



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BUĞDAYLARDA TAVLAMA İŞLEMİNDE ULTRASON UYGULAMASININ ÖĞÜTME VE UN KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

Yavuz YÜKSEL

DOKTORA TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Mayıs-2013
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

DOKTORA TEZİ

BUĞDAYLARDA TAVLAMA İŞLEMİNDE ULTRASON UYGULAMASININ ÖĞÜTME VE UN KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

Yavuz YÜKSEL

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Adem ELGÜN

2013, 132 Sayfa

Jüri
(Danışman) Prof. Dr. Adem ELGÜN
Prof. Dr. Selman TÜRKER
Prof. Dr. Mehmet HAYTA
Prof. Dr. Nihat AKIN
Doç. Dr. Mehmet AKBULUT

Bu araştırma, tavlama amacıyla farklı tane sertliklerine (%45, 65 ve 75) sahip buğday örneklerinin ıslatılmasında, ultrason işlemi uygulamanın; tanenin su absorbsiyonu yanında, un verimi ve unun kalitatif özelikleri üzerine etkisini ortaya koymak amacıyla laboratuvar şartlarında gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar normal tavlama işlemiyle karşılaştırılmıştır.

Ultrason uygulamasında, 600 W gücünde, 20 kHz frekansta çalışan, prob tipi ultrason cihazı %100 genlik seviyesinde kullanılmıştır. Ultrason uygulaması ile ıslatma işlemi 250 ml su içinde 50 gramlık partiler halinde uygulanmıştır. Islatma süresi olarak 1, 2 ve 3 dakikalık işlemler gerçekleştirilmiş, ilaveten ek denemeler ile 30, 45 ve 60 saniyelik ıslatma süreleri uygulanmış, tane sertliğine göre optimum tav suyu seviyesinin üzerinde, kuru taneye göre % 7-8 civarında daha fazla su absorbsiyonu sağlanmıştır. Bu veriler, özellikle sert buğday diyagramlarındaki iki aşamalı tavlamayı, ultrason uygulaması ile ıslatma yoluyla tek aşamaya indirgeme yönünde kuvvetli ve olumlu sonuçlar vermiştir.

Islatma işlemlerinde, 30 saniyenin %75 sertlik için uygun olduğu, düşük sertlik dereceleri için sürenin daha kısa tutulması gerektiği anlaşılmıştır. Deneysel sapmalar sebebiyle un verimi ve enerji sarfiyatı gibi öğütme parametrelerinde ultrason uygulaması ile tavlamanın olumlu etkisi görülmemiştir.

Ultrason uygulaması ile tavlama işlemi, tanenin su alma ve yayılma hızını artırmış, fazla tav suyu kabuk endosperm ayrışımını düşürüp un verimini azaltırken, suyun taneye nüfuzunu ve tavlama etkinliğini artırarak düşük yoğunlukta fakat daha kaliteli glutene sahip merkezi endosperm kaynaklı materyali una kazandırmış, un kalitesini yükseltmiştir. Bu husus daha ince un granülasyonu, düşük kül miktarı, yüksek gluten indeksi, daha iyi performansta farinograf ve ekstensograf denemeleri ile ekmek pişirme testlerinin sonuçları tarafından doğrulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Buğday, Bezostaya-1, Ekmek kalitesi, Öğütme kalitesi, Su absorbsiyonu, Tavlama, Ultrason uygulaması

ABSTRACT

PhD THESIS

EFFECTS OF ULTRASOUND APPLICATION DURING TEMPERING PROCESS ON MILLING AND FLOUR QUALITY OF WHEAT

Yavuz YÜKSEL

Graduate School of Natural and Applied Sciences of Selcuk University
The Degree of Doctor of Philosophy in Food Engineering

Advisor: Prof. Dr. Adem ELGÜN

2013, 132 Pages

Jury:
(Advisor) Prof. Dr. Adem ELGÜN
Prof. Dr. Selman TÜRKER
Prof. Dr. Mehmet HAYTA
Prof. Dr. Nihat AKIN
Doç. Dr. Mehmet AKBULUT

This research has been carried out under laboratory conditions to determine the effect of ultrasound application during soaking of wheat grain in different hardness (45, 65 and 75%) on the water absorption of grain, besides the flour yield and it's qualitative properties. Results compared with the classic tempering processes.

Ultrasound processing has been applied with the power of 600 W and 20 kHz frequency, probe-type ultrasound device at the 100% amplitude level. Soaking with ultrasound treatment applied on wheat under 50 grams of batches in 250 ml water. For the soaking time 1, 2 and 3 minutes were applied. Additionally 30, 45 and 60 seconds of soaking time have been applied while contributed practices. According to the hardness of grain, compared with the air dried grain, the samples absorbed soaking water around 7-8% more than the optimum level needed. According to these data some strong and favorable clues were obtained, especially in reducing of two-staged tempering of the hard wheat tempering diagrams to one-step by the ultrasound application soaking method.

In soaking processes, it has been understood that 30 seconds was suitable for 75% wheat hardness but the period must be kept shorter for the low grain hardness levels. Because of experimental deviations, positive effect of tempering with ultrasound application had not seen on grinding parameters like flour yield and energy consumption.

Tempering with ultrasound application, increased the speed of water intake and diffusion into grain, while decreasing flour yield via decreasing the separation degree of bran and endosperm. But it raised the quality of flour with increasing the penetration of water and tempering efficiency. It cause to low amount but better quality gluten coming from central endosperm in the flour obtained.This issue has been confirmed by some test results of the flour like fine granulation, low ash content, high gluten index, farinograph and extensograph experiments in better performance and baking bread.

Keywords: Wheat, Bezostaya-1, Bread quality, Milling quality, Water absorption, Tempering, Ultrasound application

ÖNSÖZ

Günümüzde değirmenci, fırıncı ve tüketici açısından kaliteli, ekonomik, dayanıklı ve besleyici değeri yüksek fırın ürünleri elde etmek için birçok yeni teknolojik yöntemler üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Öğütme işlemi de bu yeni teknolojik yöntemlerin çalışıldığı proseslerden bir tanesidir. Buğdayların öğütülmesinden önce uygulanan tavlama işlemi, un sanayinde un kalitesi başta olmak üzere un verimi ve enerji tüketimini etkileyen önemli işlemlerden birisidir. Bu araştırmada, ultrasonik ses dalgaları kullanılarak tavlama işleminin daha kısa sürede, daha az su sarfiyatı ve daha az enerji tüketimi ile yapılması ve aynı zamanda bu yüksek enerjili ses dalgaları sayesinde un veriminin artırılarak, un ve ekmeğin hem kalitatif hem de kantitatif özelliklerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Bu araştırmanın yürütülmesi sırasında yardımlarını esirgemeyen Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümünde görevli tüm öğretim elemanlarına, araştırmanın planlanmasından yazımına kadar yardımlarını esirgemeyen değerli hocalarım Prof. Dr. Adem ELGÜN, Prof. Dr. Selman TÜRKER, Prof. Dr. Mehmet HAYTA, Doç. Dr. Nermin BİLGİÇLİ, Yrd. Doç. Dr. Mustafa Kürşat DEMİR'e, araştırmanın yürütülmesinde ve laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen bölümümüzdeki tüm araştırma görevlisi arkadaşlarıma ve maddi ve manevi desteğini her zaman hissettiğim babam Prof. Dr. Bedri YÜKSEL ve eşim Ayşenur YÜKSEL'e, materyal teminindeki yardımlarından dolayı Dündar Un Fabrikası'na, Afyon Çay Toprak Mahsulleri Ofisi'ne, Efe Un Fabrikasına, Konya Laboratuvar ve Depoculuk A.Ş.'ye ve İttifak Holding A.Ş.'ye teşekkürü bir borç bilirim.

Yavuz YÜKSEL
KONYA - Mayıs, 2013

İÇİNDEKİLER

TEZ BİLDİRİMİ ..... **iii**
ÖZET ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
ÖNSÖZ ..... **vi**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
1. GİRİŞ **1**
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **3**
2.1. Buğday 3
2.2. Un Değirmenciliğinde Buğdayın Tavlanması 5
2.2.1. Tavlamanın etki mekanizması 7
2.2.2. Tavlama metotları 8
2.3. Tavlanmış Buğdayın Öğütülmesi 12
2.4. Ultrason Teknolojisi 14
2.4.1. Ultrason teknolojisinin uygulama yöntemleri 15
2.4.1.1. Düşük şiddetli ultrason 15
2.4.1.2. Yüksek şiddetli ultrason 16
2.4.2. Ultrason teknolojisinin endüstriyel uygulamaları 21
2.4.3. Tahıl ve tahıl ürünlerinde ultrason uygulamaları 25
3. MATERYAL VE YÖNTEM **30**
3.1. Materyal 30
3.2. Metot 31
3.2.1. Denemelerin kuruluşu 31
3.2.2. Analitik analiz metotları 32
3.2.3. Araştırma metotları 32
3.2.3.1. Tavlama işlemi 32
3.2.3.2. Öğütme işlemi 34
3.2.3.3. Unda fiziksel analizler 34
3.2.3.4. Unda kimyasal analizler 34
3.2.3.5. Teknolojik test ve analizler 34
3.2.3.6. Farinograf ve ekstensograf denemeleri 35
3.2.3.7. Ekmek denemeleri 35
3.2.4. İstatistiki analizler 37
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA **38**
4.1. Analitik Sonuçlar 38
4.2. Araştırma Sonuçları 39
4.2.1. Ön denemeler 39
4.2.1.1. Buğdayın ıslatılması sırasında tane özellikleri ve ultrason uygulaması parametrelerinin su absorbsiyonuna etkisi 39
4.2.1.1.1. %45 tane sertliği için ultrason uygulaması genliğinin tanenin su absorbsiyonuna etkisi 41
4.2.1.1.2. %65 tane sertliği için ultrason uygulaması genliğinin tanenin su absorbsiyonuna etkisi 42
4.2.1.1.3. %75 tane sertliği için ultrason uygulaması genliğinin tanenin su absorbsiyonuna etkisi 43
4.2.1.2. Islatılmış buğdayın farklı tane sertliği, dinlendirme süresi ve ultrason uygulamasının bazı öğütme parametrelerine etkisi 45
4.2.1.2.1. Un verimi 46
4.2.1.2.2. Kül miktarı 49

4.2.1.2.3. Enerji sarfiyatı 51
4.2.1.2.4. Dinlendirme süresi ihtiyacı 52
4.2.2. Klasik ve ultrason uygulanarak tavlanmış buğdayların un verimleri ile unlarının bazı fiziksel, kimyasal ve teknolojik özelliklerinin değişimi 53
4.2.2.1. Un verimi ve un örneklerinin bazı fiziksel özellikleri 53
4.2.2.1.1. Un verimi 53
4.2.2.1.2. Granül inceliği 54
4.2.2.1.3. Un rengi 58
4.2.2.2. Unun kimyasal özellikleri 60
4.2.2.2.1. Unda su miktarı 60
4.2.2.2.2. Unda kül miktarı 64
4.2.2.2.3. Unda protein miktarı 65
4.2.2.3. Unun teknolojik özellikleri 66
4.2.2.3.1. Yaş gluten miktarı 66
4.2.2.3.2. Gluten indeks değeri 68
4.2.2.3.3. Zeleny sedimantasyon değeri 72
4.2.2.3.4. Düşme sayısı 73
4.2.2.4. Farinograf denemeleri 75
4.2.2.4.1. Unun su absorbsiyonu 75
4.2.2.4.2. Gelişme süresi 76
4.2.2.4.3. Stabilite 81
4.2.2.4.4. Yumuşama derecesi 82
4.2.2.5. Ekstensograf denemeleri 84
4.2.2.5.1. Enerji 85
4.2.2.5.2. Uzamaya karşı direnç 89
4.2.2.5.3. Uzama yeteneği 90
4.2.2.5.4. Maksimum direnç 92
4.2.2.6. Ekmek denemeleri 93
4.2.2.6.1. Ekmek ağırlığı 95
4.2.2.6.2. Ekmek hacmi 97
4.2.2.6.3. Spesifik hacim 99
4.2.2.6.4. Ekmek değer sayısı 100
4.2.2.6.5. Ekmek renk özellikleri 101
4.2.2.6.5.1. Ekmek kabuk rengi 101
4.2.2.6.5.2. Ekmek içi rengi 103
4.2.3. Kalite parametreleri açısından tane sertliğine uygun tav suyu için gerekli ultrason uygulaması süresi 106
4.2.3.1. Un verimi 109
4.2.3.2. Su absorbsiyonu 113
4.2.3.3. Unda kül miktarı 115
4.2.3.4. Unda granül inceliği 115
4.2.3.5. Yaş gluten miktarı 116
4.2.3.6. Gluten indeks değeri 117
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 119
5.1. Sonuçlar 119
5.2. Öneriler 120
KAYNAKLAR 121
ÖZGEÇMİŞ 132

1. GİRİŞ

Tahıl çeşitlerinin insan beslenmesinde önemli bir yeri vardır. Günümüzde insan nüfusunun artması ve yerleşik hayata geçişin giderek yaygınlaşması sonucu bu önem, giderek artmaktadır. Yapılan arkeolojik çalışmalar ve bulgular sonucunda tahılın insanoğlunun tarihinde çok eski bir geçmişe sahip olduğunu göstermiştir. Tahıl çeşitleri içinde yegane kabarabilen ekmeği sağlayan ürün buğdaydır. Buğdayın öğütme taşları ile kırılıp değerlendirilmesi MÖ.7000 yıllarına kadar uzanır. Öğütülmüş un ekmekleri Hititler tarafından üretilmiş, ilk kabarmış ekmek üretimini Eski Mısırlılar gerçekleştirmiştir. Romalılar buğday ziraatini ve taş değirmenleri Akdeniz çevresine yaymıştır. Bu süreç, buğday üretimi ve öğütme teknolojisinin giderek artmasına sebep olmuştur. Günümüzde, mısır ve çeltiğe dayalı beslenen toplumlarda da buğdaya ve buğday öğütme teknolojilerine olan ilgi hızla yükselmektedir.

Günümüz ihtiyaçları göz önüne alındığında, buğday tanesi ve ununun kalitatif özellikleri son ürün kalitesini sağlamada büyük öneme sahiptir. Bu bakımdan hammaddenin seçimi ve unda aranacak kalite faktörleri, uygulanan öğütme teknolojisi ile yakından ilgilidir. Öğütme işleminin en önemli basamaklarından biri de tanenin kabuk kısmı ile unun esasını teşkil eden endospermin birbirinden ayrılmasını sağlayan tavlama işlemidir.

Buğday tanesinin fiziksel özelliklerini öğütmeye elverişli kılmak ve öğütme kalitesinin yükseltilmesi tavlama işlemi ile gerçekleştirilir. Bu amaçla taneye optimum tane suyu verilir ve belli bir süre dinlendirilir. Tavlamayla buğdaya verilen su, difüzyon yoluyla tane içine girer ve yayılır (Keskinoğlu ve ark., 2001).

Tavlama, un sanayinde un kalitesi başta olmak üzere un verimi ve enerji sarfiyatını etkileyen önemli işlemlerden birisidir. Öğütme teknolojisinde tavlamayı etkileyen çeşitli faktörler mevcuttur. Bunlardan en önemlileri tavlama suyu miktarı, sıcaklığı ve tavlama süresidir (Elgün ve Ertugay, 1995). Kabuk tabakaları arasındaki su alışverişinin normal sıcaklıkta uzun zaman aldığı, oysa sıcaklık artışı ile tanenin su absorbsiyonunun maksimum seviyeye ulaştığı ve bu durumda buğday tanesinin normal şartlar altında kendi ağırlığının %40'ı kadar su alabildiği belirtilmektedir (Lock Wood, 1982).

Tavlama işleminde taneye %5 ile %8 arasında su verilir. Özellikle sert paçallarda bu miktardaki suyun taneye bir defada verilmesi mümkün değildir. Dolayısıyla değirmenlerde ıslatma ve aktarma işlemleri ile tane suyu iki aşamada gerekli optimum düzeye tamamlanır. Bu düzey %15 ile %17 arasında değişir. Bu amaçla kullanılacak tavlama silolarının hacmi ikiye katlanır, tavlama süresi uzar, mekanizasyon ünitelerinin sayısı artar; yatırım, işçilik ve bakım masrafları yükselir.

Ultrason işlemi gıda sanayiinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Brennan, 2006; Bayraktaroğlu ve Obuz, 2006; Dolatowski ve ark., 2007; Ulusoy ve ark., 2007; Bhaskaracharya ve ark, 2009; Chemat ve ark., 2011; Ercan ve Soysal, 2011). Tahıl işlemede ise oldukça sınırlı bir uygulama alanı vardır. Kurutma ve eleme işlemlerinde etkinliğin artırılması amacıyla kullanılabilmektedir (Ensminger, 1988; Floros ve Liang, 1994; Mason ve ark., 1996; Gallego-Juarez ve ark., 1999; Brennan, 2006; Fuente-Blanco ve ark., 2006; Fernandes ve Rodrigues, 2007; Fernandes ve ark., 2008; Frias ve ark., 2010). Malt üretiminde ıslatma ve çimlendirme işleminin hızlandırılması amacıyla kullanılmıştır (Yaldagard ve ark., 2008).

Su ile ıslatma işleminin kullanıldığı bu araştırmada, ultrason uygulamalarının, kütle transferini artırması (Mulet ve ark., 1999; Bhaskaracharya ve ark, 2009) ve sulu ortamlardaki kavitasyon etkisi ile organik materyalde doku tahribine (Suslick, 1988; Scherba ve ark., 1991; Mason ve ark., 1994; Mason, 1996; Vercet ve ark., 1997; Mason, 1998; Villamiel ve ark., 1999; Toma ve ark., 2001) sebep olması dikkate alınarak, un değirmenciliğindeki tavlama işleminde etkili olabileceği, tahmin edilmiştir. Böylece tavlama süresinin kısaltılması ve tavlama işlemi etkinliğinin artırılması, sonuç olarak da un değirmenciliğinde yatırım, bakım ve işçilik masraflarının düşürülmesi ve öğütme kalitesinin artırılması hedeflenmiştir.

Bu çalışmada, üç farklı sertlik derecesindeki Bezostaya-1 çeşidi buğday örnekleri üzerinde klasik usulde tavlanan şahitlere karşı, farklı normlarda ultrason uygulaması ile tavlama işlemi yapılarak, buğday örneklerinin su absorbsiyon hızı ve kapasitesinin artırılması ve tavlanmış buğdayların öğütme, un ve ekmekçilik kalite değişimi araştırılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Buğday

Dünyada pek çok ülkede görüldüğü gibi ülkemizde de nüfus artışı hızla devam etmektedir. Buna bağlı olarak da gıda maddelerine olan ihtiyaç artmaktadır. Tahıllar insan beslenmesinde olduğu gibi hayvan beslenmesi ve farklı endüstri kollarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Günlük diyetin %66'lık kısmı tahıllardan temin edilmektedir. Tahıllar içerisinde buğday, ayrı bir yeri olan stratejik bir besin maddesidir (Tulukçu, 1998).

Dünyadaki buğday üretimi 1960'lı yıllardan sonra hızla bir artış göstermiş ve bu yıllar arasında üretimdeki artış dünya nüfus artışının üstünde gerçekleşmiştir. Örneğin bu dönemde dünya nüfusu yaklaşık 2 kat artarken (1960'da yaklaşık 3 milyar olan nüfus 1990 da 5.3 milyar kadar olmuştur) dünya buğday üretimi 3 kat artış göstermiştir (Özkaya ve Özkaya, 2005). 2010 yılı FAO verilerine göre dünyada buğday üretimi 655 milyon tona ulaşmıştır (Anon., 2012).

Türkiye'de 2011 yılında buğday ekim alanı 8,960,000 ha, üretim 21,800,000 ton ve verim ise 269 kg/da'dır (Anonim, 2013d). Buğdayın dekara veriminin yanında kalite kriterlerinin (teknolojik işlemlere uygunluk, kullanım amaçları, vb.) de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Buğday ununda teknolojik karakteristikleri belirleyen en önemli faktör buğdayın protein içeriğidir. Depo proteini olan glutenin ve gliadin içerikleri kalite için en önemli unsurlardır. Bu amaçla tahıllarda kalitenin saptanması ile uğraşanlar farklı yöntemler geliştirerek değişik çalışmalarda bulunmaktadırlar (Webb ve ark., 1971; Schofield, 1994; Tipples ve ark., 1994; Elgün, 2002; Konopka ve ark., 2004).

Buğday, insan gıdası dışında hayvan yemi (tane halinde veya değirmen sanayisi yan ürünleri) olarak da kullanılan çok değerli bir tahıldır. Dünyadaki yem sanayisinde kullanılacak buğdayın miktarı diğer yemlik tahılların fiyatına veya bazı yıllarda olduğu gibi buğday kalitesindeki düşmelere bağlı olarak değişmektedir. Buğday bitkisinin saplarının da önemli bir hayvan yemi ve kağıt sanayi ham maddesi olduğu unutulmamalıdır. Dünya buğday üretiminin yaklaşık %7.2'si (yaklaşık 47 milyon ton)

tohumluk olarak, %6 kadarı da diğer amaçlar (gluten ve nişasta üretimi, çorba, etil alkol, plastik, kauçuk, kozmetik sanayi vb.) için kullanılmaktadır (Özkaya ve Özkaya, 2005).

Buğdayın tane yapısı: Konumuz olan buğdayın tavlanması tanenin yapısı ile büyük nispette alakalıdır. Bu bakımdan fiziksel ve kimyasal yapı bakımından buğday tanesinin iyi tanınmasına ihtiyaç vardır. Ticari ve endüstriyel öneme haiz olan tahıl çeşitleri tane olarak hasat edilir, taşınır ve depolanırlar. Tane ise çiçeğin meyvesidir. Çiçeklenme başakçık şeklindedir. Her bir başakçıkta 3-4 çiçek bulunur. Bunlardan 1-2'si hariç diğerleri sterildir, tane oluşturmazlar. Neticede, buğday için çeşide ve çevreye bağlı olarak bir başakla 25-55 adet tane teşekkül eder (Elgün ve Ertugay, 1995).

Buğday, olgunlaşınca tohumu açılarak dökülmeyen, kuru tohumlu meyveler meydana getiren bir bitkidir. Buğday tanesi tohum, tohum kabuğu ve hiyalin tabakası (perisperm) tarafından kuşatılmış haldeki endosperm ve embriyondan meydana gelmiştir. Meyve kabuğu (perikarp) ise tohumu dıştan tamamıyla örtmüş ve tohum kabuğuna sıkıca yapışmıştır (Özkaya ve Özkaya, 2005).

Tanenin morfolojik yapısını mikroskop altında incelediğimizde dıştan içe doğru aşağıdaki tabakaları görmek mümkündür (Elgün ve Ertugay, 1995). Bu tabakaların fonksiyonel açıdan önemli olanlarına kısaca göz atacak olursak;

Dış perikarp: İnce, şeffaf bir kağıt gibi taneyi sarar. Fiziki etkenlerle taneden ayrılabilir. Dış tabakası uçar kepek adını alır. Meyve kabuğu da denir.

İç perikarp: Bol miktarda hücreler arası boşluklara sahip gevşek bir tabakadır. Hava, su ve mikroorganizma sirkülasyonuna uygundur.

Testa: Tohum kabuğu da denir. Tek veya çift sıra hücreli olup, iç sıra pigmentasyona uğramış, tahıla rengini veren tabakadır.

Hiyalin: Taneye dışarıdan alınan suyu regüle eder. Mısırda mevcut değildir.

Aleuron: Buğday, yulaf, mısır ve çavdarda tek sıra hücreden ibarettir. Varyetal değişim göstererek arpada 2-4, pirinçte 2-5 sıralı olabilmektedir. Endospermin en dış tabakasını teşkil eder. Embriyo için besin deposudur. Bu tabakalardan perikarp ve testa bütün taneyi sarar. Hiyalin ve aleuron tabakaları ise yalnızca endospermi çevreler. Bu arada aleuron tabakası skutellum ile irtibatlanır. Aleuron yalnız pirinçte bütün taneyi sarar. Aleuron dahil dış tabakalar kepek diye anılır.

Unsu endosperm : İnce duvarlı, dıştan merkeze ulaşan hücrelerden oluşmuştur. Her bir hücre içi, bir ağ şeklindeki protein matriksi ile bunun içini dolduran nişasta hücrelerinden oluşur. Mısırda endospermin dış tarafı sert endosperm ile kaplanmıştır.

Ruşeym: Skutellum kotiledon yaprağını oluşturur. Embriyo bitkinin mikro düzeydeki taslağıdır. Ruşeym zengin bileşime sahiptir ve tanenin en hızlı su çeken bölgesidir. Mantar sporları bakımından da zengin bir bölgedir. Tanenin ruşeyme bakan hilum bölgesinde perikarp ve testa incedir. Dış perikarp parçalanmış, iç perikarp gevşek hücrelidir. Böylece su ve mantar sporlarının girmesine uygun bir bölge oluşturur (Elgün ve Ertugay, 1995).

2.2. Un Değirmenciliğinde Buğdayın Tavlanması

Tavlama işlemi, un sanayiinde, un kalitesi başta olmak üzere, un verimini ve enerji tüketimini de etkileyen önemli işlemlerden birisidir. Tavlama, öğütülecek taneyi, optimum su seviyesine getirme ve dinlendirme işlemleri olarak tanımlanabilir. Tanenin tavlanmasındaki amaç; tanenin fiziksel özelliklerini öğütmeye elverişli kılmak ve elde edilecek unun kalitesini amaca uygun şekilde optimize etmektir (Hoseney, 1994; Keskinoğlu ve ark., 2001).

Tavlama işlemiyle, taneye su verilerek (%14-17) ve belirli süre (8-24 saat) dinlendirilerek tanenin fiziksel özellikleri öğütme için en uygun duruma getirilir (Elgün, 2008).

Öğütme teknolojisinde tavlamayı etkileyen üç faktör; tavlama suyu miktarı, ortam sıcaklığı ve işlem süresidir. Soğuk tavlamada verilen suyun tanede yayılıp dengeye ulaşabilmesi için 1-3 güne ihtiyaç varken, 30-40 °C arasında yapılan ılık dinlendirme şartlarında bu süre 1-3 saate kadar düşürülebilmektedir (Elgün ve Ertugay, 1995).

Yapılan bir araştırmada, 26-30 °C'de bir gece bekletildikten sonra öğütülen örneklerin kül miktarlarının, 21 °C'de dinlendirilenlere göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Buna ilaveten kış aylarında 15-17 °C'de öğütülen buğdayların, un veriminin düştüğü, kül miktarının arttığı ve unun ekmeklik kalitesinin düştüğü; 37 °C'deki suyla 27 °C'de tavlama yapıldığında kül miktarının hemen hemen yaz aylarındaki seviyeye düştüğü ve ekmeklik kalitesinin geliştiği bildirilmektedir (Seçkin,

1986). Tavlamada sıcak su kullanımı, hem süreyi kısaltmakta hem de tanenin fiziksel özelliklerini öğütmeye elverişli hale getirerek enerji sarfiyatını düşürmekte ve un kalitesinde üstünlük sağlamaktadır (Keskinoğlu ve ark., 2001).

Tavlamanın fonksiyonları bir araya getirilirse aşağıdaki gibi özetlenebilir (Elgün ve Ertugay, 1995):

1. Kabuk sert-elastik, endosperm gevrek-kırılgan yapı kazanır. Kabuk endosperm ayrışımı artar.
2. Öğütme kolaylaşarak, enerji sarfiyatı düşer.
3. Yüksek parite ve verimde un elde edilir.
4. Un kalitesi artar.

Tavlamada su verme işlemi: Tavlama işleminde, taneye verilecek optimum su miktarı, tane sertliğine göre %14-16 seviyesine yükseltilir. Mevsime göre değişen buharlaşma kaybını telafi için %0.5-1.5 arasında fazla su kullanılır. Taneye su vermede üniversal yıkama makinesi veya cebri (intensif) tav makineleri kullanılır (Elgün ve Ertugay, 1995).

Sert buğdaylarda tek aşamada tav suyunu verebilmek imkansızdır. Bu sebeple tav suyu iki aşamada verilir. İki aşamalı su vermede;

a. Sert buğdaylara su vermede, yıkama ve ıslatma sistemlerinde, tek aşamada en fazla %4' e kadar su verilebilir.

b. Kalan su ise, ancak ikinci su vermede taneye kazandırılır (Elgün, 2008). Buğday, tane sertliğine bağlı olarak; toplam 12-24 saat süre ile dinlendirilir.

c. Kabuk tavı, 2. dinlendirme aşaması sonunda kuruyan tane kabuğunu ıslatmak amacıyla, %1'i geçmemek şartıyla verilir. Böylece daha iyi kabuk – endosperm ayrışımı temin edilir.

Toplam tav suyu tahmininde % sertlik kullanımı yaygındır. Ayrıca, öğütme sertliği ve NIR sertlik ölçümleri de kullanılmaktadır (Elgün, 2008). Tam ortadan ikiye bölünen bir buğday tanesinin kesit yüzeyinin görünüşü cam gibi parlak ise sert (camsı), unlu ise yumuşak (unsu), camsı yüzeyde lokal unlu bölgeler var ise dönmeli buğday olarak isimlendirilir (Elgün ve ark., 2005). Çizelge 2.1 buğdaya verilebilecek optimum tav suyu düzeylerini göstermektedir.

Çizelge 2.1. Tane sertliğine göre verilecek optimum tav suyu miktarı (Elgün, 2008)

Tane sertliği (%)	**Optimum tav suyu (%)**
<%40	%14 + kayıp (maksimum 1.5)
%40-70	%15 + kayıp (maksimum 1.5)
>%70	%16 + kayıp (maksimum 1.5)

Buğdaylarda sertlik ve yumuşaklık nispeti, işleme ve bileşim yönünden önemli olup teknik değerin tespiti ve standardizasyonda esas olarak kabul edilir. Bazı istisnai durumlar göz ardı edildiği takdirde, genellikle tanede koyu renk, sertlik ve camsılık ile kuvvetlilik ve ekmekçilik değeri arasında iyi bir korelasyon vardır. Kuvvetli buğdaylardan kasıt; yüksek protein miktar ve kalitesine sahip, ekmekçilik değeri üstün buğday çeşitleridir (Elgün ve Ertugay, 1995).

Tavlamada dinlendirme işlemi: Islatılan tanenin dinlendirilmesinde tav siloları kullanılır. Amaca ve tane sertliğine göre, 6 ile 24 saat dinlendirilir. İki sistem uygulanır (Elgün, 2008).

1. Klasik sistem, 2 günlük üretim kapasitesindedir. Ünitenin birinde tavlama sürerken, diğeri üretimde kullanılır.

2. Modern FİFO (first in first out) sistemlerinde ise bir günlük öğütme kapasitesi kadar silo kullanılır. Silonun üst kısmından ıslatılmış buğday verilirken, alt kısmından sürekli dinlendirilmiş buğday alınır.

Tav silolarında rutubetten dolayı tıkanmalar olduğundan, daha homojen ve rahat akış veren 4 veya 8 çıkışlı silo kuyuları kullanılır. Dinlendirmede sıcaklık önemlidir. Bu sebeple izolasyonu daha iyi olan beton silolar tercih edilir (Elgün, 2008).

2.2.1. Tavlamanın etki mekanizması

Bu mekanizma suyun taneye alınarak yayılması ve mozaikleşme olarak iki aşamada incelenebilir:

Suyun taneye alınması ve yayılması: Tavlamada verilen suyun, buğday kabuğundan içeri girmesi yavaş yavaş olmaktadır (Lock Wood, 1982).

Hızlı su alma devresinde taneye verilen suyun, 3-4 dakika içinde, hiyalin tabakası yardımıyla yaklaşık %25'i aleuron tabakasında birikir. Kabuk ile unsu endosperm arasında bir kayma tabakası oluşturur. Yavaş yayılma devresinde, suyun

aleurondan, unsu endosperme yayıldığı yaklaşık 20 saatlik süreyi kapsar. Su, pentozan bakımından zengin hücre duvarlarından hareket eder. Endospermin dış tabakalarında, hücre duvarları kalın olduğundan suyun yayılması daha etkilidir. İnce hücre duvarlı merkezi endosperme doğru, yayılma etkinliği düşer (Elgün, 2008).

Taneye suyun penetrasyonu esas olarak difüzyon yoluyla olur ve sıcaklıkla artar (Kent-Jones ve Amos, 1967; Ziegler ve Greer, 1971; Posner ve Hibbs, 1997).

Mozaikleşme: Tane suyu dağılışı, dinlendirme süresi, ısıl değişim ve mekanik etkenler gibi fiziki müdahalelere bağlı olarak, tanenin unsu endospermi alınan su ile yumuşayan hücre duvarlarından çatlayarak, sert-camsı tane içyapısının unsu bir görünüş almasına neden olur. Buna mozaikleşme denir. Bu çatlaklar un taneciklerinin oluşum sınırlarını tayin eder. Mozaikleşme derecesi, öğütmede un tanecik iriliğini tayin eder. Bu sebeple; ince granüllü lüks un üretiminde; tavlama süresi uzun (24 saat), irmik değirmenciliğinde ve ekmeklik iri granüllü un talep edildiğinde, dinlendirme süresi kısa (4-8 saat) tutulur (Elgün ve Ertugay, 1995).

2.2.2. Tavlama metotları

Uygulanan geleneksel ve modern tavlama işlemleri aşağıda verilmiştir. Modern tavlama işlemleri, ısı enerjisinin kullanımına göre sınıflandırılır.

Paçal yoluyla tavlama: Bu yöntem tane suyu optimum düzeyin üzerinde ve altında olan buğday partilerinin, istenilen su miktarını sağlayacak şekilde paçal yapılmaları ve dinlendirilmeleri sonucu elde edilir. Homojen bir tavlama yapmak genellikle mümkün değildir (Elgün ve Ertugay, 1995).

Normal tavlama: Buğdaylara yıkama suyu veya su verme düzenleriyle normal şartlarda normal sıcaklıktaki suyun optimum düzeyde taneye verilmesi ve 1-3 gün arasında dinlendirilmesi ile yapılan tavlamadır. Çevre şartlarından aşırı derecede etkilenir, zaman alıcı ve etkinliği düşüktür (Elgün ve Ertugay, 1995).

Ilık tavlama: En yaygın tavlama metodudur. 30-45 ^{o}C arasındaki sıcaklıklarda gerçekleştirilir. Dinlendirme süresi 3-24 saattir. 80 ^{o}C'ye kadar ısıtılmış tav suyu kullanarak veya buğday radyatör sisteminden geçirilip ısıtılarak, uygulanabilir. Bunun yanında ılık hava sirkülasyonlu (32 ^{o}C) tav siloları da vardır. Ürün, 3 saatlik ılık

muameleyi takiben normal şartlarda dinlendirilir. Böylece öğütme kalitesi artar, enerji sarfiyatı düşer (Elgün ve Ertugay, 1995).

Yapılan bir araştırmada, ılık tavlamanın öğütme kalitesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Ilık tavlamanın öğütme kalitesini olumlu etkilediği, kırma ekstraksiyonunda toplam kümülatif külün öğütme kalitesini tahmin etmede en uygun parametre olduğu tespit edilmiştir (Keskinoğlu ve ark., 2001).

Sıcaklığın kabuğa dayanıklılık kazandırılmasında ve endospermin yumuşamasında da rolü olduğu iddia edilmektedir. Örneğin aynı rutubet düzeyindeki 27 ^{o}C 'ye kadar ısıtılan buğdayın kabuğunun, 21^{o}C'dekine kıyasla daha dayanıklı ve endospermin de daha yumuşak hale geldiği belirtilmektedir. (Anon., 1990).

Özkaya (1986), buğdayın maksimum su absorbsiyonunun, sıcaklıkla değişmese bile, doyma noktasına gelme süresinin, sıcaklık ile ilişkisi olduğunu, örneğin doyma noktasına; oda sıcaklığında 48-72 saatte, 27 °C'de 24 saatte, 40 °C'de 8 saatte, 60 °C'de 2 saatte ve 80 °C'de 40 dakikada ulaştığını bildirmektedir. Ilık tavlama metodunun üstünlüğü ilk defa Grosse (1929) ileri sürülmüştür. Wisher ve Shelenberge (1949) ile Jones (1949), ılık tavlamanın; suyun taneye alınmasına, yayılmasına ve tavlama süresinin kısalmasına olumlu etkisini belirlemişlerdir. Ticari bir değirmende yapılan bir çalışmada, ılık ve soğuk tavlama metotları karşılaştırılmış ve ılık tavlama metoduyla elde edilen un randımanı ve patent un veriminin daha yüksek, kül miktarının ise daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun ülke ekonomisi ve değirmenciliği açısından büyük öneme sahip olduğu bildirilmiştir (Türker ve ark., 1997).

Ertugay ve ark. (1991), farklı dozlarda uygulanan klorlu su ile soğuk ve ılık tavlama işlemlerinin kırmızı ekmeklik buğdaylarda öğütme değeri ile unun bazı kalitatif ve mikrobiyolojik özelliklerine etkisi üzerine yaptıkları bir araştırmada, ılık tavlama işleminin; un ve irmik verimini artırması yanında, renk ağarması ve mikroorganizma yükü oluşması üzerine daha etkili olduğunu belirlemişlerdir.

Ilık tavlama metodu ile ilgili olarak yapılan araştırmalarda, en uygun endosperm yumuşamasının 45°C'de elde edildiği, patent un veriminin arttığı, elemenin kolaylaştığı, 75 μm'den küçük un taneciklerinde nispi bir azalma olduğu belirlenmiştir (Kent, 1990).

Ertugay ve ark. (1991), yaptıkları bir araştırmada, ılık tavlama işleminin un ve irmik verimini artırması yanında renk ağarması ve mikroorganizma yükünün düşürülmesi üzerine soğuk tavlamaya göre daha etkili olduğunu belirlemişlerdir.

Sıcak tavlama: Tavlama sıcaklığı 46 ^{o}C'nin üzerindedir ve 60 ^{o}C'ye kadar yükseltilebilir. 70 ^{o}C üzerindeki muamele sıcaklığında, proteaz aktivesi zarar görür. Bu sebeple zayıf ve proteaz aktivesi yüksek olan buğdayları kuvvetlendirmede faydalanılır (Elgün ve Ertugay, 1995).

Bazı araştırıcılar, buğdayların sıcak tavlanması üzerinde çalışmışlardır (Woggle ve ark., 1964; Doty ve Baker, 1977; Kathuria ve Sidhua, 1984 a ve b).

Sıcak tavlamanın makarnalık ve ekmeklik buğdaylar üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada ise, 50°C'de 30 dakika süreyle yapılan tavlama işleminin irmikte ihmal edilebilir düzeyde renk kaybına sebep olduğu, ancak kül içeriğinde önemli miktarda azalmaya sebep olduğu ortaya konmuştur (Kathuria ve Sidhua, 1984a).

Daskalova ve ark. (1980) buğdayın tavlama işlemi üzerine dielektrik ısıtmanın etkilerini incelemişler ve sonuç olarak bu ısıtmayla tavlama süresinin kısaldığını, öğütme ve ekmek yapım kalitesinin arttığını, un veriminin yükseldiğini, unun kül içeriğinin düştüğünü ve ekmek hacminin arttığını tespit etmişlerdir.

Buharlı tavlama: Normal ve yüksek basınç altında olmak üzere iki şekilde uygulanır. Normal basınçlı buharlı tavlamadaki ısıl uygulama, su verme süresini kısaltır. 100 ^{o}C 'nin altında, 15-30 saniye süreyle uygulanan bir işlemdir. Sıcak tavlamada olduğu gibi zayıf buğdayları kuvvetlendirmede kullanılır. Fakat sıcak tavlamaya göre riski daha düşüktür (Elgün, 2008).

Yüksek basınçlı buharlı tavlama ise amaç olarak enzim inaktivasyonu söz konusudur. 100 ^{o}C'nin üzerinde ve 5-10 saniye gibi bir süreyle uygulanan tavlama işlemidir. Dolgu ve çorbalık amaçlı raf ömrü uzun unların üretiminde kullanılır. Bu usulde kısa sürede tane suyu optimum tav suyunun üzerine çıkar. Suyun vakum altında uzaklaştırılması gerekir. Maliyeti yüksektir (Elgün, 2008).

Diğer tavlama yöntemleri: Otomatik tavlama sistemlerinde, önceden belirlenen optimum tav suyu dikkate alınarak, elektronik kantar ve su sensörü ölçümlerine göre, verilecek su miktarı bilgisayar yardımıyla hesaplanır ve küresel vanalı bir su pompasına bilgi verilerek, cebri tav makinesinden geçen ürüne, eksik su, ilave edilir (Elgün, 2008).

Elgün ve Türker'in (1995), mikrodalga uygulamalarının buğdayın tavlanmasında tanenin kabuk-endosperm ayrışımı ve un özelliklerine etkisini inceledikleri bir araştırmada; Bezostaya-1 ve Gerek-79 buğdayları kullanılmıştır. Bezostaya-1 %16, Gerek-79 %14 su içerecek şekilde elde edilen tavlı buğday örnekleri mikrodalga işlemi

uygulanarak ve uygulanmadan çekiçli değirmende öğütülmüşlerdir. Mikrodalga işleminin, her iki buğdayın da un verimini artırırken; kül miktarını azalttığı, ekmek kalitesini artırdığı görülmüştür. Bu durum, birim buğdaydan daha fazla un eldesi anlamına geldiği için, ekonomik olarak önemli bir katkı sağlayabileceğine ve proses olarak mikrodalga işleminde kabuk-endosperm ayrışımının daha iyi olduğuna işaret sayılır.

Kül miktarının takibi, son üründen çok değirmencilik kalitesini tahmininde geçerli olmaktadır. Tanenin yüksek kül muhtevası ile kabuk kısımlarının fazlalığı arasında doğrusal ve pozitif bir ilişki vardır (Elgün ve Ertugay, 1995).

Buğday ununun ve hamurun reolojik özellikleri, hamurun işlenmesi ve elde edilen son ürün kalitesini etkilemesi bakımından önemlidir (Indrani ve Rao, 2007). Buğday unlarında reolojik özellikleri belirlemek için değişik metotlar geliştirilmiştir (Bloksma ve Bushuk, 1988). Farklı sürelerde bekletilen hamurun uzama kabiliyeti ile uzamaya karşı gösterdiği direnci ölçen ekstensograf değerleri bunlardandır (Özkaya, 1995). Bu amaçla, ekstensograf aleti yardımı ile hamurun uzamaya karşı mukavemeti ve uzama kabiliyeti ekstensogram olarak çizilir. Böylelikle hamurun uzama kabiliyeti, uzamaya karşı direnci ve hamurun enerjisi saptanabilir. Bunlara ek olarak hamurun proteolitik aktivitesi, oksidan maddelerin etkileri ile hamurun fermantasyon toleransı hakkında da bilgi verdiği ifade edilmiştir (Elgün ve ark., 2011). Buğday unlarının reolojik özelliklerinin ortaya konması amacı ile değişik araştırmalarda ekstensograf parametreleri incelenmiştir (Fisher ve ark., 1949; Evans ve ark., 1974; Danno ve Hoseney, 1982; Başaran ve Göçmen, 2003; Balkan ve Gençtan, 2005; Doğan ve Uğur, 2005; Indrani ve Rao, 2007).

Bir çalışmada, yumuşak ve sert buğday örnekleri ozonlu su kullanılarak (1.5 ve 11.5 mg ozon/l) tavlanmıştır. Undaki öğütme (ekstraksiyon oranı), reolojik (farinograf ve ektstensograf karakteristikleri), kimyasal (protein, düşme sayısı, sedimantasyon değeri), renk (Hunter Lab değerleri) ve mikrobiyolojik (toplam bakteri, maya ve küf) özellikleri değerlendirilmiştir. Sonuçlar ozonlu su ile yapılan tavlamanın unun kimyasal, fiziksel ve reolojik özelliklerinde önemli bir değişiklik yapmadığını göstermiştir. Ozonlu su ile tavlama işleminden sonra toplam bakteri, küf ve maya sayısında istatistiksel olarak önemli bir azalma olmuştur. Sonuçlar, un kalitesinde bozulma

olmadan yumuşak ve sert buğdayların tavlanmasında 11.5 mg ozon /l seviyede ozonlu suyun başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir (İbanoğlu, 2001).

2.3. Tavlanmış Buğdayın Öğütülmesi

Un değirmenciliği taşlı değirmenlerle başlamıştır. 1850-1900 yılları arasında öğütme bir endüstri haline gelmiştir. Buğday öğütmede valsli değirmenlerin endüstriyel çapta kullanılması, 19. yüzyılda, Fransa ve Macaristan'da başlamış, Budapeşte önemli bir değirmen sanayi merkezi haline gelmiştir. Amerika'da da bu öğütme tekniği kısa sürede benimsenmiş ve öğütme teknolojisinde çok hızlı gelişmeler olmuştur. 20. yüzyılda pnömatik taşıma başlamış ve proses kontrolünde bilgisayarlar kullanılmıştır. Günümüzde değirmenler tam otomatik ve kontinü çalışan modern sistemler olmuştur.

Un değirmenciliğinin amacı, taneyi kırmak, endospermi mümkün olduğunca kabuk ve ruşeymden ayırıp incelterek un haline getirmek ve bu unu diyagram dışına almaktır. Bugünün teknolojileriyle buğday tanesinin kabuk, endosperm ve ruşeym kısımlarını birbirinden tamamen ayırmak mümkün olamamaktadır (Özkaya ve Özkaya, 2005).

Un değirmenlerinin öğütme bölümü kabaca **kırma** ve **redüksiyon** olmak üzere iki sistemden kombine olmuştur.

Kırma sistemi: Bu sistemin görevi irmik üretmektir. Temizlenmiş ve tavlanmış buğday önce kırma sistemine verilerek, buradaki yivli valsler ve elek düzenleri ile bu ilk aşamada buğdaydan kaba kepek ve biraz da kırma unu ayrılır. Bunun dışında asıl ana ürün olarak elde edilen irmik, kırma sistemine yardımcı olan pürifikasyon sisteminde yapışık kalan kabuk parçaları ve uçar kepekten arındırılır, sınıflandırılır ve redüksiyon sistemine gönderilir.

Redüksiyon sistemi: Bu sistemin görevi kırma sisteminden gelen irmiği una indirgemektir. İrmik parlak yüzeyli düz valsler arasında tedricen una indirgenirken, un açığa çıkan ve pulcuklaşan ince kepekten, elek düzenleriyle ayrılmaktadır (Elgün ve Ertugay, 1995).

Un verimi normal bir diyagramda elde edilebilen 100 patent dereceli toplam un miktarıdır. Yani beyaz un verimidir. Yüksek olması arzu edilir. Normal şartlarda ekmeklik unlar %70-78 un verimi arasında değişir. Amaç doğrultusunda %80-90'a

kadar çıkarılabilir. Un veriminin ifade edilmesinde öğütülen kirli buğdaya veya temizlenmiş-tavlanmış buğdaya göre kıyaslama yapılır. İlki ekonomiklik, ikincisi ise teknolojik açıdan önem arz eder.

Ekstraksiyonu artıran şartlar ve uzun redüksiyon uygulaması un verimini artırır, fakat un kalitesi düşer. Bu bakımdan pratikte "Randıman" ifadesi un kalitesini tahmin etmede yaygın şekilde kullanılır. Randıman arttıkça unda kepek kontaminasyonu, kül miktarı ve renk intensitesi artar. Protein miktarı yükselirken kalitesi düşer. Ekmekçilik kalitesi bakımından, %70-75 randımanlı unlar, protein miktar ve kalitesinin birlikte yükseldiği en kuvvetli unlardır. Bu sınırların altında unun ekmekçilik değeri azalırken; baklavalık böreklik, keklik kalitesi artar. Yüksek randımanlılarda da kaliteyi düşürücü kabuk altı tane tabakalarının kontaminasyonu artarak, yine ekmeklik kalitesi düşer. Özellikle %73 randımandan sonra, birim randımana karşılık kepek kontaminasyonu hızlı bir yükseliş gösterir (Elgün ve Ertugay, 1995).

Bir gıda maddesinin külü, organik maddelerin yanmasından sonra arta kalan inorganik kalıntıdır. Küçük ve buruşuk taneler, oransal olarak daha fazla kepek içermeleri sebebiyle kül miktarları genellikle iri tanelilerdekinden yüksektir (Elgün ve ark., 2005). Buğday ve ürünlerinin ticari değerlerinin belirlenmesinde kül miktarı önemli bir kalite kriteri olarak kullanılır (Posner ve Hibbs, 1997). Bunun yanında kül miktarı orijinal materyaldeki inorganik madde kirliliklerinin de bir göstergesidir (Bender, 1990).

Tanedeki mineral maddelerin dağılışı; kepekte en fazla, merkezi endospermde en düşüktür. Başta aleuron tabakası olmak üzere, kabuk, embriyo ve unsu endospermin periferal tabakaları yüksek nispette küle sahiptir. Bu özellikten, değirmende buğdayın öğütülmesiyle elde edilen unun, kepek muhtevasını yani randımanını tahmin etmede undaki kül miktarından yararlanılır. Yüksek kül miktarına sahip olan unlar yüksek randımanlı ve kalitesi düşük olarak değerlendirilir (Elgün ve Ertugay,1995).

Toplam kül miktarı değeri, unların saflık indeksi olarak yaygın olarak kullanılan bir değerdir. Kepekteki mineral madde içeriği endospermin yaklaşık 20 katı olduğundan, kül miktarı artışı, una kepek karıştığının bir göstergesidir (Pomeranz ve Meloan, 1994).

Değirmencilikte kül değerinin en çok kullanıldığı alanlar, buğdayın kabuk-endosperm ayrışımına dayalı öğütme kalitesinin tahmin edilmesi ve un paçalının

yapılmasındadır. Un paçalını oluşturmada, kümülatif kül kurvesi kullanılır. Kümülatif kül kurvesi değişik buğdayların veya teknolojilerin öğütme kalitelerinin karşılaştırılmasında da yaygın kullanılan bir tekniktir (Elgün ve Ertugay,1995).

Elgün'e (2008) göre, buğdayda kül miktarının fazla olması, kabuğun kalın olduğuna, kepek çıkıntısının fazla olacağına veya taneden gelen kirliliğe işaret eder. Ufak, buruşuk, kırık, yenik ve karın girintisi derin taneli buğdayların tane külü yüksektir.

Literatürde buğday ve undaki kül miktarlarına bağlı olarak, diğer kimyasal bileşenlerdeki değişiklikler şu şekilde özetlenmiştir; Pomeranz'a (1988) göre, en iyi jelatinizasyon özelliği genellikle düşük küllü un ekstraksiyonlarında görülür. Buğday ununda kül miktarı arttıkça, lif miktarı da artmaktadır. Beyaz ekmekte 0.3 g/100 g, esmer ekmekte 8.5 g/100 g, kepekte ise 27 g/100g toplam besinsel lif bulunduğu tespit edilmiştir (Sencer, 1987). Diğer taraftan kül miktarı yüksek buğday ve unların, protein miktarı da yüksektir (Elgün ve Ertugay, 1995). Barret ve ark.'a (1980) göre ise, gıdaların besleyicilik değeri artan kül miktarıyla birlikte artar. Posner ve Hibbs'e (1997) göre, kül miktarı tanenin merkezinden dış kısma doğru artar. En yoğun olduğu bölge aleurondur. Mineral içeriğinin farklılığı, ekolojik ve genetik faktörler ile bunların interaksiyonuna bağlanabilir.

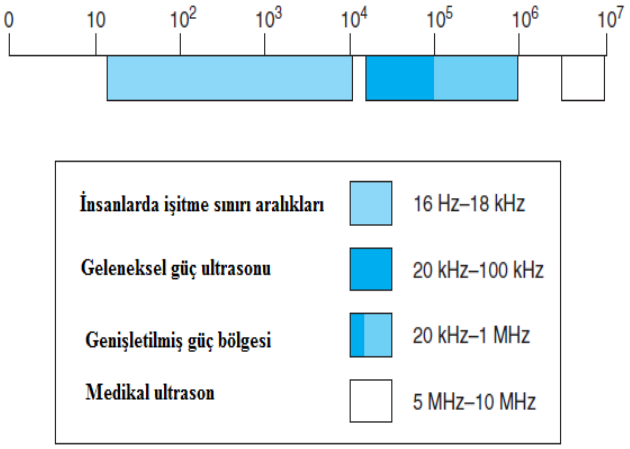
2.4. Ultrason Teknolojisi

Ultrason katı, sıvı ve gazlardan geçebilen, frekansı 20 kHz'den daha fazla olan insan kulağı tarafından algılanamayan ses dalgaları olarak tanımlanabilir. Diğer bir tanıma göre de, saniyede 20 000 veya daha fazla ses dalgası tarafından enerji üretilmesi işlemidir (Villamiel ve ark., 1999; Butz ve Tauscher, 2002). Genellikle ultrason cihazları 20 kHz–10 MHz'lik frekanslarda kullanılmaktadır. Gıda proseslerinde mikroorganizma inaktivasyonu amacıyla kullanılan ise, kavitasyon yapan "Power Ultrasound" (Güçlü Ultrason) 20-100 kHz'dir (Piyasena ve ark., 2003). Ultrason dalgaları sebzelerin ve meyvelerin gizli çürüklerinin ve iç kalitelerinin ürüne zarar vermeden test edilebilmesi amacıyla da kullanılmaktadır (Mizrach ve ark., 1994).

Doğada yarasalar ve yunuslar avlarını bulmak için düşük yoğunluklu ultrasonik titreşimler kullanırken; bazı deniz hayvanları ise, kurbanlarını yakalamadan önce onları afallatmak için yüksek yoğunluklu ultrasonik titreşimler kullanırlar. Gıda

endüstrisindeki ultrason uygulamaları, buna benzer olarak her iki kategoride de yapılmaktadır (Fellows, 2000; Mcclements, 1995).

Ultrason, gıdaların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi, modifiye edilmesi, işlem sırasında gözlenmesi gibi ihtiyaçları karşılayabilecek bir teknoloji olup kalitenin sağlanması ve kontrol edilmesi işlemlerinde de yardımcı olmaktadır. Ultrason uygulanan materyal parçacıkları ultrasonik dalgaların etkisi altında titreşim yapmakta ve dakikadaki toplam titreşim sayısına frekans denilmektedir. Çeşitli ses frekansları ve kullanım alanları Şekil 2.1'de görülmektedir (Yerlikaya ve Gökoğlu, 2004).



Şekil 2.1. Ses frekansı aralıkları

Gıda endüstrisinde MHz genişliğinde düşük enerji, yüksek frekanslı ultrason ve kHz genişliğinde yüksek enerji, düşük frekans kullanımı diğer alanlarda olduğu gibi yıllardan beri gelişme ve araştırma konusu olmuştur (Gunasekaran ve Ay, 1996; Mcclements, 1997; Villamiel ve ark., 1999).

2.4.1. Ultrason teknolojisinin uygulama yöntemleri

Ultrason uygulamalarında düşük ve yüksek şiddetli ultrason olmak üzere 2 farklı tipte ses dalgası kullanılmaktadır (Villamiel ve ark., 1999).

2.4.1.1. Düşük şiddetli ultrason

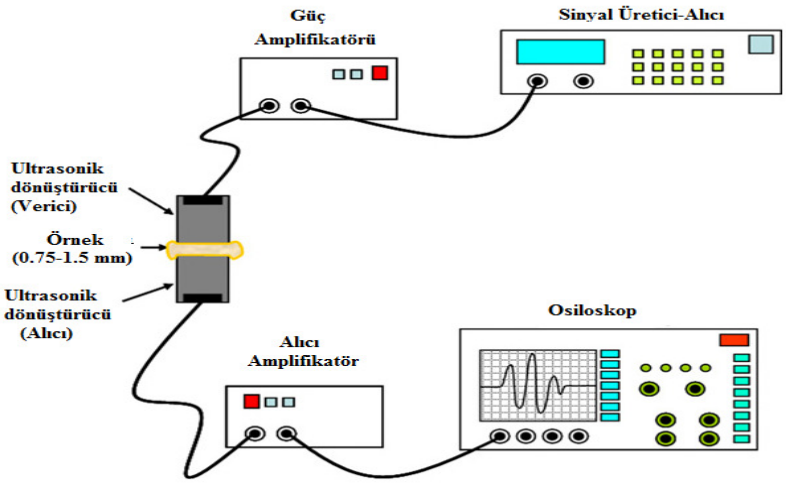
Düşük şiddetli (enerjili) ultrason, düşük güç seviyesi (≤1 W/cm^2) ve yüksek frekansı ile (0.1-20 MHz) tanımlanır. Gıda uygulamaları için 0.1-20 MHz arasındaki

yüksek frekanslar ve düşük enerji seviyeleri (100 mW) kullanılmaktadır (Gunasekaran ve Ay, 1996; Mcclements, 1997; Villamiel ve ark., 1999).

Ultrasonik zarar vermeyen analizler düşük enerji seviyeleri (<100 mW), yüksek frekans (0.1-2 MHz) ve darbe operasyonu ile karakterize edilmektedir (Ay ve Gunasekaran, 1994). Ultrasonik dalganın içinden geçtiği materyalin özelliklerini değiştirmemesi ve zarar vermemesi hedeflenmekte olup, ortamın dalga üzerindeki etkisi incelenmektedir (Mcclements, 1995).

Yüksek frekans, düşük yoğunluklu ultrason teknolojisinin yıkıcı olmayan özelliğinden dolayı, gıdaların değerlendirilmesi amacıyla kullanımı giderek artmaktadır (MacKay, 1998). Gıdaların sıcaklık (Richardson ve Povey, 1990), viskozite (Mcclements ve Povey, 1987) ve gevreklik (Povey ve Harden, 1981) özellikleri ultrason uygulamalı sistemlerle belirlenmiştir.

Şekil 2.2'de yüksek frekans düşük enerjili ultrason cihazının kısımları görülmektedir. Sinyal üretici-alıcı, amplifikatör, 2 adet transduser (dönüştürücü) ve osiloskop kısımlarından oluşmuştur (Garcia-Alvarez ve ark., 2006).



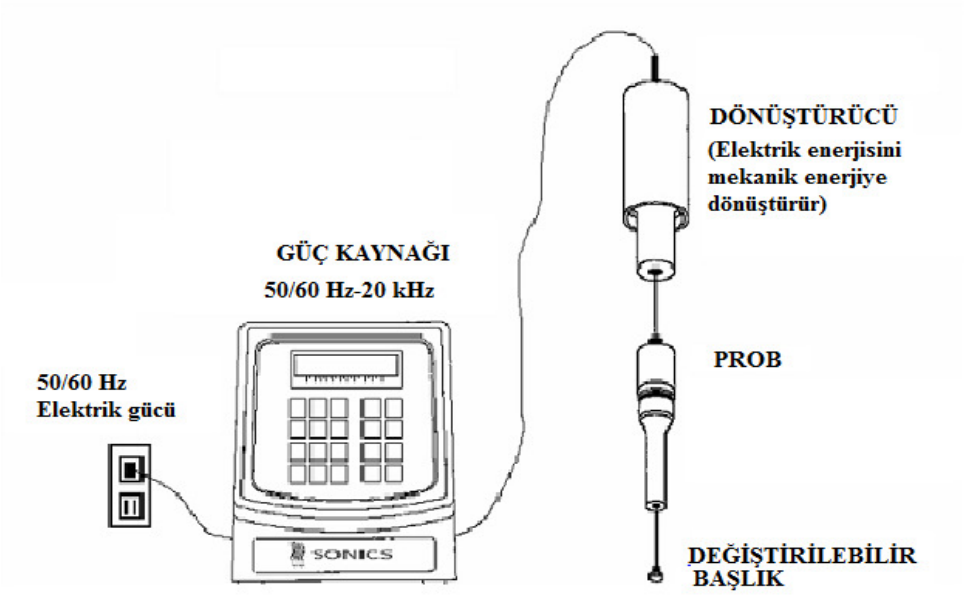
Şekil 2.2. Yüksek frekanslı düşük enerjili bir ultrason cihazı diyagramı

2.4.1.2. Yüksek şiddetli ultrason

Yüksek enerjili ultrason ise, yüksek enerji seviyesi (10-1000 W/cm^2) ve nispeten düşük olan frekansı ile ($\leq$ 0.1 MHz) tanımlanabilir. Bu tip ultrason dalgaları ile yapılan uygulamalarda, uygulanan materyalde fiziksel ve kimyasal değişmeler meydana

gelmektedir. Bu nedenle ultrasonun bu tipi, esas olarak cansız olan materyallerde ve özellikle ürün işleme alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Yüksek enerjili ultrasonun, uygulandığı materyalin yapısını bozma mekanizması üzerine farklı teoriler bulunduğu belirtilmektedir (Blitz, 1971; Villamiel ve ark., 1999).

Yüksek şiddetli ultrason cihazının kısımları Şekil 2.3 'de verilmiştir (Feng, 2009). Aynı zamanda bu cihaz tez çalışmamızda da kullanılmıştır. Güç kaynağı, dönüştürücü ve prob kısımlarından oluşmaktadır.



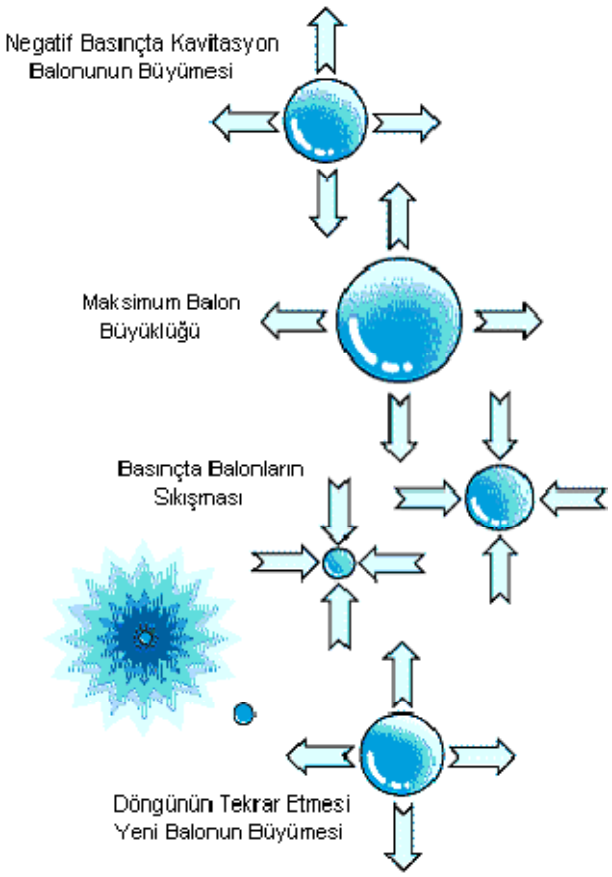
Şekil 2.3. Prob tipi düşük frekans yüksek enerjili ultrason cihazı

Yüksek enerjili ultrason dalgaları yüzey gerilimini kırıp suyun organik materyale nüfuzunu yükselterek, su absorbsiyon hızını artırmakta, bu yolla temizlemeyi, ıslatmayı ve polar sistemlerde reaksiyonları hızlandırmakta faydalanılmaktadır. Bu sebeple mısır ve pirinç nişastası üretiminde, ıslatma süresinin kısaltılmasında kullanılmıştır (Mulet ve ark., 2003). Ses dalgaları gıda sanayinde, oksidasyonun hızlandırılmasında, enzim aktivitesinin inhibisyonunda, emülsiyon, ekstraksiyon, kristalizasyon, filtrasyon ve "degassing" işlemlerinin gerçekleştirilmesinde kullanılmaktadır.

Yüksek enerjili ultrason dalgaları bir sıvı içinden geçtikleri zaman baloncuk veya oyukçuk (kavitasyon)'lar oluştururlar. Bu baloncukların sönmesiyle materyalin bozulmasından sorumlu tutulan şok dalgaları, yüksek sıcaklık ve basınçla beraber daha etkili şekilde hasara neden olmaktadırlar. Bununla beraber yine kavitasyon esnasında

çok az miktarda da olsa serbest radikallerin de oluşabildiği görüşü ve bu radikallerin özellikle DNA gibi biyolojik materyale saldırmasıyla ek bir hasar meydana getirebileceği vurgulanmaktadır (Scherba ve ark., 1991; Villamiel ve ark., 1999, 2000).

Yüksek enerjili bir ultrason dalgasının bir sıvı içerisinde oluşturmuş olduğu kavitasyon olayı Şekil 2.4'de gösterilmiştir (Duran ve ark., 2006). Ultrason dalgaları sıkışıp – seyrelmeler şeklinde maddesel ortamlarda yayılan titreşim enerjisidir. Ultrason dalgalarının bu sıkışıp seyrelme şeklindeki belirgin özelliği sesle temizlemeye neden olan kavitasyon için önemlidir. Kavitasyon kavramı altında bir sıvının içinde boşlukların oluşumu ve bunu takiben de patlaması anlaşılır.



Şekil 2.4. Kavitasyon olayının etkisi

Kavitasyon genellikle sıvılar içinde herhangi bir küçük basınçta oluşur.

Kavitasyon olayının oluş sırası şöyledir:

Ultrason dalgalarının seyrelme fazında boşluk biçiminde bir kesilme olur. Bu boşluk ise verilen sıvının doymuş buharı ile doludur. Sıkıştırma fazında buhar

yoğunlaşır ve boşluk, çeperlerin üst yüzey geriliminin, artan basıncın etkisi ile düşmesi sonucu bozunur. Sıkışma son bulduğunda ortamda hızla buharlaşan etrafı çevrili sıvı içinde, saniyelik şok dalgaları oluşur (Kuttruff, 1988).

Ultrason dalgaları biyolojik yapıları bozmalarıyla bilinmektedir. Geçen yüzyıl boyunca bunun nasıl gerçekleştiği incelenmiştir. Ultrason dalga genişliği, uygun yoğunlukta seçilirse hücre ölümüne neden olmaktadır. Dalgalar bir sıvıdan geçerlerken basınçta artma ve azalmalara neden olmaktadırlar. Dalga yeterli büyüklükteyse, baloncuklar veya kaviteler oluşur. Buna kavitasyon denir. Kavitasyonun kalıcı veya geçici iki farklı etkisi vardır. Kalıcı kavitasyon küçük baloncuklardan oluşur ve değişen basıncın etkisiyle bu baloncuklar titreşir. Oluşan küçük baloncuklar sıvı içerisinde çözünür ve titreşimler sayesinde çevreye yayılarak hücre yüzeylerine sürtünürler. Daha sonra da hücre zarının yıkımına neden olurlar. Geçici kavitasyon ise, baloncuk büyüklüğünün hızla değişmesiyle olur. Birkaç titreşim döngüsünde baloncuklar farklı yoğunluklarda sönerler. Bu baloncuklar sönerlerken çevrelerinde yüksek basınç ve belirli bir sıcaklık oluşur. Bunların birlikte etkileri sonucunda hücre zarlarının yapısı bozulmaya başlar (Scherba ve ark., 1991).

Ultrason; ses dalgalarının hücreler arası ve hücre zarında boşluklar açarak, serbest DNA parçalarının hücre içerisine girişini sağlayan bir yöntemdir. 35 S promotörüyle birleşen CAT (kloramfenikol asetil transferaz) geni içeren plazmidin varlığında 20 kHz ultrasona kısa maruz bırakma işleminin uygulanması yoluyla şeker pancarı ve tütün protoplastlarına DNA girişi gerçekleştirilmektedir. Hafif sonikasyon (20 KHz ultrason) ise; DNA aktarımını kolaylaştırmak için kullanılmaktadır. Ultrason yönteminin aynı materyal için elektroporasyon yönteminden daha fazla avantajı bulunduğu ve elektroporasyon sisteminden daha kolay bir yöntem olduğu belirtilmektedir (Joersbo ve Brunstedt, 1992).

Ultrason dalgalarının öldürme potansiyeli, denizaltı savaşlarında radarların kullanımıyla anlaşılmıştır. Denizaltından yayılan ses dalgalarının balıkları öldürdüğü görülmüştür. Bu sayede ultrasonun hücreleri bozma ve inaktif etmede kullanılması düşünülmüştür. 1960'larda yapılan araştırmalar ultrasonun mikrobiyal hücrelerle ilişkisini anlamak için yoğunlaşmıştır. Bu araştırmalarla kavitasyondan kaynaklanan parçalama zararı, ısı ve serbest radikal oluşumu tespit edilmiştir. 1975'deki araştırmalar ultrason işleminin hücre duvarını zayıflattığını ve hücre stoplazmasının dışarı

boşalmasını sağladığı gözlenmiştir. 1980'lerde ultrasonun ısı işlemleri ve kimyasal maddelerle birlikte kullanılmaları araştırılmıştır (Earnshaw ve ark., 1995).

Ultrason uygulaması esnasında başlıca aktif etki, bir sıvı içinde hava kabarcıklarının oluşumu ile sonuçlanan mekanik etkidir. Ancak kavitasyon olayı sıcaklık artışı ve moleküler hareket nedenleriyle mekanik enerjinin oluştuğu bir ısı oluşum prosesidir. Bundan başka enerjinin bir kısmı numunenin ısınması için absorbe edilebilir. Numunenin içerisinde ısınma olurken, ekipman duvar sıcaklığı sıvı sıcaklığından daha düşük olmaktadır. Bu, daha iyi sıcaklık dağılımı ve daha az oluşum bozukluğu ve bu nedenle ürün kalitesinin gelişmesi bakımından geleneksel ısıl işlemlerden üstün bazı avantajlar sağlayabilir (Villamiel ve Jong, 2000).

Ultrason işlemi bir sıvıya uygulandığında yararlı olan veya olmayan serbest radikallerin oluşmasını sağlamaktadır. Bu işlem sonunda sudan hidroksil iyonu, hidrojen iyonu ve hidrojen peroksit meydana gelebilmektedir. Ayrıca ultrason, DNA moleküllerinde çeşitli yerlerde kırılmalar meydana getirir. Örneğin; hidroksil radikalleri polimeri bağlayan hidrojen köprülerini etkiler (Suslick, 1988; Mason ve ark., 1994).

Kavitasyon oluşma oranı bazı parametrelerden etkilenmektedir. Örneğin; yüksek sıcaklıkta kavitasyon baloncukları daha çabuk oluşmaktadır. Bunun sebebi buhar basıncının artmasıdır. Baloncuk miktarı sıcaklık arttıkça artmaktadır. Ultrasonun dalga genişliği önemli bir parametredir ve maksimum baloncuk büyüklüğünü belirlemektedir. Düşük dalga genişliğinde baloncuklar büyük oluşmakta ve söndüklerinde yüksek enerjiler ortaya çıkarmaktadırlar. 2.5 MHz'ın üstündeki frekanslarda kavitasyon oluşmamaktadır. Kavitasyon oluşumunu etkileyen diğer önemli faktör de, sıvı çevrenin viskozitesidir. Yüksek viskoziteli ürünlerde difüzyon kolayca bozulacağından kavitasyon oluşma derecesi düşmektedir. Viskozitenin olumsuz etkisinden etkilenmemek için, yüksek yoğunlukta düşük frekansta dalgalar kullanılması gerekmektedir. Buna alternatif olarak, sıvı ısıtıldığında viskozite azalmakta ve ultrason dalgalarının sıvı içerisine daha kolay girmeleriyle etkinlik artırılabilmektedir (Suslick, 1989).

Ultrason probu (çubuk), temizleme banyosunun çeşitli dezavantaj ve problemlerinden dolayı biyokimyacıların hücre parçalamada kullanmaları için geliştirilmiştir. Laboratuvarda bu cihazın kullanılması ile temizleme banyosunun oluşturduğundan 100 kat daha büyük bir ultrasonik enerji elde edilir. Modern prob

sistemleri piezoelektrik transduserlere dayanmaktadır ve genellikle aynı tarzda konstrükte edilmişlerdir (Öner, 2012).

2.4.2. Ultrason teknolojisinin endüstriyel uygulamaları

Ultrasonun endüstriyel uygulamaları; tekstür, viskozite ve çoğu katı veya sıvı gıdaların konsantrasyon ölçümlerini; yumurta, et, meyve, sebze, süt mamülleri ve diğer ürünlerin kompozisyonunun belirlenmesini, çeşitli uygulamaların kontrolü ve görüntülenmesi için kalınlık, akış seviyesi ve sıcaklık ölçümlerini ve gıda ambalajlarının zararsız olarak incelenmesini içermektedir. Ayrıca bir takım araştırmalarda ısı transferinin hızlandırılması, akışkanlardan gaz alınması, hücrelerin yıkımı, mikroorganizmaların ve enzimlerin inaktivasyonu, kurutma, filtrasyon, yüzeylerin temizlenmesi gibi direkt proses uygulamalarında incelenmiştir (Floros ve Liang, 1994). Bunun yanında, karıştırma ve parçalama işlemleri, katı ve sıvı yağların emülsifikasyonu, dondurma işleminin hızlandırılması, etlerin ve şarapların olgunlaştırılması, temizleme, homojenizasyon ve sıvıların berraklaştırılmalarında da uygulanmaktadır (Mason ve ark., 1994; Sala ve ark., 1995).

Ultrason uygulamalarının etkinliği üzerine, kullanılan ultrason dalgasının genliği, uygulama süresi, uygulamanın yapıldığı hacim, gıdanın bileşimi ve sıcaklık etkili olmaktadır (Vercet ve ark., 1997). Yapılan çalışmalardan elde edilen bulgulara göre ultrason işleminin tek başına gıda güvenilirliğini sağlamada yeterli olmayışından ötürü, basınç, sıcaklık ve antimikrobiyal madde uygulaması gibi geleneksel metotlarla kombinasyonunun zaman ve enerji tasarrufu sağlayacağı belirtilmektedir (Piyasena ve ark., 2003).

Ultrason teknolojisi endüstrinin farklı alanlarında çeşitli fiziksel ve kimyasal reaksiyonlarda uzun yıllardır kullanılmaktadır. Endüstrideki en yaygın kullanım amacı ise, ultrason uygulaması sonucu meydana gelen kavitasyondan yararlanılarak yapılan temizlik işlemidir. Gıda sanayinde kullanımı yönünde ise çalışmalar yenidir ve bunun üzerinde çalışmalar devam etmektedir.

Tüm bu uygulamaların yanı sıra, sıvı dezenfektanlar ile birlikte yüzey dekontaminasyonu için de kullanılabilmektedir (Povey ve Mason, 1998). Mikroorganizmaların inaktivasyon mekanizmasının teorisi, değişen basıncın etkisiyle

mikroskobik düzeyde meydana gelen baloncukların parçalanmasına dayanmaktadır. Bu çalışmalarda, ultrasonun tek başına gıda muhafaza yöntemi olarak kullanılamayacağı, ancak diğer muhafaza yöntemleri ile birlikte kullanıldığında özellikle mikrobiyal inaktivasyon açısından sinerjistik etki oluşturabileceği şeklinde açıklamalar yer almaktadır (Piyasena ve ark., 2003).

Wu ve ark. (2000), ultrason uygulamasının sütün homojenizasyonu ve yoğurdun fermantasyonunda da etkili olduğunu belirtmişlerdir. Yoğurt fermantasyonunda yağ globüllerini parçalayarak, pH değişimini arttırdığını, homojenizasyon cihazından daha etkili olduğunu ve fermantasyon süresini yarım saat kadar azalttığı belirtilmiştir. Fermantasyonu tamamlanmış yoğurtta ise, su tutma kapasitesini, viskoziteyi artırdığını belirtmişlerdir. Tüm bunlar açıkça göstermektedir ki; ultrason teknolojisinin, gıda endüstrisindeki uygulamaları bugün ve gelecekte oldukça büyük bir çeşitlilik göstermektedir.

Ultrason uygulamaları konusunda yapılan çalışmalar gıda koruma ve işlemedeki kullanılma potansiyeli nedeniyle son yıllarda artış göstermiştir. Çizelge 2.2 ’de ultrasonun gıdalardaki mevcut ve potansiyel uygulamaları özetlenmiştir. Mevcut uygulamalardan boyut küçültmede ve eleme işlemlerindeki uygulamaları günümüzde kullanılmakta olan yöntemlerdir (Brennan, 2006).

Çizelge 2.2. Ultrasonun gıdalardaki mevcut ve potansiyel uygulamaları (Brennan, 2006)

UYGULAMA	ETKİ
Katı yağların ve şekerlerin kristalizasyonu	Kristalizasyon akışını arttırır, nükleasyonu üniformize eder.
Gaz giderme	Fermantasyon sonrası CO_2 gazını giderir.
Köpük kırma	Kazanların doldurulması sırasında sıvıların pompalanmasında oluşan köpük giderme
Ekstraksiyon	Ekstraksiyon hızı ve etkinliğinin arttırılmasında
Ultrason yardımıyla kurutma	Sıcak havayla kurutmada kuruma etkinliğini artırarak daha düşük sıcaklıklarda ve hava hızlarında yüksek verimle kurumayı sağlar.
Karıştırma ve emülsifikasyon	Ticari olarak uygulanmaktadır. Aynı zamanda emülsiyon kırmada da kullanılabilir.
Alkollü içeceklerin olgunlaşması ve oksidasyonu	Alkollü içeceklerin hızlı okside olmasını
Etin olgunlaşması	Kürlenmiş etlerde miyofibriler proteinlere etki eder.
Nemlendirme ve fogging (sisleme)	Havanın nemlendirilmesinde kullanılan sistemlerde, dezenfektan olarak gaz alma işleminde
Temizleme ve yüzey dekontaminasyonu	Kümes hayvanları kesiminde kullanılan ekipmanın temizlenmesinde ticari olarak kullanılmakta olan sistemlerde, özellikle mevcut yöntemlerle kolay temizlenemeyen boru iç temizliğinde kullanılır.
Kesme	Çok yumuşak / sert / kırılgan özellikteki zor ürünlerin kesilmesinde daha hijyenik, daha az kayıplı ve daha hızlı olan ticari uygulamalar
Atık işleme	Pestisit kalıntılarının giderilmesinde
Hava kaynaklı tozların çökeltilmesi	Duvar tipi sistemlerde havadaki tozların giderilmesi ve atık gazların tozlarının giderilmesinde
Enzim aktivitesinin inhibisyonu	Sükroz inversiyonunu ve pepsin aktivitesini durdurabilir; genellikle oksidazlar ultrason uygulamasıyla inaktive edilebilir. Fakat katalazlar sadece düşük konsantrasyonlarda etkilenir; redüktazlar ve amilazlar ultrason uygulamasına çok dirençlidir.
Canlı hücrelerin uyarılması	Düşük güçteki ultrason uygulaması hücre duvarı zarar görmeksizin hücrelerin etkinliğini arttırır. Örneğin yoğurt üretiminde Lactobacillus etkinliği %40 arttırılmıştır. Ayrıca tohum çimlenmesi ve balık yumurtası oluşumunda da etkinliği gösterilmiştir.
Ultrason destekli dondurma	Donmada kristal büyüklüğü kontrolü ve buz kristal oluşum bölgesinde geçen sürenin kısaltılması
Ultrason destekli filtrasyon	Filtre ortamından birim alandan birim zamanda geçen madde miktarında artış meydana gelir.
Mikrobiyal inaktivasyon	Sıcaklık ve basınçla kombine olarak uygulanan ultrason işlemiyle mikrobiyal inaktivasyonu daha etkinleştirir. Bunun sonucunda aynı letaliteyi sağlamak için gerekli işlem süresi kısalır ve /veya sıcaklığı azalır.

Gıda işlemede yüksek enerjili (yoğunluklu) ultrason teknolojisinin birçok potansiyel uygulama alanı üzerine çalışmalar yapılmış ve bunlar Çizelge 2.3'de verilmiştir (Chemat ve ark., 2011).

Çizelge 2.3. Gıda işlemede yüksek enerjili ultrason uygulamaları (Chemat ve ark., 2011)

Uygulamalar	**Konvansiyonel metotlar**	**Ultrason prensibi**	**Avantajlar**	**Ürünler**
Pişirme	Fırın Tava Su banyosu, ….	Üniform ısı transferi	Daha kısa süre Isı transferinde ve organoleptik kalitede gelişme	Et Sebzeler
Dondurma/kristalizasyon	Dondurucu Daldırarak dondurma Temas yüzeyi ile dondurma, …..	Üniform ısı transferi	Daha kısa süre Küçük kristaller Difüzyonda artış Hızlı sıcaklık düşüşü	Et Meyve Sebze Süt ürünleri
Kurutma	Atomizasyon Sıcak gaz buharı Dondurma Püskürtme	Üniform ısı transferi	Daha kısa süre Organoleptik kalitede gelişme Isı transferinde artış	Kurutulmuş ürünler (meyveler, sebzeler, …)
Asitlendirme / Marine etme	Salamura	Kütle transferinde artış	Daha kısa süre Organoleptik kalitede gelişme Stabil ürün	Sebzeler Et Balık Peynir
Gaz giderme	Mekanik işlem	Kompresyon (sıkıştırma) -seyreltme olayı	Daha kısa süre Hijyen artışı	Çikolata Fermente ürünler (bira,…)
Filtrasyon	Filtreler (yarıgeçirgen membranlar, ….)	Vibrasyon (titreşimler)	Daha kısa süre Filtrasyonda gelişme	Sıvılar (meyve suları, …)
Kalıptan çıkarma	Yağlama kalıpları Teflon kalıplar Slikon kalıplar	Vibrasyon (titreşimler)	Daha kısa süre Ürün kayıplarında azalma	Pişmiş ürünler (kek, …)
Köpük giderme	Isıl işlem Kimyasal işlem Elektriksel işlem Mekanik işlem	Kavitasyon olayı	Daha kısa süre Hijyen artışı	Karbonatlı içecekler Fermente ürünler (bira, …)
Emülsifikasyon	Mekanik işlem	Kavitasyon olayı	Daha kısa süre Emülsiyon stabilitesi	Emülsiyonlar (ketçap, mayonez, …)
Oksidasyon	Hava ile temas	Kavitasyon olayı	Daha kısa süre	Alkoller (şarap, viski, …)
Kesme	Bıçaklar	Kavitasyon olayı	Daha kısa süre Ürün kayıplarında azalma Daha seri ve düzgün kesme	Narin ve ufalanan ürünler (kek, peynir, …)

2.4.3. Tahıl ve tahıl ürünlerinde ultrason uygulamaları

Ultrason tekniği, kavitasyon etkisi ile baklagillerin ıslatılmasında (Yıldırım ve ark. 2006), mısır ve pirinçten nişasta üretiminde ıslatma (steeping) süresinin kısaltılması ve etkinliğin artırılmasında, enzimatik aktiviteyi etkilemede kullanıldığına dair literatür bilgileri mevcuttur (Malcolm ve ark., 1998; Dolatowski ve ark., 2007; Yang ve ark., 2008). Ultrason uygulamalarının un değirmenciliğindeki tavlama işleminde kullanıldığına dair bir kaynağa rastlanmamıştır.

Un değirmenciliğinde ise, yatay ve eğik tav makineleri kullanılarak mekanik vibrasyon ile tav suyunun taneye alımı hızlandırılmakta ve tek aşamada alınan su miktarı %4-5'e kadar artırılabilmektedir. En son olarak, mekanik vibrasyonla tek aşamada verilen su miktarının %3-4'ten %8'e kadar çıkarıldığı iddia edilen patentli bir sistem (*VIBRONET*), piyasada geniş kullanım alanı bulmuştur (Anonim, 2013a). Ülkemizde de ithal edilerek kullanılmaktadır.

Haşereler farklı ses seviyelerine tepki vermektedir (27-65 kHz arasında). Süpürücü ses teknolojisi ultrasonik ses dalgalarını önceden ayarlanmış bir düzeyde sürekli değiştirerek aynı anda farklı haşerelere alışkanlık yapmadan etki etmektedir. Ultrasonik ses dalgaları, haşerelere efektif olarak 150-350 m² alanda etki etmektedir. Ultrasonik cihazlar, haşerelerin sinir sistemini etkilerler. Yerleşik fare ve haşere grupları 4-5 hafta sonunda yuvalarını, mekanı terk ederler. Ancak ilk günden itibaren dışarıdan içeriye doğru fare ve haşere hareketi önlenir. Bu cihazların elektrik tüketimi aylık 1 Kw 'dır. Ultrasonik ses etkisi ışık şeklinde yayılarak bulunduğu alanlarda (ev, işyeri, otel, restoran, fabrika, depo, kiler, pastane, fırın, gıda imalat ve satış yerleri); hamam böcekleri, kalorifer böceği, örümcekler, güve, bit ve pireler, yarasalar, cırcır böceği, su böcekleri gibi pek çok zararlıya etki etmektedir (Anonim, 2013b).

Ultrasonik ses ile uzaklaştırma teknolojisi hayvanların hayati kritik işitme frekanslarında ses üretimi sayesinde kendilerini rahatsız hissetmeleri ve bu seslerin hayatlarını tehdit edici bir unsur olarak algılamalarından dolayı bulunduğu ortamı terk etmek zorunda kalmaları demektir. Hayvanların işitme duyusu insanlardan çok daha fazla gelişmiştir. İnsanların duyamadığı ya da çok az duyabildiği 20 kHz ve üzeri sesleri rahatlıkla duyabilmektedirler. Fakat her hayvanın duymuş olduğu ve korktuğu ultrasonik ses seviyesi aralıkları farklıdır. Yani bu zararlı hayvanların hepsinin tepki

verdiği ses seviyesi farklıdır. Haşerelerin de insanlar gibi iyi gelişmiş işitme sistemleri vardır (Anonim, 2013e).

Ultrason sistemi çalışırken ortaya çıkardığı dalgalar, ses basıncının oluşmasına ve bu sayede tüm kemirgenlerin de ortamdan uzaklaşmasına neden olmaktadır. Yoğun ultrasonik ses kemirgenlerde stres oluşturmakta ve sonuçta kulaklarında son derece etkili bir acıma hissi meydana gelerek cihazdan olabildiğince uzaklaşmak mecburiyetinde kalmaktadırlar. Bu cihazlar öldürücü değildir, genellikle düşük frekanslar fare, sıçan gibi memelilere etkilidir ve ses dalgaları ile rahatsızlık vererek fareleri cihazın bulunduğu ortama sokmamaktadır (Anonim, 2013c).

Günümüzde yeni teknoloji ürünü olan ultrason uygulamalı nemlendirme sistemleri de fırınlarda kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle fırın buhar odalarında sıcaklığın minimum 25 ºC ve çevre bağıl neminin ise %75-80 düzeyinde olması gerekmektedir. Yüksek nemde hamurlar, mayaların hızlı çalışması sonucu aşırı derecede yayılmaktadırlar. Bu tür hamurların ekmeği ise, soluk renkli ve düşük hacimli olmaktadır. Bunun tam tersinde ise, nem azlığında; hamur yüzeyi kurur ve hamur gelişimi güçleşir. Bu tür hamurların ekmeğinin kabuk kısmı kalın ve mat renkli; ekmek şekilleri de bozuk olmaktadır. Bu yüzden ekmeğin mayalanmasında nem önemli bir faktördür. Bu tip sorunları en aza indirmek için, ultrason uygulamalı nemlendirme sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistem sayesinde daha az maya tüketimi ile standart ekmek üretimi gerçekleştirilmekte ve yaklaşık %93 oranında da elektrik tasarrufu sağlanmaktadır (Anonim, 2013f).

Hamurun viskoelastik özellikleri, son ürünün kalitesini etkileyen ve fırın ürünleri endüstrisinde en çok araştırılan konulardan biridir. Yapılan bir çalışmada, ultrason yönteminin; fiziksel gıda karakteristiklerinin ölçümünde, gıdaya zarar vermeyen, gıdanın besinsel değerinde kalite kayıplarına neden olmayan, zamandan kazanmamızı sağlayan, hızlı ve aşırı pahalı olmayan bir teknik olduğu belirlenmiştir (Garcia-Alvarez ve ark., 2006).

Yüksek enerjili ultrason teknolojisi nişasta solüsyonlarının viskozitesini kontrol etmede ümit verici bir işlem olarak belirlenmiştir. Ultrason uygulaması, jelatinizasyondan sonra nişasta solüsyonlarının viskozitesini etkili bir şekilde azaltmıştır. Yüksek nişasta konsantrasyonlu (%20-30) nişasta jeli, sonikasyon tarafından sıvılaştırılabilmektedir. Ultrason işlemi uygulanmış nişasta solüsyonu daha

sonra bir sprey kurutucu tarafından etkili bir şekilde toz haline getirilebilmektedir. Ultrason uygulamasının etkinliği, viskozitedeki değişiklikleri ölçerek değerlendirilmektedir. Ultrason uygulamasının, birçok çeşit nişastanın (buğday, pirinç, mısır, patates, tapyoka ve tatlı patates) viskozitesini kontrol etmede ve nişasta yapısındaki polisakkaritlerin oranını tespit etmede uygulanabilir olduğu belirtilmektedir (Lida ve ark., 2008).

Fırıncılık endüstrisinde hamur özelliklerinin kontrolü, son ürün kalitesi ve stabilitesi açısından gereklidir. Hamurun test edilmesindeki geleneksel metotlar yavaş, zaman alıcı ve temel reolojik bilgiyi sağlamamaktadır. Ultrason gıdanın fiziksel özelliklerinin ölçümünde düşük maliyetli, hızlı ve yıkıcı olmayan niteliktedir. Yapılan bir çalışmada, hamurun su içeriği ultrason teknikleri kullanılarak tespit edilmiştir. Chopin Alveograph ve Brabender Extensograph kullanılarak 30'dan daha fazla un çeşidi reolojik olarak karakterize edilmiştir. Bu unlardan hazırlanan hamurların ultrason uygulamalı ölçümleri de yapılmıştır. Sonuçlar ultrason uygulamasının, farklı amaçlar için kullanılan un tiplerinin birbirlerinden ayrılmasında, alternatif bir ölçüm metodu olabileceğini göstermiştir (Alava ve ark., 2007).

Son zamanlarda gelişen bir teknik olan ultrason, oda sıcaklığında depolanan buğday nişastasının retrogradasyonu üzerine depolama süresinin etkisinin incelemesinde kullanılmıştır. Özel olarak dizayn edilen deney düzeneği ile 25 °C depo sıcaklığı ve yaklaşık %34 depo neminde birkaç gün sürekli olarak ultrason dalgaları uygulanmıştır. Ultrason dalgalarının hızı ve gücü, depolama süresince buğday nişastası örneklerindeki amilopektin moleküllerinin rekristalizasyonunun bir sonucu olarak değişmiştir. Nişasta retrogradasyonunun ultrasonik görüntüleme sonuçları, X-ray ışınımı ve diferansiyel kolorimetrik taramadan elde edilenlerle ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma, konsantre nişasta sistemlerinin fiziksel özelliklerindeki değişimlerin tespitinde ultrason tekniğinin önemli bir potansiyel oluşturduğunu ortaya koymuştur (Lionetto ve ark., 2006).

Düşük frekanslı ultrason, farklı ingredientlerde hazırlanan sarı alkali eriştelerin (yellow alkaline noodle, YAN) mekanik özelliklerindeki değişikliklerin belirlenmesinde kullanılmıştır. Ayrıca, deney örneklerinde karşılaştırma amacıyla gerilme-gevşeme (SR) testi kullanılarak değerlendirme yapılmıştır. Sonuçlar sarı alkali erişte hamur formülünde, NaCl konsantrasyonundaki (%1-3) artış ile veya

transglutaminazın (%2) ilavesi ile ultrasonik hız ve güçte, sırasıyla artış ve azalma ($p < 0.05$) olduğunu göstermiştir. Ultrason deneylerinden elde edilen hız, güç ve depolama mekanik modülü (katsayısı), sarı alkali eriştedeki gerilme-gevşeme (SR) testi ile saptanan maksimum gerilme ile önemli bir şekilde ilişkilendirilmiştir. Ultrason uygulamasının, sarı alkali eriştenin temel mekanik özelliklerini ayırmada ve anlamada basit güvenilir bir yöntem olduğu belirlenmiştir (Bellido ve Hatcher, 2009).

Düşük şiddetli ultrason ekmek içi hücrelerinin büyüklüğü, şekli ve konsantrasyonunun değişimi ile mekanik özelliklerin nasıl etkilendiğini incelemek için kullanılmıştır. Gaz hücreleri, ekmek içinin yapısal bütünlüğünü belirlemesinden dolayı, istenen ekmek kalitesinin tespit edilmesinde de temel metotlardan birisi olabilir. Dondurularak kurutulan ekmek kırıntısı örnekleri kırmızı yazlık buğday unu kullanılarak hazırlanmıştır. Güç sinyalinin (amplitude, genlik) yoğunlukla doğrusal olarak arttığı görülmüştür. Ekmek içinin hücre yapısındaki anizotropinin etkilerini araştırmak için, taze pişirilmiş örnekler tek eksenden sıkıştırılmıştır. Sonuçlar sıkıştırılan ve sıkıştırılmayan örneklerin mekanik özelliklerinin farklı olduğunu göstermiştir. Ayrıca, ekmek içi hücrelerinin yapısal ve mekanik özelliklerinin ölçümü ve ekmek kalitesini belirleyen faktörlerin bazılarının ölçümünde, ultrasonun bir yöntem olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır (Elmehdi ve ark., 2003).

Bisküvilerin gevrekliklerinin belirlenmesi için yapılan bir araştırmada, ultrasonik ses dalgalarının hızından yararlanılmıştır. 1.5 Mhz frekanstaki ultrasonik dalgalar kullanılmış ve dalga hızı ile gevreklik oranı arasında doğrusal bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Povey ve Harden, 1981).

Yapılan bir çalışmada, nişasta ve su solüsyonu içerisinde alfa amilaz tarafından nişasta degradasyonunun belirlenmesi, yüksek frekanslı ultrason dalgalarının hız değişimlerinin kullanımı ile mümkün olmuştur (Povey ve Rosenthal, 1984).

Ultrason (düşük frekans, yüksek enerjili) uygulamasının unlardaki enzimler üzerine kompleks etkilerinin olduğu tespit edilmiştir. Oksidazlar genellikle inaktif olmuştur. Katalazlar yalnız düşük konsantrasyonlarda etkilenmişlerdir. Redüktaz ve amilazlar ise sonikasyona oldukça fazla direnç göstermişlerdir (Roberts, 1993).

Prob tipi ultrason cihazı kullanılarak yüksek ve düşük enerjili sonikasyon işleminin buğday protein yapısı üzerine etkisi incelenmiştir. Düşük enerjili sonikasyon uygulaması solüsyon içerisindeki glutenin sülfidril içeriğini artırmıştır. Yüksek enerjili

sonikasyon uygulamasında ise gluten solüsyonundaki sülfidril gruplarında azalma meydana gelmiştir. Yüksek enerjili sonikasyon, gluten proteinlerindeki serbest sistin moleküllerinin bir araya gelmesine ve yeni disülfit bağları oluşturmasına sebep olmuştur (Singh ve MacRitchie, 2001).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada, Afyonkarahisar piyasasından elde edilen farklı sertlik derecelerindeki Bezostaya-1 sert buğday çeşitleri materyal olarak kullanılmıştır. Örnekler yabancı maddelerden arındırılarak denemeler için hazırlanmıştır. Örnekler hazırlanırken 2.25 mm - 3.5 mm delik çapı aralığında elekler kullanılmıştır. Böylece homojen yapıda taneler elde edilmiştir.

Farklı sertlik sınıflarının oluşturulmasında, değişik işletmelerden alınan buğdayların (Bezostaya-1) Grobecker kesit aleti ile sertlik analizleri yapılmış, temizlenmiş ve kendi aralarında paçal işlemi yapılarak (%45, 65 ve 75) hazırlanmışlardır. Tavlama işlemlerinde orta sertlikte (120 ppm) su kullanılmıştır.

Ultrason uygulamasında, 600 W gücünde, 20 kHz frekansta çalışan, prob tipi GEX-600 Ultrasonic Processor cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. GEX-600 Ultrasonic Processor

3.2. Metot

3.2.1. Denemelerin kuruluşu

Denemeler iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada materyalin analitik kalite özellikleri tespit edilmiş, ön denemelerle işlem parametrelerinin optimizasyonu sağlanmış, ikinci aşamada çalışmanın amacına yönelik denemeler yürütülmüştür.

a. **İlk bölümde**, gerçekleştirilen ön denemeler ile materyal özellikleri ve laboratuvar şartlarına göre mevcut ultrason cihazı kullanılarak, tane özellikleri ve ultrason cihazı ile ilgili işlem parametreleri optimize edilmiştir.
   - Deneme deseni olarak farklı sertlik derecesine (%45, 65 ve 75) sahip Bezostaya-1 buğday örneklerine farklı genlik seviyeleri (%20, 60 ve 100 genlik) ve farklı sürelerde (1, 2 ve 3 dakika) ultrason işlemi uygulanarak ıslatma işleminde *tane suyu absorbsiyonunun değişimi* takip edilmiştir. Bu yolla tav suyu seviyesi olarak belirlenen %16 nem düzeyi sağlayan işlem parametreleri tespit edilmiştir.
   - Dinlendirme süresi çalışmalarında ise önceki çalışmanın bulguları değerlendirilmiş, deneme deseni olarak farklı sertlik derecesine (%45, 65 ve 75) sahip Bezostaya-1 buğday örneklerine %100 genlikte ve 1 dakika, ultrason işlemi uygulanmak suretiyle un verimi, un külü, enerji sarfiyatı değerlendirilmiş, örneklerin sertlik derecelerine göre optimum dinlendirme süresinin (1, 8 ve 24 saat) tahmin çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

b. **İkinci bölümde** ise ön denemelerde tespit edilen optimum işlem parametreleri (%100 genlik, 1 dakika ıslatma süresi, 24 saat dinlendirme süresi) kullanılarak tavlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu denemelerde klasik ıslatmaya karşı, ultrason işlemi uygulanan farklı sertlik derecesine (%45, 65 ve 75) sahip buğday örneklerine ait unların kalitatif özelliklerinin değişimi incelenmiştir.
   - Bu kapsamda, önce un verimi tespit edilmiş, daha sonra elde edilen un örnekleri 3 hafta dinlendirilmiş, bu örneklerin; fiziksel, kimyasal ve teknolojik özellikleri araştırılmıştır.

- Bu çalışmaların sonucunda, başta un verimi olmak üzere bazı kalite parametrelerinin aşırı sapmalar göstermesi sonucunda, 1 dakikalık sabit ıslatma süresinin tane sertliği dikkate alındığında, optimum tane suyunu karşılayamayacağı düşünülmüş ve 30, 45 ve 60 saniye sürelerle ıslatma yapılarak bir deneme daha gerçekleştirilmiş, bazı fiziksel ve teknolojik kalite parametreleri kullanılarak, tane sertliğine göre optimum ıslatma süresinin tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

3.2.2. Analitik analiz metotları

Denemelerde kullanılan buğday örneklerinde fiziksel olarak; tane homojenliği, hektolitre ağırlığı (kg/hl), bin tane ağırlığı (g) ve sertlik (%) tayinleri Elgün ve ark. (2005)'e göre yapılmıştır. Buğday örnekleri, unlar ve yapılan ekmeklerin renk okumaları L*, a* ve b* değerleri cinsinden Konika-Minolta CR-400 (Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japan) cihazı kullanılarak L* değeri [(0) siyah-(100) beyaz], a* değeri [(+) kırmızı- (-) yeşil] ve b* değeri [(+) sarı-(-) mavi] cinsinden ölçülmüştür (Francis, 1998).

Denemelerde kullanılan buğday örneklerinde kimyasal olarak; su, protein ve kül miktarı tayinleri yapılmıştır. Su tayini, 135 ^{o}C'de 2.5 saat kurutma normu uygulanarak hesaplanmış (AACC 44-19), ayrıca bu örneklerin protein tayini Kjeldahl metoduyla yapılmış (AACC 46-12), sonuçlar 5.70 çarpım faktörü ile kuru madde esasına göre verilmiştir. Kül tayini ise, ICC Standart No.104/1 metoduna göre yapılmıştır (AACC, 1990).

Buğday örneklerinde fizikokimyasal olarak; Zeleny sedimantasyon, yaş gluten ve düşme sayısı tayini yapılmıştır. Zeleny sedimantasyon ICC-standart No.116/1 metoduna göre, gluten tayini AACC 38-12 'ye göre (AACC, 1990), düşme sayısı (falling number) değeri ise AACC 56-81b (Anon., 2002)'e göre yapılmıştır.

3.2.3. Araştırma metotları

3.2.3.1. Tavlama işlemi

Tavlama işlemleri laboratuvar şartlarında el ile temizlenmiş buğday örnekleri üzerinde uygulanmıştır. Islatma işlemi buğday örnekleri su içine daldırılarak belli süre bekletmek suretiyle gerçekleştirilmiştir. Araştırmada Bezostaya-1, buğday çeşitleri için klasik ve ultrason (US) olmak üzere iki farklı ıslatma işlemi uygulanmış, tavlama işlemi dinlendirme aşaması ile tamamlanmıştır. Buna göre;

Denemeler, su ile doldurulan 250 ml 'lik beher içinde 50 gramlık buğday örnekleri ile geçekleştirilmiş, işlem tekrarlanarak deneme deseni ve analizler için gerekli görülen miktarlarda ıslatılmış ve tavlanmış örnek miktarı sağlanmıştır.

Su absorbsiyonu denemelerinde 50 g, dinlendirme süresi 150 g, unun teknolojik, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin araştırıldığı denemede ise 3 kg örnek ıslatılmış ve değerlendirilmiştir.

Islatma öncesinde, su absorbsiyon miktarı hesaplamalarında kullanılmak üzere buğday örneklerinin su miktarları tayin edilmiştir.

Klasik ıslatma sisteminde (kontrol örneği), ultrason işlemi uygulamaksızın, buğday örneği, deneme desenine göre, belli bir süre su içinde bekletilerek işlem gerçekleştirilmiştir.

Ultrason uygulanarak yapılan ıslatma sisteminde ise deneme desenine uygun işlem parametreleri ve süre içinde ultrason uygulaması ile vibrasyon oluşturularak ıslatma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Islatma işlemi sonunda dışarı alınan buğdaylar, bir kurutma kâğıdı ile yüzey suyu alınmış, takiben tartılmış ve ağzı sıkıca kapatılabilen plastik torbalara alınarak, oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

Su absorbsiyonu denemelerinde alınan örnekler, blenderde kırılarak, su tayinleri yapılmış (AACC 44-19), önceden tespit edilen orijinal tane suyu miktarlarına göre su absorbsiyon miktarları hesaplanmıştır.

Dinlendirme süresi denemesi, unun teknolojik, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin araştırıldığı deneme ve ek deneme çalışmalarında farklı faktör ve amaca yönelik deneme desenleri uygulanmıştır. Bu nedenle, her denemede uygulanan deneme desenleri sonuçlarla birlikte anlatılmıştır.

Su absorbsiyon denemeleri dışındaki kalan tüm ön denemelerde %100 genlik seviyesinde ultrason şiddeti uygulanmıştır.

3.2.3.2. Öğütme işlemi

Deneme desenine uygun şekilde belli bir süre dinlendirilen buğday örnekleri laboratuvar tipi valsli değirmende (Chopin Moulin CD1, Fransa) öğütülmüşlerdir.

Değirmen kırma ve redüksiyon olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Temizlenmiş ve tavlanmış buğdaylar önce kırma sistemine verilerek kırılmış, buğday kırmasından irmik, kaba kepek ve biraz da kırma unu ayrılmıştır. Ana ürün olarak elde edilen irmik, redüksiyon sisteminde öğütülerek una indirgenmiş ve ince kepek yan ürün olarak ayrılmıştır. Ayrılan ince kepek ikinci defa redüksiyon sisteminden geçirilerek toplam un (kırma unu + 1. Redüksiyon Unu + 2. Redüksiyon Unu) elde edilmiştir. Kırma ve redüksiyon sistemlerinden elde edilen un örnekleri tartılmış, öğütülen temizlenmiş ve tavlanmış buğday miktarına göre, un verimleri (%) hesaplanmıştır (Elgün ve ark., 2005).

3.2.3.3. Unda fiziksel analizler

Öğütme işlemini takiben, un örneklerinde kalitatif analizler geçekleştirilmiştir. Unda renk değerleri L*, a* ve b* değerleri cinsinden Konika-Minolta CR-400 (Minolta Camera, Co., Ltd., Osaka Japonya) cihazı kullanılarak ölçülmüştür.

Unlarda elek analizi 140 µ elekte 5 dakika elenmek sureti ile yapılmıştır. Elek altı materyal oranı unun incelik parametresi olarak kullanılmıştır (Elgün ve ark., 2011).

3.2.3.4. Unda kimyasal analizler

Öğütme sonrası elde edilen unlarda kimyasal olarak su, kül ve protein miktarları tayin edilmiş, kimyasal analiz sonuçları kuru madde üzerinden verilmiştir (Elgün ve ark., 2011).

3.2.3.5. Teknolojik test ve analizler

Teknolojik test ve analizler, un örneklerini öğütmeyi takiben 21 gün (3 hafta) dinlendirdikten sonra gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda yaş gluten miktarı, gluten

indeksi, Zeleny sedimantasyon testi ve düşme sayısı tayinleri yapılmıştır (ICC, 2002; Elgün ve ark., 2011; Özkaya ve Kahveci,1990)

Yaş öz miktarı ile gluten indeks değeri (AACC 38-12) tespitinde de Glutomatic-2200 yıkama cihazı ve Centrifuge 2015 santrifüj sistemlerini içeren cihazlar (Perten Instruments AB, Huddinge, İsveç) kullanılmıştır (AACC, 1990, Perten ve ark., 1992).

3.2.3.6. Farinograf ve ekstensograf denemeleri

Deneme desenine uygun şartlarda elde edilen un örneklerinin farinograf özellikleri ICC Standart Metot No: 115/1'e göre, ekstensograf özellikleri ise ICC Standart Metot No: 114/1'e göre tespit edilmiştir (ICC, 2002).

3.2.3.7. Ekmek denemeleri

AACC 10-10 'da (AACC, 1990) verilen metot modifiye edilerek 100 g un esasına göre; %3 maya, %1.5 tuz ve farinografta kaldırdığı kadar su kullanılarak ekmek üretimi gerçekleştirilmiştir. Olgun hamur elde edilene kadar yoğrulan (Hobart N50, Kanada) hamurlar 30 °C %80-90 nispi nemde dinlendirilip, 230 °C'de 25 dakika süre ile fırınlanmıştır (Arçelik ARMD 580, Türkiye). Ekmekler soğuduktan sonra ağırlık ve hacimleri ölçülmüş ve 1 saat sonra polietilen torbalara konarak ağızları kapatılmıştır. 24 saat sonra ekmek özellikleri Dallman gözenek skalası kullanılarak ekmek içi yapısı puanlanmış ve ekmek değer sayısı Dallman formülüne göre hesaplanmıştır (Elgün ve ark., 2005).

Kabuk ve ekmek içi renk ölçümleri yine Hunter renk ölçüm cihazıyla L*, a* ve b* değerleri ölçülerek yapılmıştır (Francis, 1998).

Dallman formülüne göre ekmekler değerlendirilmiştir. Aşağıda verilen Dallman formülüne göre, ekmek değer sayısı hesaplanırken bazı faktörlerin kullanılması gerekir. Bu faktörler hazırlanmış tablolar yardımı ile belirlenir.

$$\text{Ekmek değer sayısı} = \frac{\text{Hacim faktörü x Gözenek Faktörü}}{100} + \text{Ekmek İçi Değerleri}$$

Hacim faktörü 100 g undan elde edilen ekmeğin hacmi ölçüldükten sonra Çizelge 3.1 kullanılarak tespit edilir. Gözenek faktörünü bulmak için önce Dallman gözenek skalası kullanılarak ekmeğin gözenek değeri belirlenir ve Çizelge 3.2 kullanılarak gözenek faktörü tespit edilir. Ekmek içi özelliklerin değerlendirilmesinde ekmek içi tekstürü, elastikiyet ve gözeneklerin homojenliği dikkate alınmaktadır. Ekmek içi değerleri; tekstür, homojenlik ve elastikiyet değerlendirme faktörlerinin toplamıdır. Bu değerlendirme sonuçlarına karşılık gelen puanlama faktörleri Çizelge 3.3'te verilmiştir (Elgün ve ark., 2005).

Çizelge 3.1. Dallman formülünde kullanılan hacim faktörleri

Ekmek hacmi (ml)	Hacim faktörü
300	0
350	50
380	80
400	100
420	110
460	130
500	150
600	200
700	250

Çizelge 3.2. Dallman formülünde kullanılan gözenek faktörleri

Gözenek numarası	Gözenek faktörü
1	30
2	40
3	50
4	60
5	70
6	80
7	90
8	100

Çizelge 3.3. Dallman formülünde kullanılan ekmek içi değerlendirme faktörleri

Tekstür	Faktör	Elastikiyet	Faktör	Homojenlik	Faktör
Kaba	0	İyi	0	Homojen	5
Biraz kaba	10	Oldukça iyi	-5	Oldukça homojen	0
Oldukça ince	15	Orta	-10	Homojen değil	-5
İnce	20	Kusurlu	-75		
Yumuşak	30	Yetersiz	-100		
Çok Yumuşak	40				

3.2.4. İstatistiki analizler

Araştırma sonunda elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuş, farklılıkları istatistiki olarak önemli bulunan ana varyasyon kaynaklarının ortalamaları ise Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır. İstatistiki analiz sonuçları, tablolar halinde özetlenmiş, önemli bulunan interaksiyonlar ise şekiller üzerinde tartışılmıştır (Düzgüneş ve ark., 1987). İstatistiksel analizlerde TARİST deneme değerlendirme paketi (Sürüm 4.0) bilgisayar programından faydalanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Analitik Sonuçlar

Çalışmamızda materyal olarak kullanılan farklı tane sertliği değerlerine sahip Bezostaya-1 buğday örneklerinin tane rengi, hektolitre ağırlığı, bin tane ağırlığı ve irilik analizleri yapılmıştır. Test sonuçları Çizelge 4.1' de verilmiştir. Tane sertliği arttıkça bin tane ağırlığı, L* ve b* değerlerinde azalma olduğu, hektolitre ağırlığında ise azda olsa artış olduğu görülmektedir. Tane homojenliği her üç sertlikteki buğdaylarda dikkate değer bir değişme göstermemiştir.

Çizelge 4.2'de verilen kimyasal analiz sonuçları ise kurumaddede kül, protein, Zeleny sedimantasyon ve yaş gluten değerlerinin buğdayda sertlik oranı arttıkça arttığını göstermektedir. Sertlik arttıkça amilaz aktivitesinde az miktarda azalma gözlenmektedir.

Yukarıdaki fiziksel ve kimyasal tane özellikleri ile tane sertliği arasındaki ilişkiler literatür bilgilerini doğrulamaktadır (Elgün ve Ertugay, 1995; Pomeranz, 1988).

Çizelge 4.1. Farklı sertlik derecesindeki buğday örneklerine ait bazı fiziksel analiz sonuçları[1]

Tane sertliği (%)		**45**	**65**	**75**
Renk	**L***	50.768	50.504	47.974
	a*	7.974	8.558	7.584
	b*	19.954	19.78	18.06
Hektolitre ağırlığı (kg/hl)		80.2	80.67	80.83
Bintane ağırlığı (g)[2]		38.7	36.74	35.83
Tane homojenliği (%)		97.85	97.3	98.3

[1]: Sonuçlar iki paralel ortalamasıdır. **[2]**: Kuru madde esasına göre

Çizelge 4.2. Buğday örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları[1]

Tane sertliği (%)	**Su (%)**	**Kül[2] (%)**	**Protein (%)[3]**	**Zeleny sedimantasyon (ml)**	**Yaş gluten (%)**	**Düşme sayısı (s)**
45	9.6	1.77	11.3	20	20.0	341
65	10.3	1.79	11.9	25	22.9	377
75	9.4	1.84	13.1	30	30.6	380

[1]: Sonuçlar iki paralelin ortalamasıdır. **[2]:**Kuru madde esasına göre yapılmıştır. **[3]:**Kuru madde esasına göre ve Protein: N*5.70

4.2. Araştırma Sonuçları

4.2.1. Ön denemeler

Farklı sertlik değerlerinde buğdayların ıslatılma aşamasında, farklı sürelerde ve farklı genlik (amplitude) değerlerinde gerçekleştirilen ultrason uygulamasının, klasik ıslatma ile karşılaştırıldığı araştırma sonuçları Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Buğday ıslatmada tanenin su absorbsiyon denemesine ait analiz sonuçları Çizelge 4.4 - 4.6 'da verilmiştir.

Islatılmış tanenin dinlendirme süresi tahmini denemelerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.7 - 4.11 'de özetlenmiştir.

Ön deneme sonuçları deskriptif değerlendirmeye tabi tutularak en uygun işlem parametrelerinin tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

4.2.1.1. Buğdayın ıslatılması sırasında tane özellikleri ve ultrason uygulaması parametrelerinin su absorbsiyonuna etkisi

Islatma işlemi yapılmadan önce buğday örneklerinin % tane suyu seviyeleri tespit edilmiş, tanenin su absorbsiyon düzeyi buna göre hesaplanmıştır.

Farklı sertlik derecelerinde homojen hale getirilmiş örneklerden 50'şer gram tartılarak 250 ml'lik bir beher içerisinde, üzeri suyla tamamlanarak ıslatma işlemleri yapılmıştır.

Klasik ıslatmada %45, 65 ve 75 sertlik oranlarına sahip buğdaylar ultrason işlemi uygulanmadan 1, 2 ve 3 dakika süresince ıslatılmış, kurutma kağıdı ile kurulanmış, daha sonra öğütülerek kurutma dolabında 135 ^{o}C'de 2 saat kurutulmak suretiyle % tane suyu değerleri hesaplanmıştır. Ultrason işlemi ile ıslatma uygulamalarında ise, ultrason probu, içerisinde buğday su karışımı bulunan behere daldırılmış ve 3 farklı genlik seviyelerinde (%20, 60 ve 100) ultrason işlemine tabi tutularak ıslatma, kurulama, öğütme ve su tayini işlemleri aynen tekrarlanmıştır. Tanenin başlangıç tane suyu miktarına göre, absorbe ettikleri % su oranları hesaplanmıştır.

Tüm işlemlerde oda sıcaklığı şartlarında (20±^{o}C) ıslatma suyu kullanılmıştır. Tüm çalışmalar 2 paralelli ve 2 tekerrür uygulanarak yapılmıştır. Sonuçlar 2 tekerrürlü çalışmaların ortalamaları alınarak çizelge ve şekiller üzerinde özetlenmiştir (Çizelge 4.3).

Farklı sertlik değerlerindeki buğdayların tavlama işlemi yapılmadan önceki başlangıç tane suyu miktarları; %45 sertlikteki buğdayların %9.56, %65 sertlikteki buğdayların %9.35, %75 sertlikteki buğdayların %9.26 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.3. Farklı süre ve farklı genlik seviyelerindeki ultrason uygulamasının, ıslatılan farklı sertlikteki buğdayların tane suyu (%) absorbsiyonuna etkileri

		Tane suyu (%)											
Tane sertliği (%)		**45**				**65**				**75**			
Ultrason genliği (%)		**0[1]**	**20**	**60**	**100**	**0**	**20**	**60**	**100**	**0**	**20**	**60**	**100**
I. Tekrar	**1 dk.**	13.68	14.04	15.63	15.9	15.47	15.63	16.65	16.38	14.07	14.2	15.88	15.7
	2 dk.	14.81	15.35	15.98	16.59	15.84	15.79	16.78	16.39	14.32	14.81	16.45	16.95
	3 dk.	15.37	15.67	16.09	17.43	15.98	15.97	16.93	17.85	14.23	14.67	16.23	17.78
II. Tekrar	**1 dk.**	14.87	15.71	16.86	16.63	14.92	15.07	16.01	16.05	15.16	15.14	16.35	16.53
	2 dk.	15.27	15.86	17.44	17.05	15.31	15.33	16.14	16.71	15.55	15.64	16.6	17.24
	3 dk.	15.64	15.59	17.02	17.55	15.54	15.75	16.15	17.27	15.75	16.19	16.73	17.57

Ortalama	15.94
Standart sapma (±)	0.94
Minimum	13.68
Maksimum	17.85

[1]: Ultrason işlemi uygulanmamış klasik ıslatma işlemi yapılmış şahit numuneler

Çizelge 4.3'de şahit (0 genlik) numunelerle karşılaştırıldığında, dalga genliği ve ultrason işlemi süresi arttıkça tanenin su absorbsiyonunun arttığı gözlenmiştir.

Sertlik derecesinin işlem süresi ve genlik kadar etkili olmadığı anlaşılmaktadır. Genel olarak bakıldığında, ultrason uygulamaları ile tane suyu absorbsiyonu, şahit numunelere göre %1-3 arasında daha fazla olmuştur.

4.2.1.1.1. %45 tane sertliği için ultrason uygulaması genliğinin tanenin su absorbsiyonuna etkisi

Bu denemede %45 oranında sert ve %9.56 tane suyuna sahip buğday örneklerine klasik ve ultrason muameleli ıslatma işlemi uygulanmıştır. Çizelge 4.4 ve Şekil 4.1'e bakıldığında %20 dalga genliği seviyesinin su absorbsiyonuna etkisinin çok fazla olmadığı ve dalga genliği arttıkça su absorbsiyonunun yaklaşık %2 oranında arttığı tespit edilmiştir.

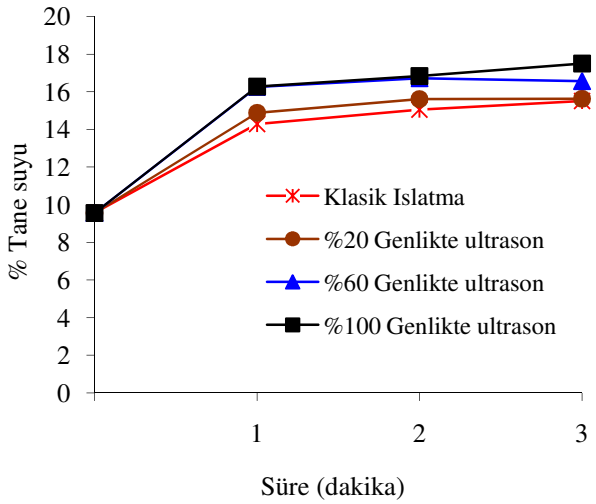
Tanenin su absorbsiyonu başlangıç tane suyu olan %9.56'dan, ultrason uygulaması ve süresinin etkisi ile %17.48 düzeyine kadar yükseldiği belirlenmiştir. Ultrason uygulanmamış şahit örneğe göre ise, %1.98 daha fazla su absorbsiyonu elde edilmiştir. İlk 1 dakika içinde hızlı, daha uzun ıslatma sürelerinde ise yavaş absorbsiyon etkisi gözlenmiştir (Çizelge 4.4 ve Şekil 4.1).

Sonuç olarak, %45 tane sertliği için %100 genlik ve 1 dakikalık işlem süresinin tavlama için optimum tane suyunun sağlanmasında yeterli olduğu kanaatine varılmıştır.

Çizelge 4.4. %45 oranında sert ve %9.56 tane suyuna sahip buğdaylara uygulanan klasik ve ultrason muameleli tavlama işleminin tane suyu miktarı üzerine etkisi ve artış miktarları[1]

Islatma süresi (dakika)	Islatma metodu			
	Klasik	Ultrason uygulamalı ıslatma		
	%0 Genlik	%20 Genlik	%60 Genlik	%100 Genlik
1	14.28	14.87	16.25	**16.26**
	+0.00	+0.59	+1.97	+1.98*
2	15.04	15.60	16.71	**16.82**
	+0.00	+0.56	+1.66	+1.78
3	15.50	15.63	16.56	**17.49**
	+0.00	+0.12	+1.05	+1.98

[1]**:** Tüm oranlar 2 tekerrür ortalamasıdır. *: Klasik ıslatmaya göre tane suyu değişim oranı



Şekil 4.1. %45 oranında sert ve %9.56 tane suyuna sahip buğdaylara uygulanan klasik ve ultrason muameleli tavlama işleminin tanenin su miktarı üzerine etkisi

4.2.1.1.2. %65 tane sertliği için ultrason uygulaması genliğinin tanenin su absorbsiyonuna etkisi

Bu aşamada, %65 oranında sert ve %9.35 tane suyuna sahip buğdaylara klasik ve ultrason muameleli ıslatma işlemi uygulanmış, tanenin su absorbsiyonu sonuçları Çizelge 4.5 ve Şekil 4.2'de özetlenmiştir. Burada da %20 ultrason genliğinin etkisiz olduğu gözlenmiştir. Özellikle, %100 dalga genliğinde elde edilen su absorbsiyonu değerlerinin, süreye bağlı olarak şahit numunelere göre %1-2 oranında daha fazla olduğu belirlenmiştir.

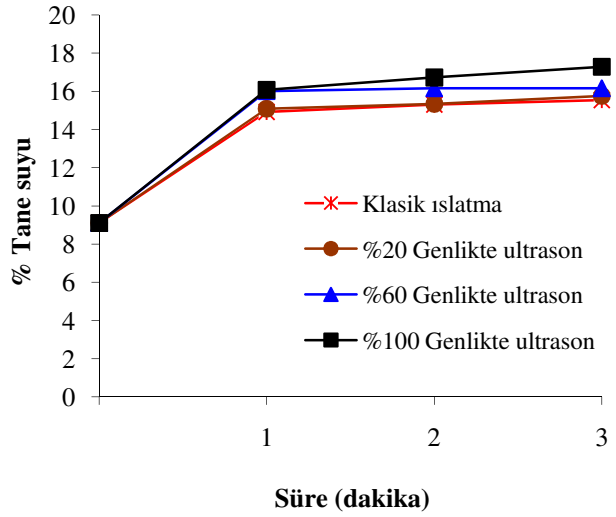
Tanenin su absorbsiyonu başlangıç tane suyu olan %9.35'ten, ultrason uygulamasının ve süresinin etkisi ile %17.56 düzeyine kadar yükselmiştir. Ultrason uygulanmamış şahide göre ise %1.80 daha fazla su absorbsiyonu elde edilmiştir. İlk 1 dakika içinde hızlı, daha sonraki sürelerde de yavaş etkili olmuştur (Çizelge 4.4 ve Şekil 4.2).

Sonuç olarak, su absorbsiyonunun %45 sertliğe göre daha yavaş olduğu, %65 tane sertliği için %100 dalga genliği ve 1 dakikalık işlem süresinin tavlama için optimum tane suyunun sağlanmasında yeterli olacağı kanaatine varılmıştır.

Çizelge 4.5. %65 oranında sert ve %9.35 tane suyuna sahip buğdaylara uygulanan klasik ve ultrason muameleli tavlama işleminin tane suyu miktarı üzerine etkisi ve artış miktarları[1]

Islatma süresi (dakika)	Islatma metodu			
	Klasik	Ultrason uygulamalı ıslatma		
	%0 Genlik	%20 Genlik	%60 Genlik	%100 Genlik
1	15.20	15.35	16.33	16.22
	+0.00	+0.15	+1.13	+1.02*
2	15.57	15.56	16.46	16.55
	+0.00	+etkisiz	+0.89	+0.98
3	15.76	15.86	16.54	17.56
	+0.00	+0.10	+0.78	+1.80

[1]**:** Tüm oranlar 2 tekerrürün ortalamasıdır. *: Klasik ıslatmaya göre tane suyu değişim oranı



Şekil 4.2. %65 oranında sert ve %9.35 tane suyuna sahip olan buğdaylara uygulanan klasik ve ultrason muameleli tavlama işleminin tanenin su miktarı üzerine etkisi

4.2.1.1.3. %75 tane sertliği için ultrason uygulaması genliğinin tanenin su absorbsiyonuna etkisi

Tane sertliği %75 ve tane suyu %9.26 olan buğday örneklerine klasik ve ultrason muameleli ıslatma işlemi uygulanarak, Çizelge 4.6 ve Şekil 4.3'de verilen sonuçlara ulaşılmıştır. Buna göre sertlik oranı yüksek buğdaylarda sürenin artışıyla orantılı olarak, su absorbsiyonu artışı tespit edilmiştir.

Tanenin su absorbsiyonu başlangıç tane suyu olan %9.26'dan, ultrason uygulamasının ve süresinin etkisi ile %17.68 düzeyine kadar yükselmiştir. Ultrason

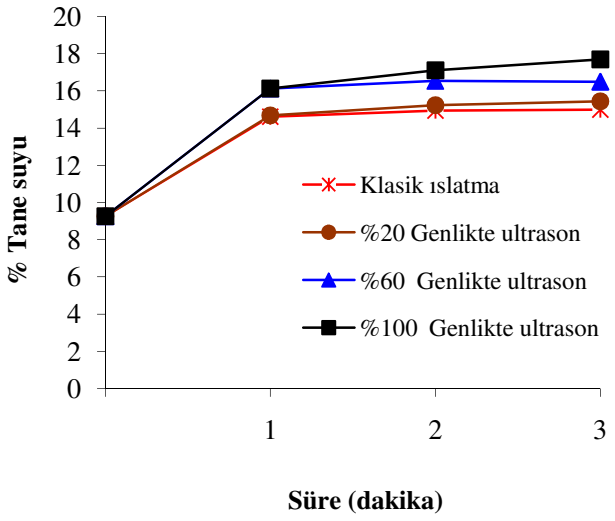
işlemi uygulanmamış şahide göre ise %2.68 gibi oldukça fazla su absorbsiyonu elde edilmiştir. İlk 1 dakika içinde hızlı, daha sonraki sürelerde de yavaş etkili olmuştur (Çizelge 4.4 ve Şekil 4.2).

Sonuç olarak, %75 tane sertliği için, %100 dalga genliği ve 1 dakikalık işlem süresinin tavlama için optimum tane suyunun sağlanmasında yeterli olabileceği, işlem süresinin ultrason uygulaması ile birlikte daha etkili olduğu kanaatine varılmıştır.

Çizelge 4.6. %75 oranında sert ve %9.26 tane suyuna sahip buğdaylara uygulanan klasik ve ultrason muameleli tavlama işleminin tane suyu miktarı üzerine etkisi ve artış miktarları[1]

Islatma süresi (dakika)	Islatma metodu			
	Klasik	Ultrason uygulamalı ıslatma		
	%0 Genlik	%20 Genlik	%60 Genlik	%100 Genlik
1	14.61	14.67	16.11	**16.12**
	+0.00	+0.06	+1.49	+1.50*
2	14.94	15.22	16.52	**17.10**
	+0.00	+0.28	+1.58	+2.15
3	14.99	15.43	16.48	**17.68**
	+0.00	+0.44	+1.48	+2.68

[1]**:** Tüm değerler 2 tekerrür ortalamasıdır. *: Klasik ıslatmaya göre tane suyu değişim oranı



Şekil 4.3. %75 oranında sert ve %9.26 tane suyuna sahip buğdaylara uygulanan klasik ve ultrason muameleli tavlama işleminin tanenin su miktarı üzerine etkisi

Genel sonuç: Tüm sertlik dereceleri dikkate alındığında ultrason uygulaması ile ıslatma işleminin, %100 dalga genliği ve 1 dakikalık işlem süresinin, %16-17 aralığındaki optimum tane suyunu sağlayabildiği dikkate alınarak, bu iki değerin optimum işlem parametresi olarak kullanılabileceği anlaşılmıştır.

4.2.1.2. Islatılmış buğdayın farklı tane sertliği, dinlendirme süresi ve ultrason uygulamasının bazı öğütme parametrelerine etkisi

Bu ön deneme kapsamında, yukarıda belirlenen %100 dalga genliği ve 1 dakikalık işlem süresi faktörleri sabit tutularak sertlik derecesine göre optimum dinlendirme süresinin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Öğütme sonucunda elde edilen un örneklerinin fiziksel, kimyasal ve teknolojik özellikleri ölçüm parametresi olarak kullanılmıştır.

Yapılan çalışmada, %100 genlik seviyesinde ultrason uygulaması ile 3 farklı sertlikte (%45, 65 ve 75) Bezostaya-1 buğday örneklerine, iki farklı işlem süresinde (0 ve 1 dakika), 3 farklı dinlendirme süresi (1, 8 ve 24 saat) uygulanmış, deneme deseni 2 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir **((3x2x3)x2).**

Ölçüm parametresi olarak, öğütme sırasında un verimi ve ölçülen maksimum elektrik akımı şiddeti (amper) ile öğütme sonrasında elde edilen unda kül miktarı değerleri belirlenmiştir. Buradan elde edilen sonuçlar incelenerek buğday için gerekli dinlendirme süresi tespit edilmiştir.

Bezostaya-1 buğday örneklerinin (%45 - 65 ve 75 sertlikte) her birinden, deneme desenine göre %100 genlikte 1 dakika süre ile ultrason uygulamalı tavlama yöntemi kullanılarak, 50'şer gramlık üç parti halinde yaklaşık 150-160'şar gramlık örnekler hazırlanmış, deneme deseni gereği farklı dinlendirme süreleri (1, 8 ve 24 saat) uygulanmıştır.

Klasik tavlama yönteminde, ultrason uygulaması ile tavlamaya eşdeğer miktarda tav suyu verilmiş, verilecek su miktarı aşağıdaki formülden faydalanılarak ilave edilmiş, daha sonra 1, 8 ve 24 saat sürelerle dinlendirilmişlerdir.

ES =[(D_1/D_2)x W] – W (Elgün ve ark., 2005)

ES: Eklenecek su miktarı (ml) **D_2:** Buğdayda istenen kurumadde (%)

W: Tavlanacak buğday miktarı (g) **D_1:** Buğdayın kurumaddesi (%)

Dinlendirme süreleri sonunda buğdaylar alınarak laboratuvar tipi valsli değirmende (Chopin Moulin CD1, Fransa) öğütülmüştür (Anon., 2002). Öğütme sırasında ve takiben örneklerin un verimleri, kül miktarı ve değirmenin harcadığı elektrik akım şiddeti (amper) değerleri tespit edilmiştir. Elde edilen veriler ve istatistik analizlerin sonuçları Çizelge 4.8 - 4.10'da özetlenmişlerdir.

4.2.1.2.1. Un verimi

Çizelge 4.7'deki un verimi sonuçları verilmiştir. 1 saat için her üç sertlikteki buğdaylarda ultrason uygulamasının yeterince etkili olmadığı görülmektedir. Fakat 8 ve 24 saatlik tav süresi uygulamalarında, özellikle %45 ve %65 sertlikte olan buğdaylar için belirgin bir un verimi artışı olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.8'de verilen varyans analiz sonuçlarına göre, *''Tane sertliği''* ana varyasyon kaynağının ve ''*Tane sertliği x Dinlendirme süresi*'' interaksiyonunun un verimi üzerine istatistiksel olarak $p<0.01$ seviyesinde önemli olduğu, *''Tane sertliği x Tavlama işlemi x Dinlendirme süresi ''* interaksiyonunun ise, istatistiki olarak $p<0.05$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Diğer varyasyon kaynaklarının istatistiksel açıdan önemsiz olduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.9'da verilen Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, dinlendirme süresi arttıkça un veriminde deskriptif bir artış görülmesine karşılık istatistiki bakımdan önemli bulunmamıştır. Aynı durum dinlendirme süreleri için de geçerlidir. Bu durum ya kuvvetli bir interaksiyondan veyahut da deneysel sapmalardan kaynaklanabilir. 50 g'lık örneklerle çalışmadan kaynaklanabilecek deneysel sapmaların etkili olduğu düşünülmüştür. Bu durum Şekil 4.4'teki diyagramatik görünüşten de açıkça anlaşılmaktadır.

Tavlama işleminde ultrason uygulamalı tavlama işleminin klasik tavlama işlemine göre un verimine üstün bir etkisi elde edilememiştir. Diğer taraftan da dinlendirme süresinde de, un veriminde beklenen olumlu etki görülememiştir (Çizelge 4.9). Bu bakımdan, mevcut çalışma şartlarında, optimum dinlendirme süresi olarak 24 saatlik sürenin kullanılmasının uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.7. Klasik tavlama ve ultrason uygulaması ile tavlama sonucunda farklı sürelerde dinlendirilen buğdayların öğütülmeleri ile elde edilen % un verimleri

			Un verimi (%)					
Sertlik oranı (%)			**45**		**65**		**75**	
Tavlama işlemi			**Klasik tavlama**	**US[1] (1 dakika)**	**Klasik tavlama**	**US (1 dakika)**	**Klasik tavlama**	**US (1 dakika)**
Tav süreleri	**I. Tek.**	**1 saat**	65.89	62.74	64.63	64.90	66.78	67.83
		8 saat	65.08	66.43	66.58	66.19	65.78	64.22
		24 saat	65.18	65.95	66.43	66.60	68.56	66.65
	II. Tek.	**1 saat**	65.68	64.94	64.20	64.55	68.07	66.63
		8 saat	64.55	65.62	65.73	65.48	65.53	64.95
		24 saat	64.27	66.40	65.73	66.16	66.40	65.90
Ortalama			65.75					
Standart sapma (±)			1.15					
Minimum			62.74					
Maksimum			68.56					

[1]: US: Ultrason uygulaması ile tavlama, %100 genlik ve 1 dakikalık ıslatma süresi uygulanmıştır

Çizelge 4.8. Klasik tavlama ve ultrason uygulaması ile tavlama sonucunda farklı sürelerde dinlendirilen buğdayların bazı öğütme parametrelerine ait varyans analiz sonuçları

VK	**SD**	**Un verimi**		**Kül miktarı**		**Elektrik akımı şiddeti**	
		KO	**F**	**KO**	**F**	**KO**	**F**
Tane sertliği (A)	2	4.646	9.293**	0.003	1.136ns	0.001	4.208*
Tavlama işlemi (B)	1	0.238	0.477ns	0.000	0.078ns	0.000	1.052ns
Dinlendirme süresi (C)	2	1.674	3.349ns	0.034	13.187**	0.006	27.390**
A*B	2	0.997	1.994ns	0.001	0.457ns	0.000	1.091ns
A*C	4	3.757	7.515**	0.004	1.590ns	0.007	30.721**
B*C	2	0.494	0.988ns	0.001	0.301ns	0.000	0.273ns
A*B*C	4	1.763	3.527*	0.001	0.285ns	0.000	0.487ns
Hata	18	0.500		0.003		0.000	

* p< 0.05 düzeyinde önemli. ** p< 0.01 düzeyinde önemli, ns=önemsiz VK: Varyasyon kaynağı
SD: Serbestlik derecesi

Çizelge 4.9. Klasik tavlama ve ultrason uygulaması ile tavlama sonucunda farklı sürelerde dinlendirilen buğdayların bazı öğütme parametrelerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	N	Un verimi (%)	Kül miktarı[2](%)	Elektrik akım şiddeti (*Amper*)
Tane sertliği (%)				
Bezostaya-1 (%45 sert)	12	65.228[b]	0.583[a]	1.264[b]
Bezostaya-1 (%65 sert)	12	65.598[ab]	0.568[a]	1.279[a]
Bezostaya-1 (%75 sert)	12	66.442[a]	0.600[a]	1.264[b]
Tavlama işlemi				
Klasik tavlama	18	65.837[a]	0.586[a]	1.267[a]
Ultrason uygulaması ile tavlama	18	65.674[a]	0.582[a]	1.272[a]
Dinlendirme süresi				
1 saat	12	65.570[a]	0.645[a]	1.288[a]
8 saat	12	65.512[a]	0.553[b]	1.274[a]
24 saat	12	66.186[a]	0.552[b]	1.245[b]

[1]: Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ($p<0.05$)
[2]: Kuru madde esasına göre

Un verimi üzerine etkisi olan *''Tane sertliği x Tavlama işlemi x Dinlendirme süresi''* interaksiyonunun gidişi Şekil 4.4'de verilmiştir. Bu veriler de tane sertlik derecesi ile birlikte un veriminin arttığını, buna karşılık diğer işlem parametrelerinin un verimi üzerinde anlamlı bir değişikliğe sebep olamadığını açıkça göstermektedir.

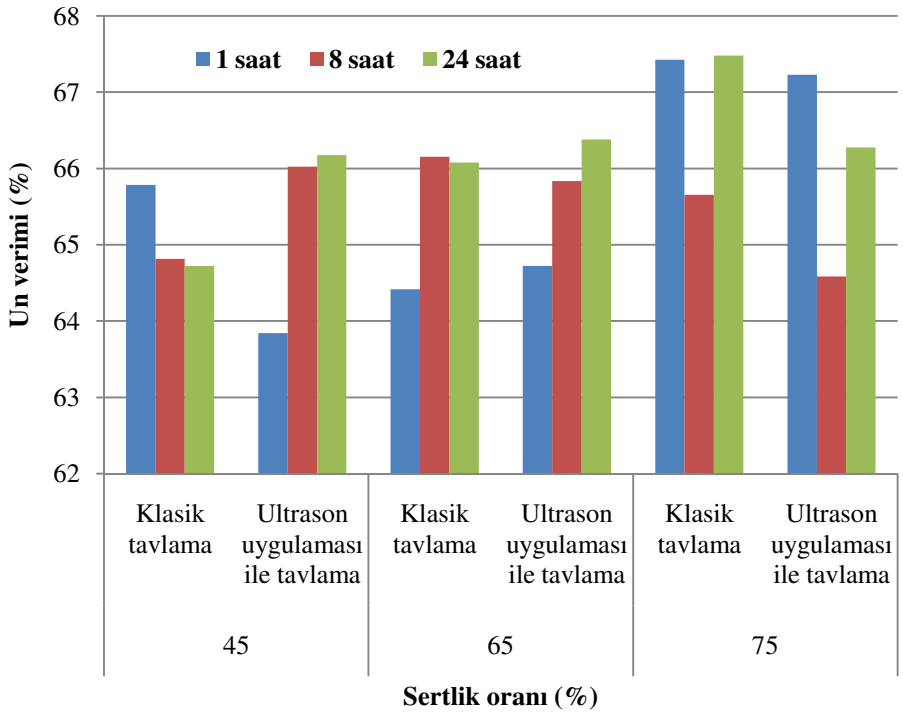
Ultrason uygulaması ile tavlamada ıslatma hatalarının minimize edildiği düşünülen yalnız 24 saat dinlendirilmiş buğdayların un verimleri dikkate alındığında, %45 ve 65 sertlikteki buğday örneklerinde ultrason uygulaması ile tavlamanın biraz daha yüksek un verimi sağladığı görülmüştür (Şekil 4.4). Bu sonuç ekmeklik un üretiminde 24 saat dinlendirilme işleminin un veriminde artış sağlayabildiğine işaret etmektedir.

Buna karşılık %75 sertlik derecesinde ise aksine un veriminin düştüğü görülmektedir (Şekil 4.4). Bu sonuç ise, baklavalık unlar gibi çok sert buğday paçallarında 24 saatlik dinlendirme süresinin yeterli olmadığına işaret etmektedir. Endüstriyel un üretiminde, bu tip buğday paçalları 48 veya 72 saat gibi uzun süre dinlendirilmektedir.

Genel olarak, un verimine ultrason uygulamasının etkisi hususunda, 24 saatlik dinlendirme süresi dışında anlamlı bir sonuç elde etmek mümkün olmamıştır. Bunun sebebinin, ıslatma işleminin 50 gramlık partiler halinde uygulanabilmesi, örnek miktarının az olması, işlem sırasında buğdayın su içindeki düzensiz hareketliliği ve

buğday tanelerinin irilik ve iç yapı bakımından heterojen olmasından kaynaklandığı, bunlara bağlı olarak da deneysel hatanın yüksek olarak geliştiği düşünülebilir.

Diğer bir neden olarak da, %45 ve 65 sertlik derecelerinde 1 dakikalık ıslatma süresinin, bu gruba optimum tav suyu üzerinde absorbsiyon sağladığı, bunun da un verimini düşürdüğü söylenebilir.



Şekil 4.4. Un verimi üzerine etkili olan *" Tane sertliği x Tavlama işlemi x Dinlendirme sür*esi" interaksiyonu

4.2.1.2.2. Kül miktarı

Çizelge 4.10'da görüldüğü gibi unda kül miktarı değerlerindeki değişim, un verimi (Çizelge 4.7) ile genellikle ters orantılı olarak gelişmiştir. Bu farklılıkların un veriminde ileri sürülen faktörlerce etkilendiği söylenebilir.

Çizelge 4.8'de verilen varyans analiz sonuçlarına göre, dinlendirme süresi varyasyon kaynağının kül miktarı üzerine $p<0.01$ seviyesinde önemli olduğu ve diğerlerinin ise önemsiz etkide bulunduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.10. Klasik ve ultrason uygulaması ile tavlamada farklı sürelerde dinlendirilen buğday örneklerinin öğütülmeleri ile elde edilen unlarının kül miktarları

			Kül miktarı[2] (%)					
Tane sertliği (%)			**45**		**65**		**75**	
Tavlama işlemi			**Klasik tavlama**	**US[1] (1 dakika)**	**Klasik tavlama**	**US (1 dakika)**	**Klasik tavlama**	**US (1 dakika)**
Tav süreleri	**I. Tek.**	**1 saat**	0.68	0.74	0.63	0.66	0.66	0.69
		8 saat	0.54	0.55	0.55	0.56	0.56	0.51
		24 saat	0.50	0.58	0.50	0.57	0.69	0.57
	II. Tek.	**1 saat**	0.64	0.56	0.57	0.60	0.68	0.63
		8 saat	0.61	0.56	0.56	0.56	0.56	0.51
		24 saat	0.51	0.52	0.51	0.49	0.53	0.61
Ortalama			0.58					
Standart sapma (±)			0.064					
Minimum			0.49					
Maksimum			0.74					

[1]: Ultrason uygulaması [2]: Kuru madde esasına göre

Diğer taraftan yine Çizelge 4.9'da özetlenen Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları, klasik ve ultrason uygulaması ile tavlama işlemlerinin unda kül miktarı üzerine dikkate değer bir etki yapmadığını göstermektedir.

Çizelge 4.9'da verilen Duncan çoklu karşılaştırma sonuçları, dinlendirme süresindeki artışa karşılık un külü miktarındaki düşüşü açıkça göstermektedir. Dinlendirme süresi arttıkça, 8. saatten sonra kül oranında hızlı bir düşme görülmektedir. Bu olumlu etki, un veriminde ancak deskriptif olarak fark edilebilmiş, istatistik olarak önemli ($p<0.05$) çıkmamıştır.

Yine unda kül miktarı ortalamalarına (Çizelge 4.9) deskriptif bir bakış ile %75 sertlik derecesinde, daha yumuşak gruplara göre kül miktarında tekrar bir artış gözlenmektedir. Bu değişimin un veriminde 24 saatlik dinlendirme sonucu görülen değişimlerle uyumlu olduğu, bu sertlik grubunda dinlendirmenin yeterli olmadığı savını doğrulamaktadır.

4.2.1.2.3. Enerji sarfiyatı

Öğütmede harcanan enerji sarfiyatının tahmin edilmesinde, öğütme işlemi yapılırken, kablo üzerinden elektrik akım şiddetini ölçen kelepçeli ampermetre (CLAMPMETER-DT266C) kullanılmıştır. CHOPIN modeli laboratuvar değirmeninin öğütme sırasında harcadığı elektrik miktarları Çizelge 4.11'de özetlenmiştir. Öğütmede kullanılan elektrik sarfiyatı, maksimum elektrik akım şiddeti (*amper*) ile ifade edilmiştir.

Enerji sarfiyatı ile ilgili varyans analizi sonuçlarına (Çizelge 4.8) göre, buğday örneklerinin öğütülmesinde harcanan enerji sarfiyatı *"Tane sertliği" ($p<0.05$), Tavlama süresi" ($p<0.01$)* ve *"Tane sertliği x Tavlama süresi''* interaksiyonu (*$p<0.01$)* tarafından istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilenmiştir. Tane sertliği harcanan enerji miktarını artırırken, dinlendirme süresi uzadıkça enerji sarfiyatı düşmüştür (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.11. Klasik tavlama ve ultrason uygulaması ile tavlama sonucunda farklı sürelerde dinlendirilen buğdayların öğütülmeleri sırasında edilen elektrik akım şiddeti (amper) değerleri

			Elektrik akım şiddeti (*Amper*)					
Tane sertliği (%)			**45**		**65**		**75**	
Tavlama işlemi			**Klasik tavlama**	**US[1] (1 dakika)**	**Klasik tavlama**	**US (1 dakika)**	**Klasik tavlama**	**US (1 dakika)**
Tav süreleri	**I. Tek.**	**1 saat**	1.33	1.31	1.27	1.25	1.27	1.26
		8 saat	1.22	1.24	1.33	1.31	1.29	1.28
		24 saat	1.21	1.24	1.26	1.28	1.24	1.24
	II. Tek.	**1 saat**	1.33	1.36	1.26	1.26	1.27	1.29
		8 saat	1.23	1.24	1.30	1.32	1.25	1.28
		24 saat	1.22	1.24	1.26	1.25	1.26	1.24
Ortalama			1.26					
Standart sapma (±)			0.03					
Minimum			1.21					
Maksimum			1.36					

[1]: US (Ultrason uygulaması)

Farklı tavlama işlemleri birbirine oldukça yakın sonuçlar vermiştir (Çizelge 4.9).

"Tane sertliği x Tavlama süresi" interaksiyonu Çizelge 4.11'deki rakamlardan takip edilecek olursa, %45 sertlikteki yumuşak karakterli buğday örneklerinde

dinlendirme süresi artarken enerji sarfiyatında önemli değer düşüşleri gözlenmiştir. Bu bulgu da un verimi ve unda kül miktarı tartışılırken ileri sürüldüğü gibi, dinlendirme süresinin yetersizliği ile açıklanabilir. Bu durumda yine ekmeklik buğdayların öğütülmesinde 24 saatlik dinlendirme ile hem klasik ve hem de ultrason uygulaması ile tavlama metotlarında iyi sonuç alınabileceği, sert buğdaylarda ise 48 veya 72 saate kadar dinlendirmenin daha faydalı olabileceği söylenebilir.

Tavlama metotlarının, tüm öğütme spekleri üzerine etkisi çok sınırlı olmuştur.

4.2.1.2.4. Dinlendirme süresi ihtiyacı

Genel bir değerlendirme yapılacak olursa, dinlendirme süresi denemeleri sonucunda, 1 ve 8 saat'lik tav sürelerinin, öğütme kalitesi, özellikle de un verimi üzerinde belirgin bir farklılık oluşturmadığı görülmüştür. Bu nedenle, kül ve enerji sarfiyatında görülen olumlu sonuçlar dikkate alınarak, 24 saatlik dinlendirme süresinin iki farklı metotla ıslatılmış buğday örnekleri için de uygulanmasına karar verilmiştir.

Dinlendirme süresi denemelerinde, farklı sertlik derecesindeki buğday örneklerine 1 dakikalık sabit sürede ıslatılarak tav suyu verilmesinin sebep olduğu sapmalar mevcuttur. Bu sebeple özellikle un veriminde önemli sapmalara rastlanmıştır. Dolayısıyla farklı sertlikteki buğday örneklerine değişik miktarlarda su verilmiştir. Ön denemelerimizde yeterli tane suyunu sağlayan 1 dakikalık sabit ultrason uygulama süresi, elde edilen un suyu miktarlarından da anlaşılacağı üzere, %16 tav suyu verilen şahitlere göre %0.5-1.0 civarında fazla suya sebep olmuştur. Muhtemelen bu fazlalık ve işlem özellikleri ultrason uygulanan buğday örneklerinde kabuk endosperm ayrışımının düşmesine ve sonuç olarak öğütme parametrelerinde farklılıklara sebep olmuştur.

Sonuç olarak, muhtemelen 50 gramlık örnek partileri ile geçekleştirilen ıslatma işlemlerinden kaynaklanan, deneysel hataya dayalı olarak un verimlerinde beklenmeyen sapmalar görülmüştür. Dinlendirmede, her iki ıslatma sistemi için 24 saatlik süre kül miktarında önemli düşüşe sebep olduğundan, klasik ve ultrason uygulaması ile tavlama sistemleri için optimum süre olarak kabul edilmiştir (Çizelge 4.8 ve 4.11).

4.2.2. Klasik ve ultrason uygulanarak tavlanmış buğdayların un verimleri ile unlarının bazı fiziksel, kimyasal ve teknolojik özelliklerinin değişimi

Bu bölümde, %16 tane suyu ile klasik sistemde ıslatılmış ve paralelinde %100 genlikte 1 dakika ultrason uygulanarak ıslatılmış buğdayların, 24 saat dinlendirmeyi takiben elde edilen un verimi değerleri ve unlarının teknik değer değişimleri incelenmiştir.

Analiz edilecek örnekler aşağıdaki çalışma planına göre hazırlanmış ve klasik yöntemle tavlama işlemi ile karşılaştırılmıştır.

Çalışmada, 3 farklı sertlik derecesindeki (%45, 65 ve 75) buğday örneklerine, 2 adet tavlama metodu (klasik ve ultrason) uygulanmış, deneme 2 tekerrürlü faktöriyel plana **"(3x2)x2"** göre yürütülmüştür.

Klasik tavlamada her bir örnekten 3 kg alınarak, %16 tane suyuna ıslatılmış, takiben 24 saat dinlendirilmişlerdir.

Ultrason uygulaması ile tavlamada ise, ön denemelerde tespit edilen optimum şartlarda %100 genlik ve 1 dakika süre ile ultrason cihazında ıslatma uygulanmıştır. 50'şer gramlık örnekler 3 kg'a tamamlanmış ve 24 saat süre ile dinlendirilmiştir.

Buğday örnekleri öğütme işlemine tabi tutulmuş, beraberinde temizlenmiş tavlanmış buğdaya göre un verimleri hesaplanmıştır. Elde edilen un örnekleri oda şartlarında 3 hafta süre ile dinlendirildikten sonra fiziksel, kimyasal ve teknolojik analiz ve testler gerçekleştirilmiştir.

4.2.2.1. Un verimi ve un örneklerinin bazı fiziksel özellikleri

Üç farklı sertlik derecesindeki Bezostaya-1 buğdaylarından elde edilen unların un verimi, elek ve renk analiz sonuçları aşağıda ayrı ayrı incelenmiştir.

4.2.2.1.1. Un verimi

Laboratuvar değirmeni ile elde edilen % un verimi değerleri Çizelge 4.12 ' de iki tekerrürün ortalaması şeklinde özetlenmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre, buğday örneklerinin un verimi değerleri üzerine, "*Tane sertliği"* ve *"Tavlama işlemi"* varyasyon kaynaklarının istatistiksel olarak önemli etkide bulunmadığı görülmüştür (Çizelge 4.13). Bu sonuç daha önceki bulgularımızı da doğrulayarak, özellikle ıslatmada, ultrason işleminin çok homojen uygulanamaması, sabit sürede taneye verilen su miktarının tane özelliklerine göre gösterdiği farklılık ve küçük partiler halinde uygulanan ultrason işleminden kaynaklanan deneysel hatanın büyüklüğünü ortaya koymaktadır.

Bu sonuç, sabit laboratuvar şartlarında öğütülerek elde edilen un verimi açısından düşünülen olumlu beklentilerimizin karşılayamayacağını da ortaya koymuştur.

Varyans analizi sonuçlarına rağmen, Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına ($p<0.05$) göz atıldığında ise istatistik öneme haiz olmayan, fakat deskriptif bir karşılaştırma ile ultrason uygulaması kullanılarak yapılan tavlama işleminin klasik tavlamaya göre az da olsa bir artışa sebep olduğu görülmektedir (Çizelge 4.14). Bu durum, deneysel hataların asgariye indirilmesi durumunda daha net artışların elde edilebileceğine işaret etmektedir.

4.2.2.1.2. Granül inceliği

Unda granülasyon inceliği test sonuçları Çizelge 4.12'de verilmiştir. Granülasyon inceliği değerlerine ait varyasyon kaynaklarının etkileri $p<0.05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.13).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise, Çizelge 4.14'te özetlenmiştir. Bu sonuçlara göre, 140 µ elek altı elek analizi ile gerçekleştirilen granülasyon inceliği testlerinde, sertliğe bağlı un inceliği değerlerinin değişimi, muhtemelen tavlama işlemlerinde karşılaşılan deneysel hatalara bağlı olarak anlamlı bir değişim gösterememiştir.

Buna karşılık yine Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göz atıldığında (Çizelge 4.14), ultrason uygulaması ile tavlama işlemi 140 µ elek altı granülasyon inceliği değerini klasik tavlamaya oranla %73.26'dan %79.76'ya önemli düzeyde artırmıştır. Granülasyon inceliği, tavlama işleminin etkinliğini gösteren bir parametre

olduğundan, ultrason uygulamalı tavlamanın un veriminde olumlu sonuçlar vereceği kanaatini uyandırmaktadır.

Şekil 4.5'te granülasyon inceliği üzerine $p<0.05$ düzeyinde etkili olan (Çizelge 4.13) *''Tane sertliği x Tavlama işlemi''* interaksiyonunun gidişi görülmektedir. Buna göre, tane sertliği arttıkça özellikle ultrason uygulaması ile tavlamada da un inceliği artışı gözlenmektedir. Bu durum bazı deneysel hatalara rağmen ultrason uygulaması ile tavlamanın un inceliğini artırmada daha etkin olduğuna işaret etmektedir. Aynı gidiş, %65 sertlikteki buğday unları hariç klasik örnek gruplarında da geçerlidir.

Çizelge 4.12. Buğday örneklerinin klasik ve ultrason uygulaması ile tavlanmaları sonucu öğütülerek elde edilen unlarının bazı fiziksel analiz sonuçları

		Un verimi (%)			**Granül inceliği[1] (%)**			**Renk analizi**								
								L*			**a***			**b***		
Tane Sertliği (%)		**45**	**65**	**75**	**45**	**65**	**75**	**45**	**65**	**75**	**45**	**65**	**75**	**45**	**65**	**75**
Klasik tavlama	**I. Tek.**	68.45	67.83	67.87	77.2	67.5	82.3	94.91	95.16	93.632	-0.128	-0.414	-0.248	8.962	9.45	8.434
	II. Tek.	67.45	68.24	67.07	73.5	57.7	81.4	95.194	95.328	94.508	-0.264	-0.428	-0.136	9.108	9.44	8.722
Ultrason uygulaması ile tavlama	**I. Tek.**	69.08	68.99	68.61	77.4	82.2	80.1	96.128	95.87	93.994	-0.346	-0.124	-0.266	9.012	8.442	8.692
	II. Tek.	67.62	68.04	67.98	79.2	79.3	80.4	95.85	95.654	95.226	-0.124	-0.106	-0.118	8.706	8.546	8.73
Ortalama			68.10			76.51			95.121			-0.225			8.853	
Standart sapma (±)			0.60			7.24			0.76			0.12			0.34	
Minimum			67.07			57.7			93.632			-0.428			8.434	
Maksimum			69.08			82.3			96.128			-0.106			9.45	

[1]:140µ elek altı

Çizelge 4.13. Buğday örneklerinin klasik ve ultrason uygulaması ile tavlanması sonucu öğütülerek elde edilen unlarının bazı fiziksel analizlerine ait varyans analiz sonuçları

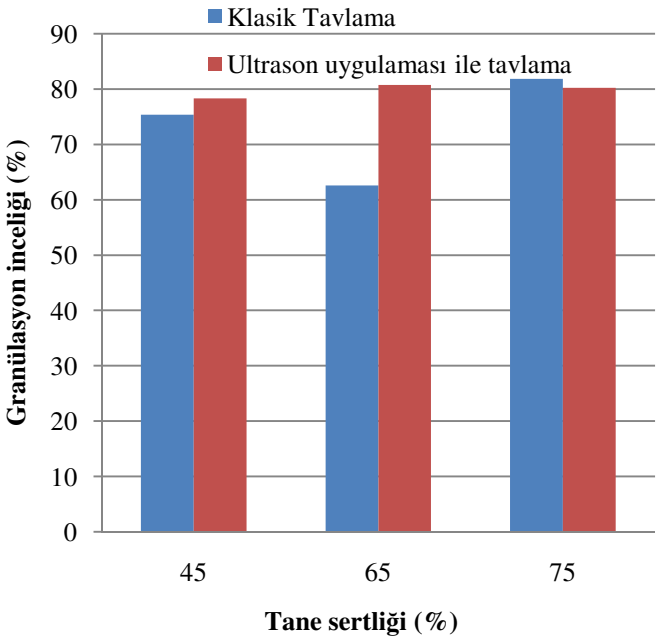
VK	SD	Un verimi		Granül inceliği		Renk					
						L*		a*		b*	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Tane sertliği (A)	2	0.161	0.368ns	88.176	8.653*	1.829	8.622*	0.006	0.642ns	0.134	7.635*
Tavlama işlemi (B)	1	0.969	2.219ns	126.750	12.439*	1.327	6.253*	0.023	2.678ns	0.327	18.633**
A x B	2	0.051	0.117ns	106.967	10.497*	0.057	0.268ns	0.036	4.073ns	0.312	17.813**
Hata	6	0.437		10.190		0.212		0.009		0.018	

* p< 0.05 düzeyinde önemli, ** p< 0.01 düzeyinde önemli, ns=önemsiz VK: Varyasyon kaynağı SD: Serbestlik derecesi

Çizelge 4.14. Klasik ve ultrason uygulaması ile tavlama işlemi sonucunda öğütülerek elde edilen unların bazı fiziksel analizlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Faktör	N	Un verimi (%)	Granül inceliği[1] (%)	Renk		
				L*	a*	b*
Tane Sertliği (%)						
Bezostaya-1 (%45 sert)	4	68.150^{a}	76.825^{ab}	95.520^{a}	-0.215^{a}	8.948^{a}
Bezostaya-1 (%65 sert)	4	68.275^{a}	71.675^{b}	95.503^{a}	-0.268^{a}	8.970^{a}
Bezostaya-1 (%75 sert)	4	67.883^{a}	81.050^{a}	94.340^{b}	-0.195^{a}	8.642^{b}
Tavlama İşlemi						
Klasik tavlama	6	67.818^{a}	73.267^{a}	94.788^{a}	-0.270^{a}	9.018^{a}
Ultrason uygulaması ile tavlama	6	68.387^{a}	79.767^{a}	95.453^{a}	-0.182^{a}	8.688^{b}

[1]**:**140µ elek altı



Şekil 4.5. Granül inceliği (<140µ) üzerine etkili olan '' *Tane sertliği x Tavlama işlemi''* interaksiyonu

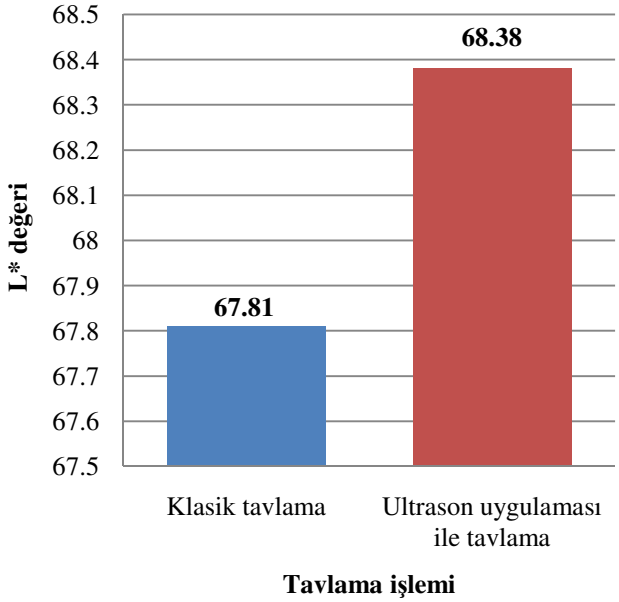
4.2.2.1.3. Un rengi

Çizelge 4.12'de ortalama olarak Bezostaya-1 çeşidine ait %45, 65 ve 75 sertlikteki buğday örneklerinden, iki farklı tavlama metodu ile elde edilen unların renk değerleri verilmektedir.

Varyans analiz sonuçlarına göre (Çizelge 4.13), unun L* değeri üzerine buğdayın*"Tane sertliği"* ve "*Tavlama işlemlerinin"* istatistiki olarak $p<0.05$ düzeyinde önemli ve olumlu etkisi görülmüştür. Unun kırmızılık değeri etkilenmemiş, sarı renk intensitesi ise üç varyasyon kaynağı tarafından da önemli düzeyde etkilenmiştir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre (Çizelge 4.14), ultrason uygulaması ile tavlanmış buğday unlarında L* değerinde, yani unun parlaklık derecesinde artış görülmüştür. Şekil 4.6'da tavlama işlemlerinin L* değerleri üzerine olan etkisi diyagramatik olarak görülmektedir. Ultrason uygulaması ile tavlama işleminin, ön denemelerde ultrason uygulaması ile ıslatma işlemindeki su almada olduğu gibi endospermde mozaikleşmeyi de hızlandırdığını, daha etkin bir tavlama süreci ile unda inceliği artırdığını, böylece daha beyaz ve parlak renkte un elde edildiğini söyleyebiliriz. Granüler ve iri taneciğe sahip unların sarı, ince granülasyondaki unların beyaz ve parlak renk verdiğine dair literatür bilgileri mevcuttur

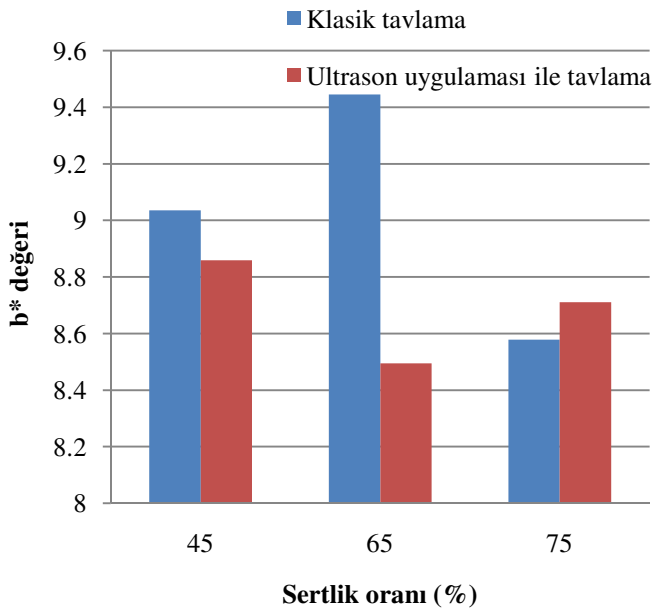
(Elgün ve Ertugay, 1990; Pomeranz, 1988; Pyler, 1988). Benzer değişimin granülasyon inceliğinde de görülmesi (Çizelge 4.14) literatür bilgilerini doğrulamaktadır.



Şekil 4.6. *Tavlama işleminin* L* değerleri üzerine etkisi

Elde edilen unların sarı renk koyuluğu, b* değeri üzerine, buğday *tane sertliğinin* $p<0.05$ düzeyinde, *tavlama işleminin* de $p<0.01$ düzeyinde istatistiki olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. Buna göre b* değerlerine etkili olan ‘*Tane sertliği x Tavlama işlemi*’ interaksiyonu Şekil 4.7 ‘de verilmiştir.

Ultrason uygulaması ile tavlanmış %45 ve 65 sertlikteki buğdaylardan elde edilen unlarda b* değerlerinde düşüş yani renkte beyazlama olurken, %75 sertlik derecesinde tersine bir gidiş görülmektedir. Bu sonuçlar, %45 ve 65 sertlik gurubunda beklenen sonucu vermiştir. %75 sertlik derecesinde ise, tavlama süresinin daha önceden üzerinde durulduğu gibi, tavlama süresinin yetersizliğine bağlı olarak un inceliği hem klasik ve hem de ultrason uygulamalı tavlama işlemlerinin her ikisinde de düşmüştür. Ultrason uygulaması klasik olana göre daha granüler un verdiğinden unun sarı renk intensitesinde daha fazla artış olmuştur.



Şekil 4.7. b* değerlerine etkisi olan '' *Tane sertliği x Tavlama işlemi''* interaksiyonu

4.2.2.2. Unun kimyasal özellikleri

Unlarda yapılan bazı kimyasal analizlerin sonuçları Çizelge 4.15'de verilmiştir. Çizelge 4.16 bu analiz sonuçlarına ait varyans analiz sonuçlarını, Çizelge 4.17 ise Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarını özetlemektedir.

4.2.2.2.1. Unda su miktarı

Klasik ve ultrason uygulamalı tavlama işlemi yapılan buğdaylardan elde edilen unlar 3 hafta dinlendirildikten sonra % su miktarı analizleri yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.15'de verilmiştir. Elde edilen un suyu miktarları kül ve protein miktarlarının kuru madde esasına göre hesaplamalarında kullanılmıştır. Ancak bu arada klasik tavlama işlemine göre ultrason uygulamalı tavlama ile elde edilen unların %0.2-1.0 arasında daha fazla su miktarına sahip oldukları belirlenmiş, buna binaen değişimin istatistiksel olarak incelenmesine karar verilmiştir. Bu hususta muhtemelen su vermede kullanılan ultrason işlemi taneye suyun daha iyi nüfuzunu sağlamış, sonuçta dinlendirmeye rağmen un tanecikleri daha fazla oranda suyu bünyesinde tutabilmiştir.

Çizelge 4.15. Klasik tavlama ve ultrason uygulaması ile tavlama sonucunda öğütülerek elde edilen unların bazı kimyasal analiz sonuçları

		Su (%)			Kül[1] (%)			Protein[2] (%)		
Tane sertliği (%)		**45**	**65**	**75**	**45**	**65**	**75**	**45**	**65**	**75**
Klasik tavlama	**I. Tek.**	16.39	16.11	15.29	0.65	0.60	0.62	8.61	8.37	12.26
	II. Tek.	15.92	15.95	15.63	0.61	0.60	0.60	8.2	9.36	11.63
Ultrason uygulaması ile tavlama	**I. Tek.**	16.78	17.45	15.55	0.54	0.57	0.53	8.0	8.92	11.62
	II. Tek.	16.97	16.74	16.07	0.57	0.58	0.51	8.4	8.8	11.7
Ortalama			16.23			0.58			9.65	
Standart sapma (±)			0.64			0.04			1.63	
Minimum			15.29			0.51			8	
Maksimum			17.45			0.65			12.26	

[1]: Kuru madde esasına göre **[2]:**Kuru madde esasına göre ve Protein: N x 5.7

Çizelge 4.16. Klasik tavlama ve ultrason uygulaması ile tavlama sonucunda öğütülerek elde edilen unların bazı kimyasal analiz değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	Su		Kül		Protein	
		KO	F	KO	F	KO	F
Tane Sertliği (A)	2	1.091	11.167**	0.001	3.029ns	14.138	98.301**
Tavlama işlemi (B)	1	1.519	15.548**	0.012	42.471**	0.082	0.568ns
A x B	2	0.128	1.308ns	0.001	4.088ns	0.021	0.145ns
Hata	6	0.098		0.000		0.144	

* p< 0.05 düzeyinde önemli, ** p< 0.01 düzeyinde önemli, ns=önemsiz VK: Varyasyon kaynağı SD: Serbestlik derecesi

Çizelge 4.17. Klasik tavlama ve ultrason uygulaması ile tavlama sonucunda öğütülerek elde edilen unların bazı kimyasal analiz değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

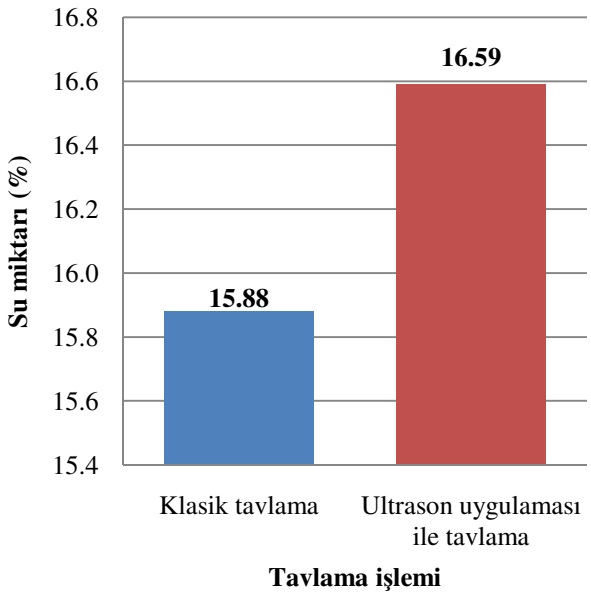
Faktör	N	Su (%)	Kül (%)	Protein (%)
Tane Sertliği				
Bezostaya-1 (%45 sert)	4	16.515^{a}	0.593^{a}	8.303^{c}
Bezostaya-1 (%65 sert)	4	16.563^{a}	0.588^{a}	8.863^{b}
Bezostaya-1 (%75 sert)	4	15.635^{b}	0.565^{a}	11.802^{a}
Tavlama İşlemi				
Klasik tavlama	6	15.882^{a}	0.613^{a}	9.738^{a}
Ultrason uygulaması ile tavlama	6	16.593^{a}	0.550^{b}	9.573^{a}

Varyans analizleri sonuçlarına göre, ‘‘*Tane sertliği*’’ ve ‘‘*Tavlama işlemleri’’* etkilerinin unda su miktarı değerine istatistiki olarak $p< 0.01$ düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.16).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre (Çizelge 4.17), %75 sertlik derecesinde unda su miktarının aniden düştüğü görülmektedir. Bu veri çok sert buğday paçallarında, suyun 24 saatlik dinlenme süresinde merkezi endosperme ulaşamadığını, dolayısıyla unda su miktarının düştüğüne delil olabilir.

Çizelge 4.17’de verilen Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları, ultrason uygulaması ile yapılan tavlama işleminin klasik tavlama işlemine göre unda su miktarını daha fazla artırdığını göstermektedir. Şekil 4.8‘de tavlama işleminin % su miktarı üzerine etkisi diyagramatik olarak gösterilmiştir. Şekil 4.8, 3 haftalık dinlendirme süresine rağmen ultrason uygulamasıyla yapılan tavlama işleminin, klasik olana göre unda muhafaza edilen su miktarını artırdığına işaret etmektedir. Bu durum daha ince hücre duvarlarına sahip olan merkezi endosperme kadar suyun ulaştırıldığını ve daha granüler yapıdaki endospermde suyun daha iyi tutulduğunu göstermektedir. Çünkü tav suyu verilen buğday, belli bir dinlendirme süresinden sonra dış tabakalardan buharlaşma ile su kaybına uğrar (Pomeranz, 1988; Elgün ve Ertugay, 1995). Bu yüzeysel su kaybı, tav suyunun daha derine yani merkezi endosperme nüfuz ettiği ultrason uygulanarak yapılan tavlama işlemiyle daha düşük düzeyde oluşmuştur.

Burada dikkat edilecek diğer husus, şekilde de verildiği gibi üç hafta dinlendirilmiş unların su miktarlarının klasik sistemde %15.88, ultrason uygulama sisteminde ise %16.59 düzeyinde olmasıdır. Bu aynı zamanda verilen tav suyunun yüksekliğini de göstermektedir. Optimum düzey üzerinde kalan tav suyunun un verimini düşürdüğü yaygın literatür bilgileri arasındadır (Elgün ve Ertugay, 1995; Pomeranz, 1988; Posner ve Hibbs, 1997). Bu veri ultrason ile yapılan tavlamada alınan fazla suyun un verimini düşürdüğüne dair önemli bir göstergedir.



Şekil 4.8. Tavlama işleminin unda su miktarı üzerine etkisi

4.2.2.2.2. Unda kül miktarı

Farklı sertlik derecesindeki buğdaylardan farklı tavlama metotlarıyla elde edilen un örneklerinin kül miktarı değerleri Çizelge 4.15'de verilmiştir. Bulunan değerlere deskriptif olarak göz atıldığında ultrason uygulaması ile yapılan tavlama işleminden elde edilen unda kül miktarının, klasik tavlamaya göre %0.02-0.09 arasında daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Unun kül oranındaki bu düşüş, ultrason uygulaması ile gerçekleştirilen tavlama işleminin daha yüksek düzeyde kabuk endosperm ayrışımına sebep olduğunu, una karışan kabuk ve kabuk altı tabakaların daha düşük miktarda olduğunu göstermektedir.

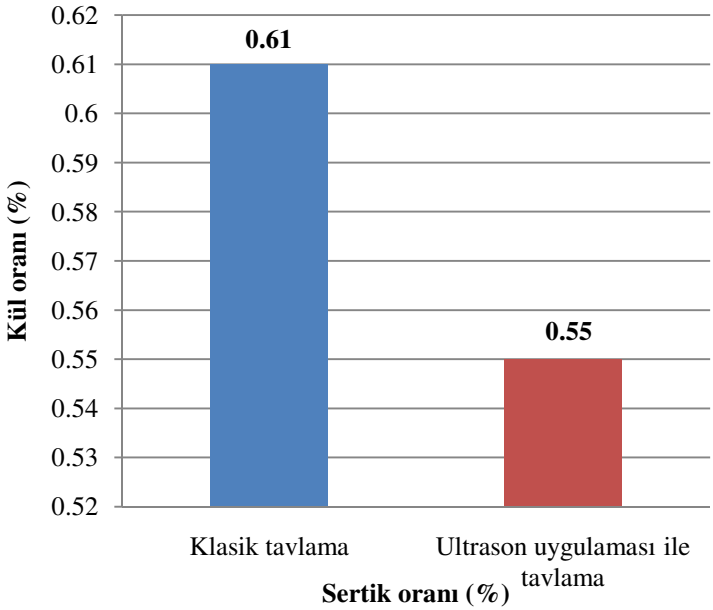
Varyans analizlerinin verildiği Çizelge 4.16'da unun kül miktarı değerlerine ''*Tavlama işlemi*'' varyasyon kaynağının, $p< 0.01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli etkide bulunduğunu, beraberinde ''*Tane sertliği*'' ile ''*Tane sertliği x Tavlama işlemi*'' interaksiyonunun ise etkisiz kaldığı sonucuna varılmıştır.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına (Çizelge 4.17), deskriptif gözle bakıldığında buğdayda sertlik oranı arttıkça (%45, 65 ve 75) kül miktarının sırasıyla %0.59, %0.58 ve %0.56 olarak düştüğü görülmektedir.

Varyans analizi ve Duncan testi sonucu önemliliği açıkça ortaya çıkan tavlama işlemleri arasındaki farklılık Şekil 4.9' da görsel olarak sunulmuştur. Klasik tavlama

işlemi sonucu elde edilen unların ortalama kül miktarı %0.61 iken, ultrason uygulaması ile tavlanmış buğdaylardan elde edilen unların ortalama kül miktarı ise %0.55 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuca göre, ultrason ile tavlamada, ıslatma aşamasında gerçekleştirilen ultrason uygulamasının tavlama işlemini olumlu yönde etkilediğini, tavlama etkinliğinin arttığını, daha etkin bir kabuk endosperm ayrışımı sonucu paritesi daha yüksek ve külü düşük un elde edildiğini söyleyebiliriz.

Denemelerimizde, un verimi sabit öğütme şartlarında elde edilmiştir. Endüstriyel şartlarda unda kül miktarının artışı, randıman veya un veriminin de artışına ölçü sayılır (Elgün ve Ertugay, 1995; Posner ve Hibbs, 1997). Bu çalışmada un verimi etkilenmeksizin (Çizelge 13, 14 ve 15), un külünde görülen bu düşüş (Şekil 4.9), endüstriyel şartlarda, aynı kül oranında daha yüksek randıman elde edilebileceğine işaret etmektedir.



Şekil 4.9. Unda kül miktarı üzerine tavlama işleminin etkisi

4.2.2.2.3. Unda protein miktarı

Farklı sertlik derecesindeki buğdaylardan farklı tavlama metotlarıyla elde edilen un örneklerinin ham protein miktarı değerleri Çizelge 4.15'de verilmiştir. Deskriptif bir değerlendirme ile un örneklerinin protein miktarlarında çok az değişme olduğu görülmektedir.

Varyans analiz sonuçlarına göre, protein miktarı üzerine *''Tane sertliği''* varyasyon kaynağının etkisi istatistiksel olarak $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Diğer faktörlerin etkisi ise önemsiz çıkmıştır (Çizelge 4.16). Aynı buğday çeşidinde (Bezostaya-1), tane sertliği ile protein miktarı arasında pozitif ilişki vardır (Pomeranz, 1988). Protein miktarları buğday sertlik oranı arttıkça sırasıyla %8.30, %8.86 ve %11.80 olarak artmıştır. Dolayısıyla sertlik dereceleri artan buğday örneklerinin protein miktarlarındaki artış da beklenen bir sonuçtur (Çizelge 4.17).

Varyans analizi sonuçları (Çizelge 4.16), tavlama işleminin unda protein miktarını etkilemediği yönündedir. Deskriptif olarak bakıldığında ise, ultrason uygulamalı tavlama ile elde edilen unların protein miktarında az da olsa bir düşüş (Çizelge 4.17) göze çarpmaktadır. Klasik tavlama ile elde edilen un külü miktarı %9.738 iken, ultrason uygulaması ile tavlama sisteminde %9.573'e düşmüştür. Un külü için ileri sürülen sebepler protein miktarı için de geçerlidir. Öğütme işlemlerinde un külünü düşüren uygulamalar protein miktarını da düşürür (Elgün ve Ertugay, 1995; Posner ve Hibbs, 1997). Çünkü tanenin kül ve protein bileşenleri dış endospermde daha yoğun olup, merkezi endosperme doğru seyrelir (Elgün ve Ertugay, 1995). Ultrason uygulaması, daha etkin bir tavlama işlemi sonucunda, daha az yoğun fakat daha kaliteli proteine sahip merkezi endospermden daha fazla oranda un elde edilmesine sebep olmuştur. Bu durumun un kalitesine olumlu yönde yansıyacağı beklenebilir.

4.2.2.3. Unun teknolojik özellikleri

Öğütme sonrası elde edilen unlarda teknolojik olarak, yaş gluten, gluten indeks, Zeleny sedimantasyon testi ve düşme sayısı değerleri tayin edilmiştir. İlgili veriler Çizelge 4.18'de özetlenmiş, Varyans analizi sonuçları Çizelge 4.19'da, ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.20'de verilmiştir.

4.2.2.3.1. Yaş gluten miktarı

Protein miktarı unda bulunan toplam azot ile ilgili olduğu halde protein kalitesi glutenin genetik karakteri ile ilgilidir. Unların protein miktar ve kalitesini belirleyen en pratik ve en kolay metotlardan birisi de yaş gluten tayinidir (Elgün ve ark., 2005). Aynı

buğday çeşidinde tane sertliği arttıkça protein miktarı da yükselmektedir (Pomeranz, 1988).

Hamur oluşumundan sorumlu protein olan glutenin, fermantasyon ve karıştırma işlemlerinde hamurun reolojik özellikleri üzerine önemli etkileri vardır. Elastikiyet, viskozite, uzayabilme kabiliyeti gibi reolojik özelliklerin tahmini ve ölçülmesi ekmek sanayicisi açısından önemlidir (Hruskova ve Smejda, 2003).

Yaş gluten miktarına ait test sonuçları Çizelge 4.19'da iki tekerrürün ortalaması şeklinde verilmiştir. Bu verilerin Varyans analiz sonuçları, ''Tane sertliği'', ''*Tavlama işlemi'' ve "Tane sertliği x Tavlama işlemi"* interaksiyonunun yaş gluten miktarı üzerine istatistiksel olarak $p<0.01$ düzeyinde etkili olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.19).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına (Çizelge 4.20) göre, buğday örneklerinde sertlik değeri arttıkça, yaş gluten miktarı sırasıyla %19.67, %20.42 ve %30.72 şeklinde yükseliş göstermiştir. Ultrason uygulaması ile tavlama işlemi ise klasik tavlama işlemine göre az da olsa yaş gluten değerlerinde düşmeye sebep olmuştur.

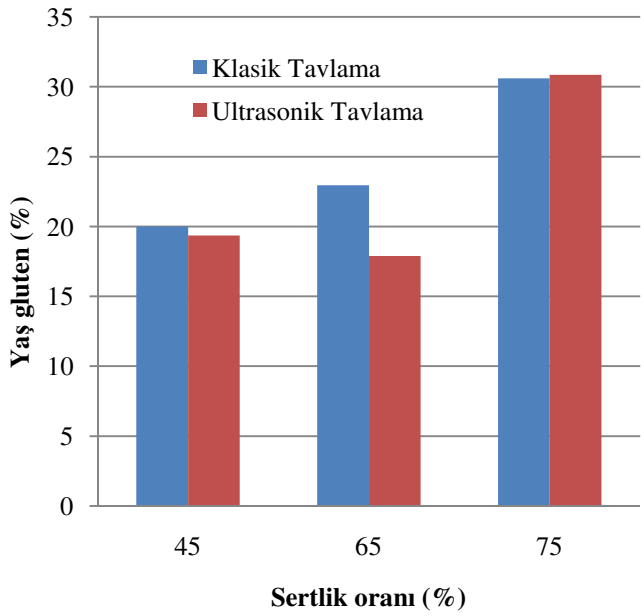
Çizelge 4.20 ve Şekil 4.10'da bu sonuçlar görülmektedir. Görüldüğü gibi, buğday örneklerinin *tane sertliği* arttıkça, yaş gluten miktarı da önemli düzeyde ($p<0.01$) yükselmiştir. Gluten de bir protein fraksiyonu olarak, buğdayın protein miktarıyla önemli ölçüde ilişkilidir. Yüksek protein içerikli buğdayların sert yapılı ve güçlü glutenlere sahip oldukları ve ekmeklik özelliklerinin daha iyi olduğu, düşük proteinli buğdayların ise, yumuşak yapılı ve zayıf glutenli oldukları da bilinmektedir (Elgün ve Ertugay, 1995).

Ancak *tavlama işlemlerinde* az da olsa tersine bir gelişme görülmekte, yaş öz miktarı ultrason uygulaması ile 24.517 ml'den 22.700 ml'ye düşmektedir. Aynı şekilde bir düşüş un külü ve protein miktarlarında da görülmüştür (Çizelge 4.37). Protein miktarı ile birlikte yaş öz miktarının azalışı beklenen bir sonuçtur. Ancak kül miktarındaki düşüş ultrason uygulamalı tavlamada elde edilen unun daha çok merkezi endospermden geldiğine işarettir. Merkezi endosperm unlarında kül ile birlikte protein yani gluten miktarı da düşer. Fakat protein kalitesinde artış olur (Elgün ve Ertugay, 1995; Pomeranz, 1988).

Şekil 4.10 yaş öz miktarı üzerine ''*Tane sertliği x Tavlama işlemi*'' interaksiyonunun gidişini göstermektedir. Diyagramatik gösterim, buğday örneklerinin

tane sertliği artıkça yükselen yaş gluten miktarını açıkça göstermektedir. Buna karşılık %45 ve %65 sertlik derecelerinde, ultrason uygulanarak yapılan tavlama ile yaş gluten miktarının düştüğü, %75 sertlik derecesinde ise az da olsa artışa sebep olduğu gözlenmektedir.

Buğday örneklerinin %75 sertlik derecesinde görülen bu geri dönüş, önceki bölümlerdeki savımızı tekrar gündeme getirmektedir. Burada 24 saatlik dinlendirmenin yeterli olmadığı, merkezi endospermin yeterince tavlanamadığı, dış endospermden gelen un miktarının da diğer sertlik gruplarına göre daha yüksek olması şeklinde açıklanabilmektedir. Yüksek sertlik derecesinde (%75) protein miktarında görülen önemli düzeyde artışın (Çizelge 4.17) muhtemel sebebinin de proteince zengin fakat protein kalitesi düşük dış endosperm tabakaları olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4.10. Yaş gluten miktarı üzerine etkili "Tane sertliği x Tavlama işlemi" interaksiyonu

4.2.2.3.2. Gluten indeks değeri

Aynı protein ve yaş gluten miktarına sahip unların ekmek özellikleri farklı olabilmektedir. Bu fark; protein kalitelerindeki farktan kaynaklanmaktadır. Gluten indeks değeri, yaş gluten kalitesini belirlemede kullanılan metotlardan bir tanesidir. Bu değer, un kuvvetinin ölçüsüdür. (Elgün ve ark., 2001; Curic ve ark., 2001).

Gluten indeks ölçüm değerleri Çizelge 4.18'de iki paralelin ortalaması şeklinde verilmiştir. İstatistik değerlendirmeler sonucunda elde edilen varyans analizi ve ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise sırasıyla Çizelge 4.19 ve 4.20'dedir.

Çizelge 4.18'de görüldüğü gibi, 3 farklı tane sertliğine sahip Bezostaya-1 çeşidi buğday örneklerinde sertlikle birlikte gluten indeks değeri artış göstermiştir. Çizelge 4.19 'da verilen varyans analizi sonuçları, varyans kaynaklarından tane sertliğinin, gluten indeks değerleri üzerindeki etkisinin $p< 0.05$ düzeyinde istatistiki olarak önemli olduğunu göstermiştir. Çizelge 4.20 'deki Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise, farklı sertlik derecesine sahip buğday örneklerindeki sertlik özelliği farklılığının, gluten indeks değerlerini etkilediği ve sertlik artışına karşılık indeks değerinin düştüğünü göstermektedir. Burada un veya protein kalitesinde önemli bir ölçü olan gluten indeksin, %75 sertlik derecesindeki buğday gurubunda, yaş gluten miktarındaki artışa rağmen aniden düşüş göstermesi, protein kalitesindeki düşüklüğe, yani bu gruba düşen unların özellikle dış endospermden beslendiğine diğer delildir.

Diğer taraftan istatistiksel açıdan etkinliği, varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi ($p<0.05$) ile ortaya konulamayan tavlama işlemleri deskriptif bir karşılaştırmaya tabi tutulacak olursa, ultrason uygulaması ile tavlama işlemi klasik tavlama işlemine göre gluten indeks değerlerini daha fazla artırmıştır (Çizelge 4.20). Ultrason uygulamalı tavlama işleminin gluten miktarını düşürürken indeks değerini artırıcı yönde etkide bulunması, %75 sertlik derecesi hariç tutulduğunda, merkezi endospermin tavlanmasında daha etkili olduğuna, dolayısıyla un kalitesinin arttığına işaret etmektedir.

Çizelge 4.18. Klasik tavlama ve ultrason uygulaması ile tavlama sonucunda öğütülerek elde edilen unların teknolojik analiz sonuçları[1]

		Yaş gluten (%)			Gluten indeks (%)			Düşme sayısı (s)			Zeleny sedimantasyon değeri (ml) [2]		
Tane sertliği (%)		**45**	**65**	**75**	**45**	**65**	**75**	**45**	**65**	**75**	**45**	**65**	**75**
Klasik tavlama	**I. Tek.**	19.6	22.7	30.8	94	86	79	339	379	378	20	25	30
	II. Tek.	20.4	23.2	30.4	85	97	82	342	375	381	20	25	30
Ultrason uygulaması ile tavlama	**I. Tek.**	19.9	18.3	31.0	95	98	84	346	374	389	19	22	30
	II. Tek.	18.8	17.5	30.7	98	98	87	358	377	378	19	22	30
Ortalama			23.60			90.25			368			24.33	
Standart sapma (±)			5.49			7.08			17.05			4.61	
Minimum			17.5			79			339			19	
Maksimum			31			98			389			30	

[1]**:** Sonuçlar iki paralel ortalamasıdır. [2]**:** %14 nem asasına göre [3]: Ultrason

Çizelge 4.19. Klasik tavlama ve ultrason uygulaması ile tavlama sonucunda öğütülerek elde edilen unların teknolojik analiz değerlerine ait değerlerin varyans analiz sonuçları

VK	SD	Yaş gluten		Gluten indeks		Düşme sayısı		Zeleny sedimantasyon değeri	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Tane sertliği (A)	2	152.503	612.054**	160.750	8.424*	1446.750	56.367**	112.333	19761888989**
Tavlama işlemi (B)	1	9.901	39.736**	114.083	5.978ns	65.333	2.545ns	5.333	93824992236**
A x B	2	8.043	32.281**	1.083	0.057ns	42.583	1.659ns	2.333	41048434103**
Hata	6	0.249		19.083		25.667		0.000	

* p< 0.05 düzeyinde önemli, ** p< 0.01 düzeyinde önemli, ns=önemsiz VK: Varyasyon kaynağı SD: Serbestlik derecesi

Çizelge 4.20. Klasik ve ultrason uygulaması ile tavlanmış farklı sertlikteki buğday unlarının teknolojik analiz değerlerine ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	N	Yaş gluten (%)	Gluten indeks (%)	Düşme sayısı (s)	Zeleny sedimantasyon değeri (ml)
Tane sertliği					
Bezostaya-1 (%45 sert)	4	19.675^{b}	93.000^{a}	346.250^{b}	19.500^{c}
Bezostaya-1 (%65 sert)	4	20.425^{b}	94.750^{a}	376.250^{a}	23.500^{b}
Bezostaya-1 (%75 sert)	4	30.725^{a}	83.000^{b}	381.500^{a}	30.000^{a}
Tavlama işlemi					
Klasik tavlama	6	24.517^{a}	87.167^{a}	365.667^{a}	25.000^{a}
Ultrason uygulaması ile tavlama	6	22.700^{b}	93.333^{a}	370.333^{a}	23.667^{b}

[1]**:**Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar birbirinden farksızdır (p<0.05).

4.2.2.3.3. Zeleny sedimantasyon değeri

Buğday kalitesini belirlemede kullanılan en önemli parametrelerden birisi de Zeleny sedimantasyon testidir. Protein miktar ve kalitesine ölçü sayılır. Un inceliğinden olumlu yönde ve granüler yapıdan ise olumsuz yönde önemli düzeyde etkilenir. Sedimantasyon değerinin yüksek bulunması, un kalitesinin de yüksek olduğunu gösterir. Böyle unlardan yapılan ekmeklerin hacimleri de yüksek olmaktadır (Elgün ve ark., 2005).

Çizelge 4.18'deki Zeleny sedimantasyon değerleri iki paralelin ortalaması şeklinde verilmiştir. İstatistik değerlendirmeler sonucunda elde edilen varyans analizi ve ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise sırasıyla Çizelge 4.19 ve 4.20'de özetlenmiştir.

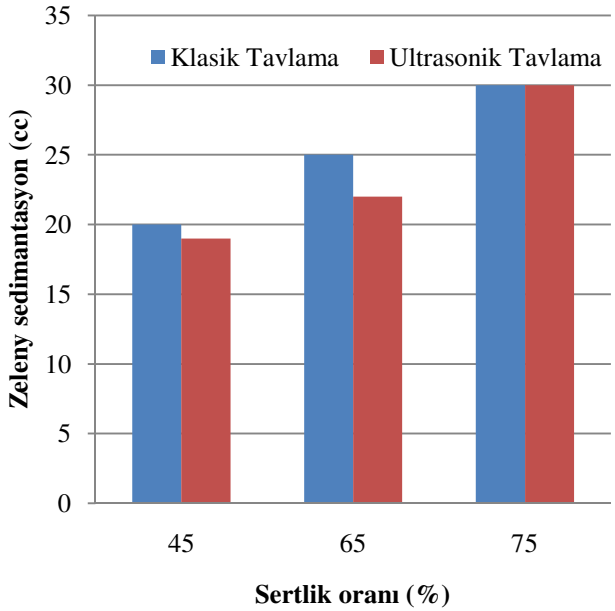
Zeleny sedimantasyon değerleri varyans analizine tabi tutularak, varyasyon kaynaklarının etkileri Çizelge 4.19'da verilmiştir. Sonuç olarak, buğday örneklerinin *sertlik derecesi* ve *tavlama işlemlerinin* Zeleny sedimantasyon değerine etkilerinin istatistiksel olarak $p<0.01$ düzeyinde önemli oldukları tespit edilmiştir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (Çizelge 4.20) incelendiğinde, buğday örneklerinin tane sertlik değerleri arttıkça Zeleny sedimantasyon değerlerinin önemli düzeyde yükseldiği belirlenmiştir. Buna karşılık, ultrason uygulaması ile tavlama işlemi Zeleny sedimantasyon değerini düşürücü bir etki göstermiştir (Çizelge 4.20). Bu durumu açıklamak için ultrason uygulamalı tavlama ile elde edilen buğday unlarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine göz atmak gerekir. Ultrason tekniği ile 140 mikron altı daha ince, sarı renk intensitesi yüksekliğinden hareketle granüler yapıda, merkezi endosperm kaynaklı un ile düşük protein muhtevasında un elde edilebilmiştir (Çizelge 4.12, 4.14, 4.15, 4.17 ve 4.36; Şekil 4.5 ve 4.27).

Şekil 4.11 'de Zeleny sedimantasyon değerleri üzerine etkili ''*Tane sertliği x Tavlama işlemi''* interaksiyonu diyagramatik olarak gösterilmiştir. Buna göre tavlama işleminden normal şekilde etkilenen %45 ve %65 sertlik derecesindeki buğday örneklerinde ultrason uygulaması Zeleny sedimantasyon değerini 25.00 ml'den 23.66 ml'ye düşürmüştür. Aynı şekilde bir düşüş un külü ve protein miktarları ile yaş öz değerinde de görülmüştür (Çizelge 4.37). Protein miktarı ile birlikte yaş öz miktarının azalışı beklenen bir sonuçtur. Zeleny sedimantasyon değerindeki düşüşte ise

muhtemelen ultrason işleminin sebep olduğu daha granüler yapıda, nişasta zedelenmesi düşük un yapısı etkili olmuştur. Bu yapısal özellik düşme sayısındaki artış ile de anlaşılabilmektedir (Çizelge 4.18). Ancak kül miktarındaki düşüş ultrason uygulaması ile tavlamada elde edilen unun daha çok merkezi endospermden geldiğine işarettir. Merkezi endosperm unlarında kül ile birlikte protein miktarındaki düşüşün gluten miktarına yansıdığı gibi, Zeleny sedimantasyon değerine de yansıdığı düşünülebilir (Elgün ve Ertugay, 1995; Pomeranz, 1988). Bu sonuçlar, ultrason uygulaması ile tavlamada nişasta zedelenmesinin düşük olacağına, lüks unlar için üstünlük sağlayacağına, fakat ekmeklik unlarda amilolitik preparat katkısı gerekebileceğine işaret sayılabilir.

Buğday örneklerinin %75 sertlik derecesinde, ultrason uygulaması ile tavlamanın klasik tavlamaya eşdeğerde Zeleny sedimantasyon değeri vermesi, bu grup buğdaylarda dış endosperm kaynaklı ince granülasyonda ve proteince zengin un parçacık oranının yüksekliği ile açıklanabilir.



Şekil 4.11. Zeleny Sedimantasyon değerleri üzerine etkili ‘‘Tane sertliği x Tavlama işlemi" interaksiyonu

4.2.2.3.4. Düşme sayısı

Düşme sayısı amilolitik aktivitenin bir göstergesidir. Düşme sayısı, tanenin amilaz enzimlerinin mevcudiyeti ve aktivitesi ile unun zedelenmiş nişasta miktarından

önemli düzeyde etkilenir. Sert buğdaylarda amilolitik aktivite daha düşüktür (Posner ve Hibbs, 1997; Elgün ve ark., 2005). Unların düşme sayısı ile amilolitik aktiviteleri ters orantılı olarak değişir. Özkaya (2004) değişik buğday çeşitlerinden elde edilen farklı ekstraksiyondaki un örneklerinin özelliklerini incelediği çalışmasında, buğday unu örneklerinin kuvveti arttıkça, düşme sayısı değerlerinin de buna paralel olarak arttığını tespit etmiştir. Kotancılar ve ark. (2000a) farklı kuvvete sahip buğdaylardan elde edilen unların reolojik özelliklerini inceledikleri çalışmalarında, 2 farklı kuvvette buğday unu kullanmışlar ve kuvvetli unların düşme sayılarının (627 s), daha zayıf karakterdeki unlara (546 s) göre daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Çizelge 4.18'deki düşme sayısı değerleri iki paralelin ortalaması şeklinde verilmiş olup, istatistik değerlendirmeler sonucunda elde edilen varyans analizi ve ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise sırasıyla Çizelge 4.19 ve 4.20'de özetlenmiştir.

Sonuçlar Çizelge 4.18'de, klasik tavlama işlemine göre deskriptif olarak karşılaştırıldığında, farklı sertlikteki buğdaydan elde edilen unların düşme sayısı değerlerinde, sertlikle birlikte artış olduğunu göstermiştir.

Varyans analiz sonuçları (Çizelge 4.19), tane sertlik oranının düşme sayısına olan etkisinin istatistiksel olarak $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğunu göstermiştir.

''*Tavlama işlemi*'' ve ''*Tane sertliği x Tavlama işlemi*'' varyasyon kaynaklarının düşme sayısına etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre (Çizelge 4.20), buğday örneklerinin tane sertliği arttıkça düşme sayısı değerleri de artmıştır. Yani sertlik artışına karşılık amilolitik aktivite düşmektedir. Bu olay sert buğdaylarda amilolitik aktivitenin düşük olması ile açıklanabilir (Pomeranz, 1988; Posner ve Hibbs, 1997).

Yine Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre (Çizelge 4.20), ultrason uygulaması ile tavlama işlemi klasik tavlama işlemine göre düşme sayısında deskriptif de olsa bir artışa sebep olmuştur. Bu sonuçlar, ultrason uygulamasının buğdaydaki alfa amilaz enzim aktivitesini artırması beklenirken, tam tersi vuku bulmuş, enzim aktivitesinde düşüşlere neden olmuştur. Bu durumun açıklanmasında, ultrason uygulamasının unda merkezi endosperm oranını artırması, bu iç tabakalarda enzim yoğunluğunun çok düşük olması ve nişasta zedelenmesinin azlığı sebep olarak gösterilebilir.

4.2.2.4. Farinograf denemeleri

Hamurun reolojik özelliklerini belirlemede kullanılan cihazlardan birisi de farinograftır (Elgün ve ark., 2005). Farinograf özellikle unun su kaldırma kapasitesi ile yoğurmaya karşı mukavemetini tahmin etmede kullanılır. Bu özellikler unun protein miktar ve kalitesi ile ilgili hamur karakteristiklerini verir.

Çizelge 4.21'deki farklı sertlik derecesine sahip Bezostaya-1 buğday çeşidi örneklerinin iki farklı tavlama metodu ile elde edilen unlarının farinogram değerleri iki paralelin ortalaması şeklinde verilmiştir. İstatistik değerlendirmeler kapsamında gerçekleştirilen varyans analizi Çizelge 4.22'de; farinogram değerlerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.23'de özetlenmiştir.

4.2.2.4.1. Unun su absorbsiyonu

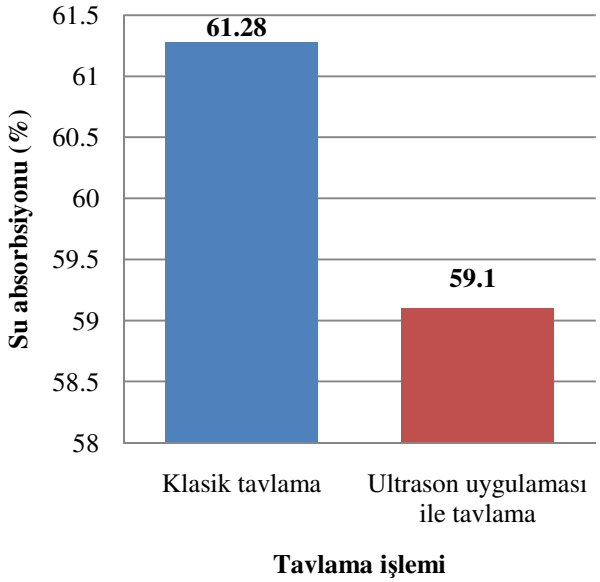
Unların farinografta su absorbsiyonu değerleri yoğurmada kullanılacak su miktarı hakkında bilgi verir. Bu değer unun incelik derecesi, nişasta zedelenme oranı, gluten miktar ve kalitesi ile doğrudan etkilenir. Menderis (2006), Güneydoğu Anadolu bölgesinde yetiştirilen 20 farklı ekmeklik buğday örneğinde yaptığı denemelerde, su absorbsiyon değerlerinin %55.50 – 65.95 arasında değişim gösterdiğini bildirmiştir.

Un örneklerinin su absorbsiyon değerleri Çizelge 4.21'de görülmektedir. Çizelge 4.22'de özetlenen varyans analizi sonuçlarına göre, ''*Tane sertliği''* ve ''*Tavlama işlemi''* varyasyon kaynaklarının su absorbsiyonu üzerine istatistiki olarak $p<0.01$ düzeyinde etkili oldukları belirlenmiştir. Diğer varyasyon kaynağı olan '' *Tane sertliği x Tavlama işlemi*'' su absorbsiyonu üzerine etkisinin önemsiz olduğu sonucuna varılmıştır (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.23'de verilen Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, buğday örneklerinde tane sertliği arttıkça su absorbsiyon değerleri, özellikle %75 sertlik derecesinde önemli düzeyde artmıştır. Bu artış, özellikle protein ve yaş gluten miktarlarındaki yükseliş ile açıklanabilir.

Tavlama işlemlerinden klasik tavlama işlemine göre, ultrason uygulaması ile tavlama işlemi su absorbsiyonu değerlerinde düşüşe neden olmuştur (Çizelge 4.23). Şekil 4.12 'de su absorbsiyonu üzerine tavlama işleminin etkisi diyagramatik olarak

gösterilmiştir. Yaklaşık %2.17' lik bir düşüş söz konusu olmaktadır. Burada da, yine klasik metotla ile tavlanmış buğday ununun daha çok dış endospermden beslenmesi, nişasta zedelenmesinin, protein ve yaş öz miktarının daha yüksek olması ile açıklanabilir. Merkezi endospermden beslenerek daha granüler yapıda un veren ultrason uygulanarak yapılan tavlama unu, klasik olanın aksine daha düşük su absorbsiyonu vermiştir.



Şekil 4.12. Su absorbsiyonu üzerine etkili "Tane sertliği x Tavlama işlemi" interaksiyonu

4.2.2.4.2. Gelişme süresi

Gelişme süresinin uzun olması, yoğurma süresinin uzun olacağını gösterdiği gibi, öz miktarının fazla ve kalitesinin yüksek olduğunu da belirtir. Genellikle sert tane yapısına sahip buğdaylar daha granüler yapıda un vererek, daha uzun gelişme süresi gösterirler (Özkaya ve Kahveci, 1990; Elgün ve ark., 2005). Karaduman (2002) yaptığı çalışmasında incelemiş olduğu buğday çeşitleri üzerindeki analizlerinde gelişme sürelerinin 2.3-10.5 dakika arasında değişim gösterdiğini, Menderis (2006)'de 20 farklı buğday üzerinde yaptığı çalışmasında gelişme sürelerinin 2.1-6.7 dakika arasında değiştiğini bildirmiştir. Kotancılar ve ark., (2000a) farklı kuvvete sahip olan buğday unu örneklerinin reolojik özelliklerini inceledikleri çalışmalarında, %13.0 protein ve %28.4 glutene sahip kuvvetli buğday ununun farinogram gelişme süresinin 11.0 dakika, %8.6 protein ve %21.8 glutene sahip zayıf karakterli buğday unlarının ise gelişme süresinin

2.0 dakika olduğunu tespit etmişlerdir. Autio ve ark. (2001) farklı özelliklere sahip buğday unlarının reolojik özelliklerini inceledikleri çalışmalarında, protein oranı %12.2 ve gluten miktarı %27.2 olan buğday unu örneklerinin gelişme süresinin 2.0 dakika olduğunu, protein oranı %14.2 ve gluten miktarı %31.7 olan daha kuvvetli buğday unu örneklerinin ise gelişme süresinin de 3.25 dakika olup, daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 4.21. Klasik tavlama ve ultrason uygulaması ile tavlanan buğdaylardan elde edilen unların farinograf değerleri

		Su absorbsiyonu[1] (%)			Gelişme süresi (dk)			Stabilite (dk)			Yumuşama derecesi[2] (BU)		
Tane sertliği (%)		**45**	**65**	**75**	**45**	**65**	**75**	**45**	**65**	**75**	**45**	**65**	**75**
Klasik tavlama	**I. Tek.**	60.1	59.6	64.7	2	2.2	8.3	6.9	8.3	17.9	69	33	52
	II. Tek.	60.6	59.7	63	1.5	1.8	7.5	2.9	7.6	15	75	41	35
Ultrason uygulaması ile tavlama	**I. Tek.**	57.5	59.2	60.7	1.7	1.5	9	10.2	8.8	17.8	49	32	54
	II. Tek.	58.1	58.5	60.6	1.5	1.5	9	8.8	9.1	17.7	58	33	53
Ortalama			60.19			3.95			10.91			48.66	
Standart sapma (±)			2.01			3.34			4.95			14.35	
Minimum			57.5			1.5			2.9			32	
Maksimum			64.7			9			17.9			75	

[1]: %14 nem esasına göre [2]: ICC/12dk. sonra

Çizelge 4.22. Klasik tavlama ve ultrason uygulaması ile tavlanan buğdaylardan elde edilen unların farinograf değerlerine ait değerlerin varyans analiz sonuçları

VK	SD	Su absorbsiyonu		Gelişme süresi		Stabilite		Yumuşama derecesi	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Tane sertliği (A)	2	12.741	38.127**	60.531	666.394**	116.263	51.749**	784.083	19.934**
Tavlama işlemi (B)	1	14.301	42.796**	0.067	0.743ns	15.870	7.064*	56.333	1.432ns
A x B	2	1.541	4.611ns	0.708	7.789*	3.990	1.776ns	203.083	5.163*
Hata	6	0.334		0.091		2.247		19864.583	

* p< 0.05 düzeyinde önemli, ** p< 0.01 düzeyinde önemli, ns=önemsiz VK: Varyasyon kaynağı SD: Serbestlik derecesi

Çizelge 4.23. Klasik tavlama ve ultrason uygulaması ile tavlanan buğdaylardan elde edilen unların farinograf değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

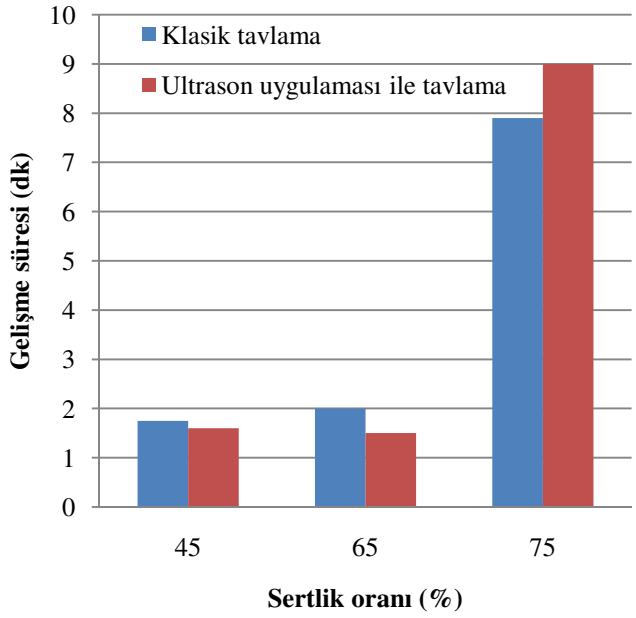
Faktör	N	Su absorbsiyonu (%)	Gelişme süresi (dakika)	Stabilite (dakika)	Yumuşama derecesi (BU)
Tane sertliği					
Bezostaya-1 (%45 sert)	4	59.075^{b}	1.675^{b}	7.200^{c}	62.750^{a}
Bezostaya-1 (%65 sert)	4	59.250^{b}	1.750^{b}	8.450^{b}	34.750^{b}
Bezostaya-1 (%75 sert)	4	62.250^{a}	8.450^{a}	17.100^{a}	48.500^{ab}
Tavlama işlemi					
Klasik tavlama	6	61.283^{a}	3.883^{a}	9.767^{b}	50.833^{a}
Ultrason uygulaması ile tavlama	6	59.100^{b}	4.033^{a}	12.067^{a}	46.500^{a}

[1]**:**Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar birbirinden farksızdır (p<0.05)

Çizelge 4.21 un örneklerinin farinografta elde edilen gelişme süresi değerlerini özetlemektedir. Çizelge 4.22 ‘de verilen bu verilere ait varyans analiz sonuçlarına göre, *‘‘Tane sertliği’’* p<0.01 düzeyinde, ‘‘*Tane sertliği x Tavlama işl*emi’’ interaksiyonu ise gelişme süresi üzerine p<0.05 düzeyinde istatistiki olarak önemli etkide bulunduğu belirlenmiştir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, farklı tane sertliğindeki buğday örneklerinde, sertlik arttıkça gelişme süresi de artmaktadır (Özkaya ve Kahveci, 1990; Elgün ve ark., 2005).

Varyans analizinde önemli çıkmayan *tavlama işlemi,* Duncan çoklu karşılaştırma testinde deskriptif de olsa farklılık göstermiş, ultrason uygulanarak yapılan tavlama daha uzun gelişme süresine sebep olmuştur (Çizelge 4.23).



Şekil 4.13. Gelişme süresi üzerine etkili olan "Tane sertliği x Tavlama işlemi" interaksiyonu

Şekil 4.13’e bakıldığında gelişme süresindeki bu değişiklik, ‘‘Tane sertliği x Tavlama işlemi’’ interaksiyonundan kaynaklanmaktadır. Bu diyagramatik değişime göre, %45 ve 65 sertlik aralıklarında gelişme süresi çok az etkilenirken, %75 sertlikteki Bezostaya-1 buğday örnekleri, ultrason uygulaması ile tavlama işlemi sonucunda öğütülen buğdaylardan elde edilen un örneklerinde hamurdaki gelişme sürelerin de çok hızlı bir artış gözlenmiştir. Bu artış beklendiği gibi her iki tavlama işlemi için de protein

miktarı ile paralellik göstermektedir. Örneklerin %45 ve 65 ‘lik sertlik dereceleri, deneysel hata sınırları içinde kalıp önemli bir değişim göstermiştir. Burada ilgi çeken husus ultrason uygulanarak yapılan tavlamanın klasik tavlamaya göre, ancak %75 sertlik derecesinde daha uzun gelişme süresi göstermesidir. Burada ikinci etken olarak yine sert yapılı buğdayların daha granüler yapıda un vermeleri ileri sürülebilir (Elgün ve Ertugay, 1995; Pomeranz, 1988).

4.2.2.4.3. Stabilite

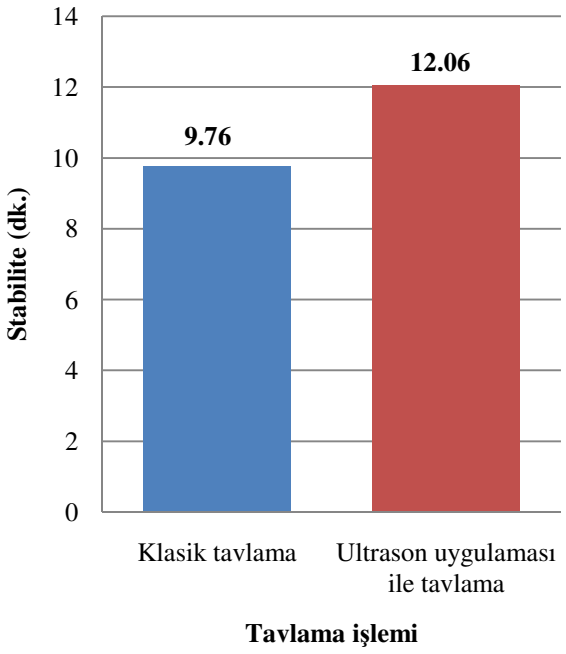
Stabilite değeri, bir unun kalitesine bağlı olarak hamurunun yoğrulması sırasında paletlere gösterdiği direncin değişmeden kalmasının dakika olarak ifade eder (Elgün ve ark., 2005). Stabilite süresinin fazla olması hamurun elastikiyetinin ve işlenmeye elverişliğinin fazla olduğunu, bu unlardan yapılacak ekmeklerin hacimlerinin fazla olacağını gösterir (Özkaya ve Kahveci, 1990). Ercan ve ark. (1989)’da yaptıkları bir çalışmada, buğday çeşitlerinin hamur stabilite değerlerini 0.9-9.0 dakika arasında bulmuşlardır.

Çizelge 4.21 un örneklerinin farinografta elde edilen hamurun stabilite değerlerini özetlemektedir. Çizelge 4.22 ‘de verilen bu verilere ait varyans analiz sonuçlarına göre, stabiliteye *‘‘Tane sertliği’’* $p<0.01$ düzeyinde, *‘‘Tavlama işlemi’’* ise, $p< 0.05$ düzeyinde istatistiki olarak önemli etkide bulunduğu belirlenmiştir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, buğday örneklerinin sertlik derecesi arttıkça stabilite değerlerinde de artış olmuştur (Çizelge 4.23). Bu değerler sertlik derecesine göre sırasıyla 7.2 dk., 8.45 dk. ve 17.1 dk olarak tespit edilmiştir. Burada da gelişme süresinde ileri sürülen faktörler sebep olarak gösterilebilir.

Tavlama işlemlerinden ultrason uygulamalı tavlama işlemi ise klasik tavlama işlemine göre stabilite değerinde önemli bir artışa neden olmuştur (Çizelge 4.22 ve 4.23). Şekil 4.14‘de stabilite üzerine tavlama işleminin etkisi diyagramatik olarak gösterilmiş olup, beklendiği halde hamur gelişmesinde görülemeyen süre artışı, yoğurma stabilitesinde açıkça ortaya çıkmıştır. Bu veriler, ultrason uygulaması ile tavlamada her ne kadar elde edilen unun protein ve yaş öz miktarlarında düşüş olsa da, merkezi endosperm kaynaklı daha kaliteli proteine sahip olmasından dolayı, protein kalitesinde artış olduğuna işarettir. Benzer gelişmeler, gluten indeks değerinde de tespit

edilmiştir (Çizelge 4.20). Normal buğday tanesinin protein dağılımında, ekmekçilik bakımından önemli olan gluten unsu endospermde yer alır. Unsu endospermin dış tabakaları daha yoğun fakat düşük kaliteli glutene sahip iken, merkezi endosperme doğru gluten miktarı azalır ve kalitesi hızla yükselir (Elgün ve Ertugay, 1995; Pomeranz, 1988; Posner ve Hibbs, 1997).



Şekil 4.14. Stabilite üzerine tavlama işleminin etkisi

4.2.2.4.4. Yumuşama derecesi

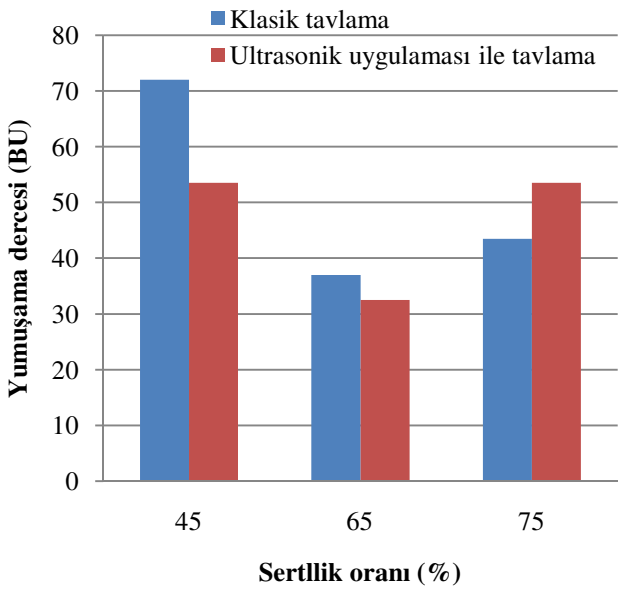
Yumuşama derecesi unun yoğurmaya ve fermantasyon işlemine karşı toleransı hakkında bilgi vermektedir (Özkaya ve Kahveci, 1990). Yumuşama derecesinin fazlalığı ise hamurun işlenmeye uygun olmadığını, fermantasyon toleransının düşük olduğunu göstermektedir (Elgün ve ark., 2005). Bu nedenle yumuşama derecesinin düşük çıkması istenir. Menderis (2006), 20 farklı buğday çeşidi ve hatları üzerine yapmış olduğu çalışmasında yumuşama derecesi değeri 142.50 BU ile 40.0 BU arasında değişmiş olduğunu bildirmiştir. Dolayısıyla buğday çeşitleri genetik ve çevre faktörlerinin etkisi ile veya işleme farklılığı ile farinografta yumuşama derecesi bakımından kalitatif farklılıklar gösterebilmektedir. Yumuşama derecesi önemli bir kalite kriteri olup; artması kalite bozukluklarına işaret etmektedir (Elgün ve ark., 2005).

Çizelge 4.21 un örneklerinin farinografta elde edilen hamurun yumuşama derecesi değerlerini özetlemektedir. Çizelge 4.22 ‘de verilen bu verilere ait varyans analiz sonuçlarına göre, *‘‘Tane sertliği’’* $p<0.01$ düzeyinde, “*Tane sertliği* x *Tavlama işlemi*” interaksiyonu ise hamurun yumuşama derecesi üzerine $p<0.05$ düzeyinde istatistiki olarak önemli etkide bulunmuştur.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (Çizelge 4.23), tavlama işleminin yumuşama derecesi üzerine etkisini rakamsal ifade ile açıkça göstermektedir. Aynı buğday çeşidinde tane sertliği arttıkça, beklendiği gibi protein miktar ve kalitesindeki artışa paralel olarak tüm farinogram değerlerinde olduğu gibi yumuşama değerinde de olumlu gelişme görülmektedir.

Deskriptif bir bakış ile ultrason uygulanarak yapılan tavlama işleminde (46.5 BU) klasik tavlama işlemine (50.83 BU), göre farinografta yumuşama derecesi daha düşük çıkmıştır. Her ne kadar beklendiği düzeyde olmasa da, ultrason uygulaması ile yapılan tavlama işleminin klasik tavlama işlemine göre unun kalitatif özelliklerine olumlu katkıda bulunduğunu, diğer kalitatif gelişmelerde açıklandığı gibi aynı yönde hamur kalitesini de artırdığı söylenebilir. Burada beklentileri sınırlayan faktör olarak %75 sertlik grubunda görülen sapma ileri sürülebilir (Şekil 4.15).

Şekil 4.15 ‘de yumuşama derecesi (BU) üzerine etkili olan ‘‘*Tane sertliği* x Tavlama işlemi’’ interaksiyonu verilmiştir. Görüldüğü gibi, %75 sertlik derecesinde yumuşamanın daha fazla düzeyde olması beklenirken, beklentilerin aksine yumuşama derecesi yükselmiştir. Bu düşüşün sebebi olarak, Çizelge 4.22’deki gelişme ile stabilite süresi toplamları dikkate alındığında, %75 sertlik derecesindeki buğday örneği hamurlarının, %45 ve 65 gruplarına göre 3 katı kadar bir süre ile yoğrulduğu, bu sırada mekanik olgunlaşmaya tabi olarak yumuşadığı ileri sürülebilir. Yine dikkatle takip edilecek olursa, yumuşak gruplarda ultrason uygulaması ile tavlama daha düşük yumuşama verirken, %75 sertlik derecesinde ters bir gidiş görülmektedir. Bu sonuç da önceki bölümlerdeki savımızda işaret ettiğimiz gibi, ultrason uygulaması ile yapılan tavlamada elde edilen daha granüler yapıdaki unun, yoğurmada mekanik olgunlaşmadan daha çok etkilenmesi ile açıklanabilir.



Şekil 4.15. Farinografta yumuşama derecesi üzerine etkili olan '' *Tane sertliği x Tavlama işlemi''* interaksiyonu

4.2.2.5. Ekstensograf denemeleri

Ekstensogramın değerlendirilmesinde; uzamaya karşı direnci (hamurun sabit deformasyondaki direnci), maksimum direnci, uzama yeteneği ve enerji değerleri belirlenmektedir. Hamurda enerji değeri ne kadar büyük ve uzama değeri ile ne kadar dengeli olursa, hamurun fermantasyon toleransı, işlenmeye uygunluğu ve ekmek kalitesi de o kadar iyi olur. Diğer taraftan ekstensogram değerleri buğdayın proteolitik aktivitesi hakkında da bilgi verir. Proteolitik aktivite yükseldikçe, hamurda uzama artarken, direnç ve enerji değerlerinde düşme olur (Pyler, 1988; Özkaya ve Kahveci, 1990; Elgün ve ark., 2005).

Çizelge 4.24'deki farklı sertlik derecesine sahip Bezostaya-1 buğday çeşidi örneklerinin iki farklı tavlama metodu ile elde edilen unlarının ekstensogram değerleri iki paralelin ortalaması şeklinde verilmiştir. İstatistik değerlendirmeler kapsamında gerçekleştirilen varyans analizi sonuçları Çizelge 4.25'de; ekstensogram değerlerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise, Çizelge 4.26'da özetlenmiştir.

4.2.2.5.1. Enerji

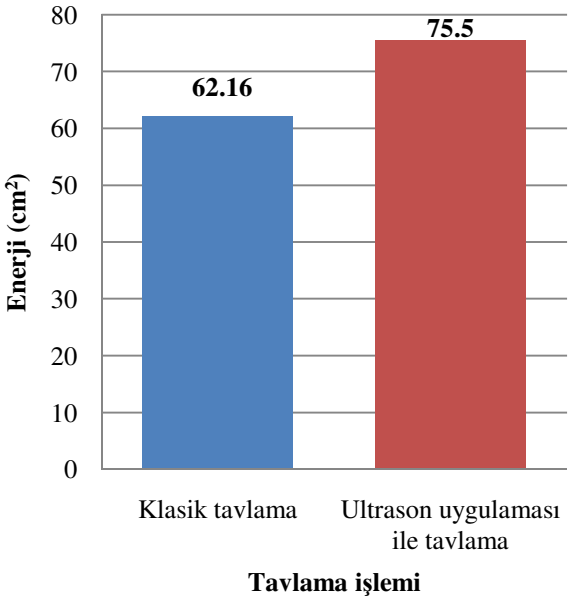
Enerji değerinin ekmek özellikleri hakkında bilgi verdiği Başaran ve Göçmen (2003) tarafından saptanmıştır. Hamurun işlemeye karşı mukavemeti ve işlenebilirlik derecesini göstermesi bakımından önemli olan enerji değerinin ekmeklik buğdaylardan elde edilen unlarda 80 cm^2'den yüksek olmasının gerektiği ve bu değerin yüksek olması ile hamurun reolojik değerlerinin de yükseldiği belirlenmiştir (Bayrakçı, 2008).

Ülkemizde yetiştirilen başlıca buğday çeşitlerinin kalitesini belirlemeye yönelik olarak yapılan bir çalışmada, 15 buğday çeşidinin öğütülmesi ile elde edilen unların ortalama enerji değerinin 16.1 cm^2 ile 119.5 cm^2 arasında değiştiği saptanmıştır (Ercan, 1989).

Çizelge 4.24 un örneklerinin ekstensografta elde edilen enerji değerlerini özetlemektedir. Çizelge 4.25 'de verilen bu verilere ait varyans analiz sonuçlarına göre, hamurun enerji değeri üzerine ''*Tane sertliği''* $p<0.01$ düzeyinde, "*Tavlama işlemi*" ise $p<0.05$ düzeyinde istatistiki olarak önemli etkide bulunmuştur.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (Çizelge 4.26), buğday örneklerinin tane sertliği arttıkça, ekstensogram enerji değerlerinin yükseldiğini ifade etmektedir. Sertlikle birlikte artan protein miktar ve kalitesi enerji değerini de yükseltici etkide bulunmuştur.

Ultrason uygulamalı tavlama işlemiyle tavlanan Bezostaya-1 buğdaylardan elde edilen unlarda, klasik tavlama işlemine göre ekstensogram enerji değerlerinde artış olmuştur (Çizelge 4.26). Şekil 4.16' da tavlama işleminin enerji değerleri üzerine etkisi grafik üzerinde gösterilmiştir. Ekstensogram enerji değerinin protein miktar ve kalitesini tahminde bir ölçü olduğu dikkate alındığında, gluten indeksteki artış ile farinograftaki stabilitenin yüksekliği ve yumuşamadaki düşme için ileri sürülen gerekçeler enerji değeri için de geçerlidir. Yani tavlamada ultrason uygulamasının dış endosperme göre merkezi endospermden un kazanmada daha etkili olduğu, protein miktarındaki düşüşe karşılık kalitesinde artı değer kazandırdığı söylenebilir.



Şekil 4.16. Tavlama işleminin enerji değerleri üzerine etkisi

Sonuç olarak (Çizelge 4.26 ve 4.29; Şekil 4.16 ve 4.21) , enerji değeri arttıkça ekmek hacminin arttığı (Pomeranz, 1988, Göçmen, 1991, Elgün ve ark., 2005) ve buna bağlı olarak da ekmek içi tekstürün iyileştiği sonucuna varılabilir (Pomeranz, 1988, Elgün ve Ertugay, 1995).

Çizelge 4.24. Klasik tavlama ve ultrason uygulaması ile tavlanan buğdaylardan elde edilen unların ekstensogram değerleri[1]

		Enerji (cm^2)			Uzamaya karşı direnç (BU)			Uzama yeteneği (mm)			Maksimum direnç (BU)		
Tane sertliği (%)		**45**	**65**	**75**	**45**	**65**	**75**	**45**	**65**	**75**	**45**	**65**	**75**
Klasik tavlama	**I.Tek.**	45	63	81	282	498	476	94	109	114	284	499	532
	II. Tek.	37	61	86	242	476	428	95	107	129	242	477	489
Ultrason uygulaması ile tavlama	**I.Tek.**	55	73	102	442	580	460	93	93	134	441	585	567
	II. Tek.	66	75	82	514	626	405	91	97	127	515	630	479
Ortalama			68.83			452.41			106.91			478.33	
Standart sapma (±)			18.21			108.59			15.74			113.62	
Minimum			37			242			91			242	
Maksimum			102			626			134			630	

[1]**:** Ekstensogram değerleri 135 dk. sonra ölçülen değerlerdir.

Çizelge 4.25. Klasik tavlama ve ultrason uygulaması ile tavlanan buğdaylardan elde edilen unların ekstensogram değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	Enerji		Uzamaya karşı direnç		Uzama yeteneği		Maksimum direnç	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Tane sertliği (A)	2	1371.083	26.623**	30935.083	25.231**	1160.583	46.579**	35845.083	22.239**
Tavlama işlemi (B)	1	533.333	10.356*	32552.083	26.550**	14.083	0.565ns	40136.333	24.901**
A x B	2	31.583	0.613ns	13970.083	11.394**	121.083	4.860ns	10262.583	6.367*
Hata	6	51.500		1226.083		24.917		1611.833	

* p< 0.05 düzeyinde önemli, ** p< 0.01 düzeyinde önemli, ns=önemsiz VK: Varyasyon kaynağı SD: Serbestlik derecesi

Çizelge 4.26. Klasik tavlama ve ultrason uygulaması ile tavlanan buğdaylardan elde edilen unların ekstensogram değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Faktör	N	Enerji (cm^2)	Uzamaya karşı direnç (BU)	Uzama yeteneği (mm)	Maksimum direnç (BU)
Tane sertliği					
Bezostaya-1 (%45 sert)	4	50.750[b]	370.000[b]	93.250[b]	370.500[b]
Bezostaya-1 (%65 sert)	4	68.000[a]	545.000[a]	101.500[b]	547.750[a]
Bezostaya-1 (%75 sert)	4	87.750[a]	442.250[ab]	126.000[a]	516.750[a]
Tavlama işlemi					
Klasik tavlama	6	62.167[a]	400.333[b]	108.000[a]	420.500[b]
Ultrason uygulaması ile tavlama	6	75.500[a]	504.500[a]	105.833[a]	536.167[a]

[1]**:**Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar birbirinden farksızdır (p<0.05)

4.2.2.5.2. Uzamaya karşı direnç

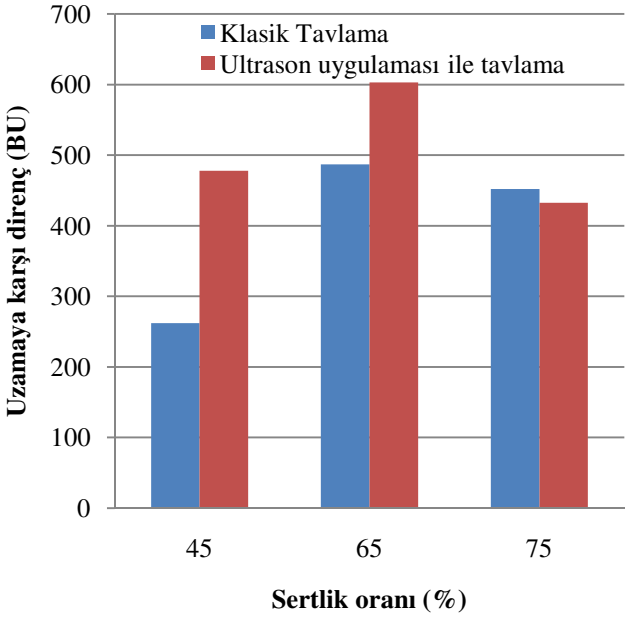
Ekstensografta uzamaya karşı direnç, gluten mukavemeti ve gluten kalitesi ile ilgilidir (Elgün ve ark., 2005). Hamurun yoğurmaya karşı direnci ve fermantasyon toleransı hakkında bilgi verir. Hamurun enerji değerinin önemli bir bileşenidir.

Çizelge 4.24 un örneklerinin ekstensografta elde edilen hamurun uzamaya karşı direnç değerlerini özetlemektedir. Çizelge 4.25 'de verilen bu verilere ait varyans analiz sonuçlarına göre, "*Tane sertliği"* , "*Tavlama işl*emi" ve "*Tane sertliği* x *Tavlama işl*emi" interaksiyonunun her biri hamurun uzamaya karşı direnci üzerine $p<0.01$ düzeyinde istatistiki olarak önemli etkide bulunmuşlardır.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (Çizelge 4.26), tane sertliğiyle artan protein miktarı ve kalitesi, ultrason uygulaması ile birlikte daha kaliteli gluten profili sağlayarak hamura daha sıkı bir yapı kazandırmış, sonuç olarak uzamaya karşı direncin artmasına sebep olmuştur.

Klasik tavlama işlemiyle elde edilen örneklerde uzamaya karşı direnç 400.33 BU iken, ultrason uygulaması ile tavlanan örnek unlarında 504.50 BU'luk oldukça iyi bir direnç tespit edilmiştir (Çizelge 4.26).

Şekil 4.17 'de uzamaya karşı direnç üzerine etkili ($p<0.01$) olan ''*Tane sertliği x Tavlama işlemi''* interaksiyonu verilmiştir. Burada, %45 ve 65 sertlik derecesindeki buğdaylarda sertlikle birlikte hamur direnci artarken, %75 sertlikte düşüş başlamıştır. Ultrason uygulamalı tavlama işlemi uzamaya karşı hamur direncini %45 ve 65 sertlikteki buğdaylarda önemli ölçüde artırmıştır. Aynı gidiş %75 sertlik derecesinde görülmemiş, tersi vuku bularak az da olsa hamur direnci düşmüştür. Bu hususta da, yoğurma işleminde, çok sert buğday unlarının granüler yapısına dayalı bir mekanik olgunlaşmanın etkili olduğu söylenebilir.



Şekil 4.17. Ekstensografta uzamaya karşı direnç (BU) üzerine etkili olan ‘‘ Tane sertliği x Tavlama işlemi" interaksiyonu

4.2.2.5.3. Uzama yeteneği

Ekstensogram uzama yeteneğinin optimum uzunlukta olması istenir. Çok düşük ve yüksek olduğu durumlarda hamurun açılma ve gaz tutma kabiliyetinde düşme görülür. Hamurun uzama yeteneğinin artmasında proteolitik enzim aktivitesinin yüksek olması önemli bir etkendir. Yetersiz proteolitik aktivite durumunda uzama yeteneği hızla düşer (Pomeranz, 1988; Pyler, 1988).

Reolojik özelliklerden uzayabilirlik ve hamur kuvveti (direnç) buğdayların farklı ürünlere işlenebilirliğini belirlemede kullanılmaktadır. Uzayabilirlik değeri, pişme performansı ve son ürün kalitesi hakkında önemli bilgiler sağladığından tahıl kimyasının anahtarlarından birisidir (Anderssen ve ark., 2004). Hamur uzayabilirlik testi, yoğurmanın tekdüzeliği, uzayan dinlenme süresi, ilave edilen tuz, emülgatör ve oksidanların son ürünün yapısı ve kalitesi üzerine olan etkilerini belirlemek için kullanılan önemli ölçümlerden biridir (Meral ve ark., 2010). Ayrıca uzayabilirlik testi ile fermantasyon sırasında hamurda meydana gelen değişimler belirlenip, proses hakkında oldukça önemli bilgiler elde edilebileceği ifade edilmektedir (Doğan ve ark., 1996).

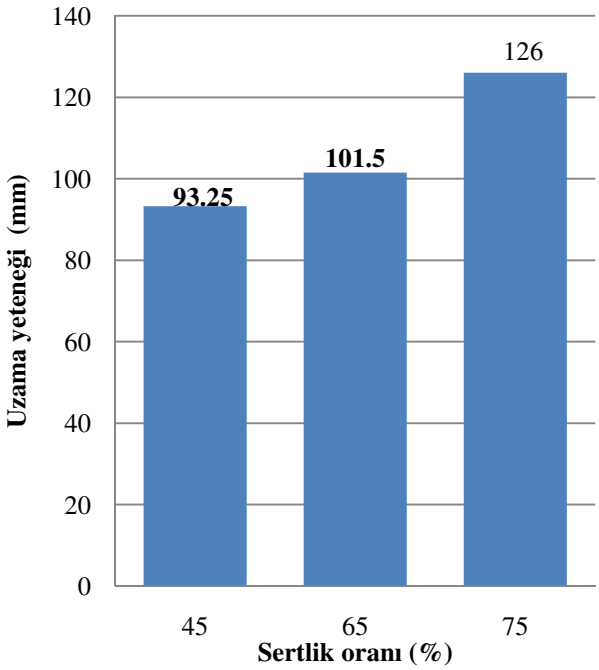
Bayrakçı (2008) mikrodalgada tavlama uygulanmış buğdaylardan elde edilen hamurların uzama kabiliyetinin ortalama 114.50 mm olduğunu, mikrodalga uygulananlarda ise, muhtemelen ısıl enzim inaktivasyonuna bağlı olarak sıcaklık değerine göre (32 °C, 40 °C, 55 °C ve 70 °C) uzama kabiliyetinin sırasıyla 106.50 mm, 90.70 mm, 84.75 mm ve 67.25 mm olarak düştüğünü bildirmiştir.

Farklı sertlikteki buğdayların farklı yöntemlerle tavlanmasıyla elde edilen unlarının ekstensografta uzama yeteneği (mm) değerlerine ait test sonuçları Çizelge 4.24'de verilmiştir.

Uzama yeteneği verilerine ait varyans değerleri, buğday tane sertliğinin istatistiki olarak $p<0.01$ düzeyinde önemli, diğer varyasyon kaynaklarının ise önemsiz olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.25).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (Çizelge 4.26), Bezostaya-1 buğday örneklerinde sertlik oranı arttıkça, direnç değerleri ile birlikte uzama yeteneği değerlerinin yükseldiğini göstermiştir. Hamurun uzamaya karşı direnci ve uzama yeteneğinin birlikte artışı enerji değeri üzerine olumlu yansımıştır (Çizelge 4.26). Tane sertlik oranının uzama yeteneği üzerine etkisi Şekil 4.18 'de verilmiştir. Burada sertlikle birlikte artan protein ve yaş öz miktarının hamurun uzama yeteneğini olumlu yönde etkilediği söylenebilir. %75 sertlik derecesinde hamurun direncindeki düşüş, uzama yeteneğine olumlu yansımıştır.

Tavlama işlemlerinden klasik tavlama ile elde edilen unlardan yapılan hamurlara ait uzama yeteneği değerinin 108.00 mm ve ultrason uygulaması ile tavlama da ise biraz düşerek 105.83 mm olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.26). Ultrason uygulanarak yapılan tavlama işlemi bu değerlere göre hamur örneklerinin uzama yeteneğini düşürmüştür. Ultrason uygulamasının hamur uzamasını düşürücü etkisi, elde edilen unun daha düşük enzim aktivitesine sahip merkezi endosperm kaynaklı olmasıyla (Pomeranz, 1988) açıklanabilir.



Şekil 4.18. Tane sertlik oranının uzama yeteneği üzerine etkisi

4.2.2.5.4. Maksimum direnç

Son ürün kalitesini etkileyen maksimum direnç değeri unun içerdiği protein oranından önemli derecede etkilenmektedir. Uzayabilirlik değerinde olduğu gibi unun protein oranının artması bu değeri de artırmaktadır (Sahari ve ark., 2006).

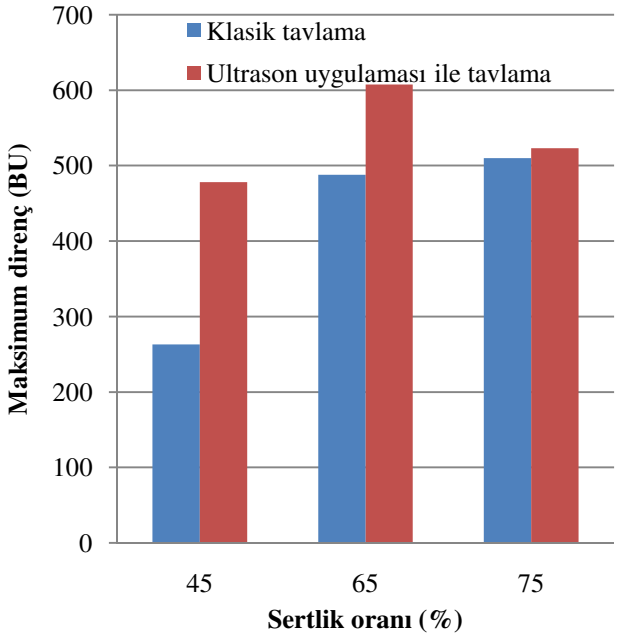
Maksimum direnç verileri Çizelge 4.24'te özetlenmiştir. Bu değerlere ait varyans analizi sonuçlarına göre, ''T*ane sertliği''* ve ''T*avlama işlemi''* istatistiksel olarak $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuşlardır (Çizelge 4.25).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, maksimum direnç değerleri uzamaya karşı direnç değerleriyle paralellik arz etmektedir.

Ultrason uygulaması ile yapılan tavlama işlemi ise, klasik tavlama ile karşılaştırıldığında un örneklerindeki maksimum direnç değerini artırmıştır (Çizelge 4.26). Burada da uzamaya karşı direnç için ileri sürülen sebepler geçerlidir.

Varyans analiz sonuçlarına göre, $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunan ''Tane sertliği x Tavlama işlemi'' interaksiyonu Şekil 4.19 'da verilmiştir. Maksimum direnç değerleri klasik tavlama işlemi uygulananlarda her üç farklı sertlikteki buğday örneğinde artış gösterirken, ultrason uygulaması ile tavlamada önce yükseliş, %65 sertlik derecesinden sonra düşüş görülmüştür. Bu değişimlerin açıklanmasında, ultrason

uygulamalı tavlamanın merkezi endospermden un çekme oranına bağlı olarak, protein kalitesi ve çeşitlerinin farklı kompozisyonda oluşmaları sebep olarak ileri sürülebilir.



Şekil 4.19. Maksimum direnç üzerine etkili "*Tane sertliği x Tavlama işlemi"* interaksiyonu

4.2.2.6. Ekmek denemeleri

Ekmek denemeleri, buğday ve unun kalitatif değerlendirme sürecinde nihai ölçüdür. Ancak ekmek kalitesinin tartışılması ve görülen değişimlerin açıklanmasında, kullanılan hammaddenin fiziksel, kimyasal ve teknolojik kalite kriterlerine ihtiyaç duyulur (Elgün ve Ertugay, 1995).

Ekmeklerin değerlendirilmesinde genelde, dış (hacim ve kabuk yapısı ve kabuk rengi) ve iç (ekmek içi gözenek yapısı ve ekmek içi rengi, yumuşaklık) özellikleri göz önünde bulundurulmaktadır (Pyler, 1988). Başlıca kalitatif ekmek analizleri; pişme kaybı (ağırlık), ekmek hacmi ile ilgili değerler (ekmek hacmi ve/ya da spesifik hacmi), gözenek yapısı, ekmek içi yumuşaklığı değerleridir (Elgün ve ark., 2005). Ekmek içi tekstürü; ince cidarlı, sık gözenek yapısına sahip, homojen ve ipeksi içyapıyı ifade eder. Ekmek kalitesi ve raf ömrü açısından, önemli bir ekmek içi değerlendirme parametresidir (Elgün ve Ertugay, 1995).

Çizelge 4.27'de ekmek denemesi sonuçları verilmiştir. Çizelge 4.28 bu verilere ait varyans analizi sonuçlarını, Çizelge 4.29 ise her bir kalite parametresinde, faktörlere ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarını vermektedir.

Çizelge 4.27. Farklı sertlik derecesindeki buğday örneklerinden klasik ve ultrason uygulaması ile tavlanarak elde edilen unların ekmek denemesi sonuçları

Tane sertliği	Tavlama işlemi	T[2]	Ekmek ağırlığı (g)	Ekmek hacmi (ml)	Spesifik hacim (ml/g)	Ekmek değer sayısı[1]
%45	KT*	1	137.3	304	2.21	28.6
		2	138.1	338	2.45	42.8
	US**	1	140.6	318	2.26	39.4
		2	135.9	346	2.55	57.2
%65	KT	1	141.2	314	2.22	36.2
		2	139.3	348	2.50	43.8
	US	1	132.3	328	2.48	31.8
		2	130.6	342	2.62	54.4
%75	KT	1	135.2	350	2.59	55
		2	131.3	316	2.41	19.4
	US	1	134.2	380	2.83	89
		2	136.3	370	2.71	67
Ortalama			136.02	337.83	2.48	47.05
Standart sapma (±)			3.49	23.01	0.19	18.87
Minimum			130.6	304	2.21	19.4
Maksimum			141.2	380	2.83	89

[1]: Dallman formülüne göre hesaplanmıştır. **[2]**: Tekerrür *KT: Klasik tavlama; **US: Ultrason uygulaması ile tavlama

Çizelge 4.28. Farklı sertlik derecesindeki buğday örneklerinden klasik ve ultrason uygulaması ile tavlanarak elde edilen unların ekmek denemelerine ait değerlerin varyans analiz sonuçları

VK	SD	Ekmek ağırlığı		Ekmek hacmi		Spesifik hacim		Ekmek değer sayısı	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Tane sertliği (A)	2	13.967	3.431ns	826.33	2.180ns	0.074	3.117ns	334.110	1.413ns
Tavlama işlemi (B)	1	13.021	3.199ns	1083.00	2.858ns	0.095	3.996ns	1064.083	4.499ns
A x B	2	34.361	8.441*	409.00	1.079ns	0.010	0.402ns	384.463	1.625ns
Hata	6	4.071		379.000		0.024		236.530	

* p< 0.05 düzeyinde önemli, ** p< 0.01 düzeyinde önemli, ns=önemsiz
VK: Varyasyon kaynağı SD: Serbestlik derecesi

Çizelge 4.29. Farklı sertlik derecesindeki buğday örneklerinden klasik ve ultrason uygulaması ile tavlanarak elde edilen unların ekmek denemelerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	N	Ekmek ağırlığı (g)	Ekmek hacmi (ml)	Spesifik Hacim (ml/g)	Ekmek değer sayısı
Tane sertliği					
Bezostaya-1 (%45 sert)	4	137.975[a]	326.5[a]	2.367[a]	42.000[a]
Bezostaya-1 (%65 sert)	4	135.850[a]	333.0[a]	2.455[a]	41.550[a]
Bezostaya-1 (%75 sert)	4	134.250[a]	354.0[a]	2.635[a]	57.600[a]
Tavlama işlemi					
Klasik tavlama	6	137.067[a]	328.3[a]	2.397[a]	37.633[a]
Ultrason uygulaması ile tavlama	6	134.983[a]	347.3[a]	2.575[a]	56.467[a]

[1]**:**Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar birbirinden farksızdır (p<0.05)

4.2.2.6.1. Ekmek ağırlığı

Ekmek ağırlığı ticari açıdan bir bakıma ekmek verimi hakkında bilgi verirken, diğer taraftan gaz üretiminin yükseldiğine ve ekmek hacminin arttığına işaret etmektedir (Elgün ve Ertugay, 1995; Demir, 2004).

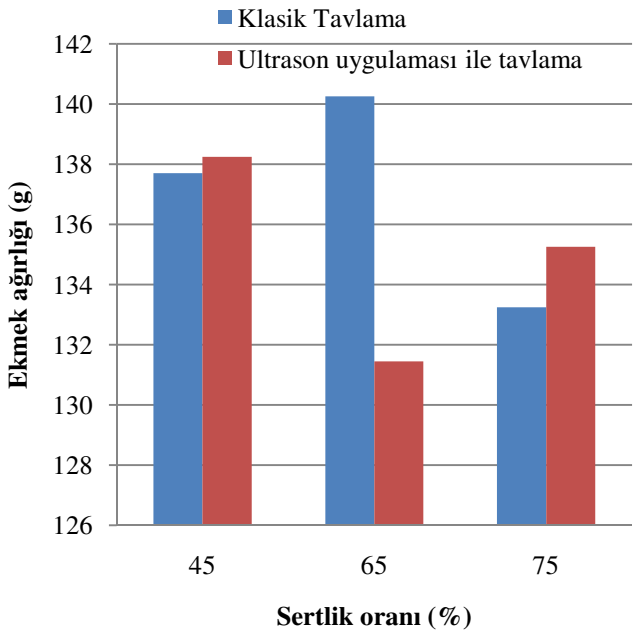
Elde edilen ekmek ağırlığı değerleri Çizelge 4.27'de, bunların varyans analizi sonuçları Çizelge 4.28'de verilmiştir. Buna göre ekmek ağırlığı üzerine " Tane sertliği x Tavlama işlemi" interaksiyonu p<0.05 düzeyinde etkili olmuştur.

Çizelge 4.29'daki Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları gözden geçirilecek olursa, deskriptif bir değerlendirme *tane sertliği* arttıkça ekmek ağırlığının düştüğü görülmektedir. Ekmek ağırlığının düşmesi, ekmekte daha iyi gaz üretimi ve hacim artışına bağlı olarak kalitesinin yükseldiğine işaret etmektedir. Bu sonuç tane sertliği ile birlikte kalitenin arttığına işaret sayılabilir. Protein miktar ve kalitesi bakımından tane

sertliğiyle birlikte artan protein ve yaş öz miktarı, farinograf ve ekstensograf değerlerine rağmen (Çizelge 4.17, 4.20 ve 4.23), istatistiki bakımdan yüksek değerde bir ağırlık kaybının bulunmaması, ekmek yapım metodunun bir sonucudur. Un kalitesi artarken amilaz aktivitesinin düşmesi (Çizelge 4.20), beraberinde gaz üretim kapasitesinde dolayısıyla ekmeğin kabarmasında kayba sebep olmaktadır. Kuvvetli unların doğal olarak amilaz enzim aktiviteleri düşük olup, ekmek yapımında enzim katkısı veya şeker ilavesi ile takviye edilerek mevcut kalitatif potansiyelleri değerlendirilir (Pyler, 1988; Elgün ve Ertugay, 1995). Bu sebeple %5 şeker katkılı standart metotlar kullanılmaktadır (Uluöz, 1965).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları, ultrason uygulaması ile tavlama işleminin istatistik bakımdan önemsiz olmasına karşılık (Çizelge 4.27), deskriptif olarak klasik tavlamaya göre ekmek ağırlığını düşürdüğü belirlenmiştir (Çizelge 4.29).

Ekmek ağırlığı üzerine etkili olan ‘‘*Tane sertliği x Tavlama işlem*i’’ interaksiyonu Şekil 4.20‘de verilmiştir. Ekmek metodunun protein miktar ve kalitesinden kaynaklanan potansiyeli ortaya koymamasından kaynaklanan sapmalar interaksiyonun açıklanmasını zorlaştırmaktadır. Örneklerden %65 sertlik derecesine ait klasik ve ultrason uygulanarak yapılan tavlamaya ait ekmek ağırlıkları değerleri deneysel hata olarak kabul edilecek olursa, sertlik derecesi artışıyla birlikte ekmek ağırlığının düşüşü açıkça görülmektedir. Buna karşılık ultrason uygulaması ile tavlama ürünü unların, düşük protein miktarına karşılık protein kalitesinin yüksekliği, daha iyi su tutma sonucu ekmek kalitesiyle birlikte ekmek veriminin de artışına sebep olduğu söylenebilir.



Şekil 4.20. Ekmek ağırlığı üzerine *''Tane sertliği x Tavlama işlemi''* interaksiyonu

4.2.2.6.2. Ekmek hacmi

Ekmek spesifik hacmi; ekmek hacminin ekmek ağırlığına oranıdır (Ercan ve ark., 1988). Ekmek hacmini artıran faktörler ekmek spesifik hacmini de artırır (Dikici, 2005).

Ekmek hacmi buğday çeşidi ve unlarının en önemli ve nihai kalite kriterlerinden biridir. Ekmek hacmi unların protein miktar ve kalitesi ile enzimatik aktivitenin tayin ettiği önemli bir parametredir. Bunu yanında una uygulanan işlemler ve katkılar da ekmek hacmini etkiler.

Türker ve Elgün (1996), buğday ruşeymine stabilizasyon amacıyla uyguladıkları otoklavlama işlemi sonucunda ekmek hacimlerinin arttığını bildirmişlerdir. Ayrıca yine Türker ve Elgün (1998) yapmış oldukları bir başka çalışmada, mikrodalga işlemi uygulanmış buğdaylardan yapılan ekmeklerin hacim değerlerinin de arttığını tespit etmişlerdir.

Çizelge 4.27 örneklerimize ait ekmek hacmi değerlerini vermektedir. Çizelge 4.28'deki varyans analiz sonuçlarına göre, buğday tane sertliği ve tavlama işlemi varyasyon kaynaklarının ekmek hacmi üzerine etkisinin istatistiki olarak önemsiz olduğu saptanmıştır. Ancak Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları deskriptif bakışla incelendiğinde, buğday örneklerinin tane sertliği arttıkça ekmek hacminin de arttığı ve

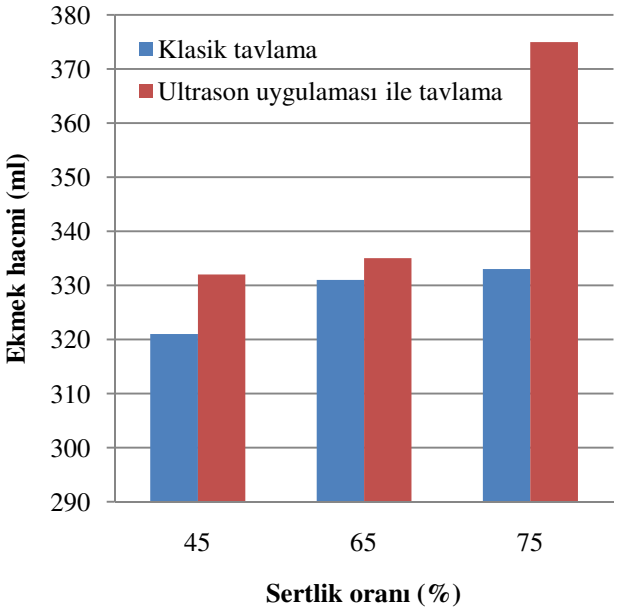
ultrason uygulamalı tavlama işleminin klasik olana göre ekmek hacmi değerlerini artırdığı görülmektedir (Çizelge 4.29). Buna göre, ultrason uygulaması ile gerçekleştirilen tavlama işlemi her üç sertlikteki buğdaylarda ekmek hacmini artırıcı etkide bulunmuştur. Özellikle sertlik oranı %75 olan buğdaylarda bu artış daha fazla olmuştur. Ekmek hacminde istatistiksel açıdan önemli farklılıkların ortaya konulamamasının sebebi, ekmek ağırlığında tartışılan hususlardır. Ekmek ağırlığını düşüren etkenler, ekmek hacmini artırıcı etkide bulunmuştur.

Duncan testi sonuçlarında deskriptif olarak kalitatif bir üstünlük hissedilmektedir. Beklenen yüksek ekmek hacminin elde edilememesinin sebebi, kullanılan ekmek yapım metodunun, unun kalitatif potansiyeline karşılık, ekmeğin kabarmasını sağlayacak enzim aktivitesine sahip olmamasıdır (Çizelge 4.20).

Sonuç olarak, enzimatik yetersizliğe rağmen örneklerin artan sertlik dereceleri ile birlikte ekmek hacimleri de yükselmiştir. Diğer taraftan tavlamada ultrason uygulanması, tavlamanın etkinliği ile birlikte merkezi endospermden daha kaliteli fakat enzim aktivitesi daha düşük endosperm parçalarının una geçmesini sağlayarak, az da olsa ekmek hacmi üzerine olumlu etkide bulunmuştur. Enzimatik yetersizliğin giderilmesi ile unun kalitatif potansiyelinin daha iyi değerlendirileceği, ekmek hacminde çok daha iyi performans elde edilebileceği söylenebilir.

Deneysel hataların yüksekliğine bağlı olarak önemli bulunamayan *"Tane sertliği x Tavlama işlemi"* interaksiyonunun deskriptif olarak gidişi Şekil 4.21'de verilmiştir. Bu görüntüler, sertlikle beraber ortalama ekmek hacim değerlerinin artışını ve her bir sertlik derecesinde ultrason uygulaması ile yapılan tavlama işleminin üstünlüğünü açıkça göstermektedir. %75 sertlik derecesinde ise ultrason uygulaması ile tavlamanın en yüksek düzeyde etkinlik gösterdiği, bu sertlik grubunda mekanik olgunlaşmaya bağlı yumuşama ve uzamadaki yükselişlerin ekmek hacmine olumlu yansıdığı söylenebilir.

Unun kül miktarı, iyi kabarmış ekmek elde etmede önemli rol oynar. Kül miktarı fazla olan unların ekmekleri iyi kabarmamaktadır (Göçmen, 1991). Kül miktarının artması ile unun gaz tutma yeteneği azalır (Ünal, 1989). Diğer taraftan kül miktarındaki düşüş ekmek hacmini artırıcı etkide bulunmuştur (Şekil 4.9 ve 4.21).



Şekil 4.21. Ekmek hacmi üzerine *"Tane sertliği x Tavlama işlemi"* interaksiyonunun etkisi

4.2.2.6.3. Spesifik hacim

Ekmeğin spesifik hacmi özellikle ekmek kalitesi ve bayatlamanın tahmininde önemli bir parametre olarak kullanılır. Spesifik hacmin yüksekliği bayatlamanın gecikeceğine işaret sayılır. Ekmek spesifik hacmi; ekmek hacminin ekmek ağırlığına oranıdır (Elgün ve ark., 2005). Ekmek hacmini artıran faktörler, ekmek spesifik hacmini de artırmaktadır (Elgün ve Ertugay, 1995).

Gelinas ve ark. (2001)'da ısıl işlem uygulanan unlardan elde edilen ürünlerde, uygulanmayan örneklere göre spesifik hacim artışlarının olduğunu bildirmişlerdir. Türker ve Elgün (1996 ve 1998)'de mikrodalga ve otoklav işlemlerinin ekmek hacim değerlerinde olduğu gibi, spesifik hacim değerlerini de artırdığını bildirmişlerdir. Ekmek hacim değerleri ile ekmek spesifik hacim değerleri arasındaki paralellikten dolayı böyle bir artışın olması doğaldır (Elgün ve Ertugay, 1995).

Puhr ve D'Appolonia (1991), absorbsiyon yeteneğine bağlı olarak ekmek spesifik hacminin arttığını belirlemiştir. Buna bağlı olarak, undaki su absorbsiyonu miktarı arttıkça spesifik hacmin de arttığı görülmektedir (Çizelge 4.23, 4.29 ve 4.38).

Ekmek örneklerinin spesifik hacim değerleri Çizelge 4.27'de, bu değerlerin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.28'de verilmiştir. Buna göre, ''*Tane sertliği*'' ve ''*Tavlama işlemi*'' varyasyon kaynaklarının spesifik hacim değerlerine etkisinin

istatistiksel olarak önemsiz olduğu gözlenmiştir. Duncan çoklu karşılaştırma testlerine bakıldığında (Çizelge 4.29), ekmek hacminde olduğu gibi tane sertliği arttıkça spesifik hacim değeri birlikte yükselmiş, ultrason uygulaması ile yapılan tavlama, klasik olana göre daha yüksek spesifik hacim sağlamıştır. Klasik tavlama işlemi uygulanan buğdaylardan yapılan ekmeklerde spesifik hacim değeri ortalaması 2.397 iken, ultrason uygulaması ile tavlanmış buğdaylardan yapılan ekmeklerde ise 2.575'ye yükselmiştir. Spesifik hacim değişimleri ile ilgili tartışmalar, ekmek hacmiyle paralellik arz etmektedir.

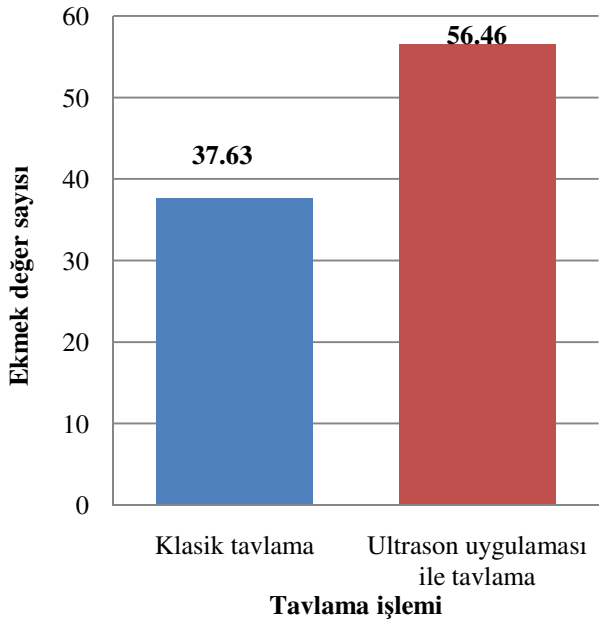
4.2.2.6.4. Ekmek değer sayısı

Ekmek değer sayısı ekmeğin dış ve iç özelliklerini kapsayacak şekilde formülize edilip geliştirilmiş bir değerlendirme parametresidir. Puanlamalar Dallman formülüne (Çizelge 3.4) yerleştirilerek bir değer sayısı bulunur. Değer sayısının yüksekliği elde edilen ekmek kalitesinin yüksekliğini ifade eder.

Çizelge 4.27'de Dallman formülüne göre bulunmuş ekmek değer sayıları verilmiştir. Çizelge 4.28'deki bu verilere ait varyans analizi sonuçlarına bakıldığında, tüm varyasyon kaynaklarının ekmek değer sayısına etkilerinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (Çizelge 4.29), ortalamaların deskriptif değerlendirilmesi sonucu, artan sertlik derecesinin *ekmek değer sayısını* yükselttiğini göstermektedir. Tavlama işleminde ise yine deskriptif değerlendirme sonuçlarına göre, klasik tavlama işleminden elde edilen ekmek değer sayısı 37.63 iken, ultrason uygulaması ile tavlama işleminden elde edilen ekmeklerin ekmek değer sayısının 56.46 olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.22 ultrason uygulaması ile tavlama işleminin bu etkinliğini açıkça göstermektedir.

Ekmek değer sayısı yüksek olan ekmekler daha homojen gözenek yapısında ve tekstürdedir. Diğer ekmeklere göre daha elastik bir yapı göstermiştir. Aynı protein ya da yaş gluten oranına sahip unların ekmek yapımı sırasında gluten kalitelerindeki farklılıktan dolayı oldukça değişik davranışlar gösterdikleri bildirilmiştir (Perten, 1990).



Şekil 4.22. Ekmek değer sayısına tavlama işleminin etkisi

4.2.2.6.5. Ekmeklerin renk özellikleri

Kabuk ve ekmek içi rengi L*, a* ve b* değerleri ölçülerek ekmeklerde renk değerlendirmesi yapılmıştır. Kabuk renginin pembe-kırmızılığı ve ekmek içinin beyazlığı önemli kalite kriterleri arasında yer alır.

Ekmek kabuk rengi (Çizelge 4.34, 4.35 ve 4.36) ve ekmek içi rengi (Çizelge 4.37, 4.38 ve 4.39) ölçüm verileri ve istatistik değerlendirme özetleri çizelgeler halinde verilmiştir.

4.2.2.6.5.1. Ekmek kabuk rengi

Ekmek kabuk rengine ait ölçüm değerleri, Çizelge 4.30'da verilmiştir. Bu değerlere ait varyans analiz sonuçları ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.31 ve 4.32'de özetlenmiştir.

Kabuk rengini ifade etmede kullanılan parametrelerin en önemlisi a* (kırmızılık) değeridir (Demir, 2004). Parlaklık L* ise, cazibeyi artırıcı etkide bulunur. Bu konuda enzimatik aktivite, Maillard reaksiyonu ve karamelizasyon olayı önemli etkenler arasında yer alır. Dolayısıyla unların kalitatif özellikleri renk oluşumunda önemli faktörler arasında yer alır.

Varyans analiz sonuçları (Çizelge 4.31), L*, a* ve b* değerleri üzerine *''Tane sertliği''* ve *''Tavlama işlemi''* varyasyon kaynaklarının istatistiki olarak önemsiz etkide bulunduğunu göstermiştir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre (Çizelge 4.32), klasik tavlama yöntemi ile tavlanan buğdaylardan yapılan ekmeklerin kabuk rengi L*, a* ve b* değerlerinde, deskriptif de olsa anlamlı sayılacak sonuçlara ulaşılamamıştır. Kotancılar ve ark. (2000b), zayıf buğday unu kullanarak yapmış oldukları ekmeklerin kabuk rengi L* ve a* değerlerinin sırasıyla 63.2 ve 10.7 olduğunu, kuvvetli buğday unu kullanarak yaptıkları ekmeklerde ise kabuk rengi L* ve a* değerlerinin sırasıyla 50.3 ve 16.6 olduğunu bildirmişlerdir. Bizim buğday sertliği için elde edilen bulgularımız, bu verilerle uyuşmamaktadır. Farklılığın ekmek yapım metotlarından kaynaklandığı söylenebilir. Kullanılan katkısız ekmek yapım metodu, artan sertlik ve kuvvetliliğe karşılık düşük amilolitik aktiviteye sahip olması sebebiyle, kabuk renginde istenilen kırmızılığı sağlayamamış, tersine az da olsa düşürmüştür. Yine deskriptif görüntüye göre, ultrason uygulaması ile yapılan tavlama ise az da olsa kırmızı renk intensitesini artırırken, parlaklıkta düşüşe sebep olmuştur.

Çizelge 4.30. Klasik tavlama ve ultrason uygulaması ile tavlanan buğdaylardan elde edilen unlardan yapılan ekmeklerin kabuk rengi değerleri[1]

Tavlama işlemi	Sertlik (%)	T[2]	Renk		
			L*	a*	b*
Klasik tavlama	45	1	59.56	13.51	28.21
		2	54.05	15.01	26.91
	65	1	60.23	13.04	31.18
		2	59.4	14.13	27.11
	75	1	56.9	15.84	34.18
		2	63.58	12.49	33.15
Ultrason uygulaması ile tavlama	45	1	57.3	13.56	26.33
		2	56.32	15.23	27.31
	65	1	56.37	15.79	27.58
		2	57.54	13.90	14.06
	75	1	61.04	12.8	31.69
		2	53.69	14.75	30.7
Ortalama			57.99	14.17	28.2
Standart sapma (±)			2.88	1.14	5.18
Minimum			53.69	12.49	14.06
Maksimum			63.58	15.84	34.18

[1]**:** Sonuçlar 5 paralel ortalamasıdır [2]:Tekerrür

Çizelge 4.31. Klasik tavlama ve ultrason uygulaması ile tavlanan buğdaylardan elde edilen unlardan yapılan ekmeklerin kabuk rengi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	Renk					
		L*		a*		b*	
		KO	F	KO	F	KO	F
Tane sertliği (A)	2	4.429	0.403ns	0.134	0.065ns	58.531	3.442ns
Tavlama işlemi (B)	1	10.944	0.995ns	0.337	0.163ns	44.352	2.608ns
A x B	2	2.750	0.250ns	0.711	0.344ns	15.801	0.929ns
Hata	6	11.002		2.069		17.004	

*: p< 0.05 düzeyinde önemli, **: p< 0.01 düzeyinde önemli, ns=önemsiz VK: Varyasyon kaynağı
SD: Serbestlik derecesi

Çizelge 4.32. Klasik tavlama ve ultrason uygulaması ile tavlanan buğdaylardan elde edilen unlardan yapılan ekmeklerin kabuk rengi değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	N	Renk		
		L*	a*	b*
Tane sertliği				
Bezostaya-1 (%45 sert)	4	56.808[a]	14.328[a]	27.190[a]
Bezostaya-1 (%65 sert)	4	58.385[a]	14.215[a]	24.983[a]
Bezostaya-1 (%75 sert)	4	58.802[a]	13.970[a]	32.430[a]
Tavlama işlemi				
Klasik tavlama	6	58.953[a]	14.003[a]	30.123[a]
Ultrason uygulaması ile tavlama	6	57.043[a]	14.338[a]	26.278[a]

[1]: Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar birbirinden farksızdır (p<0.05)

4.2.2.6.5.2. Ekmek içi rengi

Ekmek kabuk rengi ve ekmek içi rengi değerleri Çizelge 4.33'de özetlenmiştir. Bu verilere ait varyans analiz sonuçları ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.34 ve 4.35'da verilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre (Çizelge 4.34) varyasyon kaynaklarından sadece ''*Tane sertliği*'', ekmek içinin a* değerleri üzerine istatistiki olarak p<0.05 düzeyinde önemli bulunmuştur. Diğer varyasyon kaynaklarının L*, a* ve b* değerlerine

etkilerinin önemsiz olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sonuçlar çalışmamızın şartlarından kaynaklanan deneme hatalarının yüksekliğinden kaynaklanmaktadır.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (Çizelge 4.35) deskriptif olarak incelendiğinde, bütün renk parametrelerinin sertlikle beraber arttığı gözlenmektedir. Yani örneklerimizin sertlik derecesi yani kuvvetliliği arttıkça, ekmek içi parlaklığı, kırmızılık ve sarı renk intensitesi değerlerinde istatistiksel bakımdan önemli olmasa da artışlar görülmektedir (Çizelge 4.35) .

Yine Çizelge 4.35'deki ekmek içi renk değerleri deskriptif olarak gözden geçirilecek olursa, ultrason uygulaması ile tavlama işlemi daha parlak, kırmızılık ve sarılık değerleri daha düşük ekmek içi özelliği göstermiştir. Bunun sonucu olarak, ultrason uygulanarak yapılan tavlama işlemi ile elde edilen unlardan daha beyaz ekmek içi rengi verdiği, un özelliği olarak daha yüksek kalitatif özellikler taşıdığı söylenebilir.

Çizelge 4.33. Klasik tavlama ve ultrason uygulaması ile tavlanan buğdaylardan elde edilen unlardan yapılan ekmeklerin ekmek içi rengi değerleri[1]

Tavlama işlemi	**Sertlik (%)**	**T[2]**	**Renk**		
			L*	**a***	**b***
Klasik tavlama	**45**	**1**	64.39	2.58	14.78
		2	65.27	2.01	12.6
	65	**1**	64.36	1.97	13.49
		2	60.32	1.69	13.85
	75	**1**	66.07	3.01	12.42
		2	66.78	3.35	14.66
Ultrason uygulaması ile tavlama	**45**	**1**	65.88	1.65	13.34
		2	65.95	2.15	2.81
	65	**1**	62.98	2.01	12.02
		2	66.83	2.36	12.27
	75	**1**	68.4	2.72	11.94
		2	64.4	2.05	12.98
Ortalama			65.13	2.29	12.26
Standart sapma (±)			2.08	0.52	3.12
Minimum			60.32	1.65	2.81
Maksimum			68.4	3.35	14.78

[1]: Sonuçlar 5 paralel ortalamasıdır [2]:Tekerrür

Ekmek içi, rengi unun kalitatif özelliklerini özetlemede önemli bir yere sahiptir. Hacmi yüksek, ipeksi tekstür ve homojen gözenek yapısında, kabuğu kırmızı ve iç rengi beyaz olan ekmekler her zaman daha çok tercih edile gelmiştir. Ekmek hacmi ve tekstür özelliklerini geliştiren uygulamalar genellikle, ekmek içi beyazlığını da artırmaktadır (Elgün ve Ertugay, 1995). Ultrason uygulamalı tavlama tekniği ile elde edilen unların kalitatif özelliklerinden, merkezi endospermden gelen un fraksiyonlarına sahip olduğu, bu sebeple gluten miktarındaki düşüklüğe rağmen yüksek kaliteye sahip olduğu, kimyasal ve teknolojik analiz ve testlere dayalı olarak önceki bölümlerde ifade edilmişti. Dolayısıyla bu olgu, yine deskriptif anlamda Çizelge 4.29'da verilen ekmeğin kalitatif özelliklerine de olumlu şekilde yansımıştır.

Çizelge 4.34. Klasik tavlama ve ultrason uygulaması ile tavlanan buğdaylardan elde edilen unlardan yapılan ekmeklerin ekmek içi rengi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	Renk					
		L*		a*		b*	
		KO	F	KO	F	KO	F
Tane sertliği (A)	2	7.952	1.970ns	0.721	6.397*	5.729	0.564ns
Tavlama işlemi (B)	1	4.380	1.085ns	0.230	2.038ns	22.523	2.217ns
A x B	2	1.688	0.418ns	0.340	3.020ns	6.249	0.615ns
Hata	6	4.036		0.113		10.160	

* p< 0.05 düzeyinde önemli, ** p< 0.01 düzeyinde önemli, ns=önemsiz VK: Varyasyon kaynağı
SD: Serbestlik derecesi

Çizelge 4.35. Klasik tavlama ve ultrason uygulaması ile tavlanan buğdaylardan elde edilen unlardan yapılan ekmeklerin ekmek içi rengi değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	N	Renk		
		L*	a*	b*
Tane sertliği				
Bezostaya-1 (%45 sert)	4	65.373^{a}	2.095^{ab}	10.883^{a}
Bezostaya-1 (%65 sert)	4	63.623^{a}	2.007^{b}	12.907^{a}
Bezostaya-1 (%75 sert)	4	66.413^{a}	2.782^{a}	13.000^{a}
Tavlama işlemi				
Klasik tavlama	6	64.532^{a}	2.433^{a}	13.633^{a}
Ultrason uygulaması ile tavlama	6	65.740^{a}	2.157^{a}	10.893^{a}

[1]**:**Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar birbirinden farksızdır (p<0.05)

4.2.3. Kalite parametreleri açısından tane sertliğine uygun tav suyu için gerekli ultrason uygulaması süresi

Tane sertliği ve ultrason uygulamasının un ve ekmek kalitesine etkisi üzerine yapılan araştırma sonuçları, 1 dakikalık (60 s) sabit ıslatma süresi ile gerçekleştirilmişti. Bu denemelerde tane sertliğine uygun tav suyu verilmediği, bunun da un verimine yansıdığı kanaatine varılmıştır.

Bu sabit uygulama süresinin, tane sertliği dikkate alındığında, istenilen performansı sağlayamadığı düşünülerek bu deneme gerçekleştirilmiş, un verimindeki benzerliğin gerçek mi? Yoksa bir interaksiyondan mı kaynaklandığının ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu sebeple bir dakika ve daha küçük sürelerde (30 ve 45 s) ultrason uygulaması düşünülmüştür. Deneme desenini oluştururken;

a. Tane sertliği %45, 65 ve 75 olan (50 g x 3 = 150 g) gramlık buğday örneklerinde; 30, 45 ve 60 saniye sürelerle metot kısmında verildiği gibi ultrason uygulanmış, tanede su tayini yapılıp, 24 saat dinlendirmeye tabi tutulmuş ve öğütülüp un verimi ve inceliği ile unda su, kül, yaş öz ve indeks değerleri tayin edilmiştir.

b. Aynı deneme, şahit buğdaylara US ile 30, 45 ve 60 saniyelerde elde edilen su miktarları, klasik tavlamada da verilmiş, 24 saat dinlendirilerek tekrarlanmıştır.

c. Deneme 2 tekerrürlü faktöriyel plana göre gerçekleştirilmiştir.

Deneme deseni;

a. Tane sertliği: 3 (%45 - 65 - 75)
b. Ultrason uygulaması: 2 (US, Şahit)
c. Islatma süresi: 3(30, 45 ve 60 s)
d. Tekerrür: 2
e. Desen: 2 (3x2x3)

Parametreler ise; un verimi ve granülasyon, su, kül, yaş öz ve indeks olarak belirlenmiş, çalışmanın metot kısmında verildiği gibi uygulanmıştır.

Kalite parametreleri açısından tane sertliğine uygun tav suyu için gerekli ultrason uygulama süresinin belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmanın sonuçları

Çizelge 4.36 ‘da verilmiştir. Çizelge 4.37 ve 4.38 ‘de de bu sonuçlara ait sırasıyla varyans analiz sonuçları ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.36. Kalite parametreleri açısından tane sertliğine uygun tav suyu için gerekli ultrason uygulama süresi denemelerinin sonuçları

Tane sertliği (%)			**45**			**65**			**75**			**Ortalama**	**Standart sapma (±)**	**Minimum**	**Maksimum**
Islatma süresi (s)			**30**	**45**	**60**	**30**	**45**	**60**	**30**	**45**	**60**				
Un verimi (%)	**K.T.[1] (Şahit)**	**1. Tek.**	69.77	68.57	69.07	70.44	67.62	68.04	71.93	69.45	69.56	69.44	0.98	67.62	71.93
		2. Tek.	68.87	69.46	69.28	70.04	67.86	68.24	71.45	69.85	69.8				
	US[2]	**1. Tek.**	67.68	69.05	69.01	69.25	69.65	69.09	70.62	69.72	69.65				
		2. Tek.	68.13	69.48	69.15	69.52	69.36	70.15	71.07	70.5	69.76				
Su (%)	**K.T. [1] (Şahit)**	**1. Tek.**	15.3	16	16.1	15.5	15.8	16.2	15.2	15.7	16.1	15.9	0.39	15	16.6
		2. Tek.	16.1	15.6	15.5	15.9	16.4	16.6	15	15.5	15.7				
	US[2]	**1. Tek.**	16.3	16.1	16	15.8	16.1	16.3	15.5	15.7	16.1				
		2. Tek.	15.9	15.2	16.3	16	16.5	16.4	15.7	16	16.3				
Kül[4] (%)	**K.T. [1] (Şahit)**	**1. Tek.**	0.58	0.58	0.58	0.59	0.6	0.59	0.57	0.6	0.57	0.57	0.01	0.54	0.61
		2. Tek.	0.54	0.56	0.56	0.57	0.58	0.59	0.55	0.58	0.59				
	US[2]	**1. Tek.**	0.61	0.56	0.56	0.55	0.57	0.58	0.57	0.56	0.58				
		2. Tek.	0.58	0.56	0.56	0.56	0.60	0.58	0.56	0.57	0.57				
Granül[3] (%)	**K.T. [1] (Şahit)**	**1. Tek.**	85.3	81.9	82.7	87.1	83.6	84.4	83.9	82.4	83.7	86.03	2.57	80.9	89.9
		2. Tek.	85.5	82.5	86.7	86.3	85	86.6	81.3	88.9	88.1				
	US[2]	**1. Tek.**	89.5	89.7	85.2	80.9	88.6	88.6	85.5	89.6	86.1				
		2. Tek.	85.6	88.9	89.9	87.5	89.9	86.2	86.7	86.1	86.9				
Yaş gluten (%)	**K.T. [1] (Şahit)**	**1. Tek.**	25.6	24.9	25.6	26.8	24.2	26.7	33.8	34.4	33.1	8.06	4.21	22.5	34.8
		2. Tek.	25	24.2	23.6	26.6	28.2	24.1	34.8	34.8	31.7				
	US[2]	**1. Tek.**	25	25	25.1	22.5	25.7	25.2	33.8	34.8	34				
		2. Tek.	24	24.5	24.1	25.5	27	25.3	33.6	33.5	31.5				
Gluten indeks (%)	**K.T. [1] (Şahit)**	**1. Tek.**	92	86	95	88	93	91	76	77	84	89.66	5.82	76	98
		2. Tek.	92	92	89	86	97	87	82	85	80				
	US[2]	**1. Tek.**	95	94	98	95	97	97	86	87	87				
		2. Tek.	89	95	98	92	93	96	86	85	86				

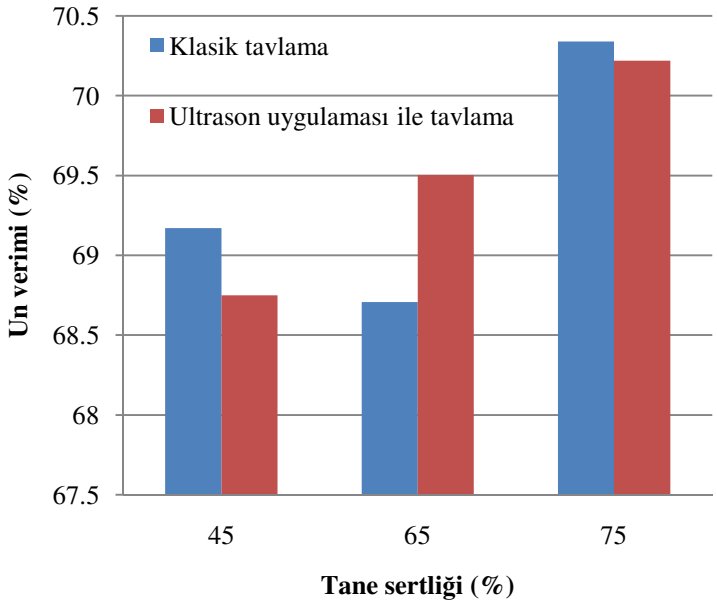
[1]: Klasik tavlama [2]:US: Ultrason uygulaması ile tavlama [3]: 140µ elek altı [4]: Kurumaddede kül

4.2.3.1. Un verimi

Un verimi sonuçları Çizelge 4.36'da verilmiştir. Çizelge 4.37 'de verilen varyans analizi sonuçlarına göre, un verimi üzerine varyasyon kaynaklarından; ''*Tane sertliği''* , ''*Islatma süresi''*, ''*Tane sertliği x Tavlama işlemi''*, ''*Tane sertliği x Islatma süresi''*, *''Tavlama işlemi x Islatma süresi"* istatistiki olarak p<0.01 düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir. Diğer varyasyon kaynaklarının un verimi üzerine olan etkileri istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (Çizelge 4.38); ana varyasyon kaynaklarından yalnız tane sertliğinin net olarak un verimini artırdığını göstermektedir. Dolayısıyla önemli bulunan interaksiyonların ultrason uygulaması ve ıslatma süresinin etkilerini örttüğü söylenebilir.

İstatistiksel bakımdan un verimi üzerine önemli düzeyde (p<0.01) etkili bulunan interaksiyonlar aşağıda incelenmiştir. Şekil 4.23 'de etkili olan ''*Tane sertliği x Tavlama işlemi''*, Şekil 4.24 'de ''*Tavlama işlemi x Islatma süresi'',* Şekil 4.25 'de ise ''*Tane sertliği x Islatma süresi*'' interaksiyonlarının gidişleri verilmiştir.

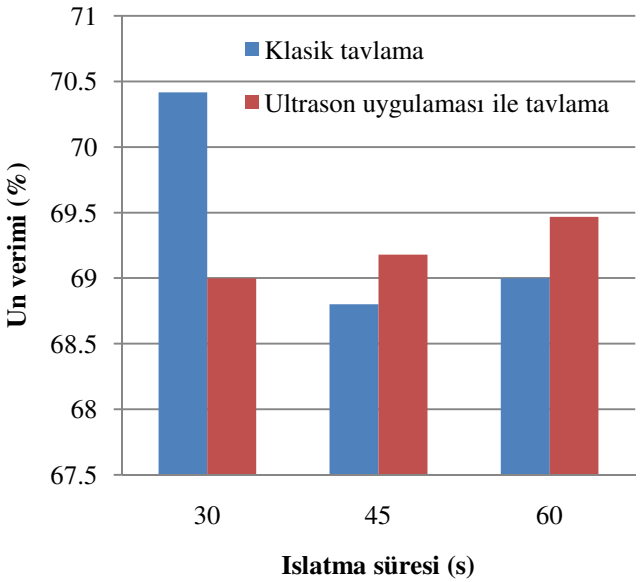


Şekil 4.23. Un verimi üzerine etkili olan *''Tane sertliği x Tavlama işlemi''* interaksiyonu

Şekil 4.24 'de diyagramatik olarak gösterilen ''*Tavlama işlemi x Islatma süresi''* interaksiyonu, 30 saniyelik ıslatma süresi geçildiğinde un veriminin düştüğünü, yani

optimum tane suyu düzeyinin üzerinde su absorbsiyonu sağlandığını göstermektedir. Sertlikle birlikte ultrason uygulaması ile yapılan tavlamanın klasiğe göre daha iyi performans göstermesi, suyun tane içine daha iyi nüfuz ettiğini dolayısıyla kabuk endosperm ayrışımın daha kolay olduğuna bağlanabilir.

Diğer taraftan, yüksek tav suyuna rağmen bir değerlendirme yapacak olursak, tane sertliği artışıyla ultrason uygulaması ile tavlanmış buğdayların un verimi artarken, klasik sistemle tavlananlarda düşüş olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, %45'lik yumuşak paçalda 30 saniyelik bekletmenin klasik tavlama için optimum tane suyunu sağladığı, fakat ultrason uygulaması ile tavlama için aşırı derecede fazla olduğunu göstermektedir. Yüksek sertlik derecelerinde ultrason uygulaması ile tavlama daha iyi ve artan oranlarda un verimi sağlamıştır. Buna karşılık klasik tavlamada artan ıslatma süreleri un verimini düşürmüştür. Bu gelişme tanenin aldığı su miktarını optimum düzeyin üstüne çıktığına, kabuk endosperm ayrımının azaldığına işaret etmektedir (Elgün ve Ertugay, 1995).



Şekil 4.24. Un verimi üzerine etkili olan ''Tavlama işlemi x Islatma süresi'' interaksiyonu

Çizelge 4.37. Ultrason uygulama süresi tespiti çalışmasında elde edilen kalite parametrelerine ait varyans analiz sonuçları

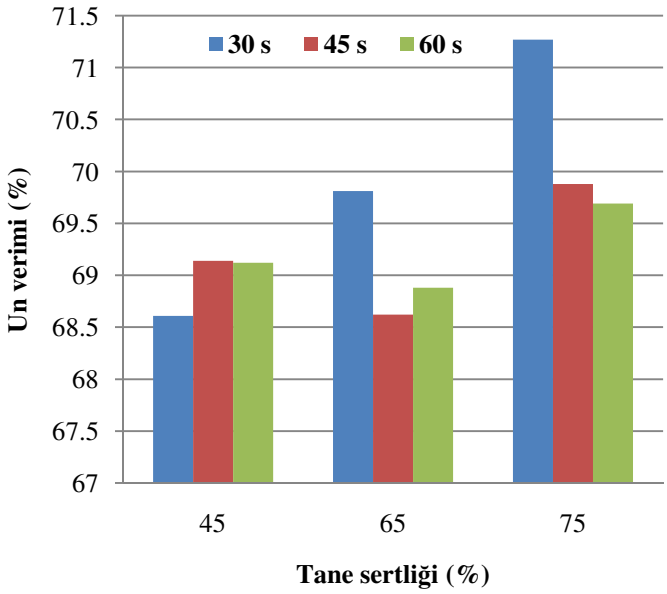
VK	SD	Un verimi		Su miktarı		Kül miktarı		Granül inceliği		Yaş gluten		Gluten indeks	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Tane sertliği (A)	2	6.288	46.556**	0.531	5.429*	0.000	2.015ns	0.689	0.127ns	289.351	201.482**	351.750	43.366**
Tavlama işlemi (B)	1	0.066	0.488ns	0.444	4.545*	0.000	1.515ns	57.507	10.590**	1.778	1.238ns	196.000	24.164**
Islatma süresi (C)	2	1.817	13.452**	0.610	6.239**	0.000	1.106ns	3.444	0.634ns	2.668	1.858ns	19.083	2.353ns
A*B	2	1.205	8.924**	0.042	0.429ns	0.000	1.470ns	5.417	0.998ns	0.468	0.326ns	2.083	0.257ns
A*C	4	1.537	11.380**	0.147	1.504ns	0.000	2.129ns	2.656	0.489ns	1.108	0.771ns	9.833	1.212ns
B*C	2	2.937	21.742**	0.054	0.557ns	0.000	1.470ns	11.514	2.120ns	1.921	1.338ns	4.750	0.586ns
A*B*C	4	0.172	1.272ns	0.038	0.391ns	0.000	2.038ns	5.899	1.086ns	0.536	0.373ns	12.333	1.521ns
Hata	18	0.135		0.098		0.000		5.430		1.436		8.111	

* p< 0.05 düzeyinde önemli, ** p< 0.01 düzeyinde önemli, ns=önemsiz VK: Varyasyon kaynağı SD: Serbestlik derecesi

Çizelge 4.38. Klasik tavlama ve ultrason uygulaması ile tavlanan buğdaylardan elde edilen unlardan yapılan ekmek denemesine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	N	Un verimi (%)	Su miktarı (%)	Kül miktarı[3] (%)	Granül inceliği[2] (%)	Yaş gluten (%)	Gluten indeks (%)
Tane sertliği							
Bezostaya-1 (%45 sert)	12	68.960^{b}	15.867^{ab}	0.569^{a}	86.117^{a}	24.717^{b}	92.917^{a}
Bezostaya-1 (%65 sert)	12	69.105^{b}	16.125^{a}	0.580^{a}	86.225^{a}	25.650^{b}	92.667^{a}
Bezostaya-1 (%75 sert)	12	70.280^{a}	15.708^{b}	0.573^{a}	85.767^{a}	33.650^{a}	83.417^{b}
Tavlama işlemi							
Klasik tavlama	18	69.406^{a}	15.789^{a}	0.577^{a}	84.772^{a}	28.228^{a}	87.333^{b}
Ultrason uygulaması ile tavlama	18	69.491^{a}	16.011^{a}	0.571^{a}	87.300^{a}	27.783^{a}	92.000^{a}
Islatma süresi							
30 s	12	69.898^{a}	15.683^{b}	0.569^{a}	85.425^{a}	28.083^{a}	88.250^{a}
45 s	12	69.214^{b}	15.883^{ab}	0.577^{a}	86.425^{a}	28.433^{a}	90.083^{a}
60 s	12	69.233^{b}	16.133^{a}	0.576^{a}	86.258^{a}	27.500^{a}	90.667^{a}

[1]**:**Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar birbirinden farksızdır ($p<0.05$) [2:] 140µ elek altı [3]: Kurumaddede kül



Şekil 4.25. Un verimi üzerine etkili olan ‘‘ *Tane sertliği x Islatma süresi’’* interaksiyonu

Şekil 4.25 ‘‘*Tane sertliği x Islatma süresi*” interaksiyonlarının gidişini göstermektedir. Bu görüntü, tavlama işlemine bakmaksızın, %45 sertlikte, fazla tane suyu sebebiyle tüm sürelerde un veriminin düştüğünü, yüksek sertlik derecelerinde ise 30 saniyelik ıslatmanın yeterli olduğuna işaret etmektedir. 45 ve 60 saniyelik ıslatmanın fazla tane suyu absorbsiyonu sebebiyle kabuk endosperm ayrışımını düşürdüğü anlaşılmaktadır. Buğday örneklerinin %75 sertlik derecesi ve 30 saniyelik ıslatma süresinde en yüksek un veriminin elde edilmesi, daha düşük sertlik derecelerinde daha az süre ile muamele edilmesinin doğru olacağı kanaatini doğurmaktadır.

Elde edilen sonuçlar, ıslatma için 30 saniyeden daha az bir sürenin yeterli olduğu, ultrason uygulaması ile ıslatmanın daha kısa sürede daha fazla su absorbsiyonu sağlarken, suyun tanede dağılışını da hızlandırdığını göstermektedir. Bu yolla tanenin daha kaliteli ve külü düşük un potansiyeline sahip merkezi endospermden daha fazla un çekilmesine yardımcı olacaktır.

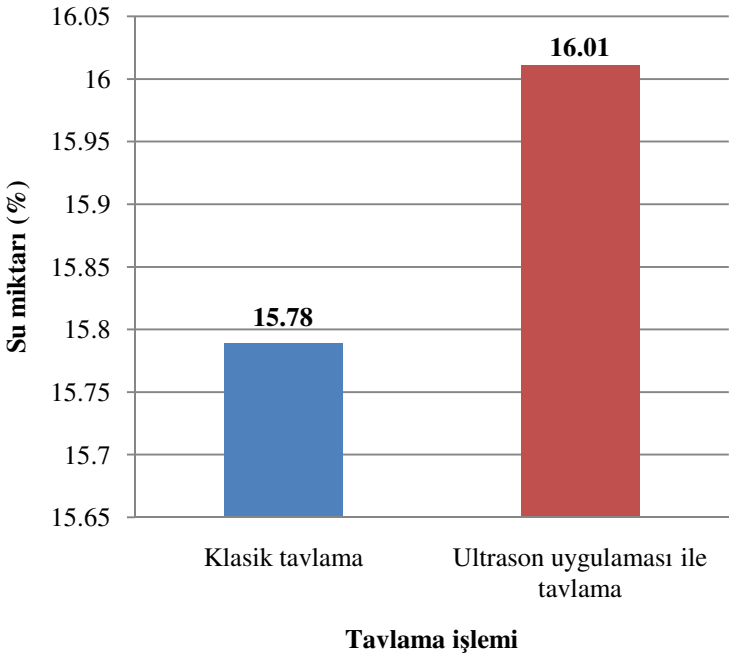
4.2.3.2. Su absorbsiyonu

Un örneklerinin su miktarı sonuçları Çizelge 4.36’da verilmiştir. Çizelge 4.37’de verilen varyans analiz sonuçlarına göre, su absorbsiyonu üzerine, ‘‘Tane sertliği’’ ve ‘‘*Tavlama işlemi’’* ana varyasyon kaynakları $p<0.05$ düzeyinde, ‘‘*Islatma süresi’’*

varyasyonunun ise $p<0.01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli etkide bulunduğu tespit edilmiştir. Diğer varyasyon kaynakları istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.38 'deki Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, ıslatma süresi artışı ve tavlama işlemlerinden ultrason uygulaması ile tavlamanın tane suyu değerlerini artırdığı tespit edilmiştir. Islatma süresinin tane suyunu artırıcı etkisi beklenen bir sonuçtur. Ultrason uygulaması ile tavlama işlemi sonucunda öğütülen buğdaylardan elde edilen su oranlarına tavlama işleminin etkisi Şekil 4.26 'de verilmiştir.

Ultrason uygulaması ile tavlama işlemi uygulanan buğdaylardan elde edilen unlarda su oranı diğer tavlama işlemine göre artış göstermiştir. Burada ortalama değer olarak, 60 saniyeden düşük sürelerde ultrason uygulaması ile yeterli düzeyde tav suyunun sağlanması önem arz etmektedir (Çizelge 4.36). Önceki bulgularımızı göz önüne alacak olursak, ultrason uygulamalı tavlamada verilen bu tav suyunun yumuşak buğdaylar için fazla olabileceği söylenebilir. Yüksek tav suyunun un verimini düşürürken, un külünü düşürdüğü (Elgün ve Ertugay, 1995) göz ardı edilmemelidir.



Şekil 4.26. Un örneklerinde su oranı üzerine tavlama işleminin etkisi

4.2.3.3. Unda kül miktarı

Un örneklerinin kül miktarı sonuçları Çizelge 4.36'da verilmiştir. Çizelge 4.37'de verilen varyans analiz sonuçlarına göre, varyasyon kaynaklarının tamamı istatistiki olarak önemsiz etkide bulunmuştur.

Çizelge 4.38 'deki Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre de, istatistiki önemlilikte bir kül farklılığı görülmemektedir. Deskriptif bir ifade ile ultrason uygulaması ile tavlamanın, daha önceki denemelerde de olduğu gibi az da olsa düşüşe sebep olduğu, ıslatma süresi arttıkça un külünde daha anlamlı düşüş olduğu göze çarpmaktadır (Çizelge 4.38). Artan sürelerde ıslatma ile elde edilen yüksek tav suyunun un külünü düşürdüğü (Elgün ve Ertugay, 1995) söylenebilir.

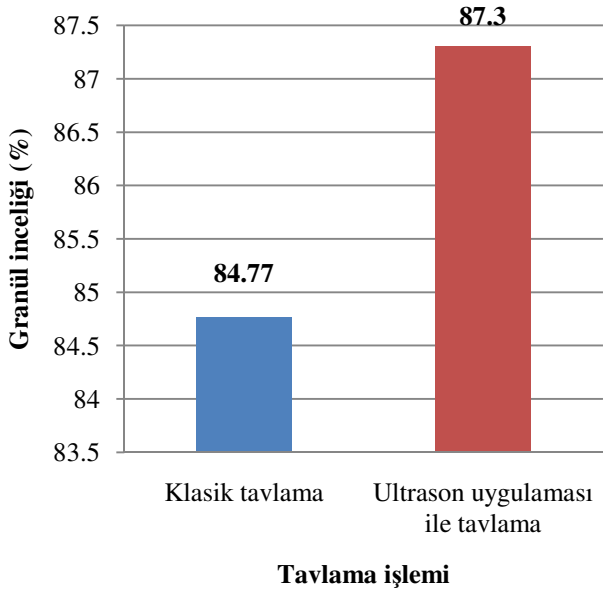
4.2.3.4. Unda granül inceliği

Un örneklerinin granülasyon durumu yani irilik dağılışı sonuçları Çizelge 4.36 'da verilmiştir. Çizelge 4.37 'deki varyans analiz sonuçlarına göre, un örneklerinin 140 mikron altı granül inceliği üzerine yalnız tavlama işleminin etkisinin istatistiksel olarak ($p<0.01$) önemli etkide bulunduğu sonucuna varılmıştır. Diğer varyasyon kaynaklarının ise istatistiki olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Buğday örneklerinden elde edilen unlardaki un granül inceliği değerleri ortalamaları Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır. Buna göre, tavlama işlemleri ve ıslatma süresi granül inceliğini değiştirmiştir (Çizelge 4.38). Görüldüğü gibi ıslatma süresinin çok anlamlı bir etkinliği görülmemektedir. Ultrason uygulaması ile tavlama işleminin sebep olduğu değişim Şekil 4.27'te diyagramatik olarak gösterilmiştir. Farklı şekilde tavlanan buğdaylardan elde edilen unlardan, ultrason uygulaması ile tavlananların granül inceliği değerleri %87.30, klasik tavlama işlemi uygulanan buğdaylardan elde edilen unlarda ise %84.77 olarak belirlenmiştir. Buna göre, ultrason uygulaması ile tavlama işleminin klasik tavlama işlemine göre daha ince granül yapısında un elde etmede daha etkili olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.27).

Bu sonuç, ultrason uygulanarak tavlanmış buğdayın öğütmede daha ince materyal vererek kolaylıkla una dönüştürüleceğini, aynı kül oranında daha fazla un

verimi sağlanabileceğini, hatta değirmende kapasite artışı sağlanabileceğini göstermektedir.



Şekil 4.27. Un örneklerinde granülasyon üzerine tavlama işleminin etkisi

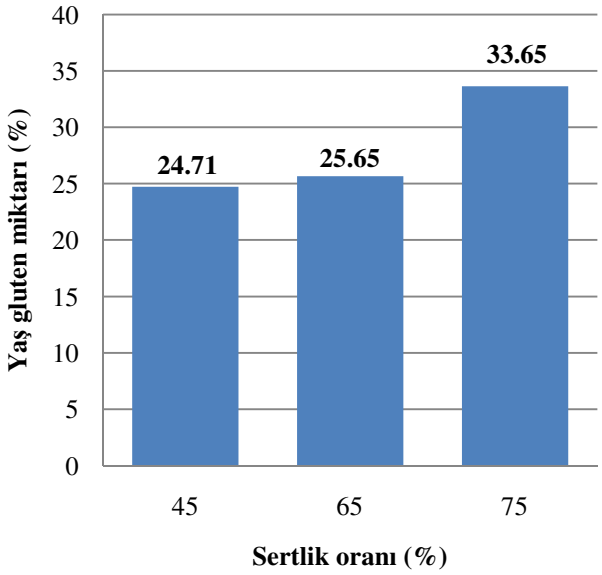
4.2.3.5. Yaş gluten miktarı

Un örneklerinin yaş gluten miktarı sonuçları Çizelge 4.36 'da verilmiştir. Çizelge 4.37 'deki varyans analiz sonuçlarına göre, tane sertliğinin yaş gluten miktarı üzerine $p<0.01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli etkisinin olduğu belirlenmiştir. Diğer varyasyon kaynaklarının ise istatistiki olarak önemsiz olduğu tespit edilmiştir.

Buğday örneklerinden elde edilen unlardaki un granül inceliği değerleri ortalamaları Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır. Buna göre, tavlama işlemleri ve ıslatma süresi granül inceliğini değiştirmiştir (Çizelge 4.38).

Çizelge 4.38 'de Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, tane sertliği arttıkça un örneklerindeki yaş gluten miktarları yükselmiştir. Islatma süresi ve tavlama işlemlerinin yaş gluten miktarları üzerine istatistiki olarak dikkate değer bir etkisi olmamış, deskriptif bakışla ıslatma süresi ve ultrason uygulaması ile tavlama gluten miktarını az da olsa düşürmüştür. Burada ıslatma süresinin artışı ile artan tane suyunun kabuk endosperm ayrışımını düşürmesine, ultrason uygulaması ile yapılan tavlamanın endospermdeki nüfuz derinliğine bağlı olarak merkezi endospermden protein miktarı daha düşük un çekilmesinin muhtemel sebep olduğu söylenebilir. Şekil 4.28'de yaş

gluten miktarları üzerine tane sertliğinin etkisi diyagramatik olarak gösterilmiş olup normalde beklenen bir değerdir.



Şekil 4.28. Yaş gluten miktarları üzerine ‘‘*Tane sertliği* " nin etkisi

4.2.3.6. Gluten indeks değeri

Un örneklerinin gluten indeks değerleri Çizelge 4.36 ’da verilmiştir. Bu değerlere ait varyans analiz sonuçlarına göre (Çizelge 4.37), gluten indeks değerleri üzerine ‘‘*Tavlama işlemi’’* ve ‘*Tane sertliği’’* ana varyasyon kaynaklarının istatistiksel olarak $p<0.01$ düzeyinde önemli etkide bulunduğu belirlenmiştir. Diğer varyasyon kaynakları ise istatistiki olarak önemsiz çıkmıştır.

Çizelge 4.38 ‘de özetlenen Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, tavlama işlemlerinden ultrason uygulaması ile tavlama yöntemi gluten indeks değerini artırmıştır. Ultrason uygulamasının klasik sistemle karşılaştırıldığında, gluten indeks değerinde oldukça iyi performans artışı sağladığı açıkça görülmektedir.

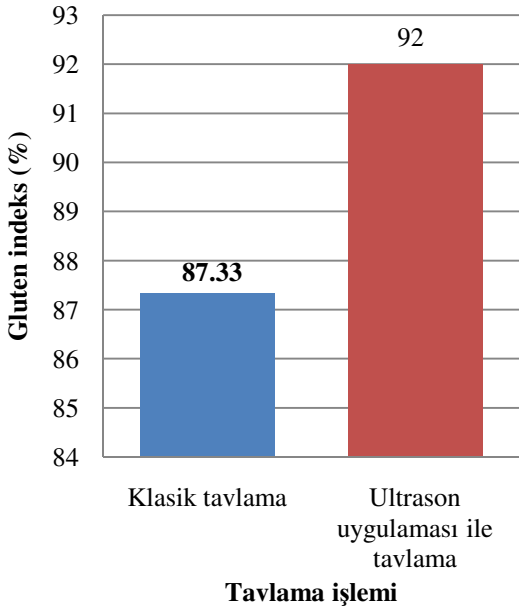
Şekil 4.29’de gluten indeks oranları üzerine tavlama işleminin etkisi gösterilmiştir. Buna göre, klasik tavlama işlemi sonucunda undaki gluten indeks değeri %87.33 düzeyinde kalırken, ultrason uygulaması ile tavlama işleminde ise %92’ye yükselmiştir.

Tane sertliği ile birlikte gluten indeks değerinin de yükselmesi beklenen bir gelişmedir (Elgün ve Ertugay, 1995).

Ultrason uygulaması ile tavlama sonucunda gluten miktarı etkilenmezken, indeks değerinde görülen önemli düzeydeki artış, ultrason uygulamalı tavlamanın merkezi endospermden un sağlaması ve bu bölgenin daha düşük enzimatik aktivite göstermesi (Pomeranz, 1988; Pyler, 1988) ile açıklanabilir.

Artan ıslatma süreleri de deskriptif olarak gluten indeks değerinde artışa sebep olmuştur. Islatma işleminde süreyi uzatmak her iki metotta, az da olsa gluten indeks değerini artırmıştır. Burada da gluten miktarı azalırken, kalitesini ifade eden gluten indeks değeri yükselmiştir.

Yüksek tane suyu ile ortaya çıkan bu durum, uzun ıslatma süresinde alınan fazla suyun kabuk endosperm ayrışımını düşürerek, proteince zengin dış endospermin kepekle atıldığına işarettir. Sonuç olarak daha merkezi kısımlardan alınan un örnekleri kaliteli gluten ve düşük enzimatik aktivite (Pomeranz, 1988: Pyler, 1988) sebebiyle daha yüksek gluten indeks değerleri göstermişlerdir.



Şekil 4.29. Gluten indeks oranları üzerine tavlama işlemlerinin etkisi

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu araştırma, tavlama amacıyla farklı tane sertliğine sahip buğdayın ıslatılmasında, ultrason uygulamasının; tanenin su absorbsiyonu yanında, un verimi ve unun kalite özelikleri üzerine etkisini ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Islatma süresi olarak 1, 2 ve 3 dakikalık işlemler gerçekleştirilmiş, analitik test ve analiz sonuçlarına göre %75 sertlikte tane sertliği dahil 1 dakikada verilen tav suyunun optimum tane suyunun üzerinde olduğu belirlenmiştir. Bir ek deneme ile 30, 45 ve 60 saniyelik ıslatma işlemlerinde, 30 saniyenin %75 sertlik için yeterli olduğu, %45 ve 65 sertlik derecelerinde optimum tav suyu için fazla bir süre olduğu anlaşılmıştır.

Islatmada 30 saniyelik süre bile, un veriminde düşüş ve un suyunda yükseliş göstermiş, buna karşılık karşılaşılan unda kalite artışına rağmen tanede kabuk endosperm ayrışımının düştüğü gözlenmiş, ıslatma süresinin ise 30 saniyenin altına düşürülmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Ultrason uygulamasının daha etkili olacağı düşünülen endüstriyel uygulamalarda %50 ve altındaki sertlik derecesine sahip buğdaylarda bu sürenin 15 saniyenin altına düşebileceği düşünülmektedir.

Un verimi ve enerji sarfiyatı gibi öğütme parametrelerinde ultrason uygulaması ile tavlamanın olumlu etkisi görülmemiştir. Burada ultrason uygulaması sonucu alınan fazla tane suyu sebebiyle un veriminin düştüğü düşünülmektedir.

Özellikle sert buğday diyagramlarındaki iki aşamalı tavlamayı, ultrason uygulaması ile ıslatma yoluyla tek aşamaya indirgeme yönünde kuvvetli ve olumlu ipuçları vermiştir. Bu konuda, endüstriyel normların oluşturulması ve sistem dizaynı için yeni çalışmaların yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Ultrason uygulaması ile tavlama işlemi, tanenin su alma ve yayılma hızını artırmış, fazla tav suyu kabuk endosperm ayrışımını düşürüp un verimini azaltırken, suyun nüfuzunu ve tavlama etkinliğini artırarak düşük yoğunlukta fakat daha kaliteli glutene sahip merkezi endosperm kaynaklı materyali una kazandırarak un kalitesini yükseltmiştir. Bu husus daha ince un granülasyonu, düşük kül miktarı, yüksek gluten

indeks, daha iyi performansta farinograf ve ekstensograf denemeleri ile ekmek testlerinin sonuçları tarafından doğrulanmıştır.

Düşük un külü, ince materyal artışı gibi kalite özellikleri dikkate alındığında, laboratuvar şartlarında elde edilen bu sonuçlar, pratik açıdan endüstriyel şartlarda daha kısa sürede daha yüksek tavlama performansı ve aynı kül düzeyinde daha yüksek randıman ve öğütme kalitesinin elde edilebileceğine işaret sayılabilir.

Bilimsel açıdan sonuçlar dikkate alındığında, ultrason uygulaması ile tavlama işlemi buğdayda bir taraftan dıştan içe doğru kütle (su) transferini artırırken, transfer hızını yükseltmiş, dinlendirme aşamasında unsu endospermin mozaikleşme sürecine katkıda bulunarak un granül inceliğini artırmıştır.

5.2. Öneriler

Ultrason uygulaması ile tavlama sistemi kullanımının işletim masraflarını düşüreceği düşünülmektedir. Ancak ultrason aparatının mevcut şartlardaki yatırım masraflarının yüksek olması ve un değirmenciliği için yeni bir tavlama sisteminin geliştirilmesine ihtiyaç olması, bu hususta endüstriyel çapta çalışmaların yürütülmesini gerektirmektedir.

KAYNAKLAR

Alava, J.M., Sahi, S.S., Garcia-Alvarez, J., Turo, A., Chavez, J.A., Garcia, M.J. and Salazar, J., 2007, Use of Ultrasound For The Determination of Flour Quality, *Ultrasonics,* 46, 270–276.

AACC, 1990, *Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists (8th ed.), St. Paul: AACC.*

Anderssen, R.S., Bekes, F., Gras, P.W., Nikolov, A. and Wood, J.T., 2004, Wheat-flour dough extensibility as a discriminator for wheat varieties, *Journal of Cereal Science*, 39, 195–203.

Anonim, 2013a, http://www.vibronet.com/ Ziyaret Tarihi: [14.05.2013].

Anonim, 2013b, http://www.technoline.org/ Ziyaret Tarihi: [14.05.2013].

Anonim, 2013c, http://endosan.com.tr/ultrasonik_fare_kovucu.asp Ziyaret Tarihi: [14.05.2013].

Anonim, 2013d, T.C. Başbakanlık, *Türkiye İstatistik Kurumu verileri,* http://www.tuik.gov.tr/ Ziyaret Tarihi: [14.05.2013].

Anonim, 2013e, http://www.ticaretgroup.com/asp/menu_items.asp?ID=66 Ziyaret Tarihi :[14.05.2013].

Anonim, 2013f, http://www.ticaretgroup.com/asp/menu_items.asp?ID=66 Ziyaret Tarihi: [14.05.2013].

Anonymous, 1990, Grain Testing, Cleaning and Conditioning. International Grains Program, Milling Short Course, Kansas State Uni. Manhattan, Kansas, USA

Anonymous, 2002, Un ve Buğday Analizleri Laboratuvar Cihazları Kataloğu, K. Kantar, Ankara.

Anonymous, 2012, http://www.fao.org/worldfoodsituation/wfs-home/csdb/en/ Ziyaret Tarihi : [14.05.2013].

Autio, K., Flander, L., Kinnunen, A. and Heinonen, R., 2001, Bread quality relationship with rheological measurements of wheat flour dough, *Cereal Chemistry,* 78, 654-657.

Ay, C. and Gunasekaran, S., 1994, Ultrasonic Attenuation Measurements for Estimating Milk Coagulation Time. *Transactions of the ASAE*, 37, 857-862.

Balkan, A. ve Gençtan, T., 2005, Un Kalitesini Yükseltmek İçin Paçala Karıştırılan Bazı Ekmeklik Buğday Çeşitlerinin Tekirdağ Koşullarındaki Verim ve Kalite

Unsurlarının Belirlenmesi, *Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi* 5-9 Eylül 2005, Antalya, Araştırma sunusu, 149-154.

Barret, F.F., Kulp, K., Loewe, R.J. and Ranum, P.M., 1980, Nutrient levels in internationally milled wheat flours, *Cereal Chemistry*, 57, 469.

Başaran, A. and Göçmen, D., 2003, The Effects of Low Mixing Temperature on Dough Rheology and Bread Properties, *Eur. Food Res. Technol.,* 217:138-142.

Bayrakçı, A H., 2008, Buğdayın tavlanmasında mikrodalga uygulamasının öğütme ve ekmekçilik kalitesine etkisi üzerine bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üni. Fen Bilimleri Ens. Gıda Mühendisliği Anabilim dalı,* 94 sayfa, Konya.

Bayraktaroğlu, G. ve Obuz, E., 2006, Ultrason yönteminin ilkeleri ve gıda endüstrisinde kullanımı, 24-26 Mayıs 2006, *Türkiye 9. Gıda Kongresi,* Bolu, 57-60.

Bellido, G.G. and Hatcher, D.W., 2009, Ultrasonic Characterization of Fresh Yellow Alkaline Noodles, *Journal of Cereal Science,* 38, 33-42.

Bender, A.E. 1990, Dictionary of Nutrition and Food Technology, *Butterworth & Co Ltd.,* London, England, pp: 260.

Bhaskaracharya, R.K., Kentish, S. and Ashokkumar, M., 2009, Selected Applications of Ultrasonics in Food Processing, *Food Engineering Reviews,*1: 31–49.

Blitz, J., 1971, Ultrasonics: Methods and Application, Butterworts Coltd. London, 76-103.

Bloksma, A.H. and Bushuk, W., 1988, Rheology and chemistry of dough (3rd ed.. In Y. Pomeranz (Ed.). *Wheat chemistry and technology*, Vol. II, Pages: 131–217.

Brennan, J.G., 2006, *Food Processing Handbook*, Wiley VCH Germany, 582 p.

Butz, P. and Tauscher, B., 2002, Emerging Technologies: Chemical Aspects, *Food Research International*, 35(2/3): 279–284.

Chemat, F., Zill-e-Huma and Khan, M.K., 2011, Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction**,** *Ultrasonics Sonochemistry,* 18, 813-830.

Curic, D., Karlovic, D., Tusak, D., Petrovic, B. and Dugum, J., 2001, Gluten as a standart of wheat flour quality, *Food Technology and Biotechnology,* 39, 353-361.

Danno, G. and Hoseney, R.C., 1982, Effect of Sodium Chloride and Sodium Dodecyl Sulphate on Mixograph Properties, *Cereal Chemistry*, 59: 202-204.

Daskalova, Z., Baldzhiev, D. and Shikrenov, D., 1980, Effect of dielectric heatingon conditioning period of wheat, *Khronitelna Promioblenos,* 29, 19-22.

Demir, M.K., 2004, Likit ferment sisteminde kullanılan maya (*Samlharomyces cerevisiae*) performansının artırılmasında ortam şartları ve katkılamanın optimizasyonu üzerine bir çalışma, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üni. Fen Bilimleri Ens. Gıda Mühendisliği Anabilim dalı*, 59 sayfa, Konya.

Dikici, N., 2005, Farklı Tip Unlarda Ekmekçilik Kalitesi ile Farklı Metotlarla Ölçülen Un ve Hamur Özellikleri Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, *Yüksek lisans tezi, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Dogan, I.S., Ponte, Jr. J.G. and Walker, C.E., 1996, Effect of formula and process variations on Turkish francala bread production, *Cereal Foods World,* 41, 741.

Doğan, İ.S. ve Uğur, T., 2005, Van ve Çevresinde Yetiştirilen Bazı Buğdayların Bisküvilik Kalitesi Üzerine Bir Araştırma. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 15, 139-148.

Dolatowski Z.J., Stadnik J., Stasiak D., 2007, Applications of ultrasound in food technology, *Acta Sci.Pol., Technol.* Aliment, 6, 88-99.

Doty, N.C. and Baker, C.W., 1977, Microwave conditioning of hard red spring wheat I. effect of wide power range of flour and bread quality, *CerealChemistry*, 54: 717.

Duran, K., Bahtiyari, İ. ve Körlü, A.E., 2006, Ultrason Teknolojisi, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 3:155-158,

Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O. ve Gürbüz, F., 1987, Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistiksel Metodları-II), *Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayın* No: 1021, 381 sayfa, Ankara.

Earnshaw, R.G., Appleyard, J. and Hurst, R.M., 1995, Understanding physical inactivation process: combined preservation opportunuties using heat, ultrasound and pressure, *International J.Food Microbiology*, 28, 197-219.

Elgün, A. ve Türker, S., 1995, Mikrodalga uygulamalarının buğdayın tavlanmasında tanenin kabuk-endosperm ayrışımı ve un özelliklerine etkisi, *Selçuk Üniversitesi Araştırma Fonu Başkanlığı Proje* No: ZF 92/138, Konya.

Elgün, A. ve Ertugay, Z., 1995, Tahıl İşleme Teknolojisi. *Atatürk Üni. Ziraat Fakültesi Yayınları* No:718, 411 sayfa, ERZURUM,

Elgün, A., Türker, S. ve Bilgiçli, N., 2001, *Tahıl ve Ürünlerine Analitik Kalite Kontrolü,* Konya Ticaret Borsası, Yayın No:2, Konya.

Elgün, A., 2002, Buğdayda kalite takdiri ve alınan önlemler, *Konya Ticaret Borsası Dergisi*, 5, 22-23.

Elgün, A., Türker, S. ve Bilgiçli, N., 2005, Tahıl ve Ürünlerine Analitik Kalite Kontrolü, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Ders Notları, 112 sayfa, Konya.

Elgün, A., 2008, Tahıl İşleme Teknolojisi Ders Notları, Selçuk Üniversitesi, 78 sayfa, Konya.

Elgün, A., Ertugay, Z., Certel, M. ve Kotancılar, H.G., 2011, Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Klavuzu (Düzeltilmiş 3. baskı). Atatürk Üniversitesi Yayın no:867, Ziraat Fakültesi Yayın No:335, Ders Kitapları Serisi No:82, 245.

Elmehdi, H. M., Page, J.H. and Scanlon, M. G., 2003, Using Ultrasound to Investigate The Cellular Structure of Bread Crumb*, Journal of Cereal Science*, 38, 33-42.

Ensminger D., 1988, Acoustic and electroacoustic methods of dewatering and drying, Drying Techn., 6, 3, 473-499.

Ercan, R., Seçkin, R. ve Velioğlu, S., 1988, Ülkemizde yetiştirilen bazı buğday çeşitlerinin ekmeklik kalitesi, Gıda, 13, 107-114.

Ercan, R., 1989, Bazı ekmeklik buğday çeşitlerinin kalitesi, Gıda Dergisi, 14 (4), 219 - 228.

Ercan, R., Seçkin, R. ve Velioğlu, S., 1989, Ülkemizde yetiştirilen yabancı ekmeklik buğday çeşitlerinin kalitesi, *Gıda Dergisi*, 14, 353-361.

Ercan, S.Ş. ve Soysal, Ç., 2011, Ultrasonun gıdalarda ve enzimlerin inaktivasyonunda kullanılması, *Gıda Dergisi,* 36, 225-231.

Ertugay, Z., Çelik, İ. ve Koca, F., 1991, Farklı dozlarda uygulanan klorlu su ile soğuk ve ılık tavlama işlemlerinin kırmızı-ekmeklik buğdaylarda öğütme değeri ile unun bazı kalitatif ve mikrobiyolojik özelliklerine etkisi, *Doğa,* 661-673.

Evans, G.C., Demand, J.M., Rasper, V.F. and Voisey, P.W., 1974, An Improved Dough Extensograph. *Journal of Canadian Institute of Food Science and Technology*, 7: 263-268.

Fernandes, F.A.N. and Rodrigues, S., 2007, Ultrasound as pre-treated for drying of fruits: Dehydration of banana, *J. Food Eng.*, 82, 261-267.

Fernandes, F.A.N., Linhares, F.E., Rodrigues, S., 2008, Ultrasound as pre-treatment for drying of pineapple, *Ult. Sonoc.*, 15, 1049–1054.

Fellows, P.J., 2000, *Food Processing Technology*, Principles and Practice, 575 sayfa, Woodhead Publishing.

Feng, H., 2009, Internatonal forum on Emerging Technologies in Food Processing, *Power Ultrasound Processing and Food Safety*, University of Illions at Urbana-Champaign.

Fisher, M.H., Aitken, T.R. and Anderson, J.A., 1949, Effects of Mixing Salt and Consistency on Extensograms, *Cereal Chemistry*, 26:81-97.

Floros, J.D. and Liang, H., 1994, Acoustically Assisted Diffusion Through Membranes and Biomaterials, *Food Technol.,* 48, 79-84.

Francis, F.J., 1998, Colour analysis, In: Food Analysis, Nielsen SS (Ed), *An Aspen Publishers,Maryland, Gaithersnurg,* USA, pp. 599-612.

Frias, J., Penas, E., Ullate, M., and Vidal-Valverde, C., 2010, Influence of Drying by Convective Air Dryer or Power Ultrasound on the Vitamin C and β-Carotene Content of Carrots, *J. Agric. Food Chem.*, 58, 10539–10544.

Fuente-Blanco, S., Riera-Franco de Sarabia, E., Acosta-Aparicio, V.M., Blanco-Blanco, A., and Gallego-Juarez, J.A., 2006, Food drying process by power ultrasound, *Ultrasonics,* 44: 523-527.

Gallego-Juarez, J.A., Rodriguez-Corral, G., Galvez-Moraleda, J.C. and Yang, T.S., 1999, A new high-intensity ultrasonic technology for food dehydration, *Drying Technology: An International Journal,* 17, 597-608.

Gelinas, P., Mckinnon, C. M., Rodrigue, N. and Montpetit, D., 2001, Heating conditions and bread-making potential of substandard flour, *Journal of Food Science*, 66, 627-632.

Garcia-Alvarez, J., Alava, J.M., Chavez, J.A., Turo, A., Garcia, M.J. and Salazar, J., 2006, Ultrasonic characterisation of flour–water systems: A new approach to investigate dough properties, Campden and Chorleywood Food Research Association, Chipping Campden, UK, *Proceedings of Ultrasonics International (UI'05) and World Congress on Ultrasonics,* 1051-1055.

Göçmen, D., 1991, Marmara Bölgesinde Üretilen Bazı Buğday Çeşitlerinin Ekmeklik Kalitesi Üzerinde Araştırmalar, *Yüksek Lisans Tezi*, Uludağ Üniversitesi, Bursa.

Grosse, 1929, Solicheinen weizervarbereiter cinbauen, *Die Mühle*, 66: 1089-1094.

Gunasekaran, S. and Ay, C., 1996, Milk coagulation cut time determination using ultrasonics, *J. Food Process Engineering*, 19, 63-74.

Hoseney, R.C., 1994, *Principles of Cereal Science and Technology*, 378 sayfa, USA, AACC.

Hruskova, M. and Smejda, P., 2003, Wheat flour dough alveograph characteristics predicted by nırsystems, 6500. Czech, *J. Food Sci.*, 21: 28–33.

Indrani, D. and Rao G.V., 2007, Rheological characteristics of wheat flour dough as influenced by ingredients of parotta, *Journal of Food Engineering*, 9, 100-105.

ICC, 2002, International association for cereal science and technology, ICC- Vienna.

İbanoğlu, Ş., 2001, Influence of tempering with ozonated water on the selected properties of wheat flour, *Journal of Food Engineering,* 48, 345-350.

Joersbo, M. and Brunstedt, J., 1992, Sonication: A new method for gene transfer to plants. *Physiologia Plantarum,* 85, 230-234.

Jones, D.D., 1949, Product and market dynamics in the international breakfast cereal industry, *Cereal Foods World,* 37, 357-360.

Karaduman, Y., 2002, Anadolu tarımsal araştırma enstitüsü tarafından geliştirilen bazı ekmeklik buğday çeşitlerinin ve çeşit adayı hatlarının kalite özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üni. Fen Bilimleri Ens. Gıda Mühendisliği Anabilim dalı*, 73 sayfa, İzmir.

Kathuria, D.K. and Sidhua, J.S., 1984a, Indian Durum Wheats I. Effect of Conditioning Treatments on the Milling Quality and Composition of Semolina, *Cereal Chemistry*, 61:460.

Kathuria, D.K. and Sidhua, JS., 1984b, Indian Durum Wheats II. Effect of Conditioning Treatments on the Quality of Spaghetti*, Cereal Chemistry,* 61:463.

Kent-Jones, D.W. and Amos, A.J., 1967, *Modern Cereal Chemistry*, Food Trade Press Ltd. 7. Garric Street, W.C. 2, 730 pp.

Kent, N.L., 1990, *Technology of Cereals*, Pergamon Pres, Oxford, U.K.

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

Konopka, I., Abramczyk, D., Fornal, L., Rothkaehl, J. and Rotkiewicz, D., 2004, Statistical Evaluation of Different Technological and Rheological Tests of Polish Wheat Varieties for Bread Volume Prediction, *International Journal of Food Science and Technology,* 39:11-20.

Kotancılar, H.G., Babagil, M.A. ve Çelik, İ., 2000a, Farklı kuvvetteki unların reolojik özellikleri üzerine yoğurma ve fermantasyon sürelerinin etkisi, *Unlu MamüllerTeknolojisi,* 9, 39-48.

Kotancılar, H.G., Babagil, M.A. ve Çelik, İ., 2000b, Zayıf ve kuvvetli unlara uygulanan yoğurma ve fermantasyon sürelerinin ekmek kalitesi üzerine etkisi, *Unlu Mamüller Teknolojisi,* 9 (2), 40-48.

Kuttruff, H., 1988, *Physik und Technik des Ultraschalls*. 415 pp., S. Hirzel Verlag, Stuttgart.

Lida, Y., Tuziuti, T., Yasui, K., Towata, A. and Kozuka, T., 2008, Control of viscosity in starch and polysamlharide solutions with ultrasound after gelatinization, Shimoshidami, Moriyama-ku, Nagoya 463-8560, Japan, pp., 140-146.

Lionetto, F., Maffezzoli, A., Ottenhof, M.A., Farhat, I.A. and Mitchell, J.R., 2006, Ultrasonic Investigation of Wheat Starch Retrogradation, *Journal of Food Engineering*, 72, 258-266.

Lock Wood, J., 1982, *Flour Milling.* Hanry Simon Limited, England.

MacKay, F., 1998, Applications of ultrasound to dough processing-literature review, Quality Wheat CRC Project Report, QWCRC Report no: 8, 7-9.

Malcolm, J.W., Povey, T. and Mason, J., 1998, Ultrasound in Food Processing, *Thomson Sci.,* 115 Fifty Avenue, NY, pp. 127–143.

Mason, T., Newman, A., Sukhvinder, P. and Charter, C., 1994, Sound solution, *World Water Environ. Eng.,* (April), 16.

Mason, J.T., Paniwnyk, L. and Lorimer, J.P., 1996, The Uses of Ultrasound in Food Technology, Ultrasonics Sonochemistry, 3, 253-260.

Mason, T.J., 1998, Power ultrasound in food processing. The way forward. In: *Ultrasound in Food Processing,* Povey, M.J.W. and Mason, T.J. (eds), pp.105-126, Chapman & Hall, London.

Mcclements, D.J. and Povey, M.J.W., 1987, Solid fat content determination using ultrasonic velocity measurements, *Int. J. Food Sci. Technol.,* 22: 491-499.

Mcclements, D.J., 1995, Advances in the application of ultrasound in food analysis and processing, *Trends Food Sci. Techn.,* 6, 293-299.

Mcclements, D.J., 1997, Ultrasonics characterization of food and drinks : principles, methods and applications, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr*., 37, 1-46.

Menderis, M., 2006, Güneydoğu Anadolu Bölgesi koşullarında geliştirilen bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum l.*) hatları ile yetiştirilen bazı buğday çeşitlerinin kalite özelliklerinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Harran Üni. Fen Bilimleri Ens. Gıda Mühendisliği Ana Bilim dalı*, 62 sayfa, Şanlıurfa.

Meral, R., Yıldız., Ö. ve Doğan, İ.S., 2010, Unların Reolojik Özelliklerinin Belirlenmesinde Tekstür Analiz Cihazının Kullanımı ve Sonuçların Ekstensograf Değerleri ile Karşılaştırılması, Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, 17-24.

Mulet, A., Carcel, J.A., Benedito, J., Simal, S. and Rossello, C., 1999, Ultrasonic mass transfer enhancement in food processing, In: *Proceedings of 6th Conference of Food Engineering AIChE Annual Meeting,* G. Barbosa-Canovas and SP Lombardo (eds.), 74–85.

Mizrach, A., Galilli, N. and Rosenhouse, G., 1994, Determining Quality of Fresh Products by Ultrasonic Excitation, *Food Technol.,* 48, 68-71.

Mulet, A., Carcel, J.A., Sanjuan, N. and Bon, J., 2003, New Food Drying Technologies - Use of Ultrasound, *Food Science and Technology International*, 3, 215–221.

Öner, E., 2012, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tekstil Eğitim Bölümü, Sonokimya, Ultrason uygulaması ileEnerjinin Tekstil Endüstrisinde Kullanımı, İstanbul, S:7

Özkaya, H., 1986, Öğütme Teknolojisi ve Un Kalitesi. *SEGEM seminer notları*, Ankara.

Özkaya, H. ve Kahveci, B., 1990, Tahıl ve Ürünleri Analiz Yöntemleri, *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları* No:14, Ankara, sayfa: 152.

Özkaya, B., 1995. Bisküvi Üretiminde Kullanılacak Unların Değerlendirilmesi, *Un Mamulleri Dünyası,* 4, 35-42.

Özkaya, B., 2004, Ekmeğin fitik asit miktarına çeşit ve ekstraksiyonun etkisi, *Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri*, *Proje no: 2002-07-11-064*, Ankara.

Özkaya, H. ve Özkaya, B., 2005, Öğütme Teknolojisi*, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları,* 737 sayfa, Ankara.

Perten, H., 1990, Rapid measurement of wheat gluten quality by the gluten indeks, *Cereal Foods Wolrd,* 35, 401-402.

Perten, H., Bondesson, A. and Mjorndal, A., 1992, *Cereal Foods World,* 37, 655-660.

Piyasena, P., Mohareb, E. and McKellar, R., 2003, Inactivation of microbes using ultrasound: a review*, International Journal of Food Microbiology,* 87, 207- 216.

Pomeranz, Y., 1988*, Wheat Chemistry and Technology,* Vol:1-2. AACC, St. Paul, Minnesota, pp. 514, U.S.A.

Pomeranz, Y. and Meloan, C.E., 1994, Food Analysis Theory and Practise, Champman & Hall, New York, pp. 766, U.S.A.

Posner, E.S. and Hibbs, A.N., 1997, Wheat Flour Milling, *American Association of Cereal Chemists*, 341 pp., St Paul Minnesota, USA.

Povey, M.J.W. and Harden, C.A., 1981, An application of the ultrasonic pulse echo technique to the measurement of crispness of biscuits, *Journal of Food Technology*, 16: 167-175.

Povey, M.J.W. and Rosenthal, A. J., 1984, Technical note: Ultrasonic detection of the degradation of starch by α-amylase, *Journal of Food Technology,* 19, 115-119.

Povey, M.J.W. and Mason, T.J., 1998, Ultrasound in Food Processing. *Thomson Science*, New York.

Puhr, D.P. and D'Appolonia, B.L., 1991, Effect of Baking Absorption on Bread Yield, Crumb Moisture, and Crumb Water Activity, *Cereal Chem.* 69, 582-586

Pyler, E.J., 1988, *Baking Science and Technology*, 3rd ed. Sosland Publishing Company,1300 sayfa, Kansas.

Richardson, P.S. and Povey, M.J.W., 1990, Ultrasonic temperature measurement and its potential for food processing systems, *Food Control*, 1, 54-57.

Roberts, R.T., 1993, High intensity ultrasonics in food processing. *Chemistry and Industry,* 15, 118-119.

Sahari, M.A., Gavlighi, H.A. and Tabrizzad, M.H.A., 2006, Classification of protein content and technological properties of eighteen wheat varieties grown in Iran, *International Journal of Food Science and Technology,* 41, 6–11.

Sala , F.J., Burgos, J., Condon, S., Lopez, P. and Raso, J., 1995, In: G.W. Gould (editor) *New Methods of Food Presarvation*, Blackie, Glaskow, pp. 176 –204.

Scherba, G., Wrigel, R.M. and O'Brien, W.D., Jr., 1991, Quantitative Assesment of the Germicidal Efficacy of Ultrasonic Energy, *Applied and Enviromental Microbiology,* 57, 2079-2084.

Schofield, J.D., 1994, Wheat Proteins: Structure and Functionality in Milling and Breadmaking, In Wheat Production, Properties and Quality, (ed.Bushuk, W. and Rasper, V.F.) *Blackie Academic Professional*, pp. 73-106.

Seçkin, R., 1986. Buğday tanesinin fiziki özellikleri öğütmenin temel prensipleri ve unda bazı kalite kriterleri, *Standart Ekonomik ve Teknik Dergi*, Özel Sayı, 11, 51-56.

Sencer, E., 1987*, Beslenme ve Diyet,* Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul.

Singh, H. and MacRitchie, F., 2001, Use of Sonication to Probe Wheat Gluten Structure, *Cereal Chem*. 78, 526–529.

Suslick, K.S., 1988, In Ultrasounds: its chemical, physical and biological effects, *Homogenous sonochemistry,* VCH Publishers, New York., 123-164.

Suslick, K.S., 1989, The chemical effects of ultrasound, *Scientific American*., 2, 62 -68.

Tipples, K.H., Kilborn, R.H. and Preston, K.R., 1994, Bread-wheat Quality Defined. In Wheat Production, Properties and Quality, (ed. Bushuk, W. and Rasper, V.F.) *Blackie Academic Professional*, pp. 25-36.

Toma, M., Vinatoru, M., Paniwnyk, L. and Mason, T. J., 2001, Investigation of the effects of ultrasound on vegetal tissues during solvent extraction, *Ultrason. Sonoch.,* 8, 137-142.

Tulukçu, E., 1998, Konya Ekolojik Şartlarında Bazı Makarnalık Buğday Genotiplerinin Kuru ve Sulu Şartlardaki Performanslarının Belirlenmesi, *S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü , Yüksek Lisans Tezi*, 88 sayfa, Konya.

Türker, S. ve Elgün., A., l996, Ruşeym ekmeği üzerine araştırmalar, *Un Mamülleri Dünyası*, 5, 4-11.

Türker, S., Elgün, A. ve Şahin, R., 1997, Fabrika şartlarında uygulanan soğuk ve ılık tavlama işlemlerinin buğdayın öğütme özellikleri ve un kalitesine etkileri, *Unlu Mamüller Dünyası,* 6, 17-27.

Türker, S. ve Elgün, A., 1998, Süne-kımıl zararlı tavlı buğdaylara mikrodalga uygulamasının öğütme ve un özelliklerine etkisi, *Gıda*, 23, 67-73.

Uluöz, M., 1965, Buğday, Un ve Analiz Metotları, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.* Yayın no: 57, Bornova, İzmir, 101 s.

Ulusoy, B.H., Çolak, H. ve Hampikyan, H., 2007, The use of ultrasonic waves in food technology, *Research Journal of Biological Sciences*, 2, 491-497.

Ünal, S., 1989, *Hububat Teknolojisi Ders Notları*, E.Ü. Mühendislik Fakültesi, Çoğaltma Yayın, No:28.

Vercet, A., Lopez, P. and Burgos, J., 1997, Inactivation of heat resistant lipase and protease from Pseudomonas fluorescens by manothermosonication, *J. Dairy Res.,* 80: 29-36.

Villamiel, M., Hamersveld, E.H. van and Jong, P.De., 1999, Effect of ultrasound processing on the quality of dairy products, *Milchwissenchaft,* 54, 69-74.

Villamiel, M., Verdurmen, R. and Jong, P. De., 2000, Degassing of milk by high-intensity ultrasound, *Milchwissenchaft,* 55, 123-126.

Villamiel, M. and Jong, P., 2000, Influence of High-Intensity Ultrasound Heat Treatment in Continious Flow on Fat, Proteins and Native Enzymes of Milk, *J. Agric. Food Chem.,* 48, 472-478.

Webb, T., Heaps, P.W. and Coppock, J.B.M., 1971, Protein Quality and Quantity: A Rheological Assessment of Their Relative Importance in Breadmaking, *J. Fd. Technol*., 6, 47-62.

Wisher, F.W. and Shelenberge, S.A., 1949, Relationship of physical factors to the granulation of flour, *Norwest Miller,* 238 Sec. 2(11):11a.

Woggle, D.H., McMasters, M.M. and Word, A.B., 1964, Changes in some properties of the aleuron cell layer caused by steam conditioning, *CerealChemistry,* 41, 401.

Wu, H., Hulbert, G.J. and Mount, J.R., 2000, Effects of Ultrasound on Milk Homogenization and Fermentation with Yogurt Starter, *Innovative Food Science & Emerging Technologies,* 1: 211-218.

Yaldagard, M., Mortazavi, S.A. and Tabatabaie F., 2008, The Effects Of Ultrasound On The Activity Of Alpha-Amylase During Barley Germination, *African Journal of Biotechnology,* 7, 2465-2471.

Yang, W., Vambura, P. and Williams, L.L., 2008, Extending the capability of power ultrasound to cereal and oilseed processing for food and non-food applications, *World Applied Sciences Journal* 3, 91-95.

Yerlikaya, P. ve Gökoğlu, N., 2004, Gıda endüstrisinde yüksek frekanslı ultrason uygulamaları, *8. Gıda Kongresi*, 26-28 Mayıs 2004, 74 , Bursa.

Yıldırım, A.M., Bayram, M. ve Öner M.D., 2006, Ultrason uygulaması ile ses dalgalarının bakliyatların kolay işlenebilir hale getirilmesinde kullanılma olasılıkları, *Türkiye 9. Gıda Kongresi*, 24-26 Mayıs 2006, Bolu, 783-786.

Ziegler, E. and Greer, E.N., 1971, Principles of Milling. In: Y. Pomeranz, *Wheat Chemistry and Technology.* 115-200, American Association of Cereal Cehmists, St Paul Minnesota.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Yavuz YÜKSEL
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Sivas
Telefon : 0 266 865 71 53
Faks : 0 266 865 71 55
e-mail : yavuzyuksel@balikesir.edu.tr

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Erzurum Lisesi, Merkez, ERZURUM	1994
Üniversite	:	Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Gıda Müh. Bölümü Merkez, ERZURUM	1998
Yüksek Lisans	:	Atatürk Üniv. Fen Bilimleri Ens. Gıda Müh. Ana Bilim Dalı, Merkez, ERZURUM	2002
Doktora	:	Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens. Gıda Müh. Ana Bilim Dalı, Selçuklu, KONYA	2013

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
1998-2006	Atatürk Üniversitesi Hınıs MYO	Öğretim Görevlisi
2006- 2013	Afyon Kocatepe Üniversitesi Bolvadin MYO	Öğretim Görevlisi
2013- Devam ediyor	Balıkesir Üniversitesi Susurluk MYO	Öğretim Görevlisi

UZMANLIK ALANI: Tahıl ve Tahıl Ürünleri

YABANCI DİLLER: İngilizce

YAYINLAR

Ertugay, M.F., **Yüksel, Y.** and Şengül, M., 2003. The effect of ultrasound on lactoperoxidase and alkaline phosphatase enzymes from milk. Milchwissenschaft, 58, 593-595 (**Yüksek Lisans tezinden yapılmıştır).**
Sengül, M., Ertugay M.F., Şengül, M. ve **Yüksel**, Y., 2007. Rheological characteristics of Carob pekmez, Int. J. Food Properties, 10, 39 – 46.