

# Buğdayın ıslatılması sırasında ultrason işlemi uygulamanın tanenin su absorpsiyonu üzerine etkisi

Yavuz YÜKSEL<sup>1,\*</sup>, Adem ELGÜN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Balıkesir Üniversitesi Susurluk Meslek Yüksekokulu, Balıkesir.

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi Ziraat Fak. Gıda Müh. Böl., Konya.

## Özet

*Bu araştırma, farklı tane sertliklerine (%45, 65 ve 75) sahip buğday örneklerinin normal şartlarda ıslatılması sırasında, 4 farklı genlik seviyesi [% 0 (şahit), 20, 60 ve 100] ve 3 farklı sürede (1, 2 ve 3 dk) ultrason işlemi uygulamanın; tanenin su absorpsiyonu üzerine etkisini ortaya koymak amacıyla laboratuvar şartlarında gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar normal ıslatma işlemiyle karşılaştırılmıştır. Ultrason uygulaması, 600 W gücünde, 20 kHz frekansta çalışan, prob tipi ultrason cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tane sertliğine bağlı olarak kuru tanenin nem içeriğine göre % 7-8 civarında daha fazla su absorpsiyonu belirlenmiştir. Ultrason uygulaması ile ıslatma işlemi, tanenin su alma ve yayılma hızını artırmıştır. Bu veriler, özellikle sert buğday değirmeni diyagramlarındaki iki aşamalı tavlama, ultrason uygulaması ile ıslatma yoluyla tek aşamaya indirgeme yönünde umutvar sonuçlar elde edilmiştir. Diğer taraftan malt ve yaş öğütme sanayilerinde ultrason işleminin kullanılması ile buğdayın ıslatma sürelerinin kısaltılabileceği anlaşılmıştır.*

**Anahtar kelimeler:** Bezostaya-1, buğday, ıslatma, su absorpsiyonu, ultrason uygulaması.

## Ultrasound Application on Water Absorption of Wheat Kernel During Soaking

### Abstract

*This research has been carried out under laboratory conditions to determine the effect of ultrasound application at 4 different amplitude levels [0(witness sample), 20, 60 and 100%] and 3 different application times (1, 2 and 3 min.) on water absorption of wheat kernel with different hardness (45, 65 and 75%) normally during soaking. Results compared to those of the classic soaking process without ultrasonication. Ultrasound application has been achieved by a probe-type ultrasound device with the 600 W power*

\* Yavuz YÜKSEL, yavuzyuksel@balikesir.edu.tr, Tel: (266) 865 71 53.

*and 20 kHz frequency. Soaking processes with or without ultrasound applications carried out on 50 grams of wheat samples in 250 cc water. Depending on the hardness of grain, the samples absorbed water around 7-8 % more than those of the moisture of dry wheat samples. According to these data some encouraging clues were obtained, especially in reducing of the tempering stages of hard wheat in flour mill diagrams from two to one-step by the ultrasound applicated soaking method. Secondly ultrasonication processes in malt and wet milling industries, will get the soaking time shorter.*

**Keywords:** *Bezostaya-1, wheat, soaking, water absorption, ultrasound application.*

## 1. Giriş

Tahılın insan beslenmesinde önemli bir yeri vardır. Günümüzde insan nüfusunun artması ve yerleşik hayata geçişin giderek yaygınlaşması sonucu bu önem, giderek artmaktadır. Tahıl çeşitleri içinde mayalama (fermantasyon) işlemi sonucunda kabarma özelliğine sahip ekmeği sağlayan tek ürün buğdaydır [1]. Günümüz ihtiyaçları göz önüne alındığında, buğday tanesi ve ununun renk, toplam protein, yaş gluten, guten indeks, ...vb. 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 ayrıldığı aşama olan 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. Optimum tane suyu, tanenin öğütmeye elverişli tane nemine ulaşabilmesi için taneye verilmesi gereken su miktarıdır. Tavlama buğdaya verilen su, difüzyon yoluyla tane içine girer ve yayılır [2]. Tavlama, un sanayinde un kalitesi başta olmak üzere un verimi ve enerji sarfiyatını etkileyen önemli işlemlerden birisidir. Öğütme teknoloji-sinde tavlamaı etkileyen çeşitli faktörler mevcuttur. Bunlardan en önemlileri tavlama suyu miktarı, sıcaklığı ve tavlama süresidir [1]. Kabuk tabakaları arasındaki su alışverişinin normal sıcaklıkta uzun zaman aldığı, oysa sıcaklık artışı ile tanenin su absorpsiyonunun maksimum seviyeye ulaştığı ve bu durumda buğday tanesinin normal şartlar altında (oda sıcaklığı şartlarında, ortalama 20 °C) kendi ağırlığının % 40'ı kadar su alabildiği bilinmektedir [3].

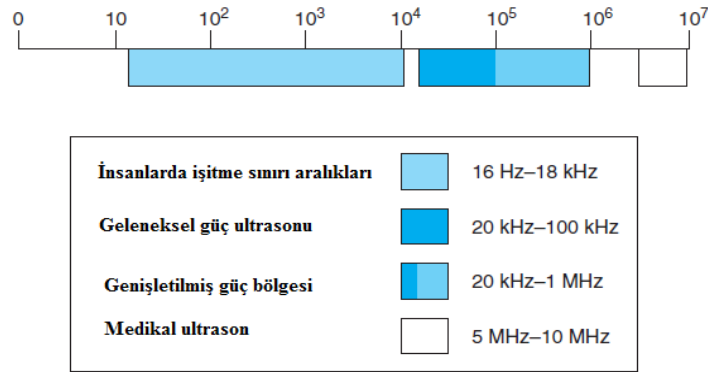
Tavlama işleminde taneye %5 ile %8 arasında su verilir. Özellikle sert paçallarda bu miktardaki suyun taneye bir defada verilmesi mümkün değildir. Dolayısıyla değirmenlerde ıslatma ve aktarma işlemleri ile tane suyu iki aşamada gerekli optimum düzeye tamamlanır. Bu düzey %15 ile %17 arasında değişir.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

Su ile ıslatma işleminin kullanıldığı bu araştırmada, ultrason uygulamalarının, kütle transferini artırması [4, 5] ve sulu ortamlardaki kaviteasyon etkisi ile organik materyalde doku tahribine [6-13] neden olması dikkate alınarak, un değirmencilikindeki tavlama işleminde etkili olabileceği durumu araştırılmıştır. 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.

Ultrason uygulaması homojenizasyon, kristalizasyon, temizleme, ekstraksiyon, köpük kırma, gaz giderme, kurutma, karıştırma,... vb. 'ne dönük olarak bir çok alanda gıda sanayinde yaygın olarak kullanılmaktadır [5, 14-19]. Tahıl işlemede ise oldukça sınırlı bir uygulama alanı vardır. Kurutma ve eleme işlemlerinde etkinliğin artırılması [9, 14, 20-26], malt üretiminde ise ıslatma ve çimlendirme işleminin hızlandırılması amacıyla yararlanılmaktadır [27].

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 [12, 28]. 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 [29]. Ultrasonik dalgalar sebzelerin ve meyvelerin gizli çürüklerinin ve iç kalitelerinin ürüne zarar vermeden test edilebilmesi amacıyla da kullanılmaktadır [30]. Çeşitli ses frekansları ve kullanım alanları Şekil 1'de gösterilmiştir [31].



Şekil 1. Ses frekansı aralıkları

Gıda endüstrisinde yüksek frekanslı (MHz genişliğinde düşük enerjili) ve düşük frekanslı (kHz genişliğinde yüksek enerjili) ultrason kullanımı diğer alanlarda olduğu gibi yıllardan beri gıda mühendisliğinde de gelişme ve araştırma konusu olmuştur [12, 32, 33].

Düşük şiddetli (enerjili) ultrason, düşük güç seviyesi ( $\leq 1 \text{ W/cm}^2$ ) 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 [12, 32, 33].

Yüksek enerjili ultrason ise, yüksek enerji seviyesi ( $10-1000 \text{ W/cm}^2$ ) ve nispeten düşük olan frekansı ile ( $\leq 0.1 \text{ MHz}$ ) tanımlanabilir. Bu tip ultrason dalgaları ile yapılan uygulamalarda, uygulanan materyalde fiziksel ve kimyasal değişimler meydana gelmektedir. Bu nedenle ultrasonun bu tipi, esas olarak cansız olan materyallerde ve özellikle ürün işleme alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Yüksek enerjili ultrason uygulamasının materyalin yapısını bozma mekanizması üzerine farklı teoriler bulunmaktadır [12, 34].

Yüksek enerjili ve düşük enerjili ultrason teknolojisi materyale farklı genlik değerlerinde uygulanabilmektedir. Genlik (amplitude); bir ses dalgasının tepesi ile dalga çukuru arasındaki mesafenin yarısına denir. Ultrasonik ses dalgalarının genliği arttıkça sesin enerjisi ve şiddeti artar. Genliği fazla olan ses dalgalarının oluşturduğu sese şiddetli ses denir. Ses dalgalarının genliği azaldıkça sesin enerjisi ve şiddeti azalır. Genliği az olan ses dalgalarının oluşturduğu sese zayıf ses denir [35].

Bu çalışmada, üç farklı sertlik derecesindeki Bezostaya-1 çeşidi buğday örnekleri üzerinde klasik usulde ıslatılan şahitlere karşı, farklı normlarda ultrason uygulaması ile ıslatma işlemi yapılarak, buğday örneklerinin su absorpsiyon hızı ve kapasitesinin artırılması araştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Bu çalışmada, Afyonkarahisar piyasasından elde edilen farklı sertlik derecelerindeki Bezostaya-1 sert buğday çeşitleri materyal olarak kullanılmıştır. Örnekler hazırlanırken 2.25 mm – 3.5 mm delik çapı aralığında elekler kullanılmıştır. Böylece homojen yapıda taneler elde edilmiştir. Farklı sertlik sınıflarının (% 45, 65 ve 75) oluşturulmasında, değişik işletmelerden alınan farklı sertlik derecelerindeki buğdayların (Bezostaya-1) Grobecker kesit aleti ile sertlik analizleri yapılmış, sonra yabancı maddeden temizlenmiş ve temiz örnekler kendi aralarında paçal işlemi yapılarak hazırlanmışlardır.

Islatma işlemlerinde orta sertlikte [120 ppm (mg/L CaCO<sub>3</sub>)] su kullanılmıştır. Buğdayın ultrasonik ıslatma işleminde düşük frekans yüksek enerji prensibine göre çalışan, 600 W gücünde, 20 kHz frekansta prob tipi GEX-600 Ultrasonic Processor cihazı kullanılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. GEX-600 Ultrasonic processor

### 2.2. Metot

Deneme deseninin oluşturulmasında, sert buğdaylar için un değirmenciliğinde uygulanan tavlama işlemindeki ıslatma suyu düzeyleri dikkate alınmıştır. Deneme deseni olarak farklı sertlik derecesine (% 45, 65 ve 75) sahip Bezostaya-1 buğday örneklerine yapılan ön denemelerle belirlenmiş farklı genlik seviyeleri (% 20, 60 ve 100 genlik) ve farklı sürelerde (1, 2 ve 3 dakika) ultrason işlemi uygulanarak ıslatma işleminde tane suyu absorpsiyonunun değişimi takip edilmiştir. Bu yolla tavlama işlemi

için esas alınan % 16 tane nemi düzeyini sağlayan işlem parametrelerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Tüm işlemlerde oda sıcaklığı şartlarında ( $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ ) ıslatma suyu kullanılmıştır. Çalışmalar 2 paralelli ve 2 tekerrür uygulanarak yapılmıştır. Sonuçlar ve sonuçlara ait istatistiki analizler Tablo ve Şekiller üzerinde gösterilmiştir (Tablo 4-9, Şekil 3-5).

Hammadde olarak kullanılan buğdaylarda fiziksel olarak; tane homojenliği, hektolitre ağırlığı (kg/HL), bintane ağırlığı (g) ve sertlik (%) tayinleri Elgün et al.'de belirtildiği şekilde yapılmıştır [36]. Buğday örneklerinde renk okumaları  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri cinsinden Konica Minolta CR-400 (Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japan) cihazı kullanılarak yapılmıştır. Bunun için buğdaylar eşit miktarlarda petri kaplarına doldurulmuş, üzeri düz bir yüzey oluşturacak şekilde sıyrılarak cihaz ile renk okuma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar,  $L^*$  değeri [ (0) siyah-(100) beyaz ],  $a^*$  değeri [ (+) kırmızı- (-) yeşil ] ve  $b^*$  değeri [(+) sarı-(-) mavi ] cinsinden ölçülmüştür [37].

Islatma işlemi buğday örnekleri su içine daldırılarak belli süre bekletmek suretiyle gerçekleştirilmiştir. Araştırmada Bezostaya-1, buğday çeşitleri için klasik ve ultrason uygulamalı olmak üzere iki farklı ıslatma işlemi uygulanmıştır. Denemeler, su ile doldurulan 250 mL 'lik beher içinde 50 g'lık buğday örnekleri ile gerçekleştirilmiş, işlemler iki paralelli olarak tekrarlanmıştır. Islatma öncesinde, su absorpsiyon miktarı hesaplamalarında kullanılmak üzere kuru buğday örneklerinin nem miktarları tayin edilmiştir.

Klasik ıslatmada % 45, 65 ve 75 sertlik oranlarına sahip buğdaylar ultrason işlemi uygulanmadan 1, 2 ve 3 dakika süre ile ıslatılmış, sonunda sudan çıkarılarak kurutma kağıdı ile tane yüzeyleri kurulanmış ve öğütülerek kurutma dolabında  $135^{\circ}\text{C}$ 'de 2.5 saat süre ile kurutulmak suretiyle % tane nemi 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) ultrasonik vibrasyona tabi tutularak ıslatma, kurulama, öğütme ve su(nem) tayini işlemleri aynen tekrarlanmıştır. Tanenin başlangıç kuru tane nemi ve klasik usulde elde edilen miktarına göre, absorbe ettikleri % su(nem) miktarları hesaplanmıştır.

Kimyasal olarak; nem içeriği AACC 44-19 metoduna göre, kül miktarı ICC Standart No.104-1 metoduna göre, protein AACC 46-12 'e göre, Zeleny sedimantasyon tayini ICC-standart No.116 metoduna göre ve gluten tayini AACC 38-12'e göre yapılmıştır [38]. Düşme sayısı değeri ise AACC 56-81b'e göre yapılmıştır. Bu yöntem ile unda var olan amilaz enziminin aktivitesi belirlenmektedir [39].

### 3. Sonuçlar ve Tartışma

#### 3.1. 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 Tablo 1' de verilmiştir. Tane sertliği arttıkça bin tane ağırlığı, parlaklık  $L^*$  ve sarılık  $b^*$  değerlerinde azalma olduğu, hektolitre ağırlığında ise azda olsa artış olduğu görülmektedir. Tane homojenliği her üç sertlikteki buğdaylarda dikkate değer bir değişme göstermemiştir. Tablo 2'de verilen kimyasal

analiz sonuçları ise kuru maddede kül, protein, Zeleny sedimantasyon ve yaş gluten değerlerinin buğdayda sertlik oranı arttıkça arttığını göstermektedir. Sertlik arttıkça amilaz aktivitesinde az miktarda azalma gözlenmektedir. Buğday örneklerimizdeki fiziksel ve kimyasal tane özellikleri ile tane sertliği arasındaki ilişkiler literatür bilgilerini doğrulamaktadır [1, 40].

Tablo 1. Farklı sertlik derecesindeki buğday örneklerine ait bazı fiziksel analiz sonuçları<sup>1</sup>

Tane sertliği	%	45	65	75	Ort.	Standart sapma
	<i>L</i> *	50.77	50.50	47.97	49.74	1.54
Renk Yoğunluğu	<i>a</i> *	7.97	8.56	7.58	8.03	0.49
	<i>b</i> *	19.95	19.78	18.06	19.2	1.04
Hektolitre ağırlığı	kg/HL	80.20	80.67	80.83	80.56	0.32
Bintane ağırlığı <sup>2</sup>	g	38.70	36.74	35.83	37.09	1.46
Tane homojenliği	%	97.85	97.30	98.30	97.81	0.50

<sup>1</sup>: Sonuçlar iki paralel ortalamasıdır. <sup>2</sup>: Kuru madde esasına göre verilmiştir

Tablo 2. Buğday örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları<sup>1</sup>

Tane sertliği (%)	Nem (%)	Kül <sup>2</sup> (%)	Protein (%) <sup>3</sup>	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
Ortalama	9.76	1.8	12.1	25	24.5	366
Standart sapma(±)	0.47	0.03	0.91	5	5.47	21.70

<sup>1</sup>: Sonuçlar iki paralelin ortalamasıdır. <sup>2</sup>:Kuru madde esasına göre verilmiştir. <sup>3</sup>:Kuru madde esasına göre ve Protein: N\*5.70

### 3.2. Araştırma sonuçları

Farklı sertlik değerlerindeki buğdayların ıslatma işlemi yapılmadan önceki başlangıç kuru tane nemi miktarları Tablo 3 'de verilmiştir.

Tablo 3. Farklı sertlikteki buğdayların başlangıç tane nemi oranları\*

Tane sertliği(%)	45	65	75	Ortalama	Standart sapma
Tane nemi(%)	9.56	9.35	9.26	9.39	0.153

\*: Sonuçlar iki paralel ortalamasıdır.

Farklı sertlik değerlerinde buğdayların suya daldırılarak ıslatılması sırasında, farklı sürelerde ve farklı genlik (*amplitude*) düzeylerinde gerçekleştirilen ultrason uygulamasının, klasik ıslatma ile karşılaştırıldığı araştırma sonuçlarına ait değerler Tablo 4'de özetlenmiştir. Bu tablodaki değerler ıslatma işlemi sonucu elde edilen tüm buğday örneklerindeki tane nemi sonuçlarıdır.

Tablo 4'de verilen bulgular şahit ile karşılaştırıldığında, dalga genliği ve ultrason işlem süresi arttıkça tanenin su absorpsiyonunun yükseldiği gözlenmiştir. Artış % 100 genlikte ve ilk birinci dakikada çok hızlı daha sonra yavaş gelişmiştir. Tane sertlik derecesinin, işlem süresi ve genlik kadar etkili olmadığı görülmüştür. Genel olarak bakıldığında, ultrason uygulamaları ile tane suyu absorpsiyon artışı, şahit numunelere göre %1-3, kuru buğday örneklerine göre % 7-8 arasında daha fazla olmuştur.

Tablo 4. Farklı süre ve farklı genlik seviyelerindeki ultrason (US) uygulamasının, ıslatılan farklı sertlikteki buğdayların tane nemi (%) miktarına etkileri

Tane sertliği (%)		45				65				75			
US genliği (%)		0 <sup>1</sup>	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
<b>Genel ortalama</b>												<b>15.94</b>	
<b>Standart sapma (±)</b>												<b>0.94</b>	
<b>Minimum değer</b>												<b>13.68</b>	
<b>Maksimum değer</b>												<b>17.85</b>	

<sup>1</sup>: US (ultrason) işlemi uygulanmamış klasik ıslatma işlemi yapılmış şahit örnekler

Tablo 5’de verilen varyans analiz sonuçları “US genliği” ve “Islatma süresi” varyasyon kaynaklarının tane nemi üzerine etkilerinin  $p < 0.01$  düzeyinde önemli etkileri olduğunu göstermiştir. Diğer varyasyon kaynaklarının etkilerinin önemsiz düzeyde olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sonuç ultrason dalga şiddeti (genliği) ve ıslatma süresinin artmasıyla tane içerisine suyun daha fazla nüfuz ettiğini göstermiştir.

Tablo 5. Farklı süre ve farklı genlik seviyelerindeki ultrason (US) uygulamasının, ıslatılan farklı sertlikteki buğdayların tane nemi (%) miktarına etkilerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	Tane nemi (%)	
		KO	F
Tane sertliği (A)	2	0.405	1.487ns
US genliği (B)	3	12.924	47.429**
Islatma süresi (C)	2	3.618	13.279**
A*B	6	0.265	0.973ns
A*C	4	0.081	0.297ns
B*C	6	0.329	1.206ns
A*B*C	12	0.046	0.168ns
Hata	35		0.272

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

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (Tablo 6) incelendiğinde şahit numunede tane nem seviyesi %15.099 değerinden %100 genlikte US uygulaması ile %16.865 değerine yükseldiği görülmektedir. Ultrason dalga genliği(şiddeti) artışının suyun taneye nüfuzunda ne kadar etkin olduğu açıkça görülmektedir. Şahide göre %1.746 daha fazla su taneye absorbe edilmiştir. İstatistiki açıdan önemsiz olarak bulunmasına

rağmen, deskriptif değerlendirme yapılacak olursa sertlik derecesi düşük olan buğdayların sert olanlara göre daha fazla suyu absorbe ettikleri sonucuna varılmaktadır.

Tablo 6. Farklı süre ve farklı genlik seviyelerindeki ultrason (US) uygulamasının, ıslatılan farklı sertlikteki buğdayların tane nemi (%) miktarına etkilerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları\*

Faktör	N	Tane nemi (%)
<b>Tane Sertliği (%)</b>		
Bezostaya-1 (%45 sert)	24	15.918 <sup>a</sup>
Bezostaya-1 (%65 sert)	24	16.080 <sup>a</sup>
Bezostaya-1 (%75 sert)	24	15.823 <sup>a</sup>
<b>US genliği(%)</b>		
0(Şahit)	18	15.099 <sup>b</sup>
20	18	15.356 <sup>b</sup>
60	18	16.440 <sup>a</sup>
100	18	16.865 <sup>a</sup>
<b>Islatma süresi (dakika)</b>		
1	24	15.522 <sup>b</sup>
2	24	16.008 <sup>a</sup>
3	24	16.290 <sup>a</sup>

\*Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistik olarak birbirinden farklı değildir (P<0.05).

### 3.2.1. %45 tane sertliği için ultrason uygulaması genliğinin tanenin su absorpsiyonuna etkisi

Bu denemede %45 oranında sert ve %9.56 tane nemine sahip kuru buğday örneklerine klasik ve ultrason uygulamalı ıslatma işlemi uygulanmıştır. Tablo 7 ve Şekil 3'e bakıldığında %20 dalga genliği seviyesinin su absorpsiyonuna etkisinin çok fazla olmadığı ve dalga genliği arttıkça su absorpsiyonunun arttığı tespit edilmiştir. Tanenin su absorpsiyonu başlangıç tane nemi olan %9.52'den, %100 genlikte ultrason uygulaması ile 3 dakika içinde %17.49 düzeyine kadar yükseldiği optimum ıslatma düzeyinin üzerine çıktığı belirlenmiştir.

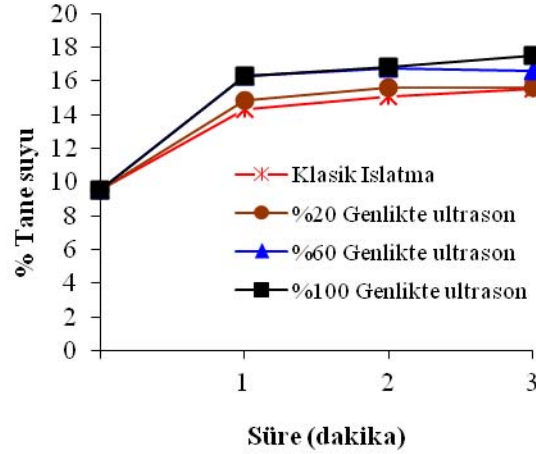
Tablo 7. %45 oranında sert ve %9.56 tane nemine sahip buğdaylara uygulanan klasik ve ultrason (US) uygulamalı ıslatma işleminin tanenin nem miktarı üzerine etkisi ve artış miktarları<sup>1</sup>

Islatma süresi (dakika)	Kuru tane nem oranı (%)		Islatma Metodu				Ortalama	Standart sapma(±)
	9.56	Şahit	US uygulamalı					
	Tanede su ve su artışı (%)	%0 Genlik	%20 Genlik	%60 Genlik	%100 Genlik			
1	Uygulama sonucu	<b>14.28</b>	14.87	16.25	16.26	15.415		
	Şahide göre fark	<b>0</b>	0.59	1.97	1.98	1.135	0.99	
	Kuruya göre fark	<b>4.76</b>	5.35	6.73	6.74	5.895		
2	Uygulama sonucu	<b>15.03</b>	15.60	16.71	16.82	16.04		
	Şahide göre fark	<b>0</b>	0.57	1.68	1.79	1.01	0.87	
	Kuruya göre fark	<b>5.51</b>	6.08	7.19	7.30	6.52		
3	Uygulama sonucu	<b>15.50</b>	15.63	16.56	17.49	16.295		
	Şahide göre fark	<b>0</b>	0.13	1.06	1.99	0.795	0.92	
	Kuruya göre fark	<b>5.98</b>	6.11	7.04	7.97	6.775		

<sup>1</sup>: Tüm değerler 2 tekerrürün ortalamasıdır.



Bir dakikalık ıslatma süresi içinde ultrason uygulanmamış şahit örneğe göre ise, %100 genlik derecesinde %1.98, kuru taneye göre %6.74 daha fazla su absorpsiyonu elde edilmiştir. İlk 1 dakika içinde hızlı [1-3, 40], daha uzun ıslatma sürelerinde ise çok yavaş ve teknik açıdan yetersiz miktarda su absorpsiyonu etkisi gözlenmiştir (Tablo 7 ve Şekil 3).



Şekil 3. %45 oranında sert ve %9.56 tane nemine sahip buğdaylara uygulanan klasik ve ultrason uygulamalı ıslatma işleminin tanenin nem miktarı üzerine etkisi

İlk %100 genlik ve 1 dakikalık ultrason uygulamalı ıslatma tane nemini %16.26'ya çıkarmıştır. Sonuç olarak, %45 tane sertliği için %100 genlik ve 1 dakikalık ultrason işlem süresinin tavlama için optimum tane neminin (%16) sağlanmasında yeterli olduğu sonucuna varılmıştır. Klasik şartlarda ıslatma işleminde optimum tane nemine yaklaşılamamıştır.

### 3.2.2. % 65 tane sertliği için ultrason uygulaması genliğinin tanenin su absorpsiyonuna etkisi

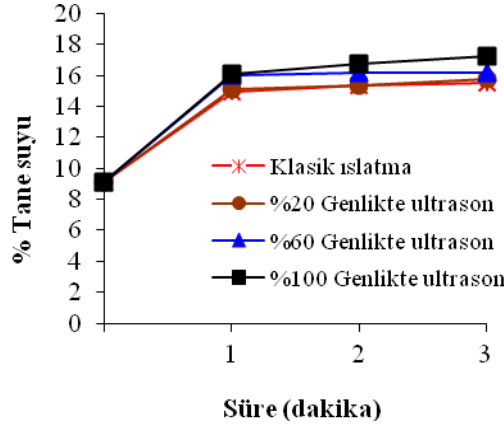
Bu aşamada, %65 oranında sert ve %9.35 tane nemine sahip kuru buğdaylara klasik ve ultrason uygulamalı ıslatma işlemi tatbik edilmiş, tanenin su absorpsiyonu sonuçları Tablo 8 ve Şekil 4'de özetlenmiştir. Burada da %20 ultrason genliğinin yine yeterince etkili olamadığı gözlenmiştir. Özellikle, %100 dalga genliğinde elde edilen su absorpsiyonu değerlerinin, süreye bağlı olarak şahit numunelere göre daha yüksek değerler verdiği belirlenmiştir.

Tanenin su absorpsiyonu başlangıç tane nemi olan %9.35'ten, ultrason uygulamasının ve sürenin etkisi ile 3 dakikalık sürede %17.56'lık optimum tane nemi düzeyi üzerine kadar yükselmiştir. ultrason uygulanmamış şahide göre %100 genlikte ve 3 dakikalık sürede %1.80, kuru taneye göre ise %8.21 daha fazla su absorpsiyonu elde edilmiştir. İlk 1 dakika içinde hızlı ve yeterli miktarda, daha sonraki 2 ve 3 dakikalık sürelerde yavaş etkili olmuştur (Tablo 8 ve Şekil 4).

Tablo 8. %65 oranında sert ve %9.35 tane nemine sahip buğdaylara uygulanan klasik ve ultrason (US) muameleli ıslatma işleminin tanenin nem miktarı üzerine etkisi ve artış miktarları<sup>1</sup>

Islatma süresi (dakika)	Kuru tane nemi (%)		Islatma metodu				Ort.	Standart sapma(±)
	9.35	Şahit	US uygulamalı					
	Tanede su ve su artışı (%)	%0 Genlik	%20 Genlik	%60 Genlik	%100 Genlik			
1	Uygulama sonucu	15.2	15.35	16.33	16.22	15.77	0.58	
	Şahide göre fark	0	0.15	1.13	1.02	0.57		
	Kuruya göre fark	5.85	6	6.98	6.87	6.42		
2	Uygulama sonucu	15.57	15.56	16.46	16.55	16.03	0.54	
	Şahide göre fark	0	-0.01	0.89	0.98	0.46		
	Kuruya göre fark	6.22	6.21	7.11	7.20	6.68		
3	Uygulama sonucu	15.76	15.86	16.54	17.56	16.43	0.82	
	Şahide göre fark	0	0.1	0.78	1.8	0.67		
	Kuruya göre fark	6.41	6.51	7.19	8.21	7.08		

<sup>1</sup>: Tüm değerler 2 tekrerrün ortalamasıdır.



Şekil 4. %65 oranında sert ve %9.35 tane nemine sahip olan buğdaylara uygulanan klasik ve ultrason muameleli ıslatma işleminin tanenin nem miktarı üzerine etkisi

İlk %100 genlik ve 1 dakikalık ultrason uygulamalı ıslatma işlemi, tane nemini %16.22'ye kadar çıkarmıştır. Sonuç olarak, %65 sertlikteki su absorpsiyonunun %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 olabileceği kanaatine varılmıştır.

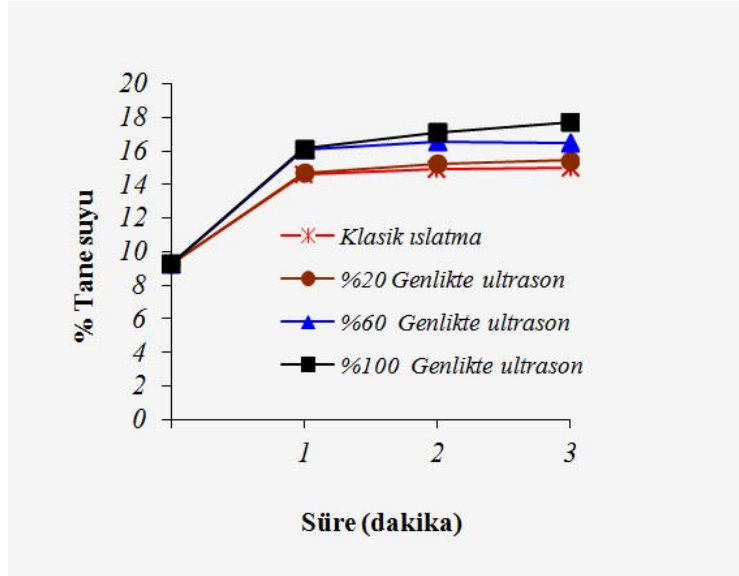
### 3.2.3. %75 tane sertliği için ultrason uygulaması genliğinin tanenin su absorpsiyonuna etkisi

Tane sertliği %75 ve tane nemi % 9.26 olan kuru buğday örneklerine klasik ve ultrason muameleli ıslatma işlemi uygulanarak, elde edilen veriler Tablo 9 ve Şekil 5'de verilmiştir. Buna göre genlik oranı yüksek buğdaylarda sürenin artışıyla orantılı olarak, su absorpsiyonu artışı tespit edilmiştir. Tanenin su absorpsiyonu başlangıç kuru tane nemi olan %9.26'dan, ultrason uygulamasının ve 3 dakikalık sürenin etkisi ile %17.68 düzeyine kadar yükselmiştir. Ultrason işlemi uygulanmamış şahide göre ise %2.69, kuru taneye göre %8.42 gibi oldukça fazla su absorpsiyonu elde edilmiştir. İlk 1 dakika içinde hızlı, daha sonraki sürelerde de yavaş etkili olmuştur (Tablo 9 ve Şekil 5).

Tablo 9. %75 oranında sert ve %9.26 tane nemine sahip buğdaylara uygulanan klasik ve ultrason (US) muameleli ıslatma işleminin tanenin nem miktarı üzerine etkisi ve artış miktarları<sup>1</sup>

Islatma süresi (dakika)	Kuru tane nem (%) 9.26 Tanede su ve su artışı (%)	Şahit % 0 Genlik	Islatma metodu Ultrason uygulamalı				Ort.	Standart sapma(±)
			% 20 Genlik	% 60 Genlik	% 100 Genlik			
1	Uygulama sonucu	14.61	14.67	16.11	16.12	15.37	0.85	
	Şahide göre fark	0	0.06	1.5	1.51	0.76		
	Kuruya göre fark	5.35	5.41	6.85	6.86	6.11		
2	Uygulama sonucu	14.94	15.22	16.52	17.1	15.9	1.03	
	Şahide göre fark	0	0.28	1.58	2.16	1.00		
	Kuruya göre fark	5.68	5.96	7.26	7.84	6.68		
3	Uygulama sonucu	14.99	15.43	16.48	17.68	16.1	1.19	
	Şahide göre fark	0	0.44	1.49	2.69	1.15		
	Kuruya göre fark	5.73	6.17	7.22	8.42	6.88		

<sup>1</sup>: Tüm değerler 2 tekrerrün ortalamasıdır.



Şekil 5. %75 oranında sert ve %9.26 tane nemine sahip buğdaylara uygulanan klasik ve ultrason muameleli ıslatma işleminin tanenin nem miktarı üzerine etkisi

İlk %100 genlik ve 1 dakikalık ultrason uygulamalı ıslatma, tane nemini %16.12'ye çıkarmıştır. Sonuç olarak, %75 tane sertliği için, %100 dalga genliği ve 1 dakikalık ultrason işlem süresinin tavlama için optimum tane suyunun sağlanmasında yeterli olabileceği, işlem süresinin ultrason uygulaması ile birlikte daha etkili olduğu kanaatine varılmıştır.

#### 4. Sonuç

Laboratuvar şartlarında 600 W gücünde, 20 kHz frekansta çalışan, prob tipi GEX-600 Ultrasonic Processor cihazı ile elde edilen sonuçlara göre, %100 genlik ve 1 dakikalık ultrason uygulamalı ıslatma işleminin, un değirmenciliğinde farklı sertlikteki (%45, 65 ve 75) buğdaylarda tav suyunun istenen (%16) düzeye çıkarılmasında yeterli olduğu sonucuna varılmıştır.

Ultrason uygulanarak ıslatılan buğdaylar, özellikle %100 genlik seviyesi ve 3 dakikalık sürede klasik ıslatma yöntemine nazaran % 1.8-2.69 aralığında daha fazla tane suyu absorbe etmiştir. Kuru buğdayların ultrason muamelesi sonucunda su absorpsiyonları %7.97-8.42 aralığında olmuştur.

Elde edilen veriler ultrasonik vibrasyonunun yüzey gerilimini kırdığı, kavitasyon kabarcıkları ile doku gevşemesine sebep olduğu ve kütle transferini hızlandırdığını göstermiştir. Bu bulgulardan hareketle ultrason uygulamalı ıslatma yöntemlerinin, tanenin su absorpsiyonunu artırdığı gözlenmiştir. Sonuçlar literatür bilgilerini doğrulamaktadır [4-13].

Bu sonuçlar ultrason uygulamasının, un değirmenlerinde buğdayların tavlama işleminde tanenin su alım hızını ve miktarını artırıcı etkide bulunacağını göstermiştir.

Bulgular pratik açıdan değerlendirildiğinde, özellikle sert buğday diyagramlarındaki iki aşamalı tavlama işleminin, ultrason uygulamalı ıslatma yoluyla tek aşamaya indirgenebileceği; böylece yatırım ve işletme masraflarından tasarruf edilebileceği yönünde olumlu kanaat oluşturmuştur. Bunun için endüstriyel normların oluşturulması ve sistem dizaynı için yeni çalışmaların yapılmasına ihtiyaç olacaktır.

Diğer taraftan ultrason uygulamalı ıslatma sisteminin oryantasyonu sağlanabildiği takdirde nişasta ve malt sanayileri gibi ıslatma işleminin önemli olduğu sektörlerde kullanılabileceği düşünülmektedir.

## Kaynaklar

- [1]. Elgün, A. ve Ertugay, Z., Tahıl İşleme Teknolojisi. **Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları**, No:718, 411 sayfa, Erzurum, (1995).
- [2]. Keskinoglu, R., Elgün, A. ve Türker, S., Bir un değirmeninde uygulanan farklı ılık tavlama işlemlerinin öğütme kalitesine etkisi, **Gıda**, 26, 419-427, (2001).
- [3]. Lock Wood, J., **Flour Milling**, Hanry Simon Limited, England, (1982).
- [4]. Mulet, A., Carcel, J.A., Sanjuan, N. and Bon, J., New Food Drying Technologies - Use of Ultrasound, **Food Science and Technology International**, 3, 215–221, (2003).
- [5]. Bhaskaracharya, R. K., Kentish, S. and Ashokkumar, M., Selected Applications of Ultrasonics in Food Processing, **Food Engineering Reviews**,1: 31–49, (2009).
- [6]. Suslick, K.S., In Ultrasounds: its chemical, physical and biological effects, **Homogenous sonochemistry**, VCH Publishers, New York., 123-164, (1988).
- [7]. Scherba, G., Wrigel, R.M. and O'Brien, W.D., Jr., Quantitative Assesment of the Germicidal Efficacy of Ultrasonic Energy, **Applied and Enviromental Microbiology**, 57, 2079-2084, (1991).
- [8]. Mason, T., Newman, A., Sukhvinder, P. and Charter, C., Sound solution, **World Water Environmental Engineering**, (April), 16, (1994).
- [9]. Mason, J.T., Paniwnyk, L. and Lorimer, J.P., The Uses of Ultrasound in Food Technology, **Ultrasonics Sonochemistry**, 3, 253-260, (1996).
- [10]. Vercet, A., Lopez, P. and Burgos, J., Inactivation of heat resistant lipase and protease from *Pseudomonas fluorescens* by manothermosonication, **Journal of Dairy Research**, 80: 29-36, (1997).

- [11]. Mason, T.J., 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 (1998).
- [12]. Villamiel, M., Hamersveld, E.H. van and Jong, P.De., Effect of ultrasound processing on the quality of dairy products, **Milchwissenschaft**, 54, 69-74, (1999).
- [13]. Toma, M., Vinatoru, M., Paniwnyk, L. and Mason, T. J., Investigation of the effects of ultrasound on vegetal tissues during solvent extraction, **Ultrasonics Sonochemistry**, 8, 137-142, (2001).
- [14]. Brennan, J G., **Food Processing Handbook**, Wiley VCH Germany, 582 p., (2006).
- [15]. Bayraktaroğlu, G. ve Obuz, E., Ultrason yönteminin ilkeleri ve gıda endüstrisinde kullanımı, 24-26 Mayıs 2006, **Türkiye 9. Gıda Kongresi**, Bolu, 57-60, (2006).
- [16]. Dolatowski Z.J., Stadnik J., Stasiak D., Applications of ultrasound in food technology, **ACTA Scientarium Polonorum, Technologia Alimentaria**, 6, 88-99, ( 2007).
- [17]. Ulusoy, B.H., Çolak, H. ve Hampikyan, H., The use of ultrasonic waves in food technology, **Research Journal of Biological Sciences**, 2, 491-497, (2007).
- [18]. Chemat, F., Zill-e-Huma and Khan, M.K., Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction, **Ultrasonics Sonochemistry**, 18, 813-830, (2011).
- [19]. Ercan, S.Ş. ve Soysal, Ç., Ultrasonun gıdalarda ve enzimlerin inaktivasyonunda kullanılması, **Gıda Dergisi**, 36, 225-231, (2011).
- [20]. Ensminger D., Acoustic and electroacoustic methods of dewatering and drying, **Drying Technology**, 6, 3, 473-499, (1988).
- [21]. Floros, J.D. and Liang, H., Acoustically Assisted Diffusion Through Membranes and Biomaterials, **Food Technology**, 48, 79-84, (1994).
- [22]. Gallego-Juarez, J.A., Rodriguez-Corral, G., Galvez-Moraleda, J.C. and Yang, T.S., A new high-intensity ultrasonic technology for food dehydration, **Drying Technology: An International Journal**, 17, 597-608, (1999).
- [23]. Fuente-Blanco, S., Riera-Franco de Sarabia, E., Acosta-Aparicio, V. M., Blanco-Blanco, A., and Gallego-Juarez, J.A., Food drying process by power ultrasound, **Ultrasonics**, 44: 523-527, (2006).
- [24]. Fernandes, F.A.N. and Rodrigues, S., Ultrasound as pre-treated for drying of fruits: Dehydration of banana, **Journal of Food Engineering**, 82, 261-267, (2007).
- [25]. Fernandes, F.A.N., Linhares, F.E., Rodrigues, S., Ultrasound as pre-treatment for drying of pineapple, **Ultrasonics Sonochemistry**, 15, 1049–1054, (2008).
- [26]. Frias, J., Penas, E., Ullate, M., and Vidal-Valverde, C., Influence of Drying by Convective Air Dryer or Power Ultrasound on the Vitamin C and  $\beta$ -Carotene Content of Carrots, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 58, 10539–10544, (2010).
- [27]. Yaldagard, M., Mortazavi, S.A. and Tabatabaie F., The Effects Of Ultrasound On The Activity Of Alpha-Amylase During Barley Germination, **African Journal of Biotechnology**, 7, 2465-2471, (2008).
- [28]. Butz, P. and Tauscher, B., Emerging Technologies: Chemical Aspects, **Food Research International**, 35(2/3), 279–284, (2002).
- [29]. Piyasena, P., Mohareb, E. and McKellar, R., Inactivation of microbes using ultrasound: a review, **International Journal of Food Microbiology**, 87, 207-216, (2003).

- [30]. Mizrach, A., Galilli, N. and Rosenhouse, G., Determining Quality of Fresh Products by Ultrasonic Excitation, **Food Technology**, 48, 68-71, (1994).
- [31]. Yerlikaya, P. ve Gökoğlu, N., Gıda endüstrisinde yüksek frekanslı ultrason uygulamaları, **8. Gıda Kongresi**, 26-28 Mayıs 2004, 74 , Bursa, (2004).
- [32]. Gunasekaran, S. and Ay, C., Milk coagulation cut time determination using ultrasonics, **Journal of Food Process Engineering**, 19, 63-74, (1996).
- [33]. Mcclements, D.J., Ultrasonics characterization of food and drinks : principles, methods and applications, **Critical Reviews in Food Science Nutrition**, 37, 1-46, (1997).
- [34]. Blitz, J., Ultrasonics: Methods and Application, Butterworths Co Ltd., London, 76-103, (1971).
- [35]. Crowell, B., Light and Matter physics series, **Vibrations and Waves**, 3, 107, (2002).
- [36]. Elgün, A., Türker, S. ve Bilgiçli, N., Tahıl ve Ürünlerine Analitik Kalite Kontrolü, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Ders Notları, 112 sayfa, Konya, (2005).
- [37]. Francis, F.J., Colour analysis, In: Food Analysis, Nielsen SS (Ed), An Aspen Publishers, Maryland, Gaithersburg, USA, pp. 599-612, (1998).
- [38]. AACC, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists (8th ed.), St. Paul: AACC, (1990).
- [39]. Anonim, Un ve Buğday Analizleri Laboratuvar Cihazları Kataloğu, K. Kantar, Ankara, (2002).
- [40]. Pomeranz, Y., **Wheat Chemistry and Technology**, Vol:1-2, AACC, St. Paul, Minnesota, pp. 514, U.S.A., (1988).