalık Buğday ve Mamülleri Konferansı*, Şanlıurfa.
- Autran, J. C., Abecassis, J. ve Feillet, P. (1986). Statistical evaluation of different technological and biochemical tests for quality assessment in durum wheats. *Cereal Chemistry*, 63(5), 390-394.

- Aydoğan, S., Şahin, M., Gcmen Akacık, A., Kaya, Y., Kara, İ., Trkz, M., vd. (2012). Bazı makarnalık buğday çeşitlerinin kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5(1), 82-85.
- Bayrakçı, H., Türker, S., Elgün, A., Ertaş, N. ve Bilgiçli, N. (2010). Buğdayın tavlانmasında mikrodalga uygulamasının öğütme ve ekmekçilik kalitesine etkisi. *Akademik Gıda*, 8(6), 6-12.
- Bellido, G. G. ve Hatcher, D. W. (2010). Ultrasonic characterization of fresh yellow alkaline noodles. *Food Research International*, 43(3), 701-708.
- Borrelli, G. M., De Leonardis, A. M., Platani, C. ve Troccoli, A. (2008). Distribution along durum wheat kernel of the components involved in semolina colour. *Journal of Cereal Science*, 48(2), 494-502.
- Boyacıoğlu, M. H. ve Tülbek. M. . (Ekim, 2002). Makarnalık buğday kalitesine bir bakış. *Hububat rnleri Teknolojisi Kongre ve Sergisi*, (s. 17-24), Gaziantep.
- Bushuk, W. (1982). *Grains and oil seeds*. Winnipeg: Manitoba, Canadian International Grains Institute.
- Butz, P. ve Tauscher, B. (2002). Emerging technologies: Chemical aspects. *Food Research International*, 35(2-3), 279-284.
- Canay, F. . (2018). *Durum buğdayı çeşitlerinin fitik asit miktarları, makarnaya işleme sırasındaki değişiklikler ve fitik asitin azaltılması* (Doktora tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 519575).
- Cankurtaran, T. (2016). *Dolgulu ve dolgusuz yaş makarna üretiminde buğday kepeği ve buğday ruşeymi katkısının bazı kalite özellikleri üzerine etkisi* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 449164).
- Cecchini, C., Bresciani, A., Menesatti, P., Pagani, M. A. ve Marti, A. (2021). Assessing the rheological properties of durum wheat semolina: A review. *Foods*, 10(12), 2947.
- Certel, M. (1990). *Makarnalık (Tr. Durum) ve ekmeklik (Tr. Aestivum) buğdaylardan farklı ısıt işlem uygulamalarıyla üretilen bulgur ve ürünlerinin fiziksel, kimyasal ve*

- duyusal kalite özellikleri* (Doktora tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 356582).
- Coşkun, E. ve Ercan, R. (2003). Makarnalık buğdaylarda lipoksigenaz enzim aktivitesinin belirlenmesi. *Gıda*, 28(3), 221-226.
- Dexter, J. E. ve Matsuo, R. R. (1982). Effect of smudge and black point, mildewed kernels, and ergot on durum wheat quality. *Cereal Chemistry*, 59(1), 63-69.
- Dexter, J. E. ve Wood, P. J. (1996). Recent applications of debranning of wheat before milling. *Trends in Food Science & Technology*, 7(2), 35-41.
- Dexter, J. E., Dronzek, B. L. ve Matsuo, R. R. (1978). Scanning electron microscopy of cooked spaghetti. *Cereal Chemistry*, 55(1), 23-30.
- Dexter, J. E., Martin, D. G., Sadaranganey, G. T., Michaelides, J., Mathieson, N., Tkac, J. J., vd. (1994a). Preprocessing: effects on durum wheat milling and spaghetti-making quality. *Cereal Chemistry*, 71(1), 10-16.
- Dexter, J. E., Williams, P. C., Martin, D. G. ve Cordeiro, H. M. (1994b). The effects of extraction rate and flour-sieve aperture on the properties of experimentally milled soft wheat-flour. *Canadian Journal of Plant Science*, 74(1), 51-58.
- Dıraman, H. ve Demirci, M. (1997). Süne hasarlı unlarda ısı işleminin ve bazı katkıların gluten kalitesi üzerine etkileri. *Un Mamüller Dünyası*, 6(1), 4-11.
- Dick, J. W. ve Matsuo, R. R. (1988). Durum Wheat and Pasta Products. Pomeranz, Y. (Ed.), *Wheat: Chemistry and Technology* içinde (507-547). St.Paul, MN: Am. Assoc. Cereal Chemistry.
- Dizlek, H. ve Gül, H. (2007). Süne zararlı buğday unlarının ekmeklik kalitesinin iyileştirilmesi. *Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*, 21(1), 51-58.
- Dizlek, H. ve Kurt, M. (2021). Buğday değirmenciliğinde un kalitesine tesir eden kritik bir işlem basamağı: Tavlama. *Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi Dergisi*, 26, 10-21.
- Dolatowski, Z. J., Stadnik, J. ve Stasiak, D. (2007). Applications of ultrasound in food technology. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 6(3), 89-99.
- Durak, F. ve Köse, E. (2003). Makarnalık buğdaylarda bazı fiziksel kimyasal ve teknolojik özellikleri makarna kalitesine etkisi. *Akademik Gıda*, 1(1), 15-22.

- Earnshaw, R. G., Appleyard, J. ve Hurst, R. M. (1995). Understanding physical inactivation process: combined preservation opportunities using heat, ultrasound and pressure. *International Journal of Food Microbiology*, 28(2), 197-219.
- Elgün, A. (1997). *Tahıl işleme teknolojisi*. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Elgün, A. (2008). *Tahıl işleme teknolojisi ders notları*. Konya: Selçuk Üniv. Yayınları.
- Elgün, A., Certel, M., Ergutay, Z. ve Kotancılar, H. G. (2002). *Tahıl ve ürünlerinde analitik kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama klavuzu*. Erzurum: Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Ofset Tesisleri.
- Elgün, A., Türker, S. ve Bilgiçli, N. (2015). *Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü*. Konya: Konya Ticaret Odası.
- Elgün, A. ve Ergutay, Z. (1995). *Tahıl işleme teknolojisi*. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Elgün, F. M. (2019). *Buğdayı ıslatma ve pişirme aşamalarında kullanılan ultrason uygulamasının bulgur özelliklerine etkisi* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 540723).
- Elmehdi, H. M., Page, J. H. ve Scanlon, M. G. (2003). Using ultrasound to investigate the cellular structure of bread crumb. *Journal of Cereal Science*, 38(1), 33-42.
- Ercan, R. ve Bildik, E. (1993). Türkiye’de yetiştirilen başlıca makarnalık buğday çeşitlerinin kalitesi. *Gıda*, 18(1), 3-11.
- Erken, A. (2022). *Edirne ili ve çevresinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinde bazı fiziksel ve kimyasal kalite özelliklerin belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 773539).
- Ermişer, D. (2019). *Yerli kavuzsuz arpanın (Özen Cv.) spagetti makarna üretiminde kullanımı ve bazı kalite özelliklerinin incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 550066).

- Finney, K. F. ve Bolte, L. C. (1985). Experimental micro milling: reduction of tempering time of wheat from 18-24 hours to 30 minutes. *Cereal Chemistry*, 62(6), 454-458.
- Francis, F. J. (1980). Color quality evaluation of horticultural crops. *Hort Science*, 15(1), 58-59.
- Garcia-Alvarez, J., Alava, J. M., Chavez, J. A., Turo, A., Garcia, M. J. ve Salazar, J. (2006). Ultrasonic characterisation of flour–water systems: A new approach to investigate dough properties. *Ultrasonics*, 44, e1051-e1055.
- Gonzalez, A. T. J. (1995). Milling process of durum wheat. *Durum Wheat Quality in The Mediterranean Region*, 43-51.
- Gunasekaran, S. ve Ay, C. (1994). Ultrasonic attenuation measurements for estimating milk coagulation time. *Transactions of the ASAE*, 37(3), 857-862.
- Gunasekaran, S. ve Ay, C. (1995). Milk coagulation cut-time determination using ultrasonics. *Journal of Food Process Engineering*, 19(1), 63-73.
- Güleç, T. E., Sönmezoğlu, Ö. A. ve Yıldırım, A. (2010). Makarnalık buğdaylarda kalite ve kaliteyi etkileyen faktörler. *GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(1), 113-120.
- Hailu, F. ve Merker, A. (2008). Variation in gluten strength and yellow pigment in Ethiopian tetraploid wheat germplasm. *Genet Resour Crop Evol*, 55(2), 277-285.
- Haros, M., Rosell, C. M. ve Benedito, C. (2002). Improvement of flour quality through carbohydrases treatment during wheat tempering. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(14), 4126-4130.
- Hirawan, R., Ser, W. Y., Arntfield, S. D. ve Beta, T. (2010). Antioxidant properties of commercial, regular- and whole-wheat spaghetti. *Food Chemistry*, 119(1), 258-264.
- Hook, S. C. W., Bone, G. T. ve Fearn, T. (1982). The conditioning of wheat the effect of increasing wheat moisture content on the milling performance of uk wheats with reference to wheat texture. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 33(7), 655-662.
- Horzum, M. (2018). *Endüstriyel artık olan elma posasından diyet lifi üretimi optimizasyonu ve partikül boyutun teknolojik özelliklere etkisi* (Yüksek lisans tezi).

Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 517129).

Hoseney, R. C. (1990). *Principles of Cereal Science and Technology*. St. Paul Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists (AACCC).

Hoseney, R. C. (1994). *Principles of Cereal Science and Technology*. St. Paul Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists (AACCC).

Hummel, C. (1966). *Macaroni Products*. London: Food Trade Press LTD..

Hüttner, E. K., Bello, F. D. ve Arendt, E. K. (2010). Rheological properties and bread making performance of commercial wholegrain oat flours. *Journal of Cereal Science*, 52(1), 65-71.

İlhan Umay, S. (2019). *Keçiboynuzu meyve posası ununun diyet lifi kaynağı olarak makarnada kullanılması* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 602945).

Keskinoğlu, R., Elgün, A. ve Türker, S. (2001). Bir un değirmeninde uygulanan farklı ılık tavlama işlemlerinin öğütme kalitesine etkisi. *Gıda*, 26(6), 419-427.

Koyuncu, Ö. (2020). *Endüstriyel şartlarda uygulanan taşlı kabuk soyma işleminin durum buğdayının öğütme ve makarna yapım kalitesi üzerine etkisi* (Doktora tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 37424).

Köksel, H. (2005). *Hububat bilimi ve teknolojisi*. Acar, O., Çetiner, B. ve Köksel, F. (Eds.). Ankara: Sidas.

Koroğlu, D. (2010). *Durum buğdayı (Triticum durum L.) çeşitlerinde makarna kalite özellikleri ile polimerik protein içeriği arasındaki ilişkinin belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 284636).

Köten, M. (2010). *Arpa unu ile zenginleştirmenin makarnanın bazı kalite ve besinsel özelliklerine etkisi* (Doktora tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 382442).

- Köten, M. ve Atlı, A. (Mayıs, 2008). Makarnalık buğday, ırmik ve makarnanın kalite değerlendirilmesindeki son teknikler. *Türkiye 9.Gıda Kongresi* (s. 369-370), Erzurum.
- Köten, M. ve Ünsa, S. (2014). Türkiye’de üretilen makarnaların bazı kimyasal bileşimlerinin ve pişme kalitelerinin belirlenmesi. *Gıda*, 39(1), 33-40.
- Kurt, Ç. (2012). *Buğday işleme fabrikasındaki işlem akışı ve enerji sarfiyatı* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 305271).
- Leonelli, C. ve Mason, T. J. (2010). Microwave and ultrasonic processing: Now a realistic option for industry. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 49(9), 885-900.
- Lezsek, R., Palys, E. ve Szumilo, G. (2012). Comparison of the chemical composition of spring durum wheat grain (*Triticum durum*) and common wheat grain (*Triticum aestivum ssp. vulgare*). *Journal of Elementology*, 17(1), 105-114.
- Lida, Y., Tuziuti, T., Yasui, K., Towata, A. ve Teruyuki, K. (2008). Control of viscosity in starch and polysamllharide solutions with ultrasound after gelatinization. *Innovative Food Science&Emerging Technologies*, 9(2), 140-146).
- Li, Y. (1987). *The influence of kernel size on the millability of wheat* (A Master’s thesis). Available from Pro Quest Dissertations and Theses Database.
- Luque de Castro, M. D. ve Priego-Capote, F. (2007). Ultrasound-assisted crystallization (sonocrystallization). *Ultrasonics Sonochemistry*, 14(6), 717-724.
- Marti, A., Seetharaman, K. ve Pagani, M. A. (2013). Rheological approaches suitable for investigating starch and protein properties related to cooking quality of durum wheat pasta. *Journal of Food Quality*, 36(2), 133-138.
- Matsuo, R. R. ve Dexter, J. E. (1980). Relationship between some durum wheat physical characteristics and semolina milling properties. *Canadian Journal of Plant Science*, 60(1), 49-53.
- Matsuo, R. R., Dexter, J. E., Kosmolak, F. G. ve Leisle, D. (1982). Statistical evaluation of tests for assessing spaghetti-making quality of durum wheat. *Cereal Chemistry*, 59(3), 222-228.

- McClements, D. J. (1995). Advances in the application of ultrasound in food analysis and processing. *Trends in Food Science & Technology*, 6(9), 293-299.
- McClements, D. J. (1997). Ultrasonics characterization of food and drinks: Principles, methods and applications. *Critical Reviews In Food Science and Nutrition*, 37(1), 1-46.
- McDonald, C. E. (1979). Lipoxygenase and lutein bleaching activity of durum wheat semolina. *Cereal Chemistry*, 56(2), 84-89.
- Millet, E. ve Pinthus, M. J. (1984). The association between grain volume and grain weight in wheat. *Journal of Cereal Science*, 2(1), 31-35.
- Mis, A. (2003). Changes in water absorption of gluten as a result of sprouting of wheat grain. *International Agrophysics*, 17(1), 1, 25-30.
- Morris, S. R. (2004). Grain: Quality Attributes. C. Wrigley ve H. Corke (Eds.), *Encyclopedia of Grain Science* içinde (238-254). Amsterdam: Elsevier Ltd..
- Mulet, A., Carcel, J. A. ve Bon, J. (2003). New food drying technologies - use of ultrasound. *Food Science and Technology International*, 9(3), 215-221.
- Özçelik, M. (2012). *Ülkemizde endüstriyel üretimi olmayan bir makarna çeşidinin mikrodalga-vakum kurutma teknolojisi kullanılarak üretim sisteminin tasarlanması ve işletim parametrelerinin optimizasyonu* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 312050).
- Özkaya, B., Köksel, H. ve Özkaya, H. (1993). Bazı buğday çeşitlerinden farklı yöntemlerle üretilen bulgurların bazı vitamin ve mineral içerikleri ile proteinlerinin elektroforetik ve nişastalarının 'birefringence' özellikleri üzerine araştırmalar. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 2(4), 36-56.
- Özkaya, H. ve Özkaya, B. (2005). *Öğütme teknolojisi*. Ankara: Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları.
- Öztürk, A. (2016). *Göller bölgesinde yetiştirilen bazı makarnalık buğday çeşitlerinin fiziksel, kimyasal ve teknolojik özellikleri ile erişte kalitelerinin belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 442672).

- Palacioğlu, T. ve Emil, T. (2004). *Türkiye ve Rusya Makarna Sektörü*, İstanbul: İstanbul Ticaret Odası.
- Piyasena, P., Mohareb, E. ve McKellar, R. C. (2003). Inactivation of microbes using ultrasound: a review. *International Journal of Food Microbiology*, 87(3), 207-216.
- Pomeranz, Y. (1982). Grain structure and end-use properties. *Journal of Food Structure*, 1(2), 107-124.
- Posner, E. S. (2000). Wheat. K. Kulp ve J. G. Ponte (Eds.), *Handbook of Cereal Science and Technology* içinde (1-29). Manhattan: Crc Press.
- Poutanen, K. S., Karlund, A. O., Gomez-Gallego, C., Johansson, D. P., Scheers, N. M., Marklinder, I. M., vd. (2022). Grains-a major source of sustainable protein for health. *Nutrition Reviews*, 80(6), 1648-1663.
- Prückler, M., Siebenhandl-Ehn, S., Apprich, S., Höltinger, S., Haas, C., Schmid, E., vd. (2014). Wheat bran-based biorefinery 1: Composition of wheat bran and strategies of functionalization. *LWT - Food Science and Technology*, 56(2), 211-221.
- Raso, J., Pagan, R., Condon, S. ve Sala, F. J. (1998). Influence of temperature and pressure on the lethality of ultrasound. *Applied and Environmental Microbiology*, 64(2), 465-471.
- Rosell, C. M., Wang, J., Aja, S., Bean, S. ve Lookhart, G. (2003). Wheat flour proteins as affected by transglutaminase and glucose oxidase. *Cereal Chemistry*, 80(1), 52-55.
- Sayaslan, A., Koyuncu, M., Yıldırım, A., Güleç, T. ve Sönmezoğlu, Ö. A. (2012). Some quality characteristics of selected durum wheat (*Triticum durum*) landraces. *Turkish Journal of Agriculture Forestry*, 36(6), 749-756.
- Scherba, G. Weigel, R. M. and O'Brien, W. D. (1991). Quantitative assessment of the germicidal efficacy of ultrasonic energy. *Applied and Environmental Microbiology*, 57(7), 2079-2084.
- Seçkin, R. (1986). Buğday tanesinin fiziki özellikleri, öğütmenin temel prensipleri ve unda bazı kalite kriterleri. *Standart Ekonomik ve Teknik Dergi, Özel sayı; 2*, 51-56.
- Shewry, P. R. (2009). Wheat. *Journal of Experimental Botany*, 60(6), 1537-1553.

- Sicignano, A., Monaco, R. D., Masi, P. ve Cavella, S. (2015). From raw material to dish: pasta quality step by step. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(13), 2579-2587.
- Singh, H. ve MacRitchie, F. (2001). Use of sonication to probe wheat gluten structure. *Cereal Chemistry*, 78(5), 526-529.
- Singh, N., Singh, H. ve Singh Bakshi, M. (1998). Determining the distribution of ash in wheat using debranning and conductivity. *Food Chemistry*, 62(2), 169-172.
- Sobota, A., Rzedzicki, Z., Zarzycki, P. ve Kuzawinska, E. (2014). Application of common wheat bran for the industrial production of high-fibre pasta. *International Journal of Food Science & Technology*, 50(1), 111-119.
- Song, X., Zhu, W., Pei, Y., Ai, Z. ve Chen, J. (2013). Effects of wheat bran with different colors on the qualities of dry noodles. *Journal of Cereal Science*, 58(3), 400-407.
- Sözen, E. ve Yağdı, K. (2005). Bazı ileri makarnalık buğday (*Triticum durum Desf.*) hatlarının kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Uludağ Üniv. Zir. Fak. Dergisi*, 19(2), 69-81.
- Sünter, M. K. (2003). *Buğdayın farklı sıcaklık ve sürelerde tavlansının unun bazı özellikleri üzerine etkisi* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 142976).
- Stringfellow, A. C., Burbridge, L. H., Pfeifer, V. F. ve Brekke, O. L. (1978). Milling and air classification of alkali peeled wheats. *Milling Feed and Fertiliser*, 35-39.
- Swanson, C. O. ve Pence, R. O. (1930). The penetration rate of water in wheat during tempering as disclosed by college mill trials. *Am. Miller*, 58, 435-436.
- Şahin Fidan, Ç. (2024). *Bal kabağı çekirdeği yağı üretim atıklarının makarna üretiminde kullanım olanaklarının araştırılması* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 846095).
- Şanlıer, N. (2013). Tam tahıllar ve sağlık = ekmek. *Standart Ekonomik ve Teknik Dergi* 70-75.
- Tekin, İ. F ve Çakmaklı, Ü. (1989). Bazı Türk durum irmiklerinde renk ve bunu etkileyen lipoksidaz, peroksidaz Aktiviteleri. *Gıda*, 14(5), 259-265.

- Toprak Mahsulleri Ofisi Genel Müdürlüğü (2007), *Hububat raporu*. Ankara: TMO.
- Tuncer, T. (1994). *Makarna üretiminde bazı öğütme faktörlerinin kaliteye etkisi* (Doktora tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 34864).
- Tuncer, T. ve Ercan, R. (1990). Makarna kalitesi ve etkili faktörler. *Gıda*, 15(4), 199-204.
- Tuncer, T. ve Ercan, R. (1994). Makarna Üretiminde Bazı Öğütme Faktörlerinin Kaliteye Etkisi. *Gıda*, 20(1).
- Turan Ö. (2007). *Boraks çözeltilerinde probertit çökmesine ultrases dalgalarının etkisinin incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 222601).
- Ünal, S. (1992). *Hububat teknolojisi*. İzmir, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları.
- Ünsal Özderen, N. T. (2009). *Süne (Eurygaster spp.)zararının makarnalık buğday ve makarna kalitesi üzerine etkileri* (Doktora tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 244951).
- Villamiel, A., Hamersveld, E. H. ve Jong, P. D. (1999). Effect of ultrasound processing on the quality of dairy products. *Milchwissenschaft*, 54(2), 69-73.
- Vouris, D. G., Lazaridou, A., Mandala, I. G. ve Biliaderis, C. G. (2018). Wheat bread quality attributes using jet milling flour fractions. *LWT*, 92, 540-547.
- Walsh, D. E. ve Gilles, K. A. (1971). The Influence of Protein Composition on Spaghetti Quality. *Cereal Chemistry*, 48, 544-553.
- Walsh, D. E., Youngs, V. L. ve Gilles, K. A. (1970). Inhibition of durum wheat lipoxidase with L-ascorbic acid. *Cereal Chemistry*, 47(2), 119-125.
- Wu, H., Hulbert, G. J. ve Mount, J. R. (2000). Effects of ultrasound on milk homogenization and fermentation with yogurt starter. *Innovative Food Science&Emerging Technologies*, 1(3), 211-218.
- Yamazaki, W. T. ve Donelson, J. R. (1983). Kernels hardness of some U.S. wheats. *Cereal Chemistry*, 60(5), 344-350.

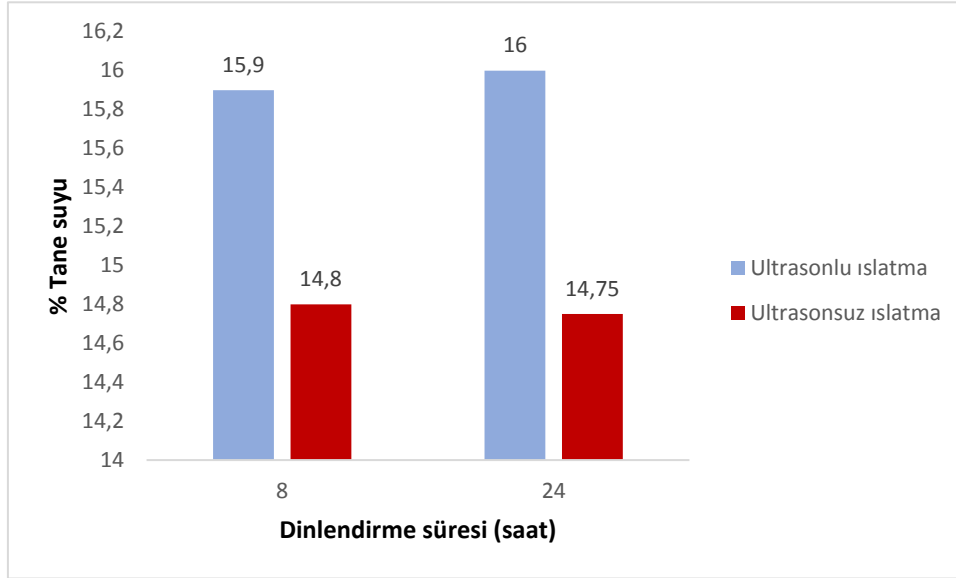
- Yang, X., Li, Y., Li, S., Oladejo, A. O., Wang, Y., Huang, S., vd. (2017). Effects of multi-frequency ultrasound pretreatment under low power density on the enzymolysis and the structure characterization of defatted wheat germ protein. *Ultrasonics Sonochemistry*, 38, 410-420.
- Yaralı, E. (2017). *Tahıl Teknolojisi Ders Notları*. Aydın: Adnan Menderes Üniv. Gıda Müh. Bölümü.
- Yeyinli, N. (2006). *Makarna kalitesinin belirlenmesinde tekstürel yöntemlerin kullanılabilirliği* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 180042).
- Yeyinli, N. ve Köse, E. (Mayıs, 2006). Makarnada kaliteyi belirlemede kullanılan yöntemler. *Türkiye 9.Gıda Kongresi* (s. 747-750), Bolu.
- Yıldırım, A. (2020). Influence of temperature, ultrasound, and variety on moisture diffusivity and thermodynamic properties of some durum wheat varieties during hydration. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(4), e16463.
- Yüksel, F., Koyuncu, M. ve Sayaslan, A. (2011). Makarnalık buğday (*Triticum durum*) kalitesi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 4(2), 25-31.
- Yüksel, Y. (2013). *Buğdaylarda tavlama işleminde ultrason uygulamasının öğütme ve un kalitesi üzerine etkisi* (Doktora tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 335280).
- Yüksel, Y. ve Elgün, A. (2020). Determination of the effect of high energy ultrasound application in tempering on flour quality of wheat. *Ultrasonics-Sonochemistry*, 67(2), 105-129.
- Yüksel, Y. ve Elgün, A. (2013). Buğdayın ıslatılması sırasında ultrason işlemi uygulamanın tanenin su absorpsiyonu üzerine etkisi. *BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi*, 15(2), 1-14.
- Yürür, N. (1998). *Serin iklim tahılları-I*. Bursa: Uludağ Üniversitesi Yayınları.
- Xia, T., Shi, S. ve Wan, X. (2006). Impact of ultrasonic-assisted extraction on the chemical and sensory quality of tea infusion. *Journal of Food Engineering*, 74(4), 557-560.

- Zhang, H., Claver, I. P., Zhu, K. X. ve Zhou, H. (2011). The effect of ultrasound on the functional properties of wheat gluten. *Molecules*, 16(5), 4231-4240.
- Zhang, J., Luo, D., Xiang, J., Xu, W., Xu, B., Li, P., vd. (2021). Structural variations of wheat proteins under ultrasound treatment. *Journal of Cereal Science*, 99(2), 103219.

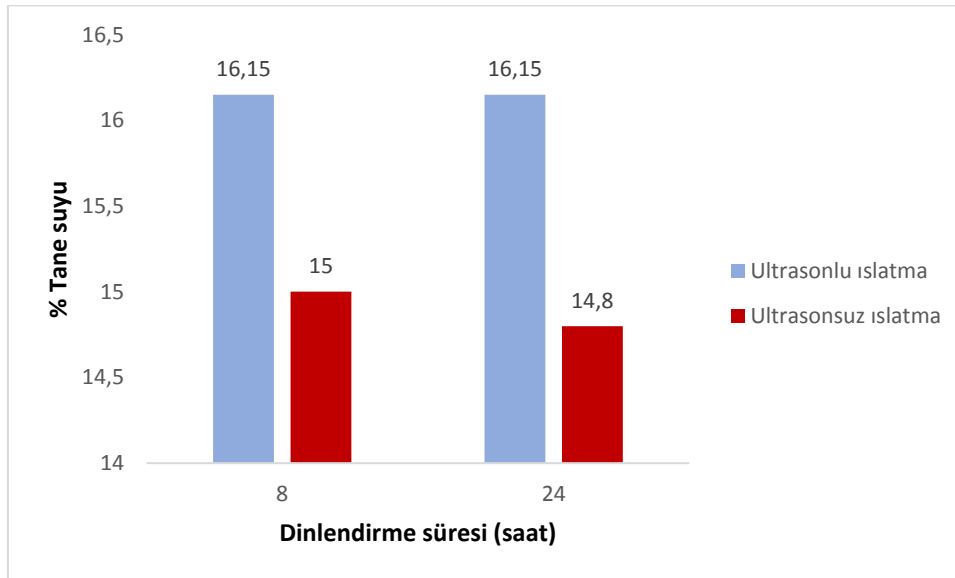
# **EKLER**

## EKLER

**EK A: Makarnalık buğday örneklerindeki dinlendirme sürelerinin ultrasonlu ıslatma ve ultrasonuz ıslatma sürelerindeki tane suyu (%) absorpsiyonuna etkileri.**

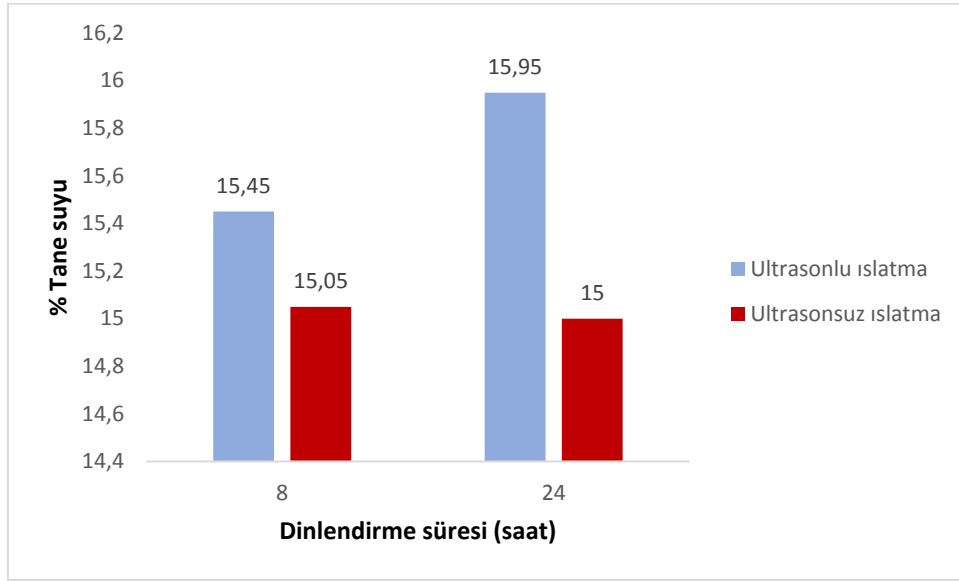


**Şekil A.1:** 15 dk ultrasonlu ve ultrasonuz ıslatma işlemi karşılaştırması.

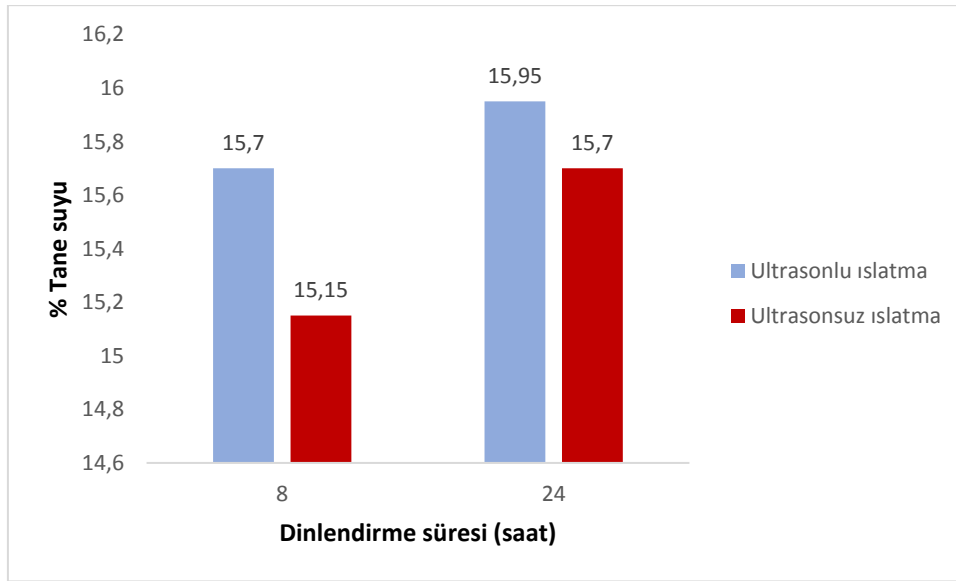


**Şekil A.2:** 14 dk ultrasonlu ve ultrasonuz ıslatma işlemi karşılaştırması.

## EK A: Devam

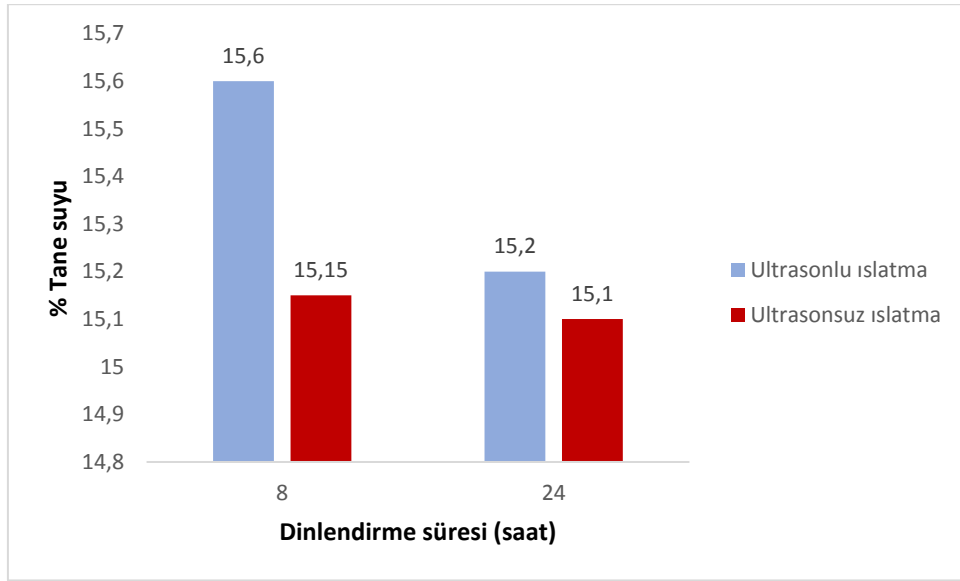


Şekil A.3:13 dk ultrasonlu ve ultrasonuz ıslatma işlemleri karşılaştırması.



Şekil A.4:12 dk ultrasonlu ve ultrasonuz ıslatma işlemleri karşılaştırması.

## EK A: Devam



Şekil A.4: 11 dk ultrasonlu ve ultrasonsuz ıslatma işlemi karşılaştırması.

# ÖZGEÇMİŞ

## Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Bahar Kaya

## Öğrenim Bilgileri

Derece	Okul/Program	Yıl
Y. Lisans	Balıkesir Üniversitesi/Gıda Mühendisliği	2021-2024
Lisans	Balıkesir Üniversitesi/Gıda Mühendisliği	2016-2021
Lise	Bursa Çınar Lisesi	2011-2015