T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ULTRASONUN BÖRÜLCENİN SU ABSORPSİYONU VE PİŞME KALİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Hacer ÖZTÜRK

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2019

Doç. Dr. Ali YILDIRIM danışmanlığında Hacer ÖZTÜRK ‘ün hazırladığı “**Ultrasonun börülcenin su abrobsiyonu ve pişme kalitesi üzerindeki etkileri”** konulu bu çalışma 23/05/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Doç. Dr. Ali YILDIRIM ..……..

Üye : Prof. Dr. Mustafa BAYRAM ……..

Üye : Prof. Dr. A. Ferit ATASOY ……..

Bu Tezin Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlediğini onaylarım.

Doç. Dr. İsmail HİLALİ
Enstitü müdürü

Bu çalışma HÜBAK tarafından desteklenmiştir.
Proje No: 16209

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ v
SİMGELER DİZİNİ vii
1.GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 10
3. METARYAL ve YÖNTEM 15
3.1.Metaryal 15
3.2. Yöntem 15
3.2.1. Fizikokimyasal analizler 15
3.2.1.1. Kuru ağırlık (g) 15
3.2.1.2. Yaş ağırlık (g) 15
3.2.1.3. Su alma kapasitesi (g/tane) 15
3.2.1.4. Su alma indeksi (%) 16
3.2.1.5. Kuru hacim (ml) 16
3.2.1.6. Islak hacim (ml) 16
3.2.1.7. Şişme kapasitesi (ml/tane) 16
3.2.1.8. Şişme indeksi (%) 17
3.2.1.9. Tane boyutları 17
3.2.2. Kimyasal analizler 17
3.2.2.1.Nem analizi 17
3.2.2.2. Kül analizi 18
3.2.2.3. Protein analizi 18
3.2.2.4. Yağ analizi 18
3.2.2.5. Ham lif analizi 18
3.2.2.6. Karbonhidrat miktarı analizi 18
3.2.3. Islatma işlemi 18
3.2.4. Pişirme işlemi 19
3.2.5. Renk analizi 19
3.2.6. Briks analizi 20
3.2.7. Elektrik iletkenliği ve toplam çözünen kurumadde (TDS) 20
3.2.8. Bulanıklık analizi 20
3.2.9. pH değeri analizi 20
3.2.10. Tekstür analizi 20
3.2.11. Su absorbsiyonun matematiksel modellenmesi 21
3.2.12. Tekstür (sertlik) değerlerinin matematiksel modellenmesi 22
3.2.13. Aktivasyon enerjisinin belirlenmesi 22
3.2.14. Elektrik iletkenlik ve tekstür yöntemleri ile pişme derecesinin 23
belirlenmesi (süresi) 23
3.2.15. İstatiksel analizler 25
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 26
4.1. Börülce Boyutlarına Islatma/Pişirme Sırasında Sıcaklık, Süre ve Ultrasonik 26
Ses Dalgalarının Etkisi 26
4.1.1. Uzunluk (L) ve uzunluktaki yüzde değişim oranı (%L) 27
4.1.2. Genişlik (W) ve genişlikteki yüzde değişim oranı (%W) 31
4.1.3. Kalınlık (T) ve kalınlıktaki yüzde değişim oranı (%T) 35
4.1.4. Eşdeğer çap (D_e) ve eşdeğer çaptaki yüzde değişim oranı (%D_e) 40
4.1.5. Hacim (V) ve hacimdeki yüzde değişim oranı (%V) 44
4.1.6. Küresellik (Φ) 48
4.2. Börülce Tane ve Su Kısmında Islatma/Pişirme Sırasındaki Renk 50
Değerlerinde Sıcaklık, Süre ve Ultrasonik Ses Dalgalarının Etkisi 50
4.3. Briks Değerine Sıcaklık, Süre ve Ultrasonik Ses Dalgalarının Etkisi 65

4.4. Toplam Çözünen Katı (TDS) Miktarına Sıcaklık, Süre ve Ultrasonik Ses 68
Dalgalarının Etkisi 68
4.5. Elektrik İletkenliği Değerine Sıcaklık, Süre ve Ultrasonik Ses Dalgalarının 71
Etkisi 71
4.6. Bulanıklık (Absorbans, 500 nm) Değerine Sıcaklık, Süre ve Ultrasonik Ses 74
Dalgalarının Etkisi 74
4.7. pH Değerine Sıcaklık, Süre ve Ultrasonik Ses Dalgalarının Etkisi 77
4.8. Nem Difüzyon Katsayısının Ölçümü ve Modellenmesi 79
4.9. Börülcenin Islatma/Pişirme Sırasında Jelatinizasyon Sıcaklığı ve..... 88
Aktivasyon Enerjisinin Belirlenmesi 88
4.10. Börülcenin Islatma/Pişirme Esnasında Tekstür Değişimi 90
4.10.1. Tekstürün matematiksel modellenmesi 92
4.11. Ultrasonun Börülcenin Pişme Derecesi Üzerine Etkisi..... 102
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER..... 106
KAYNAKLAR 109
ÖZGEÇMİŞ 116
EKLER..... 117
EK 1. Börülcenin ultrasonsuz, %50 ve %100 genlik Ultrason ıslatmanın 30^{o}C sıcaklık ve farklısürelerdeki (0-390 dk)ortalama nem değerleri (%, k.m) 117
EK 2. Börülcenin ultrasonsuz, %50 ve %100 genlik Ultrason ıslatmanın 40^{o}C sıcaklık ve farklısürelerdeki (0-390 dk)ortalama nem değerleri (%, k.m) 117
EK 3. Börülcenin ultrasonsuz, %50 ve %100 genlik Ultrason ıslatmanın 50^{o}C sıcaklık ve farklı sürelerdeki (0-390 dk) ortalama nem değerleri (%, k.m)..... 118
EK 4. Börülcenin ultrasonsuz, %50 ve %100 genlik Ultrason ıslatmanın 60 ^{o}C sıcaklık ve farklı sürelerdeki (0-390 dk) ortalama nem değerleri (%, k.m)..... 118
EK 5. Börülcenin ultrasonsuz, %50 ve %100 genlik Ultrason ıslatmanın 70^{o}C sıcaklık ve farklı sürelerdeki (0-390 dk) ortalama nem değerleri (%, k.m)..... 119
EK 6. Börülcenin ultrasonsuz, %50 ve %100 genlik Ultrason ıslatmanın 80 ^{o}C sıcaklık ve farklı sürelerdeki (0-390 dk) ortalama nem değerleri (%, k.m)..... 119
EK 7. Börülcenin ultrasonsuz, %50 ve %100 genlik Ultrason ıslatmanın 90 ^{o}C sıcaklık ve farklı sürelerdeki (0-390 dk) ortalama nem değerleri (%, k.m)..... 120
EK 8. Börülcenin ultrasonsuz, %50 Ultrason ve %100 ultrason ıslatmanın 30 ^{o}C sıcaklık ve farklı sürelerdeki (0-390 dk) su absorbsiyonu sırasındaki tekstür (sertlik) (F_{max} (g)) değerleri 120
EK 9. Börülcenin ultrasonsuz, %50 Ultrason ve %100 ultrason ıslatmanın 40 ^{o}C sıcaklık ve farklı sürelerdeki (0-390 dk) su absorbsiyonu sırasındaki tekstür (sertlik) (F_{max} (g)) değerleri 121
EK 10. Börülcenin ultrasonsuz, %50 Ultrason ve %100 ultrason ıslatmanın 50 ^{o}C sıcaklık ve farklı sürelerdeki (0-390 dk) su absorbsiyonu sırasındaki tekstür (sertlik) (F_{max} (g)) değerleri 121
EK 11. Börülcenin ultrasonsuz, %50 Ultrason ve %100 ultrason ıslatmanın 60 ^{o}C sıcaklık ve farklı sürelerdeki (0-390 dk) su absorbsiyonu sırasındaki tekstür (sertlik) (F_{max} (g)) değerleri 121
EK 12. Börülcenin ultrasonsuz, %50 Ultrason ve %100 ultrason ıslatmanın 70 ^{o}C sıcaklık ve farklı sürelerdeki (0-390 dk) su absorbsiyonu sırasındaki tekstür (sertlik) (F_{max} (g)) değerleri 122
EK 13. Börülcenin ultrasonsuz, %50 Ultrason ve %100 ultrason ıslatmanın 80 ^{o}C sıcaklık ve farklı sürelerdeki (0-390 dk) su absorbsiyonu sırasındaki tekstür (sertlik) (F_{max} (g)) değerleri 122
EK 14. Börülcenin ultrasonsuz, %50 Ultrason ve %100 ultrason ıslatmanın 90 ^{o}C sıcaklık ve farklı sürelerdeki (0-390 dk) su absorbsiyonu sırasındaki tekstür (sertlik) (F_{max} (g)) değerleri 122

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ULTRASON'UN BÖRÜLCENİN SU ABSORBSİYONU VE PİŞME KALİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Hacer ÖZTÜRK

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ali YILDIRIM
YIL: 2019, Sayfa:122

Bu çalısmada, süre (0-390 dk), sıcaklık (30-90 ^{o}C) ve ultrasonik (%50 ve %100 genlik) dalgaların börülcenin ıslatma/pişme üzerindeki etkisi incelenmistir. Süre, sıcaklık, ultrason ve ultrason genliğin börülcede nem, boyut, tekstür ve renk (L*, a*, b*) üzerindeki etkileri istatiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P\leq0.05$). Börülcenin ıslatma/pişme suyunda ise briks, toplam çözünen katı, elektrik iletkenliği, bulanıklık, pH ve renk değerleri (L*, a*, b*) üzerindeki etkileri de istatiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P\leq0.05$). Börülcenin ıslatma/pişirme sırasında su difüzyonu ve tekstür değişimi Fick'in II. Difüzyon ve Tekstür modellerine başarılı bir şekilde uyarlanmıştır. Ultrason, ultrason genliği ve sıcaklık ıslatma/pişme işlemleri sırasında börülcenin su difüzyon katsayısı (D_{eff}) ve doygunluk nem miktarında (M_e) önemli ($P\leq0.05$) bir artış sağladığı gözlemlenmiştir ($P\leq0.05$). Aynı artış tekstür modelenindeki yumuşama hız katsayısı (k_F) ve doygunluk tekstür (kuvvet) değeri (F_e) için de tespit edilmiştir. Sıcaklık, ultrason ve ultrason genliği börülcenin D_{eff} ve k_F değerlerinde artış sağlamış ve yumuşamalarını kolaylaştırmıştır. Nem difüzyonu ve textür modellerinin Arhenius eşitliğine uyarlanmasıyla bulunan börülcenin çirişlenme sıcaklığı 69˚C olarak bulunmuştur. Börülce yapısında en hızlı yumuşamanın, $T\geq70^{o}$C sıcaklık ve %100 ultrason uygulanmasında daha düşük bir aktivasyon enerjisiyle (tekstür modeli: 3.45 kJ mol^{-1} ve nem difüzyonyon modeli: 4.28 kJ mol^{-1}) olduğu saptanmıştır. Börülceye atmosferik şartlarda 97˚C sıcaklıkta normal pişirme ve 40 kHz 200 W (%50 ve %100 Genlik) ultrasonik pişirme uygulanarak her iki yöntemle (Elektrik iletkenlik ve textür modeli) pişme süresi sırasıyla 50, 34 ve 25 dakika olarak tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİME: ultrason, börülce, diffüzyon, pişme, kalite

ABSTRACT

MSc Thesis

INVESTİGATİON OF EFFECTS OF ULTRASOUN ON WATER ABSORPTİON and COOKİNG QUALİTY OF COWPEA

Hacer ÖZTÜRK

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Departnan of Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ali YILDIRIM
Year: 2019, Page:122

In this study, the effects of time (0-390 min), temperature (30-90 ^{o}C) and ultrasounds ((%50 ve %100 amplitude) on soaking/cooking operations of cowpea were investigated. The effects of time, temperature, ultrasound and ultrasound amplitude on the dimensions, texture and color (L *, a *, b *) of the cowpea were found statistically significant ($P \leq 0.05$). The effects of cowpea soaking /cooking water on brix, total soluble solids, electrical conductivity, turbidity, pH and color values (L *, a *, b *) were also found statistically significant ($P \leq 0.05$). The water diffusion and texture change of cowpea during soaking/cooking has been successfully adapted to Fick's II. Diffusion and Texture models. It was observed that the water diffusion coefficient (D_{eff}) and saturation moisture content (M_e) increased significantly ($P \leq 0.05$) by the ultrasound, ultrasound amplitude and temperature during soaking/cooking processes. The same increase was determined in the softening rate coefficient (k_F) and the saturation texture (force) value (F_e) for the texture model. The temperature, ultrasound and ultrasound amplitude increased the D_{eff} and k_F values of the cowpea and made easy their softening. The moisture diffusion and texture models were adapted to the Arhenius equation and the gelatinization temperature of the cowpea was found to be 69 ^{o}C. The fastest softening of the cowpea structure was found to be with a lower activation energy (texture model: 3.45 kJ mol^{-1} and moisture diffusion model: 4.28 kJ mol^{-1}) at T≥70 ^{o}C and 100% ultrasound application. The cooking time of cowpea for normal, 40kHz 200 W-50% amplitude and 40kHz 200 W-100% amplitude ultrasonics at 97 ^{o}C temperature by applying both methods (electrical conductivity and texture model) was determined as 50, 34 and 25 min, respectively.

KEYWORDS: ultrasound, cowpea, diffusion, cooking, quality

TEŞEKKÜR

Tezin konusunu seçiminde, uygulamasında ve çalışmamda yardımlarını esirgemeyen danışmanım Doç. Dr. Ali YILDIRIM'a ve bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım Prof. Dr. A. Ferit ATASOY'a tez laboratuvar uygulamamda yardımcı olan lisans meslaktaşlarım Murat ORTAYURT, Tunahan YETKİN, Nazife KORKMAZ, Meyrem KARAASLAN 'a teşekkür ederim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.2. Ultrason düzeneği (Feng,2009)…...……4
Şekil 3.1. Elektrik iletkenlik yöntemine göre standart pişirme doğrusu grafiği….……...24
Şekil 4.1. Börülcenin normal ıslatma sırasında farklı sıcaklıklıklarda (30, 40,50, 60, 70, 80 ve 90 ^{o}C) deneysel ve tahmini (Fick'in diffusyon modeli) nem değişimi……...80
Şekil 4.2. Börülcenin %50 Ultrason genlğindeki ıslatma sırasında farklı sıcaklıklıklarda (30, 40, 50, 60, 70, 80 ve 90 ^{o}C) deneysel ve tahmini (Fick'in diffusyon modeli) nem değişimi……..81
Şekil 4.3. Börülcenin %100 Ultrason genlğindeki ıslatma sırasında farklı sıcaklıklıklarda (30, 40, 50, 60, 70, 80 ve 90 ^{o}C) deneysel ve tahmini (Fick'in diffusyon modeli) nem değişimi…….81
Şekil 4.4. 30 ^{o}C sıcaklıkta ve farklı önişlem (normal, %50 US ve %100 US genlik) ıslatma sırasında Börülcenindeneysel ve tahmini (Fick'in diffusyon modeli) nem değişimi……..83
Şekil 4.5. 40 ^{o}C sıcaklıkta ve farklı önişlem (normal, %50 US ve %100 US genlik) ıslatma sırasında Börülcenin deneysel ve tahmini (Fick'in diffusyon modeli) nem değişimi……..……...84
Şekil 4.6. 50 ^{o}C sıcaklıkta ve farklı önişlem (normal, %50 US ve %100 US genlik) ıslatma sırasında Börülcenin deneysel ve tahmini (Fick'in diffusyon modeli) nem değişimi…….84
Şekil 4.7. 60 ^{o}C sıcaklıkta ve farklı önişlem (normal, %50 US ve %100 US genlik) ıslatma sırasında Börülcenin deneysel ve tahmini (Fick'in diffusyon modeli) nem değişimi…….85
Şekil 4.8. 70 ^{o}C sıcaklıkta ve farklı önişlem (normal, %50 US ve %100 US genlik) ıslatma sırasında Börülcenin deneysel ve tahmini (Fick'in diffusyon modeli) nem değişimi…….85
Şekil 4.9. 80^{o}C sıcaklıkta ve farklı önişlem (normal, %50 US ve %100 US genlik) ıslatma sırasında Börülcenin deneysel ve tahmini (Fick'in diffusyon modeli) nem değişimi…….87
Şekil 4.10. 90 ^{o}C sıcaklıkta ve farklı önişlem (normal, %50 US ve %100 US genlik) ıslatma sırasında Börülcenin deneysel ve tahmini (Fick'in diffusyon modeli) nem değişimi…….87
Şekil 4.11. Börülcenin ultrasonsuz, %50 ultrason ve %100 ultrason uygulamasıyla Fick modeli için Arhennus yaklaşımının regrasyonu……..89
Şekil 4. 12**.** Börülcenin normal ıslatma sırasında farklı sıcaklıklardaki deneysel ve tahmini (Tekstür modeli) sertlik (F_{max}, g) değerleri değişimi……..……93
Şekil 4.13**.** Börülcenin %50 genlikteki ultrason önıslatma sırasında farklı sıcaklıklardaki deneysel ve Tahmini (Tekstür modeli) sertlik (F_{max}, g) değerleri değişimi……93
Şekil 4.14**.** Börülcenin %100 genlikteki ultrason ön ıslatma sırasında farklı sıcaklıklardaki deneysel ve tahmini (Tekstür modeli)sertlik (F_{max}, g) değerleri değişimi……...94
Şekil 4.15**.** Börülcenin 30 ^{o}C sıcaklıkta farklı önişlem (normal, %50 ve %100 ultrason) ıslatma sırasında deneysel ve tahmini (Tekstür modeli) sertlik (F_{max}, g) değerleri değişimi……...94
Şekil 4.16**.** Börülcenin 40^{o}C sıcaklıkta farklı önişlem (normal, %50 ve %100 ultrason) ıslatma sırasında deneysel ve tahmini (Tekstür modeli)sertlik (F_{max}, g) değerleri değişimi……95
Şekil 4.17**.** Börülcenin 50 ^{o}C sıcaklıkta farklı önişlem (normal, %50 ve %100 ultrason) ıslatma sırasında deneysel ve tahmini (Tekstür modeli)sertlik (F_{max}, g) değerleri değişimi…..……..95
Şekil 4.18**.** Börülcenin 60^{o}C sıcaklıkta farklı önişlem (normal, %50 ve %100 ultrason) ıslatma sırasında deneysel ve tahmini (Tekstür modeli)sertlik (F_{max}, g) değerleri değişimi……96
Şekil 4.19**.** Börülcenin 70 ^{o}C sıcaklıkta farklı önişlem (normal, %50 ve %100 ultrason) ıslatma sırasında deneysel ve tahmini (Tekstür modeli)sertlik (F_{max}, g) değerleri değişimi……96
Şekil 4.20**.** Börülcenin 80 ^{o}C sıcaklıkta farklı önişlem (normal, %50 ve %100 ultrason) ıslatma sırasında deneysel ve tahmini (Tekstür modeli) sertlik (F_{max}, g) değerleri değişimi……...97
Şekil 4.21**.** Börülcenin 90 ^{o}C sıcaklıkta farklı önişlem (normal, %50 ve %100 ultrason) ıslatma sırasında deneysel ve tahmini (Tekstür modeli)sertlik (F_{max}, g) değerleri değişimi……97
Şekil 4.22. Börülcenin normal, %50 ultrason ve %100 ultrason uygulamasıyla Tekstür modeli için Arhennus yaklaşımının regrasyonu……100
Şekil 4.23. Normal, % 50 US ve % 100 US pişirme EC' ye karşı sürelerinin grafiksel gösterimi….103
Şekil 4.24**.** Börülcenin 97^{o}C sıcaklıkta farklı önişlem (normal, %50 ve %100 ultrason) pişme sırasında deneysel ve tahmini (Tekstür modeli)sertlik (F_{max}, g) değerleri değişimi…….104

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. TA-XT2i ve iğne probu kalibrasyon ayar değerleri……..…….21
Çizelge 3.2. Börülce pişme derecesine bağlı elektrik iletkenliğinin standart deneysel değerleri……..24
Çizelge 4.1. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-90 °C) tane kısmının L (uzunluk) değerleri değişimi……..27
Çizelge 4.2. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-90 °C) tane kısmının %L (yüzde uzunluk) değerleri değişimi.....29
Çizelge 4.3. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-90 °C) tane kısmının W (genişlik) değerleri değişimi……..32
Çizelge 4.4. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-90 °C) tane kısmının %W (yüzde genişlik) değerleri değişimi…...34
Çizelge 4.5. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-90 °C) tane kısmının T (kalınlık) değerleri değişimi……..…..36
Çizelge 4.6. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-90 °C) tane kısmının %T (yüzde kalınlık) değerleri değişimi……...38
Çizelge 4.7. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-90 °C) tane kısmının De (eşdeğer çap) değerleri değişimi……40
Çizelge 4.8. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-90 °C) tane kısmının %De (yüzde eşdeğer çap) değerleri değişimi..42
Çizelge 4.9. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-90 °C) tane kısmının V (hacim) değerleri değişimi……...44
Çizelge 4.10. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-90 °C) tane kısmının %V (yüzde hacim) değerleri değişimi…….46
Çizelge 4.11. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-90 °C) tane kısmının spericity (küreselliği) değerleri değişimi…...48
Çizelge 4.12. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-97 °C) tane kısmının Hunter L* değerleri değişimi……...52
Çizelge 4.13. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-97 °C) tane kısmının Hunter a* değerleri değişimi……...54
Çizelge 4.14. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-97 °C) tane kısmının Hunter b* değerleri değişimi……...56
Çizelge 4.15. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-97 °C) su kısmının Hunter L* değerleri değişimi…….58
Çizelge 4.16. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-97 °C) su kısmının Hunter a* değerleri değişimi……..61
Çizelge 4.17. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-97 °C) su kısmının Hunter b* değerleri değişimi……..64
Çizelge 4.18. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-97 °C) su kısmının briks değerleri değişimi……..66
Çizelge 4.19. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-97 °C) su kısmının TDS değerleri değişimi……...69
Çizelge 4.20. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-97 °C) su kısmının elektrik iletkenliği(µs/cm) değerleri değişimi…71
Çizelge 4.21. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-97 °C) su kısmının bulanıklık (500 nm dalga boyunda absorbans) değerleri değişimi……74
Çizelge 4.22. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-97 °C) su kısmınının pH değerleri değişimi……77
Çizelge 4.23.Börülcenin ultrasonsuz, %50 Ultrason ve %100 ultrason uygulama ile Fick modeliyle nem diffuzyonu modelinin parametre ve istatistiksel değerleri……86
Çizelge 4.24. Islatma esnasında normal ve ultrason uygulanmış börülcelerin Arhennus yaklaşımı ile Thermodinamk özelliklerinden E_a (aktivasyon enerjisi) değişimi……..88
Çizelge 4.25.Börülcenin ultrasonsuz, %50 Ultrason ve %100 ultrasonıslatma uygulamada Tekstür modelinin parametre ve istatistiksel değerleri……...98

Çizelge 4.26. Islatma esnasında Ultrasonsuz ve ultrason uygulanmış börülcelerin Arhennus yaklaşımı ile Aktivasyon enerjisi özellikleri ve parametreleri……...101
Çizelge 4.27. Börülcenin 97 ^{o}C sıcaklıkta normal, % 50 US ve % 100 US önişlemle % pişme dereceleri, Elektrik iletkenlik (EC, µS/cm) ve pişme süresi ilişkisi……..103
Çizelge 4.28. Börülcenin normal, % 50 US ve % 100 US pişirme sertlik (Fmax, g) değerleri…….105

SİMGELER DİZİNİ

AACC	American Association of Cereal Chemists (Amerikan Hububat Kimyacılar Birliği)
A	Normal ıslatma/pişirme
B	%50 genlikte ultrason
C	%100 genlikte ultrason
D_{eff}	Difüzyon sabiti
E_a	Aktivasyon enerjisi
EC	Elektrik iletkenliği
F_e	Doygunluk tekstür (kuvvet) değeri
ICC	International Association for Cereal Science and Technology (Uluslararası Hububat Bilimi ve Teknolojisi Birliği)
k_F	Yumuşama hız katsayısı
US	Ultrason Genliği

1.GİRİŞ

Börülce (*Vigna unquiculata L.)* göbeği koyu renkli baklagiller familyasından fasulyeye benzeyen bir tarım bitkisidir. İnsan beslenmesinde önemli bir yere sahip olup salata ya da taze ve kuru olarak yemeklerde tüketilen bir bakliyattır. Börülce tanesi yüksek oranda protein içermeleri nedeniyle, bitkisel gıda ürünleri arasında ayrı bir öneme sahiptir. Börülce tanelerindeki protein, hayvansal proteinlere göre methionin ve sistein yönünden yetersiz olmasına rağmen, tahıl tohumlarına göre, aminoasit, lisin, triptofan yönünden oldukça zengindir. Ayrıca börülce taneleri, mineral, keratin, vitamin B ve C bakımından da oldukça zengindir (Narasinga Rao,1995; Beninger ve ark.,1998). Börülcenin bu besleyici değerlerine rağmen ülkemizde tüketimi çok az sayıdadır.

Börülce; Asya, Güney Avrupa, Orta ve Güney Amerika, Amerika Birleşik Devletler gibi farklı kıtalarda üretilmektedir. Nijerya, Burma, Burkina, Faso ve Mali'deki ülkelerde de yetiştirilen önemli bir baklagil bitkisidir. Kuraklığa dayanıklığı ve fakir topraklarda azot bağlama kabiliyetine sahip oluşu nedeniyle, birçok tahıl ve yumrulu bitki ile beraber bugün dünyada 63 ülkede üretimi yapılmaktadır (Singh ve ark., 2006). Yüksek sıcaklıklara dayanıklılığı dolayısıyla fasulyenin yetişemediği Akdeniz, Ege ve Güneydoğu Bölgesinde yaz aylarında alternatif olarak yetişebilen bir baklagil bitkisidir (Günay, 1992).

Türkiye'de börülce ekim alanının az olmasının nedenleri; bu bitkinin insan gıdası olarak Türkiye'de pek tanınmaması, birim alandan kaldırılan ürünün düşük oluşu, yurt içi börülce talebinin azlığı nedeniyle birim fiyatın düşmesi çiftçinin bu bitkinin kültüründen vaz geçmesine daha karlı bitkilere yönelmesine ve ihracat azlığı gibi nedenler gösterilebilir. Ayrıca bakliyatların tüketiminde uzun süre hazırlanma, pişirme, sindirim sisteminde gaz oluşumu ve bazı beslenme problemlerinden dolayı azalmaktadır. Çeşitli bakliyatların besin değerinin ve sindirilebilirliğinin artırılması gibi amaçlarla yararlılığını artırma girişimlerinde, ıslatma, kaynatma, otoklavlama, ışınlama, pişirme, kabuk soyma, çimlendirme, mayalanma gibi çok geniş bir işleme tekniği kullanılmaktadır. Baklagillerde bulunan antibesleyici öğeler, suda ıslatma,

kuru ısıtma, kaynatma, fermantasyon, ışınlama ve filizleme gibi işlemler sayesinde elimine veya antimetabolik aktivitenin altında tutulabilmektedir. Baklagillerde pişirme süresini azaltmak ve ham tanede bulunan toksik maddeleri ortadan kaldırmak için pişirme işleminden önce, suda ıslatma işlemi gerekmektedir. Ancak bu işlem uzun sürmektedir.

Börülcedeki bu protein oranı hayvansal kaynaklı protein tüketimi yetersiz olan birey ya da toplumlarda protein gereksinimini karşılar. Gelişmekte olan ülkelerde önemli protein kaynağının başında gelmektedir. Özellikle Afrika protein ve enerji ihtiyacını sebzeden karşılayan yoksul kesimler için temel bir gıda maddesidir (Quin, 1997; Olapade ve ark.,2002).

Börülce lif oranı yüksek gıdaların başında gelmektedir. Börülcedeki lif yapısı çözülebilen lif olduğu için kötü kolesterolü azaltır. Sindirim sisteminin düzgün çalışmasını sağladığından kabızlığın giderilmesinde yardımcı olur. Yüksek lifli besinlerin daha yavaş sindirilmesini sağladığından verdiği tokluk hissinden dolayı kilo almamıza engel olmaktadır. Diyet yapanlar tarafında kullanıldığı takdirde tokluk hissi vermekte böylece zayıflamaya yardımcı olmaktadır. Çözülebilen lif yapısı kandaki şeker oranını dengelediği için şeker hastalarının vazgeçilmez besinlerindendir (Eshwarage ve ark., 2017).

Börülcedeki A beta-karotein yapısından oluşur. Bu sayede hem görme duyularımızın daha iyi çalışmasını hemde antioksidanlı yapısından dolayı bağışıklık sistemimizi güçlendirmektedir. Börülce tüm fasulyeler gibi demir açısından da zengin bir besindir. Demir eksikliğine bağlı olarak anemi başta olmak üzere, sinir ve stres gibi birçok hastalığın etkenidir. Börülce kansızlığa iyi gelmesinin yanı sıra kandaki yüksek kolesterolü düşürür. Börülce çinko açısından da çok zengin bir mineraldir. Hücrelerin yenilenmesi, yaraların iyileşmesi ve bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi için çinko alımı gereklidir. Hamilelikte de fetüsün büyümesi ve gelişmesi için yeterli çinko alımı önemlidir. Börülcenin zengin olduğu diğer element de manganezdir. Manganez minerali vücuttaki protein sentezlemesi, sindirim ve besinlerden enerji üretilmesini sağlamaktadır. Bağ dokuları, kemiklerin gelişmesi ve

büyümesi açısından gerekli bir mineraldir. Sinir sistemi fonksiyonları ve gelişmesinde oldukça faydalıdır. Vücuttaki kanın pıhtılaşması için gerekli olan bir elementtir. Ayrıca börülce potasyumda içermektedir. Potasyum beslenmede hayati önemi olan bir mineraldir. Potasyum vücuttaki su ve mineral dengesinin korunmasına yardımcı olur. Besinlerin hücre içine taşınması, sinir sistemindeki mesajların iletilmesi, kalp ve kaslar için önemlidir. Tansiyonu dengeler ve beyine oksijen taşıyarak zihin faaliyetlerini destekler (Jayathilake ve ark., 2018).

Börülce folik asit olarak da bilinen B9 vitamini açısından da zengindir. Bir bardak börülce yemeğiyle günlük almamız gereken B9 miktarının %50-60'ını karşılarız. B9 eksikliği kansızlığa sebep olur. Psikiyatrik hastalarında B9 vitamin eksikliği yaygındır (Frota ve ark.,2008).

Ultrason katı, sıvı ve gazlardan geçebilen, frekansı 20 kHz'den daha fazla olan insan kulağı tarafından algılanamayan ses dalgaları olarak tanımlanır. Ultrason (sonikasyon); sözlük anlamı itibariyle, saniyede 20.000 veya daha fazla titreşim gerçekleştirilen ses dalgaları ile enerji meydana getirilmesi olarak ifade edilmektedir. Ses, nesnelerin titreşiminden meydana gelen ve uygun bir ortam içerisinde(hava, su vb.) bir yerden başka bir yere, sıkışma ve genleşmeler şeklinde ilerleyen bir dalgadır. Dolayısıyla ses, bir basınç dalgasıdır (Leighton, 2007).

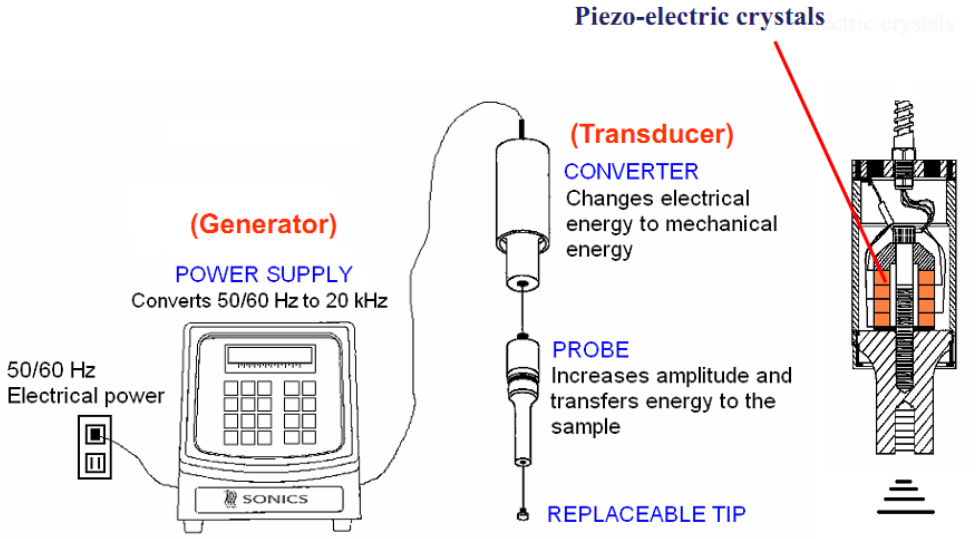
Kullanılan frekans ve ses dalgası genliğine bağlı olarak bir dizi fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal etkilerinin sağlayan uygulamaları görülmektedir. Genellikle, ultrason düzeneği 20 kHz' den 10 MHz'e kadar değişen frekanslar kullanılmaktadır. Ultrason uygulamalarının sınıflandırılmaları için üretilen ses alanın enerji miktarı en önemli ölçüttür.

Ultrason uygulamalarını sınıflandırmak için karakterize edilen ses alanını; ses gücü(W), ses yoğunluğu (W/m^2), ses enerjisi yoğunluğu ($W.s/ m^3$) gibi parametreler en önemli kriterdir. Ultrason kullanımlarına göre insanlarda işitme sınır aralıkları 16 Hz-18 kHz, geleneksel güç ultrasonu 20 kHz-100 kHz, genişletilmiş güç bölgesi 20 kHz-1 MHz, medikal ultrason 5MHz-10MHz gibi frekans aralıklarında değişirler

(Yüksel ve ark., 2013). Gıdalarda ultrason 20 KHz-10 MHz aralığında uygulanmaktadır.

Ultrasonik ses dalgaları pastörizasyon, sterilizasyon, emülsiyonların oluşumu, hücrelerin ayrılması, kimyasal reaksiyonların oluşumu, enzimlerin engellenmesinde, fermantasyonun hızlandırılmasında, karıştırma, homojinezisyon, toz halindeki gıdaların sıvılarda dağılımı, püskürtmede, gazların ayrılmasında, mikropların inaktivasyonunda, oksidasyonun hızlandırılmasında, etlerin yumuşatılması, kristalizasyon, kütle transferini hızlandırmak, baklagillerdeki oligosakkaritlerin azaltılması gibi fiziksel veya kimyasal işlemlerde kullanılmıştır (Wambura ve ark.,2008).

Ses enerjisi sürekli dalga tipi bir hareket oluşturarak ortama girdiğinde, bu hareketin bir sonucu olarak boylamsal dalgalar oluşturur ve bu durumda ortamdaki partiküller üzerinden sıkışma ve gevşeme ortaya çıkar. Uygulanan ses dalgasının büyüklüğü ve kullanılan frekansa bağlı olarak çok çeşitli uygulamalara olanak sağlayan bir seri fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal etkiler meydana gelmektedir.



Şekil 1.2. Ultrason düzeneği (Feng,2009)

Ultrasonik frekansları üretmek yine bir titreşim hareketi üretmek ve algılamakta titreşim enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Ultrason probu

elektrik enerjisinin ultrason enerjisine dönüştüğü veya bunun tersinin yapıldığı yerdir. Prop ultrason enerjisinin vericisi ve alıcısıdır. Ultrasonik sistemdeki enerji dönüşümü sistemini özetleyecek olursak; önce elektrik enerjisi voltaj ve akım halinde transdusere uygulanır, transduserde bu enerji mekanik enerjiye dönüştürülür, transduser yayılan ses dalgaları akustik enerji oluşturur ve bunun sonucu olarak sıcaklık ve basınç etkisiyle oluşan kavitasyon baloncuklarının oluşturduğu kavitasyon enerjisi ortama yayılır.

Elektriksel olarak yüksüz ve yapısal simetri merkezi bulunmayan bir kristale uygulanan basınç, artı yüklerin merkezi ile eksi yüklerin merkezinin birbirlerinden hafifçe ayrılmasına ve kristalin karşılıklı yüzeylerinde zıt yüklerin ortaya çıkmasına neden olur. Yüklerin ayrılmasıyla elektrik alanı oluşur ve kristalin karşılıklı yüzeyleri arasında ölçülebilir potansiyel fark oluşur. Piezoelektrik etkiyi ifade eden bu sürecin terside geçerlidir. Ters piezoelektrik etkide de karşılıklı yüzeyler arasında bir elektrik gerilimi uygulanan bir kristal de boyutsal şekil değişimi oluşur ve dik olarak yüksek frekanslı ultrason dalgaları meydana gelir (Michael, 1990).

Ultrason dalgaları sıkışıp, seyrelmeler şeklinde maddesel ortamlarda yayılan titreşim enerjisidir. Ultrason dalgalarının bu sıkışıp seyrelme şeklindeki belirgin özelliği ultrasonla temizlemeye neden olan Kavitasyon için önemlidir. Kavitasyon kavramı altında bir sıvının içinde boşlukların oluşumu ve bunu takiben de patlaması anlaşılır. 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. “Kavitasyon ” olarak adlandırılan bu olay sonucunda 1000 atm’nin üzerinde basınç ve büyük bir enerji açığa çıkar. Bu enerji, kabarcıkların bulunduğu bölgeyi ısıtır ve kimyasal reaksiyona yol açar. İşte ultrasoniğin temel prensibi de açığa çıkan bu yüksek ısı ve enerjisi kullanılabilirliği üzerinedir (Anderson, 1965).

Meydana gelen kavitasyonun derecesi çeşitli parametrelerden etkilenmektedir. Yüksek sıcaklıklarda daha fazla kabarcık meydana gelmektedir. Çünkü sıcaklık arttıkça buhar basıncı artmakta ve gerilim kuvveti azalmaktadır. Ancak yüksek sıcaklarda, daha fazla kabarcık oluşmasına karşın bu kabarcıkların sönümlendikleri andaki şiddeti, dolayısıyla da etkinlikleri azalmaktadır.

Ultrason frekansı maksimum kabarcık boyutlarını belirlemede önemli bir parametredir. Düşük frekanslarda (örneğin 20 kHz), kabarcıklar daha büyük boyutlarda oluşur ve bunlar sönümlendiği an daha yüksek enerji oluşur. Yüksek frekanslarda ise kabarcık meydana gelmesi zorlaşır, örneğin 2.5 MHz üzerinde kavitasyon meydana gelmez. Kavitasyon şiddetinde, ultrason dalga büyüklüğü de önemlidir. Eğer yüksek şiddette kavitasyon isteniyorsa ultrason dalgasının büyüklüğü de arttırılmalıdır. Kavitasyonu etkileyen diğer bir önemli faktör de sıvı ortamın viskozitesidir. Viskozitesi yüksek ortamlarda ultrason difüzyonu kolaylıkla engellenebilir ve bu durumda da meydana gelen kavitasyon etkinliği azalır. Düşük frekanslarda ve yüksek şiddette ultrasonun, viskoz ürünlere nüfuz etmesi daha iyi olduğundan, üstesinden viskozite probleminin üstesinden gelebilmek için "düşük frekansta ve yüksek şiddette ultrason" uygulanmalıdır. Alternatif olarak ise sıvı ısıtılarak viskozitenin azaltılması sağlanmalı ve böylece ultrasonun difüzyon şansı arttırılır.

Düşük frekans yüksek güçlü ultrasonun konveksiyonel güçteki ultrason aralığı 20-100 kHz 'dir. Düşük frekans yüksek güçlü ultrason (10-1000W/cm^2;20-100 kHz) genellikle materyalin özelliklerini değiştirmektedir. Enzimlerin inaktivasyonunda, kristalizasyonun indüklenmesinde oksidasyon, emilüsyon, sterilizasyon, ekstraksiyonu, filtrasyon, kurutma gibi uygulamalarla gıda dokuların bozulmasına neden olan (2.5 MHz'e kadar) daha yüksek frekanslarda düşük frekans yüksek güçlü ultrason kullanılmaktadır. Yüksek güçlü ultrasonun yeni türleri gıdalarda yüksek güç kapasitesi, verimlilik, yönlülük ve geniş yayılan alanı ile önemli bir yer tutmaktadır. Yüksek güçlü ultrason akustik olarak destekli sıcak hava kurutma işlemi daha düşük sıcakların kullanımına olanak sağlar ve ısıya duyarlı malzemelerin kurutulması için de yararlı olmaktadır (McClements., 1995).

Yüksek frekans düşük güçlü ultrason diagnostik ses aralığı 2-10 mHz'dir. Ultrason gıda ve kimyasal işleme, kontrol çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Gıda işleme, bir bölümü düşük yoğunluklu (<1 W/ $cm^{2;}$>100kHz) ultrason aralığında yapılmaktadır. Düşük yoğunluktaki ultrason uygulaması son yıllarda gıda sanayisinde kullanımı büyük ölçüde artmıştır. Bu artışın temel nedeni ultrasonik teknolojiler tahribatsız olmasından kaynaklanmaktadır. Yeni elektronik teknolojiler sayesinde hızlı, kolay otomatikleşerek maliyetleri düşürülebilmektedir. Ultrasonik teknikler temel olarak gıda ürünlerini farklı bileşenlerinin yapısı, konsatrasyonu, canlı hücrelerin aktivitesini artırmak, gıda yüzey temizliğni sağlamak, ultrasonik olarak destekli ekstraksiyonu, kristalizasyon, emülifikasyon, filtrasyon, kurutma ve dondurma proseslerinde uygulanabilmektedir (Knorr ve ark., 2004).

Islatma, insan midesindeki gaz oluşumunu azaltmakta, börülcenin istenen yumuşaklığa gelmesini için gerekli pişme süresini kısatlamakta ve bunun sonucunda pişme işlemi için gerekli olan enerji tüketimini azaltmaktadır. Suda ıslatma baklagillerde genellikle pişme için bir başlangıç aşamasıdır. Hidratasyon ve pişme tanenin yumuşaması ve pişmesi sırasında nişastanın jelatinizasyon için gerekli olan ve tanelerin pişmesini tanımlayan iki özelliktir. Suda ıslatma/pişirme işlemi, suyun börülce tanesindeki nişasta ve protein fraksiyonlarında dağılımını sağlamaktadır. Bunun için emilen su pişme sırasında nişasta ve protein jelleşmesi gibi reaksiyonlarda yardımcı olmaktadır (Deshpande ve Bal, 2001). Su absorpsiyon (hidratasyon) kinetiği börülce ve diğer baklagiller için daha önceki çalışmalarda Fick'in II difüzyon yasası kullanılarak hesaplanmıştır (Sabapathy ve ark., 2005).

Gıdaların suda bekletme sırasında su emme ve difüzyonunu modellemek için birçok teorik, deneysel ve yar-deneysel model yaklaşımları kullanılmıştır. Gıda maddelerinin su emme ve difüzyon işlemlerini modellemek için kullanılmış en popüler empirik ve yarı-empirik modeller Peleg (Gowen ve ark.,2007), Weibull modeli (Marabi ve ark.,2003), Üstel model (Gowen ve ark.,2007) ve Fick'in II yasası modelidir (Sabapathy ve ark., 2005).

Daha önce yapılan çalışmalar nohut, fasülye, pirinç, buğday vb. ürünlerde benzer bir çalışma olmasına karşın börülcenin su absorbsiyonu ve pişme kalitesinde ultrason uygulama tekniğinin olmaması bizi bu çalışmaya teşvik etmiştir. Bu çalışmadaki amaç börülceye atmosferik şartlarda 30-90^{o}C sıcaklarda normal ıslatma ve 40 kHz 200 W Ultrasonik (%50 ve %100 Genlik) ıslatma uygulayarak; süre, sıcaklık, ultrason ve ultrason genliğinin börülcenin ıslatma esnasında tanede su absorpsiyonu, renk, boyut, tekstür, ıslatma suyunda ise brix, pH, elektrik iletkenliği, TDS ve renk üzerindeki etkilerin incelemek, normal ve ultrason ıslatma sırasında su absorpsiyonun modellemek. Normal ve ultrason ıslatma sırasında börülcenin tekstürünü incelemek ve modellemek; börülcenin çirişleme sıcaklığını tespit etmektir. Börülcenin 97^{o}C sıcaklıkta normal ve 40 kHz 200 W Ultrasonik (%50 ve %100 Genlik) pişirme esnasında tanede, renk, tekstür, ıslatma suyunda ise brix, pH, elektrik iletkenliği, TDS, renk ve pişme süresini tespit etmektir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Jose ve ark. (2015), farklı çeşitteki kuru fasulye örneklerine sırasıyla ultrason uygulanmadan, 10 dakika ultrason uygulama, 20 dakika ultrason uygulama ve 30 dakika ultrason uygulamanın pişme süresi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada 30 dakika uygulanan ultrasonda pişirme süresini azalttığı ve su absorbsiyonun arttığı gözlemlemişlerdir.

Yıldırım ve ark. (2011), 87˚C sıcaklıkta nohuda ultrason uygulamadan ve ultrason uygulayarak pişirme üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Sabit pişme süresinde 25 kHz 100 W'lık ultrason uygulandığında tanenin nem alması artmıştır. 25 kHz ve 300 W'lık ultrason uygulandığında ise bu etki daha da artmıştır. Fakat, frekansın artması bunu fazla etkilememiştir. Yani 40 kHz' lik ve 100 W'lık ultrason kullanımı etkilememiştir. Düşük frekans ve yüksek güçteki ultrason nohudun su emilimini arttırmıştır ve dolayısıyla pişme süresini de arttırmaktadır kanısına varmışlardır. Ayrıca sıcaklığın artması difüzyon katsayısını da artırmaktadır. Difüzyon katsayısının artması, su absorbsiyon hızının artmasını, böylelikle nohudun kısa sürede yumuşaması ve pişmesini sağlanmaktadır.

Yüksel ve ark. (2013), buğday tanesine klasik ıslatma %20, %60 ve %100 genlikteki ultrason (600 W ve 20 kHz) uygulanmıştır. %100 genlik ve 1 dakikalık ultrason uygulamalı ıslatma, buğday 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 sağlamasında yeterli olabileceği, işlem süresinin ultrason uygulaması ile birlikte daha etkili olduğu kanaatine varmışlardır.

Ultrason hücre mebranları ve hüre bileşenlerini ekstraksiyonunda kullanılır. Mercimek, nohut, bezelye ve soya fasulyelerinin nemlendirmesi sırasında içerisindeki oligosakkaritler ve bileşimi üzerinde ultrason ve yüksek hidrostatik basınç uygulamalarıyla oligosakkaritler azalır. Oligosakkaritler gaz yapma, mide veya bağırsaklarda gaz birikimi gibi etkiler göstermektedir. Çeşitli mercimek örneklerinde uygulanan çiğ, pişirilme, ıslatma, ultrason ve yüksek basınç

uygulamalarının kombinasyonuyla toplam oligosakkaritelerin miktarında azalma görülmüştür (Han ve ark., 2006).

Yeni ürün oluşturmada soya proteinleri kombinasyonları ile ultrason kullanılarak üretilen: tatlı formları, peynir alternatifleri, soya krem bazlı çorbalar ve kremalı sosları ultrason uygulamalarıyla zamandan tasarruf ve soya proteinlerinin yüksek sıcaklara maruz kalmadan kullanımına olanak vermektedir. Soya proteimlerini doku modeli, hacim-yüzey alanı, jelleşme, iletkenlit, çözünürlük, emülsiyon aktivite indeksi gibi fiziksel özellikleri 20 kHz prob ve 40-500 kHz ultrasonik ultrason kullanarak araştırılmıştır. Ultrason uygulamalarıyla soya proteinlerinin farklı fonsiyonel özelliklerini etkileyen süspansiyonlarda ve sıvı akış davranışlarında değişikliğe neden olabilmektedir. Yüksek sıcaklık artışı ile soya proteinlerinin denatürasyonuyla jelleşmeye neden olur. Bu özellik soya protein konsantresinin numunelerinde 30 dakika boyunca 20 kHz prob uygulamasında görülmemektedir. 20 kHz sonda 5 dakika uygulamasıyla soya proteinin krema oluşumuna yol açmaktadır (Jambrak ve ark., 2009).

Yıldırım ve ark. (2011), yaptıkları bir çalışmada, 20-97˚C sıcaklık aralığında suda ıslatmayla beraber ultrasonsuz ve ultrasonlu (25 kHz 100 W, 40 kHz 100 W ve 25 kHz 300 W) nohudun tekstürü belli aralıklar ile incelenmiştir. 25 kHz 100 W'lık ve 25 kHz 300 w'lık ultrasonik uygulama nohudun tekstürünü olumlu yönde etkilerken, 40 kHz'lik ultrasonik uygulama ise pek etki göstermemiştir.

Ghafoora ve ark. (2014), fasulyenin hidrasyon hızına ultrason etkisini değerlendirmek amacıyla yaptıkları bir çalışmada kontrol ve ultrason destekli hidrasyon için matematiksel (Fick düfizyon) ve deneysel (Peleg denklemi, Weibull) modelleri kullanılmıştır. Kinetik model parametrelerinden alınan veriler sonucunda ultrasonun hidrayon hızını belirgin olarak arttırdığı ortaya konulmuştur

Ultrasonun uygulaması, emülsifikasyon, ekstraksiyonu, kristalleştirme, gaz giderme, filtrasyon, kurutma ve sterilizasyon dahil gıda sektöründeki proseslerinde geniş bir yelpazede için büyük bir potansiyele sahiptir. Nişastanın (polissakkarit)

viskozitesini kontrol çözümleri için umut verici işlemlerden biri olarak yüksek yoğunluklu ultrason uygulanabilir. Ultrason etkili bir uygulamasıyla nişasta çözümleriyle jelleşme azaltabilir. Yüksek konsantrasyonlarda, nişasta (%20-30), nişasta jel sonikasyon ile sıvılaştırılabilir. Nişasta çözeltisinin viskozitesi makul bir konsantrasyon (%5-10), 30 dakika boyunca ultrason irradyasyon yoluyla 100 mPa-s'nin büyüklükte yaklaşık iki kat kadar azaltılabilir. Viskozite değişiklikleri ultrasonik sürecin etkililiği ile değerlendirilebilmektedir. Nişastanın değişimi molekül ağırlığı jel kromatografisi ve statik ışığı yayma metodu ile izlendi. Nişastanın polimerizasyon işlemi, NMR spektroskopisi ile izlenmiştir. Ultrasonik uygulamalarının birtakım yararları vardır: Uygulamada herhangi bir kimyasal madde ve katkı gerektirmez, biraz maliyetlidir ancak işlem süreci basit ve hızlıdır. Bu süreçte nişastanın özellikle kimyasal yapısında büyük değişikliklere neden olmayıp nişastanın birtakım özelliklerini indüklediği teyit edilmiştir. Birçok nişasta çeşitleri (mısır, patates, tapyoka ve tatlı patates) ve polisakkaritler için geçerlidir (lida ve ark., 2008).

Kuru baklagiller α-galaktosidler, tripsin, chymotrypsin inhibitörleri, fitatlar ve lectinler gibi besleyici öğlerin tüketimini engelleyen antinutrientler içermektedir. A-Glaktosidler insanlarda gaz oluşturucular olarak bilinir. Trypsin ve chymotrypsin inhibitörleri hidrolitik enzimlerin bağlanmasına meyillidirler ve onların aktivitelerini engellerler. Fitik asit ise bazı minerallerin etkisini azaltır. Bu bileşenlerin ayrılması baklagillerin beslenme kalitesinin arttırılmasında önemlidir. Islatma ve pişirme gibi bazı basit ve ucuz teknikler bu antibesin bileşenlerin azaltılması ve baklagillerin organoleptik kalitesinin arttırılmasında etkili olmaktadır. Yapılan araştırmalarda ıslatmanın toplam şekerlerin, α-galaktosidlerin, minerallerin, fitik asit ve proteolitikenzim inhibitörlerin seviyelerinin düşürdüğünü göstermektedir. Islatma sırasında bazı metabolik prosesler meydana gelebilir ve genellikle çözünebilir karbonhidrat ve riboflavin içeriğini etkilemektedir. Pişirme proteinlerin denatürazyonunu ve sıvıya difüzyonunu, ısıya duyarlı faktörlerin (tripsin inhibitörler, fitik asitin azalması ve α-galaktosid içeriği) inaktif hale gelmesini sağlamaktadır. Baklagillerdeki kimyasal yapılarından proteaz inhibitörü, lektinler, fitatlar, tanninler, beslenme lifleri gibi antibesinlerdir (Prodanov ve ark., 2004).

Certel ve ark. (1992), bulgurun pişirme metotları üzerinde çalışmalar ve geleneksel pişirme yönteminin en düşük çirişlenme derecesi verdiğini, en yüksek çirişlemnmeyi ise uzun süreli kzıl ötesi ışınlama ile ulaşıldığını belirtmişlerdir. Bu bulguların çirişlenme için suyun yanı sıra gerekli ısı enerjisinin transfer şekil debisininde çirişlenme üzerine etkili olduğuna dikkat çekmişlerdir.

Tavuk, balık dokularında ve çiğ et karışımlarında ultrason kullanılmaktadır (Simal ve ark., 2003) Ultrasonik uygulama örneklerinde peynir (Benedito ve ark., 2000), pişmiş sebze dokusu (Nielsen ve Martens, 1997) ve meyve olgunluğu (Flitsanov ve ark., 2000) gibi geniş kullanım alanı vardır. Pirinçten nişastayı ayırırken yüksek güçte ultrason kullanımı nişastaya hasar verilmeden izole edilmesini sağlamıştır (Wang ve Wang, 2004).

Ultrasonun yalnız veya başka bir işlemle kombinasyonu süt, şarap ve meyve suyu gibi ürünlerin pastörizasyonunda kullanılmıştır. Pastörizasyon işleminin daha düşük sıcaklık vedaha az zaman kullanılarak belirlenmiştir (Salleh-Mack ve ark., 2007; Valero ve ark., 2007). Ayrıca ultrason kullanılarak mikrobiyal açıdan güvenilir meyve ve sebze suyu elde edildiği görülmüştür (Ferrante ve ark.,1856; Wu ve ark., 2008).

Elmehdi ve Kovacs (2009), ultrasonun buğdayın glutenin yapısal ve fonsiyonel özellikleri üzerine çalışma yapmışlardır. Ultrasonik tekniklerin buğdayın proteinlerinin özellikle makarna ve ekmek kalitesiyle ilgili ısı geçişlerindeki fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişiklikleri ölçmek için kullanılabilmektedir.

Ultrasonun gıda uygulamalarında kütle transferini artırılmasını bağlı olduğu sanılmaktadır (Chemat ve Khan, 2011). Yüksek enerjili ultrason uygulamanın, organik bileşiklerin bitki ve tohumdan ekstraksiyonunu olumlu yönde etkilediği saptanmıştır (Tavman ve ark., 2009). Ultrasonun mekanik etkisinin daha fazla çözücüyü hücresel metaryalden nüfuz etmesini sağlayıp kütle transferini geliştirdiği belirlenmiştir. Ultrasonik işlem nane yaprağı, tarhun, lavanta, sarımsak ve limom

yaprağı gibi bitki kaynaklı uçucu yağların ekstraksiyon ile elde edilmesinde kullanılmıştır (Porto ve ark., 2010; Kimbaris ve ark., 2006).

Ultrasonik dalgalar gıdalar üzerine etkisi birçok alanda çalışımıştır; fermantasyon, kurutma, dondurulmuş gıdalar, filtrasyon, ekstraksiyon, kristalizasyon, etin yumuşatılması, mikroorganizmaların yok edilmesi ve enzimlerin etkisizleştririlmesi örnek olarak sayılabilir. Düşük enerjili ultrasonik dalgaların yoğurt fermantasyonuna etkisini incelemek amacıyla üç farklı yol izlenmiştir. Bunlardan birincisi yoğurt kontrol amaçlı normal şekilde üretilmiştir. Diğerinde süte yoğurt kültürü eklemeden önce ultrason uygulanmıştır. Son gruba ise süte yoğurt kültürü eklendikten sonra, ancak fermantasyondan önce ultrason uygulanmıştır. Fermantasyondan sonra üç ürün karşılaştırılmı ve yoğurt kültürü eklemeden önce ultrason uygulanan ürünün su tutma kapasitesinin arttığı, serum miktarını azaldığı belirlenmiştir. Yoğurt kültürü eklendikten sonra ultrason uygulanan numunuden oluşan yoğurdun ise fermantasyon süresinin 0.5 saat kadar azaldığı, su tutma kapasitesinin arttığı ama serum miktarında herhangi bir yararlı etkinin olmadığı belirlenmiştir (Wu ve ark., 2001).

Etin yumuşaklılığı tüketici açısından önemli bir kalite parametresi olduğu için ultrasonun et üzerine uygulaması genelde ürünün yumuşaklığı üzerine odaklanmıştır. Geleneksel et yumuşatma yöntemlerinden biri olan etin mekanik olarak dövülmesi daha düşük kalitede ve daha az lezzetli bir ürün oluşmasına neden olmaktadır. Yüksek enerjili ultrasonik dalga kullanılara etin yumuşatılmasının geleneksel yönteme göre daha etkili olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda etin ısı ve ultrasonik yöntemle sterilizasyonunun etin yumuşaklığını olumlu yönde etkilediği gözlemlenmiştir (Chemat ve ark., 2010).

3. METARYAL ve YÖNTEM

3.1.Metaryal

Çalışmamızda kullanılan börülce (yerel adı: karagöz) (Manisa /Türkiye) Çoker Tohumculuk A.Ş tarafından temin edilmiştir. Börülceler kullanılmadan önce elle yabancı maddeler, kırık ve bozuk taneler ayıklanmış ve eleme yapılarak 9.0-12.0 mm aralığındaki taneler çalışmada kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Fizikokimyasal analizler

Hammadde örneklerinde tane ağırlığı, kütle yoğunluğu, hacim, hidrasyon kapasitesi, hidrasyon indeksi, şişme kapasitesi, şişme indeksi analizleri Youssef (1978), Williams ve ark. (1983), Adebowale ve ark. (2005) ve Singh ve ark. (2005) metodlarına göre yapılmıştır.

3.2.1.1. Kuru ağırlık (g)

100 adet börülce sayılarak tartılır. Bu eşdeğer kuru ağırlık olarak kaydedilir.

3.2.1.2. Yaş ağırlık (g)

150 ml saf su erlenmayere konulup, üzerine 100 adet börülce içine atılıp 16 saat bekletildikten sonra kurutma kâğıdı ile kurutulup sonuç yaş ağırlık olarak kaydedilmiştir.

3.2.1.3. Su alma kapasitesi (g/tane)

Börülcenin su alma kapasitesi Eşitlik 3.1 ile hesaplanmıştır.

$$\text{Su alma kapasitesi} = \frac{m_1 - (m_2 - (m_2/100)) * n}{100 - n} \quad (3.1)$$

burada m_1, m_2, n sırasıyla yaş ağırlık, kuru ağırlık, şişmeyen tane sayısı olarak ifade etmektedir.

3.2.1.4. Su alma indeksi (%)

Börülcenin su alma indeksi Eşitlik 3.2'ye göre hesaplanmıştır.

$$\text{Su alma indeksi} = \frac{sualmakapasitesi(g/\tan e)}{m_2/100} \quad (3.2)$$

m_2, kuru ağırlığı ifade etmektedir.

3.2.1.5. Kuru hacim (ml)

100 adet börülce numunesi 100 ml'lik silindire alınarak, üzerine 50 ml saf su ilave edilir ve sonuç kaydedilir.

3.2.1.6. Islak hacim (ml)

100 adet börülce numunesine 50 ml saf su ilave edilip 16 saat bekletildikten sonra kâğıt havlu ile kurutulup 100 ml saf su ilave edilerek sonuç kaydedilmiştir.

3.2.1.7. Şişme kapasitesi (ml/tane)

Börülcenin şişme kapasitesi Eşitlik 3.3'ye göre hesaplanmıştır.

$$\text{Şişme kapasitesi} = \frac{[(V_1 - 100) - (V_2 - 50)] - [(\frac{V_2 - 50}{100}) * n]}{100 - n} \quad (3.3)$$

burada V_1, V_2, n sırasıyla ıslak hacim, kuru hacim, şişmeyen tane saysısı olarak ifade edilmiştir.

3.2.1.8. Şişme indeksi (%)

Börülcenin şişme indeksi Eşitlik 3.4'e göre hesaplanmıştır.

$$\text{Şişme indeksi}=\frac{V_1-100}{V_2-50} \quad (3.4)$$

burada V_1, V_2 ıslak hacim, kuru hacim olarak ifade edilmiştir.

3.2.1.9. Tane boyutları

Börülce tanelerinin boyutları (L: uzunluk, W: genişlik, T: kalınlık) ortalama ölçümü Mutitoyo No: 505 -633, Japan dijital kumpası ile yapıldı.

Börülce tanelerinin ortalama eşdeğer çapları (D_e) aşağıdaki Eşitlik 3.5 ile bulunmuştur.

$$D_e=(LWT)^{1/3} \quad (3.5)$$

Tanelerin küreselliği (ϕ) ise Eşitlik 3.6 (Mohsenin, 1980) ile hesaplanmıştır.

$$\phi = (LWT)^{1/3}.L^{-1} \quad (3.6)$$

Tanelerin hacmi de Eşitlik 3.7'e göre hesaplanmıştır ($r = D_e/2$).

$$V=4/3*\pi*r\text{^}3 \quad (3.7)$$

3.2.2. Kimyasal analizler

3.2.2.1.Nem analizi

Börülce hammadde örneklerinde rutubet miktarı ICC-standart No. 110/1 metoduna göre etüvde 135 ˚C' de kurutularak kurumadde üzerinden hesaplanmıştır (Anonymous, 2002a).

3.2.2.2. Kül analizi

Börülce hammadde örneklerinde kül miktarı ICC-standart No. 104/1 metoduna göre kül fırınında 900 ˚C' de yakılarak kurumadde üzerinden hesaplanarak yapılmıştır (Anonymous, 2002b).

3.2.2.3. Protein analizi

Börülce hammadde örneklerinde protein miktarları ICC-standart No:105/2 metoduna göre kurumadde üzerinden hesaplanarak belirlenmiştir (Anonymous, 2002c).

3.2.2.4. Yağ analizi

Börülce hammadde örneklerinde yağ tayini AACC Metot 30-25.01'e göre kurumadde üzerinde hesaplanarak bulunmuştur (Anonymous, 2010d).

3.2.2.5. Ham lif analizi

Börülce hammadde örneklerinde ham lif miktarı tayini AACC Metot 32-10.01' ye göre kurumadde üzerinden hesaplanarak bulunmuştur (Anonymous, 2010e).

3.2.2.6. Karbonhidrat miktarı analizi

Börülce hammadde örneklerinde karbohidrat miktarları, toplam 100'den; nem, protein, kül ve yağ miktarları çıkarılarak bulunmuştur.

3.2.3. Islatma işlemi

Börülce tanelerinde ıslatma işlemi 30, 40, 50, 60, 70, 80 ve 90 ˚C sıcaklıklarda normal ve 40 kHz 200 W (%50 ve %100 genlik) ultrason banyosu (WiseClean-WUC-D06H, Daihan Scientific) kullanılarak börülce/su oranı (1/10) olacak şekilde ayarlanarak uygulanmıştır. Belirli periyotlarla (0-270 dk yarım saatte bir, 270-390 dk saatte bir) 1/10 oranında börülce/su alınarak su kısmında pH, bulanıklık (500 nm de

absorbans), briks, renk, toplam çönünen kurumadde (TDS) ve iletkenlik analizleri yapılmıştır. Tane kısmında ise tekstür, nem, boyut ve renk analizi yapılmıştır.

Nem analizi için belli peryotlarla alınan 10 adet standart börülce taneleri alınarak havlu kâğıdı ile kurutularak hızlıca tartılıp ve boyutlarındaki değişim kaydedilmiştir. Ayrıca bu belli süredeki ağırlık değişiminden yararlanarak nem değerleri ve nem absorpsiyonu modellemesi yapılmıştır. Örneğin ağırlığına bağlı nem tespiti için aşağıdaki denklemden (Eş. 3.8) yararlanılmıştır.

$$M_t = \left[\frac{(M_o + 1) * W_t}{W_o} - 1 \right] * 100 \qquad (3.8)$$

Burada W_o, W_t, M_o ve M_t sırasıyla başlangıç ağırlık, herhangi bir zamandaki ağırlık, başlangıç nem ve herhangi bir zamandaki nemi ifade etmektedir.

3.2.4. Pişirme işlemi

Börülce taneleri/su (1/10) oranına göre 97 ˚C sıcaklıklarda normal ve 40 kHz 200 W (%50 ve %100 genlik) ultrason banyosu kullanılarak pişirme işlemi uygulanmıştır. Belli peryotlarda (0-270 dk yarım saatte bir, 270-390 dk saatte bir) 1/10 börülce/su alınarak pişme suyu kısmında renk, pH, bulanıklık (500 nm de absorbans), briks, toplam çözünen kurummadde (TDS) ve iletkenlik, tane kısmında ise renk, tekstür ve pişme derecesi analizleri yapılmıştır.

3.2.5. Renk analizi

Renk tayini, ICC-standart No:152 metoduna göre okuma yapmak suretiyle (D65/10˚) belirlenmiştir (Anonim, 2001). Renk değerleri Color Quest XE HunterLab renk ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. L^*, a^*, b^* değerleri 3 boyutlu koordinat sistemi ile verilmekte ve bu koordinat sisteminde L^* değeri dikey eksende parlaklıktan koyuluğa gidişi belirtirken $+a^*$ kırmızılığa, a^* yeşilliğe, $+b^*$ sarılığa, $-b^*$ ise maviliğe gidişi göstermektedir.

3.2.6. Briks analizi

Börülcenin ıslatma ve pişme suyu örneklerinde çözünen kuru madde (Briks, g/g%) değerleri Abbe-refraktometre (Opton- F.G.Bode and Co., Germany) kullanılarak 25˚C de ölçülmüştür.

3.2.7. Elektrik iletkenliği ve toplam çözünen kurumadde (TDS)

Örneklerin elektrik iletkenliği (µS/ cm veya mS/cm) ve TDS değerleri için (WTW, LF-330, Germany) cihazı kullanılarak 25 ˚C de ölçülmüştür.

3.2.8. Bulanıklık analizi

Börülcenin ıslatma/pişme suyu örneklerindeki bulanıklık analizi spektofotometre (Pharmacia LKB- Novaspec II, UK) kullanılarak 500 nm dalga boyunda saf suya karşı 25 ˚C ölçülüp kaydedilmiştir.

3.2.9. pH değeri analizi

Örneklerin pH değerleri AOAC Standard Method No: 943.02 (Anonymous 1990b)'ye göre belirlenmiştir.

3.2.10. Tekstür analizi

Börülce örneklerinin tekstür analizi için maksimum kuvvet (F_{max}) değerleri, TA-XT2i Texture Analyzer (Texture Technologies Corp, Scarsdale, NY/ Stable Micro Systems, Godalming, UK) cihazı ve krom nikel iğne şeklindeki prob (P/2N) kullanılarak penetrasyion testleri yapılarak, grafiksel sonuçlar F_{max} (maksimum kuvvet, g) ile zaman ilişkisi grafikleri elde edilmiştir. Maksimum kuvvet numunelerdeki sertlik değerini belirlemek için kullanılmıştır. Tekstür cihazının kalibrasyon değerleri aşağıdaki Çizelge 3.1'de gösterilmektedir. Numunelerin ıslatma ve pişirme sırasında her sıcaklıktaki tekstür değerleri (F_{max}) (30-97˚C) tekstür modellenmesinde ve pişme testinde kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. TA-XT2i ve iğne probu kalibrasyon ayar değerleri

Pre-test speed	1 mm/s
Test speed	0.5 mm/s
Post test speed	10 mm/s
Mesafe	5 mm
Load cell	5 g
Sıcaklık	25 ^{o}C

3.2.11. Su absorbsiyonun matematiksel modellenmesi

Matematiksel modelleme tarım ürünlerinin su absorpsiyonu analizinde etkili ve geniş olarak kullanılmaktadır. Börülcenin nem absorpsiyonu özelliklerinin incelenmesi için nem alma davranışlarının etkili bir şekilde yapılması çok önemlidir. Bu çalışmada nem difüzyon değeri, Fick'in ikinci yasası (Crank, 1975) uygulanarak elde edilmiştir. Nem difüzyon katsayıları, simetrik çaplı küresel taneler için aşağıdaki Eşitlik 3.9 kullanılarak heaplanmıştır:

$$M_t = M_e + (M_o - M_e) * \sum_{n=1}^{\infty} \frac{6}{\pi^2 n^2} Exp\left(\frac{D_{eff} * n^2 * \pi^2 * t}{R^2}\right) \quad (3.9)$$

Bu eşitlikte (Fick'in II yasası eşitliği), nem transferi tek boyutlu çap yönünde kararsız halde; börülce taneleri küresel; başlangıç sıcaklığı ve nem dağılımı sabit; börülcenin içinde zamana bağlı bir nem değişimi var; ısısal özellikler sabit; börülce homojen izotropik bir katı; taneden ve taneye olan nem transferi konsantrasyon farkından; uzun süreli suda ıslatmada, seri eşitliğinde birinci terim anlamlı olmakta varsayımları kullanılmıştır.

Fick'in difüzyon yasası modeli uzun süreli ıslatma/pişirme süreleri için seri eşitliğinde sadece birinci terim anlamlı olması varsayılarak aşağıdaki Eşitlik 3.10 elde edilmiştir. Yeni eşitlik;

$$M_t = M_e + (M_o - M_e) * \frac{6}{\pi^2} Exp\left(\frac{D_{eff} * \pi^2 * t}{R^2}\right) \quad (3.10)$$

Burada; M_t, M_o, M_e ve D_{eff} sırasıyla Islatma/pişirme de herhangi bir zamandaki nem miktarı (% g/g, k.m.), başlangıç nem miktarı (%g/g, k.m.), denge veya doygunluk nem miktarı (% g/g, k.m.) ve etkili nem difüzyon katsayısı ifade etmektedir.

Difüzyon katsayısının ölçümü için belirlenmiş sıcaklıklarda (30-90°C) ıslatma/pişirme yapılmış ve 0-210 dk yarım saatte, 210-390 dk arasında saatte bir numune alınarak nem miktarına bakılmıştır. Numunelerin başlangıç nem miktarı %10.20±0.24 (g/g, k.m.) dir. Daha sonra nem oranı-zaman ilişkisi değerlerine Fick model uygulanarak parametreler hesaplanmıştır.

3.2.12. Tekstür (sertlik) değerlerinin matematiksel modellenmesi

Farklı sıcaklık ve farklı ultrason genliğindeki börülcenin ıslatma esnasındaki Tekstür (kuvvet) değerleri Eşitlik 3.11 uyarlanmasıyla elde edilen verillerle modelleme yapılmıştır (Chemat ve Hoarau, 2004; Gowen ve ark., 2007; Cunningham ve ark., 2008; Yıldırım ve ark., 2013).

$$F_t=F_e+(F_o-F_e)*\exp(-k_F*t) \quad (3.11)$$

Burada F_t, F_o, F_e, k_F ve t sırasıyla herhangi bir zamandaki maksimum kuvvet (g), başlangıçtaki maksimum kuvvet (g), dengedeki maksimum kuvvet (g), modeldeki börülce yumuşatma hız sabiti (s^{-1}) ve süre (s) ifade etmektedir.

3.2.13. Aktivasyon enerjisinin belirlenmesi

Difüzyon katsayısının sıcaklık ile değişimi Arrhenius tipi üstel bir fonksiyonla (Eş. 3.12) açıklanmaktadır;

$$\ln(D_{eff}) = \ln(D_{ref}) - (\frac{E_a}{R}) * (\frac{1}{T}) \quad (3.12)$$

Burada D_{eff} efektif difüzyon katsayısı (m^2/s), D_{ref} referans sıcaklıkta difüziviteye eşdeğer bir sabit, E_a aktivasyon enerjisi (kJ mol^{-1}), R üniversal gaz sabiti

(8.314 kJ $kmol^{-1}$ K^{-1}), T mutlak nem alma sıcaklığıdır (K). Sıcaklığın difüzyon katsayısına etkisi incelendiğinde bir doğru elde edilir ve bu doğrunun eğiminden aktivasyon enerjisinin değeri hesaplanır (Yıldırım ve ark., 2011). Termodinamik olarak aktivasyon enerjisi, ürün içinde nem transferi olduğunda, enerji engelini geçen su molekülleri ile ifade edilir. Aktivasyon enerjisinin düşük değerleri nem alma prosesinde daha yüksek nem difüzyonu değerleri verir. Bir işlemin aktivasyon enerjisindeki azalma, su moleküllerinin ortalama enerjilerindeki artıştan meydana gelir.

Tekstür modelindeki (Eş.3.11) yumuşama hız sabiti (k_F) ve Arhennus eşitliği kullanılarak sıcaklıkla ilişkilendirilebilir (Nourian ve ark., 2003). Börülcenin ıslatma/pişme esnasındaki farklı işlemler için aktivasyon enerjisi Eşitlik 3.13'den yararlanılarak bulunmuştur.

$$In(k_F)=In(k_{F\text{-}ref})-(E_{a\text{-}F}/R)(1/T) \quad (3.13)$$

Buradaki k_F, $k_{F\text{-}ref}$, E_a, R ve T sırasıyla yumuşama hız sabiti (s^{-1}), referans sıcaklıktaki yumuşama hız sabiti (s^{-1}), aktivasyon enerjisi (kJ mol^{-1}), üniversal gaz sabiti (8.314 kJ $kmol^{-1}$ K^{-1}), mutlak sıcaklıktır (K).

3.2.14. Elektrik iletkenlik ve tekstür yöntemleri ile pişme derecesinin belirlenmesi (süresi)

Börülcenin pişme derecesi (süresi) için elektrik iletkenliği (Yıldırım, 2011) ve Tekstür modeli (Eş. 3.11) metodları kullanılarak hesaplanmıştır.

Börülcenin elektrik iletkenliği ile pişme derecesini bulmak için standart kalibrasyon grafiği hazırlanmıştır. Standart kalibrasyon grafiği için börülce taneleri önce pişirilmiş ve kurutulup öğütülmüştür. Sonra çiğ börülce taneleride öğütülüp un haline getirilmiştir. Toplamda 1 gr çiğ ve pişmiş öğütülmüş börülce unları çizelge 3.2'deki oranlarda karıştırılmıştır. Börülce unundaki 1 gr (pişmemiş+pişmiş) karışıma 50 ml saf su ilafe edilerek 30 dk karıştırıcıyla karıştırılmıştır. Elektrik

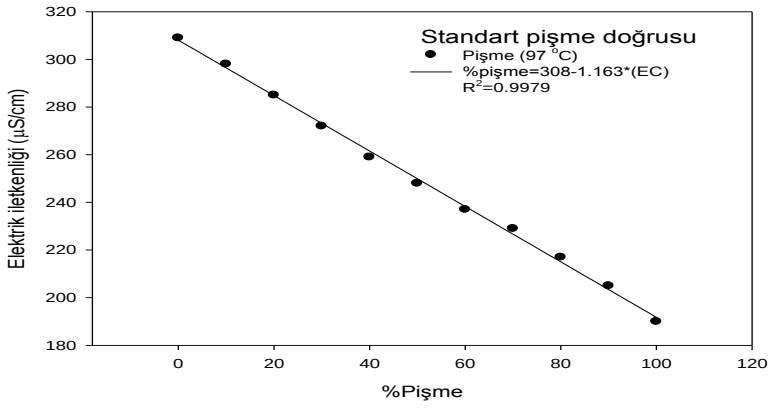
iletkenliği (EC) için farklı oranlardaki karışım süspansiyonlarında 25°C'de kondaktometre ile okuma yapılmıştır. Elektrik iletkenliği (µS/cm) sonuçları ve pişme yüzdeleri Çizelge 3.2'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.2. Börülce pişme derecesine bağlı elektrik iletkenliğinin standart deneysel değerleri

Pişmiş (g)	Pişmemiş (g)	Su (ml)	Pişme derecesi (%)	Elektrik iletkenlik (µS/cm)
0.0	1.0	50	0	309
0.1	0.9	50	10	298
0.2	0.8	50	20	285
0.3	0.7	50	30	272
0.4	0.6	50	40	259
0.5	0.5	50	50	248
0.6	0.4	50	60	237
0.7	0.3	50	70	229
0.8	0.2	50	80	217
0.9	0.1	50	90	205
1.0	0.0	50	100	179

Çizelge 3.2'deki verilerden yararlanılarak Şekil 3.1'deki standart pişirme grafiği elde edilmiştir. Bu grafikten Eşitlik 3.14'deki denklem elde edilmiştir. Pişme derecesini (süresini) bulmak için belli zaman aralıklarıyla yapılan börülce analizelerinde elde edilen EC değerleri okunarak Eşitlik 3.14'deki denklemde yerine yazılıp yüzde pişme süresi bulunmuştur.

$$\% \text{ Pişme} = 308 - 1.163*(EC) \qquad (3.14)$$



Şekil 3.1. Börülcede elektrik iletkenlik yöntemine göre standart pişirme doğrusu grafiği

Tekstür yöntemiyle pişme süresini tespit etmek için ise Eşitlik 3.11'dan yararlanılmıştır. Bu eşitlikte doygunluk tekstür değerinin (F_e) herhangi bir zamandaki

tekstür değerine (F_t) eşit olduğu süre %100 pişme değerini vermektedir. Yüzde yüz pişme derecesine karşılık gelen süre de pişme süresini belirtmektedir.

3.2.15. İstatiksel analizler

Analizler sonucu elde edilen veriler istatistiksel olarak SPSS paket programı (SPSS 16.0 software for Windows, SPSS Inc., USA) ile varyans analizi (ANOVA) kullanılarak değerlendirilmiştir. Parametreler arasındaki kıyaslamalar, Duncan kıyaslama testi ile yapılmıştır. Doğrusal olmayan regresyon analizi, SIGMA PLOT 10 (Jandel Scientific, San Francisco, USA) kullanılarak deney verilerinden dikkate alınan modeller ile ilişkili parametrelerin tahmin edilmesi için tüm çalışmalarda gerçekleştirilmiştir. Modellerin uyum doğruluğunun ölçütü olarak korelasyon katsayısı (R^2), kök ortalama standart hata (RMSE) ve ki-kare (X^2) değerleri kullanılmıştır.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{1}^{n}\left[(MR_{\exp} - MR_{pre})\right]^2} \tag{3.15}$$

$$X^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(MR_{\exp} - MR_{PRE})^2}{n-m} \tag{3.16}$$

Burada n, m, MR_{exp} ve MR_{pre} sırasıyla neney sayısı, parameter sayısı, deneysel nem oranları ve tahmini nem oranlarını ifade etmektedir. Çalışmalardaki deneyler iki tekkerürlü olarak yapılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Hammadde olarak kullanılan börülcenin fiziksel, kimyasal ve teknolojik özelliklerine bakılmış ve sonuçlar şu şekildedir:

Börülcenin uzunluk (L), genişlik (W), kalınlık (T), eşdeğer çap (D_e), eşdeğer yarıçap (R_e) ve küreselliği (ϕ) sırasıyla 10.66(±0.19), 6.45(±0.11), 6.75(±0.09), 7.72(±0.12), 3.86(±0.06) ve 0.72(±0.00) olarak bulunmuştur. Börülce hammaddedeki renk değerleri L*, a*, b* sırasıyla 63.31(±2.08), 4.19(±0.14 ve 15.70(±1.25) olduğu belirlenmiştir.

Börülce örneklerinde kimyasal bileşimleri olan nem, kül, protein, yağ, ham lif ve toplam karbonhidrat miktarı sırasıyla 9.25(±0.08), 3.23(±0.02), 13.76(±0.02), 1.86(±0.09), 2.65(±0.10) ve 69.24(±0.17) olarak tespit edilmiştir.

Börülce için kuru ağırlık (gr), yaş ağırlık (gr), su alma kapasitesi (gr/tane), su alma indeksi (%), kuru hacim (ml), ıslak hacim (ml), şişme kapasitesi (ml/tane) ve şişme indeksi (%) sırasıyla 26.34(±0.45), 54.35(±1.05), 0.28(±0.01), 1.06(±0.01), 72.67(±1.53), 151(±2.00) ml, 50.77(±1.99) ve 2.25(±0.11) olduğu belirlenmiştir.

4.1. Börülce Boyutlarına Islatma/Pişirme Sırasında Sıcaklık, Süre ve Ultrasonik Ses Dalgalarının Etkisi

Farklı bakliyat ve tahıl örneklerinden su absorbsiyonu sırasında elde edilen boyutlarda doğrusal değişiklikler elde edilmiştir (Aghkhani ve ark., 2012; Mendes ve ark., 2011). Börülce tanesi 30-90^{o}C sıcaklık, 0-390 dk süresince ve 40 kHz 200 W (%50 ve %100 genlik) ultrason uygulandığında süre, sıcaklık ve işleme bağlı tanedeki boyutlar, küresellik, boyutlarda ve hacimdeki % değişimleri Çizelge 4.1-4.11'de verilmiştir. Börülce boyutlarında sıcaklık, süre ve ultrason etkisini birbirine kıyaslayabilmemiz için başlangıç boyutlarının aynı olması gerekir. Fakat bu mümkün olmadığından yüzde değişimlerini dikkate alarak değerlendirilmiştir. Çizelgeler sırasıyla incelendiğinde ultrason uygulanan börülcelerin boyutlarında normal

ıslatmaya göre değişim yüzdeleri arasındaki farklar görülebilmektedir. Boyutların değişiminde sıcaklık artışı ve süre etkisiyle %100 ultrason uygulanan börülceler normal ıslatma uygulanan börülcelerin boyutlarına oranla neredeyse iki katı kadar bir artış olduğu aşağıdaki çizelgeler incelendiğinde görülmektedir. %50 ultrason ıslatma uygulanan börülce boyutlarında da yine normal ıslatmaya oranla gözle görülebilir belirgin bir artış ve değişim gözlenmiştir. Börülcenin ıslatma/pişirme esnasındaki tüm parametrelerdeki süre, sıcaklık ve ultrason genliğinin etkisi istatistiksel ($P \leq 0.05$) olarak anlamlı bulunmuştur.

4.1.1. Uzunluk (L) ve uzunluktaki yüzde değişim oranı (%L)

Börülce tanelerinin uzunluk (L) ve uzunluktaki değişim oranları (%L) ıslatma/pişirme süreleri ile artış göstermiş ve bu artışlar istatiksel ($P \leq 0.05$) olarak anlamlı bulunmuştur (Çizelge 4.1, 4.2).

Çizelge 4.1. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı Sıcaklıklardaki (30-90 ^{o}C) L (uzunluk) değerleri değişimi

Süre (dk)	Ön işlem	30 ^{o}C	40 ^{o}C	50 ^{o}C	60 ^{o}C	70 ^{o}C	80 ^{o}C	90 ^{o}C
0	A	$10.71^{a1\alpha}$ ±0.85	$10.71^{a1\alpha}$ ±0.85	$10.71^{a1\alpha}$ ±0.85	$10.71^{a1\alpha}$ ±0.85	$10.71^{a1\alpha}$ ±0.85	$10.71^{a1\beta}$ ±0.85	$10.71^{a1\beta}$ ±0.85
	B	$10.16^{a1\alpha}$ ±0.07	$10.32^{a1\alpha}$ ±0.30	$10.24^{a1\alpha}$ ±0.18	$10.34^{a1\alpha}$ ±0.33	$10.15^{a1\alpha}$ ±0.07	$10.20^{a1\alpha}$ ±0.14	$10.16^{a1\alpha}$ ±0.07
	C	$10.41^{a1\alpha}$ ±0.42	$10.41^{a1\alpha}$ ±0.44	$10.51^{a1\alpha}$ ±0.57	$10.54^{a1\alpha}$ ±0.62	$10.34^{a1\alpha}$ ±0.33	$10.35^{a1\alpha}$ ±0.02	$10.26^{a1\alpha}$ ±0.04
30	A	$10.80^{a1\beta}$ ±0.84	$10.92^{a1\alpha}$ ±0.84	$11.07^{a1\alpha}$ ±0.66	$11.13^{a1\beta}$ ±0.78	$11.26^{a1\beta}$ ±0.75	$11.36^{b1\beta}$ ±0.75	$11.52^{ab\beta}$ ±0.66
	B	$10.34^{b1\alpha}$ ±0.06	$10.52^{ab1\alpha}$ ±0.29	$10.45^{b1\alpha}$ ±0.08	$10.57^{a1\alpha}$ ±0.22	$10.58^{b1\alpha}$ ±0.01	$10.63^{b1\alpha}$ ±0.03	$10.64^{b1\alpha}$ ±0.10
	C	$11.28^{b1\gamma}$ ±0.03	$12.44^{b2\beta}$ ±0.22	$12.77^{b2\beta}$ ±0.54	$12.85^{b2\gamma}$ ±0.18	$12.83^{b2\gamma}$ ±0.03	$12.88^{b2\gamma}$ ±0.02	$12.91^{b2\gamma}$ ±0.04
60	A	$10.91^{a1\alpha}$ ±0.86	$11.09^{a1\alpha}$ ±0.93	$11.22^{a1\beta}$ ±0.68	$11.32^{a1\beta}$ ±0.81	$11.43^{a1\beta}$ ±0.65	$11.57^{abc1\beta}$ ±0.71	$11.67^{ab\beta}$ ±0.64
	B	$10.62^{c1\alpha}$ ±0.01	$10.82^{b23\alpha}$ ±0.14	$10.75^{c12\alpha}$ ±0.05	$10.89^{b23\alpha}$ ±0.08	$10.91^{c23\alpha}$ ±0.04	$10.97^{c3\alpha}$ ±0.08	$11.00^{c3\alpha}$ ±0.05
	C	$12.09^{b1\alpha}$ ±1.11	$13.63^{c2\beta}$ ±0.24	$13.82^{c2\gamma}$ ±0.05	$13.86^{c2\gamma}$ ±0.01	$13.66^{c2\gamma}$ ±0.04	$13.72^{c2\gamma}$ ±0.01	$13.68^{c2\gamma}$ ±0.01
90	A	$11.15^{a1\alpha}$ ±0.81	$11.23^{a1\alpha}$ ±0.91	$11.37^{a1\alpha}$ ±0.66	$11.48^{a1\alpha}$ ±0.70	$11.65^{a1\beta}$ ±0.78	$11.79^{abcd1\beta}$ ±0.69	$11.90^{ab\alpha}$ ±0.61
	B	$11.07^{d1\alpha}$ ±0.01	$11.25^{c12\alpha}$ ±0.11	$11.20^{d12\alpha}$ ±0.10	$11.33^{c23\alpha}$ ±0.06	$11.37^{d23\alpha}$ ±0.03	$11.50^{d3\alpha}$ ±0.12	$11.53^{d3\alpha}$ ±0.08
	C	$13.17^{c1\beta}$ ±0.54	$13.89^{cd2\beta}$ ±0.32	$14.03^{bc2\beta}$ ±0.01	$14.09^{cd2\beta}$ ±0.04	$13.87^{c2\gamma}$ ±0.01	$13.92^{d2\gamma}$ ±0.01	$13.81^{d2\beta}$ ±0.01

Çizelge 4.1. Devamı

Süre (dk)	Ön işlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
120	A	11.44$^{a1\alpha}$ ±0.59	11.53$^{a1\alpha}$ ±0.83	11.62$^{a1\beta}$ ±0.66	11.72$^{a1\alpha}$ ±0.79	11.87$^{a1\alpha}$ ±0.81	12.03$^{bcd1\beta}$ ±0.47	12.15$^{ab\beta}$ ±0.64
	B	11.21$^{e1\alpha}$ ±0.03	11.44$^{c2\alpha}$ ±0.06	11.47$^{e2\alpha}$ ±0.06	11.67$^{d3\alpha}$ ±0.13	11.73$^{e34\alpha}$ ±0.06	11.88$^{e45\alpha}$ ±0.01	12.02$^{e5\alpha}$ ±0.07
	C	13.65$^{c1\beta}$ ±0.08	13.98$^{cd2\beta}$ ±0.24	14.18$^{bc23\gamma}$ ±0.01	14.32$^{de3\beta}$ ±0.01	14.10$^{d23\beta}$ ±0.01	14.14$^{e23\gamma}$ ±0.01	14.06$^{e2\gamma}$ ±0.01
150	A	11.58$^{a1\alpha}$ ±0.57	11.67$^{a1\alpha}$ ±0.77	11.78$^{a1\alpha}$ ±0.66	11.92$^{a1\alpha}$ ±0.82	12.04$^{a1\alpha}$ ±0.78	12.23$^{bcd1\beta}$ ±0.27	12.33$^{b1\alpha}$ ±0.69
	B	11.46$^{f1\alpha}$ ±0.04	11.64$^{c2\alpha}$ ±0.08	11.72$^{f2\alpha}$ ±0.11	11.95$^{d3\alpha}$ ±0.04	12.02$^{f34\alpha}$ ±0.06	12.10$^{f4\alpha}$ ±0.01	12.26$^{f5\alpha}$ ±0.01
	C	13.68$^{c1\beta}$ ±0.03	14.05$^{cd2\beta}$ ±0.16	14.24$^{bc3\beta}$ ±0.01	14.42$^{de4\beta}$ ±0.01	14.20$^{d23\beta}$ ±0.01	14.27$^{f34\gamma}$ ±0.02	14.14$^{f23\beta}$ ±0.01
180	A	11.66$^{a1\beta}$ ±0.54	11.85$^{a1\alpha}$ ±0.75	11.96$^{a1\alpha}$ ±0.79	12.17$^{a1\alpha}$ ±0.86	12.26$^{a1\alpha}$ ±0.96	12.40$^{bcd1\alpha}$ ±0.23	12.52$^{b1\alpha}$ ±0.66
	B	11.88$^{g1\alpha}$ ±0.01	12.07$^{d2\alpha}$ ±0.13	12.02$^{g2\alpha}$ ±0.01	12.25$^{e3\alpha}$ ±0.02	12.27$^{g3\alpha}$ ±0.06	12.36$^{g34\alpha}$ ±0.04	12.47$^{g4\alpha}$ ±0.01
	C	13.74$^{c1\gamma}$ ±0.05	14.11$^{cd2\beta}$ ±0.14	14.37$^{bc3\beta}$ ±0.01	14.52$^{de4\beta}$ ±0.01	14.29$^{de3\beta}$ ±0.01	14.34$^{g3\beta}$ ±0.01	14.25$^{g3\beta}$ ±0.01
210	A	11.86$^{a1\alpha}$ ±0.64	11.95$^{a1\alpha}$ ±0.69	12.15$^{a1\alpha}$ ±0.81	12.29$^{a1\alpha}$ ±0.88	12.38$^{a1\alpha}$ ±1.10	12.57$^{bcd1\alpha}$ ±0.25	12.75$^{b1\alpha}$ ±0.54
	B	12.02$^{h1\beta}$ ±0.01	12.24$^{de2\alpha}$ ±0.18	12.29$^{h2\beta}$ ±0.03	12.50$^{ef3\beta}$ ±0.01	12.59$^{h34\beta}$ ±0.06	12.68$^{h4\beta}$ ±0.01	12.73$^{h4\beta}$ ±0.01
	C	13.82$^{c1\gamma}$ ±0.06	14.16$^{cd2\beta}$ ±0.14	14.40$^{c3\gamma}$ ±0.01	14.56$^{e4\gamma}$ ±0.01	14.44$^{ef34\gamma}$ ±0.01	14.50$^{h34\gamma}$ ±0.01	14.40$^{h3\gamma}$ ±0.04
270	A	12.00$^{a1\alpha}$ ±0.66	12.06$^{a1\alpha}$ ±0.68	12.23$^{a1\alpha}$ ±0.81	12.40$^{a1\alpha}$ ±0.92	12.55$^{a1\alpha}$ ±0.99	12.68$^{cd1\alpha}$ ±0.28	12.86$^{b1\alpha}$ ±0.51
	B	12.28$^{i1\beta}$ ±0.01	12.47$^{def12\alpha}$ ±0.23	12.52$^{i2\beta}$ ±0.01	12.76$^{fg3\beta}$ ±0.04	12.92$^{i34\beta}$ ±0.01	13.02$^{i4\beta}$ ±0.01	13.10$^{i4\beta}$ ±0.01
	C	13.84$^{c1\gamma}$ ±0.11	14.20$^{cd2\beta}$ ±0.16	14.44$^{c3\gamma}$ ±0.02	14.60$^{e3\gamma}$ ±0.01	14.50$^{ef3\gamma}$ ±0.01	14.60$^{i3\gamma}$ ±0.02	14.60$^{i3\gamma}$ ±0.05
330	A	12.19$^{a1\alpha}$ ±0.58	12.24$^{a1\alpha}$ ±0.64	12.41$^{a1\alpha}$ ±0.81	12.61$^{a1\alpha}$ ±0.82	12.72$^{a1\alpha}$ ±0.95	12.85$^{d1\alpha}$ ±0.18	13.00$^{b1\alpha}$ ±0.54
	B	12.40$^{j1\beta}$ ±0.02	12.63$^{ef2\alpha}$ ±0.21	12.72$^{j23\beta}$ ±0.01	12.92$^{gh3\beta}$ ±0.01	13.13$^{j4\beta}$ ±0.03	13.61$^{j5\beta}$ ±0.10	13.62$^{j5\beta}$ ±0.04
	C	13.98$^{c1\gamma}$ ±0.01	14.26$^{d2\beta}$ ±0.18	14.50$^{c3\gamma}$ ±0.01	14.62$^{e34\gamma}$ ±0.01	14.57$^{f3\gamma}$ ±0.01	14.66$^{j34\gamma}$ ±0.04	14.76$^{j4\gamma}$ ±0.04
390	A	12.29$^{a1\alpha}$ ±0.52	12.41$^{a1\alpha}$ ±0.56	12.56$^{a1\alpha}$ ±0.98	12.72$^{a1\alpha}$ ±0.74	12.85$^{a1\alpha}$ ±0.85	12.96$^{d1\alpha}$ ±0.08	13.07$^{b1\alpha}$ ±0.52
	B	12.55$^{k1\beta}$ ±0.04	12.80$^{fg2\alpha}$ ±0.18	12.88$^{j2\beta}$ ±0.01	13.10$^{h3\beta}$ ±0.01	13.24$^{k3\beta}$ ±0.04	13.85$^{k4\beta}$ ±0.04	13.95$^{k4\beta}$ ±0.04
	C	14.05$^{c1\gamma}$ ±0.02	14.30$^{d2\beta}$ ±0.16	14.56$^{c3\gamma}$ ±0.01	14.67$^{e3\gamma}$ ±0.01	14.62$^{f3\gamma}$ ±0.01	14.70$^{k34\gamma}$ ±0.03	14.84$^{k4\gamma}$ ±0.04

A: Normal ıslatma, B: %50 Genlikte Ultrason, C: %100 Genlikte Ultrason
Çizelgede aynı sütunda (ultrasonsuz, %50 US ve %100 US (α, β ve γ)), (a-k süre) farklı harfle ve aynı satırda farklı rakamla (1-7 sıcaklık) gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemlidir.

30°C sabit sıcaklıkta normal ıslatma/pişirme süresi 30 dk'dan 390 dk'ya arttığında % L değeri 0.89'dan 14.92'ye artmıştır. Benzer şekilde 70°C sabit sıcaklıkta 30-330 dk süre ralığında %L değeri 5.19'dan 18.79'a kadar artmıştır. %50 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirmede % L değeri 30°C'deki sabit sıacaklıkta süre 30

dk'dan 390 dk'ya artarken börülce tanelerinin uzunluklarındaki % değişim oranları 1.74'ten 23.50'ye kadar artmıştır. Aynı şekilde 70°C sabit sıcaklıkta süre 30 dk'dan 330 dk'ya artarken %L değeri de 4.16'dan 29.33'ya artmıştır. Börülceye %100 genlik ultrasonlu ıslatma/pişirme işlemi uygulandığında % L değeri 30°C sabit sıcaklıkta sürenin 30-390 dk aralığında değişmesi %L değerini 8.46'dan 35.09' kadar artmıştır. 70°C'de %100 genlik ultrasonlu ıslatma/pişirmede süre 30-330 dk kadar artarken %L değeri 24.18'de 41.46 'ya kadar arttığı gözlemlenmiştir. Diğer sıcaklıklarda da süre artışıyla beraber börülce uzunluğunda artış olmuştur. Börülce için ıslatma/pişirme'ye sürenin etkisi istatistiksel ($P \leq 0.05$) olarak anlamlı bulunmuştur (Çizelge 4.1, 4.2).

Çizelge 4.2. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı Sıcaklıklardaki (30-90 °C) %L (yüzde uzunluk) değerleri değişimi

Süre (dk)	Ön işlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
0	A	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00
	B	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00
	C	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a2\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a2\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a2\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a2\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a2\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a2\alpha}$ ±0.00
30	A	0.89$^{ab1\alpha}$ ±0.13	1.95$^{ab12\alpha}$ ±0.19	3.44$^{ab123\alpha}$ ±1.99	3.96$^{b123\alpha}$ ±0.97	5.19$^{b234\alpha}$ ±1.34	6.12$^{ab34\alpha}$ ±1.41	7.66$^{ab4\beta}$ ±2.32
	B	1.74$^{b1\alpha}$ ±0.11	1.91$^{ab1\alpha}$ ±0.15	2.10$^{ab1\alpha}$ ±1.00	2.23$^{a1\alpha}$ ±1.10	4.16$^{b2\alpha}$ ±0.61	4.19$^{b2\alpha}$ ±1.12	4.74$^{b2\alpha}$ ±0.22
	C	8.46$^{a1\alpha}$ ±4.69	19.63$^{b1\beta}$ ±7.12	21.53$^{b1\beta}$ ±1.48	22.02$^{b1\beta}$ ±5.44	24.18$^{b1\beta}$ ±3.64	24.38$^{b1\beta}$ ±0.39	25.84$^{b1\gamma}$ ±0.78
60	A	1.91$^{ab1\alpha}$ ±0.08	3.52$^{abc12\alpha}$ ±0.53	4.84$^{bc123\alpha}$ ±1.97	5.68$^{bc123\alpha}$ ±0.78	6.82$^{bc23\alpha}$ ±2.39	8.11$^{abc3\alpha}$ ±1.96	9.02$^{bc3\alpha}$ ±2.63
	B	4.55$^{c1\alpha}$ ±0.62	4.89$^{b12\alpha}$ ±1.68	4.99$^{b12\alpha}$ ±1.39	5.35$^{ab12\alpha}$ ±2.57	7.41$^{c12\alpha}$ ±0.35	7.52$^{c12\beta}$ ±0.61	8.24$^{c2\alpha}$ ±0.30
	C	16.49$^{ab1\alpha}$ ±15.40	31.03$^{bc1\beta}$ ±7.78	31.64$^{ab1\beta}$ ±6.66	31.71$^{c1\beta}$ ±7.83	32.17$^{bc1\beta}$ ±3.83	32.46$^{c1\gamma}$ ±0.32	33.35$^{c1\beta}$ ±0.53
90	A	4.14$^{abc1\alpha}$ ±0.72	4.85$^{bcd1\alpha}$ ±0.15	6.25$^{bcd12\alpha}$ ±2.21	7.22$^{cd123\alpha}$ ±1.96	8.83$^{cd123\alpha}$ ±1.36	10.13$^{abc23\alpha}$ ±2.32	11.24$^{bcd3\alpha}$ ±3.13
	B	8.93$^{d1\alpha\beta}$ ±0.86	9.02$^{c1\alpha}$ ±2.14	9.43$^{c1\alpha}$ ±0.99	9.66$^{bc1\alpha}$ ±2.91	11.99$^{d12\alpha}$ ±0.45	12.67$^{d12\beta}$ ±0.34	13.46$^{d2\alpha}$ ±0.06
	C	26.79$^{bc1\beta}$ ±10.34	33.57$^{bc1\beta}$ ±8.69	33.65$^{ab1\beta}$ ±7.32	33.85$^{d1\beta}$ ±8.16	34.20$^{c1\beta}$ ±4.30	34.39$^{d1\gamma}$ ±0.33	34.62$^{d1\beta}$ ±0.53
120	A	6.93$^{bcd1\alpha}$ ±2.93	7.69$^{cde1\alpha}$ ±0.74	8.59$^{cde1\alpha}$ ±2.40	9.51$^{de1\alpha}$ ±1.31	10.88$^{de1\alpha}$ ±1.26	12.51$^{abc1\alpha}$ ±4.56	13.57$^{bcde1\alpha}$ ±3.06
	B	10.36$^{d1\alpha}$ ±0.52	10.86$^{c1\alpha}$ ±2.60	12.02$^{cd12\alpha}$ ±1.38	12.89$^{cd123\alpha}$ ±2.26	15.48$^{e234\alpha}$ ±0.13	16.40$^{e34\beta}$ ±1.63	18.33$^{e4\beta}$ ±0.16
	C	31.34$^{bc1\beta}$ ±6.11	34.38$^{bc1\beta}$ ±7.98	35.08$^{ab1\beta}$ ±7.27	36.03$^{e1\beta}$ ±8.01	36.48$^{c1\beta}$ ±4.17	36.57$^{e1\gamma}$ ±0.12	37.06$^{e1\gamma}$ ±0.40
150	A	8.25$^{cde1\alpha}$ ±3.29	8.97$^{def1\alpha}$ ±1.44	10.05$^{def1\alpha}$ ±2.58	11.34$^{ef1\alpha}$ ±1.16	12.48$^{ef1\alpha}$ ± 1.65	14.45$^{bc1\alpha}$ ±6.56	15.23$^{bcdef1\alpha}$ ±2.66
	B	12.77$^{e1\alpha}$ ±0.47	12.80$^{c1\alpha}$ ±2.52	14.46$^{de12\alpha}$ ±1.01	15.61$^{cde12\alpha}$ ±3.30	18.34$^{f23\alpha}$ ± 0.15	18.60$^{ef23\beta}$ ±1.73	20.70$^{f3\beta}$ ±1.01
	C	31.53$^{bc1\beta}$ ±5.63	35.01$^{bc1\beta}$ ±7.22	35.65$^{ab1\beta}$ ±7.30	36.98$^{f1\beta}$ ±7.94	37.44$^{c1\beta}$ ±4.20	37.77$^{f1\gamma}$ ±0.06	37.88$^{e1\gamma}$ ±0.34

Çizelge 4.2. Devamı

Süre (dk)	Ön işlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
180	A	8.96$^{cdef1\alpha}$ ±3.55	10.71$^{efg1\alpha}$ ±1.77	11.73$^{efg1\alpha}$ ±1.46	13.63$^{fg1\alpha}$ ±1.01	14.48$^{fg1\alpha}$ ±0.09	16.06$^{bc1\alpha}$ ±7.08	17.02$^{cdef1\alpha}$ ±3.07
	B	16.91$^{f1\alpha}$ ±0.78	16.96$^{d1\alpha}$ ±2.10	17.45$^{ef1\alpha}$ ±1.96	18.52$^{de12\alpha}$ ±3.53	20.85$^{g12\alpha}$ ±0.23	21.10$^{f12\beta}$ ±1.28	22.76$^{g2\beta}$ ±0.75
	C	32.14$^{bc1\beta}$ ±4.93	35.63$^{bc1\beta}$ ±7.04	36.89$^{ab1\beta}$ ±7.37	37.97$^{g1\beta}$ ±7.93	38.27$^{c1\beta}$ ±4.43	38.50$^{g1\gamma}$ ±0.13	38.91$^{f1\gamma}$ ±0.41
210	A	10.85$^{def1\alpha}$ ±2.85	11.63$^{efgh1\alpha}$ ±2.44	13.50$^{fgh1\alpha}$ ±1.47	14.74$^{gh1\alpha}$ ±0.84	15.55$^{g1\alpha}$ ±1.15	17.64$^{bc1\alpha}$ ±6.94	19.22$^{def1\alpha}$ ±4.43
	B	18.33$^{f1\alpha}$ ±0.72	18.60$^{de1\alpha}$ ±1.73	20.09$^{fg12\alpha}$ ±1.87	20.99$^{ef123\alpha}$ ±3.68	23.95$^{h23\alpha}$ ±0.18	24.29$^{g23\beta}$ ±1.53	25.27$^{h3\beta}$ ±0.98
	C	32.89$^{bc1\beta}$ ±4.85	36.11$^{bc1\beta}$ ±7.06	37.22$^{ab1\beta}$ ±7.32	38.31$^{h1\beta}$ ±8.15	39.77$^{c1\beta}$ ±4.54	40.04$^{h1\gamma}$ ±0.13	40.37$^{g1\gamma}$ ±0.14
270	A	12.15$^{def1\alpha}$ ±2.68	12.70$^{fgh1\alpha}$ ±2.60	14.25$^{gh1\alpha}$ ±1.53	15.78$^{ghi1\alpha}$ ±0.56	17.18$^{g1\alpha}$ ±0.04	18.66$^{bc1\alpha}$ ±6.76	20.26$^{ef1\alpha}$ ±4.77
	B	20.84$^{g1\beta}$ ±0.81	20.88$^{def1\alpha}$ ±1.32	22.29$^{gh1\alpha}$ ±2.12	23.45$^{ef12\alpha\beta}$ ±3.55	27.26$^{i23\beta}$ ±0.69	27.62$^{h23\beta}$ ±1.58	28.97$^{i3\beta}$ ±0.79
	C	33.04$^{bc1\gamma}$ ±4.40	36.50$^{bc1\beta}$ ±7.21	37.55$^{ab1\beta}$ ±7.27	38.73$^{i1\beta}$ ±7.97	40.35$^{c1\gamma}$ ±4.56	40.96$^{i1\gamma}$ ±0.47	42.32$^{h1\gamma}$ ±0.01
330	A	13.96$^{ef1\alpha}$ ±3.62	14.36$^{gh1\alpha}$ ±3.05	15.89$^{gh1\alpha}$ ±1.59	17.81$^{hi1\alpha}$ ±1.67	18.79$^{gh1\alpha}$ ±0.56	20.29$^{c1\alpha}$ ±7.81	21.52$^{ef1\alpha}$ ±5.54
	B	22.03$^{g1\alpha}$ ±1.09	22.38$^{ef1\alpha}$ ±1.57	24.24$^{h1\alpha\beta}$ ±2.15	25.05$^{ef12\alpha\beta}$ ±3.81	29.33$^{j23\beta}$ ±1.13	33.39$^{i34\beta}$ ±0.84	34.08$^{j4\beta}$ ±0.55
	C	34.41$^{c1\beta}$ ±5.55	37.03$^{bc1\beta}$ ±7.44	38.17$^{c1\beta}$ ±7.37	38.93$^{j1\beta}$ ±8.25	40.98$^{c1\gamma}$ ±4.38	41.54$^{ij1\gamma}$ ±0.61	43.88$^{i1\gamma}$ ±0.15
390	A	14.92$^{f1\alpha}$ ±4.22	15.98$^{h1\alpha}$ ±3.97	17.28$^{h1\alpha}$ ±0.18	18.87$^{i1\alpha}$ ±2.55	20.04$^{h1\alpha}$ ±1.59	21.36$^{c1\alpha}$ ±8.82	22.23$^{f1\alpha}$ ±4.80
	B	23.50$^{h1\alpha}$ ±0.55	24.03$^{f1\alpha\beta}$ ±1.89	25.81$^{h12\alpha\beta}$ ±2.18	26.80$^{f12\alpha\beta}$ ±3.86	30.36$^{j2\beta}$ ±0.51	35.71$^{i3\beta}$ ±2.17	37.28$^{k3\beta}$ ±0.65
	C	35.09$^{c1\beta}$ ±5.71	37.41$^{c1\alpha}$ ±7.32	38.70$^{c1\beta}$ ±7.46	39.35$^{k1\beta}$ ±8.07	41.46$^{c1\gamma}$ ±4.39	41.97$^{j1\gamma}$ ±0.54	44.66$^{i1\gamma}$ ±0.15

A: Normal ıslatma, B: %50 Genlikte Ultrason, C: %100 Genlikte Ultrason
Çizelgede aynı sütunda (ultrasonsuz, %50 US ve %100 US (α, β ve γ)), (a-k süre) farklı harfle ve aynı satırda farklı rakamla (1-7 sıcaklık) gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemlidir.

Börülce tanelerinin ıslatma/pişirmeleri sırasında sıcaklık arttıkça uzunluk (L) ve uzunluktaki değişim oranları (%L) da istatiksel ($P \leq 0.05$) olarak anlamlı bir şekilde artmıştır (Çizelge 4.1 ve 4.2). Örneğin, börülcelerde 90 dk gibi sabit sürede sıcaklık 30-90^{o}C'ye artarken normal ıslatma/pişirmedeki yüzde uzunluk (%L) değeri 4.14'dan 11.24'e kadar artmıştır. Benzer şekilde 330 dk süre için 30-90^{o}C sıcaklık aralığında % uzunluktaki artış oranı 12.19'dan 21.52'ye artmıştır. Normal ıslatma/pişirme esnasında sıcaklık artışı L ve %L değerlerini etkilemiştir.

%50 genlikteki ultrasonlu ıslatma/pişirme için sıcaklık etkisini incelediğimizde tüm sürelerde sıcaklık arttıkça börülcelerin uzunluğu ve uzunluklardaki % değişimlerinde de artış sağlandığı tespit edilmiştir. 90 dk'daki sabit sürede 30-

90^{o}C'ye kadar sıcaklık artarken %L değeri 8.93-13.46; 330 dk sabit bir sürede sıcaklık 30-90^{o}C'ye artarken bu değer 22.03-34.08 aralığında artmıştır.

%100 genlikte ultrasonlu ıslatmada 90 dk sabit sürede sıcaklık 30-90 ^{o}C'ye kadar artarken %L değeri 26.79-34.62'ye artmıştır. Aynı şekilde 330 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-90^{o}C'ye kadar artarken %L değeri 34.41-43.88 aralığında artmıştır. Sıcaklık artışıyla beraber diğer parametrelerde börülce uzunluğunda artış olmaktadır. Sıcaklık artışı normal, %50 ve %100 genlikteki ultrasonlu ıslatma/pişirmede ayrı ayrı incelendiğinde L (uzunluk) değerini arttırmıştır (Çizelge 4.1., 4.2.).

Börülcede 90 dk ve 60^{o}C gibi sabit süre ve sıcaklıklarda sırasıyla normal, %50 ve %100 genlikteki ultrasonlu ıslatma/pişirmedeki uzunluk değerleri 7.22, 9.66 ve 33.65; 210 dk ve 90 C'deki sabit süre ve sıcaklıkta yine sırasıyla 19.22, 25.27 ve 40.37 şeklinde artış olduğu gözlemlenmiştir. En çok artış %100 ultrason uygulamada olurken bu sırayı %50 ultrason ve normal ıslatma/pişirme takip etmektedir. Bu artış diğer paremetrelerde de aynı şekilde olmaktadır. Bütün bu verilerden yola çıkarak börülcenin uzunluğunu sıcaklık, süre artışıyla bareaber %100 ultrason uygulmada en çok artış olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 4.1., 4.2.).

4.1.2. Genişlik (W) ve genişlikteki yüzde değişim oranı (%W)

Börülce normal ıslatma/pişirme 30^{o}C gibi sabit bir sıcaklıkta süre 30-390 dk şeklinde artarken %W değeri 6.91'den 24.94'e kadar artmıştır. Aynı işlemde 80^{o}C'de sabit sıcaklıkta süre 30-330 dk'ya artarken bu değer 24.13'ten 52.07'ye kadar arttığı gözlemlenmiştir.

Deshpande ve Ojha (1993), Soya fasulyeside su absorbsiyonu esnasında uzunluk ve genişlik ile karşılaştırıldığında kalınlığı daha çok artış olduğunu bulmuşlardır. Baryeh (2002), Su absorbsiyonu esnasında en yüksek uzunluğa darı tohumunda bulmuştur.

Börülceye %50 genlikte ultrasonlu uygulandığında ıslatma/pişirmede 30^{o}C'deki sabit sıcaklıkta süre benzer şekilde 30-390 dk'ya artarken %W değeri 7.00'den 25.27'ye artmıştır. Bu koşullarda 80^{o}C sabit sıcaklıkta süre 30-330 dk'ya artarken bu değer 25.31'den 52.07'ye artış gösterdiği tespit edilmiştir.

%100 genlik ultrasonlu ıslatma/pişirme ise 30^{o}C'deki sabit sıcaklıkta süre 30 dk'dan 390 dk'ya artarken %W değeri de 13.75'ten 26.15'e artmıştır. Bu ultrason işlemde de 80^{o}C'deki sabit sıcaklıkta süre artışı 30-330 dk'ya arttığında yüzde kalınlık oranı 26.06'dan 54.32'ye kadar arttığı gözlemlenmiştir. Normal, %50 ve %100 ultrasonlu ıslatma ayrı ayrı incelendiğinde süre arttışı %W değerini arttırmıştır (Çizelge 4.3., 4.4.).

Çizelge 4.3. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-90 ^{o}C) W (genişlik) değerleri değişimi

Süre (dk)	Ön işlem	30 ^{o}C	40 ^{o}C	50 ^{o}C	60 ^{o}C	70 ^{o}C	80 ^{o}C	90 ^{o}C
0	A	6.78$^{a1\alpha}$ ±0.01	6.78$^{a1\beta}$ ±0.01	6.78$^{a1\beta}$ ±0.01	6.78$^{a1\beta}$ ±0.01	6.78$^{a1\beta}$ ±0.01	6.78$^{a1\beta}$ ±0.01	6.78$^{a1\gamma}$ ±0.01
	B	6.45$^{a1\alpha}$ ±0.45	6.17$^{a1\alpha}$ ±0.05	6.23$^{a1\alpha}$ ±0.13	6.34$^{a1\alpha}$ ±0.02	6.29$^{a1\alpha}$ ±0.22	6.17$^{a1\alpha}$ ±0.02	6.23$^{a1\beta}$ ±0.03
	C	6.17$^{a1\alpha}$ ±0.05	6.12$^{a1\alpha}$ ±0.02	6.20$^{a1\alpha}$ ±0.09	6.21$^{a1\alpha}$ ±0.11	6.20$^{a1\alpha}$ ±0.10	6.14$^{a1\alpha}$ ±0.01	6.11$^{a1\alpha}$ ±0.03
30	A	7.24$^{b1\beta}$ ±0.06	7.57$^{b2\gamma}$ ±0.12	7.66$^{b2\beta}$ ±0.06	7.82$^{b3\gamma}$ ±0.06	8.00$^{b4\beta}$ ±0.04	8.41$^{b5\beta}$ ±0.07	8.64$^{b6\gamma}$ ±0.05
	B	6.89$^{b1\alpha}$ ±0.17	6.90$^{b1\beta}$ ±0.01	7.13$^{b2\alpha}$ ±0.05	7.35$^{b3\alpha}$ ±0.02	7.51$^{b3\alpha}$ ±0.04	7.73$^{b4\alpha}$ ±0.01	7.98$^{b5\beta}$ ±0.01
	C	7.02$^{b1\alpha\beta}$ ±0.01	7.09$^{b1\alpha}$ ±0.05	7.21$^{b2\alpha}$ ±0.08	7.43$^{b3\beta}$ ±0.03	7.44$^{b3\alpha}$ ±0.07	7.74$^{b4\alpha}$ ±0.01	7.83$^{b4\alpha}$ ±0.01
60	A	7.46$^{c1\gamma}$ ±0.04	7.71$^{c2\gamma}$ ±0.04	7.81$^{c3\beta}$ ±0.02	8.00$^{c4\beta}$ ±0.05	8.37$^{c5\beta}$ ±0.03	8.64$^{c6\gamma}$ ±0.03	8.99$^{c7\gamma}$ ±0.05
	B	7.20$^{bc1\beta}$ ±0.01	7.26$^{c2\beta}$ ±0.01	7.36$^{c3\alpha}$ ±0.05	7.54$^{c4\alpha}$ ±0.01	7.80$^{c5\alpha}$ ±0.01	7.90$^{c6\alpha}$ ±0.01	8.30$^{c7\beta}$ ±0.01
	C	7.09$^{c1\alpha}$ ±0.01	7.19$^{c1\alpha}$ ±0.01	7.42$^{b2\alpha}$ ±0.13	7.52$^{c2\alpha}$ ±0.01	7.76$^{c3\alpha}$ ±0.01	7.93$^{c4\beta}$ ±0.01	8.20$^{c5\alpha}$ ±0.01
90	A	7.65$^{d1\gamma}$ ±0.04	7.76$^{c2\beta}$ ±0.05	7.96$^{d3\gamma}$ ±0.05	8.36$^{d4\gamma}$ ±0.01	8.69$^{d5\beta}$ ±0.01	9.05$^{d6\beta}$ ±0.06	9.30$^{d7\gamma}$ ±0.03
	B	7.38$^{cd1\beta}$ ±0.01	7.40$^{d1\alpha}$ ±0.01	7.50$^{d2\beta}$ ±0.02	7.87$^{d3\beta}$ ±0.01	8.12$^{d4\alpha}$ ±0.06	8.27$^{d5\alpha}$ ±0.01	8.60$^{d6\beta}$ ±0.01
	C	7.12$^{c1\alpha}$ ±0.01	7.36$^{d2\alpha}$ ±0.01	7.78$^{c3\alpha}$ ±0.05	7.76$^{d3\alpha}$ ±0.02	8.06$^{d4\alpha}$ ±0.01	8.27$^{d5\alpha}$ ±0.01	8.50$^{d6\alpha}$ ±0.01
120	A	7.75$^{de1\gamma}$ ±0.06	7.91$^{d2\beta}$ ±0.04	8.20$^{e3\gamma}$ ±0.03	8.54$^{e4\gamma}$ ±0.02	9.02$^{e5\beta}$ ±0.04	9.36$^{e6\beta}$ ±0.04	9.64$^{e7\gamma}$ ±0.08
	B	7.43$^{cde1\beta}$ ±0.01	7.52$^{e2\alpha}$ ±0.01	7.70$^{e3\alpha}$ ±0.01	8.06$^{e4\beta}$ ±0.01	8.43$^{e5\alpha}$ ±0.05	8.58$^{e6\alpha}$ ±0.01	8.91$^{e7\beta}$ ±0.01
	C	7.17$^{d1\alpha}$ ±0.01	7.47$^{e2\alpha}$ ±0.02	7.86$^{cd3\beta}$ ±0.05	7.89$^{e3\alpha}$ ±0.01	8.38$^{e4\alpha}$ ±0.01	8.60$^{e5\alpha}$ ±0.01	8.80$^{e6\alpha}$ ±0.01

Çizelge 4.3. Devamı

Süre (dk)	Ön işlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
150	A	7.82$^{e1\gamma}$ ±0.05	8.13$^{e2\gamma}$ ±0.04	8.42$^{f3\beta}$ ±0.04	8.80$^{f4\beta}$ ±0.01	9.18$^{f5\gamma}$ ±0.03	9.58$^{f6\beta}$ ±0.08	9.92$^{f7\gamma}$ ±0.10
	B	7.51$^{cdef1\beta}$ ±0.01	7.66$^{f2\beta}$ ±0.01	7.82$^{f3\alpha}$ ±0.01	8.25$^{f4\alpha}$ ±0.02	8.57$^{ef5\beta}$ ±0.01	8.77$^{f6\alpha}$ ±0.02	9.22$^{f7\beta}$ ±0.01
	C	7.28$^{e1\alpha}$ ±0.01	7.61$^{f2\alpha}$ ±0.02	7.91$^{cd3\alpha}$ ±0.16	8.22$^{f4\alpha}$ ±0.01	8.50$^{f5\alpha}$ ±0.01	8.80$^{f6\alpha}$ ±0.01	9.05$^{f7\alpha}$ ±0.02
180	A	7.89$^{ef1\gamma}$ ±0.05	8.32$^{f2\beta}$ ±0.05	8.66$^{g3\beta}$ ±0.03	9.04$^{g4\gamma}$ ±0.08	9.35$^{g5\gamma}$ ±0.06	9.82$^{g6\beta}$ ±0.02	10.14$^{g7\gamma}$ ±0.15
	B	7.64$^{def1\beta}$ ±0.01	7.72$^{g2\alpha}$ ±0.01	7.97$^{g3\alpha}$ ±0.01	8.49$^{g4\beta}$ ±0.01	8.68$^{f5\beta}$ ±0.01	8.94$^{g6\alpha}$ ±0.01	9.42$^{g7\beta}$ ±0.01
	C	7.35$^{f1\alpha}$ ±0.02	7.75$^{g2\alpha}$ ±0.03	8.01$^{cd3\alpha}$ ±0.17	8.34$^{g4\alpha}$ ±0.01	8.62$^{g5\alpha}$ ±0.01	8.96$^{g6\alpha}$ ±0.01	9.31$^{g7\alpha}$ ±0.03
210	A	7.97$^{fg1\gamma}$ ±0.09	8.45$^{g2\beta}$ ±0.04	8.88$^{h3\beta}$ ±0.07	9.36$^{h4\gamma}$ ±0.04	9.66$^{h5\gamma}$ ±0.04	10.01$^{h6\beta}$ ±0.13	10.39$^{h7\gamma}$ ±0.04
	B	7.70$^{def1\beta}$ ±0.01	7.80$^{h2\alpha}$ ±0.01	8.25$^{h3\alpha}$ ±0.02	8.77$^{h4\beta}$ ±0.01	9.00$^{g5\beta}$ ±0.02	9.14$^{h6\alpha}$ ±0.01	9.60$^{h7\beta}$ ±0.01
	C	7.43$^{g1\alpha}$ ±0.01	7.83$^{h2\alpha}$ ±0.02	8.07$^{d3\alpha}$ ±0.23	8.64$^{h4\alpha}$ ±0.01	8.88$^{h5\alpha}$ ±0.02	9.17$^{h6\alpha}$ ±0.01	9.49$^{h7\alpha}$ ±0.01
270	A	8.07$^{g1\gamma}$ ±0.12	8.61$^{h2\beta}$ ±0.04	9.13$^{i3\beta}$ ±0.06	9.52$^{i4\gamma}$ ±0.06	9.84$^{i5\gamma}$ ±0.02	10.16$^{hi6\beta}$ ±0.10	10.56$^{i7\gamma}$ ±0.06
	B	7.75$^{fg1\beta}$ ±0.02	7.91$^{i2\alpha}$ ±0.02	8.42$^{i3\alpha}$ ±0.01	8.94$^{i4\beta}$ ±0.04	9.18$^{h5\beta}$ ±0.01	9.26$^{i6\alpha}$ ±0.01	9.79$^{i7\beta}$ ±0.01
	C	7.48$^{h1\alpha}$ ±0.01	7.89$^{i2\alpha}$ ±0.01	8.44$^{e3\alpha}$ ±0.01	8.82$^{i4\alpha}$ ±0.01	9.07$^{i5\alpha}$ ±0.01	9.28$^{i6\alpha}$ ±0.01	9.62$^{i7\alpha}$ ±0.01
330	A	8.27$^{h1\gamma}$ ±0.02	8.83$^{i2\beta}$ ±0.02	9.33$^{j3\beta}$ ±0.06	9.70$^{j4\gamma}$ ±0.05	9.97$^{j5\gamma}$ ±0.02	10.27$^{i6\beta}$ ±0.13	10.73$^{j7\gamma}$ ±0.04
	B	7.86$^{fg1\beta}$ ±0.01	8.08$^{j2\alpha}$ ±0.01	8.60$^{j3\alpha}$ ±0.01	9.13$^{j4\beta}$ ±0.01	9.31$^{hi5\beta}$ ±0.02	9.38$^{j6\alpha}$ ±0.01	9.92$^{j7\beta}$ ±0.01
	C	7.62$^{i1\alpha}$ ±0.01	8.08$^{j2\alpha}$ ±0.02	8.56$^{ef3\alpha}$ ±0.01	8.97$^{j4\alpha}$ ±0.01	9.25$^{j5\alpha}$ ±0.01	9.40$^{j6\alpha}$ ±0.01	9.77$^{j7\alpha}$ ±0.01
390	A	8.47$^{i1\gamma}$ ±0.02	8.95$^{j2\beta}$ ±0.02	9.47$^{k3\beta}$ ±0.02	9.92$^{k4\gamma}$ ±0.03	10.15$^{k5\beta}$ ±0.04	10.46$^{j6\beta}$ ±0.05	10.92$^{k7\gamma}$ ±0.02
	B	8.06$^{g1\beta}$ ±0.01	8.23$^{k2\alpha}$ ±0.05	8.72$^{k3\alpha}$ ±0.01	9.32$^{k4\beta}$ ±0.01	9.44$^{i5\alpha}$ ±0.04	9.63$^{k6\alpha}$ ±0.01	10.10$^{k7\beta}$ ±0.03
	C	7.79$^{j1\alpha}$ ±0.01	8.20$^{k2\alpha}$ ±0.01	8.75$^{f3\alpha}$ ±0.02	9.19$^{k4\alpha}$ ±0.01	9.38$^{k5\alpha}$ ±0.01	9.64$^{k6\alpha}$ ±0.01	9.97$^{k7\alpha}$ ±0.01

A: Normal ıslatma, B: %50 Genlikte Ultrason, C: %100 Genlikte Ultrason
Çizelgede aynı sütunda (ultrasonsuz, %50 US ve %100 US (α, β ve γ)), (a-k süre) farklı harfle ve aynı satırda farklı rakamla (1-7 sıcaklık) gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemlidir.

Çizelge 4.4'daki börülcenin normal ıslatma/pişirmede yüzde genişlik (W) verileri incelendiğinde 60 dk'daki sabit bir sürede sıcaklık 30-90^{o}C'ye artarken bu aralıkta değer 10.12'den 32.62'ye kadar artmıştır; 180 dk sabit sürede yine sıcaklık 30-90^{o}C'ye artarken %W değeri 16.38'den 49.59'a kadar arttığı görülmektedir. Sıcaklığın artışıyla börülcenin genişliğindeki artış diğer parametrelerdede benzer şekilde artış gözlemlenmiştir. Börülceye %50 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirmede %W değişimi 60 dk sabit sürede sıcaklık 30-90^{o}C'e aralığında bu değer 11.92'den 33.15'e artmıştır; 180 dk 30-90^{o}C'de sıcaklık aralığında artarken %W değeri

18.75'den 51.13'e kadar artmıştır. Benzer artış diğer parametrelerde de gözlemlenmiştir. Börülceye %100 genlik ultrasonlu ıslatma/pişirme uygulandığında %W değişimi 60 dk sabit sürede sıcaklık 30-90°C'ye artarken %W değeri 14.81'den 34.21'e kadar artmıştır; yine benzer şekilde 180 dk 30-90°C'ye sıcaklık artarken %W değeri 19.02'den 52.37'e kadar arttığı gözlemlenmiştir. Sıcaklık artışı börülcenin genişliğini ve % genişlik oranı değişmini arttırmış ve bu artışlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0.05$) (Çizelge 4.3., 4.4.).

Börülceye 60 dk, 50°C gibi sabit süre ve sıcaklıkta sırasıyla normal, %50 ve %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirme %W değerileri 15.20, 18.14 ve 19.80; 210 dk ve 30°C gibi sabit süre ve sıcaklıktaki değerler sırasıyla 17.56, 19.60 ve 20.32 şeklinde artış Çizelge 4.4'te görülmektedir. Börülce %W değerinde artış en çok %100 genlikte ultrason uygulamada görülmüştür. Bunu sırasıyla, %50 ultrason ve normal ıslatma/pişirme takip etmektedir. En çok genişlik değişimin süre ve sıcaklığın etkisiyle %100 ultrason uygulanan börülcelerde olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.4. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-90 °C) %W (yüzde genişlik) değerleri değişimi

Süre (dk)	Ön işlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
0	A	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00
	B	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00
	C	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00
30	A	$6.91^{b1\alpha}$ ±0.79	$11.66^{b2\alpha}$ ±1.66	$13.06^{b2\alpha}$ ±0.72	$15.42^{b3\alpha}$ ±0.71	$18.01^{b4\alpha}$ ±0.40	$24.13^{b5\alpha}$ ±0.91	$27.45^{b6\alpha}$ ±0.60
	B	$7.00^{ab1\alpha}$ ±4.78	$11.90^{b12\alpha}$ ±0.63	$14.45^{b23\alpha\beta}$ ±1.64	$15.94^{b23\alpha}$ ±0.05	$19.37^{b3\alpha}$ ±3.66	$25.31^{b4\beta}$ ±0.55	$28.01^{b4\alpha}$ ±0.69
	C	$13.75^{b1\beta}$ ±0.77	$15.89^{b12\beta}$ ±0.29	$16.44^{b123\beta}$ ±0.43	$19.64^{b23\beta}$ ±2.66	$20.02^{b3\alpha}$ ±2.98	$26.06^{b4\beta}$ ±0.06	$28.07^{b4\alpha}$ ±0.48
60	A	$10.12^{c1\alpha}$ ±0.50	$13.73^{c2\alpha}$ ±0.40	15.20^{c3} ±0.19	$18.01^{c4\alpha}$ ±0.61	$23.54^{c5\alpha}$ ±0.29	$27.53^{c6\alpha}$ ±0.28	$32.62^{c7\alpha}$ ±0.59
	B	$11.92^{ab1\alpha\beta}$ ±7.98	$17.65^{c12\beta}$ ±0.79	$18.14^{bc12\alpha\beta}$ ±1.71	$19.02^{c12\alpha}$ ±0.62	$24.08^{bc23\alpha}$ ±4.62	$28.06^{c34\alpha\beta}$ ±0.33	$33.15^{c4\alpha}$ ±0.72
	C	$14.81^{bc1\beta}$ ±1.13	$17.57^{c12\beta}$ ±0.24	$19.80^{bc23\beta}$ ±0.31	$21.03^{bc3\beta}$ ±2.24	$25.05^{c4\alpha}$ ±2.10	$29.07^{c5\beta}$ ±0.41	$34.21^{c6\alpha}$ ±0.85
90	A	$12.84^{d1\alpha}$ ±0.40	$14.46^{c2\alpha}$ ±0.61	$17.42^{d3\alpha}$ ±0.61	$23.39^{d4\alpha}$ ±0.08	$28.27^{d5\alpha}$ ±0.07	$33.58^{d6\alpha}$ ±0.70	$37.27^{d7\alpha}$ ±0.27
	B	$14.70^{ab1\alpha\beta}$ ±7.73	$20.01^{d12\beta}$ ±0.69	$20.40^{cd12\alpha}$ ±2.22	$24.15^{d23\alpha}$ ±0.53	$29.07^{bcd34\alpha}$ ±3.56	$34.06^{d45\alpha\beta}$ ±0.35	$38.04^{d5\alpha}$ ±0.85
	C	$15.29^{bc1\beta}$ ±0.90	$20.27^{d2\beta}$ ±0.37	$25.53^{cd3\beta}$ ±1.06	$25.02^{cd3\alpha}$ ±1.90	$29.96^{d4\alpha}$ ±1.83	$34.61^{d5\beta}$ ±0.43	$39.04^{d6\alpha}$ ±0.76

Çizelge 4.4. Devamı

Süre (dk)	Ön işlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
120	A	14.39$^{de1\alpha}$ ±0.72	16.75$^{d2\alpha}$ ±0.50	21.03$^{e3\alpha}$ ±0.29	25.98$^{e4\alpha}$ ±0.18	33.14$^{e5\alpha}$ ±0.49	38.15$^{e6\alpha}$ ±0.48	42.21$^{e7\alpha}$ ±1.00
	B	15.41$^{ab1\alpha\beta}$ ±7.89	21.95$^{e12\beta}$ ±0.71	23.69$^{cde12\alpha\beta}$ ±2.40	27.23$^{e23\alpha}$ ±0.65	34.00$^{cde34\alpha}$ ±3.96	39.09$^{e45\alpha\beta}$ ±0.59	43.02$^{e5\beta}$ ±0.88
	C	16.18$^{cd1\beta}$ ±0.80	22.07$^{e2\beta}$ ±0.15	26.84$^{d3\beta}$ ±2.67	27.07$^{d3\alpha}$ ±2.00	35.04$^{e4\alpha}$ ±2.03	40.07$^{e5\beta}$ ±0.55	44.03$^{e6\beta}$ ±0.90
150	A	15.35$^{ef1\alpha}$ ±0.61	19.93$^{e2\alpha}$ ±0.40	24.21$^{f3\alpha}$ ±0.39	29.82$^{f4\alpha}$ ±0.24	35.50$^{f5\alpha}$ ±0.28	41.33$^{f6\alpha}$ ±1.00	46.42$^{f7\alpha}$ ±1.31
	B	16.67$^{ab1\alpha\beta}$ ±8.17	24.14$^{fg12\beta}$ ±0.84	25.62$^{de12\alpha}$ ±2.89	30.15$^{f23\alpha}$ ±0.77	36.33$^{def34\alpha}$ ±5.05	42.17$^{f45\beta}$ ±0.15	47.99$^{f5\alpha\beta}$ ±0.44
	C	17.88$^{de1\beta}$ ±0.93	24.36$^{f2\beta}$ ±0.16	27.62$^{d23\alpha}$ ±4.36	32.39$^{e34\alpha}$ ±2.55	37.06$^{e4\beta}$ ±1.94	43.32$^{f5\gamma}$ ±0.10	48.04$^{f6\beta}$ ±0.34
180	A	16.38$^{fg1\alpha\beta}$ ±0.61	22.73$^{f2\alpha}$ ±0.60	27.82$^{g3\alpha}$ ±0.28	33.36$^{g4\alpha}$ ±1.01	37.93$^{g5\alpha}$ ±0.80	44.87$^{g6\alpha}$ ±0.16	49.59$^{g7\alpha}$ ±2.04
	B	18.75$^{b1\alpha\beta}$ ±8.01	25.11$^{fg12\beta}$ ±0.85	28.03$^{ef12\alpha}$ ±2.95	33.94$^{g23\alpha}$ ±0.56	38.08$^{defg34\alpha}$ ±5.11	45.01$^{g45\alpha}$ ±0.27	51.13$^{g5\alpha\beta}$ ±0.80
	C	19.02$^{ef1\beta}$ ±0.71	26.73$^{g2\gamma}$ ±0.05	29.27$^{d23\alpha}$ ±4.56	34.24$^{ef34\alpha}$ ±2.24	39.00$^{ef4\alpha}$ ±2.43	45.85$^{g5\beta}$ ±0.22	52.37$^{g6\beta}$ ±0.24
210	A	17.56$^{gh1\alpha}$ ±1.23	24.65$^{g2\alpha}$ ±0.39	31.07$^{h3\alpha}$ ±0.91	38.08$^{h4\alpha}$ ±0.38	42.51$^{h5\alpha}$ ±0.37	47.75$^{h6\alpha}$ ±1.72	53.36$^{h7\alpha}$ ±0.47
	B	19.60$^{b1\alpha\beta}$ ±8.18	26.49$^{gh12\alpha\beta}$ ±1.20	32.45$^{fg23\alpha}$ ±3.15	38.36$^{h34\alpha}$ ±0.57	43.09$^{efgh45\alpha}$ ±5.40	48.26$^{h56\alpha}$ ±0.28	54.09$^{h6\alpha\beta}$ ±0.47
	C	20.32$^{f1\beta}$ ±0.95	27.95$^{h2\beta}$ ±0.17	30.35$^{de2\alpha}$ ±5.57	39.07$^{fg3\alpha}$ ±2.55	43.10$^{fg3\alpha}$ ±1.93	49.27$^{h4\beta}$ ±0.46	55.24$^{h5\beta}$ ±0.60
270	A	19.04$^{h1\alpha}$ ±1.65	27.01$^{h2\alpha}$ ±0.39	34.69$^{i3\alpha}$ ±0.80	40.52$^{i4\alpha}$ ±0.69	45.17$^{i5\alpha}$ ±0.16	49.96$^{h6\alpha}$ ±1.30	55.87$^{i7\alpha}$ ±0.67
	B	20.40$^{b1\alpha}$ ±8.67	28.20$^{h12\alpha}$ ±1.33	35.18$^{gh23\alpha}$ ±2.98	41.04$^{i34\alpha}$ ±1.03	46.02$^{fgh4\alpha}$ ±4.95	50.20$^{i45\alpha}$ ±0.75	57.06$^{i5\alpha}$ ±0.83
	C	21.13$^{f1\beta}$ ±0.95	28.94$^{i2\alpha}$ ±0.64	36.15$^{ef3\alpha}$ ±1.84	42.05$^{gh4\alpha}$ ±2.26	46.25$^{gh5\alpha}$ ±2.09	51.06$^{i6\beta}$ ±0.23	57.45$^{i7\alpha}$ ±0.96
330	A	21.99$^{i1\alpha}$ ±0.44	30.26$^{i2\alpha}$ ±0.18	37.64$^{j3\alpha}$ ±0.80	43.10$^{j4\alpha}$ ±0.58	47.08$^{j5\alpha}$ ±0.16	51.59$^{i6\alpha}$ ±1.72	58.30$^{j7\alpha}$ ±0.36
	B	22.09$^{b1\alpha}$ ±8.35	31.04$^{i12\alpha}$ ±1.24	38.15$^{gh23\alpha}$ ±2.71	44.04$^{j34\alpha}$ ±0.59	48.01$^{gh4\alpha}$ ±4.90	52.07$^{j45\alpha}$ ±0.41	59.15$^{j5\alpha}$ ±0.61
	C	23.48$^{g1\beta}$ ±1.32	32.04$^{j2\alpha}$ ±0.19	38.09$^{f3\alpha}$ ±1.87	44.46$^{hi4\alpha}$ ±2.31	49.07$^{hi5\alpha}$ ±2.25	53.09$^{j6\beta}$ ±0.12	59.82$^{j7\alpha}$ ±0.62
390	A	24.94$^{j1\alpha}$ ±0.18	32.03$^{j2\alpha}$ ±0.18	39.70$^{k3\alpha}$ ±0.17	46.42$^{k4\alpha}$ ±0.26	49.82$^{k5\alpha}$ ±0.47	54.32$^{j6\alpha}$ ±0.57	61.11$^{k7\alpha}$ ±0.14
	B	25.27$^{b1\alpha}$ ±8.46	33.38$^{j12\beta}$ ±0.22	40.00$^{h23\alpha}$ ±3.09	47.04$^{k34\alpha}$ ±0.60	50.07$^{h4\alpha}$ ±4.75	56.08$^{k4\beta5}$ ±0.48	62.12$^{k5\alpha\beta}$ ±0.28
	C	26.15$^{h1\beta}$ ±1.00	34.09$^{k2\beta}$ ±0.31	41.15$^{f3\alpha}$ ±1.69	48.01$^{i4\alpha}$ ±2.37	51.17$^{i4\beta}$ ±2.51	57.00$^{k5\beta}$ ±0.59	63.09$^{k6\beta}$ ±0.64

A: Normal ıslatma, B: %50 Genlikte Ultrason, C: %100 Genlikte Ultrason
Çizelgede aynı sütunda (ultrasonsuz, %50 US ve %100 US (α, β ve γ)), (a-k süre) farklı harfle ve aynı satırda farklı rakamla (1-7 sıcaklık) gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemlidir.

4.1.3. Kalınlık (T) ve kalınlıktaki yüzde değişim oranı (%T)

Börülceye normal ıslatma %T değeri 30°C gibi sabit sıcaklıkta süre 30-390 dk'ya artarken bu değer 1.81'den 25.04'e artmıştır; 90°C'deki sabit sıcaklıkta sürenin 30-270 dk şeklinde değişimi bu değeri 20.59'dan 46.99'a kadar arttığı gözlemlenmiştir. %50 genlilkte ultrasonlu ıslatma/pişirme 30°C'deki sabit sıcaklıkta

süre 30-390 dk aralında %T değeri 2.10'dan 26.08'e artmıştır; 90°C gibi sabit sıcaklıkta benzer şekilde süre 30-270 dk'ya artarken bu değer 21.03'ten 47.62'ye kadar artmıştır. %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirme 30°C sabit sıcaklıkta süre 30-390 dk'ya artarken %T değeri 4.51'den 27.16'ya artmıştır; 90°C'deki sabit sıcaklıkta süre 30-270 dk'ya artaken bu değer 22.14'ten 49.24'e kadar arttığı gözlemlenmiştir. Diğer bütün parametreler incelendiğinde sürenin artışı börülcenin kalınlığını benzer şeklinde artmıştır (Çizelge 4.5., 4.6.).

Çizelge 4.5. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-90 °C) T (kalınlık) değerleri değişimi

Süre (dk)	Ön işlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
0	A	6.63$^{a1\beta}$ ±0.04	6.63$^{a1\beta}$ ±0.04	6.63$^{a1\beta}$ ±0.04	6.63$^{a1\beta}$ ±0.04	6.63$^{a1\beta}$ ±0.04	6.63$^{a1\beta}$ ±0.04	6.63$^{a1\beta}$ ±0.04
	B	6.61$^{a3\beta}$ ±0.04	6.60$^{a3\beta}$ ±0.06	6.43$^{a2\alpha}$ ±0.02	6.37$^{a12\alpha}$ ±0.02	6.34$^{a1\alpha}$ ±0.02	6.30$^{a1\alpha}$ ±0.02	6.30$^{a1\alpha}$ ±0.03
	C	6.43$^{a4\alpha}$ ±0.02	6.35$^{a23\alpha}$ ±0.03	6.34$^{a23\alpha}$ ±0.04	6.40$^{a34\alpha}$ ±0.02	6.26$^{a1\alpha}$ ±0.04	6.23$^{a1\alpha}$ ±0.03	6.30$^{a12\alpha}$ ±0.03
30	A	6.75$^{b1\alpha}$ ±0.07	6.95$^{b2\alpha}$ ±0.07	7.13$^{b3\beta}$ ±0.07	7.35$^{b4\gamma}$ ±0.07	7.56$^{b5\gamma}$ ±0.08	7.84$^{b6\beta}$ ±0.06	8.00$^{b6\gamma}$ ±0.04
	B	6.75$^{a1\alpha}$ ±0.03	6.96$^{b2\alpha}$ ±0.09	6.96$^{b2\alpha}$ ±0.01	7.08$^{b3\alpha}$ ±0.01	7.26$^{b4\beta}$ ±0.01	7.50$^{b5\alpha}$ ±0.02	7.63$^{b6\alpha}$ ±0.01
	C	6.72$^{b1\alpha}$ ±0.01	6.80$^{b2\alpha}$ ±0.02	6.94$^{b3\alpha}$ ±0.03	7.18$^{b4\beta}$ ±0.01	7.20$^{b4\alpha}$ ±0.02	7.48$^{b5\alpha}$ ±0.01	7.70$^{b6\beta}$ ±0.01
60	A	6.87$^{c1\alpha}$ ±0.04	7.04$^{b2\alpha}$ ±0.07	7.32$^{c3\beta}$ ±0.04	7.54$^{c4\gamma}$ ±0.07	7.85$^{c5\gamma}$ ±0.06	8.10$^{c6\beta}$ ±0.07	8.24$^{c6\beta}$ ±0.06
	B	7.36$^{b2\beta}$ ±0.13	7.37$^{c2\gamma}$ ±0.01	7.20$^{c1\alpha}$ ±0.01	7.27$^{c12\alpha}$ ±0.01	7.54$^{c3\beta}$ ±0.01	7.76$^{c4\alpha}$ ±0.01	7.89$^{c5\alpha}$ ±0.04
	C	7.20$^{c2\beta}$ ±0.01	7.13$^{c1\beta}$ ±0.03	7.20$^{c2\alpha}$ ±0.05	7.36$^{c3\beta}$ ±0.01	7.47$^{c4\alpha}$ ±0.01	7.75$^{c5\alpha}$ ±0.03	7.88$^{c6\alpha}$ ±0.01
	A	7.14$^{d1\alpha}$ ±0.05	7.24$^{c1\alpha}$ ±0.07	7.54$^{d2\beta}$ ±0.08	7.84$^{d3\gamma}$ ±0.06	8.13$^{d4\gamma}$ ±0.06	8.35$^{d5\beta}$ ±0.06	8.44$^{d5\beta}$ ±0.06
90	B	7.45$^{bc12\beta}$ ±0.12	7.48$^{cd12\beta}$ ±0.10	7.34$^{d1\alpha}$ ±0.01	7.58$^{d2\alpha}$ ±0.01	7.80$^{d3\beta}$ ±0.01	7.94$^{d34\alpha}$ ±0.01	8.07$^{d4\alpha}$ ±0.01
	C	7.28$^{d1\alpha\beta}$ ±0.01	7.28$^{d1\alpha\beta}$ ±0.01	7.30$^{d1\alpha}$ ±0.03	7.68$^{d2\beta}$ ±0.01	7.70$^{d2\alpha}$ ±0.02	7.92$^{d3\alpha}$ ±0.01	8.12$^{d4\alpha}$ ±0.01
	A	7.33$^{e1\alpha}$ ±0.04	7.44$^{d1\beta}$ ±0.06	7.73$^{e2\beta}$ ±0.07	8.17$^{e3\beta}$ ±0.03	8.38$^{e4\gamma}$ ±0.07	8.58$^{e5\gamma}$ ±0.08	8.81$^{e6\gamma}$ ±0.08
120	B	7.56$^{cd1\alpha}$ ±0.12	7.58$^{de1\alpha\beta}$ ±0.08	7.53$^{e1\alpha}$ ±0.01	7.88$^{e2\alpha}$ ±0.02	8.07$^{e3\beta}$ ±0.01	8.20$^{e4\beta}$ ±0.01	8.39$^{e5\alpha}$ ±0.01
	C	7.39$^{e1\alpha}$ ±0.03	7.34$^{e2\alpha}$ ±0.01	7.49$^{e3\alpha}$ ±0.01	7.93$^{e4\alpha}$ ±0.03	8.02$^{e5\alpha}$ ±0.01	8.05$^{e5\alpha}$ ±0.03	8.46$^{e6\beta}$ ±0.01
	A	7.47$^{f1\alpha}$ ±0.04	7.63$^{e1\beta}$ ±0.05	7.98$^{f2\beta}$ ±0.06	8.42$^{f3\gamma}$ ±0.04	8.67$^{f4\beta}$ ±0.13	8.82$^{f4\gamma}$ ±0.06	9.02$^{f5\gamma}$ ±0.08
150	B	7.65$^{de1\alpha}$ ±0.10	7.67$^{e1\beta}$ ±0.02	7.78$^{f2\alpha}$ ±0.01	8.16$^{f3\alpha}$ ±0.01	8.31$^{f4\alpha}$ ±0.04	8.44$^{f5\beta}$ ±0.01	8.64$^{f6\alpha}$ ±0.01
	C	7.53$^{f1\alpha}$ ±0.01	7.46$^{f1\alpha}$ ±0.03	7.75$^{f2\alpha}$ ±0.02	8.30$^{f3\beta}$ ±0.02	8.27$^{f4\alpha}$ ±0.01	8.17$^{f4\alpha}$ ±0.07	8.70$^{f5\beta}$ ±0.01

Çizelge 4.5. Devamı

Süre (dk)	Ön işlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
180	A	7.61$^{g1\alpha}$ ±0.04	7.95$^{f2\beta}$ ±0.06	8.24$^{g3\beta}$ ±0.07	8.64$^{g4\beta}$ ±0.08	8.94$^{g5\beta}$ ±0.07	9.10$^{g6\gamma}$ ±0.07	9.23$^{g6\gamma}$ ±0.08
	B	7.74$^{ef1\alpha}$ ±0.10	7.93$^{f2\beta}$ ±0.04	8.05$^{g3\alpha}$ ±0.04	8.35$^{g4\alpha}$ ±0.01	8.58$^{g5\alpha}$ ±0.01	8.70$^{g6\beta}$ ±0.02	8.89$^{g7\alpha}$ ±0.03
	C	7.67$^{g1\alpha}$ ±0.04	7.69$^{g1\alpha}$ ±0.03	8.01$^{g2\alpha}$ ±0.06	8.42$^{g3\alpha}$ ±0.04	8.52$^{g3\alpha}$ ±0.01	8.40$^{g4\alpha}$ ±0.01	8.97$^{g5\beta}$ ±0.01
210	A	7.84$^{h1\beta}$ ±0.06	8.16$^{g2\beta}$ ±0.04	8.43$^{h3\beta}$ ±0.05	8.84$^{h4\gamma}$ ±0.08	9.14$^{h5\beta}$ ±0.07	9.29$^{h6\beta}$ ±0.06	9.51$^{h7\beta}$ ±0.07
	B	7.87$^{fg1\beta}$ ±0.01	8.14$^{g2\beta}$ ±0.01	8.19$^{h3\alpha}$ ±0.01	8.53$^{h4\alpha}$ ±0.01	8.75$^{h5\alpha}$ ±0.01	8.89$^{h6\alpha}$ ±0.04	9.10$^{h7\alpha}$ ±0.02
	C	7.72$^{h1\alpha}$ ±0.01	7.89$^{h2\alpha}$ ±0.01	8.15$^{h3\alpha}$ ±0.00	8.63$^{h4\beta}$ ±0.01	8.70$^{h5\alpha}$ ±0.01	8.86$^{h6\alpha}$ ±0.01	9.14$^{h7\alpha}$ ±0.01
270	A	8.03$^{i1\beta}$ ±0.05	8.34$^{h2\beta}$ ±0.07	8.66$^{i3\beta}$ ±0.04	9.04$^{i4\gamma}$ ±0.07	9.33$^{i5\beta}$ ±0.06	9.52$^{i6\gamma}$ ±0.04	9.64$^{h6\beta}$ ±0.06
	B	8.07$^{h1\beta}$ ±0.01	8.32$^{h2\beta}$ ±0.01	8.42$^{i3\alpha}$ ±0.01	8.73$^{i4\alpha}$ ±0.01	8.95$^{i5\alpha}$ ±0.01	9.13$^{i6\beta}$ ±0.03	9.26$^{i7\alpha}$ ±0.04
	C	7.92$^{i1\alpha}$ ±0.01	8.07$^{i2\alpha}$ ±0.01	8.37$^{i3\alpha}$ ±0.06	8.83$^{i4\beta}$ ±0.01	8.90$^{i5\alpha}$ ±0.01	9.06$^{i6\alpha}$ ±0.01	9.30$^{i7\alpha}$ ±0.01
330	A	8.16$^{j1\beta}$ ±0.06	8.51$^{i2\beta}$ ±0.04	8.98$^{j3\beta}$ ±0.06	9.19$^{j4\beta}$ ±0.07	9.58$^{j5\beta}$ ±0.07	9.78$^{j6\beta}$ ±0.07	9.90$^{i6\beta}$ ±0.08
	B	8.20$^{hi1\beta}$ ±0.01	8.52$^{i2\beta}$ ±0.01	8.74$^{j3\alpha}$ ±0.01	8.91$^{j4\alpha}$ ±0.01	9.20$^{j5\alpha}$ ±0.01	9.34$^{j6\alpha}$ ±0.04	9.46$^{j7\alpha}$ ±0.01
	C	8.04$^{j1\alpha}$ ±0.01	8.27$^{j2\alpha}$ ±0.02	8.70$^{j3\alpha}$ ±0.02	8.96$^{j4\alpha}$ ±0.01	9.14$^{j5\alpha}$ ±0.04	9.30$^{j5\alpha}$ ±0.02	9.59$^{j6\alpha\beta}$ ±0.18
390	A	8.29$^{k1\beta}$ ±0.06	8.64$^{i2\beta}$ ±0.07	9.11$^{k3\gamma}$ ±0.04	9.40$^{k4\gamma}$ ±0.03	9.68$^{j5\beta}$ ±0.04	9.97$^{k6\gamma}$ ±0.02	10.09$^{j6\gamma}$ ±0.09
	B	8.34$^{i1\beta}$ ±0.04	8.66$^{j2\beta}$ ±0.01	8.88$^{k3\beta}$ ±0.01	9.04$^{k4\alpha}$ ±0.01	9.32$^{k5\alpha}$ ±0.01	9.53$^{k6\beta}$ ±0.01	9.70$^{k7\alpha}$ ±0.06
	C	8.17$^{k1\alpha}$ ±0.01	8.40$^{k2\alpha}$ ±0.02	8.82$^{k3\alpha}$ ±0.01	9.16$^{k4\beta}$ ±0.02	9.28$^{k5\alpha}$ ±0.02	9.48$^{k6\alpha}$ ±0.01	9.85$^{k7\beta}$ ±0.01

A: Normal ıslatma, B: %50 Genlikte Ultrason, C: %100 Genlikte Ultrason
Çizelgede aynı sütunda (ultrasonsuz, %50 US ve %100 US (α, β ve γ)), (a-k süre) farklı harfle ve aynı satırda farklı rakamla (1-7 sıcaklık) gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemlidir.

Çizelge 4.6'daki börülcenin normal ıslatma/pişirme yüzde kalınlık (T) değerlerinin 30 dk gibi sabit bir sürede sıcaklık artışının etkisi için 30-90^{o}C'ye artarken bu aralıktaki değer 1.81'den 20.59'a kadar artmıştır; 390 dk sabit sürede sıcaklık 30-90^{o}C aralığında %T değeri 25.04'ten 52.11'e kadar artmıştır. %50 ultrasonlu ıslatma/pişirme benzer şekilde sabit 30 dk gibi sabit bir sürede sıcaklık 30-90^{o}C'ye artarken %T değeri 2.10'dan 21.03'e artmıştır; 390 dk'daki sabit sürede 30-90^{o}C'ye sıcaklık artarken bu değer 26.08'den 53.97'ye kadar artmıştır. %100 ultrasonlu ıslatma/pişirme 30 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-90^{o}C'ye sıcklık artarken %T değeri 4.51'den 22.14'e artmıştır; 390 dk sabit sürede sıcaklık 30-90^{o}C'ye artarken bu değer 27.16'dan 56.27'ye kadar artmıştır. Sıcaklık artışı bütün

parametrelerde börülcenin kalınlık değerinde artışa neden olmuştur (Çizelge 4.5., 4.6.).

Çizelge 4.6. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-90 °C) %T (yüzde kalınlık) değerleri değişimi

Süre (dk)	Ön işlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
0	A	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00
	B	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00
	C	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00
30	A	$1.81^{b1\alpha}$ ±0.42	$4.83^{b2\alpha}$ ±0.40	$7.54^{b3\alpha}$ ±0.38	$10.86^{b4\alpha}$ ±0.36	$14.03^{b5\alpha}$ ±0.55	$18.17^{b6\alpha}$ ±0.20	$20.59^{b7\alpha}$ ±0.19
	B	$2.10^{b1\alpha}$ ±0.25	$5.33^{b2\alpha\beta}$ ±0.51	$8.33^{b3\beta}$ ±0.14	$11.23^{b4\alpha}$ ±0.15	$14.60^{b5\alpha}$ ±0.61	$19.06^{b6\beta}$ ±0.06	$21.03^{b7\alpha\beta}$ ±0.66
	C	$4.51^{b1\beta}$ ±0.46	$6.98^{b2\beta}$ ±0.77	$9.53^{b3\gamma}$ ±0.29	$12.20^{b4\beta}$ ±0.48	$15.04^{b5\alpha}$ ±1.00	$20.07^{b6\beta}$ ±0.77	$22.14^{b7\beta}$ ±0.44
60	A	$3.62^{c1\alpha}$ ±0.02	$6.18^{c2\alpha}$ ±0.39	$10.33^{c3\alpha}$ ±0.17	$13.72^{c4\alpha}$ ±0.34	$18.33^{c5\alpha}$ ±0.20	$22.17^{c6\alpha}$ ±0.28	$24.21^{c7\alpha}$ ±0.17
	B	$11.28^{c1\beta}$ ±1.23	$11.54^{c1\beta}$ ±1.04	$12.06^{c1\beta}$ ±0.59	$14.14^{c2\alpha\beta}$ ±0.49	$19.02^{c3\alpha}$ ±0.18	$23.19^{c4\beta}$ ±0.53	$25.16^{c5\alpha}$ ±0.00
	C	$12.06^{c1\beta}$ ±0.59	$12.26^{c1\beta}$ ±0.91	$13.49^{c1\beta}$ ±0.02	$15.01^{c2\beta}$ ±0.49	$19.35^{c3\alpha}$ ±0.56	$24.40^{c4\gamma}$ ±0.11	$25.28^{c4\alpha}$ ±0.79
90	A	$7.62^{d1\alpha}$ ±0.06	$9.20^{d2\alpha}$ ±0.37	$13.65^{d3\alpha}$ ±0.45	$18.17^{d4\alpha}$ ±0.20	$22.62^{d5\alpha}$ ±0.07	$25.87^{d6\alpha}$ ±0.15	$27.22^{d7\alpha}$ ±0.36
	B	$12.61^{cd1\beta}$ ±1.07	$13.30^{cd12\beta}$ ±0.58	$14.16^{d2\alpha}$ ±0.27	$19.01^{d3\alpha\beta}$ ±0.29	$23.13^{d4\alpha}$ ±0.64	$26.13^{d5\alpha}$ ±0.20	$28.10^{d6\alpha}$ ±0.80
	C	$13.31^{d1\beta}$ ±0.15	$14.54^{d12\beta}$ ±0.36	$15.12^{c2\beta}$ ±0.29	$20.02^{d3\beta}$ ±0.51	$23.02^{d4\alpha}$ ±1.03	$27.13^{d5\alpha}$ ±0.80	$28.81^{d6\alpha}$ ±0.47
120	A	$10.56^{e1\alpha}$ ±0.07	$12.14^{e2\alpha}$ ±0.24	$16.59^{e3\alpha}$ ±0.32	$23.23^{e4\alpha}$ ±0.36	$26.39^{e5\alpha}$ ±0.26	$29.34^{e6\alpha}$ ±0.35	$32.80^{e7\alpha}$ ±0.32
	B	$14.28^{de1\beta}$ ±1.06	$14.72^{de1\beta}$ ±0.22	$17.12^{e2\alpha\beta}$ ±0.28	$23.72^{e3\alpha}$ ±0.75	$27.31^{e4\alpha}$ ±0.31	$30.26^{e5\alpha}$ ±0.66	$33.10^{e6\alpha}$ ±0.49
	C	$15.02^{e1\beta}$ ±0.82	$15.56^{d1\gamma}$ ±0.25	$18.06^{d2\beta}$ ±0.68	$24.00^{e3\alpha}$ ±0.85	$28.14^{e4\alpha}$ ±0.84	$29.21^{e4\alpha}$ ±0.13	$34.21^{e5\beta}$ ±0.71
150	A	$12.67^{f1\alpha}$ ±0.08	$15.01^{f2\alpha}$ ±0.01	$20.36^{f3\alpha}$ ±0.08	$27.00^{f4\alpha}$ ±0.17	$30.77^{f5\alpha}$ ±1.08	$33.03^{f6\alpha}$ ±0.00	$36.05^{f7\alpha}$ ±0.41
	B	$15.71^{ef1\beta}$ ±0.73	$16.09^{e1\alpha\beta}$ ±0.65	$21.01^{f2\alpha}$ ±0.29	$28.12^{f3\alpha\beta}$ ±0.54	$31.10^{f4\alpha\beta}$ ±0.12	$34.08^{f5\beta}$ ±0.23	$37.14^{f6\alpha}$ ±0.39
	C	$17.12^{f1\beta}$ ±0.28	$17.45^{e1\beta}$ ±0.93	$22.16^{e2\alpha}$ ±1.15	$29.71^{f3\beta}$ ±0.76	$32.14^{f34\beta}$ ±0.86	$35.15^{f4\gamma}$ ±0.49	$38.02^{f5\beta}$ ±0.51
180	A	$14.78^{g1\alpha}$ ±0.09	$19.83^{g2\alpha}$ ±0.19	$24.28^{g3\alpha}$ ±0.27	$30.24^{g4\alpha}$ ±0.34	$34.84^{g5\alpha}$ ±0.20	$37.25^{g6\alpha}$ ±0.19	$39.22^{g7\alpha}$ ±0.18
	B	$17.08^{f1\beta}$ ±0.72	$20.10^{f2\alpha}$ ±1.65	$25.29^{g3\beta}$ ±0.25	$31.11^{g4\alpha}$ ±0.55	$35.44^{g5\alpha}$ ±0.68	$38.13^{g6\beta}$ ±0.13	$41.11^{g7\alpha\beta}$ ±0.18
	C	$19.30^{g1\gamma}$ ±0.16	$21.07^{f2\alpha}$ ±0.05	$26.34^{f3\gamma}$ ±0.05	$31.59^{g4\alpha}$ ±0.99	$36.21^{g5\alpha}$ ±1.00	$39.83^{g5\beta}$ ±0.84	$42.38^{g6\beta}$ ±0.41
210	A	$18.25^{h1\alpha}$ ±0.10	$23.08^{h2\alpha}$ ±0.15	$27.07^{h3\alpha}$ ±0.07	$33.26^{h4\alpha}$ ±0.32	$37.86^{h5\alpha}$ ±0.18	$40.12^{h6\alpha}$ ±0.04	$43.36^{h7\alpha}$ ±0.04
	B	$19.05^{g1\alpha}$ ±0.58	$23.28^{g2\alpha}$ ±0.82	$27.39^{h3\alpha}$ ±0.53	$34.01^{h4\alpha\beta}$ ±0.22	$38.04^{h5\alpha}$ ±0.35	$41.14^{h6\alpha\beta}$ ±0.09	$44.37^{h7\beta}$ ±0.31
	C	$20.16^{g1\beta}$ ±0.18	$24.14^{g2\alpha}$ ±0.40	$28.60^{g3\alpha}$ ±0.79	$34.87^{h4\beta}$ ±0.56	$39.01^{h5\alpha}$ ±0.67	$42.14^{h6\beta}$ ±0.76	$45.00^{h7\gamma}$ ±0.54

Çizelge 4.6. Devamı

Süre (dk)	Ön işlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
270	A	21.04$^{i1\alpha}$ ±0.03	25.79$^{i2\alpha}$ ±0.26	30.62$^{i3\alpha}$ ±0.20	36.35$^{i4\alpha}$ ±0.19	40.65$^{i5\alpha}$ ±0.06	43.59$^{i6\alpha}$ ±0.28	45.32$^{i7\alpha}$ ±0.24
	B	22.00$^{h1\alpha\beta}$ ±0.70	26.01$^{h2\alpha}$ ±1.27	31.05$^{i3\alpha}$ ±0.65	37.08$^{i4\alpha\beta}$ ±0.35	41.28$^{i5\alpha}$ ±0.70	45.04$^{i6\alpha\beta}$ ±0.04	46.99$^{i6\beta}$ ±1.33
	C	23.27$^{h1\beta}$ ±0.63	27.06$^{h2\alpha}$ ±0.75	32.02$^{h3\alpha}$ ±1.78	38.00$^{i4\beta}$ ±0.57	42.29$^{i5\alpha}$ ±1.03	45.43$^{i6\beta}$ ±0.89	47.62$^{i6\beta}$ ±0.44
330	A	23.08$^{j1\alpha}$ ±0.07	28.36$^{j2\alpha}$ ±0.18	35.44$^{j3\alpha}$ ±0.01	38.61$^{j4\alpha}$ ±0.18	44.49$^{j5\alpha}$ ±0.14	47.51$^{j6\alpha}$ ±0.12	49.24$^{j7\alpha}$ ±0.43
	B	24.04$^{i1\alpha\beta}$ ±0.61	29.04$^{i2\alpha\beta}$ ±0.86	36.03$^{j3\alpha\beta}$ ±0.67	39.91$^{j4\beta}$ ±0.36	45.23$^{j5\alpha\beta}$ ±0.26	48.29$^{j6\alpha}$ ±1.06	50.08$^{j7\alpha}$ ±0.56
	C	25.14$^{i1\beta}$ ±0.19	30.13$^{i2\beta}$ ±0.20	37.15$^{i3\beta}$ ±1.25	40.03$^{j3\beta}$ ±0.58	46.13$^{j4\beta}$ ±1.50	49.20$^{j45\beta}$ ±1.02	52.15$^{j5\beta}$ ±3.49
390	A	25.04$^{k1\alpha}$ ±0.05	30.32$^{k2\alpha}$ ±0.23	37.41$^{k3\alpha}$ ±0.24	41.78$^{k4\alpha}$ ±0.48	46.00$^{k5\alpha}$ ±0.29	50.30$^{k6\alpha}$ ±0.64	52.11$^{k7\alpha}$ ±1.27
	B	26.08$^{j1\alpha\beta}$ ±1.37	31.08$^{j2\alpha\beta}$ ±0.99	38.13$^{k3\alpha\beta}$ ±0.35	42.03$^{k4\alpha\beta}$ ±0.25	47.04$^{k5\alpha\beta}$ ±0.38	51.31$^{k6\alpha\beta}$ ±0.62	53.97$^{k7\alpha\beta}$ ±1.59
	C	27.16$^{j1\beta}$ ±0.64	32.17$^{j2\beta}$ ±0.21	39.12$^{j3\beta}$ ±0.71	43.16$^{k4\beta}$ ±0.81	48.28$^{k5\beta}$ ±0.50	52.09$^{k6\beta}$ ±0.58	56.27$^{k7\beta}$ ±0.59

A: Normal ıslatma, B: %50 Genlikte Ultrason, C: %100 Genlikte Ultrason
Çizelgede aynı sütunda (ultrasonsuz, %50 US ve %100 US (α, β ve γ)), (a-k süre) farklı harfle ve aynı satırda farklı rakamla (1-7 sıcaklık) gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemlidir.

Börülceye 30°C ve 180 dk gibi sabit sıcaklık ve sürede normal, %50 ve %100 genlikteki ultrasonlu ıslatmadaki %T değerleri sırasıyla 14.78, 17.08 ve 19.30; yine benzer şekil de 70°C ve 270 dk sabit sıcaklık ve süredeki değerler sırasıyla 41.28, 42.29 ve 44.49 şeklinde arttığı görülmektedir. Normal ıslatmaya oranla %50 ve %100 ultrason uygulanan börülcenin kalınlığında belirgin değişim olduğu görülmektedir. En çok artış ise %100 ultrasonlu ıslatma uygulanan börülce kalınlığına olduğu anlaşılmaktadır (Çizelge 4.6). Scaklık, süre ve ultrason uygulaması börülcenin kalınlığında artışa neden olmuştur. En çok börülce kalınlığında artış sıcaklık ve süreninde etkisiyle %100 genlik ultrason uygulanmasında görülmüştür.

Sayar ve ark. (2016), yaptığı çalışmada nohut tanesinin boyu, eni ve kalınlığı, hacmi ve küreselliği ıslatma sırasında artan nem absorbsiyonu ile doğrusal olarak arttığını rapor etmişlerdir. Benzer sonuçlar soya fasulyesi (Singh ve Kulshrestha, 1987; Bayram ve ark., 2004), lima fasulyesi (Aghkhani ve ark., 2012), mercimek (Tang ve Sokhansanj, 1993), pirinç (Yadav ve Jindal, 2007), Hint fasulyesi, maş fasulyesi ve börülce (Leopold, 1983; Aydın ve ark., 2008) gibi ürünler için de bulunmuştur. Deshpande ve Ojha (1993), Soya fasulyeside genleşmelerin uzunlukları

ve genişlikleri ile karşılaştırıldığında kalınlıkları boyunca en büyük olduğunu bulmuşlardır. Boyutların genleşme değerlerindeki farklılık, tanelerin boyutları boyunca farklı hücre düzenlemeleri ile açıklanabilir (Baryeh, 2002).

4.1.4. Eşdeğer çap (D_e) ve eşdeğer çaptaki yüzde değişim oranı (%D_e)

Sabit bir sıcaklıkta 30^{o}C gibi süre 30-390 dk aralığında artarken normal ıslatma/pişirmede %De değeri 3.16'dan 21.51'e artmıştır; 70^{o}C'deki sabit sıcaklıkta süre 60-270 dk'ya aratarken bu değer 15.99'dan 33.71'e kadar arttığı gözlemlenmiştir. %50 genlikteki ıslatma/pişirme benzer şekilde 30^{o}C gibi sabit sıcaklıkta süre 30-390 dk aralığında artarken %De değeri 3.57'den 24.88'e artmıştır; 70^{o}C'deki sabit sıcaklıkta 60-270 dk'ya aratarken bu değer 16.60'tan 37.90'na kadar artmıştır. %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirmede 30^{o}C'deki sabit sıcaklıkta süre 30-390 dk aralığında artarken %De değeri 8.81'den 29.35'e artmıştır; 70^{o}C'de süre 60-270 dk aralığında artarken bu değer 25.37'den 42.87'ye kadar artmıştır Diğer parametrelerde de sürenin artışı De değerini arttırmıştır (Çizelge 4.7., 4.8.).

Çizelge 4.7. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-90 ^{o}C) De (eşdeğer çap) değerleri değişimi

Süre (dk)	Ön işlem	30 ^{o}C	40 ^{o}C	50 ^{o}C	60 ^{o}C	70 ^{o}C	80 ^{o}C	90 ^{o}C
0	A	$7.82^{a1\alpha}$ ±0.22	$7.82^{a1\beta}$ ±0.22	$7.82^{a1\beta}$ ±0.22	$7.82^{a1\alpha}$ ±0.22	$7.82^{a1\beta}$ ±0.22	$7.82^{a1\beta}$ ±0.22	$7.82^{a1\beta}$ ±0.22
	B	$7.55^{a1\alpha}$ ±0.18	$7.47^{a1\alpha}$ ±0.07	$7.41^{a1\alpha}$ ±0.09	$7.45^{a1\alpha}$ ±0.08	$7.38^{a1\alpha}$ ±0.11	$7.33^{a1\alpha}$ ±0.05	$7.35^{a1\alpha}$ ±0.00
	C	$7.43^{a1\alpha}$ ±0.13	$7.38^{a1\alpha}$ ±0.08	$7.43^{a1\alpha}$ ±0.19	$7.46^{a1\alpha}$ ±0.20	$7.36^{a1\alpha}$ ±0.13	$7.33^{a1\alpha}$ ±0.00	$7.32^{a1\alpha}$ ±0.01
30	A	$8.06^{ab1\beta}$ ±0.22	$8.29^{b12\beta}$ ±0.20	$8.44^{b12\beta}$ ±0.18	$8.60^{b23\beta}$ ±0.21	$8.78^{b234\beta}$ ±0.21	$9.06^{b34\beta}$ ±0.20	$9.24^{b4\gamma}$ ±0.18
	B	$7.82^{b1\alpha}$ ±0.07	$7.94^{b2\alpha}$ ±0.04	$8.02^{b2\alpha}$ ±0.03	$8.17^{b3\alpha}$ ±0.06	$8.30^{b4\alpha}$ ±0.01	$8.49^{b5\alpha}$ ±0.01	$8.63^{b6\alpha}$ ±0.03
	C	$8.08^{b1\beta}$ ±0.00	$8.41^{b2\beta}$ ±0.06	$8.60^{b3\beta}$ ±0.16	$8.79^{b4\gamma}$ ±0.02	$8.80^{b4\beta}$ ±0.03	$9.05^{b5\beta}$ ±0.01	$9.17^{b5\beta}$ ±0.01
60	A	$8.22^{b1\alpha}$ ±0.22	$8.42^{b12\alpha}$ ±0.25	$8.60^{bc123\beta}$ ±0.18	$8.78^{b234\beta}$ ±0.22	$9.07^{bc345\beta}$ ±0.19	$9.30^{b45\beta}$ ±0.21	$9.50^{bc5\beta}$ ±0.18
	B	$8.24^{c1\alpha}$ ±0.05	$8.31^{c12\alpha}$ ±0.04	$8.27^{c2\alpha}$ ±0.04	$8.40^{c3\alpha}$ ±0.02	$8.61^{c4\alpha}$ ±0.01	$8.74^{c5\alpha}$ ±0.02	$8.94^{c6\alpha}$ ±0.00
	C	$8.49^{c1\alpha}$ ±0.27	$8.85^{c2\beta}$ ±0.05	$9.02^{c23\gamma}$ ±0.08	$9.13^{c3\gamma}$ ±0.01	$9.23^{c34\gamma}$ ±0.01	$9.42^{c45\gamma}$ ±0.02	$9.57^{c5\gamma}$ ±0.00
90	A	$8.45^{bc1\alpha}$ ±0.21	$8.55^{bc1\alpha}$ ±0.24	$8.78^{bcd12\beta}$ ±0.18	$9.07^{bc23\beta}$ ±0.20	$9.35^{bcd34\beta}$ ±0.22	$9.60^{c4\beta}$ ±0.19	$9.75^{cd4\beta}$ ±0.19
	B	$8.45^{d1\alpha}$ ±0.04	$8.52^{d1\alpha}$ ±0.01	$8.49^{d1\alpha}$ ±0.03	$8.75^{d2\alpha}$ ±0.01	$8.94^{d3\alpha}$ ±0.03	$9.08^{d4\alpha}$ ±0.04	$9.26^{d5\alpha}$ ±0.03
	C	$8.78^{d1\beta}$ ±0.11	$9.04^{d2\beta}$ ±0.08	$9.25^{d3\gamma}$ ±0.03	$9.41^{d4\gamma}$ ±0.00	$9.49^{d4\gamma}$ ±0.00	$9.67^{d5\beta}$ ±0.00	$9.81^{d6\gamma}$ ±0.00

Çizelge 4.7. Devam

Süre (dk)	Ön işlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
120	A	8.64$^{cd1\beta}$ ±0.15	8.76$^{bcd1\alpha}$ ±0.22	9.01$^{cde12\beta}$ ±0.19	9.33$^{cd23\beta}$ ±0.21	9.62$^{cde34\beta}$ ±0.23	9.86$^{cd4\beta}$ ±0.14	10.08$^{de4\beta}$ ±0.18
	B	8.55$^{de1\alpha}$ ±0.04	8.65$^{e2\alpha}$ ±0.01	8.71$^{e2\alpha}$ ±0.02	9.03$^{e3\alpha}$ ±0.04	9.25$^{e4\alpha}$ ±0.04	9.40$^{e5\alpha}$ ±0.01	9.63$^{e6\alpha}$ ±0.02
	C	8.96$^{de1\gamma}$ ±0.02	9.13$^{de2\beta}$ ±0.07	9.39$^{de3\gamma}$ ±0.02	9.62$^{e4\gamma}$ ±0.01	9.80$^{e5\gamma}$ ±0.00	9.91$^{e6\gamma}$ ±0.01	10.13$^{e7\beta}$ ±0.00
150	A	8.76$^{cde1\beta}$ ±0.14	8.95$^{cde1\beta}$ ±0.20	9.22$^{def12\beta}$ ±0.18	9.57$^{cde23\beta}$ ±0.24	9.83$^{def34\beta}$ ±0.25	10.08$^{de45\beta}$ ±0.07	10.31$^{ef5\beta}$ ±0.19
	B	8.68$^{e1\alpha}$ ±0.03	8.79$^{f2\alpha}$ ±0.01	8.91$^{f3\alpha}$ ±0.02	9.27$^{f4\alpha}$ ±0.00	9.47$^{f5\alpha}$ ±0.02	9.62$^{f6\alpha}$ ±0.01	9.90$^{f7\alpha}$ ±0.01
	C	9.06$^{ef1\gamma}$ ±0.00	9.25$^{e2\gamma}$ ±0.03	9.53$^{ef3\gamma}$ ±0.07	9.92$^{f4\gamma}$ ±0.01	9.97$^{f4\gamma}$ ±0.01	10.06$^{f5\beta}$ ±0.02	10.34$^{f6\beta}$ ±0.00
180	A	8.86$^{cde1\alpha}$ ±0.14	9.19$^{def12\beta}$ ±0.20	9.46$^{efg23\beta}$ ±0.23	9.80$^{def34\beta}$ ±0.23	10.05$^{efg45\beta}$ ±0.27	10.32$^{ef5\gamma}$ ±0.08	10.51$^{fg5\beta}$ ±0.16
	B	8.87$^{f1\alpha}$ ±0.03	9.02$^{g2\alpha}$ ±0.05	9.15$^{g3\alpha}$ ±0.02	9.51$^{g4\alpha}$ ±0.01	9.68$^{g5\alpha}$ ±0.00	9.84$^{g6\alpha}$ ±0.02	10.12$^{g7\alpha}$ ±0.00
	C	9.16$^{efg1\beta}$ ±0.03	9.42$^{f2\gamma}$ ±0.05	9.71$^{fg3\gamma}$ ±0.04	10.04$^{f4\gamma}$ ±0.01	10.14$^{g5\gamma}$ ±0.01	10.23$^{g6\beta}$ ±0.01	10.57$^{g7\gamma}$ ±0.00
210	A	9.03$^{def1\beta}$ ±0.15	9.35$^{efg12\beta}$ ±0.18	9.66$^{fgh23\beta}$ ±0.21	10.03$^{efg34\beta}$ ±0.26	10.27$^{fgh45\beta}$ ±0.32	10.51$^{fg45\beta}$ ±0.05	10.77$^{gh5\beta}$ ±0.16
	B	8.98$^{f1\alpha}$ ±0.00	9.17$^{h2\alpha}$ ±0.03	9.37$^{h3\alpha}$ ±0.00	9.75$^{h4\alpha}$ ±0.00	9.94$^{h5\alpha}$ ±0.01	10.07$^{h6\alpha}$ ±0.02	10.33$^{h7\alpha}$ ±0.02
	C	9.23$^{fg1\gamma}$ ±0.02	9.54$^{fg2\gamma}$ ±0.04	9.80$^{g3\beta}$ ±0.09	10.25$^{g4\gamma}$ ±0.01	10.34$^{h5\gamma}$ ±0.01	10.53$^{h6\beta}$ ±0.00	10.74$^{h7\beta}$ ±0.01
270	A	9.17$^{efg1\alpha}$ ±0.14	9.51$^{fg12\beta}$ ±0.19	9.86$^{ghi23\beta}$ ±0.21	10.19$^{fg34\beta}$ ±0.26	10.45$^{gh45\beta}$ ±0.29	10.68$^{gh5\beta}$ ±0.06	10.91$^{ghi5\beta}$ ±0.15
	B	9.13$^{g1\alpha}$ ±0.01	9.34$^{i2\alpha}$ ±0.05	9.59$^{i3\alpha}$ ±0.00	9.96$^{i4\alpha}$ ±0.01	10.18$^{i5\alpha}$ ±0.00	10.30$^{i6\alpha}$ ±0.01	10.56$^{i7\alpha}$ ±0.02
	C	9.34$^{gh1\beta}$ ±0.02	9.65$^{g2\gamma}$ ±0.03	10.04$^{h3\beta}$ ±0.01	10.41$^{h4\gamma}$ ±0.01	10.51$^{i5\gamma}$ ±0.00	10.68$^{i6\beta}$ ±0.00	10.90$^{i7\beta}$ ±0.02
330	A	9.35$^{fg1\beta}$ ±0.18	9.70$^{g12\beta}$ ±0.18	10.10$^{hi123\beta}$ ±0.22	10.37$^{g34\beta}$ ±0.23	10.64$^{gh45\beta}$ ±0.28	10.86$^{hi5\beta}$ ±0.03	11.10$^{hi5\beta}$ ±0.18
	B	9.26$^{g1\alpha}$ ±0.01	9.52$^{j2\alpha}$ ±0.04	9.83$^{j3\alpha}$ ±0.01	10.14$^{j4\alpha}$ ±0.00	10.37$^{j5\alpha}$ ±0.01	10.57$^{j6\alpha}$ ±0.01	10.82$^{j7\alpha}$ ±0.01
	C	9.47$^{hi1\gamma}$ ±0.00	9.81$^{h2\beta}$ ±0.06	10.23$^{i3\gamma}$ ±0.00	10.53$^{h4\gamma}$ ±0.00	10.69$^{j5\gamma}$ ±0.01	10.83$^{j6\beta}$ ±0.00	11.11$^{j7\beta}$ ±0.06
390	A	9.50$^{g1\beta}$ ±0.15	9.84$^{g12\beta}$ ±0.17	10.24$^{i23\beta}$ ±0.27	10.56$^{g34\beta}$ ±0.20	10.78$^{h4\beta}$ ±0.24	11.03$^{i45\beta}$ ±0.01	11.26$^{i5\beta}$ ±0.20
	B	9.42$^{h1\alpha}$ ±0.03	9.67$^{k2\alpha}$ ±0.06	9.96$^{k3\alpha}$ ±0.00	10.31$^{k4\alpha}$ ±0.00	10.49$^{k5\alpha}$ ±0.03	10.80$^{k6\alpha}$ ±0.01	11.07$^{k7\alpha}$ ±0.02
	C	9.61$^{i1\gamma}$ ±0.01	9.92$^{h2\beta}$ ±0.05	10.37$^{i3\gamma}$ ±0.02	10.70$^{i4\gamma}$ ±0.00	10.81$^{k5\beta}$ ±0.01	11.01$^{k6\beta}$ ±0.02	11.31$^{k7\beta}$ ±0.01

A: Normal ıslatma, B: %50 Genlikte Ultrason, C: %100 Genlikte Ultrason
Çizelgede aynı sütunda (ultrasonsuz, %50 US ve %100 US (α, β ve γ)), (a-k süre) farklı harfle ve aynı satırda farklı rakamla (1-7 sıcaklık) gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemlidir.

Çizelge 4.8. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-90 °C) %De (yüzde eşdeğer çap) değerleri değişimi

Süre (dk)	Ön işlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
0	A	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00
	B	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00
	C	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00
30	A	3.16$^{b1\alpha}$ ±0.16	6.06$^{b2\alpha}$ ±0.46	7.93$^{b3\alpha}$ ±0.79	9.57$^{b4\alpha}$ ±0.45	12.26$^{b5\alpha}$ ±0.42	15.88$^{b6\alpha}$ ±0.73	18.25$^{b7\alpha}$ ±0.97
	B	3.57$^{ab1\alpha}$ ±1.50	6.29$^{b2\alpha}$ ±0.42	8.17$^{b23\alpha}$ ±0.82	9.64$^{b3\alpha}$ ±0.36	12.51$^{b4\alpha}$ ±1.57	15.82$^{b5\alpha}$ ±0.60	17.50$^{b5\alpha}$ ±0.51
	C	8.81$^{b1\beta}$ ±1.92	14.00$^{b2\beta}$ ±2.11	15.72$^{b23\beta}$ ±0.67	17.84$^{b23\beta}$ ±2.69	19.65$^{b34\beta}$ ±2.46	23.44$^{b45\beta}$ ±0.10	25.23$^{b5\beta}$ ±0.23
60	A	5.15$^{b1\alpha}$ ±0.19	7.72$^{bc2\alpha}$ ±0.19	10.03$^{c3\alpha}$ ±0.81	12.34$^{c4\alpha}$ ±0.36	15.99$^{c5\alpha}$ ±0.89	18.96$^{bc6\alpha}$ ±0.71	21.52$^{c7\alpha}$ ±1.10
	B	9.17$^{bc1\beta}$ ±3.21	11.23$^{c1\alpha}$ ±0.50	11.59$^{c1\alpha}$ ±0.84	12.68$^{c1\alpha}$ ±0.95	16.60$^{c2\alpha}$ ±1.63	19.24$^{c23\alpha}$ ±0.50	21.71$^{c3\alpha}$ ±0.11
	C	14.31$^{bc1\gamma}$ ±5.56	19.98$^{c12\beta}$ ±2.00	21.38$^{bc2\beta}$ ±1.89	22.34$^{bc23\beta}$ ± 3.25	25.37$^{c234\beta}$ ± 2.06	28.55$^{c34\beta}$ ±0.22	30.71$^{c4\beta}$ ±0.15
90	A	8.13$^{c1\alpha}$ ±0.36	9.43$^{c1\alpha}$ ±0.02	12.33$^{d2\alpha}$ ±0.83	16.04$^{d3\alpha}$ ±0.66	19.60$^{d4\alpha}$ ±0.50	22.77$^{cd5\alpha}$ ±1.02	24.74$^{d6\alpha}$ ±1.14
	B	12.02$^{cd1\alpha\beta}$ ±3.16	14.00$^{d12\beta}$ ±1.16	14.56$^{d12\alpha}$ ±0.96	17.43$^{d2\alpha}$ ±1.11	21.16$^{d3\alpha}$ ±1.48	23.94$^{d34\beta}$ ±0.30	26.09$^{d4\beta}$ ±0.50
	C	18.24$^{cd1\beta}$ ±3.52	22.49$^{cd12\gamma}$ ± 2.43	24.49$^{cd23\beta}$ ± 2.68	26.11$^{cd234\beta}$ ±3.27	28.93$^{cd345\beta}$ ±2.29	31.95$^{d45\gamma}$ ±0.02	33.98$^{d5\gamma}$ ±0.08
120	A	10.57$^{d1\alpha}$ ±1.26	12.12$^{d1\alpha}$ ±0.34	15.27$^{e2\alpha}$ ±0.83	19.33$^{e3\alpha}$ ±0.65	23.08$^{e4\alpha}$ ±0.53	26.17$^{de5\alpha}$ ±1.74	28.93$^{e6\alpha}$ ±1.35
	B	13.29$^{cde1\beta}$ ±3.11	15.74$^{e12\beta}$ ±1.20	17.49$^{e2\alpha}$ ±1.15	21.10$^{e3\alpha}$ ±0.77	25.33$^{e4\alpha}$ ±1.38	28.21$^{e45\beta}$ ±1.00	31.05$^{e5\beta}$ ±0.37
	C	20.58$^{de1\gamma}$ ±2.37	23.71$^{cde12\gamma}$ ±2.34	26.43$^{cd2\beta}$ ±3.35	28.88$^{cde23\beta}$ ±3.39	33.12$^{de34\beta}$ ± 2.26	35.15$^{e4\gamma}$ ±0.19	38.25$^{e4\gamma}$ ±0.07
150	A	12.04$^{de1\alpha}$ ±1.36	14.53$^{e1\alpha}$ ±0.63	18.03$^{f2\alpha}$ ±1.02	22.42$^{f3\alpha}$ ±0.41	25.81$^{f4\alpha}$ ±0.35	29.05$^{ef5\alpha}$ ±2.77	31.87$^{ef5\alpha}$ ±1.27
	B	15.00$^{cdef1\beta}$ ±3.08	17.56$^{f12\alpha\beta}$ ±0.92	20.25$^{f2\alpha}$ ±1.18	24.43$^{f3\alpha}$ ±1.26	28.32$^{ef4\alpha}$ ±1.60	31.21$^{f45\beta}$ ±0.76	34.76$^{f5\beta}$ ±0.11
	C	21.96$^{def1\gamma}$ ±2.09	25.35$^{def12\beta}$ ±1.88	28.32$^{cde23\beta}$ ±4.12	32.93$^{def34\beta}$ ±3.57	35.47$^{ef45\beta}$ ±2.26	37.27$^{f45\gamma}$ ±0.24	41.11$^{f5\gamma}$ ±0.16
180	A	13.31$^{ef1\alpha}$ ±1.46	17.63$^{f2\alpha}$ ±0.76	21.05$^{g3\alpha}$ ±0.53	25.40$^{g4\alpha}$ ±0.58	28.61$^{g4\alpha}$ ±0.22	32.08$^{fg5\alpha}$ ±2.67	34.53$^{f5\alpha}$ ±1.73
	B	17.53$^{defg1\beta}$ ±3.14	20.65$^{g12\alpha\beta}$ ± 0.44	23.48$^{g2\alpha\beta}$ ±1.71	27.64$^{g3\alpha\beta}$ ±1.27	32.55$^{fg34\alpha}$ ±1.92	34.32$^{g45\beta}$ ±0.60	37.78$^{g5\beta}$ ±0.02
	C	23.29$^{defg1\gamma}$ ±1.66	27.62$^{efg12\beta}$ ±2.20	30.71$^{def23\beta}$ ±3.82	34.51$^{efg34\beta}$ ±3.55	37.76$^{efg4\beta}$ ±2.56	39.59$^{g45\gamma}$ ±0.16	44.31$^{g5\gamma}$ ±0.19
210	A	15.48$^{fg1\alpha}$ ±1.36	19.62$^{g2\alpha}$ ±1.04	23.62$^{h3\alpha}$ ±0.84	28.25$^{h4\alpha}$ ±0.33	31.39$^{h45\alpha}$ ±0.38	34.48$^{fgh56\alpha}$ ±3.18	37.83$^{g6\alpha}$ ±1.83
	B	18.94$^{efgh1\beta}$ ±2.76	22.72$^{h2\alpha\beta}$ ±0.71	26.51$^{h3\alpha\beta}$ ±1.48	30.87$^{h4\alpha\beta}$ ±1.43	34.73$^{gh5\alpha}$ ±1.88	37.48$^{h56\beta}$ ±0.62	40.68$^{h6\beta}$ ±0.12
	C	24.27$^{defg1\gamma}$ ±1.84	29.26$^{fgh12\beta}$ ±2.07	31.96$^{ef23\beta}$ ±4.45	37.34$^{fgh34\beta}$ ±3.61	40.55$^{fgh45\beta}$ ±2.33	43.69$^{h5\gamma}$ ±0.05	46.60$^{h5\gamma}$ ±0.02
270	A	17.33$^{gh1\alpha}$ ±1.48	21.63$^{h2\alpha}$ ±0.97	26.17$^{i3\alpha}$ ±0.87	30.38$^{i4\alpha}$ ±0.36	33.71$^{i45\alpha}$ ±0.05	36.65$^{ghi56\alpha}$ ±3.08	39.60$^{gh6\alpha}$ ±1.97
	B	21.02$^{fgh1\alpha\beta}$ ±2.94	24.96$^{i2\alpha\beta}$ ±0.47	29.36$^{i3\alpha\beta}$ ±1.48	33.60$^{i4\alpha\beta}$ ±1.49	37.90$^{hi5\alpha\beta}$ ±2.03	40.56$^{i56\beta}$ ±0.82	43.81$^{i6\beta}$ ±0.39
	C	25.66$^{efg1\beta}$ ±1.87	30.71$^{ghi12\beta}$ ±1.86	35.17$^{fg23\beta}$ ± 3.54	39.51$^{fgh34\beta}$ ±3.49	42.87$^{ghi45\beta}$ ±2.52	45.69$^{i56\gamma}$ ±0.04	48.86$^{i6\gamma}$ ±0.17

Çizege 4.8. Devamı

Süre (dk)	Ön işlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
330	A	19.58$^{hi1\alpha}$ ±1.10	24.09$^{i2\alpha}$ ±1.22	29.24$^{j3\alpha}$ ±0.84	32.66$^{j34\alpha}$ ±0.75	36.12$^{j45\alpha}$ ±0.22	39.00$^{hi56\alpha}$ ±3.49	42.06$^{hi6\alpha}$ ±1.74
	B	22.66$^{gh1\alpha\beta}$ ±2.96	27.40$^{i2\alpha\beta}$ ±0.66	32.62$^{j3\alpha\beta}$ ±1.41	36.04$^{ij3\alpha\beta}$ ±1.45	40.55$^{ij4\beta}$ ±2.04	44.30$^{j45\beta}$ ±0.77	47.34$^{j5\beta}$ ±0.17
	C	27.53$^{fg1\beta}$ ±2.21	32.98$^{hi12\beta}$ ±2.31	37.75$^{fg23\beta}$ ±3.44	41.04$^{gh34\beta}$ ±3.62	45.28$^{hi45\gamma}$ ±2.68	47.79$^{j56\gamma}$ ±0.07	51.66$^{j6\gamma}$ ±0.99
390	A	21.51$^{i1\alpha}$ ±1.53	25.86$^{i2\alpha}$ ±1.42	31.03$^{k3\alpha}$ ±0.20	35.09$^{k34\alpha}$ ±1.20	37.91$^{k45\alpha}$ ±0.84	41.11$^{i56\alpha}$ ±3.79	44.08$^{i6\alpha}$ ±1.53
	B	24.88$^{h1\alpha\beta}$ ±2.54	29.40$^{k2\alpha\beta}$ ±0.40	34.45$^{j3\alpha\beta}$ ±1.65	38.30$^{j4\alpha\beta}$ ±1.51	42.16$^{j5\beta}$ ±1.81	47.39$^{k6\beta}$ ±1.19	50.70$^{k6\beta}$ ±0.37
	C	29.35$^{g1\beta}$ ±2.32	34.48$^{i12\beta}$ ±2.25	39.59$^{g23\beta}$ ±3.24	43.38$^{h34\beta}$ ±3.68	46.84$^{i45\gamma}$ ±2.44	50.15$^{k56\gamma}$ ±0.21	54.34$^{k6\gamma}$ ±0.03

A: Normal ıslatma, B: %50 Genlikte Ultrason, C: %100 Genlikte Ultrason
Çizelgede aynı sütunda (ultrasonsuz, %50 US ve %100 US (α, β ve γ)), (a-k süre) farklı harfle ve aynı satırda farklı rakamla (1-7 sıcaklık) gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemlidir.

Çizelge 4.8'de börülcenin normal ıslatma/pişirme yüzde eşdeğer çapları (D_e) incelendiğinde 120 dk sabit bir süre için sıcaklık 30-90^{o}C aralığında bu değer 10.57'den 28.93'e artmıştır; 330 dk gibi sabit bir sürede sıcaklıkta 30-90^{o}C'ye kadar artarken %T değeri 19.58'den 42.06'ya kadar artmıştır. %50 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirme 120 dk'da gibi sabit sürede sıcaklık 30-90^{o}C'ye kadar artarken %T değeri 13.29'dan 31.05'e artmıştır; 330dk sabit sürede 30-90^{o}C'ye artarken bu değer 22.66'tan 47.34'e kadar arttığı gözlemlenmiştir. %100 genlikteki ultrasonlu ıslatma/pişirmede 120 dk'daki sabit bir sürede 30-90^{o}C aralığında sıcaklık artarken %De değeri 20.58'den 38.25'e artmıştır; benzer şekilde 330 dk sabit sürede 30-90^{o}C'ye artarken bu değer 27.53'ten 51.66'a kadar artmıştır. Bütün parametrelerde benzer şekilde sıcaklığın arttışı D_e değerini arttırmıştır (Çizelge 4.7., 4.8.).

Sabit sıcaklık ve sürede 80^{o}C ve 390 dk gibi normal, %50 ve %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirme %D_e değeri sırasıyla 41.11, 42.16 ve 46.84; 40^{o}C ve 180 dk'daki değerler sırasıyla 17.63, 20.65 ve 27.62 şeklinde arttığı Çizelge 4.8'de görülmektedir. Ultrason uygulaması diğer bütün parametreleri benzer şekilde %D_e değerini arttırmıştır. En çok börülcenin eşdeğer çap artışı süre ve sıcaklığın artışıyla birlikte %100 ultrasonlu ıslama olurken bunu sırasıyla %50 ultrasonlu ıslatma ve normal ıslatma takip etmektedir.

4.1.5. Hacim (V) ve hacimdeki yüzde değişim oranı (%V)

Sabit bir sıcaklıkta 30°C gibi börülceye normal ıslatma/pişirme sonucunda süre 30-390 dk aralığında artarken %V değeri 9.80'den 79.44'e artmıştır; 70°C'deki sabit sıcaklıkta süre 90-330 dk'ya artarken bu değer 71.08'den 152.23'e kadar arttığı gözlemlenmiştir. %50 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirmede 30°C gibi sabit sıcaklıkta süre 30-390 dk aralığında %V değeri 11.14'ten 94.89'a artmıştır; 70°C'deki sabit sıcaklıkta süre 90-330 dk aralığında bu değer 77.89'den 177.74'e kadar artmıştır. %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirmede benzer şekilde 30°C gibi sabit sıcaklıkta süre 30-390 dk'ya artarken %V değeri 28.94'ten 116.59'a artmıştır; 70°C'deki sabit sıcaklıkta süre 90-330 dk aralığınada bu değer 114.50'ten 206.89'a kadar arttığı gözlemlenmiştir. Sürenin arttışıyla beraber börülce hacminde artışa neden olmuştur (Çizelge 4.9., 4.10.).

Çizelge 4.9. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-90 °C) V (hacim) değerleri değişimi

Süre (dk)	Ön işlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
0	A	250.26$^{a1\alpha}$ ±21.14	250.26$^{a1\beta}$ ±21.14	250.26$^{a1\beta}$ ±21.14	250.26$^{a1\alpha}$ ±21.14	250.26$^{a1\beta}$ ±21.14	250.26$^{a1\beta}$ ±21.14	250.26$^{a1\beta}$ ±21.14
	B	225.27$^{a1\alpha}$ ±15.73	218.53$^{a1\alpha}$ ±6.20	213.03$^{a1\alpha}$ ±7.62	216.81$^{a1\alpha}$ ±6.83	210.51$^{a1\alpha}$ ±9.53	206.00$^{a1\alpha}$ ±4.17	207.40$^{a1\alpha}$ ±0.37
	C	214.70$^{a1\alpha}$ ±11.34	210.40$^{a1\alpha}$ ±7.09	214.89$^{a1\alpha}$ ±16.17	217.91$^{a1\alpha}$ ±17.25	208.69$^{a1\alpha}$ ±11.05	206.04$^{a1\alpha}$ ±0.07	205.35$^{a1\alpha}$ ±0.68
30	A	274.72$^{ab1\beta}$ ±21.96	298.43$^{ab12\beta}$ ±21.37	314.40$^{b12\beta}$ ±19.65	332.65$^{b123\beta}$ ±24.01	353.92$^{b23\beta}$ ±25.93	389.13$^{b34\beta}$ ±25.54	413.46$^{b4\gamma}$ ±24.75
	B	250.00$^{b1\alpha}$ ±6.64	262.40$^{b2\alpha}$ ±4.30	269.51$^{b2\alpha}$ ±3.51	285.72$^{b3\alpha}$ ±6.18	299.63$^{b4\alpha}$ ±1.03	320.03$^{b5\alpha}$ ±1.46	336.42$^{b6\alpha}$ ±3.74
	C	276.43$^{b1\beta}$ ±0.43	311.60$^{b2\beta}$ ±6.58	332.71$^{b3\beta}$ ±18.91	355.97$^{b4\gamma}$ ±2.92	357.23$^{b4\beta}$ ±3.52	387.63$^{b5\beta}$ ±0.95	403.96$^{b5\beta}$ ±1.10
60	A	290.91$^{abc1\alpha}$±22.97	312.84$^{b12\alpha}$ ±28.04	333.10$^{bc123\beta}$±20.84	354.67$^{bc23\beta}$ ±26.59	390.23$^{bc34\beta}$ ±24.03	420.99$^{b4\beta}$ ±27.99	448.67$^{bc4\beta}$ ±25.72
	B	292.54$^{c1\alpha}$ ±5.35	300.65$^{c1\alpha}$ ±4.51	295.91$^{c1\alpha}$ ±3.93	310.05$^{c2\alpha}$ ±1.93	333.47$^{c3\alpha}$ ±1.10	349.21$^{c4\alpha}$ ±2.69	373.88$^{c5\alpha}$ ±0.33
	C	320.71$^{c1\alpha}$ ±30.33	363.25$^{c2\beta}$ ±5.64	383.66$^{c23\gamma}$± 10.55	398.26$^{c3\gamma}$ ±1.16	410.94$^{c34\gamma}$± 1.08	437.88$^{c45\gamma}$ ±2.21	459.30$^{c5\gamma}$ ±0.27
90	A	316.28$^{bcd1\alpha}$±23.57	327.90$^{bc12\alpha}$±27.53	354.38$^{bcd12\beta}$±22.15	390.82$^{bcd23\beta}$±26.32	427.93$^{bcd34\beta}$±30.82	462.64$^{c4\beta}$ ±27.53	485.27$^{cd4\beta}$ ±27.77
	B	316.13$^{d1\alpha}$ ±4.70	323.69$^{d1\alpha}$ ±0.70	320.17$^{d1\alpha}$ ±3.42	350.96$^{d2\alpha}$ ±1.11	374.17$^{d3\alpha}$ ±3.18	392.17$^{d4\alpha}$ ±5.13	415.81$^{d5\alpha}$ ±4.21
	C	354.70$^{d1\beta}$ ±13.44	386.45$^{d2\beta}$ ±9.71	413.86$^{d3\gamma}$ ±3.96	436.23$^{d4\gamma}$ ±0.46	447.00$^{d4\gamma}$ ±0.68	473.45$^{d5\gamma}$ ±0.20	494.64$^{d6\gamma}$ ±0.59

Çizelge 4.9. Devamı

Süre (dk)	Önişlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
120	A	337.89$^{cde1\alpha}$ ±17.02	352.59$^{bcd1\alpha}$ ±26.61	382.98$^{cde12\beta}$ ±24.06	424.94$^{cde23\beta}$ ±28.97	466.42$^{cde34\beta}$ ±33.38	501.88$^{cd45\beta}$ ±21.72	535.69$^{de5\beta}$ ±28.44
	B	326.97$^{d1\alpha}$ ±4.06	338.68$^{e2\alpha}$ ±0.95	345.40$^{e2\alpha}$ ±2.22	384.93$^{e3\alpha}$ ±4.79	414.16$^{e4\alpha}$ ±5.04	434.05$^{e5\alpha}$ ±1.36	466.78$^{e6\alpha}$ ±3.09
	C	376.15$^{de1\beta}$ ±2.86	398.18$^{d2\beta}$ ±8.86	433.39$^{de3\gamma}$ ±2.26	465.55$^{e4\gamma}$ ±1.05	491.94$^{e5\gamma}$ ±0.47	508.78$^{e6\gamma}$ ±2.11	543.48$^{e7\gamma}$ ±0.69
150	A	351.47$^{de1\beta}$ ±16.92	375.74$^{cde1\beta}$ ±25.60	411.08$^{def12\beta}$ ±24.12	458.93$^{def23\beta}$ ±34.22	498.24$^{def34\beta}$ ±37.91	536.76$^{de45\beta}$ ±10.86	573.31$^{ef5\beta}$ ±31.86
	B	341.99$^{e1\alpha}$ ±3.62	354.95$^{f2\alpha}$ ±1.72	370.31$^{f3\alpha}$ ±2.34	417.52$^{f4\alpha}$ ±0.52	444.52$^{f5\alpha}$ ±3.51	465.27$^{f6\alpha}$ ±1.36	507.60$^{f7\alpha}$ ±2.19
	C	389.21$^{ef1\gamma}$ ±0.04	414.22$^{e2\gamma}$ ±4.38	453.06$^{e3\gamma}$ ±9.96	510.85$^{f4\gamma}$ ±1.93	518.48$^{f4\gamma}$ ±0.93	533.08$^{f5\beta}$ ±2.78	577.91$^{f6\gamma}$ ±0.31
180	A	363.59$^{def1\alpha}$ ±16.71	406.98$^{def12\beta}$ ±26.55	443.70$^{efg23\beta}$ ±31.70	493.28$^{efg34\beta}$ ±34.86	532.33$^{efg45\beta}$ ±42.30	575.58$^{ef56\gamma}$ ±13.72	608.46$^{fg6\beta}$ ±28.03
	B	365.08$^{f1\alpha}$ ±3.77	383.76$^{g2\alpha}$ ±6.67	400.91$^{g3\alpha}$ ±2.35	450.69$^{g4\alpha}$ ±0.79	474.97$^{g5\alpha}$ ±0.63	499.17$^{g6\alpha}$ ±3.43	542.43$^{g7\alpha}$ ±0.70
	C	402.15$^{fg1\beta}$ ±4.42	437.15$^{f2\gamma}$ ±7.58	478.87$^{f3\gamma}$ ±6.40	529.29$^{g4\gamma}$ ±1.26	545.24$^{g5\gamma}$ ±2.07	560.58$^{g6\beta}$ ±1.94	618.17$^{g7\gamma}$ ±0.60
210	A	384.95$^{efg1\beta}$ ±18.95	427.90$^{efg12\beta}$ ±24.98	472.43$^{fg23\beta}$ ±30.33	527.80$^{ghi34\beta}$ ±40.58	567.85$^{fgh45\beta}$ ±52.85	607.36$^{fg56\beta}$ ±8.27	654.30$^{gh6\gamma}$ ±29.26
	B	378.45$^{g1\alpha}$ ±0.11	403.83$^{h2\alpha}$ ±4.40	431.14$^{h3\alpha}$ ±0.26	485.76$^{h4\alpha}$ ±0.65	514.51$^{h5\alpha}$ ±1.80	535.17$^{h6\alpha}$ ±3.55	577.39$^{h7\alpha}$ ±2.52
	C	411.77$^{fg1\gamma}$ ±2.89	454.15$^{g2\gamma}$ ±6.17	492.68$^{f3\beta}$ ±13.23	563.35$^{h4\gamma}$ ±1.20	579.08$^{h5\gamma}$ ±1.29	611.50$^{h6\beta}$ ±0.61	648.10$^{h7\beta}$ ±1.61
270	A	403.64$^{fgh1\alpha}$ ±18.82	449.92$^{fgh12\beta}$ ±27.23	502.27$^{gh23\beta}$ ±32.03	554.53$^{ijk34\beta}$ ±42.24	598.22$^{gh45\beta}$ ±49.92	637.24$^{gh56\beta}$ ±10.84	679.88$^{h6\beta}$ ±28.73
	B	398.60$^{h1\alpha}$ ±1.21	426.34$^{i2\alpha}$ ±7.31	460.92$^{i3\alpha}$ ±0.65	516.80$^{i4\alpha}$ ±1.03	551.67$^{i5\alpha}$ ±0.58	572.04$^{i6\alpha}$ ±1.52	616.81$^{i7\alpha}$ ±3.93
	C	425.77$^{gh1\beta}$ ±2.90	469.66$^{g2\gamma}$ ±3.90	529.66$^{g3\gamma}$ ±2.35	590.55$^{i4\gamma}$ ±1.04	608.24$^{i5\gamma}$ ±0.61	637.29$^{i6\beta}$ ±0.55	678.46$^{i7\beta}$ ±4.33
330	A	427.47$^{gh1\beta}$ ±24.36	477.63$^{gh12\beta}$ ±26.32	539.84$^{h123\beta}$ ±35.07	583.89$^{jk34\beta}$ ±39.45	631.11$^{h45\beta}$ ±50.27	670.57$^{hi56\beta}$ ±6.13	716.60$^{hi6\beta}$ ±34.28
	B	415.03$^{i1\alpha}$ ±1.05	451.76$^{j2\alpha}$ ±5.79	496.74$^{j3\alpha}$ ±1.89	545.62$^{j4\alpha}$ ±0.26	584.11$^{j5\alpha}$ ±0.97	618.88$^{j6\alpha}$ ±2.56	663.44$^{j7\alpha}$ ±1.10
	C	445.05$^{hi1\gamma}$ ±0.27	494.50$^{h2\beta}$ ±8.69	560.53$^{h3\gamma}$ ±0.36	610.26$^{j4\gamma}$ ±0.11	639.51$^{j5\gamma}$ ±2.17	665.32$^{j6\beta}$ ±0.91	717.52$^{j7\beta}$ ±12.02
390	A	448.34$^{h1\beta}$ ±21.00	498.36$^{h12\beta}$ ±25.31	562.87$^{h23\beta}$ ±45.04	616.35$^{k34\beta}$ ±35.70	656.02$^{h45\beta}$ ±43.41	701.53$^{i56\beta}$ ±2.76	747.65$^{i6\beta}$ ±39.44
	B	438.10$^{j1\alpha}$ ±3.86	473.45$^{k2\alpha}$ ±8.99	517.56$^{k3\alpha}$ ±0.55	573.27$^{k4\alpha}$ ±0.71	604.46$^{k5\alpha}$ ±4.33	659.53$^{k6\alpha}$ ±2.66	709.83$^{k7\alpha}$ ±3.95
	C	464.33$^{i1\gamma}$ ±1.08	511.46$^{i2\beta}$ ±7.99	583.40$^{i3\gamma}$ ±2.63	641.12$^{k4\gamma}$ ±0.19	660.33$^{k5\beta}$ ±1.33	697.63$^{k6\beta}$ ±2.88	756.13$^{k7\beta}$ ±1.81

A: Normal ıslatma, B: %50 Genlikte Ultrason, C: %100 Genlikte Ultrason
Çizelgede aynı sütunda (ultrasonsuz, %50 US ve %100 US (α, β ve γ)), (a-k süre) farklı harfle ve aynı satırda farklı rakamla (1-7 sıcaklık) gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemlidir.

Börülcelere 60 dk gibi sabit bir sürede 30-90°C aralığında normal ıslatma/pişirme sonucu hacimindeki yüzde değişimi (%V) 16.27'den 79.49'a kadar

artmıştır. 180 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-90°C'ye artarken bu değer 54.05'ten 161.89'a kadar yükselmiştir.

%50 ultrasonlu ıslatma/pişrmede 60 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30 °C'den 90°C'ye artarken %V değeri 30.26'dan 80.27'ye artmıştır. Aynı şekilde 180 dk sabit sürede 30-90°C aralığındaki değer 62.52'den 161.54'e kadar arttığı gözlemlenmiştir.

%100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirmede de benzer şekilde 60 dk sabit sürede aynı sıcaklık artış aralığında %V değeri 49.96'dan 123.67'ye artmıştır. 180 dk'da sürede ise sıcaklık 30°C'den 90°C'ye artarken %V değeri 87.52'den 201.03'e kadar arttığı gözlemlenmiştir. Diğer süreler için de benzer şekilde sıcaklık arttışıyla beraber hacim arttışı olduğu saptanmıştır. Sıcaklık, %hacim değişmini istatiksel olarak ($P \leq 0.05$) etkilemiş ve tanelerde şişme olmuştur (Çizelge 4.9., 4.10.).

Çizelge 4.10. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-90 °C) %V (yüzde hacim) değerleri değişimi

Süre (dk)	Ön işlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
0	A	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00
	B	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00
	C	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.00^{a1\alpha}$ ±0.00
30	A	$9.80^{b1\alpha}$ ±0.50	$19.31^{b2\alpha}$ ±1.54	$25.75^{b3\alpha}$ ±2.77	$32.99^{b4\alpha}$ ±1.64	$41.49^{b5\alpha}$ ±1.59	$55.62^{b6\alpha}$ ±2.94	$65.38^{b7\alpha}$ ±4.08
	B	$11.14^{ab1\alpha}$ ±4.81	$20.09^{b2\alpha}$ ±1.44	$26.56^{b23\alpha}$ ±2.88	$31.80^{b3\alpha}$ ±1.31	$42.47^{b4\alpha}$ ±5.96	$55.38^{b5\alpha}$ ±2.43	$62.21^{b5\alpha}$ ±2.09
	C	$28.94^{b1\beta}$ ±7.01	$48.24^{b2\beta}$ ±8.12	$54.94^{b23\beta}$ ±2.86	$63.82^{b23\beta}$ ±11.62	$71.46^{b34\beta}$ ±10.77	$88.14^{b45\beta}$ ±0.52	$96.72^{b5\beta}$ ±1.19
60	A	$16.27^{b1\alpha}$ ±0.64	$24.98^{bc2\alpha}$ ±0.65	$33.23^{c3\alpha}$ ±2.93	$41.78^{c4\alpha}$ ±1.35	$56.08^{c5\alpha}$ ±3.58	$68.35^{b6\alpha}$ ±3.04	$79.49^{bc7\alpha}$ ±4.89
	B	$30.26^{bc1\alpha\beta}$ ±11.47	$37.60^{c1\beta}$ ±1.84	$38.96^{bc1\alpha}$ ±3.13	$43.07^{b1\alpha}$ ±3.62	$58.56^{b2\alpha}$ ±6.65	$69.55^{c23\alpha}$ ±2.12	$80.27^{c3\alpha}$ ±0.48
	C	$49.96^{bc1\beta}$ ±22.05	$72.79^{c12\gamma}$ ±8.50	$78.86^{bc2\beta}$ ±8.55	$83.36^{bc2\beta}$ ±15.05	$97.17^{bc23\beta}$ ±9.93	$112.52^{c3\beta}$ ±1.01	$123.67^{c3\beta}$ ±0.87
90	A	$26.43^{c1\alpha}$ ±1.26	$31.03^{c1\alpha}$ ±0.07	$41.74^{d2\alpha}$ ±3.13	$56.28^{d3\alpha}$ ±2.68	$71.08^{d4\alpha}$ ±2.14	$85.06^{abc5\alpha}$ ±4.63	$94.13^{c6\alpha}$ ±5.31
	B	$40.75^{cd1\beta}$ ±11.91	$48.19^{d12\beta}$ ±4.52	$50.36^{cd12\alpha}$ ±3.77	$61.95^{c2\alpha\beta}$ ±4.59	$77.89^{c3\alpha}$ ±6.54	$90.39^{d34\beta}$ ±1.36	$100.49^{d4\beta}$ ±2.39
	C	$65.60^{cd1\gamma}$ ±15.01	$83.86^{cd12\gamma}$ ±10.81	$93.08^{bcd123\beta}$ ±12.69	$100.83^{bcd23\beta}$ ±16.11	$114.50^{cd34\beta}$ ±11.68	$129.79^{d4\gamma}$ ±0.17	$140.88^{d4\gamma}$ ±0.51
120	A	$35.21^{cd1\alpha}$ ±4.62	$40.94^{d1\alpha}$ ±1.27	$53.17^{e2\alpha}$ ±3.33	$69.92^{e3\alpha}$ ±2.78	$86.47^{e4\alpha}$ ±2.42	$100.89^{cd5\alpha}$ ±8.29	$114.34^{d6\alpha}$ ±6.74
	B	$45.56^{cde1\beta}$ ±11.97	$55.05^{e12\alpha}$ ±4.83	$62.22^{de2\alpha}$ ±4.76	$77.60^{d3\alpha}$ ±3.39	$96.89^{cd4\alpha\beta}$ ±6.52	$110.76^{e45\beta}$ ±4.93	$125.07^{e5\beta}$ ±1.89
	C	$75.48^{cde1\gamma}$ ±10.60	$89.43^{cde12\beta}$ ±10.59	$102.30^{cd12\beta}$ ±16.28	$114.34^{cd23\beta}$ ±17.45	$136.05^{de34\beta}$ ±12.27	$146.94^{e45\gamma}$ ±0.95	$164.66^{e5\gamma}$ ±0.54

Çizelge 4.10. Devamı

Süre (dk)	Ön işlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
150	A	40.66$^{de1\alpha}$ ±5.12	50.25$^{e12\alpha}$ ±2.46	64.44$^{f2\alpha}$ ±4.25	83.46$^{f3\alpha}$ ±1.82	99.16$^{f4\alpha}$ ±1.68	115.06$^{cde5\alpha}$ ±13.83	129.37$^{de5\alpha}$ ±6.65
	B	52.24$^{cdef1\beta}$ ±12.24	62.48$^{f12\beta}$ ±3.82	73.92$^{e2\alpha\beta}$ ±5.12	92.67$^{e3\alpha\beta}$ ±5.83	111.34$^{def4\alpha\beta}$ ±7.90	125.90$^{f4\beta}$ ±3.91	144.75$^{f5\beta}$ ±0.62
	C	81.54$^{def1\gamma}$ ±9.61	97.02$^{def1\gamma}$ ±8.71	111.61$^{cde12\beta}$ ±20.56	135.21$^{de23\beta}$ ±19.50	148.77$^{ef3\beta}$ ±12.73	158.73$^{f34\gamma}$ ±1.27	181.43$^{f4\gamma}$ ±1.08
180	A	45.52$^{ef1\alpha}$ ±5.62	62.76$^{f2\alpha}$ ±3.14	77.40$^{g2\alpha}$ ±2.32	97.22$^{g3\alpha}$ ±2.73	112.76$^{g3\alpha}$ ±1.07	130.58$^{def4\alpha}$ ±14.00	143.53$^{e4\alpha}$ ±9.37
	B	62.52$^{defg1\beta}$ ±13.02	75.64$^{g12\alpha}$ ±1.93	88.33$^{f2\alpha\beta}$ ±7.84	107.97$^{f3\alpha\beta}$ ±6.19	125.85$^{fg4\alpha\beta}$ ±9.92	142.35$^{g4\beta}$ ±3.24	161.54$^{g5\beta}$ ±0.13
	C	87.52$^{def1\gamma}$ ±7.85	107.95$^{efg12\beta}$ ±10.60	123.59$^{def23\beta}$ ±19.80	143.69$^{efg34\beta}$ ±19.86	161.65$^{ef4\beta}$ ±14.85	172.08$^{g45\gamma}$ ±1.02	201.03$^{g5\gamma}$ ±1.29
210	A	54.05$^{fg1\alpha}$ ±5.44	71.17$^{g12\alpha}$ ±4.48	88.94$^{h2\alpha}$ ±3.84	110.97$^{h3\alpha}$ ±1.61	126.82$^{h34\alpha}$ ±1.95	143.42$^{fgh45\alpha}$ ±17.26	161.89$^{f5\alpha}$ ±10.43
	B	68.40$^{efgh1\beta}$ ±11.71	84.84$^{h1\beta}$ ±3.23	102.51$^{g2\alpha\beta}$ ±7.13	124.17$^{g3\alpha\beta}$ ±7.36	144.64$^{gh4\alpha\beta}$ ±10.21	159.83$^{h4\beta}$ ± 3.53	178.39$^{h5\beta}$ ±0.72
	C	92.02$^{defg1\gamma}$ ±8.80	116.02$^{fgh12\gamma}$ ±10.21	130.16$^{def23\beta}$ ±23.48	159.36$^{fgh34\beta}$ ±21.08	177.85$^{fg45\beta}$ ±14.10	196.79$^{h56\gamma}$ ±0.39	215.61$^{h6\gamma}$ ±0.26
270	A	61.55$^{gh1\alpha}$ ±6.13	79.96$^{h1\alpha}$ ±4.32	100.87$^{i2\alpha}$ ±4.17	121.66$^{i3\alpha}$ ±1.85	139.05$^{i34\alpha}$ ±0.25	155.36$^{ghi45\alpha}$ ±17.24	172.16$^{fg5\alpha}$ ±11.51
	B	77.39$^{fgh1\alpha\beta}$ ±12.93	95.12$^{i1\beta}$ ±2.19	116.50$^{h2\alpha\beta}$ ±7.44	138.49$^{h3\alpha\beta}$ ±7.99	162.32$^{hi4\alpha\beta}$ ±11.59	177.75$^{i4\beta}$ ±4.88	197.40$^{i5\beta}$ ±2.43
	C	98.55$^{efg1\beta}$ ±9.14	123.38$^{ghi12\gamma}$ ±9.37	147.23$^{efg23\beta}$ ±19.70	171.85$^{fgh34\beta}$ ±21.04	191.87$^{gh45\beta}$ ±15.75	209.31$^{i56\gamma}$ ±0.36	230.39$^{i6\gamma}$ ±1.01
330	A	71.01$^{hi1\alpha}$ ±4.71	91.09$^{i1\alpha}$ ±5.62	115.89$^{j2\alpha}$ ±4.23	133.48$^{j23\alpha}$ ±3.96	152.23$^{j34\alpha}$ ±1.22	168.81$^{hi45\alpha}$ ±20.26	186.79$^{gh5\alpha}$ ±10.53
	B	84.70$^{gh1\beta}$ ±13.37	106.77$^{ij2\beta}$ ±3.21	133.31$^{i3\alpha\beta}$ ±7.46	151.79$^{i3\alpha\beta}$ ±8.06	177.74$^{ij4\alpha\beta}$ ±12.11	200.48$^{j5\beta}$ ±4.84	219.89$^{j5\beta}$ ±1.10
	C	107.58$^{fg1\gamma}$ ±11.09	135.23$^{hi12\gamma}$ ±12.05	161.60$^{fg23\beta}$ ±19.85	180.94$^{gh34\beta}$ ±22.29	206.89$^{gh45\beta}$ ±17.29	222.92$^{j56\gamma}$ ±0.54	249.43$^{j6\gamma}$ ±7.01
390	A	79.44$^{i1\alpha}$ ±6.77	99.42$^{j1\alpha}$ ±6.73	124.96$^{k2\alpha}$ ±1.01	146.56$^{k23\alpha}$ ±6.57	162.34$^{k34\alpha}$ ±4.82	181.28$^{i45\alpha}$ ±22.66	199.15$^{h5\alpha}$ ±9.51
	B	94.89$^{h1\beta}$ ±11.90	116.68$^{k2\beta}$ ±2.03	143.11$^{i3\beta}$ ±8.96	164.55$^{i4\alpha\beta}$ ±8.67	187.38$^{j5\alpha\beta}$ ±10.95	220.24$^{k6\beta}$ ±7.77	242.26$^{k7\beta}$ ±2.52
	C	116.59$^{g1\gamma}$ ±11.95	143.29$^{i12\gamma}$ ±11.99	172.22$^{g23\gamma}$ ±19.26	195.15$^{h34\beta}$ ±23.45	216.83$^{h45\beta}$ ±16.14	238.60$^{k56\gamma}$ ±1.29	268.22$^{k6\gamma}$ ±0.34

A: Normal ıslatma, B: %50 Genlikte Ultrason, C: %100 Genlikte Ultrason
Çizelgede aynı sütunda (ultrasonsuz, %50 US ve %100 US (α, β ve γ)), (a-k süre) farklı harfle ve aynı satırda farklı rakamla (1-7 sıcaklık) gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemlidir.

Çizelge 4.10'da 90 dk ve 90°C gibi sabit sıacaklık ve sürede normal, %50 ve %100 genlikteki ultrasonlu ıslatma/pişirmedeki %V değerleri sırasıyla 94.13, 100.49 ve 140.88; 270 dk ve 60°C'deki değerler sırayla 121.66, 138.49 ve 171.85 şeklinde artmıştır. Börülceye %100 genlikte ultrason uygulaması hacmi en çok arttırmıştır. Bu artışı sırasıyla %50 ultrason ve normal ıslatma takip etmektedir. Islatma sırasında hacminin arttışı proteinlerin ve nişastanın su emilimi ile açıklanabilir (Leopold, 1983; Sefa-Dedeh ve Yiadom-Farkye, 1988).

Ultrason uygulaması normal ıslatmaya oranla istediğimiz su almayı daha kısa zamanda ulaşmasını sağlamış olmakla beraber pişirme öncesi işlemi daha da kısaltmaktadır. Ultrason uygulamalarının etkinliği üzerine, kullanılan ultrason dalgasının genliği, uygulama süresi, uygulamanın yapıldığı hacmi, gıdanın bileşimi ve sıcaklık etkili olmaktadır (Vercet ve ark., 1997). Tüm haldeki fasulyede tane iriliğinin (Hunt ve ark., 1993), başlangıç nem miktarının (Smith ve Nash, 1961), tane zarının kalınlığı ve yapısının (Abu-Ghannam ve McKenna, 1997) su absorbsiyon hızını etkilediği önceki çalışmalarda belirtilmiştir. Su absorbsiyonu nedeniyle suyun kütlesinde artış mısır ve sorghum tane hacminde artış göstermiştir (Chung ve ark, 1961; Fan ve ark., 1962). Bayram ve ark. (2004b), soya fasulyesinin ıslatma/pişirme sırasında boyut ve hacimlerinin çalışmamızdakine benzer değişim gösterdikleri görülmektedir.

4.1.6. Küresellik (Φ)

Çizelge 4.11. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-90 °C) küresellik değerleri değişimi

Süre (dk)	Ön işlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
0	A	$0.72^{a1\alpha}$ ±0.04	$0.72^{a1\alpha}$ ±0.04	$0.72^{a1\alpha}$ ±0.04	$0.72^{a1\alpha}$ ±0.04	$0.72^{a1\alpha}$ ±0.04	$0.72^{a1\alpha}$ ±0.04	$0.72^{a1\alpha}$ ±0.04
	B	$0.73^{a1\alpha}$ ±0.01	$0.71^{a1\alpha}$ ±0.01	$0.71^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.71^{a1\alpha}$ ±0.01	$0.71^{a1\alpha}$ ±0.01	$0.71^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.71^{a1\alpha}$ ±0.01
	C	$0.70^{c1\alpha}$ ±0.02	$0.70^{f1\alpha}$ ±0.02	$0.69^{d1\beta}$ ±0.02	$0.70^{fgh1\alpha}$ ±0.02	$0.70^{de1\alpha}$ ±0.01	$0.70^{c1\alpha}$ ±0.00	$0.70^{b1\alpha}$ ±0.00
30	A	$0.73^{a1\beta}$ ±0.04	$0.75^{a1\beta}$ ±0.04	$0.75^{a1\beta}$ ±0.03	$0.76^{ab1\beta}$ ±0.03	$0.77^{ab1\beta}$ ±0.03	$0.78^{b1\beta}$ ±0.03	$0.79^{b1\beta}$ ±0.03
	B	$0.74^{ab1\beta}$ ±0.00	$0.74^{b1\beta}$ ±0.02	$0.75^{bc1\beta}$ ±0.00	$0.76^{b12\beta}$ ±0.01	$0.77^{b23\beta}$ ±0.00	$0.78^{d34\beta}$ ±0.00	$0.80^{c4\beta}$ ±0.00
	C	$0.70^{c3\alpha}$ ±0.00	$0.66^{cde1\alpha}$ ±0.01	$0.66^{abc1\alpha}$ ±0.02	$0.67^{cde12\alpha}$ ±0.01	$0.67^{b12\alpha}$ ±0.00	$0.69^{c23\alpha}$ ±0.00	$0.70^{b3\alpha}$ ±0.00
60	A	$0.74^{a1\alpha}$ ±0.04	$0.75^{a1\beta}$ ±0.04	$0.75^{a1\beta}$ ±0.03	$0.76^{ab1\beta}$ ±0.04	$0.78^{ab1\gamma}$ ±0.03	$0.79^{b1\gamma}$ ±0.03	$0.80^{b1\beta}$ ±0.03
	B	$0.76^{c1\alpha}$ ±0.01	$0.75^{b1\beta}$ ±0.01	$0.76^{bc1\beta}$ ±0.00	$0.76^{b12\beta}$ ±0.00	$0.77^{b2\beta}$ ±0.00	$0.78^{d23\beta}$ ±0.00	$0.80^{c3\beta}$ ±0.00
	C	$0.69^{bc2\alpha}$ ±0.04	$0.64^{a1\alpha}$ ±0.01	$0.64^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.65^{a12\alpha}$ ±0.00	$0.66^{a12\alpha}$ ±0.00	$0.67^{a12\alpha}$ ±0.00	$0.69^{a2\alpha}$ ±0.00
90	A	$0.74^{a1\beta}$ ±0.04	$0.75^{a1\alpha}$ ±0.04	$0.76^{a1\beta}$ ±0.03	$0.78^{ab1\beta}$ ±0.03	$0.79^{ab1\gamma}$ ±0.03	$0.80^{b1\gamma}$ ±0.03	$0.80^{b1\beta}$ ±0.03
	B	$0.75^{b1\beta}$ ±0.00	$0.74^{b1\beta}$ ±0.01	$0.74^{b12\beta}$ ±0.00	$0.76^{b23\beta}$ ±0.00	$0.77^{b34\beta}$ ±0.00	$0.77^{cd4\beta}$ ±0.00	$0.79^{bc5\beta}$ ±0.00
	C	$0.65^{ab12\alpha}$ ±0.02	$0.64^{a1\beta}$ ±0.01	$0.65^{ab1\alpha}$ ±0.00	$0.65^{a12\alpha}$ ±0.00	$0.67^{ab23\alpha}$ ±0.00	$0.68^{b34\alpha}$ ±0.00	$0.70^{b4\alpha}$ ±0.00

Çizelge 4.11. Devamı

Süre (dk)	Ön işlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
120	A	$0.74^{a1\beta}$ ±0.03	$0.75^{a1\beta}$ ±0.04	$0.76^{a1\beta}$ ±0.03	$0.78^{ab1\gamma}$ ±0.03	$0.80^{ab1\gamma}$ ±0.04	$0.80^{b1\gamma}$ ±0.02	$0.81^{b1\gamma}$ ±0.03
	B	$0.75^{b1\beta}$ ±0.00	$0.74^{b1\beta}$ ±0.00	$0.74^{b1\beta}$ ±0.00	$0.76^{b1\beta}$ ±0.01	$0.77^{b2\beta}$ ±0.00	$0.78^{d23\beta}$ ±0.00	$0.78^{bc3\beta}$ ±0.00
	C	$0.64^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.64^{ab1\alpha}$ ±0.01	$0.65^{ab2\alpha}$ ±0.00	$0.66^{ab3\alpha}$ ±0.00	$0.68^{bc4\alpha}$ ±0.00	$0.69^{c5\alpha}$ ±0.00	$0.71^{c6\alpha}$ ±0.00
150	A	$0.74^{a1\beta}$ ±0.02	$0.75^{a12\beta}$ ±0.03	$0.77^{a12\beta}$ ±0.03	$0.79^{ab12\gamma}$ ±0.03	$0.80^{ab12\gamma}$ ±0.03	$0.81^{b12\gamma}$ ±0.01	$0.82^{b2\gamma}$ ±0.03
	B	$0.74^{b1\beta}$ ±0.00	$0.74^{b1\beta}$ ±0.00	$0.75^{b1\beta}$ ±0.01	$0.76^{b2\beta}$ ±0.00	$0.77^{b3\beta}$ ±0.00	$0.78^{d4\beta}$ ±0.00	$0.79^{bc5\beta}$ ±0.00
	C	$0.65^{a12\alpha}$ ±0.00	$0.65^{abc1\alpha}$ ±0.01	$0.66^{ab2\alpha}$ ±0.01	$0.67^{cde3\alpha}$ ±0.00	$0.69^{cd4\alpha}$ ±0.00	$0.69^{c4\alpha}$ ±0.00	$0.72^{d5\alpha}$ ±0.00
180	A	$0.75^{a1\gamma}$ ±0.02	$0.76^{a1\gamma}$ ±0.03	$0.78^{a1\gamma}$ ±0.03	$0.79^{ab1\gamma}$ ±0.04	$0.80^{ab1\gamma}$ ±0.04	$0.82^{b1\gamma}$ ±0.01	$0.82^{b1\gamma}$ ±0.03
	B	$0.73^{a1\beta}$ ±0.00	$0.73^{b12\beta}$ ±0.00	$0.75^{b2\beta}$ ±0.00	$0.76^{b3\beta}$ ±0.00	$0.77^{b4\beta}$ ±0.00	$0.78^{d4\beta}$ ±0.00	$0.79^{c5\beta}$ ±0.00
	C	$0.65^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.65^{abc12\alpha}$ ±0.00	$0.66^{abc2\alpha}$ ±0.00	$0.68^{def3\alpha}$ ±0.00	$0.70^{d4\alpha}$ ±0.00	$0.70^{d4\alpha}$ ±0.00	$0.73^{e5\alpha}$ ±0.00
210	A	$0.75^{a1\beta}$ ±0.03	$0.77^{a1\gamma}$ ±0.03	$0.78^{a1\gamma}$ ±0.04	$0.80^{ab1\gamma}$ ±0.04	$0.81^{b1\gamma}$ ±0.05	$0.82^{b1\gamma}$ ±0.01	$0.83^{b1\gamma}$ ±0.02
	B	$0.73^{a1\beta}$ ±0.00	$0.73^{b1\beta}$ ±0.01	$0.75^{bc2\beta}$ ±0.00	$0.76^{b3\beta}$ ±0.00	$0.77^{b34\beta}$ ±0.00	$0.78^{d4\beta}$ ±0.00	$0.80^{c5\beta}$ ±0.00
	C	$0.65^{ab1\alpha}$ ±0.00	$0.66^{bcde12\alpha}$ ±0.00	$0.67^{bc2\alpha}$ ±0.01	$0.69^{efg3\alpha}$ ±0.00	$0.70^{de4\alpha}$ ±0.00	$0.71^{e5\alpha}$ ±0.00	$0.73^{e6\alpha}$ ±0.00
270	A	$0.75^{a1\gamma}$ ±0.03	$0.77^{a12\gamma}$ ±0.03	$0.79^{a12\gamma}$ ±0.04	$0.81^{ab12\gamma}$ ±0.04	$0.82^{b12\gamma}$ ±0.04	$0.82^{b12\gamma}$ ±0.01	$0.83^{b2\gamma}$ ±0.02
	B	$0.73^{a1\beta}$ ±0.00	$0.73^{b1\beta}$ ±0.01	$0.75^{bc2\beta}$ ±0.00	$0.76^{b3\beta}$ ±0.00	$0.77^{b3\beta}$ ±0.00	$0.77^{c3\beta}$ ±0.00	$0.79^{bc4\beta}$ ±0.00
	C	$0.66^{ab1\alpha}$ ±0.00	$0.67^{cde1\alpha}$ ±0.01	$0.68^{cd2\alpha}$ ±0.00	$0.70^{gh3\alpha}$ ±0.00	$0.71^{ef4\alpha}$ ±0.00	$0.72^{f5\alpha}$ ±0.00	$0.73^{e6\alpha}$ ±0.00
330	A	$0.75^{a1\gamma}$ ±0.02	$0.78^{a12\gamma}$ ±0.03	$0.80^{a12\gamma}$ ±0.04	$0.81^{ab12\gamma}$ ±0.03	$0.82^{b12\gamma}$ ±0.04	$0.83^{b12\gamma}$ ±0.01	$0.84^{b2\gamma}$ ±0.02
	B	$0.73^{a1\beta}$ ±0.00	$0.74^{b1\beta}$ ±0.01	$0.76^{c2\beta}$ ±0.00	$0.77^{b2\beta}$ ±0.00	$0.77^{b23\beta}$ ±0.00	$0.76^{b3\beta}$ ±0.00	$0.78^{b3\beta}$ ±0.00
	C	$0.66^{ab1\alpha}$ ±0.00	$0.67^{de2\alpha}$ ±0.00	$0.69^{d3\alpha}$ ±0.00	$0.70^{gh4\alpha}$ ±0.00	$0.72^{f5\alpha}$ ±0.00	$0.72^{f5\alpha}$ ±0.00	$0.74^{e6\alpha}$ ±0.01
390	A	$0.76^{a1\gamma}$ ±0.02	$0.78^{a12\gamma}$ ±0.02	$0.80^{a12\gamma}$ ±0.04	$0.81^{b12\gamma}$ ±0.03	$0.82^{b12\gamma}$ ±0.04	$0.83^{b2\gamma}$ ±0.00	$0.84^{b2\gamma}$ ±0.02
	B	$0.74^{ab1\beta}$ ±0.00	$0.74^{b1\beta}$ ±0.01	$0.76^{c2\beta}$ ±0.00	$0.77^{b2\beta}$ ±0.00	$0.78^{b3\beta}$ ±0.00	$0.76^{b4\beta}$ ±0.00	$0.78^{b4\beta}$ ±0.00
	C	$0.67^{abc1\alpha}$ ±0.00	$0.68^{ef2\alpha}$ ±0.00	$0.70^{d3\alpha}$ ±0.00	$0.71^{h4\alpha}$ ±0.00	$0.72^{f5\alpha}$ ±0.00	$0.73^{g6\alpha}$ ±0.00	$0.75^{f7\alpha}$ ±0.00

A: Normal ıslatma, B: %50 Genlikte Ultrason, C: %100 Genlikte Ultrason
Çizelgede aynı sütunda (ultrasonsuz, %50 US ve %100 US (α, β ve γ)), (a-k süre) farklı harfle ve aynı satırda farklı rakamla (1-7 sıcaklık) gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemlidir.

Çizelge 4.11'de börülce küreselliğinde 0.67-0.84 arasında sıcaklık, süre ve ultrason etkisiyle artış olmuştur. Normal, %50 ve %100 genlikte ultrason uygulama bu kıyaslayabilmemiz için başlangıç tane boyutlarının eşit olması gerekmektedir. Fakat standart tane boyutu mümkün olmadığından yüzde artış oranı baz alınmaktadır.

Veriler incelendiğinde yüzde artış oranının %100 genlikte ultrason uygulamasında olduğu görülmektedir.

Tanede küresellik değeri; Bal ve Mishra (1988)'e göre 0.80; Dutta ve ark. (1988)'e göre 0.70 değerinden yüksek olması tanenin küresel olarak düşünülebileceğini vurgulanmıştır. Yalçın (2007), börülce tanesinde su miktarı %12.01'den 38.90'a yükseldiğinde küresellik değerlerinin 0.78'den 0.79'a arttığını tespit etmiştir. Börülce tanesinin küreselliği ıslanma sırasında 0.74 ile 0.72 arasında değişmiştir (Aydın ve ark., 2008). Demirhan ve Özbek (2015) börülce üzerine yaptıkları bir çalışmada, küresellik değerinin ortalama olarak 0.74 olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmadaki börülcenin küresellik değerleri önceki çalışmalarla uyum içerisindedir.

4.2. Börülce Tane ve Su Kısmında Islatma/Pişirme Sırasındaki Renk Değerlerinde Sıcaklık, Süre ve Ultrasonik Ses Dalgalarının Etkisi

Isıl işlem sırasında, gıda maddesi sıcaklığa maruz kalabilirler buda kaliteyi olumsuz etkileyen renk bozulmasına yol açabilir (Barreiro ve ark., 1997; Ibarz ve ark., 1999). İşleme sırasında gıdalarda birçok reaksiyonun gerçekleştiği ve rengi etkilediği belirtilmektedir. Bunlar arasında en yaygın olanları; pigment bozunumu, (özellikle karetenoid ve klorofiller) esmerleşme reaksiyonları (Maillard gibi), yapı ve içerikteki değişiklikler (şişme, tuz ve şeker dağılımı), bazı bileşiklerin rekristalizasyonu (şekerler, tuz gibi) fenol polimerizasyonu ve askorbik asit oksidasyonudur (Maskan ve ark., 2002). Rengi etkileyen diğer faktörler arasında asitlik, işleme tekniği, sıcaklık, süre, çeşit ve ağır metal kontaminasyonu sayılabilir (Garcia-Viguera ve ark. 1999). Islatma/pişirme esnasında baklagillerin/nohutların renk değerindeki (L*, a* ve b*) değişimin çözünmüş katı maddeler ve oligosakaritlerde raffinoz ve sakkaroz gibi maddelerden ileri gelmektedir (Han ve Baik, 2006; Somiari ve Balogh, 1993). Kütle transferi ve bazı esmerleşme gibi reaksiyonlar renk değerlerinin değişmesine neden olmaktadır (Somiari ve Balogh, 1993).

Börülce tane ve su kısmında 30-97^{o}C ve 0-390 dk süresince 40 kHz 200 W (%50 ve %100 genlik) ultrason uygulaması L*, a* ve b* renk değerleri değişimi aşağıdaki çizelgelerde (Çizelge 4.12-4.17) gösterilmektedir. L^{*}, a^{*}, b^{*} değerleri 3 boyutlu koordinat sisteminde L^{*} değeri dikey eksende parlaklıktan koyuluğa gidişi belirtirken $+a^{*}$ kırmızılığa, $-a^{*}$ yeşilliğe, $+b^{*}$ sarılığa, $-b^{*}$ ise maviliğe gidişi göstermektedir.

Börülce tanesinde 80^{o}C'deki sabit sıcaklıkta süre 30-270 dk aralığında artarken normal ıslatma/pişirme L^{*} değeri 55.68'den 46.24'e düşmüştür; 97^{o}C'deki sabit sıcaklıkta süre 30-390 dk aralığında artarken L* değeri 53.53'ten 43.27'ye kadar azalmıştır. %50 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirmede 80^{o}C'deki sabit sıcaklıkta süre 30-270 dk'ya artarken L* değeri 54.24'ten 48.61'e düşmüştür; 97^{o}C'deki sabit sıcaklıkta süre 30-390 dk aralığında artarken L* değeri 54.68'den 47.41'e kadar azalmıştır. %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirmede 80 ^{o}C'deki sabit sıcaklıkta süre 30-270 dk aralığında artarken L^{*} değeri 51.33'ten 50.51'edüşmüştür; 97^{o}C'deki sabit sıcaklıkta süre 30-390 dk aralığında artarken L* değeri 52.24'ten 48.94'e kadar azaldığı gözlenmiştir (Çizelge 4.12). Islatma/pişirme süresinin artışı, zaten beyaz ve parlak olan börülcenin parlaklık değerinin azalmasına yol açmıştır.

Börülce tanesinde 90 dk gibi sabit bir sürede sıcaklık 30-97^{o}C aralığında artarken normal ıslatma/pişirme L^{*} değeri 58.78'den 51.47'ye düşmüştür; 180 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-90^{o}C'ye artarken 55.97'den 46.82'ye kadar azaldığı Çizelge 4.12'de görülmektedir. %50 ultrasonlu ıslatma/pişirme 90 dk sabit sürede sıcaklık 30-97^{o}C'ye artarken L^{*} değeri 59.00'dan 51.98'e düşmüştür; 180 dk sabit sürede sıcaklık 30-90^{o}C aralığında artarken bu değer 57.61'den 47.84'e düşmüştür. %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirmede benzer şekilde 90 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-97^{o}C aralığında artarken L^{*} değeri 57.63'den 47.64'e düştüğü gözlemlenmiştir. Sıcaklık artışı L* değerini azaltmıştır (Çizelge 4.12).

Börülce tanesinde 210 dk ve 80^{o}C gibi sabit sıcaklık ve sürede normal, %50 ve %100 ultrasonlu ıslatma/pişirmede L* değerleri sırasıyla 49.83, 51.07 ve 52.58; 390 dk ve 97^{o}C'de L* değerleri sırasıyla 43.27, 47.41 ve 48.94 Çizelge 4.12'den elde

edilmiştir. L* değeri %100 genlikte ultrason uygulamsında yüksek olması rengin normal ve %50 genlikte ultrason uygulamasına nispeten daha parlak olduğunu ifade etmektedir.

Fasulye örneklerinde uygulanan 2 saatlik ıslatma süresi en yüksek L* değerini verirken, ıslatma süresi arttıkça L* değerlerinde azalma gözlenmiştir. Islatma sürenin artışı fasulyenin parlıklık değerinin azalmasına yol açmıştır (Ertaş, 2010). Benzer L değerleri sonuçları, Bayram ve ark. (2004a,b) tarafından soya bulguru üretiminde ıslatma esnasında farklı sıcaklıklarda bulunmuştur.

Çizelge 4.12. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-97 °C) Hunter L* değerleri değişimi

Süre (dk)	öniş lem	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C	97°C
0	A	63.31$^{b1\alpha}$ ±0.23	63.31$^{f1\alpha}$ ±0.23	63.31$^{e,1\alpha}$ ±0.23	63.31$^{c1\alpha}$ ±0.23	63.31$^{c1\alpha}$ ±0.23	63.31$^{e1\alpha}$ ±0.23	63.31$^{e1\alpha}$ ±0.23	63.31$^{e1\alpha}$ ±0.23
	B	63.30$^{a1\alpha}$ ±0.23	63.31$^{b1\alpha}$ ±0.23	63.31$^{d1\alpha}$ ±0.23	63.31$^{c1\alpha}$ ±0.23	63.31$^{b1\alpha}$ ±0.23	63.31$^{c1\alpha}$ ±0.23	63.31$^{e1\alpha}$ ±0.23	63.31$^{e1\alpha}$ ±0.23
	C	63.31$^{b1\alpha}$ ±0.23	63.31$^{b1\alpha}$ ±0.23	63.31$^{c1\alpha}$ ±0.23	63.31$^{c1\alpha}$ ±0.23	63.31$^{b1\alpha}$ ±0.23	63.31$^{c1\alpha}$ ±0.23	63.31$^{c1\alpha}$ ±0.23	63.31$^{b1\alpha}$ ±0.23
30	A	60.32$^{ab2\alpha}$ ±0.04	59.32$^{e12\alpha}$ ±0.40	58.64$^{de12\alpha}$ ±1.35	57.53$^{b12\alpha}$ ±1.22	56.69$^{b12\alpha}$ ±5.36	55.68$^{d12\alpha}$ ±3.70	54.61$^{d12\alpha}$ ±2.31	53.53$^{d1\alpha}$ ±1.92
	B	57.13$^{a1\alpha}$ ±3.43	56.35$^{ab1\alpha}$ ±6.10	57.69$^{bc1\alpha}$ ±4.89	54.49$^{ab1\alpha}$ ±0.46	55.61$^{a1\alpha}$ ±2.33	54.24$^{b1\alpha}$ ±0.91	56.64$^{d1\alpha}$ ±2.37	54.68$^{d1\alpha}$ ±0.63
	C	57.56$^{ab12\alpha}$ ±0.97	56.05$^{a12\alpha}$ ±0.75	58.58$^{bc2\alpha}$ ±2.12	56.73$^{abc12\alpha}$ ±2.64	55.68$^{a12\alpha}$ ±3.12	51.33$^{b1\alpha}$ ±2.11	51.62$^{b1\alpha}$ ±2.91	52.24$^{a12\alpha}$ ±4.77
60	A	59.42$^{ab1\alpha}$ ±2.93	59.00$^{e1\alpha}$ ±0.78	58.14$^{cd1\alpha}$ ±1.85	57.22$^{b1\alpha}$ ±7.02	55.26$^{b1\alpha}$ ±0.41	54.83$^{cd1\alpha}$ ±1.92	53.57$^{d1\alpha}$ ±1.82	51.75$^{cd1\alpha}$ ± 4.25
	B	56.87$^{a1\alpha}$ ±0.91	52.55$^{a1\alpha}$ ±7.19	58.30$^{bcd1\alpha}$ ±1.87	59.74$^{bc1\alpha}$ ±2.99	56.37$^{a1\alpha}$ ±4.98	50.68$^{ab1\alpha}$ ±5.13	60.72$^{e1\beta}$ ±0.72	53.22$^{cd1\alpha}$ ±4.13
	C	59.34$^{ab3\alpha}$ ±2.53	56.78$^{a23\alpha}$ ±0.21	57.97$^{bc23\alpha}$ ±0.86	56.93$^{abc23\alpha}$ ±1.08	54.09$^{a12\alpha}$ ±1.12	51.29$^{b1\alpha}$ ±1.98	50.24$^{ab1\alpha}$ ±3.13	49.50$^{a1\alpha}$ ±3.49
90	A	58.78$^{ab5\alpha}$ ±2.28	57.70$^{de45\alpha}$ ±0.35	57.23$^{bcd45\alpha}$ ±0.86	56.27$^{ab345\alpha}$ ±0.65	54.95$^{b234\alpha}$ ±1.15	53.38$^{bcd123\alpha}$ ±1.82	52.26$^{d12\beta}$ ±1.67	51.47$^{cd1\beta}$ ±0.08
	B	59.00$^{a2\alpha}$ ±4.23	58.72$^{ab2\alpha}$ ±0.27	57.78$^{bc12\alpha}$ ±3.07	54.27$^{ab12\alpha}$ ±5.47	56.48$^{a12\alpha}$ ±3.59	51.66$^{ab12\alpha}$ ±2.95	50.44$^{cd1\alpha\beta}$ ±1.15	51.98$^{bcd12\beta}$ ±0.10
	C	57.63$^{ab2\alpha}$ ±2.64	57.99$^{ab2\alpha}$ ±1.81	58.25$^{bc2\alpha}$ ±1.34	57.43$^{bc2\alpha}$ ±5.48	51.92$^{a1\alpha}$ ±0.30	47.72$^{ab1\alpha}$ ±0.15	47.50$^{ab1\alpha}$ ±0.09	47.64$^{a1\alpha}$ ±1.48
120	A	58.05$^{ab3\alpha}$ ±1.27	56.99$^{cde3\beta}$ ±0.10	56.31$^{bcd23\alpha}$ ±5.98	54.73$^{ab23\alpha}$ ±0.59	52.88$^{ab123\alpha}$ ±1.00	51.41$^{abcd12\alpha}$ ±0.69	49.24$^{c1\alpha}$ ±0.45	48.85$^{bc1\alpha}$ ±0.33
	B	60.05$^{a45\alpha}$ ±1.89	63.17$^{b5\gamma}$ ±0.30	58.98$^{bcd345\alpha}$ ±1.74	56.58$^{abc234\alpha}$ ±0.94	52.57$^{a12\alpha}$ ±1.73	53.69$^{b123\alpha}$ ±0.72	54.26$^{bc123\alpha}$ ±0.07	49.33$^{abcd1\alpha}$ ±5.38
	C	55.73$^{a2\alpha}$ ±2.26	55.77$^{a2\alpha}$ ±0.28	58.93$^{bc2\alpha}$ ±0.79	55.54$^{ab2\alpha}$ ±0.57	53.08$^{a1\alpha}$ ±4.79	51.14$^{b1\alpha}$ ±2.69	50.85$^{b1\alpha}$ ±3.13	49.03$^{a1\alpha}$ ±5.63
150	A	56.90$^{a3\alpha}$ ±6.66	56.33$^{bcd3\alpha}$ ±1.18	55.63$^{abcd3\alpha}$ ±1.39	53.58$^{ab23\alpha}$ ±2.14	51.96$^{ab123\alpha}$ ±1.54	48.94$^{abcd12\alpha}$ ±1.39	47.94$^{bc123\alpha}$ ±1.48	46.73$^{ab1\alpha}$ ±0.55
	B	58.62$^{a34\alpha}$ ± 0.94	62.41$^{b4\alpha}$ ±0.77	57.97$^{bcd345\alpha}$ ±2.18	55.66$^{ab23\alpha}$ ±1.37	51.29$^{a12\alpha}$ ±1.73	51.69$^{ab2\beta}$ ±0.30	50.64$^{bc2\alpha}$ ±0.54	43.32$^{a1\alpha}$ ±4.77
	C	60.18$^{ab2\alpha}$ ±4.14	58.06$^{ab123\alpha}$ ±7.28	56.85$^{ab12\alpha}$ ±4.36	52.19$^{ab12\alpha}$ ±2.82	52.79$^{a12\alpha}$ ±0.71	49.48$^{ab1\alpha\beta}$ ±0.04	49.04$^{ab1\alpha}$ ±0.46	50.32$^{a12\alpha}$ ±6.67
180	A	55.97$^{a3\alpha}$ ±0.16	54.78$^{abc3\alpha}$ ±2.40	54.21$^{abcd3\alpha}$ ±0.98	53.01$^{ab3\alpha}$ ±1.89	50.05$^{a2\alpha}$ ±0.52	47.87$^{abc12\alpha}$ ±0.78	46.82$^{abc1\alpha}$ ±0.62	45.33$^{ab1\alpha}$ ±0.91
	B	57.61$^{a3\alpha}$ ±2.10	59.28$^{ab3\alpha}$ ±1.98	54.72$^{ab23\alpha}$ ±2.12	57.09$^{abc3\alpha}$ ±4.66	54.10$^{a23\alpha}$ ±1.89	50.80$^{ab12\alpha}$ ±3.39	47.84$^{ab1\alpha}$ ±0.74	46.59$^{abcd1\alpha\beta}$ ±1.44
	C	58.23$^{ab3\alpha}$ ±4.22	57.27$^{ab3\alpha}$ ±2.69	56.85$^{ab3\alpha}$ ±2.89	54.50$^{ab123\alpha}$ ±0.49	55.47$^{a23\beta}$ ±1.02	47.77$^{ab1\alpha}$ ±4.33	48.92$^{ab12\alpha}$ ±2.42	49.51$^{a12\beta}$ ±1.40

Çizelge 4.12. Devamı

Süre (dk)	Ön İşlem	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C	97°C
210	A	55.22$^{a3\alpha}$ ±1.20	54.21$^{ab23\alpha}$ ±1.53	53.45$^{abcd23\alpha}$ ±0.69	52.42$^{ab23\alpha}$ ±0.70	49.83$^{a12\alpha}$ ±1.08	46.92$^{ab1\alpha}$ ±2.82	45.67$^{ab1\alpha}$ ±1.11	45.29$^{ab1\alpha}$ ±3.97
	B	57.28$^{a12\alpha}$ ±4.39	56.88$^{ab12\alpha}$ ±1.97	60.36$^{cd2\beta}$ ±2.52	52.88$^{ab12\alpha}$ ±3.80	51.07$^{a1\alpha}$ ±0.71	50.64$^{ab1\alpha}$ ±4.50	50.39$^{bc1\alpha}$ ±2.46	50.60$^{abcd1\alpha}$ ±6.19
	C	59.04$^{ab2\alpha}$ ±1.29	58.33$^{ab2\alpha}$ ±0.69	57.64$^{bc2\alpha\beta}$ ±1.22	53.27$^{ab12\alpha}$ ±6.24	52.58$^{a12\alpha}$ ±1.27	48.47$^{ab1\alpha}$ ±1.97	46.95$^{ab1\alpha}$ ±3.36	47.12$^{a1\alpha}$ ±3.19
270	A	54.98$^{a3\alpha}$ ±2.33	53.91$^{ab23\alpha}$ ±0.90	52.90$^{abc23\alpha}$ ±1.52	51.44$^{ab23\alpha}$ ±0.78	49.29$^{a12\alpha}$ ±1.53	46.24$^{ab1\alpha}$ ±7.10	44.94$^{ab1\alpha}$ ±0.41	44.59$^{ab1\alpha\beta}$ ±0.78
	B	58.45$^{a4\alpha}$ ±4.23	55.80$^{ab34\alpha}$ ±1.46	50.84$^{a123\alpha}$ ±0.28	53.28$^{ab234\alpha}$ ±2.67	53.88$^{a234\alpha}$ ±0.74	48.61$^{ab123\alpha}$ ±4.78	47.22$^{ab12\alpha}$ ±3.67	44.25$^{ab1\alpha}$ ±2.33
	C	56.19$^{a1\alpha}$ ±1.94	55.39$^{a1\alpha}$ ±1.20	50.89$^{a1\alpha}$ ±2.70	54.13$^{ab1\alpha}$ ±0.26	51.64$^{a1\alpha}$ ±2.35	50.51$^{b1\alpha}$ ±6.24	49.08$^{ab1\alpha}$ ±4.32	49.20$^{a1\beta}$ ±0.59
330	A	54.35$^{a4\alpha}$ ±1.26	53.56$^{a4\alpha}$ ±0.72	51.97$^{ab34\alpha}$ ±1.43	50.96$^{a34\alpha}$ ±1.29	48.84$^{a23\alpha}$ ±1.48	45.42$^{a12\alpha}$ ±3.90	44.18$^{a1\alpha}$ ±1.50	43.79$^{a1\alpha}$ ±0.52
	B	57.06$^{a3\alpha}$ ±5.15	55.32$^{ab3\alpha}$ ±4.33	56.26$^{bc3\alpha}$ ±1.05	51.54$^{a123\alpha}$ ±2.25	53.39$^{a23\alpha}$ ±5.35	46.21$^{a12\alpha}$ ±0.13	46.42$^{a12\alpha}$ ±1.14	44.77$^{abc1\alpha}$ ±3.55
	C	54.31$^{a1\alpha}$ ±1.68	54.03$^{a1\alpha}$ ±0.69	51.29$^{a1\alpha}$ ±3.46	50.50$^{ab1\alpha}$ ±2.67	50.79$^{a1\alpha}$ ±6.23	46.89$^{ab1\alpha}$ ±1.11	48.43$^{ab1\alpha}$ ±2.55	49.27$^{a1\alpha}$ ±3.39
390	A	54.20$^{a4\alpha}$ ±2.21	53.26$^{a4\alpha}$ ±0.82	50.98$^{a34\alpha}$ ±1.41	50.29$^{a34\alpha}$ ±2.91	48.49$^{a23\alpha}$ ±1.91	45.10$^{a12\alpha}$ ±1.77	44.10$^{a1\alpha}$ ±1.34	43.27$^{a1\alpha}$ ±0.95
	B	58.20$^{a4\alpha}$ ±1.92	57.53$^{ab4\alpha}$ ±0.42	50.20$^{a23\alpha}$ ±0.37	51.01$^{a23\alpha}$ ±3.42	51.50$^{a3\alpha}$ ±1.34	46.04$^{a1\alpha}$ ±0.09	44.81$^{a1\alpha}$ ±0.64	47.41$^{abcd12\alpha}$ ±2.00
	C	55.21$^{a2\alpha}$ ±2.55	56.30$^{a2\alpha}$ ±2.84	52.88$^{ab2\alpha}$ ±4.43	50.05$^{a12\alpha}$ ±1.07	49.95$^{a12\alpha}$ ± 3.59	43.42$^{a1\alpha}$ ±3.68	43.76$^{a1\alpha}$ ±3.57	48.94$^{a1\alpha}$ ±2.51

A: Normal ıslatma, B: %50 Genlikte Ultrason, C: %100 Genlikte Ultrason
Çizelgede aynı sütunda (ultrasonsuz, %50 US ve %100 US (α, β ve γ)), (a-k süre) farklı harfle ve aynı satırda farklı rakamla (1-8 sıcaklık) gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemlidir.

Börülce tanelerinde normal ıslatma/pişirmede 80°C'deki sabit sıcaklıkta süre 0-270 dk aralığında artarken a* renk değeri 4.27'ten 2.05'e kadar azalmıştır; %50 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirmede a* renk değeri 80°C'deki sabit sıcaklıkta süre 0-270 dk aralığında aratarken bu değer 4.27'den 3.02'ye inmiştir; %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirmede 80°C'deki sabit sıcaklıkta a* renk değeri 0-270dk aralığında süre artarken bu değer 4.27'ten 3.57'ye kadar azalmıştır. Sürenin arttışı a* renk değerini azalttığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.13).

Börülce tanelerinde normal ıslatma/pişirme 120 dk gibi sabit bir sürede sıcaklık 30-90°C aralığında artarken a* renk değeri 2.77'den 1.93'e düşmüştür; 150 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-97°C aralığında artarken bu değer 2.57'den 1.77'ye kadar azaldığı Çizelge 4.13'te görülmektedir. %50 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirme 120 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-90°C'ye artarken a* renk değeri 2.91'den 2.64'e düşmüştür; 150 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-97°C aralığında artarken bu değer 3.24'ten 1.77'ye kadar azalmıştır. %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirme 120

dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-90°C aralığında artarken a* renk değeri 3.37'den 2.72'ye düşmüştür; 150 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-97°C aralığında artarken bu değer 4.13'ten 1.72'ye kadar azaldığı Çizelge 4.13'te görülmektedir. Sıcaklık arttıkça suya geçen renk pigmenti miktarı artmıştır ve a* renk değerinde giderek artma gözlemlenmiştir.

Börülce tanelerinde a* renk değeri normal, %50 ve %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirme 60 dk ve 60°C gibi sabit süre ve sıcaklıkta sırasıyla 2.13, 2.10 ve 2.09 şeklinde azaldığı çizelge 4.13'te görülmektedir. %100 ultrason uygulamasında a* renk değeri en azdır. Benzer a değerleri sonuçları, Bayram ve ark. (2004a,b) tarafından soya bulguru üretiminde ıslatma esnasında farklı sıcaklıklarda elde edilmiştir.

Çizelge 4.13. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-97 °C) Hunter a* değerleri değişimi

Süre (dk)	Önişlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C	97 °C
0	A	$4.27^{d1\alpha}$ ±0.19	$4.27^{b1\alpha}$ ±0.19	$4.27^{d1\alpha}$ ±0.19	$4.27^{c1\alpha}$ ±0.19	$4.27^{e1\alpha}$ ±0.19	$4.27^{d1\alpha}$ ±0.19	$4.27^{d1\alpha}$ ± 0.19	$4.27^{b1\alpha}$ ±0.19
	B	$4.27^{e1\alpha}$ ± 0.19	$4.27^{c1\alpha}$ ±0.19	$4.27^{c1\alpha}$ ±0.19	$4.27^{e1\alpha}$ ±0.19	$4.27^{e1\alpha}$ ±0.19	$4.27^{c1\alpha}$ ±0.19	$4.27^{b1\alpha}$ ±0.19	$4.27^{e1\alpha}$ ±0.19
	C	$4.27^{bc1\alpha}$ ±0.19	$4.27^{b1\alpha}$ ±0.19	$4.27^{d1\alpha}$ ±0.19	$4.27^{e1\alpha}$ ±0.19	$4.27^{cde1\alpha}$ ±0.19	$4.27^{cd1\alpha}$ ±0.19	$4.27^{e1\alpha}$ ±0.19	$4.27^{d1\alpha}$ ±0.19
30	A	$3.61^{c3\alpha}$ ±0.21	$2.63^{a12\alpha}$ ±0.58	$2.81^{c2\alpha}$ ±0.28	$2.18^{ab12\alpha}$ ±0.15	$1.87^{a1\alpha}$ ±0.52	$2.39^{ab12\alpha}$ ±0.01	$2.33^{ab12\alpha}$ ±0.30	$2.28^{a12\alpha}$ ±0.09
	B	$3.73^{d3\alpha}$ ±0.31	$3.34^{ab23\alpha}$ ±0.02	$2.92^{ab2\alpha}$ ±0.13	$2.09^{a1\alpha}$ ±0.11	$2.58^{ab12\alpha}$ ±0.41	$2.72^{abc12\alpha}$ ±0.30	$3.33^{ab23\beta}$ ±0.13	$4.11^{de3\beta}$ ±0.66
	C	$3.82^{abc3\alpha}$ ±0.58	$3.03^{a23\alpha}$ ±0.25	$3.23^{ab23\alpha}$ ±0.13	$2.00^{a1\alpha}$ ±0.30	$2.02^{a1\alpha}$ ±0.62	$2.80^{ab12\alpha}$ ±0.03	$2.74^{b12\alpha\beta}$ ±0.03	$2.73^{bc12\alpha}$ ±0.03
60	A	$3.40^{c4\alpha}$ ±0.20	$2.55^{a3\alpha}$ ± 0.16	$2.51^{cd23\alpha}$ ± 0.18	$2.13^{ab123\alpha}$ ±0.11	$1.97^{ab1\alpha}$ ±0.17	$2.00^{ab12\alpha}$ ±0.25	$1.94^{a1\alpha}$ ±0.40	$1.89^{a1\alpha}$ ±0.13
	B	$3.44^{bcd12\alpha}$ ±0.32	$3.16^{ab12\alpha}$ ±0.77	$2.79^{ab1\alpha}$ ±0.56	$2.10^{a1\alpha}$ ±0.18	$2.50^{ab1\alpha}$ ±0.13	$2.37^{ab1\alpha}$ ±0.76	$3.05^{a12\alpha}$ ±0.98	$4.42^{e2\beta}$ ±0.57
	C	$3.47^{abc3\alpha}$ ±0.16	$3.05^{a23\alpha}$ ±0.13	$3.08^{b23\alpha}$ ±0.06	$2.09^{ab1\alpha}$ ±0.37	$2.65^{ab123\alpha}$ ±0.49	$2.93^{ab123\alpha}$ ±0.64	$2.56^{b12\alpha}$ ±0.31	$2.07^{ab1\alpha}$ ±0.31
90	A	$3.21^{bc1\alpha}$ ± 0.20	$2.81^{a23\alpha}$ ± 0.64	$2.38^{abc123\alpha}$ ±0.04	$2.01^{a12\alpha}$ ± 0.20	$1.78^{a1\alpha}$ ±0.16	$1.95^{a1\alpha}$ ± 0.15	$1.93^{a1\alpha}$ ± 0.01	$1.89^{a1\alpha}$ ± 0.67
	B	$3.11^{abc234\alpha}$ ±0.26	$3.41^{abc34\alpha}$ ±0.61	$2.88^{ab123\beta}$ ±0.01	$2.26^{a1\alpha}$ ±0.18	$2.58^{ab12\alpha}$ ±0.32	$2.25^{a1\alpha\beta}$ ±0.40	$2.97^{a123\beta}$ ±0.41	$3.87^{cde4\beta}$ ±0.01
	C	$3.19^{a234\alpha}$ ±0.56	$3.56^{ab34\alpha}$ ±0.54	$3.44^{abc34\gamma}$ ±0.20	$2.29^{ab12\alpha}$ ±0.38	$3.69^{bcde4\beta}$ ±0.30	$2.81^{ab1234\beta}$ ±0.16	$2.72^{b123\beta}$ ±0.01	$2.19^{ab1\alpha}$ ±0.40
120	A	$2.77^{ab2\alpha}$ ± 0.18	$2.73^{a2\alpha}$ ± 0.46	$1.96^{a1\alpha}$ ± 0.30	$2.26^{ab12\alpha}$ ±0.15	$2.30^{abc12\alpha}$ ±0.26	$2.02^{ab1\alpha}$ ±0.13	$1.82^{a1\alpha}$ ±0.03	$1.87^{a1\alpha}$ ±0.40
	B	$2.91^{abc1\alpha}$ ±0.14	$3.12^{ab1\alpha}$ ±0.61	$2.66^{a1\alpha\beta}$ ±0.17	$2.42^{ab1\alpha}$ ±0.20	$2.97^{abc1\alpha}$ ±0.19	$2.84^{abc1\beta}$ ±0.24	$2.64^{a1\gamma}$ ±0.01	$1.36^{ab1\alpha}$ ±2.93
	C	$3.37^{ab2\beta}$ ±0.07	$3.53^{ab2\alpha}$ ±0.52	$3.19^{ab2\beta}$ ±0.35	$2.72^{bc12\alpha}$ ±0.08	$3.41^{bcd2\alpha}$ ±1.01	$3.31^{abc2\beta}$ ±0.06	$2.04^{a1\beta}$ ±0.01	$1.94^{ab1\alpha}$ ±0.07

Çizelge 4.13. Devamı

Süre (dk)	Ön işlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C	97 °C
150	A	2.57$^{a23\alpha}$ ± 0.33	2.91$^{a3\alpha}$ ± 0.27	2.45$^{bc23\alpha}$ ± 0.11	2.12$^{ab2\alpha}$ ± 0.12	2.21$^{abc2\alpha}$ ± 0.04	2.28$^{ab2\alpha}$ ±0.06	2.14$^{a2\alpha}$ ± 0.03	1.54$^{a1\alpha}$ ± 0.37
	B	3.24$^{abcd3\alpha}$ ±0.03	2.96$^{ab23\alpha}$ ±0.38	2.88$^{ab123\alpha}$ $^{\beta}$±0.03	2.07$^{a12\alpha}$ ±0.22	3.07$^{bcd23\alpha}$ ±0.51	3.02$^{abc23\alpha}$ ±0.36	2.63$^{a123\alpha}$ ±0.70	1.77$^{abcd1\alpha}$ ±0.79
	C	4.13$^{bc3\beta}$ ±0.23	3.21$^{a23\alpha}$ ±0.52	3.43$^{abc23\beta}$ ±0.38	2.94$^{c23\beta}$ ±0.12	3.10$^{abc23\alpha}$ ±0.28	2.60$^{a2\alpha}$ ±0.35	2.47$^{b12\alpha}$ ±0.15	1.39$^{a1\alpha}$ ±1.15
180	A	2.73$^{ab23\alpha}$ ± 0.01	2.82$^{a3\alpha}$ ± 0.04	2.45$^{cd123\alpha}$ ± 0.00	2.03$^{a123\alpha}$ ± 0.03	1.99$^{ab12\alpha}$ ± 0.37	2.22$^{ab123\alpha}$ ±0.23	2.09$^{a123\alpha}$ ± 0.24	1.72$^{a1\alpha}$ ± 0.74
	B	2.79$^{a12\alpha}$ ±0.01	3.07$^{ab2\alpha}$ ±0.15	3.13$^{ab2\beta}$ ±0.08	2.50$^{ab12\alpha\beta}$ ±0.23	2.15$^{a1\alpha}$ ±0.22	3.12$^{abc2\alpha\beta}$ ±0.72	3.11$^{a2\beta}$ ±0.21	2.83$^{bcde1\alpha2}$ ±0.16
	C	3.54$^{abc2\beta}$ ±0.36	3.54$^{ab2\alpha}$ ±0.42	3.41$^{abc2\beta}$ ±0.13	2.99$^{c12\beta}$ ±0.34	3.82$^{bcde2\beta}$ ±0.57	3.87$^{bcd2\beta}$ ±0.11	2.80$^{b12\beta}$ ±0.08	2.05$^{ab1\alpha}$ ±0.90
210	A	2.61$^{a2\alpha}$ ±0.30	2.40$^{a2\alpha}$ ±0.32	2.10$^{ab12\alpha}$ ± 0.08	2.36$^{ab12\alpha}$ ±012	2.54$^{bc2\alpha}$ ± 0.16	2.40$^{ab2\alpha}$ ±0.06	2.25$^{ab12\alpha}$ ±0.04	1.86$^{a1\alpha}$ ± 0.31
	B	3.40$^{bcd23\alpha}$ ±0.25	3.39$^{abc23\beta}$ ±0.13	2.83$^{ab2\alpha\beta}$ ±0.62	2.82$^{bc2\alpha\beta}$ ±0.26	3.91$^{de3\beta}$ ±0.56	2.92$^{abc2\alpha}$ ±0.30	2.75$^{a2\alpha}$ ±0.01	1.58$^{abc1\alpha}$ ±0.35
	C	3.69$^{abc12\alpha}$ ±0.74	4.15$^{b23\gamma}$ ±0.08	3.93$^{bcd123\beta}$ ±0.13	3.19$^{c1\beta}$ ±0.32	4.59$^{de3\beta}$ ±0.13	3.69$^{abcd12\beta}$ ±0.02	3.46$^{c12\beta}$ ±0.28	3.70$^{cd12\beta}$ ±0.03
270	A	2.62$^{a2\alpha}$ ± 0.45	2.72$^{a2\alpha}$ ± 0.28	2.18$^{ab12\alpha}$ ± 0.25	2.07$^{a12\alpha}$ ± 0.16	2.48$^{bc12\alpha}$ ± 0.10	2.05$^{ab12\alpha}$ ± 1.07	1.90$^{a12\alpha}$ ± 0.22	1.39$^{a1\alpha}$ ± 0.11
	B	3.32$^{abcd2\alpha\beta}$ ±0.15	3.13$^{ab2\alpha}$ ±0.27	3.40$^{ab2\beta}$ ±0.14	3.20$^{cd2\beta}$ ±0.11	3.55$^{cde2\beta}$ ±0.01	3.02$^{abc2\alpha}$ ±1.80	3.10$^{a2\beta}$ ±0.23	0.94$^{ab1\alpha}$ ±0.46
	C	3.83$^{abc1\beta}$ ±0.35	4.17$^{b1\beta}$ ±0.38	3.45$^{abc1\beta}$ ±0.38	3.81$^{de1\beta}$ ±0.35	4.39$^{de1\gamma}$ ±0.39	3.57$^{abcd1\alpha}$ ±1.08	3.79$^{cd1\gamma}$ ±0.10	3.71$^{cd1\beta}$ ±0.06
330	A	2.32$^{a123\alpha}$ ± 0.16	2.17$^{a12\alpha}$ ± 0.35	2.58$^{bc234\alpha}$ ± 0.17	2.48$^{c234\alpha}$ ± 0.25	2.71$^{c34\alpha}$ ± 0.06	2.90$^{bc4\alpha}$ ± 0.05	2.82$^{bc34\alpha}$ ± 0.23	1.97$^{a1\alpha}$ ± 0.20
	B	3.47$^{cd23\beta}$ ±0.12	2.89$^{a2\alpha\beta}$ ±0.21	3.50$^{b23\alpha}$ ±0.37	3.20$^{cd2\alpha\beta}$ ±0.32	4.41$^{e3\alpha\beta}$ ±0.60	3.98$^{bc23\alpha\beta}$ ±0.07	3.42$^{ab23\alpha\beta}$ ±0.23	0.51$^{ab1\alpha}$ ±0.95
	C	3.91$^{abc1\gamma}$ ±0.06	3.53$^{ab1\beta}$ ±0.27	3.89$^{bcd1\alpha}$ ±0.72	3.66$^{de1\beta}$ ±0.25	3.69$^{bcde1\beta}$ ±0.04	4.51$^{d1\beta}$ ±0.70	4.07$^{de1\beta}$ ±0.21	3.87$^{d1\beta}$ ±0.12
390	A	2.55$^{a1\alpha}$ ± 0.02	2.48$^{a1\alpha}$ ± 0.25	2.27$^{ab1\alpha}$ ± 0.30	2.26$^{ab1\alpha}$ ± 0.01	3.39$^{d2\alpha}$ ± 0.22	3.42$^{c2\alpha}$ ± 0.47	3.32$^{c2\alpha}$ ± 0.51	2.24$^{a1\beta}$ ± 0.08
	B	2.90$^{ab2\alpha}$ ±0.38	3.95$^{bc3\beta}$ ±0.41	3.40$^{ab23\beta}$ ±0.37	3.39$^{d23\beta}$ ±0.30	4.09$^{e3\alpha}$ ±0.42	4.16$^{c3\alpha}$ ±0.59	3.61$^{ab23\alpha}$ ±0.49	0.15$^{a1\alpha}$ ±0.27
	C	4.37$^{c23\beta}$ ±0.00	3.65$^{ab1\beta}$ ±0.33	4.15$^{cd123\beta}$ ±0.21	4.30$^{e123\gamma}$ ±0.14	4.71$^{e3\alpha}$ ±0.58	4.37$^{cd23\alpha}$ ±0.03	3.90$^{de12\alpha}$ ±0.31	4.24$^{d123\gamma}$ ±0.16

A: Normal ıslatma, B: %50 Genlikte Ultrason, C: %100 Genlikte Ultrason
Çizelgede aynı sütunda (ultrasonsuz, %50 US ve %100 US (α, β ve γ)), (a-k süre) farklı harfle ve aynı satırda farklı rakamla (1-8 sıcaklık) gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemlidir.

Börülce tanelerinde normal ıslatma/pişirmede 97^{o}C gibi sabit sıcaklıkta süre 30-210 dk aralığında artarken b* renk değeri 15.37'den 10.63'e düşmüştür; %50 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirmede b* renk değeri 97^{o}C'deki sabit sıcaklıkta süre 30-210 dk'ya artarken bu değer 14.18'den 9.70'e düşmüştür; %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirmede de aynı şekilde 97^{o}C'deki sabit sıcaklıkta süre 30-210 dk'ya artarken b* renk değeri 15.06'dan 8.52'ye kadar düştüğü Çizelge 4.14'te görülmektedir. Sürenin artışı diğer bütün peryotlarda benzer şekilde tanede b* değerini azaltmıştır.

Börülce tanelerinde normal ıslatma/pişirmede 90 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-97^{o}C'ye artarken b* renk değeri 18.88'den 15.22'ye düşmüştür; %50 genlikteki ultrasonlu ıslatma/pişirme 90 dk gibi sabit bir sürede sıcaklık 30-97^{o}C aralığında artarken b* renk değeri 20.27'den 15.22'ye düşmüştür; %100 genlikteki ultrasonlu ıslatma/pişirme yine benzer şekilde 90 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-97^{o}C'ye kadar artarken b* renk değeri 19.55'den 9.33'e kadar azaldığı Çizelge 4.14'te görülmektedir. Diğer bütün parametrelerde benzer şekilde sıcaklık artışıyla b* değeri azalmıştır. Buda renk pigmentelerinin hızla suya geçtiğini göstermektedir.

Börülce tanesinde 80^{o}C ve 390 dk gibi sabit sıcaklık ve sürede normal, %50 ve %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirme b* renk değerleri sırasıyla 11.02, 10.05 ve 9.87 kadar azaldığı gözlemlenmiştir. (Çizelge 4.14) Börülce tane kısmında %100 genlikte ultrason uygulama b* değerini azaltmıştır. Bu da sarı renkte açılma olduğunu göstermektedir. Benzer b değerleri sonuçları, Bayram ve ark. (2004a,b) tarafından soya bulguru üretiminde ıslatma esnasında farklı sıcaklıklarda elde edilmiştir. Aynı şekilde Yıldırım ve Öner (2015)'te yaptıkları bir çalışmada nohudun ultrasonsuz ve ultrasonlu ıslatılması/pişirilmesi esnasında L*, a* ve b* değerlerinde benzer değişimler elde etmişlerdir.

Çizelge 4.14. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-97 ^{o}C) Hunter b* değerleri değişimi

Süre (dk)	önişlem	30 ^{o}C	40 ^{o}C	50 ^{o}C	60 ^{o}C	70 ^{o}C	80 ^{o}C	90 ^{o}C	97 ^{o}C
0	A	16.18$^{ab1\alpha}$ ±1.49	16.18$^{a1\alpha}$ ±1.49	16.18$^{ab1\alpha}$ ±1.49	16.18$^{cd1\alpha}$ ±1.49	16.18$^{c1\alpha}$ ±1.49	16.18$^{c1\alpha}$ ±1.49	16.18$^{b1\alpha}$± 1.49	16.18$^{a1\alpha}$ ±1.49
	B	16.18$^{ab1\alpha}$ ±1.49	16.18$^{a1\alpha}$ ±1.49	16.18$^{ab1\alpha}$ ±1.49	16.18$^{a1\alpha}$ ±1.49	16.18$^{c1\alpha}$ ±1.49	16.18$^{c1\alpha}$ ±1.49	16.18$^{b1\alpha}$± 1.49	16.18$^{c1\alpha}$ ±1.49
	C	16.18$^{a1\alpha}$ ±1.49	16.18$^{a1\alpha}$ ±1.49	16.18$^{bc1\alpha}$ ±1.49	16.18$^{b1\alpha}$ ±1.49	16.18$^{a1\alpha}$ ±1.49	16.18$^{c1\alpha}$ ±1.49	16.18$^{c1\alpha}$± 1.49	16.18$^{a1\alpha}$ ±1.49
30	A	18.63$^{b1\alpha}$ ±0.52	17.29$^{a1\alpha}$ ±0.74	18.59$^{b1\alpha}$ ±0.77	16.26$^{cd1\alpha}$ ±0.50	16.30$^{c1\alpha}$ ±1.26	15.63$^{bc1\alpha}$ ±3.82	16.37$^{b1\alpha}$ ±1.29	15.37$^{a1\alpha}$ ±0.09
	B	17.97$^{abc12\alpha}$±4.05	18.93$^{a2\alpha}$ ±3.01	16.47$^{ab12\alpha}$±1.35	13.25$^{ab1\alpha}$ ±1.46	15.25$^{bc12\alpha}$±0.81	14.42$^{bc12\alpha}$ ±1.96	13.93$^{ab12\alpha}$±0.42	14.18$^{abc12\alpha}$±0.57
	C	17.28$^{ab2\alpha}$ ±3.25	16.11$^{a12\alpha}$ ±0.08	18.26$^{cd2\alpha}$ ±0.77	15.55$^{ab2\alpha}$ ±2.93	11.81$^{a1\alpha}$ ±3.59	13.98$^{abc12\alpha}$±0.13	14.17$^{bc12\alpha}$±0.22	15.06$^{a12\alpha}$ ±0.74
60	A	19.21$^{b3\alpha}$ ± 0.45	15.93$^{a23\alpha}$ ± 1.20	18.52$^{b3\alpha}$± 0.35	17.24$^{d23\alpha}$ ± 0.52	13.62$^{abc12\alpha}$± 0.16	10.20$^{a1\alpha}$ ±0.57	14.06$^{b2\alpha}$ ±1.13	14.57$^{a2\alpha}$ ±3.74
	B	17.92$^{abc1\alpha}$ ±1.59	16.45$^{a1\alpha}$ ±5.05	18.32$^{b1\alpha}$± 0.01	15.87$^{b1\alpha}$ ±0.56	13.39$^{abc1\alpha}$±1.85	13.43$^{abc1\alpha}$ ±1.90	13.55$^{ab1\alpha}$ ±0.42	15.86$^{c1\alpha}$ ±3.43
	C	20.09$^{ab3\alpha}$ ±2.43	16.83$^{a23\alpha}$ ±1.01	18.84$^{cd3\alpha}$ ±1.04	13.60$^{ab3\alpha}$ ±3.83	14.59$^{a12\alpha}$ ±0.91	11.57$^{abc1\alpha}$ ±3.51	12.22$^{abc1\alpha}$±0.01	11.05$^{a1\alpha}$ ±1.80

Çizelge 4.14. Devamı

Süre (dk)	öniş lem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C	97 °C
90	A	18.88$^{b3\alpha}$ ±1.34	16.74$^{a23\alpha}$ ±2.67	15.82$^{ab123\alpha}$ ±1.16	14.96$^{bcd123\alpha}$ ±1.56	10.55$^{a1\alpha}$ ±2.26	11.58$^{a12\alpha\beta}$ ±0.76	10.74$^{a1\alpha}$ ±1.27	13.10$^{a123\alpha}$ ±5.06
	B	20.27$^{c2\alpha}$ ±0.99	17.47$^{a12\alpha}$ ±3.71	15.59$^{ab12\alpha}$ ±1.71	13.60$^{ab1\alpha}$ ±3.17	13.77$^{abc1\alpha}$ ±3.80	13.60$^{abc1\beta}$ ±0.46	13.22$^{a1\alpha}$ ±0.14	15.22$^{bc12\alpha}$ ±0.25
	C	19.55$^{ab2\alpha}$ ±0.37	19.23$^{a2\alpha}$ ±2.40	18.99$^{d2\alpha}$ ±1.82	13.88$^{ab2\alpha}$ ±1.03	13.46$^{a1\alpha}$ ±1.73	10.30$^{ab1\alpha}$ ±1.06	9.94$^{ab1\alpha}$ ±1.72	9.33$^{a1\alpha}$ ±2.75
120	A	17.90$^{ab2\alpha}$ ±0.76	16.18$^{a12\alpha}$ ±4.24	15.22$^{ab12\alpha}$ ±3.51	13.53$^{abc12\alpha}$ ±0.88	13.38$^{abc12\alpha}$ ±0.74	12.81$^{ab12\alpha}$ ±1.08	11.25$^{a1\alpha}$ ±0.86	11.22$^{a1\alpha}$ ±0.37
	B	18.49$^{abc2\alpha}$ ±0.20	17.80$^{a12\alpha}$ ±5.07	16.52$^{ab12\alpha}$ ±1.13	13.99$^{ab12\alpha}$ ±1.09	14.24$^{bc12\alpha}$ ±0.06	13.74$^{abc12\alpha}$ ±0.71	13.19$^{a1\alpha}$ ±0.10	13.72$^{abc12\alpha}$ ±0.21
	C	17.53$^{ab2\alpha}$ ±0.25	17.39$^{a2\alpha}$ ±3.17	17.38$^{cd2\alpha}$ ±0.55	14.57$^{ab2\alpha}$ ±0.57	14.58$^{a12\alpha}$ ±0.79	13.10$^{abc1\alpha}$ ±1.41	11.68$^{abc1\alpha}$ ±0.78	11.45$^{a12\alpha}$ ±3.81
150	A	17.38$^{ab1\alpha}$ ± 2.23	18.23$^{a1\alpha}$ ±0.71	16.83$^{ab1\alpha}$ ±0.66	13.84$^{abc12\alpha}$ ±1.24	14.04$^{bc12\alpha}$ ±1.48	10.41$^{a1\alpha\beta}$ ±0.77	9.81$^{a1\alpha}$ ±1.20	9.64$^{a1\alpha}$ ±6.42
	B	19.04$^{bc4\alpha}$ ±0.78	15.97$^{a23\alpha}$ ±2.49	17.25$^{ab34\alpha}$ ±0.09	13.43$^{ab12\alpha}$ ±1.05	11.34$^{bc1\alpha}$ ±1.70	12.24$^{abc1\beta}$ ±0.87	12.01$^{a1\alpha}$ ±0.91	12.50$^{ab1\alpha}$ ±0.06
	C	20.98$^{b4\alpha}$ ±0.19	15.00$^{a23\alpha}$ ±1.26	16.63$^{bcd3\alpha}$ ±0.64	13.86$^{ab3\alpha}$ ±0.54	12.45$^{a2\alpha}$ ±2.77	8.39$^{a1\alpha}$ ±0.16	7.92$^{a1\alpha}$ ±1.12	8.74$^{a2\alpha}$ ±4.90
180	A	18.34$^{ab3\beta}$ ±0.41	17.06$^{a3\alpha}$ ±0.02	15.95$^{ab23\alpha}$ ±1.80	11.71$^{a1\alpha}$ ±0.04	13.45$^{abc12\alpha}$ ±1.55	11.81$^{a1\alpha}$ ±0.50	10.82$^{a1\alpha}$ ±1.19	10.08$^{a1\alpha}$ ±3.09
	B	14.88$^{a234\alpha}$ ±0.98	16.07$^{a4\alpha}$ ±3.17	15.22$^{a34\alpha}$ ±1.38	14.10$^{ab234\alpha}$ ±0.11	9.81$^{a1\alpha}$ ±0.81	11.62$^{ab12\alpha}$ ±0.52	12.17$^{a123\alpha}$ ±0.21	12.51$^{ab123\alpha}$ ±0.49
	C	18.69$^{ab2\beta}$ ±1.39	17.22$^{a12\alpha}$ ±3.76	17.38$^{cd12\alpha}$ ±0.45	13.89$^{ab12\alpha}$ ±0.85	15.06$^{a12\alpha}$ ±2.40	14.50$^{bc12\alpha}$ ±1.75	11.76$^{abc1\alpha}$ ±4.31	9.77$^{a12\alpha}$ ±7.11
210	A	18.18$^{ab3\alpha}$ ± 2.50	17.38$^{a3\alpha}$ ±266	16.59$^{ab23\alpha}$ ±0.70	13.28$^{ab12\alpha}$ ±2.18	12.71$^{ab12\alpha}$ ±1.50	10.39$^{a1\alpha}$ ±0.70	10.03$^{a1\alpha}$ ±0.13	10.63$^{a1\alpha}$ ±0.59
	B	17.95$^{abc2\alpha}$ ±0.73	16.23$^{a12\alpha}$ ±2.32	15.96$^{ab12\alpha}$ ±1.64	14.21$^{ab12\alpha}$ ±0.14	13.92$^{abc12\alpha}$ ±2.33	13.50$^{abc12\alpha}$ ±4.05	12.74$^{a12\alpha}$ ±3.52	9.70$^{a1\alpha}$ ±1.46
	C	16.15$^{a2\alpha}$ ±3.14	18.95$^{a2\alpha}$ ±0.04	16.92$^{bcd2\alpha}$ ±1.51	11.05$^{a2\alpha}$ ±2.89	15.88$^{a2\alpha}$ ±0.65	12.11$^{abc1\alpha}$ ±1.95	11.52$^{abc1\alpha}$ ±1.18	8.52$^{a1\alpha}$ ±2.96
270	A	18.65$^{b3\alpha}$ ± 2.05	18.81$^{a3\alpha}$ ±1.79	14.95$^{a2\beta}$ ±0.39	13.51$^{abc12\alpha}$ ±0.01	11.81$^{ab12\alpha}$ ±0.83	11.10$^{a12\alpha}$ ±1.07	10.06$^{a1\alpha}$ ±0.28	10.14$^{a1\alpha}$ ±1.05
	B	18.04$^{abc3\alpha}$ ±1.20	16.91$^{a3\alpha}$ ±0.62	14.30$^{a2\beta}$ ±0.76	14.05$^{ab2\alpha}$ ±1.73	12.95$^{abc12\alpha}$ ±0.69	13.26$^{abc12\alpha}$ ±0.10	12.49$^{a12\alpha}$ ±0.10	11.76$^{a1\alpha}$ ±0.01
	C	17.17$^{ab2\alpha}$ ±2.76	18.22$^{a2\alpha}$ ±2.88	12.55$^{a12\alpha}$ ±0.86	13.75$^{ab12\alpha}$ ±0.18	13.72$^{a12\alpha}$ ±1.24	10.05$^{ab1\alpha}$ ±4.37	9.72$^{ab1\alpha}$ ±2.97	12.70$^{a12\alpha}$ ±1.41
330	A	15.07$^{a12\alpha}$ ±1.52	13.94$^{a12\alpha}$ ±4.60	15.87$^{ab2\alpha}$ ±0.32	14.15$^{ab,12\alpha}$ ±0.18	13.25$^{abc12\alpha}$ ±1.96	11.86$^{a12\alpha}$ ±0.62	11.30$^{a12\alpha}$ ±1.05	10.78$^{a1\alpha}$ ±0.41
	B	17.39$^{abc3\alpha}$ ±1.77	14.67$^{a123\alpha}$ ±0.64	14.90$^{a23\alpha}$ ±1.61	12.24$^{a12\alpha}$ ±0.12	13.07$^{abc12\alpha}$ ±2.18	11.90$^{ab12\alpha}$ ±0.78	11.65$^{a1\alpha}$ ±0.40	12.67$^{ab12\alpha}$ ±0.23
	C	18.91$^{ab3\alpha}$ ±0.34	17.76$^{a23\alpha}$ ±1.92	14.45$^{ab12\alpha}$ ±0.32	11.43$^{ab12\alpha}$ ±2.02	12.49$^{a1\alpha}$ ±2.14	12.78$^{abc1\alpha}$ ±2.02	12.46$^{abc1\alpha}$ ±1.68	8.41$^{a1\alpha}$ ±7.47
390	A	18.99$^{b5\alpha\beta}$ ± 0.12	15.32$^{a4\alpha}$ ±1.51	14.14$^{a34\alpha}$ ±1.10	12.80$^{ab23\alpha}$ ±1.29	12.00$^{ab12\alpha}$ ±0.94	11.02$^{a12\alpha}$ ±0.29	10.87$^{a12\alpha}$ ±0.27	10.50$^{a1\alpha}$ ±0.29
	B	17.75$^{abc4\alpha}$ ±0.75	17.06$^{a4\alpha}$ ±1.86	14.54$^{a23\alpha}$ ±0.37	11.94$^{a12\alpha}$ ±1.44	15.41$^{bc34\alpha}$ ±0.04	10.05$^{a1\alpha}$ ±0.88	11.35$^{a12\alpha}$ ±0.14	12.64$^{ab12\alpha}$ ±0.02
	C	20.13$^{ab3\beta}$ ±0.59	16.32$^{a23\alpha}$ ±1.63	13.54$^{a12\alpha}$ ±1.58	13.52$^{ab12\alpha}$ ±0.35	14.39$^{a12\alpha}$ ±2.31	9.87$^{ab1\alpha}$ ±2.99	9.17$^{ab1\alpha}$ ±4.05	8.97$^{a12\alpha}$ ±5.40

A: Normal ıslatma, B: %50 Genlikte Ultrason, C: %100 Genlikte Ultrason
Çizelgede aynı sütunda (ultrasonsuz, %50 US ve %100 US (α, β ve γ)), (a-k süre) farklı harfle ve aynı satırda farklı rakamla (1-8 sıcaklık) gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemlidir.

Börülce ıslatma suyunda sabit sıcaklıkta 80^{o}C gibi süre 0-330 dk aralığında artarken L* renk değeri normal, %50 ve %100 genlikteki ultrasonlu ıslatma/pişirme esnasındaki değerler sırasıyla, 26.82-25.18, 26.82-25.44 ve 26.82-22.68 aralıklarında azaldığı Çizelge 4.15'te görülmektedir. Sürenin artışı L* renk değerini azaltmıştır.

Börülce su kısmında normal ıslatma/pişirme sırasında 60 dk gibi sabit sürede sıcaklık 30-97^{o}C aralığında artarken L* renk değeri 28.05'ten 24.14'e kadar azalmıştır; 180 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-90^{o}C'ye artarken bu değer 27.10'den 25.31'e kadar düşmüştür (Çizelge 4.15). Börülce su kısmında %50 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirmede 60 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-97^{o}C'ye artarken L* renk değeri 26.75'ten 24.14'e düşmüştür; 180 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-90^{o}C'ye artarken bu değer 26.06'dan 25.26'ya kadar düşmüştür. %100 genlikte ıslatma/pişirmede 60 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-97^{o}C'ye artarken bu değer 27.90'dan 25.88'e düşmüştür; 180 dk'daki sabit sürede benzer şekilde sıcaklık 30-90^{o}C'ye artarken bu değer 26.69'dan 24.75'e kadar düşmüştür (Çizelge 4.15). Sıcaklığın artması L* değerini düşürmüştür.

Normal, %50 ve %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirme 70^{o}C ve 210 dk gibi sabit sıcaklık ve süredeki değerler sırasıyla 27.10, 25.78 ve 25.31 azalmıştır; 90^{o}C ve 390 dk'daki değerler sırasıyla 26.94, 26.08 ve 23.68 şeklinde azaldığı Çizelge 4.15'te görülmektedir. Ultrason uygulama L* renk değerine daha çok etkilemiştir. Özellikle %100 genlikte bu renk düşüşü daha çok olmaktadır. Buda daha çok renk pigmentin suya geçtiğini göstermektedir. Berrak saf su rengine nispetten rengin daha koyu bir hal aldığını göstermektedir.

Çizelge 4.15. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-97 ^{o}C) ıslatma suyunun Hunter L* değerleri değişimi

Süre (dk)	öniş lem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C	97 °C
0	A	26.82$^{b1\alpha}$ ±0.71	26.82$^{a1\alpha}$ ±0.71	26.82$^{a1\alpha}$ ±0.71	26.82$^{a1\alpha}$ ±0.71	26.82$^{ab1\alpha}$ ±0.71	26.82$^{bc1\alpha}$ ±0.71	26.82$^{c1\alpha}$ ±0.71	26.82$^{abc1\alpha}$ ±0.71
	B	26.82$^{ab1\alpha}$ ±0.71	26.82$^{ab1\alpha}$ ±0.71	26.82$^{ab1\alpha}$ ±0.71	26.82$^{ab1\alpha}$ ±0.71	26.82$^{c1\alpha}$ ±0.71	26.82$^{b1\alpha}$ ±0.71	26.82$^{e1\alpha}$ ±0.71	26.82$^{ab1\alpha}$ ±0.71
	C	26.82$^{a1\alpha}$ ±0.71	26.82$^{ab1\alpha}$ ±0.71	26.82$^{abc1\alpha}$ ±0.71	26.82$^{ab1\alpha}$ ±0.71	26.82$^{a1\alpha}$ ±0.71	26.82$^{abc1\alpha}$ ±0.71	26.82^{abcd1} $^{\alpha}$±0.71	26.82$^{ab1\alpha}$ ±0.71
30	A	27.245$^{b3\alpha}$ ±0.01	27.59$^{a3\beta}$ ±0.11	27.155^{ab3} $^{\alpha}$±0.64	25.335^{a2} $^{\alpha}$±0.45	25.17$^{ab2\alpha}$ ±0.23	23.775$^{a1\alpha}$ ±0.15	23.62$^{a1\alpha}$ ±0.23	27.37$^{bc3\alpha}$ ±0.85
	B	27.64$^{ab3\alpha}$ ±1.82	26.39^{ab23} $^{\alpha}$±0.09	26.38$^{ab23\alpha}$ ±0.47	25.97^{a123} $^{\alpha}$±0.37	24.54$^{ab1\alpha}$ ±0.12	24.30$^{ab1\alpha}$ ±0.23	24.75^{bcd12} $^{\alpha}$±0.44	24.84$^{ab12\alpha}$ ±0.42
	C	31.81$^{b2\alpha}$ ±3.09	26.09$^{ab1\alpha}$ ±0.49	27.48$^{bc12\alpha}$ ±1.13	25.65$^{a1\alpha}$ ±0.81	25.11$^{a1\alpha}$ ±0.74	26.89^{abc12} $^{\beta}$±0.47	27.16^{bcd12} $^{\beta}$±0.41	28.58$^{ab12\alpha}$ ±4.34
60	A	28.055$^{b3\beta}$ ±0.29	26.975^{a23} $^{\alpha}$±1.66	26.095^{a12} $^{3\alpha}$±0.97	25.82^{a123} $^{\alpha}$±1.44	23.865^{a1} $^{\alpha}$±1.48	24.275^{ab1} $^{2\alpha}$±0.98	25.09^{abc12} $^{\beta}$±0.21	26.69^{abc23} $^{\beta}$±0.51
	B	26.75$^{ab23\alpha}$ ±0.61	26.30^{ab23} $^{\alpha}$±0.91	27.48$^{ab3\alpha}$ ±1.55	25.43$^{a2\alpha}$ ±0.04	26.92$^{c23\beta}$ ±0.59	24.81$^{ab1\alpha}$ ±1.32	23.56$^{ab1\alpha}$ ±0.77	24.14$^{a1\alpha}$ ±0.36
	C	27.90^{ab123} $^{\alpha\beta}$±0.16	30.32$^{b23\alpha}$ ±6.04	26.16^{abc12} $^{\alpha}$±0.01	31.88$^{de3\beta}$ ±2.25	25.15$^{a12\alpha}$ $^{\beta}$±0.34	24.23$^{ab1\alpha}$ ±0.05	25.21^{abc12} $^{\beta}$±0.14	25.88$^{ab12\beta}$ ±0.28

Çizelge 4.15. Devamı

Süre (dk)	öniş lem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C	97 °C
90	A	26.45$^{ab12\alpha}$ ±1.47	25.84$^{a12\alpha}$ ±0.38	27.525$^{ab2\alpha}$ ±1.35	26.26$^{a12\alpha}$ ±1.23	25.125$^{ab12\alpha}$ ±0.42	23.97$^{a1\alpha}$ ±1.20	24.17$^{ab1\alpha}$ ±0.55	25.915$^{abc12\alpha}$ ±2.40
	B	25.77$^{ab1\alpha}$ ±0.33	27.72$^{ab1\alpha}$ ±3.09	27.51$^{ab1\alpha}$ ±2.73	27.61$^{abc1\alpha}$ ±0.76	25.26$^{abc1\alpha}$ ±1.12	25.22$^{ab1\alpha}$ ±1.00	24.81$^{bcd1\alpha}$ ±0.35	24.16$^{a1\alpha}$ ±0.30
	C	26.10$^{a1\alpha}$ ±0.40	26.85$^{ab1\alpha}$ ±2.06	25.28$^{a1\alpha}$ ±0.04	28.77$^{bc1\alpha}$ ±0.31	25.17$^{a1\alpha}$ ±0.95	29.98$^{bc1\beta}$ ±1.99	28.22$^{cd1\beta}$ ±0.13	28.15$^{ab1\alpha}$ ±6.14
120	A	28$^{b3\alpha}$ ±0.64	27.3$^{a23\alpha}$ ±2.38	26.32$^{a123\alpha}$ ±1.81	27.215$^{a123\alpha}$ ±0.05	25.025$^{ab12\alpha}$ ±0.18	24.44$^{abc1\alpha}$ ±1.29	24.16$^{ab12\alpha}$ ±0.99	23.92$^{a1\alpha}$ ±1.43
	B	27.19$^{ab23\alpha}$ ±1.36	26.76$^{ab12\alpha}$ ±0.86	25.50$^{a123\alpha}$ ±0.06	28.78$^{bcd3\alpha\beta}$ ±0.81	23.54$^{a12\alpha}$ ±1.11	22.92$^{a1\alpha}$ ±1.35	23.12$^{a12\alpha}$ ±1.08	25.24$^{ab123\alpha}$ ±3.9
	C	26.35$^{a1\alpha}$ ±0.05	25.57$^{ab1\alpha}$ ±0.35	27.89$^{c1\alpha}$ ±0.65	30.29$^{cd1\beta}$ ±0.43	24.65$^{a1\alpha}$ ±0.53	29.68$^{bc1\alpha}$ ±6.82	27.64$^{bcd1\alpha}$ ±4.93	25.80$^{ab1\alpha}$ ±2.53
150	A	25.8$^{ab1\alpha}$ ±0.47	27.005$^{a1\alpha}$ ±1.28	25.885$^{a1\alpha}$ ±0.70	29.43$^{b1\alpha}$ ±0.41	28.29$^{ab1\alpha}$ ±4.47	25.36$^{abc1\alpha}$ ±0.52	25.51$^{abc1\alpha}$ ±1.46	26.425$^{abc1\alpha}$ ±2.51
	B	28.19$^{b2\beta}$ ±0.99	26.26$^{ab12\alpha}$ ±1.28	25.90$^{ab12\alpha}$ ±1.51	31.08$^{ef3\beta}$ ±0.05	25.10$^{abc1\alpha}$ ±0.05	24.34$^{ab1\alpha}$ ±0.52	24.31$^{abc1\alpha}$ ±0.35	24.90$^{ab1\alpha}$ ±1.72
	C	25.56$^{a12\alpha}$ ±0.17	24.97$^{ab1\alpha}$ ±0.06	25.41$^{ab12\alpha}$ ±0.70	30.55$^{cd12\beta}$ ±0.43	26.37$^{a12\alpha}$ ±3.08	30.52$^{c12\beta}$ ±0.16	30.55$^{d12\beta}$ ±0.48	30.74$^{b2\alpha}$ ±5.42
180	A	27.1$^{b12\alpha}$ ±1.67	26.9$^{a12\alpha}$ ±1.74	25.86$^{a1\alpha}$ ±0.96	29.48$^{b2\alpha}$ ±1.43	26.655$^{ab12\alpha}$ ±2.45	27.03$^{c12\alpha}$ ±0.06	25.31$^{abc1\alpha}$ ±0.66	24.505$^{ab1\alpha}$ ±1.11
	B	26.06$^{ab12\alpha}$ ±0.96	26.67$^{ab2\alpha}$ ±1.57	25.93$^{ab12\alpha}$ ±0.78	29.63$^{cde2\alpha}$ ±0.34	24.78$^{ab12\alpha}$ ±1.62	25.30$^{ab12\alpha}$ ±1.76	25.26$^{cde1\alpha}$ ±0.14	23.74$^{a1\alpha}$ ±0.21
	C	26.69$^{a1\alpha}$ ±3.52	25.91$^{ab1\alpha}$ ±1.08	26.29$^{abc1\alpha}$ ±2.03	31.12$^{de2\alpha}$ ±0.99	24.81$^{a1\alpha}$ ±1.81	25.05$^{abc1\alpha}$ ±1.78	24.75$^{abc1\alpha}$ ±0.87	24.47$^{ab1\alpha}$ ±0.60
210	A	23.565$^{a1\alpha}$ ±2.41	27.305$^{a2\alpha}$ ±0.84	25.705$^{a12\alpha}$ ±0.87	30.525$^{b3\alpha}$ ±0.91	27.10$^{ab2\alpha}$ ±1.43	26.13$^{abc1\alpha}$ ±1.17	25.42$^{abc1\alpha}$ ±0.62	24.69$^{abc12\alpha}$ ±0.04
	B	25.31$^{a1\alpha}$ ±0.14	23.22$^{a1\alpha}$ ±3.49	26.15$^{ab1\alpha}$ ±0.06	30.84$^{def2\alpha}$ ±0.95	25.78$^{bc1\alpha}$ ±0.95	25.12$^{ab1\alpha}$ ±1.79	25.34$^{cde1\alpha}$ ±0.04	25.34$^{ab1\alpha}$ ±0.86
	C	28.62$^{ab12\alpha}$ ±4.09	23.75$^{a1\alpha}$ ±0.33	26.86$^{abc1\alpha}$ ±0.79	32.06$^{de2\alpha}$ ±0.52	25.31$^{a1\alpha}$ ±4.06	24.43$^{ab1\alpha}$ ±1.21	24.97$^{abc1\alpha}$ ±0.93	26.46$^{ab1\alpha}$ ±0.70
270	A	27.34$^{b1\alpha}$ ±2.38	25.96$^{a1\alpha}$ ±1.06	28.815$^{ab12\alpha\beta}$ ±1.82	31.19$^{b2\alpha}$ ±0.82	29.18$^{b12\beta}$ ±1.36	25.47$^{abc1\alpha}$ ±1.88	26.56$^{c1\alpha}$ ±1.27	27.4$^{bc1\alpha}$ ±0.48
	B	26.50$^{ab12\alpha}$ ±0.63	25.13$^{ab12\alpha}$ ±0.13	27.18$^{ab2\alpha}$ ±0.12	33.04$^{f3\alpha}$ ±0.84	25.14$^{abc12\alpha}$ ±0.36	24.33$^{ab1\alpha}$ ±2.02	24.66$^{abcd1\alpha}$ ±1.43	25.98$^{ab12\alpha}$ ±0.44
	C	25.76$^{a1\alpha}$ ±0.36	27.15$^{ab1\alpha}$ ±2.37	32.57$^{d2\beta}$ ±0.98	32.92$^{ef2\alpha}$ ±0.93	25.70$^{a1\alpha}$ ±1.22	27.96$^{abc1\alpha}$ ±2.96	27.23$^{bcd1\alpha}$ ±1.55	25.74$^{ab1\alpha}$ ±2.35
330	A	28.12$^{b1\alpha}$ ±0.52	26.975$^{a1\alpha}$ ±1.52	26.845$^{a1\alpha}$ ±0.39	31.52$^{b2\alpha}$ ±0.79	25.81$^{ab1\alpha}$ ±1.70	25.18$^{abc1\alpha}$ ±1.43	25.99$^{cb1\alpha}$ ±1.6	27.755$^{c1\beta}$ ±0.22
	B	26.81$^{ab23\alpha}$ ±1.39	25.26$^{ab12\alpha}$ ±0.12	28.74$^{bc3\alpha}$ ±1.34	32.96$^{f4\alpha\beta}$ ±0.83	24.04$^{ab1\alpha}$ ±0.01	25.44$^{ab12\alpha}$ ±0.76	25.82$^{cde1\alpha}$ ±0.29	27.14$^{ab23\beta}$ ±1.05
	C	27.85$^{ab23\alpha}$ ±1.89	30.71$^{b34\alpha}$ ±4.40	33.26$^{d4\beta}$ ±0.16	34.50$^{f4\beta}$ ±0.81	25.04$^{a12\alpha}$ ±0.39	22.68$^{a1\alpha}$ ±1.56	22.89$^{a1\alpha}$ ±1.07	24.64$^{ab12\alpha}$ ±0.06
390	A	27.27$^{b12\alpha}$ ±1.47	26.235$^{a1\alpha}$ ±1.58	30.325$^{b23\alpha}$ ±2.76	31.515$^{b3\alpha}$ ±1.04	25.375$^{ab1\alpha}$ ±1.92	23.88$^{a1\alpha}$ ±1.17	26.94$^{c12\beta}$ ±0.74	27.305$^{bc12\beta}$ ±1.21
	B	26.74$^{ab12\alpha}$ ±1.93	28.15$^{b23\alpha}$ ±3.25	30.89$^{c3\alpha\beta}$ ±0.83	35.74$^{f4\alpha}$ ±2.30	23.69$^{a1\alpha}$ ±0.30	24.93$^{ab12\alpha}$ ±0.70	26.08$^{de12\beta}$ ±0.33	27.82$^{b23\beta}$ ±0.28
	C	26.96$^{a2\alpha}$ ±0.79	29.57$^{ab3\alpha}$ ±0.37	35.79$^{e5\beta}$ ±0.31	32.52$^{def4\alpha}$ ±0.24	26.33$^{a2\alpha}$ ±0.99	24.26$^{ab1\alpha}$ ±0.12	23.68$^{ab1\alpha}$ ±0.76	22.89$^{a1\alpha}$ ±1.76

A: Normal ıslatma, B: %50 Genlikte Ultrason, C: %100 Genlikte Ultrason
Çizelgede aynı sütunda (ultrasonsuz, %50 US ve %100 US (α, β ve γ)), (a-k süre) farklı harfle ve aynı satırda farklı rakamla (1-8 sıcaklık) gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemlidir.

Yıldırım (2011), nohutta 25 kHz 100W ve 300W ultrasonlu pişirmede L* renk değerinde artış olduğunu bulmuştur. Ayrıca sıcaklık ve süre artışıyla da L* değerinde artış olduğunu saptamışlardır.

Börülce ıslatma suyunda normal ıslatma/pişirme 70^{o}C gibi sabit bir sıcaklıkta 0-390 dk aralığında süre artarken a* değeri 0.26'dan 0.74'e artmıştır; %50 ve %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirmede 70^{o}C'deki sabit sıcaklıkta süre 0-390 dk aralığında a* renk değeri sırasıyla 0.27-1.10 ve 0.27-1.36 aralığında artış göstermiştir. Süre artışı bütün peryotlarda benzer şekilde a* renk değerini arttırmıştır (Çizelge 4.16).

Börülce ıslatma suyunda normal ıslatma/pişirme esnasında a* renk değeri 90 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-97^{o}C'ye artarken bu değer 0.44'ten 0.54'e kadar artamıştır; 330dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-80^{o}C aralığında artarken bu değer 0.14'ten 1.44'e kadar artmıştır. %50 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirme benzer şekilde 90 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-97^{o}C'ye artarken a* renk değeri 0.27'den 0.47'ye artmıştır; 330dk'deki sabit sürede sıcaklık 30-80^{o}C'ye artarken bu değer 0.20'den 1.17'ye kadar artmıştır. %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirme 90 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-97^{o}C'ye aralığında artarken a* renk değeri 0.23'ten 0.72'ye artmıştır; 330dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-80^{o}C aralığında artarken 0.32'den 1.71'e kadar arttığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.16). Diğer peryotlarda da su kısmında sıcaklığın artışı a* değeri artmıştır.

Börülce ıslatma suyunda normal, %50 ve %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirme 180 dk ve 97^{o}C gibi sabit süre ve sıcaklıkta a* renk değerleri sırasıyla 0.65, 0.70 ve 0.78; 390 dk ve 70 ^{o}C gibi sabit süre ve sıcaklıkta sırasıyla a* değerleri 0.74, 1.10 ve 1.36 şeklinde ultrason genliğinin artması a* renk değerini arttırmıştır.

Yıldırım (2011), nohut pişirme esnasında süre (20-260 dk) ve sıcaklık (87-97^{o}C) artaması a* değerini arttırdığını tespit etmiştir. Ayrıca, ultrason uygulamasıda benzer şekilde nohutun a* değerini arttırmıştır. Buda pişirmede esnasında esmerleşme reaksiyonları ve nişasta jelatinasyonundan kaynaklanmaktadır.

Çizelge 4.16. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-97 °C) ıslatma suyunda Hunter a* değerleri değişimi

Süre(dk)	Ön işlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C	97 °C
0	A	$0.27^{a1\alpha}$ ±0.04	$0.27^{a1\alpha}$ ±0.04	$0.26^{a1\alpha}$ ±0.04	$0.26^{e1\alpha}$ ±0.04	$0.26^{ab1\alpha}$ ±0.04	$0.26^{a1\alpha}$ ±0.04	$0.26^{a1\alpha}$ ±0.04	$0.26^{bc1\alpha}$ ±0.04
	B	$0.27^{a1\alpha}$ ±0.04	$0.27^{a1\alpha}$ ±0.04	$0.27^{c1\alpha}$ ±0.04	$0.27^{d1\alpha}$ ±0.04	$0.27^{a1\alpha}$ ±0.04	$0.27^{a1\alpha}$ ±0.04	$0.27^{a1\alpha}$ ±0.04	$0.27^{ab1\alpha}$ ±0.04
	C	$0.27^{ab1\alpha}$ ±0.04	$0.27^{ab1\alpha}$ ±0.04	$0.27^{cd1\alpha}$ ±0.04	$0.27^{de1\alpha}$ ±0.04	$0.27^{ab1\alpha}$ ±0.04	$0.27^{a1\alpha}$ ±0.04	$0.27^{a1\alpha}$ ±0.04	$0.27^{abc1\alpha}$ ±0.04
30	A	$0.27^{a12\alpha}$ ±0.03	$0.19^{a12\alpha}$ ±0.47	$0.12^{a12\alpha}$ ±0.18	$0.38^{e2\alpha}$ ±0.04	$0.27^{ab12\alpha}$ ±0.09	$1.04^{c.3\alpha}$ ±0.13	$1.23^{e3\beta}$ ±0.16	$-0.14^{a1\alpha}$ ±0.01
	B	$0.11^{a1\alpha}$ ±0.25	$0.27^{a1\alpha}$ ±0.01	$0.27^{c1\alpha}$ ±0.16	$0.15^{d1\alpha}$ ±0.13	$0.58^{ab1\alpha}$ ±0.11	$0.06^{ab1\alpha}$ ±0.57	$0.29^{a1\alpha}$ ±0.19	$0.13^{a1\alpha}$ ±0.06
	C	$0.01^{a1\alpha}$ ±0.04	$0.29^{ab1\alpha}$ ±0.04	$0.21^{bcd1\alpha}$ ±0.08	$0.38^{e1\alpha}$ ±0.28	$0.24^{a1\alpha}$ ±0.27	$0.29^{a1\alpha}$ ±0.03	$0.29^{a1\alpha}$ ±0.04	$0.04^{a1\alpha}$ ±0.17
60	A	$0.14^{a12\alpha}$ ±0.03	$0.19^{a12\alpha}$ ±0.15	$0.26^{a12\alpha}$ ±0.40	$0.22^{e12\alpha}$ ±0.25	$0.48^{ab123\alpha}$ ±0.25	$0.69^{b23\alpha}$ ±0.22	$0.90^{cd3\beta}$ ±0.11	$-0.07^{ab1\alpha}$ ±0.18
	B	$0.10^{a1\alpha}$ ±0.20	$0.34^{a12\alpha}$ ±0.35	$0.16^{c1\alpha}$ ±0.20	$0.27^{d12\alpha}$ ±0.13	$0.25^{a12\alpha}$ ±0.07	$0.70^{a2\alpha}$ ±0.30	$0.58^{a12\alpha}$ ±0.08	$0.45^{ab12\beta}$ ±0.19
	C	$0.15^{ab12\alpha}$ ±0.01	$0.09^{a12\alpha}$ ±0.33	$0.23^{bcd12\alpha}$ ±0.11	$-0.01^{cd1\alpha}$ ±0.00	$0.41^{ab23\alpha}$ ±0.13	$0.68^{abc3\alpha}$ ±0.17	$0.44^{ab23\alpha}$ ±0.02	$0.35^{abc23\alpha\beta}$ ±0.06
90	A	$0.44^{ab1\alpha}$ ±0.6	$0.32^{a1\alpha}$ ±0.15	$0.19^{a1\alpha}$ ±0.38	$0.15^{e1\beta}$ ±0.04	$0.30^{ab1\alpha}$ ±0.05	$0.70^{b1\alpha}$ ±0.08	$0.58^{b1\beta}$ ±0.04	$0.54^{cde1\alpha}$ ±0.33
	B	$0.27^{a12\alpha}$ ±0.27	$0.24^{a12\alpha}$ ±0.31	$0.17^{c12\alpha}$ ±0.33	$-0.06^{c1\beta}$ ±0.16	$0.52^{ab12\alpha}$ ±0.28	$0.66^{ab2\alpha}$ ±0.25	$0.48^{a12\alpha\beta}$ ±0.02	$0.47^{ab12\alpha}$ ±0.00
	C	$0.23^{ab2\alpha}$ ±0.27	$0.27^{ab2\alpha}$ ±0.34	$0.61^{d2\alpha}$ ±0.03	$-0.45^{a1\alpha}$ ±0.13	$0.49^{ab2\alpha}$ ±0.16	$0.40^{ab2\alpha}$ ±0.02	$0.46^{abc2\alpha}$ ±0.04	$0.72^{cd2\alpha}$ ±0.42
120	A	$0.24^{a12\alpha}$ ±0.08	$0.22^{a12\alpha}$ ±0.2	$0.29^{a23\alpha}$ ±0.26	$-0.21^{d1\beta}$ ±0.21	$0.29^{ab23\alpha}$ ±0.16	$0.59^{b234\alpha}$ ±0.21	$0.74^{bc34\alpha}$ ±0.13	$0.86^{e4\alpha}$ ±0.23
	B	$0.17^{a2\alpha}$ ±0.06	$0.25^{a23\alpha}$ ±0.15	$0.32^{c23\alpha}$ ±0.11	$-0.67^{ab1\alpha}$ ±0.05	$0.78^{bc34\beta}$ ±0.09	$0.93^{bc4\alpha}$ ±0.20	$0.79^{a34\alpha}$ ±0.25	$0.50^{ab234\alpha}$ ±0.49
	C	$0.24^{ab2\alpha}$ ±0.09	$0.29^{ab2\alpha}$ ±0.10	$0.26^{cd2\alpha}$ ±0.21	$-0.58^{a1\alpha\beta}$ ±0.11	$0.62^{ab2\alpha\beta}$ ±0.09	$0.37^{ab2\alpha}$ ±0.45	$0.51^{abc2\alpha}$ ±0.18	$0.56^{abcd2\alpha}$ ±0.27
150	A	$0.33^{a2\alpha}$ ±0.20	$0.20^{a2\alpha}$ ±0.06	$0.22^{a2\alpha}$ ±0.16	$-0.48^{c1\alpha}$ ±0.01	$0.40^{ab2\alpha}$ ±0.11	$1.05^{cd4\alpha\beta}$ ±0.05	$0.81^{bc34\alpha}$ ±0.09	$0.52^{cde23\alpha}$ ±0.22
	B	$0.09^{a2\alpha}$ ±0.11	$0.38^{a23\alpha}$ ±0.30	$0.24^{c2\alpha}$ ±0.13	$-0.62^{ab1\alpha}$ ±0.06	$0.54^{ab23\alpha}$ ±0.01	$0.84^{ab3\beta}$ ±0.11	$0.59^{a23\alpha}$ ±0.33	$0.48^{ab23\alpha}$ ±0.32
	C	$0.57^{b23\alpha}$ ±0.17	$0.71^{bc3\alpha}$ ±0.00	$0.57^{d23\alpha}$ ±0.27	$-0.52^{a1\alpha}$ ±0.08	$0.37^{ab23\alpha}$ ±0.36	$0.43^{ab23\alpha}$ ±0.06	$0.37^{a23\alpha}$ ±0.06	$0.13^{ab2\alpha}$ ±0.40
180	A	$0.17^{a2\alpha}$ ±0.03	$0.27^{a23\alpha}$ ±0.27	$0.29^{a23\alpha}$ ±0.19	- $0.56^{bc1\alpha\beta}$ ±0.02	$0.26^{ab23\alpha}$ ±0.35	$0.83^{bc4\alpha}$ ±0.01	$0.69^{bc34\alpha}$ ±0.03	$0.65^{de34\alpha}$ ±0.13
	B	$0.26^{a234\alpha}$ ±0.35	$0.15^{a2\alpha}$ ±0.23	$0.21^{c23\alpha}$ ±0.07	$-0.78^{a1\alpha}$ ±0.01	$0.64^{b2345\alpha}$ ±0.18	$0.77^{b5\alpha}$ ±0.28	$0.74^{a45\alpha}$ ±0.18	$0.70^{b345\alpha}$ ±0.13
	C	$0.38^{ab2\alpha}$ ±0.21	$0.31^{ab2\alpha}$ ±0.19	$0.44^{cd2\alpha}$ ±0.36	$-0.42^{ab1\beta}$ ±0.14	$0.60^{ab2\alpha}$ ±0.33	$0.87^{bc2\alpha}$ ±0.25	$0.79^{cd2\alpha}$ ±0.07	$0.78^{cd2\alpha}$ ±0.10
210	A	$0.86^{b34\alpha}$ ±0.04	$0.25^{a2\alpha}$ ±0.07	$0.20^{a2\alpha}$ ±0.13	$-0.78^{ab1\alpha}$ ±0.17	$0.14^{a2\alpha}$ ±0.15	$0.99^{c4\alpha}$ ±0.06	$0.73^{bc34\alpha}$ ±0.06	$0.61^{cde3\alpha}$ ±0.12
	B	$0.50^{a23\alpha}$ ±0.30	$0.52^{a23\alpha\beta}$ ±0.04	$0.09^{c2\alpha}$ ±0.11	- $0.69^{ab1\alpha\beta}$ ±0.05	$0.58^{ab3\alpha}$ ±0.04	$0.77^{ab3\alpha}$ ±0.20	$0.79^{a3\alpha}$ ±0.25	$0.48^{ab23\alpha}$ ±0.21
	C	$0.31^{ab2\alpha}$ ±0.26	$0.77^{c23\beta}$ ±0.23	$0.28^{cd2\alpha}$ ±0.19	$-0.42^{ab1\beta}$ ±0.03	$0.65^{ab23\alpha}$ ±0.50	$1.11^{c3\alpha}$ ±0.24	$0.78^{bcd23\alpha}$ ±0.13	$0.47^{abcd2\alpha}$ ±0.08

Çizelge 4.16. Devamı

Süre(dk)	Ön işlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C	97 °C
270	A	0.09$^{a23\alpha}$ ±0.3	0.40$^{a3\alpha}$ ±0.27	-0.01$^{a2\beta}$ ±0.07	-0.79$^{ab1\alpha}$ ±0.05	0.17$^{a23\alpha}$ ±0.01	1.31$^{dc4\alpha}$ ±0.11	1.18$^{de4\alpha}$ ±0.08	0.25$^{bc23\alpha}$±0.03
	B	0.23$^{a3\alpha}$ ±0.09	0.45$^{a3\alpha}$ ±0.18	-0.23$^{b12\alpha}$±0.01	-0.67$^{ab1\beta}$ ±0.01	0.76$^{bc34\beta}$±0.08	1.26$^{bc4\alpha}$ ±0.24	0.80$^{a34\alpha}$ ±0.62	0.40$^{ab3\alpha}$ ±0.08
	C	0.32$^{ab2\alpha}$ ±0.00	0.42$^{abc23\alpha}$±0.25	-0.33$^{a1\alpha}$ ±0.06	-0.13$^{bc1\alpha}$ ±0.00	0.74$^{ab3\beta}$ ±0.13	0.77$^{abc3\alpha}$±0.27	0.53$^{abc23\alpha}$±0.15	0.55$^{abcd23\alpha}$±0.20
330	A	0.14$^{a23\alpha}$ ±0.01	0.25$^{a3\alpha}$ ±0.28	0.01$^{a2\beta}$ ±06	-0.85$^{a1\alpha}$ ±0.13	0.46$^{ab23\alpha}$±0.5	1.44$^{e4\alpha}$ ±0.02	1.17$^{de34\alpha}$±0.26	0.25$^{bc3\alpha}$ ±0.05
	B	0.20$^{a23\alpha}$ ±0.12	0.64$^{a34\alpha}$ ±0.07	-0.43$^{ab12\alpha}$±0.04	-0.53$^{b1\alpha}$ ±0.13	1.10$^{c4\alpha}$ ±0.22	1.17$^{c4\alpha}$ ±0.20	0.82$^{a34\alpha}$ ±0.71	0.26$^{ab3\alpha}$ ±0.14
	C	0.32$^{ab23\alpha}$±0.25	0.16$^{a12\alpha}$ ±0.06	-0.17$^{ab1\beta}$±0.08	-0.06$^{c12\beta}$ ±0.05	0.87$^{bc4\alpha}$ ±0.21	1.71$^{d5\alpha}$ ±0.23	0.91$^{d4\alpha}$ ±0.18	0.61$^{bcd34\beta}$±0.02
390	A	0.28$^{a23\alpha}$ ±0.15	0.33$^{a23\alpha}$ ±0.35	-0.09$^{a2\beta}$ ±0.16	-0.84$^{a1\alpha}$ ±0.04	0.74$^{b3\alpha}$ ±0.28	1.84$^{f5\beta}$ ±0.12	1.25$^{e4\alpha}$ ±0.14	0.45$^{cd3\alpha}$ ±0.03
	B	0.37$^{a34\alpha}$ ±0.16	0.32$^{a3\alpha}$ ±0.11	-0.64$^{a1\alpha}$ ±0.07	-0.51$^{b12\alpha}$ ±0.04	1.10$^{c45\alpha}$ ±0.19	1.28$^{c5\alpha}$ ±0.11	0.71$^{a345\alpha}$±0.83	0.20$^{ab23\alpha}$±0.01
	C	0.19$^{ab1\alpha}$ ±0.01	0.11$^{a1\alpha}$ ±0.09	0.14$^{bc1\beta}$±0.10	0.15$^{cde1\beta}$±0.21	1.36$^{c3\alpha}$ ±0.18	2.62$^{e5\gamma}$ ±0.00	1.89$^{e4\alpha}$ ±0.34	0.90$^{d2\beta}$ ±0.18

A: Normal ıslatma, B: %50 Genlikte Ultrason, C: %100 Genlikte Ultrason
Çizelgede aynı sütunda (ultrasonsuz, %50 US ve %100 US (α, β ve γ)), (a-k süre) farklı harfle ve aynı satırda farklı rakamla (1-8 sıcaklık) gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemlidir.

Börülce ıslatma suyunda normal ıslatma/pişirmede 30°C gibi sabit bir sıcaklıkta süre 30-270 dk aralığında artarken b* renk değeri 1.52'den 1.89'a artmıştır. %50 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirmedeki b* renk değeri 30°C'deki sabit sıcaklıkta süre 30-270 dk aralığında artarken bu değer 1.23-2.16 aralığında artmıştır. %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirmede de aynı şekilde 30°C'deki sabit sıcaklıkta süre 30-270 dk aralığında artarken b* renk değeri 1.21-3.06 aralığında artış olmuştur. Sürenin artması b* renk değerini arttırmıştır (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17'da börülce ıslatma suyunda 60 dk gibi sabit sürede sıcaklık 30-97°C aralığında artarken normal ıslatma/pişirme esnasında b* renk değeri 1.43-1.89 aralığında artmıştır; 330 dk'daki sabit sürede aynı şekilde sıcaklık 30-90°C'ye artarken bu değer 1.64-2.50 şeklinde artmaktadır. %50 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirme 60dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-97°C'ye artarken b* renk değeri 1.88-1.94 aralığında artmıştır; 330 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-90°C aralığında

artarken bu değer 1.87'den 2.17'ye artmıştır. %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirme esnasındaki 60 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-97^{o}C'ye artarken b* değeri 1.68'den 2.73'e artmıştır; 330 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-90^{o}C'ye artarken bu değer 1.04'ten 2.39'a kadar artmıştır (Çizelge 4.17). Diğer parametrelerde de benzer şekilde sıcaklığın artışı b* değerini arttırmıştır.

Normal ,%50 ve %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirme 40^{o}C ve 120 dk gibi sabit bir sıcaklık ve sürede b* renk değerleri sırasıyla 1.71, 2.33 ve 3.04 kadar artmıştır; 97 ^{o}C ve 60 dk'daki değerler sırasıyla 1.89, 1.94 ve 2.73 şeklinde artmıştır (Çizelge 4.17). %100 genlikte ultrason uygulama b* renk değerini en çok artış görülmektedir. Bu artışı %50 genlikte ultrason uygulama takip etmektedir. Buda sarılık renk değerinin koyulaştığını göstermektedir.

Gıdaların işleme sırasında birçok reaksiyon gelişmekte ve buda gıdaların rengine etki etmektedir. Börülce ve ıslatma suyunda sıcaklık, süre ve ultrason L* renk değerini azaldığı gözlemlenmiştir. Börülce tane ve ıslatma suyunda rengin başlangıca göre koyu bir renk aldığını göstermektedir. Tane kısmında a* renk değeri azalırken su kısmında a* renk değeri artmıştır. Yine aynı şekilde b* renk değeri tanede azalırken su kısmında artış gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.17. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-97 °C) ıslatma suyunun Hunter b* değerleri değişimi

Süre(dk)	Ön işlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C	97 °C
0	A	1.57$^{a1\alpha}$ ±0.18	1.57$^{a1\alpha}$ ±0.18	1.57$^{b1\alpha}$ ±0.18	1.57$^{cd1\alpha}$ ±0.18	1.57$^{ab1\alpha}$ ±0.18	1.57$^{ab1\alpha}$ ±0.18	1.57$^{b1\alpha}$ ±0.18	1.57$^{c1\alpha}$ ±0.18
	B	1.57$^{ab1\alpha}$ ±0.18	1.57$^{a1\alpha}$ ±0.18	1.57$^{ab1\alpha}$ ±0.18	1.57$^{bc1\alpha}$ ±0.18	1.57$^{ab1\alpha}$ ±0.18	1.57$^{a1\alpha}$ ±0.18	1.57$^{a1\alpha}$ ±0.18	1.57$^{a1\alpha}$ ±0.18
	C	1.57$^{ab1\alpha}$ ±0.18	1.57$^{abc1\alpha}$ ±0.18	1.57$^{bc1\alpha}$ ±0.18	1.57$^{cde1\alpha}$ ±0.18	1.57$^{a1\alpha}$ ±0.18	1.57$^{abcd1\alpha}$ ±0.18	1.57$^{bc1\alpha}$ ±0.18	1.57$^{a1\alpha}$ ±0.18
30	A	1.52$^{a1\alpha}$ ±0.11	3.27$^{a345\alpha}$ ±0.41	2.54$^{b23\alpha}$ ±0.38	3.505$^{e456\beta}$ ±0.08	3.035$^{b34\alpha}$ ±0.02	4.37$^{c6\alpha}$ ±0.03	4.01$^{c56\beta}$ ±0.2	1.90$^{c12\alpha}$ ±0.86
	B	1.23$^{a1\alpha}$ ±0.78	2.36$^{a1\alpha}$ ±0.03	2.44$^{b1\alpha}$ ±0.31	2.58$^{c1\alpha}$ ±0.09	3.35$^{c1\alpha}$ ±0.14	0.50$^{a1\alpha}$ ±4.17	2.49$^{ab1\alpha}$ ±0.18	2.74$^{a1\alpha}$ ±0.11
	C	1.21$^{a1\alpha}$ ±2.08	2.58$^{abc2\alpha}$ ±0.74	1.67$^{cd12\alpha}$ ±0.71	2.81$^{e2\alpha\beta}$ ±0.48	3.35$^{a2\alpha}$ ±0.42	1.87$^{abcd1\alpha2}$ ±0.42	1.86$^{bc12\alpha}$ ±0.30	0.98$^{a12\alpha}$ ±2.89
60	A	1.43$^{a1\alpha}$ ±0.08	2.16$^{a1\alpha}$ ±0.67	3.05$^{b1\alpha}$ ±0.99	3.19$^{e1\beta}$ ±1.30	2.76$^{b1\alpha}$ ±0.95	2.18$^{abc1\alpha}$ ±0.84	1.91$^{b1\alpha}$ ±0.59	1.89$^{c1\alpha}$ ±0.07
	B	1.88$^{ab1\alpha}$ ±0.35	2.79$^{a1\alpha}$ ±0.62	1.73$^{ab1\alpha}$ ±0.68	2.55$^{c1\beta}$ ±0.44	1.25$^{a1\alpha}$ ±0.41	2.90$^{a1\alpha}$ ±1.03	2.06$^{ab1\alpha}$ ±0.14	1.94$^{a1\alpha}$ ±0.71
	C	1.68$^{ab23\alpha}$ ±0.01	-0.04$^{ab12\alpha}$ ±3.50	2.59$^{cde23\alpha}$ ±0.17	-2.53$^{a1\alpha}$ ±1.36	2.66$^{a23\alpha}$ ±0.01	3.34$^{cd3\alpha}$ ±0.20	3.04$^{bc23\alpha}$ ±0.11	2.73$^{a23\alpha}$ ±0.15
90	A	3.00$^{ab1\alpha}$ ±1.68	2.70$^{a1\alpha}$ ±0.58	1.97$^{b1\alpha}$ ±0.74	2.22$^{de1\beta}$ ±0.76	2.02$^{ab1\alpha}$ ±0.43	2.73$^{bc1\beta}$ ±0.47	2.66$^{bc1\alpha}$ ±0.50	2.14$^{c1\alpha}$ ±0.07
	B	2.88$^{ab1\alpha}$ ±0.88	1.83$^{a1\alpha}$ ±2.76	1.56$^{ab1\alpha}$ ±1.60	0.55$^{ab1\alpha\beta}$ ±0.81	2.50$^{abc1\alpha}$ ±0.42	2.36$^{a1\beta}$ ±0.18	2.38$^{ab1\alpha}$ ±0.08	1.28$^{a1\alpha}$ ±0.72
	C	3.00$^{b12\alpha}$ ±0.71	2.79$^{abc12\alpha}$ ±1.79	3.25$^{e2\alpha}$ ±0.18	-0.13$^{b12\alpha}$ ±0.09	2.45$^{a12\alpha}$ ±0.59	-1.22$^{ab1\alpha}$ ±1.47	1.62$^{bc12\alpha}$ ±0.71	0.58$^{a12\alpha}$ ±4.10
120	A	1.42$^{a1\alpha}$ ±0.45	1.71$^{a1\alpha}$ ±1.79	2.145$^{b1\alpha}$ ±0.29	1.48$^{bcd1\beta}$ ±0.21	2.44$^{ab1\alpha}$ ±0.13	2.56$^{bc1\alpha}$ ±0.16	2.45$^{bc1\alpha}$ ±0.14	2.25$^{c1\alpha}$ ±0.17
	B	1.66$^{ab2\alpha}$ ±0.69	2.33$^{a2\alpha}$ ±0.28	2.62$^{b23\alpha}$ ±0.37	0.14$^{ab1\alpha}$ ±0.28	3.46$^{c1\alpha}$ ±0.83	3.91$^{a3\alpha}$ ±0.45	3.05$^{b23\alpha}$ ±0.57	2.28$^{a2\alpha}$ ±1.11
	C	2.60$^{b1\alpha}$ ±0.15	3.04$^{abc1\alpha}$ ±0.46	1.26$^{bc1\alpha}$ ±0.60	-0.55$^{b1\alpha}$ ±0.48	2.68$^{a1\alpha}$ ±0.39	-0.43$^{abc1\alpha}$ ±4.35	0.35$^{ab1\alpha}$ ±3.01	1.19$^{a1\alpha}$ ±1.99
150	A	1.41$^{b12\alpha}$ ±0.22	2.00$^{a12\alpha}$ ±0.57	3.10$^{b12\alpha}$ ±0.29	-0.06$^{a12\alpha\beta}$ ±0.03	0.37$^{ab12\alpha}$ ±3.48	3.30$^{bc2\beta}$ ±0.28	3.15$^{bc2\beta}$ ±0.07	-0.33$^{ab1\alpha}$ ±1.56
	B	1.17$^{a2\alpha}$ ±0.79	2.96$^{a3\alpha}$ ±0.83	2.35$^{b23\alpha}$ ±1.23	-0.87$^{a1\alpha}$ ±0.05	2.51$^{abc1\alpha}$ ±0.11	3.20$^{a3\beta}$ ±0.47	2.81$^{b23\beta}$ ±0.87	1.85$^{a23\alpha}$ ±0.45
	C	3.32$^{b2\alpha}$ ±0.45	3.73$^{bc2\alpha}$ ±0.30	3.14$^{de2\alpha}$ ±0.87	0.41$^{bc12\beta}$ ±0.47	1.82$^{a2\alpha}$ ±2.59	-1.84$^{a1\alpha}$ ±0.22	-1.84$^{a1\alpha}$ ±0.42	-1.75$^{a1\alpha}$ ±3.00
180	A	2.09$^{a12\alpha}$ ±0.99	2.09$^{a12\alpha}$ ±0.74	3.04$^{b2\alpha}$ ±0.64	0.38$^{abc1\alpha}$ ±0.78	1.67$^{ab12\alpha}$ ±0.66	1.46$^{ab12\alpha}$ ±0.22	1.40$^{b12\alpha}$ ±0.16	0.94$^{bc1\alpha}$ ±0.86
	B	2.90$^{ab2\alpha}$ ±0.87	2.69$^{a2\alpha}$ ±0.78	1.62$^{ab12\alpha}$ ±0.33	0.39$^{ab1\alpha}$ ±0.51	2.78$^{bc1\alpha}$ ±1.34	2.47$^{a2\alpha}$ ±1.07	2.51$^{ab2\alpha}$ ±1.03	1.98$^{a12\alpha}$ ±0.37
	C	2.16$^{ab1\alpha}$ ±2.35	2.77$^{abc1\alpha}$ ±0.37	2.33$^{cde1\alpha}$ ±1.26	0.37$^{bc1\alpha}$ ±0.88	2.50$^{a1\alpha}$ ±1.41	2.41$^{bcd1\alpha}$ ±1.39	2.06$^{bc1\alpha}$ ±0.58	1.76$^{a1\alpha}$ ±0.57
210	A	4.22$^{ab2\alpha}$ ±0.06	2.12$^{a12\alpha}$ ±0.30	2.95$^{b12\alpha}$ ±0.51	0.02$^{a1\alpha}$ ±0.57	-0.21$^{a1\alpha}$ ±1.29	-0.06$^{a1\alpha}$ ±3.03	-0.42$^{a1\alpha}$ ±2.28	0.60$^{abc1\alpha}$ ±0.52
	B	3.21$^{b2\alpha}$ ±0.39	3.50$^{a2\alpha\beta}$ ±0.96	1.62$^{ab12\alpha}$ ±0.08	0.46$^{ab1\alpha}$ ±0.51	2.09$^{abc1\alpha}$ ±0.52	2.76$^{a2\alpha}$ ±1.06	2.94$^{b2\alpha}$ ±0.40	1.93$^{a12\alpha}$ ±1.27
	C	1.10$^{ab1\alpha}$ ±3.05	4.10$^{c1\beta}$ ±0.01	1.95$^{cde1\alpha}$ ±0.66	0.18$^{bc1\alpha}$ ±0.06	2.21$^{a1\alpha}$ ±2.91	2.46$^{bcd1\alpha}$ ±0.53	1.89$^{bc1\alpha}$ ±1.21	0.52$^{a1\alpha}$ ±0.11

Çizelge 4.17. Devamı

Süre (dk)	Ön işlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C	97 °C
270	A	1.89$^{a23\alpha}$ ±1.51	3.26$^{a3\alpha}$ ±1.21	0.98$^{ab123\alpha}$ ±1.49	0.16$^{ab12\alpha}$ ±0.33	0.29$^{ab12\alpha}$ ±0.23	2.21$^{abc23\alpha}$ ±1.15	2.22$^{bc23\alpha}$ ±0.88	-0.94$^{a1\alpha}$ ±0.37
	B	2.16$^{ab23\alpha}$ ±0.17	3.48$^{a3\alpha}$ ±0.02	1.03$^{ab12\alpha}$ ±0.14	0.33$^{ab1\alpha}$ ±0.35	2.82$^{bc1\beta}$ ±0.16	3.26$^{a3\alpha}$ ±1.73	2.57$^{ab23\alpha}$ ±0.16	2.18$^{a23\beta}$ ±0.21
	C	3.06$^{b2\alpha}$ ±0.16	1.64$^{abc12\alpha}$ ±1.81	-0.67$^{a1\alpha}$ ±0.54	0.89$^{bcd12\alpha}$ ±0.35	2.58$^{a2\beta}$ ±0.48	0.11$^{abc12\alpha}$ ±2.73	0.67$^{abc1\alpha2}$ ±0.74	0.68$^{a12\alpha\beta}$ ±1.12
330	A	1.64$^{a23\alpha}$ ±0.48	2.27$^{a3\alpha}$ ±0.48	1.98$^{b3\beta}$ ±0.29	0.65$^{abc2\alpha}$ ±0.31	0.82$^{ab2\alpha}$ ±0.22	2.50$^{abc3\alpha}$ ±0.72	2.50$^{bc3\alpha}$ ±0.09	-0.98$^{a1\alpha}$ ±0.50
	B	1.87$^{ab23\alpha}$ ±0.70	3.22$^{a3\alpha}$ ±0.06	0.40$^{a12\alpha}$ ±0.59	-0.41$^{a1\alpha}$ ±1.18	3.04$^{c1\beta}$ ±0.45	2.03$^{a23\alpha}$ ±0.71	2.17$^{ab23\alpha}$ ±0.20	2.22$^{a3\beta}$ ±0.13
	C	1.04$^{ab12\alpha3}$ ±1.11	-0.90$^{a1\alpha}$ ±2.86	0.23$^{ab12\alpha}$ ±0.01	-0.12$^{b12\alpha}$ ±0.56	3.19$^{a23\beta}$ ±0.65	3.73$^{cd3\alpha}$ ±0.84	2.39$^{bc123\alpha}$ ±1.75	1.31$^{a123\beta}$ ±0.18
390	A	2.10$^{a23\alpha}$ ±0.48	2.93$^{a23\alpha}$ ±0.95	-0.72$^{a1\alpha}$ ±2.20	0.78$^{abc12\alpha}$ ±0.40	1.50$^{ab123\alpha}$ ±0.53	3.38$^{bc3\alpha\beta}$ ±0.52	3.04$^{bc23\beta}$ ±0.24	-0.58$^{ab1\alpha}$ ±0.88
	B	1.58$^{ab1\alpha}$ ±1.60	0.95$^{a1\alpha}$ ±2.42	0.21$^{a1\alpha}$ ±0.32	-0.34$^{ab1\alpha}$ ±1.98	3.38$^{c1\beta}$ ±0.65	2.22$^{a1\alpha}$ ±0.56	1.94$^{ab1\alpha}$ ±0.28	1.82$^{a1\beta}$ ±0.23
	C	1.52$^{ab2\alpha}$ ±0.44	0.29$^{abc1\alpha}$ ±0.37	1.71$^{cd2\alpha}$ ±0.19	2.26$^{de2\alpha}$ ±0.42	3.98$^{a34\beta}$ ±0.52	4.53$^{d4\beta}$ ±0.24	3.44$^{c3\beta}$ ±0.30	1.71$^{a2\beta}$ ±0.44

A: Normal ıslatma, B: %50 Genlikte Ultrason, C: %100 Genlikte Ultrason
Çizelgede aynı sütunda (ultrasonsuz, %50 US ve %100 US (α, β ve γ)), (a-k süre) farklı harfle ve aynı satırda farklı rakamla (1-8 sıcaklık) gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemlidir.

Bayram ve ark. (2004), soyanın ıslatılmasında 70^{o}C'deki sabit sıcaklıkta süre 0-120dk arasında değişirken L* renk değerinde azalma, a* ve b* değerinde ise artış gözlemlenmişlerdir. Ertaş (2010), yaptığı çalışmada baklagillerin ıslatılmasında nohut ve soya fasulyesinde parlaklık (L*) ve sarılık (b*) değerlerinde artış, kırmızılık(a*) değerlerinde azalış gözlemlenirken, fasulye örneklerinde tam tersi etkiler görülmüştür. Yıldırım (2011), nohutta 160 dakikalık pişirme için sıcaklık 87'den 97 °C'ye yükseltildiğinde, b * değerinin 3.30'dan 6.37'ye yükseldiğini tespit etmiştir.

4.3. Briks Değerine Sıcaklık, Süre ve Ultrasonik Ses Dalgalarının Etkisi

Farklı tip tahıl ürünlerinde çözülmüş katı örnekleri fitik asit, protein olmayan azotlu bileşikler, şekerler, mineraller (Fe, Cu, Zn, Mu, P, Ca, Mg), pigmentler, nişasta, protein, tiamin, riboflavin ve niasin gibi suda çözünen vitaminler olduğu bildirilmiştir (Kon, 1979; Synder ve Kwon, 1987; Wang ve ark., 1979). Çizelge 4.18'de farklı süre, sıcaklık ve ultrason genliğinde briks değerleri değişimi gösterilmektedir.

Çizelge 4.18. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-97 °C) ıslatma suyunun briks değerleri değişimi

Süre (dk	Ön işlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C	97 °C
0	A	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00
	B	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00
	C	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00
30	A	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.12$^{b2\alpha}$ ±0.03	0.23$^{b3\alpha}$ ±0.04
	B	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.12$^{b2\beta}$ ±0.02	0.13$^{b2\beta}$ ±0.04	0.15$^{ab2\beta}$ ±0.06	0.23$^{b3\beta}$ ±0.04	0.33$^{b4\beta}$ ±0.04
	C	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.22$^{b3\gamma}$ ±0.02	0.12$^{b2\beta}$ ±0.02	0.22$^{b3\beta}$ ±0.02	0.42$^{b4\gamma}$ ±0.03	0.52$^{b5\gamma}$ ±0.02
60	A	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.10$^{b2\alpha}$ ±0.00	0.30$^{b3\alpha}$ ±0.00	0.38$^{b34\alpha}$ ±0.04	0.35$^{c4\alpha}$ ±0.01	0.41$^{c5\alpha}$ ±0.01
	B	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.11$^{b1\beta}$ ±0.01	0.23$^{c2\beta}$ ±0.04	0.32$^{c23\alpha}$ ±0.03	0.28$^{b2\alpha}$ ±0.11	0.35$^{b23\alpha}$ ±0.06	0.42$^{c3\alpha}$ ±0.02
	C	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.42$^{c2\gamma}$ ±0.02	0.42$^{c2\beta}$ ±0.03	0.53$^{c3\beta}$ ±0.04	0.62$^{c4\beta}$ ±0.02	0.72$^{c5\beta}$ ±0.03
90	A	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.30$^{c2\alpha}$ ±0.00	0.40$^{c3\alpha}$ ±0.00	0.51$^{c4\alpha}$ ±0.01	0.63$^{d5\alpha}$ ±0.04	0.72$^{d6\alpha}$ ±0.03
	B	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.13$^{b2\beta}$ ±0.04	0.33$^{cb3\alpha}$ ±0.04	0.44$^{d4\alpha}$ ±0.05	0.45$^{c45\alpha}$ ±0.06	0.53$^{c5\alpha}$ ±0.04	0.62$^{d6\alpha}$ ±0.03
	C	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.63$^{d2\beta}$ ±0.04	0.62$^{d2\beta}$ ±0.02	0.71$^{d3\beta}$ ±0.01	0.82$^{d4\beta}$ ±0.03	1.04$^{d5\beta}$ ±0.05
120	A	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.50$^{d2\alpha}$ ±0.00	0.55$^{d2\alpha}$ ±0.00	0.72$^{d3\alpha}$ ±0.03	0.83$^{e4\alpha}$ ±0.04	0.93$^{e5\beta}$ ±0.04
	B	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.23$^{c2\beta}$ ±0.04	0.42$^{c3\alpha}$ ±0.02	0.63$^{e4\alpha}$ ±0.04	0.72$^{d5\alpha}$ ±0.02	0.74$^{d5\alpha}$ ±0.06	0.82$^{e6\alpha}$ ±0.03
	C	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.83$^{e2\beta}$ ±0.04	0.83$^{e2\beta}$ ±0.04	1.03$^{e3\beta}$ ±0.04	1.12$^{e4\beta}$ ±0.02	1.52$^{e5\gamma}$ ±0.03
150	A	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.60$^{e2\alpha}$ ±0.00	0.70$^{e3\alpha}$ ±0.00	0.83$^{d4\alpha}$ ±0.04	0.93$^{f5\alpha}$ ±0.04	1.03$^{f6\alpha}$ ±0.04
	B	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.25$^{c2\beta}$ ±0.06	0.82$^{d34\beta}$ ±0.02	0.73$^{f3\alpha}$ ±0.04	0.83$^{de345\alpha}$ ±0.04	0.87$^{d45\alpha}$ ±0.10	0.94$^{f5\alpha}$ ±0.06
	C	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.23$^{b2\beta}$ ±0.01	1.03$^{f3\gamma}$ ±0.04	1.03$^{f3\beta}$ ±0.04	1.22$^{f4\beta}$ ±0.02	1.32$^{f5\beta}$ ±0.02	1.72$^{f6\beta}$ ±0.03
180	A	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.65$^{f2\alpha}$ ±0.00	0.80$^{f3\alpha}$ ±0.00	0.88$^{e3\alpha}$ ±0.04	1.03$^{g,4\alpha}$ ±0.04	1.23$^{g,5\alpha}$ ±0.04
	B	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.32$^{d2\beta}$ ±0.03	0.94$^{d4\beta}$ ±0.05	0.74$^{fg3\alpha}$ ±0.06	0.92$^{ef4\alpha}$ ±0.02	1.07$^{e5\alpha}$ ±0.10	1.14$^{g5\alpha}$ ±0.06
	C	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.33$^{c2\beta}$ ±0.02	1.21$^{g3\gamma}$ ±0.01	1.22$^{g3\beta}$ ±0.02	1.32$^{g4\beta}$ ±0.03	1.52$^{g5\beta}$ ±0.03	1.83$^{g6\beta}$ ±0.04
210	A	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.73$^{g2\alpha}$ ±0.04	0.88$^{g3\alpha}$ ±0.04	1.03$^{f4\alpha}$ ±0.04	1.21$^{h5\alpha}$ ±0.01	1.32$^{h6\alpha}$ ±0.03
	B	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.42$^{e2\beta}$ ±0.03	1.07$^{e45\beta}$ ±0.10	0.81$^{g3\alpha}$ ±0.01	1.06$^{fg4\alpha}$ ±0.08	1.09$^{e45\alpha}$ ±0.13	1.23$^{h5\alpha}$ ±0.04
	C	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.44$^{d2\beta}$ ±0.01	1.32$^{h3\gamma}$ ±0.03	1.32$^{h3\beta}$ ±0.02	1.53$^{h4\beta}$ ±0.04	1.82$^{h5\beta}$ ±0.02	2.04$^{h6\beta}$ ±0.06

Çizelge 4.18. Devamı

Süre (dk	Önişlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C	97 °C
270	A	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.30$^{b2\alpha}$ ±0.00	0.83$^{h3\alpha}$ ±0.04	1.03$^{h4\alpha}$ ±0.04	1.15$^{g5\alpha}$ ±0.07	1.32$^{i6\alpha}$ ±0.03	1.43$^{i7\alpha}$ ±0.04
	B	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.73$^{f2\beta}$ ±0.04	1.14$^{fg4\beta}$ ±0.06	0.93$^{h3\alpha}$ ±0.04	1.13$^{g4\alpha}$ ±0.04	1.23$^{e5\alpha}$ ±0.04	1.34$^{i6\alpha}$ ±0.05
	C	0.07$^{b1\beta}$ ±0.02	0.14$^{b2\beta}$ ±0.03	1.05$^{e3\gamma}$ ±0.01	1.53$^{i4\gamma}$ ±0.04	1.72$^{i5\beta}$ ±0.03	2.02$^{i6\beta}$ ±0.03	2.13$^{i7\beta}$ ±0.04	2.51$^{i8\beta}$ ±0.01
330	A	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.40$^{c2\alpha}$ ±0.00	0.93$^{i3\alpha}$ ±0.04	1.20$^{i4\alpha}$ ±0.00	1.33$^{h5\alpha}$ ±0.04	1.41$^{j6\alpha}$ ±0.01	1.52$^{i7\alpha}$ ±0.03
	B	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.14$^{b1\beta}$ ±0.05	1.12$^{g2\beta}$ ±0.02	1.22$^{gh2\beta}$ ±0.03	1.42$^{i3\beta}$ ±0.02	1.42$^{h3\alpha}$ ±0.16	1.54$^{f34\beta}$ ±0.06	1.63$^{j4\alpha}$ ±0.04
	C	0.10$^{c1\beta}$ ±0.01	0.21$^{c2\beta}$ ±0.02	1.84$^{f4\gamma}$ ±0.03	1.63$^{i3\gamma}$ ±0.04	1.93$^{i5\gamma}$ ±0.04	2.32$^{i6\beta}$ ±0.02	3.52$^{j7\gamma}$ ±0.02	4.04$^{j8\beta}$ ±0.06
390	A	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.00$^{a1\alpha}$ ±0.00	0.70$^{d2\alpha}$ ±0.00	1.02$^{i3\alpha}$ ±0.03	1.33$^{j4\alpha}$ ±0.04	1.43$^{i5\alpha}$ ±0.04	1.52$^{k6\alpha}$ ±0.03	1.71$^{k7\alpha}$ ±0.01
	B	0.12$^{b1\beta}$ ±0.02	0.23$^{c2\beta}$ ±0.04	1.53$^{h4\beta}$ ±0.04	1.32$^{h3\beta}$ ±0.02	1.52$^{i4\beta}$ ±0.03	1.72$^{i5\beta}$ ±0.03	1.75$^{g56\beta}$ ±0.06	1.83$^{k6\beta}$ ±0.04
	C	0.17$^{d1\beta}$ ±0.02	0.27$^{d1\beta}$ ±0.01	2.25$^{g4\gamma}$ ±0.03	1.72$^{k3\gamma}$ ±0.02	2.92$^{k5\gamma}$ ±0.02	4.03$^{k6\gamma}$ ±0.04	4.53$^{k7\gamma}$ ±0.04	5.03$^{k8\gamma}$ ±0.04

A: Normal ıslatma, B: %50 Genlikte Ultrason, C: %100 Genlikte Ultrason
Çizelgede aynı sütunda (ultrasonsuz, %50 US ve %100 US (α, β ve γ)), (a-k süre) farklı harfle ve aynı satırda farklı rakamla (1-8 sıcaklık) gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemlidir.

Börülce su kısmında normal ıslatma/pişirme briks değeri 30 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-97^{o}C aralığında artarken bu değeri 0.00-0.23 aralığında artmıştır; 330 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-90^{o}C'ye artarken briks değeri 0.00'dan 1.41'e kadar arttığı Çizelge 4.18'de gösterilmektedir. %50 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirmede 30 dk'daki sabit sürede sıcaklığın 30-97^{o}C aralığında artışı briks değeri 0.00'dan 0.33'e kadar arttırmıştır; aynı şekilde 330 dk gibi sabit sürede sıcaklık 30-90^{o}C'ye artarken bu değer 0.00'dan 1.54'e kadar artmıştır. %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirme aynı şekilde 30 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-97^{o}C aralığında artarken briks değeri 0.00'den 0.52'ye kadar artmıştır; 330 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-90^{o}C'deki bu değer 0.10'den 3.52'ye kadar artmıştır. Diğer veriler incelendiğinde benzer şekilde sıcaklıkla brix değerinde artış olduğu görülmektedir (Çizelge 4.18). Sıcaklık artışı briks değerini arttırmıştır.

Börülceye normal ıslatma/pişirme uygulanmasıyla 50^{o}C'deki sabit sıcaklıkta süre 30-390 dk aralığında artarken briks değeri 0.00-0.70 aralığında artmıştır; 90^{o}C'deki sabit sıcaklıkta süre 30-330 dk aralığında artarken bu değer 0.12'den 1.41'e kadar artmıştır (Çizelge 4.18.). %50 genlik ultrasonlu ıslatma/pişirmede

50°C'deki sabit sıcaklıkta süre 30-390 dk aralığında artarken briks değeri 0.00-1.53 aralığında artmıştır; 90°C'deki sabit sıcaklıkta süre 30-330 dk aralığında artarken bu değer 0.23'ten 1.54'e kadar artmıştır. %100 genlik ultrasonlu ıslatma/pişirmede benzer şekilde 50°C gibi sabit bir sıcaklıkta süre 30-390 dk aralığında artarken briks değeri 0.00-2.25 aralığında artmıştır; 90°C'deki sabit sıcaklıkta süre 30-330 dk aralığında artarken bu değer 0.42-3.52 kadar artmıştır. Süre arttışı diğer parametrelerde de briks değerini benzer şekilde arttırmıştır (Çizelge 4.18).

Börülce su kısmında ıslatma/pişirme esnasında 330 dk ve 80°C gibi sabit süre ve sıcaklıkta normal, %50 ve 100% genlikte ultrason uygulandığında briks değerleri sırasıyla 1.33, 1.42 ve 2.32 şeklinde artmıştır; 390 dk ve 97 °C'deki sabit süre ve sıcaklıkta değerler sırasıyla 1.71, 1.83 ve 5.03 şeklinde arttığı Çizelge 4.18'de görülmektedir. Ultrason uygulama briks değerini artırmıştır. En çok briks değerinde artış %100 genlikte ultrason uygulamada olmuştur. Bunu %50 genlik ultrason uygulama ve normal ıslatma/pişirme takip etmektedir. Bu da sıcaklık ve sürenin etkisiyle ultrasonun genliğinin artışı börülceden suya hızlı ve daha çok madde yani şeker geçtiğini göstermektedir.

Bayram ve ark. (2004), soyayı suda ıslatma esnasında briks değeri 30°C'deki sabit sıcaklıkta süre 0-120 dk aralığında 0.0-0.5'e kadar artmıştır. 120 dk sabit sürede 50-70°C briks değeri 1.2-2.3 aralığında artmıştır. Wang ve ark. (1979) soya fasulyesinin 2 saat ıslatılması, sıcaklık arttıkça % 0.7-1.25 aralığında briks (toplam suda çözünen katılar) değeri artmıştır. Yıldırım ve Öner (2015) yaptığı bir çalışmada sıcaklık, süre, ultrason ve ultrason gücü nohudun ıslatma/pişirme suyundaki brix değeri üzerinde anlamlı etki yaptığını tespit etmişlerdir.

4.4. Toplam Çözünen Katı (TDS) Miktarına Sıcaklık, Süre ve Ultrasonik Ses Dalgalarının Etkisi

TDS, hem çözünmüş, hem de askıda katıları temsil eder. Börülce su kısmında normal ıslatma/pişirme 30°C'deki sabit bir sıcaklıkta süre 30-390 dk aralığında artarken TDS değeri 88.75-191.50 aralığında artmıştır; 50 °C'deki sabit sıcaklıkta

süre 60-270 dk'ya artarken bu değer 135.05-511.50 aralığında arttığı gözlemlenmiştir. Börülceye %50 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirme 30°C'deki sabit sıcaklıkta süre 30-390 dk aralığında artarken TDS değeri 85.75- 202.00 aralığında artmıştır; 50°C'deki sabit sıcaklıkta süre 60-270 dk'ya artarken bu değer 115.50-547.50 aralığında artmıştır. %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirmede de 30°C'deki sabit sıcaklıkta süre 30-390 dk'ya artarken TDS değeri 89.50-239.50 aralığında artmıştır; 50°C'deki sabit bir sıcaklıkta süre 60-270 dk'ya artarken bu değer 114.50-698.50 aralığında artmıştır. Benzer artış diğer peryotlarda da olmaktadır (Çizelge 4.19). Süredeki artış TDS değerini arttırmıştır.

Çizelge 4.19. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-97 °C) ıslatma suyunun TDS değerleri değişimi

Süre (dk)	Ön işlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C	97 °C
0	A	73.35$^{a1\alpha}$ ±1.20	73.35$^{a1\alpha}$ ±1.20	73.35$^{a1\alpha}$ ±1.20	73.35$^{a1\alpha}$ ±1.20	73.35$^{a1\alpha}$ ±1.20	73.35$^{a1\alpha}$ ±1.20	73.35$^{a1\alpha}$ ±1.20	73.35$^{a1\alpha}$ ±1.20
	B	73.35$^{a1\alpha}$ ±1.20	73.35$^{a1\alpha}$ ±1.20	73.35$^{a1\alpha}$ ±1.20	73.35$^{a1\alpha}$ ±1.20	73.35$^{a1\alpha}$ ±1.20	73.35$^{a1\alpha}$ ±1.20	73.35$^{a1\alpha}$ ±1.20	73.35$^{a1\alpha}$ ±1.20
	C	73.35$^{a1\alpha}$ ±1.20	73.35$^{a1\alpha}$ ±1.20	73.35$^{a1\alpha}$ ±1.20	73.35$^{a1\alpha}$ ±1.20	73.35$^{a1\alpha}$ ±1.20	73.35$^{a1\alpha}$ ±1.20	73.35$^{a1\alpha}$ ±1.20	73.35$^{a1\alpha}$ ±1.20
30	A	88.75$^{b1\beta}$ ±0.35	106.10$^{b2\gamma}$ ±0.42	109.90$^{b2\beta}$ ±0.57	210.50$^{b3\beta}$ ±0.71	301.50$^{b4\alpha}$ ±0.71	404.50$^{b5\beta}$ ±0.71	418.00$^{b5\beta}$ ±7.07	473.00$^{b6\gamma}$ ±19.80
	B	85.75$^{b1\alpha}$ ±0.64	86.50$^{b1\alpha}$ ±0.71	95.50$^{b2\alpha}$ ±0.71	203.50$^{b3\alpha}$ ±0.71	380.50$^{b4\beta}$ ±0.71	401.00$^{b5\beta}$ ±2.83	415.00$^{b6\beta}$ ±4.25	426.50$^{b7\beta}$ ±0.71
	C	89.50$^{b1\beta}$ ±0.71	95.50$^{b2\beta}$ ±0.71	95.50$^{b2\alpha}$ ±0.71	221.50$^{b3\gamma}$ ±0.71	299.50$^{b5\alpha}$ ±0.71	295.50$^{b4\alpha}$ ±0.71	298.50$^{b5\alpha}$ ±2.12	303.50$^{b6\alpha}$ ±2.12
60	A	95.00$^{c1\alpha}$ ±0.28	115.85$^{c2\gamma}$ ±0.78	135.05$^{c3\beta}$ ±0.49	359.50$^{c4\alpha}$ ±0.71	496.00$^{c5\beta}$ ±1.41	613.50$^{c6\gamma}$ ±0.71	681.50$^{c7\gamma}$ ±10.61	704.00$^{c8\gamma}$ ±1.41
	B	98.25$^{c1\beta}$ ±1.48	101.50$^{c1\alpha}$ ±0.71	115.50$^{c2\alpha}$ ±0.71	361.50$^{c3\beta}$ ±0.71	541.50$^{c4\gamma}$ ±0.71	564.00$^{c5\beta}$ ±2.83	593.00$^{c6\beta}$ ±1.41	614.50$^{c7\beta}$ ±3.54
	C	102.50$^{c1\alpha}$ ±0.71	111.50$^{c12\beta}$ ±0.71	114.50$^{c2\alpha}$ ±0.71	403.10$^{c3\gamma}$ ±0.14	457.50$^{c4\alpha}$ ±0.71	488.50$^{c5\alpha}$ ±0.71	499.50$^{c6\alpha}$ ±10.61	568.50$^{c7\alpha}$ ±4.95
90	A	122.00$^{d1\gamma}$ ±0.28	131.75$^{d2\gamma}$ ±0.07	165.50$^{d3\gamma}$ ±0.71	469.50$^{d4\alpha}$ ±0.71	655.50$^{d5\gamma}$ ±0.71	739.50$^{d6\gamma}$ ±0.71	790.50$^{d7\gamma}$ ±2.12	806.50$^{d8\gamma}$ ±0.71
	B	104.50$^{d1\alpha}$ ±2.12	113.50$^{d2\alpha}$ ±0.71	130.50$^{d3\alpha}$ ±0.71	481.50$^{d4\beta}$ ±0.71	596.00$^{d5\beta}$ ±2.83	646.00$^{d6\beta}$ ±1.41	691.00$^{d7\beta}$ ±5.66	708.50$^{d8\beta}$ ±4.95
	C	114.50$^{d1\beta}$ ±0.71	121.50$^{d2\beta}$ ±0.71	143.50$^{d3\beta}$ ±0.71	552.25$^{d4\gamma}$ ±0.35	578.25$^{d5\alpha}$ ±0.35	596.50$^{d6\alpha}$ ±0.71	605.50$^{d7\alpha}$ ±4.95	623.50$^{d8\alpha}$ ±0.71
120	A	132.10$^{e1\gamma}$ ±0.28	142.35$^{e2\beta}$ ±0.35	213.50$^{e3\gamma}$ ±0.71	629.50$^{e4\beta}$ ±0.71	754.50$^{e5\beta}$ ±0.71	837.00$^{e6\gamma}$ ±1.41	896.00$^{e7\gamma}$ ±1.41	909.50$^{e8\beta}$ ±6.36
	B	120.50$^{e1\alpha}$ ±0.71	155.15$^{e2\gamma}$ ±0.07	174.50$^{e3\beta}$ ±0.71	597.50$^{e4\alpha}$ ±0.71	727.50$^{e5\beta}$ ±0.71	732.50$^{e6\alpha}$ ±0.71	804.50$^{e7\beta}$ ±2.12	814.00$^{e8\alpha}$ ±2.83
	C	123.50$^{e1\beta}$ ±0.71	132.50$^{e1\alpha}$ ±0.71	170.50$^{e2\alpha}$ ±0.71	637.50$^{e3\gamma}$ ±0.71	684.50$^{e4\alpha}$ ±20.51	743.50$^{e5\beta}$ ±0.71	775.00$^{e6\alpha}$ ±14.14	810.50$^{e7\alpha}$ ±2.12
150	A	139.85$^{f1\gamma}$ ±0.49	149.15$^{f2\beta}$ ±0.35	269.50$^{f3\gamma}$ ±0.71	739.50$^{f4\gamma}$ ±0.71	795.50$^{f5\gamma}$ ±0.71	885.50$^{f6\gamma}$ ±0.71	924.50$^{f7\beta}$ ±2.12	1019.50$^{f8\gamma}$ ±4.95
	B	129.50$^{f1\alpha}$ ±0.71	168.75$^{f2\gamma}$ ±0.07	225.50$^{f3\alpha}$ ±0.71	671.50$^{f4\alpha}$ ±0.71	737.00$^{f5\alpha}$ ±4.24	773.50$^{f6\alpha}$ ±0.71	859.00$^{f7\alpha}$ ±4.24	879.50$^{f8\alpha}$ ±10.61
	C	132.50$^{f1\beta}$ ±0.71	135.50$^{f1\alpha}$ ±0.71	229.50$^{f2\beta}$ ±0.71	725.50$^{f3\beta}$ ±0.71	760.50$^{f4\beta}$ ±0.71	805.50$^{f5\beta}$ ±0.71	861.50$^{f6\alpha}$ ±7.78	910.50$^{f7\beta}$ ±7.78
180	A	150.00$^{g1\beta}$ ±0.71	157.60$^{g1\beta}$ ±0.42	326.50$^{g2\gamma}$ ±0.71	851.00$^{g3\gamma}$ ±1.41	864.50$^{g4\gamma}$ ±0.71	954.50$^{g5\gamma}$ ±0.71	991.50$^{g6\beta}$ ±6.36	1134.00$^{g7\beta}$ ±7.07
	B	133.00$^{g1\alpha}$ ±1.41	171.35$^{f2\gamma}$ ±0.07	283.50$^{g3\alpha}$ ±0.71	747.50$^{g4\alpha}$ ±0.71	763.00$^{g5\alpha}$ ±5.66	794.50$^{g6\alpha}$ ±0.71	914.50$^{g7\alpha}$ ±3.54	927.00$^{g8\alpha}$ ±5.66
	C	135.50$^{g1\alpha}$ ±0.71	145.50$^{g1\alpha}$ ±0.71	299.50$^{g2\beta}$ ±0.71	753.50$^{g3\beta}$ ±0.71	842.50$^{g4\beta}$ ±0.71	915.50$^{g5\beta}$ ±0.71	979.00$^{g6\beta}$ ±8.49	1134.50$^{g7\beta}$ ±16.26

Çizelge 4.19. Devamı

Süre (dk)	Ön işlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C	97 °C
210	A	159.95$^{h1\beta}$±0.07	164.55$^{h1\alpha}$±0.35	393.50$^{h2\gamma}$±2.12	950.50$^{h3\gamma}$±0.71	896.50$^{h4\beta}$±0.71	1006.50$^{h5\gamma}$±0.71	1105.50$^{h6\gamma}$±3.54	1242.50$^{h7\beta}$±36.06
	B	142.00$^{h1\alpha}$±1.41	190.45$^{g2\beta}$±0.07	349.50$^{h3\alpha}$±0.71	825.50$^{h4\beta}$±0.71	829.00$^{h4\alpha}$±2.83	844.50$^{h5\alpha}$±0.71	975.50$^{h6\alpha}$±10.61	989.50$^{h7\alpha}$±3.54
	C	142.00$^{h1\alpha}$±1.41	163.50$^{h1\alpha}$±0.71	377.50$^{h2\beta}$±0.71	820.50$^{h3\alpha}$±0.71	925.50$^{h4\gamma}$±0.71	986.50$^{h5\beta}$±0.71	1035.00$^{h6\beta}$±19.80	1338.50$^{h7\gamma}$±24.75
270	A	169.90$^{i1\gamma}$±0.85	173.45$^{i1\alpha}$±1.20	511.50$^{i2\alpha}$±0.71	1089.50$^{i3\gamma}$±0.71	964.50$^{i4\beta}$±0.71	1076.50$^{i5\beta}$±0.71	1187.50$^{i6\beta}$±2.12	1304.50$^{i7\beta}$±3.54
	B	146.50$^{i1\alpha}$±0.71	218.50$^{h2\gamma}$±0.71	547.50$^{i3\beta}$±0.71	869.50$^{i4\alpha}$±0.71	876.00$^{i45\alpha}$±2.83	881.00$^{i5\alpha}$±4.24	1010.50$^{i6\alpha}$±6.36	1017.50$^{h6\alpha}$±7.78
	C	163.50$^{i1\beta}$±0.71	187.50$^{i2\beta}$±0.71	698.50$^{i3\gamma}$±0.71	941.50$^{i4\beta}$±0.71	1091.50$^{i5\gamma}$±0.71	1175.25$^{i6\gamma}$±0.35	1254.00$^{i7\gamma}$±15.56	1545.00$^{i8\gamma}$±24.04
330	A	187.05$^{j1\gamma}$±0.21	189.10$^{j1\alpha}$±0.99	628.00$^{j2\alpha}$±1.41	1200.50$^{k3\beta}$±0.71	1001.50$^{j4\alpha}$±0.71	1118.50$^{j5\beta}$±0.71	1213.50$^{j6\beta}$±6.36	1396.00$^{j7\beta}$±1.41
	B	167.50$^{j1\alpha}$±0.71	233.50$^{j2\gamma}$±0.71	712.50$^{j3\beta}$±0.71	1011.50$^{j4\alpha}$±3.54	1015.00$^{j4\beta}$±4.24	1024.00$^{j5\alpha}$±4.24	1102.00$^{j6\alpha}$±5.66	1191.50$^{i7\alpha}$±6.36
	C	171.00$^{j1\beta}$±1.41	224.50$^{j2\beta}$±0.71	1126.50$^{l3\gamma}$±0.71	1007.50$^{j4\alpha}$±0.71	1255.50$^{l5\gamma}$±0.71	1473.25$^{l6\gamma}$±0.35	1502.50$^{j7\gamma}$±0.71	1603.50$^{j8\gamma}$±0.71
390	A	191.50$^{k1\alpha}$±0.71	194.50$^{k1\alpha}$±0.71	953.50$^{k2\beta}$±0.71	1155.50$^{j3\gamma}$±0.71	1039.50$^{k4\beta}$±0.71	1151.50$^{k5\alpha}$±6.36	1249.50$^{k6\alpha}$±4.95	1404.50$^{k7\alpha}$±2.12
	B	202.00$^{k1\beta}$±1.41	249.90$^{j2\beta}$±9.33	758.50$^{k3\alpha}$±0.71	1020.50$^{k4\alpha}$±2.12	1027.00$^{k4\alpha}$±1.41	1302.50$^{k5\beta}$±2.12	1382.00$^{k6\beta}$±19.80	1447.00$^{j7\alpha}$±43.84
	C	239.50$^{k1\gamma}$±0.71	284.50$^{k2\gamma}$±0.71	1550.50$^{k3\gamma}$±0.71	1143.50$^{k4\beta}$±0.71	1830.50$^{k5\gamma}$±0.71	2350.50$^{k6\gamma}$±0.71	2404.50$^{k7\gamma}$±2.12	2531.50$^{k8\beta}$±12.02

A: Normal ıslatma, B: %50 Genlikte Ultrason, C: %100 Genlikte Ultrason
Çizelgede aynı sütunda (ultrasonsuz, %50 US ve %100 US (α, β ve γ)), (a-k süre) farklı harfle ve aynı satırda farklı rakamla (1-8 sıcaklık) gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemlidir

Çizelge 4.19'da börülce su kısmındaki normal ıslatma/pişirmede 30 dk gibi sabit bir sürede sıcaklık 30-97°C aralığında artarken TDS değeri 88.75-473.00 şeklinde artmıştır; 150 dk sabit sürede sıcaklık 30-90°C'ye artarken TDS değeri 139.85-924.50 aralığında artmıştır. Börülceye %50 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirmede 60 dk gibi sabit sürede sıcaklık 30-97°C'ye artarken TDS değeri 98.25-614.50 şeklinde artmıştır; benzer şekilde 270 dk gibi sabit sürede sıcaklık 30-80°C'ye artarken bu değer 146.50-881.00 şeklinde arttığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.19.). %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirmede 90 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-97°C'ye artarken TDS değeri 114.50-623.50 aralığında artmıştır; 270 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-90°C'ye artarken bu değer 163.50-1254.00 aralığında arttığı Çizelge 4.19'da görülmektedir. Diğer parametrelerde benzer şekilde sıcaklık artışıyla beraber TDS değeri artmıştır.

Börülce 330 dk ve 50°C gibi sabit bir süre ve sıcaklıktaki normal ve %50 ve %100 genlik ultrasonlu ıslatma/pişirme esnasında TDS değerleri sırasıyla 628.00,

712.50 ve 1126.50; 390 dk ve 90^{o}C gibi sabit süre ve sıcaklıktaki değerler sırasıyla 1249.50, 1382.00 ve 2404.50 şeklinde arttığı Çizelge 4.19'da görülmektedir. En çok artış %100 genlikteki ultrason uygulamarında olmuştur. Bunu %50 genlikteki ultrason takip etmektedir. Ultrason genliği TDS artışını etkilemiştir. Bu da börülce tanesinden suya geçen antimetabolik maddelerin geçişini hızlandırmaktadır.

4.5. Elektrik İletkenliği Değerine Sıcaklık, Süre ve Ultrasonik Ses Dalgalarının Etkisi

Suda çözünmüş inorganik maddeler nitrat, klorür, fosfat, sülfat anyonları, sodyum, magnezyum, kalsiyum, demir ve alüminyom katyonları elektriksel iletekenliği etkiler. Börülcede ana mineral bileşenleri potasyum, sodyum, kalsiyum, magnezyum, kükürt, fosfor, demir, bakır ve çinkodur.

Çizelge 4.20. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklardaki (30-97 ^{o}C) ıslatma/pişirme suyunun elektrik iletkenliği(µs/cm) değerleri değişimi

Süre (dk)	Önişlem	30 ^{o}C	40 ^{o}C	50 ^{o}C	60 ^{o}C	70 ^{o}C	80 ^{o}C	90 ^{o}C	97 ^{o}C
0	A	51.75$^{a1\alpha}$ ±0.64	51.75$^{a1\alpha}$ ±0.64	51.75$^{a1\alpha}$ ±0.64	51.75$^{a1\alpha}$ ±0.64	51.75$^{a1\alpha}$ ±0.64	51.75$^{a1\alpha}$ ±0.64	51.75$^{a1\alpha}$ ±0.64	51.75$^{a1\alpha}$ ±0.64
	B	51.75$^{a1\alpha}$ ±0.64	51.75$^{a1\alpha}$ ±0.64	51.75$^{a1\alpha}$ ±0.64	51.75$^{a1\alpha}$ ±0.64	51.75$^{a1\alpha}$ ±0.64	51.75$^{a1\alpha}$ ±0.64	51.75$^{a1\alpha}$ ±0.64	51.75$^{a1\alpha}$ ±0.64
	C	51.75$^{a1\alpha}$ ±0.64	51.75$^{a1\alpha}$ ±0.64	51.75$^{a1\alpha}$ ±0.64	51.75$^{a1\alpha}$ ±0.64	51.75$^{a1\alpha}$ ±0.64	51.75$^{a1\alpha}$ ±0.64	51.75$^{a1\alpha}$ ±0.64	51.75$^{a1\alpha}$ ±0.64
30	A	152.75$^{b1\alpha}$ ±0.35	212.00$^{b2\gamma}$ ±1.14	220.50$^{b2\beta}$ ±0.71	417.50$^{b3\alpha}$ ±0.71	601.50$^{b4\alpha}$ ±0.71	810.50$^{b5\gamma}$ ±0.71	847.50$^{b6\gamma}$ ±7.78	933.60$^{b7\alpha}$ ±14.28
	B	177.85$^{b1\beta}$ ±0.07	190.65$^{b1\alpha}$ ±0.07	221.00$^{b2\beta}$ ±11.31	420.50$^{b3\beta}$ ±0.71	654.50$^{b4\gamma}$ ±0.71	723.50$^{b5\beta}$ ±0.71	746.50$^{b6\beta}$ ±2.12	779.00$^{b7\alpha}$ ±14.14
	C	184.33$^{b1\gamma}$ ±0.24	196.25$^{b1\beta}$ ±0.07	196.55$^{b1\alpha}$ ±0.07	453.50$^{b2\gamma}$ ±0.71	609.25$^{b3\beta}$ ±0.35	602.50$^{b3\alpha}$ ±0.71	677.00$^{b4\alpha}$ ±16.97	702.50$^{b5\alpha}$ ±0.71
60	A	188.80$^{c1\alpha}$ ±0.71	232.50$^{c2\beta}$ ±0.71	280.50$^{c3\gamma}$ ±0.71	736.50$^{c4\alpha}$ ±0.71	993.50$^{c5\gamma}$ ±0.71	1226.50$^{c6\gamma}$ ±0.71	1273.00$^{c7\beta}$ ±22.63	1312.50$^{c8\gamma}$ ±3.54
	B	207.55$^{c1\beta}$ ±0.07	236.65$^{c2\gamma}$ ±0.21	257.80$^{c3\beta}$ ±0.28	892.50$^{c4\gamma}$ ±0.71	949.00$^{c5\beta}$ ±4.24	982.50$^{c6\alpha}$ ±0.71	995.50$^{c7\alpha}$ ±2.12	1028.50$^{c8\alpha}$ ±7.78
	C	211.29$^{c1\gamma}$ ±0.09	225.75$^{c2\alpha}$ ±0.21	235.25$^{c3\alpha}$ ±0.07	821.75$^{c4\beta}$ ±0.35	934.50$^{c5\alpha}$ ±0.71	998.50$^{c6\beta}$ ±0.71	1004.00$^{c7\alpha}$ ±1.41	1126.00$^{c8\beta}$ ±1.41
90	A	242.50$^{d1\gamma}$ ±0.71	262.50$^{d2\beta}$ ±2.21	331.50$^{d3\gamma}$ ±0.71	937.00$^{d4\alpha}$ ±1.41	1311.50$^{d5\gamma}$ ±0.71	1478.50$^{d6\gamma}$ ±0.71	1506.50$^{d7\gamma}$ ±0.71	1567.50$^{d8\gamma}$ ±10.61
	B	231.55$^{d1\alpha}$ ±0.49	303.50$^{d3\gamma}$ ±0.71	270.80$^{d2\alpha}$ ±4.53	1067.50$^{d4\beta}$ ±0.71	1167.50$^{d5\alpha}$ ±0.71	1236.50$^{d6\beta}$ ±0.71	1323.50$^{d7\beta}$ ±3.54	1397.00$^{d8\beta}$ ±1.41
	C	235.40$^{d1\beta}$ ±0.28	249.50$^{d2\alpha}$ ±0.71	292.85$^{d3\beta}$ ±0.07	1125.50$^{d4\gamma}$ ±0.71	1179.50$^{d5\beta}$ ±0.71	1216.50$^{d6\alpha}$ ±0.71	1299.00$^{d7\alpha}$ ±4.24	1307.50$^{d8\alpha}$ ±2.12
120	A	272.25$^{e1\gamma}$ ±0.35	283.50$^{e2\beta}$ ±0.71	427.50$^{e3\gamma}$ ±2.21	1250.50$^{e4\beta}$ ±0.71	1507.50$^{e5\beta}$ ±0.71	1675.50$^{e6\gamma}$ ±0.71	1698.50$^{e7\gamma}$ ±4.95	1725.00$^{e8\gamma}$ ±4.25
	B	245.75$^{e1\alpha}$ ±0.64	309.50$^{e2\gamma}$ ±0.71	356.50$^{e3\beta}$ ±0.71	1195.50$^{e4\alpha}$ ±0.71	1252.50$^{e5\beta}$ ±0.71	1367.50$^{e6\alpha}$ ±0.71	1422.00$^{e7\beta}$ ±4.24	1606.00$^{e8\beta}$ ±4.24
	C	253.75$^{e1\beta}$ ±0.08	270.35$^{e2\alpha}$ ±0.07	346.50$^{e3\alpha}$ ±0.71	1302.50$^{e4\gamma}$ ±0.71	1425.50$^{e5\alpha}$ ±0.71	1516.50$^{e6\beta}$ ±0.71	1607.50$^{e7\alpha}$ ±0.71	1695.00$^{e8\alpha}$ ±8.49

Çizelge 4.20. Devamı

Süre(dk)	Ön işl.	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C	97 °C
150	A	278.75$^{f1\gamma}$ ±0.35	297.50$^{f2\beta}$ ±2.12	541.00$^{f3\gamma}$± 1.41	1347.00$^{f4\alpha}$±1.41	1598.00$^{f5\gamma}$ ±1.14	1773.50$^{f6\gamma}$ ±0.71	1794.50$^{f7\gamma}$ ±2.12	1817.00$^{f8\beta}$ ±7.07
	B	264.25$^{f1\alpha}$ ±0.07	338.50$^{f2\gamma}$ ±0.71	460.50$^{f3\alpha}$ ±0.71	1344.50$^{f4\beta}$±0.71	1440.50$^{f5\alpha}$±0.71	1543.00$^{f6\alpha}$ ±1.41	1583.50$^{f7\alpha}$ ±7.78	1712.50$^{f8\alpha}$ ±0.71
	C	270.55$^{f1\beta}$ ±0.07	277.45$^{f2\alpha}$ ±0.07	470.50$^{f3\beta}$ ±0.71	1481.50$^{f4\beta}$±0.71	1551.50$^{f5\beta}$±0.71	1644.50$^{f6\beta}$ ±0.71	1686.00$^{f7\beta}$ ±1.41	1905.50$^{f8\gamma}$ ±2.12
180	A	301.50$^{g1\gamma}$ ±0.71	313.50$^{g2\beta}$ ±2.12	654.50$^{g3\gamma}$ ±0.71	1411.50$^{g4\alpha}$±0.71	1729.00$^{g5\gamma}$±1.41	1909.50$^{g6\gamma}$ ±0.71	1992.00$^{g7\gamma}$ ±1.41	2025.00$^{g8\beta}$ ±4.24
	B	273.55$^{g1\alpha}$ ±0.21	341.50$^{g2\gamma}$ ±0.71	577.50$^{g3\alpha}$ ±0.71	1497.50$^{g4\beta}$±0.71	1527.50$^{g5\alpha}$±0.71	1590.50$^{g6\alpha}$ ±0.71	1604.00$^{g7\alpha}$±1.41	1790.50$^{g8\alpha}$ ±2.12
	C	278.18$^{g1\beta}$ ±0.06	302.50$^{g2\alpha}$ ±0.71	612.50$^{g3\beta}$ ±0.71	1539.50$^{g4\gamma}$±0.71	1720.50$^{g5\beta}$±0.71	1869.50$^{g6\beta}$ ±0.71	1904.50$^{g7\beta}$±2.12	2064.50$^{g8\gamma}$ ±12.02
210	A	320.75$^{h1\beta}$ ±1.06	329.00$^{h2\alpha}$ ±1.41	789.50$^{h3\gamma}$ ±0.71	1477.50$^{h4\alpha}$±0.71	1794.50$^{h5\beta}$±0.71	2030.00$^{h6\gamma}$ ±7.07	2095.50$^{h7\beta}$±3.54	2151.50$^{h8\beta}$ ±0.71
	B	292.20$^{h1\alpha}$ ±0.14	381.50$^{h2\gamma}$ ±0.71	714.50$^{h3\alpha}$ ±0.71	1629.50$^{h4\beta}$±0.71	1706.50$^{h5\alpha}$±0.71	1725.50$^{h6\alpha}$ ±0.71	1753.50$^{h7\alpha}$±2.12	1802.50$^{h8\alpha}$ ±0.71
	C	291.55$^{h1\alpha}$ ±0.21	334.50$^{h2\beta}$ ±0.71	770.50$^{h3\beta}$ ±0.71	1675.50$^{h4\gamma}$±0.71	1888.00$^{h5\gamma}$±1.41	2014.50$^{h6\beta}$ ±0.71	2108.50$^{h7\gamma}$ ±0.71	2204.50$^{h8\gamma}$ ±2.12
270	A	337.50$^{i1\gamma}$ ±0.71	344.00$^{i1\alpha}$ ±1.41	1024.50$^{i2\alpha}$±0.71	1560.50$^{i3\alpha}$ ±0.71	1927.50$^{i4\beta}$ ±0.71	2093.00$^{i5\beta}$ ±7.07	2140.00$^{i6\beta}$ ±28.28	2211.00$^{i7\beta}$ ±7.07
	B	300.50$^{j1\alpha}$ ±0.71	438.50$^{i2\gamma}$ ±0.71	1117.50$^{i3\beta}$±0.71	1737.00$^{i4\beta}$ ±1.41	1857.00$^{i5\alpha}$ ±1.41	1764.50$^{i6\alpha}$ ±0.71	1794.00$^{i7\alpha}$ ±2.83	1895.50$^{i8\alpha}$ ±0.71
	C	334.68$^{i1\beta}$ ±0.62	383.50$^{i2\beta}$ ±0.71	1423.50$^{i3\gamma}$ ±0.71	1922.50$^{i4\gamma}$ ±0.71	2227.50$^{i5\gamma}$ ±0.71	2396.50$^{i6\gamma}$ ±0.71	2456.50$^{i7\gamma}$ ±0.71	2507.50$^{i8\gamma}$ ±0.71
330	A	361.90$^{j1\beta}$ ±7.64	376.50$^{j2\alpha}$ ±0.71	1257.50^{i3}±0.71	1702.50$^{j4\alpha}$ ±0.71	1986.50$^{j5\beta}$ ±0.71	2168.50$^{j6\beta}$ ±9.19	2205.50$^{j7\beta}$ ±3.54	2344.00$^{i8\beta}$ ±1.41
	B	343.00$^{k1\alpha}$ ±1.41	443.00$^{j2\beta}$ ±1.41	1451.50^{i3} β±0.71	1825.00$^{j4\beta}$ ±7.07	1887.50$^{j5\alpha}$ ±3.54	1897.50^{j56} α±0.71	1903.00$^{j6\alpha}$ ±2.83	2004.50$^{j7\alpha}$ ±12.02
	C	345.50$^{j1\alpha}$ ±0.71	460.50$^{j2\gamma}$ ±0.71	2299.50$^{i3\gamma}$ ±0.71	2055.50$^{j4\gamma}$ ±0.71	2563.50$^{j5\gamma}$ ±0.71	3015.00$^{j6\gamma}$ ±7.07	3126.50$^{j7\gamma}$ ±0.71	3272.50$^{i8\gamma}$ ±6.36
390	A	367.50$^{k1\alpha}$ ±0.71	403.50$^{k2\alpha}$ ±2.12	1516.00$^{k3\alpha}$±1.41	1900.50$^{k4\alpha}$±0.71	2012.00$^{k5\alpha}$±1.41	2330.00$^{k6\beta}$ ±14.14	2359.50$^{k7\beta}$ ±0.71	2405.50$^{k8\beta}$ ±3.54
	B	371.50$^{l1\beta}$ ±0.71	477.50$^{k2\beta}$ ±0.71	1947.50$^{k3\beta}$±0.71	1986.50$^{k4\beta}$±2.12	2025.50$^{k5\alpha}$±3.54	2060.00$^{k6\alpha}$ ±7.07	2134.50$^{k7\alpha}$ ±0.71	2205.50$^{k8\alpha}$ ±2.12
	C	390.50$^{k1\gamma}$ ±0.71	581.50$^{k2\gamma}$ ±0.71	2334.50$^{k3\gamma}$±0.71	3165.00$^{k4\gamma}$±7.07	3735.00$^{k5\beta}$±7.07	4795.00$^{k6\gamma}$ ±7.07	4896.50$^{k7\gamma}$ ±0.71	5066.50$^{k8\gamma}$ ±2.12

A: Normal ıslatma, B: %50 Genlikte Ultrason, C: %100 Genlikte Ultrason
Çizelgede aynı sütunda (ultrasonsuz, %50 US ve %100 US (α, β ve γ)), (a-k süre) farklı harfle ve aynı satırda farklı rakamla (1-8 sıcaklık) gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemlidir.

Normal ıslatma/pişirmede 30°C'deki sabit sıcaklıkta süre 30-390 dk aralığında artarken elektrik iletkenliği 152.75-367.50 aralığında artmıştır; 70°C'deki sabit sıcaklıkta süre 60-390 dk'ya artarken bu değer 993.50-2012.00 şeklinde artmıştır. %50 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirmede 30°C'deki sabit sıcaklıkta süre 30-390 dk'ya artarken elektrik iletkenliği değeri 177.85-371.50; 70°C'deki sabit sıcaklıkta süre 90-390 dk aralığında artarken bu değer 1167.50-2025.50 şeklinde artmıştır. Börülceye %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirme 30°C'deki sabit sıcaklıkta süre 30-390 dk'ya artarken elektrik iletkenliği 184.33-390.50 aralığında artmıştır; 70°C'deki sabit sıcaklıkta süre benzer şekilde 90-390 dk'ya artarken bu değer

1179.50-3735.00 aralığında artmıştır. Diğer parametrelerde de benzer şekilde süre artışıyla beraber elektrik iletkenliği artmıştır (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20'de börülce ıslatma suyunda normal ıslatma/pişirme esnasındaki 30 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-97 ^{o}C'ye artarken elektrik iletkenliği değeri 152.75-933.60; 210 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-80^{o}C'ye artarken bu değer 320.75-2030.00 aralığında artmıştır. %50 genlikteki ultrasonlu ıslatmadaki 60 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-97^{o}C'ye artarken elektrik iletkenliği değeri 207.55-1028.50; 120 dk'daki sabit sürede sıcaklık 40-90^{o}C'ye artarken bu değer 309.50-1422.00 aralığında artmıştır. %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirme 60 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-97^{o}C'ye artarken elektrik iletkenliği 211.29-1126.00; 210 dk'daki sabit sürede aynı şekilde sıcaklık 40-90^{o}C'ye artarken bu değer 334.50-2108.50 aralığında artmıştır (Çizelge 4.20.). Sıcaklık artışı elektrik iletkenliğini arttırmıştır. Aynı ilişki diğer parametrelerde de gözlemlenmiştir.

Normal, %50 ve %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirmede 60 dk ve 30^{o}C'deki sabit süre ve sıcaklıkta elektrik iletkenliği değerleri sırasıyla 188.80, 207.55 ve 211.29 şeklinde artmıştır; 390 dk ve 60 ^{o}C sabit süre ve sıcaklıktaki değerler sırasıyla 1900.50, 1986.50 ve 3165.00 arttığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.20). Çizelge 4.20'de verilen elektrik iletkenliği verileri incelendiğinde ultrason ve sıcaklık artışıyla hücreler membranlarında hızlı bir parçalanma birlikte elektrolit kayıplarına yol açmaktadır. Bu da börülceden suya geçen elektrik iletkenliğinin artışına neden olmaktadır. Bu artış en çok %100 ultrason uygulanan börülce su kısmında olmaktadır. Benzer sonuçlar Maskan (2001), tarafından bulunmuştur. Islatılmış ürünlerin yapısında çözeltiye elektrolitlerin salınımını arttırmıştır (Resio ve ark., 2006). Ranjbarı ve ark. (2013), nohutta yaptığı çalışmada ıslanmış suyun elektrik iletkenlik değerleri sıcaklık 25-60^{o}C'ye artarken bu değer 367'den 1867 µS/cm'ye artmıştır. 40^{o}C ve 3 dk sabit sıcaklık ve sürede %40, %70 ve %100 genlikte ultrason dalga boyunda elektrik iletkenliği sırasıyla 981, 992 ve 901 µS/cm elde edilmiştir. Jambrak ve ark. (2009), soya proteinlerine ultrason uygulamasından sonra en 20 kHz prob ile işlem (sırasıyla 23-42 ve 45°C) büyük artışa sahipken, 500 kHz prob ile sırasıyla (23-28°C ve 31°C) elektrik iletkenliğinde düşük artış olmuştur.

Jambrak ve ark. (2007), yaptığı çalışmada mantarda normal uygulamada elektrik iletkenliği 40(µs/cm) iken 20 kHz 3 dakikalık ultrason uygulaması ile 100 (µs/cm) 40 kHz 10 dk'lık uygulamada 450 artış olduğunu; karnıbaharda normal uygulamada elektrik iletkenliği 30(µs/cm), 20 kHz 3 dk'lık ultrason uygulamada 80 (µs/cm), 40 kHz 10 dk'lık 500 (µs/cm) artış olduğunu belirtmişlerdir. Soya fasulyesi için yapılan bir çalışmada ıslatma esnasında süre ve sıcaklık arttıkça ıslatma suyunun elektrik iletkenliği artmıştır (Bayram ve ark., 2004a). Bir başka çalışmada, nohudun ıslatma/pişirilmesi esnasında sıcaklık, süre, ultrason ve ultrason gücü ıslatma suyunun elektrik iletkenlik değerini arttırmıştır (Yıldırım ve Öner, 2015).

4.6. Bulanıklık (Absorbans, 500 nm) Değerine Sıcaklık, Süre ve Ultrasonik Ses Dalgalarının Etkisi

Bulanıklık, suyun ışık geçişini engelleyen, askıda katı madde içeren sularda görülür. Bulanıklığa organik ya inorganik birçok madde neden olabilir. Bakliyatların ıslanma suyunun bulanıklık değerindeki artış nişastanın jelatinizasyonu sırasında amilaz ve amilopektinin suya geçmesidir (Perera ve ark.,1999). Baklagiller nişastası değişken miktarda monoester türevleri ve diğer çözülebilir maddeleri içerir bu sebeple bulanıklık değerini artırmaktadır (Jane ve ark., 1996).

Çizelge 4.21. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıklta (30-97 ^{o}C) ıslatma suyunun bulanıklık (500 nm'de absorbans) değerleri değişimi

Süre (dk	Önişlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C	97 °C
0	A	$0.10^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.10^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.10^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.10^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.10^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.10^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.10^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.10^{a1\alpha}$ ±0.00
	B	$0.10^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.10^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.10^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.10^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.10^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.10^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.10^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.10^{a1\alpha}$ ±0.00
	C	$0.10^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.10^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.10^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.10^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.10^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.10^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.10^{a1\alpha}$ ±0.00	$0.10^{a1\alpha}$ ±0.00
30	A	$0.13^{b1\alpha}$ ±0.00	$0.13^{b1\alpha}$ ±0.00	$0.13^{b1\alpha}$ ±0.00	$0.17^{b2\alpha}$ ±0.02	$0.54^{b5\gamma}$ ±0.00	$0.30^{b3\alpha}$ ±0.00	$0.31^{b3\alpha}$ ±0.00	$0.32^{b4\alpha}$ ±0.00
	B	$0.15^{b1\beta}$ ±0.00	$0.16^{b12\beta}$ ±0.00	$0.16^{b2\beta}$ ±0.00	$0.19^{b3\alpha}$ ±0.00	$0.30^{b4\beta}$ ±0.01	$0.31^{b4\beta}$ ±0.00	$0.32^{b5\beta}$ ±0.00	$0.35^{b6\beta}$ ±0.01
	C	$0.17^{b1\gamma}$ ±0.01	$0.15^{b1\beta}$ ±0.01	$0.18^{b2\beta}$ ±0.01	$0.30^{b4\beta}$ ±0.01	$0.27^{b3\alpha}$ ±0.00	$0.37^{b5\gamma}$ ±0.00	$0.41^{b6\gamma}$ ±0.00	$0.49^{b7\gamma}$ ±0.01
60	A	$0.13^{c1\alpha}$ ±0.00	$0.14^{c1\alpha}$ ±0.00	$0.16^{c2\alpha}$ ±0.00	$0.30^{c3\alpha}$ ±0.00	$0.73^{c4\beta}$ ±0.01	$0.81^{c5\beta}$ ±0.00	$0.89^{c6\gamma}$ ±0.00	$0.89^{c6\gamma}$ ±0.00
	B	$0.18^{c1\beta}$ ±0.00	$0.19^{c2\beta}$ ±0.00	$0.20^{c3\beta}$ ±0.00	$0.43^{c4\beta}$ ±0.00	$0.46^{c5\alpha}$ ±0.00	$0.57^{c6\alpha}$ ±0.00	$0.58^{c7\alpha}$ ±0.00	$0.60^{c8\alpha}$ ±0.00
	C	$0.18^{c1\beta}$ ±0.00	$0.22^{c2\gamma}$ ±0.01	$0.21^{c2\gamma}$ ±0.00	$0.63^{c6\gamma}$ ±0.00	$0.45^{c3\alpha}$ ±0.00	$0.57^{c4\alpha}$ ±0.01	$0.60^{c5\beta}$ ±0.00	$0.68^{c7\beta}$ ±0.00

Çizelge 4.21 Devamı

Süre (dk	Ön işlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C	97 °C
90	A	0.14$^{d1\alpha}$ ±0.00	0.14$^{d1\alpha}$ ±0.00	0.17$^{d2\alpha}$ ±0.00	0.46$^{d3\alpha}$ ±0.00	0.86$^{d4\beta}$ ±0.01	1.06$^{d5\gamma}$ ±0.01	1.10$^{d6\beta}$ ±0.00	1.21$^{d7\gamma}$ ±0.00
	B	0.20$^{d1\beta}$ ±0.00	0.21$^{d1\beta}$ ±0.00	0.28$^{d2\gamma}$ ±0.00	0.46$^{d3\alpha}$ ±0.00	0.57$^{d4\alpha}$ ±0.01	0.69$^{d5\beta}$ ±0.01	0.71$^{d6\alpha}$ ±0.00	0.75$^{d7\beta}$ ±0.00
	C	0.20$^{d1\beta}$ ±0.00	0.23$^{d2\gamma}$ ±0.00	0.24$^{d3\beta}$ ±0.00	0.89$^{d8\beta}$ ±0.00	0.58$^{d4\alpha}$ ±0.00	0.65$^{d5\alpha}$ ±0.00	0.70$^{d6\alpha}$ ±0.01	0.71$^{d7\alpha}$ ±0.01
120	A	0.15$^{d1\alpha}$ ±0.00	0.15$^{e1\alpha}$ ±0.00	0.20$^{e2\alpha}$ ±0.00	0.67$^{e3\beta}$ ±0.00	0.93$^{e4\beta}$ ±0.00	1.20$^{e5\gamma}$ ±0.00	1.29$^{e6\beta}$ ±0.01	1.37$^{e7\gamma}$ ±0.00
	B	0.22$^{e1\beta}$ ±0.00	0.23$^{e2\beta}$ ±0.00	0.39$^{e3\gamma}$ ±0.01	0.52$^{e4\alpha}$ ±0.00	0.64$^{e5\alpha}$ ±0.01	0.73$^{e6\alpha}$ ±0.00	0.77$^{e7\alpha}$ ±0.00	0.79$^{e8\alpha}$ ±0.00
	C	0.22$^{e1\beta}$ ±0.00	0.25$^{e2\gamma}$ ±0.00	0.34$^{e3\beta}$ ±0.00	1.07$^{e8\gamma}$ ±0.01	0.65$^{e4\alpha}$ ±0.00	0.75$^{e5\beta}$ ±0.00	0.79$^{e6\alpha}$ ±0.01	0.81$^{e7\beta}$ ±0.00
150	A	0.16$^{e1\alpha}$ ±0.00	0.16$^{f1\alpha}$ ±0.00	0.24$^{f2\alpha}$ ±0.00	0.78$^{f3\beta}$ ±0.00	0.98$^{f4\gamma}$ ±0.00	1.22$^{f5\gamma}$ ±0.00	1.30$^{f6\beta}$ ±0.00	1.38$^{e7\gamma}$ ±0.00
	B	0.23$^{f1\beta}$ ±0.00	0.24$^{e2\beta}$ ±0.00	0.50$^{f3\gamma}$ ±0.00	0.59$^{f4\alpha}$ ±0.00	0.66$^{f5\alpha}$ ±0.01	0.78$^{f6\alpha}$ ±0.00	0.89$^{f7\alpha}$ ±0.00	0.94$^{f8\beta}$ ±0.00
	C	0.24$^{f1\gamma}$ ±0.00	0.31$^{f2\gamma}$ ±0.01	0.41$^{f3\beta}$ ±0.01	1.17$^{f7\gamma}$ ±0.00	0.71$^{f4\beta}$ ±0.00	0.81$^{f5\beta}$ ±0.00	0.87$^{f6\alpha}$ ±0.02	0.88$^{f6\alpha}$ ±0.01
180	A	0.17$^{f1\alpha}$ ±0.00	0.18$^{g2\alpha}$ ±0.00	0.29$^{g3\alpha}$ ±0.00	0.88$^{g4\beta}$ ±0.00	1.05$^{g5\gamma}$ ±0.00	1.25$^{g6\gamma}$ ±0.00	1.38$^{g7\gamma}$ ±0.00	1.40$^{f8\gamma}$ ±0.00
	B	0.25$^{g1\beta}$ ±0.00	0.27$^{f2\beta}$ ±0.01	0.59$^{g3\gamma}$ ±0.00	0.65$^{g4\alpha}$ ±0.00	0.76$^{g5\alpha}$ ±0.00	0.82$^{g6\alpha}$ ±0.00	0.93$^{g7\alpha}$ ±0.01	1.04$^{g8\alpha}$ ±0.00
	C	0.29$^{g1\gamma}$ ±0.00	0.35$^{g2\gamma}$ ±0.00	0.48$^{g3\beta}$ ±0.00	1.29$^{g8\gamma}$ ±0.00	0.79$^{g4\beta}$ ±0.01	0.85$^{g5\beta}$ ±0.00	1.05$^{g6\beta}$ ±0.03	1.10$^{g7\beta}$ ±0.00
210	A	0.17$^{f1\alpha}$ ±0.00	0.19$^{h2\alpha}$ ±0.00	0.32$^{h3\alpha}$ ±0.00	0.94$^{h4\beta}$ ±0.01	1.07$^{h5\gamma}$ ±0.00	1.27$^{h6\gamma}$ ±0.00	1.41$^{h7\gamma}$ ±0.00	1.48$^{g8\gamma}$ ±0.01
	B	0.27$^{h1\beta}$ ±0.00	0.30$^{g2\beta}$ ±0.00	0.69$^{h3\gamma}$ ±0.00	0.73$^{h4\alpha}$ ±0.00	0.80$^{h5\alpha}$ ±0.00	0.85$^{h6\alpha}$ ±0.00	0.98$^{h7\alpha}$ ±0.00	1.12$^{h8\alpha}$ ±0.00
	C	0.30$^{h1\gamma}$ ±0.00	0.40$^{h2\gamma}$ ±0.01	0.60$^{h3\beta}$ ±0.00	1.38$^{h8\gamma}$ ±0.00	0.85$^{h4\beta}$ ±0.00	0.97$^{h5\beta}$ ±0.00	1.18$^{h6\beta}$ ±0.01	1.22$^{h7\beta}$ ±0.01
270	A	0.19$^{g1\alpha}$ ±0.00	0.20$^{i2\alpha}$ ±0.00	0.39$^{i3\alpha}$ ±0.01	1.02$^{i4\beta}$ ±0.00	1.15$^{i5\gamma}$ ±0.00	1.31$^{i6\gamma}$ ±0.00	1.46$^{i7\gamma}$ ±0.00	1.50$^{h8\gamma}$ ±0.00
	B	0.31$^{i1\beta}$ ±0.00	0.33$^{h2\beta}$ ±0.00	0.74$^{i3\beta}$ ±0.00	0.90$^{i4\alpha}$ ±0.00	0.93$^{i5\alpha}$ ±0.00	1.02$^{i6\alpha}$ ±0.00	1.12$^{i7\alpha}$ ±0.00	1.35$^{i8\beta}$ ±0.00
	C	0.35$^{i1\gamma}$ ±0.00	0.49$^{i2\gamma}$ ±0.02	1.19$^{i5\gamma}$ ±0.00	1.53$^{i8\gamma}$ ±0.01	1.05$^{i3\beta}$ ±0.00	1.13$^{i4\beta}$ ±0.00	1.25$^{i6\beta}$ ±0.00	1.30$^{i7\alpha}$ ±0.00
330	A	0.19$^{g1\alpha}$ ±0.00	0.20$^{j1\alpha}$ ±0.00	0.45$^{j2\alpha}$ ±0.00	1.07$^{j3\beta}$ ±0.00	1.17$^{j4\beta}$ ±0.00	1.38$^{j5\beta}$ ±0.01	1.50$^{j6\beta}$ ±0.00	1.57$^{i7\beta}$ ±0.01
	B	0.34$^{j1\beta}$ ±0.00	0.37$^{i2\beta}$ ±0.01	0.90$^{j3\beta}$ ±0.01	0.92$^{j4\alpha}$ ±0.00	0.95$^{j5\alpha}$ ±0.00	1.12$^{j6\alpha}$ ±0.00	1.14$^{j7\alpha}$ ±0.00	1.39$^{j8\alpha}$ ±0.00
	C	0.46$^{j1\gamma}$ ±0.00	0.53$^{j2\gamma}$ ±0.00	1.66$^{j6\gamma}$ ±0.00	1.66$^{j6\gamma}$ ±0.00	1.18$^{j3\beta}$ ±0.00	1.59$^{j4\gamma}$ ±0.00	1.61$^{j5\gamma}$ ±0.01	1.71$^{j7\gamma}$ ±0.00
390	A	0.20$^{h1\alpha}$ ±0.00	0.22$^{k2\alpha}$ ±0.00	0.50$^{k3\alpha}$ ±0.00	1.11$^{k4\beta}$ ±0.00	1.23$^{k5\beta}$ ±0.00	1.49$^{k6\beta}$ ±0.00	1.57$^{k7\beta}$ ±0.00	1.60$^{j8\beta}$ ±0.00
	B	0.42$^{k1\beta}$ ±0.00	0.48$^{j2\beta}$ ±0.00	1.05$^{k3\beta}$ ±0.00	1.08$^{k4\alpha}$ ±0.00	1.11$^{k5\alpha}$ ±0.00	1.18$^{k6\alpha}$ ±0.00	1.21$^{k7\alpha}$ ±0.01	1.51$^{k8\alpha}$ ±0.00
	C	0.51$^{k1\gamma}$ ±0.00	0.79$^{k2\gamma}$ ±0.00	2.32$^{k6\gamma}$ ±0.00	1.72$^{k3\gamma}$ ±0.01	1.98$^{k4\gamma}$ ±0.01	2.22$^{k5\gamma}$ ±0.00	2.42$^{k7\gamma}$ ±0.03	2.57$^{k8\gamma}$ ±0.01

A: Normal ıslatma, B: %50 Genlikte Ultrason, C: %100 Genlikte Ultrason
Çizelgede aynı sütunda (ultrasonsuz, %50 US ve %100 US (α, β ve γ)), (a-k süre) farklı harfle ve aynı satırda farklı rakamla (1-8 sıcaklık) gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemlidir.

Börülcenin normal ıslatma/pişirme suyu örneklerindeki 30 dk gibi sabit bir sürede sıcaklık 30-97^{o}C'ye artarken bulanıklık(absorbans) değeri 0.13-0.32 aralığında artmıştır; 180 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-90^{o}C'ye artarken bu değer 0.17-1.38 aralığında artmıştır. %50 genlikte 30dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-97^{o}C'ye artarken absorbans değeri 0.15-0.35 şeklinde artmıştır; 270 dk'daki sabit

sürede sıcaklık 30-97^{o}C'ye artarken bu değer 0.31-1.35 aralığında artmıştır. %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirme 30dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-97^{o}C'ye artarken absorbans değeri 0.17-0.49 şeklinde artmıştır;180 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-90^{o}C'ye artarken bu değer 0.29-1.05 aralığında arttığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.21.). Sıcaklık artışı aborbans değerini arttırmıştır.

Normal ıslatma/pişirme 50^{o}C gibi sabit bir sıcaklıkta süre 30-390 dk aralığında artarken absorbans değeri 0.13-0.50 aralığında artmıştır; 40^{o}C'deki sabit sıcaklıkta süre 60-330 dk'ya artarken bu değer 0.14-0.20 aralığında artmıştır. %50 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirme 50^{o}C'deki sabit sıcaklıkta süre 30-390 dk'ya artarken absorbans değeri 0.16-1.05 aralığında artmıştır; 40^{o}C'deki sabit sıcaklıkta benzer şekilde süre 60-330 dk'ya artarken bu değer 0.19-0.37 aralığında artış göstermiştir. %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirme 50^{o}C'deki sabit sıcaklıkta süre 30-390 dk'ya artarken absorbans değeri 0.18-2.32 aralığında artmıştır; 40^{o}C'deki sabit sıcaklıkta süre 60-330 dk'ya atarken bu değer 0.22-0.53 kadar arttığı gözlemlenmiştir. Diğer peryotlarda absorbans değeri benzer şekilde sürenin artışıyla artmaktadır (Çizelge 4.21.).

Normal, %50 ve %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirme uygulaması absorbans değeri 30^{o}C ve 210 dk gibi sabit sıcaklık ve sürede sırasıyla 0.17, 0.27 ve 0.30 şeklinde artmıştır; 50^{o}C ve 390 dk gibi sabit sıcaklık ve sürede bu değerler sırasıyla 0.50, 1.05 ve 2.32 şeklinde artmıştır Çizelge 4.21.). En çok absorbans değerinde artış sıcaklık ve süre etkisiyle %100 genlikte ultrason uygulamada olmuştur.

Yıldırım (2011), nohutta ultrasonik cihazların gücü (100-300W) tüm sıcaklık ve zamanlarda pişirme suyunun bulanıklığını (absorbans) arttırdığını tespit etmiştir. Bayram ve ark. (2004a), soya fasulyesinin ıslatma esnasında bulanıklık (absorbans) değerlerinin süre ve sıcaklık ile değiştiğini rapor etmişlerdir.

4.7. pH Değerine Sıcaklık, Süre ve Ultrasonik Ses Dalgalarının Etkisi

Ultrasonlar katılara uygulandığında, basınçtan dolayı materyalin şişmesine ve süngerimsi bir yapı almasına neden olur. Sıkışma özelliğindeki materyalin içindeki suda çözünen maddeler, suyla beraber kütle transferi yoluyla dışarıya atılır. Ultrason uygulamaları sırasında hücre bileşenlerinin dehadrasyonu atmosfer basınçı altında çözeltiye elektrolit salınımını sağlar.

Çizelge 4.22. Börülcenin ıslatma/pişirme (normal, %50 US ve %100 US) sırasında (0-390 dk) farklı sıcaklıkta (30-97 °C) ıslatma suyunun pH değerleri değişimi

Süre(dk)	Ön işlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C	97 °C
0	A	5.82$^{a1\alpha}$ ±0.03	5.82$^{a1\alpha}$ ±0.03	5.82$^{a1\alpha}$ ±0.03	5.82$^{a1\alpha}$ ±0.03	5.82$^{a1\alpha}$ ±0.03	5.82$^{a1\alpha}$ ±0.03	5.82$^{a1\alpha}$ ±0.03	5.82$^{a1\alpha}$ ±0.03
	B	5.82$^{d1\alpha}$ ±0.03	5.82$^{de1\alpha}$ ±0.03	5.82$^{b1\alpha}$ ±0.03	5.82$^{a1\alpha}$ ±0.03	5.82$^{a1\alpha}$ ±0.03	5.82$^{a1\alpha}$ ±0.03	5.82$^{a1\alpha}$ ±0.03	5.82$^{a1\alpha}$ ±0.03
	C	5.82$^{de1\alpha}$ ±0.03	5.82$^{ab1\alpha}$ ±0.03	5.82$^{a1\alpha}$ ±0.03	5.82$^{a1\alpha}$ ±0.03	5.82$^{a1\alpha}$ ±0.03	5.82$^{a1\alpha}$ ±0.03	5.82$^{a1\alpha}$ ±0.03	5.82$^{a1\alpha}$ ±0.03
30	A	5.83$^{a1\beta}$ ±0.01	5.86$^{a12\beta}$ ±0.03	5.89$^{b23\alpha}$ ±0.02	6.05$^{b4\alpha}$ ±0.01	6.14$^{b5\alpha}$ ±0.01	5.87$^{b12\alpha}$ ±0.04	5.94$^{b3\alpha}$ ±0.04	6.02$^{b4\alpha}$ ±0.01
	B	5.58$^{a1\alpha}$ ±0.02	5.70$^{c2\alpha}$ ±0.01	5.88$^{c3\alpha}$ ±0.01	6.07$^{b4\alpha}$ ±0.01	6.32$^{cd5\gamma}$ ±0.01	6.33$^{de5\beta}$ ±0.01	6.34$^{b5\beta}$ ±0.01	6.31$^{b5\beta}$ ±0.01
	C	5.62$^{a1\alpha}$ ±0.01	5.92$^{cd2\beta}$ ±0.01	5.94$^{b2\beta}$ ±0.01	6.18$^{b3\beta}$ ±0.01	6.18$^{b3\beta}$ ±0.01	6.28$^{d4\beta}$ ±0.01	6.30$^{bcd5\beta}$ ±0.01	6.32$^{b5\beta}$ ±0.01
60	A	5.88$^{ab1\gamma}$ ±0.01	5.88$^{a1\beta}$ ±0.02	5.93$^{bc1\beta}$ ±0.01	6.15$^{c3\alpha}$ ±0.07	6.23$^{c4\alpha}$ ±0.01	6.03$^{c2\alpha}$ ±0.01	6.02$^{c2\alpha}$ ±0.01	6.11$^{c3\alpha}$ ±0.02
	B	5.68$^{b1\alpha}$ ±0.01	5.86$^{ef3\alpha\beta}$ ±0.01	5.78$^{a2\alpha}$ ±0.01	6.31$^{c4\beta}$ ±0.01	6.34$^{d45\beta}$ ±0.01	6.32$^{d4\gamma}$ ±0.01	6.37$^{bc5\gamma}$ ±0.01	6.34$^{bc45\beta}$ ±0.04
	C	5.71$^{c1\beta}$ ±0.01	5.83$^{ab2\alpha}$ ±0.01	6.00$^{c2\gamma}$ ±0.01	6.37$^{d3\beta}$ ±0.01	6.25$^{c3\alpha}$ ±0.01	6.28$^{d4\beta}$ ±0.01	6.32$^{bcd5\beta}$ ±0.00	6.32$^{b5\beta}$ ±0.04
90	A	5.90$^{ab1\beta}$ ±0.01	5.94$^{b12\beta}$ ±0.03	5.97$^{c2\beta}$ ±0.02	6.21$^{d45\alpha}$ ±0.01	6.26$^{d5\alpha}$ ±0.01	6.15$^{def34\alpha}$ ±0.01	6.12$^{d3\alpha}$ ±0.01	6.24$^{d5\alpha}$ ±0.06
	B	5.70$^{bc1\alpha}$ ±0.04	5.77$^{d2\alpha}$ ±0.01	6.33$^{g3\gamma}$ ±0.01	6.35$^{cd3\beta}$ ±0.07	6.35$^{d3\beta}$ ±0.01	6.37$^{f3\gamma}$ ±0.01	6.37$^{bc3\gamma}$ ±0.03	6.36$^{cd3\beta}$ ±0.01
	C	5.64$^{a1\alpha}$ ±0.01	5.80$^{ab2\alpha}$ ±0.01	5.92$^{b3\alpha}$ ±0.01	6.42$^{e6\beta}$ ±0.01	6.26$^{c4\alpha}$ ±0.01	6.32$^{e5\beta}$ ±0.01	6.30$^{bcd5\beta}$ ±0.01	6.31$^{b5\alpha\beta}$ ±0.01
120	A	5.93$^{bc1\gamma}$ ±0.03	5.99$^{bc2\gamma}$ ±0.01	6.03$^{d3\alpha}$ ±0.02	6.23$^{d5\alpha}$ ±0.01	6.27$^{de6\alpha}$ ±0.01	6.16$^{ef4\alpha}$ ±0.01	6.23$^{e5\alpha}$ ±0.01	6.27$^{de6\alpha}$ ±0.02
	B	5.68$^{b1\beta}$ ±0.01	5.61$^{b2\beta}$ ±0.01	6.09$^{d3\beta}$ ±0.01	6.45$^{d6\beta}$ ±0.01	6.37$^{d4\beta}$ ±0.01	6.35$^{ef4\gamma}$ ±0.01	6.37$^{bc4\beta}$ ±0.02	6.41$^{de5\gamma}$ ±0.01
	C	5.62$^{a1\alpha}$ ±0.01	5.75$^{a2\alpha}$ ±0.07	6.08$^{d3\beta}$ ±0.01	6.45$^{f6\beta}$ ±0.01	6.27$^{c4\alpha}$ ±0.01	6.32$^{e45\beta}$ ±0.01	6.34$^{d5\beta}$ ±0.01	6.33$^{b45\beta}$ ±0.01
150	A	5.94$^{bcd1\beta}$ ±0.02	6.01$^{cd2\gamma}$ ±0.03	6.07$^{e3\alpha}$ ±0.01	6.22$^{d5\alpha}$ ±0.01	6.27$^{de6\alpha}$ ±0.01	6.15$^{def4\alpha}$ ±0.01	6.22$^{e5\alpha}$ ±0.01	6.31$^{e7\alpha}$ ±0.03
	B	5.70$^{bc1\alpha}$ ±0.01	5.54$^{a2\alpha}$ ±0.01	6.14$^{e3\beta}$ ±0.00	6.48$^{de5\beta}$ ±0.04	6.36$^{d4\gamma}$ ±0.01	6.37$^{f4\gamma}$ ±0.01	6.37$^{bc4\gamma}$ ±0.01	6.37$^{cd4\alpha}$ ±0.02
	C	5.67$^{b1\alpha}$ ±0.01	5.85$^{bc2\beta}$ ±0.07	6.14$^{e3\beta}$ ±0.01	6.44$^{ef5\beta}$ ±0.01	6.31$^{d4\beta}$ ±0.01	6.29$^{de4\beta}$ ± 0.01	6.33$^{cd4\beta}$ ±0.01	6.33$^{b4\alpha}$ ±0.03
180	A	5.98$^{cde1\beta}$ ±0.01	6.04$^{cd2\beta}$ ±0.02	6.09$^{e3\alpha}$ ±0.01	6.24$^{d5\alpha}$ ±0.01	6.29$^{ef6\alpha}$ ±0.01	6.14$^{de4\alpha}$ ±0.01	6.24$^{ef5\alpha}$ ±0.01	6.41$^{f7\beta}$ ±0.02
	B	5.71$^{bc1\alpha}$ ± 0.01	6.41$^{i3\gamma}$ ±0.01	6.22$^{f2\beta}$ ±0.01	6.60$^{e4\beta}$ ±0.14	6.35$^{d3\beta}$ ±0.01	6.29$^{c23\beta}$ ±0.01	6.33$^{b23\beta}$ ±0.01	6.33$^{bc23\alpha}$ ±0.00
	C	5.72$^{c1\alpha}$ ±0.01	5.98$^{de2\alpha}$ ± 0.01	6.24$^{f3\beta}$ ±0.01	6.42$^{e6\alpha\beta}$ ± 0.01	6.33$^{d45\alpha\beta}$ ± 0.01	6.31$^{e4\beta}$ ±0.01	6.33$^{cd45\beta}$ ± 0.02	6.34$^{b5\alpha}$ ±0.01
210	A	6.01$^{def1\beta}$ ±0.04	6.07$^{de2\beta}$ ±0.02	6.10$^{e23\alpha}$ ± 0.01	6.24$^{d4\alpha}$ ±0.00	6.32$^{fg5\beta}$ ±0.01	6.12$^{d3\alpha}$ ±0.01	6.24$^{ef4\alpha}$ ±0.00	6.45$^{fg6\gamma}$ ±0.02
	B	5.82$^{d1\alpha}$ ±0.01	6.44$^{i4\gamma}$ ±0.01	6.36$^{h3\beta}$ ±0.01	6.48$^{de5\gamma}$ ±0.03	6.37$^{d3\gamma}$ ±0.01	6.26$^{b2\beta}$ ±0.00	6.34$^{b3\beta}$ ±0.02	6.37$^{cd3\beta}$ ± 0.01
	C	5.85$^{e1\alpha}$ ±0.01	6.00$^{ef2\alpha}$ ±0.01	6.37$^{i5\beta}$ ±0.01	6.43$^{ef6\beta}$ ±0.01	6.27$^{c3\alpha}$ ±0.01	6.27$^{cd3\beta}$ ±0.01	6.31$^{bcd4\beta}$ ±0.03	6.32$^{b4\alpha}$ ±0.01

Çizelge 4.22.Devamı

Süre(dk)	Ön işlem	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C	97 °C
270	A	6.05$^{efg1\gamma}$ ±0.04	6.10$^{ef12\beta}$ ±0.01	6.15$^{f2\alpha}$ ±0.01	6.25$^{d3\alpha}$ ±0.01	6.33$^{f3\beta}$ ±0.01	6.15$^{def2\alpha}$ ±0.01	6.31$^{f3\alpha}$ ±0.09	6.49$^{gh4\gamma}$ ±0.03
	B	5.73$^{bc1\alpha}$ ±0.01	6.04$^{g2\alpha}$ ±0.01	6.33$^{g3\beta}$ ±0.01	6.47$^{de5\gamma}$ ±0.04	6.36$^{d34\gamma}$ ±0.01	6.33$^{de3\gamma}$ ±0.01	6.37$^{bc34\alpha}$ ±0.02	6.38$^{cd4\beta}$ ±0.01
	C	5.82$^{d1\beta}$ ±0.01	6.06$^{f2\alpha}$ ±0.01	6.32$^{h6\beta}$ ±0.01	6.36$^{d7\beta}$ ±0.01	6.27$^{c4\alpha}$ ±0.01	6.25$^{bc3\beta}$ ±0.01	6.29$^{bc5\alpha}$ ±0.00	6.30$^{b5\alpha}$ ±0.00
330	A	6.09$^{fg1\gamma}$ ±0.05	6.14$^{f,2\gamma}$ ±0.03	6.18$^{f,2\alpha}$ ±0.01	6.26$^{d,3\alpha}$ ±0.01	6.32$^{fg,4\alpha}$ ±0.01	6.18$^{f,2\alpha}$ ±0.01	6.19$^{de,2\alpha}$ ±0.01	6.55$^{hi,4\beta}$ ±0.02
	B	5.73$^{bc1\alpha}$ ±0.01	5.91$^{f2\alpha}$ ±0.01	6.40$^{i45\beta}$ ±0.01	6.45$^{d5\beta}$ ±0.07	6.25$^{b3\alpha}$ ±0.07	6.36$^{f45\gamma}$ ±0.00	6.35$^{b4\beta}$ ±0.04	6.37$^{cd45\alpha}$ ±0.02
	C	5.84$^{de1\beta}$ ±0.01	6.02$^{ef2\beta}$ ±0.01	6.31$^{h4\gamma}$ ±0.01	6.37$^{d5\alpha\beta}$ ±0.01	6.25$^{c3\alpha}$ ±0.01	6.24$^{b3\beta}$ ±0.01	6.31$^{bcd4\beta}$ ±0.01	6.31$^{b4\alpha}$ ±0.00
390	A	6.13$^{g1\beta}$ ±0.06	6.20$^{g12\alpha}$ ±0.04	6.22$^{g2\alpha}$ ±0.04	6.26$^{d23\alpha}$ ±0.01	6.31$^{fg3\beta}$ ±0.01	6.24$^{g23\alpha}$ ±0.01	6.22$^{e2\alpha}$ ±0.01	6.56$^{i3\gamma}$ ±0.03
	B	5.75$^{c1\alpha}$ ±0.07	6.35$^{h23\beta}$ ±0.07	6.42$^{i3\beta}$ ±0.01	6.39$^{cd3\gamma}$ ±0.01	6.27$^{bc2\alpha}$ ±0.01	6.40$^{g3\beta}$ ±0.00	6.42$^{c3\gamma}$ ±0.01	6.44$^{ef3\beta}$ ±0.02
	C	5.85$^{e1\alpha}$ ±0.01	6.14$^{g2\alpha}$ ±0.01	6.28$^{g4\alpha}$ ±0.01	6.32$^{c5\beta}$ ±0.01	6.26$^{c4\alpha}$ ±0.00	6.24$^{b3\alpha}$ ±0.01	6.28$^{b4\beta}$ ±0.01	6.31$^{b5\alpha}$ ±0.01

A: Normal ıslatma, B: %50 Genlikte Ultrason, C: %100 Genlikte Ultrason
Çizelgede aynı sütunda (ultrasonsuz, %50 US ve %100 US (α, β ve γ)), (a-k süre) farklı harfle ve aynı satırda farklı rakamla (1-8 sıcaklık) gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemlidir.

Börülcede normal ıslatma/pişirmede 30 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-97˚C'ye artarken pH değeri 5.83-6.02 aralığında artmıştır; 90 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-97˚C'ye artarken pH değeri 5.90-6.24 aralığında artmıştır. Börülceye %50 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirmede 30 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-97˚C'ye artarken pH değeri 5.58-6.31 aralığında artmıştır; 90 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-97˚C'ye artarken pH değeri 5.70-6.36 şeklinde artmıştır. %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirmede 30 dk'daki sabit sürede benzer şekilde sıcaklık 30-97˚C'ye artarken pH değeri 5.62-6.32 aralığında artmıştır; 90 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-97˚C'ye artarken pH değeri 5.64-6.31 şeklinde artmıştır (Çizelge 4.22.). Sıcaklık artışı pH arttırmıştır.

Çizelge 4.22'de 50˚C gibi sabit bir sıcaklıkta süre 30-390 dk aralığında artarken normal ıslatma/pişirme pH değeri 5.89-6.22 aralığında artmıştır; 80˚C'deki sabit sıcaklıkta süre 0-330 dk'ya artarken bu değer 5.82-6.18 aralığında artmıştır. Börülceye %50 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirme 50˚C'deki sabit sıcaklıkta süre 30-390 dk'ya artarken pH değeri 5.88-6.42 aralığında artmıştır; 80˚C'deki sabit sıcaklıkta süre 0-330 dk'ya artarken bu değer 5.82-6.36±0.00 aralığında artış olmuştur. %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirmede 50˚C'deki sabit sıcaklıkta süre

30-390 dk'ya artarken pH değeri 5.94-6.28 aralığında artmıştır; 80˚C'deki sabit sıcaklıkta süre 0-330 dk'ya artarken bu değer 5.82- 6.24±0.01 aralığında artmıştır (Çizelge 4.22.). Diğer parametrelerde de benzer şekilde süre artışı pH'yı arttırmıştır.

Normal, %50 ve %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirme 180 dk ve 80˚C gibi sabit süre ve sıcaklıktaki pH değerleri sırasıyla 6.14, 6.29 ve 6.31 artmıştır; 90 dk ve 60˚C'deki sabit süre ve sıcaklıkta pH değerleri sırasıyla 6.21, 6.35 ve 6.42 şeklinde artmıştır (Çizelge 4.22). Bütün verilerin genelinde sıcaklık ve süreninde etkisiyle %50 ve %100 ultrason uygulamasında pH artış gözlemlenmiştir.

Bayram ve ark. (2004a), soya fasulyesinin ıslatma suyunun süre ve sıcaklık artışıyla pH değerlerinin azaldığını bulmuşlardır. Jambrak ve ark. (2007), sebzelerde yaptıkları çalışmada lahanada başlangıç pH 6.7 20 kHz ultrasonla 10 dk pH 4.5 iken 40 kHz'lik ultrason 10 dk uygulamsında ise pH 5.4 olduğu görülmüştür. Mantarda ise başlangıç pH 5.1 iken 20 kHz ultrasonla 10 dk pH 4.4 iken 40 kHz'lik ultrason 10 dk uygulamsında ise pH 5.4 olduğunu görülmüştür. Burdan da anlaşılacağı üzere pH artışı veya azalış ürüne ve uygulanan ultrason genliğine göre değişmektedir.

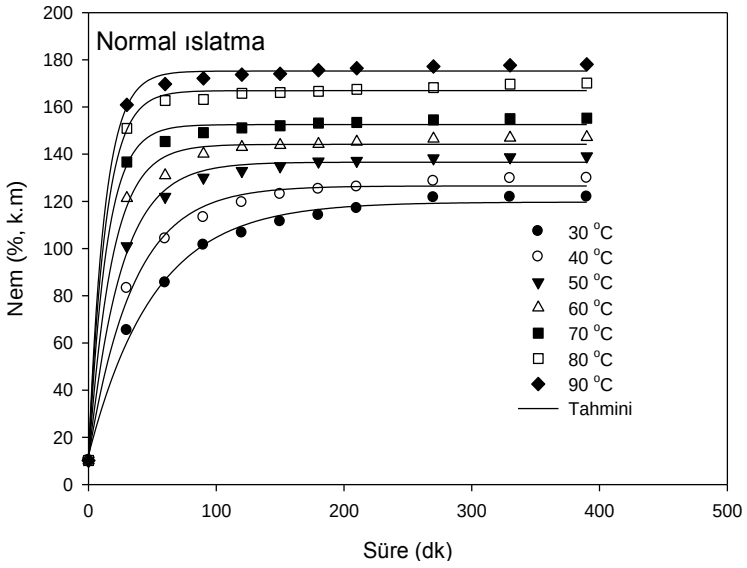
4.8. Nem Difüzyon Katsayısının Ölçümü ve Modellenmesi

Bakliyatların pişirme öncesinde su absorbsiyonu pişme süresinin belirlenmesi için protein denatürasyonu ve nişastanın jelatinizasyonu önemli bir rol almaktadır (Güzel ve Sayar, 2012). Börülceye uygun pişirme işlemi, nişatanın jelatinizasyonunu hızlandırmak ve son üründe istenen kalite ürün için elde edilen nem içeriği en önemli özelliktir. Börülce tanelerinin içindeki nem hareketi difüzyon ile olmakta bu esnadaki nem hareketi transfer sabiti difüzyon sabiti (D_{eff}) olarak adlandırılmaktadır.

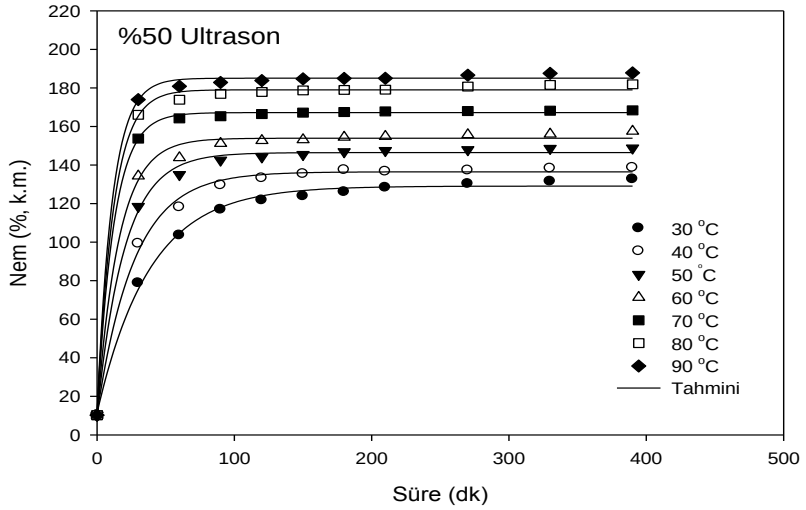
Farklı sıcaklıklarda (30-90 ^{o}C) normal ve ultrason (40 kHz 200 W %50 genlik ve %100 genlik) ıslatma/pişirme uygulanan börülcelerin deneysel ve tahmini nem süre ilişkisi Şekil 4.1-4.10 ve Ek 1-7'de verilmiştir. Börülceye 70^{o}C sabit sıcaklıkta süre 30-390 dk aralığında artarken normal ıslatma/pişirmede nem değeri (%, k.m) 136.69'dan 155.26'ya artmıştır. Benzer şekilde %50 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirme 70^{o}C sabit sıcaklıkta süre 30-390 dk'ya artarken nem değeri (%, k.m)

de 150.74'ten 168.38'e artmıştır. Aynı şekilde %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirme 70°C'deki sabit sıcaklıkta nem değeri (%, k.m) 171.21'den 186.65'e kadar artmıştır. Süre artışı nem değerini arttırmıştır (Şekil 4.1-4.10 ve Ek 5).

Börülceye normal ıslatma/pişirme 30 dk sabit sürede sıcaklık 30-90˚C'ye artarken nem değeri (%, k.m) 65.37'den 160.92'ye artmıştır; %50 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirmede 30 dk sabit sürede sıcaklık 30-90˚C'ye artarken nem değeri (%, k.m) 78.77'den 173.98'e artmıştır; %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirmede aynı şekilde 30 dk sabit sürede sıcaklık 30-90˚C'ye artarken nem değeri (%, k.m) 97.22'den 198.21'e artmıştır. Sıcaklık artışı nem değerini bütün parametrelerde arttırmıştır (Şekil 4.1-4.3, Ek 1-Ek 7).

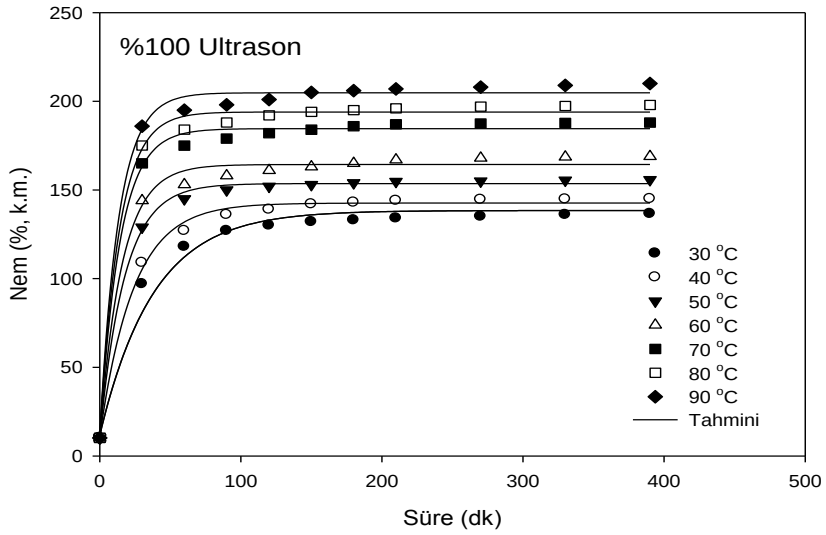


Şekil 4.1. Börülcenin normalıslatma sırasında farklı sıcaklıklıklarda (30, 40,50, 60, 70, 80 ve 90 °C) deneysel ve tahmini (Fick'in diffusyon modeli) nem değişimi



Şekil 4.2. Börülcenin %50 Ultrason genlğindeki ıslatma sırasında farklı sıcaklıklıklarda (30, 40, 50, 60, 70, 80 ve 90 °C) deneysel ve tahmini (Fick'in diffusyon modeli) nem değişimi

Börülceye 80°C ve 330 dk sabit sıcaklık ve sürede normal, %50 ve %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirmedeki nem değerileri (%, k.m) sırasıyla 169.68, 181.55 ve 198.75'e artmıştır; 90°C ve 270 dk sabit sıcaklık ve süredeki değerler sırasıyla 177.18, 186.64 ve 211.68 şeklinde artmıştır. En çok nem değerindeki artış %100 genlikteki ultrason uygulamada olurken bunu %50 genlikte ultrason uygulama takip etmektedir (Şekil 4.1-4.3, Ek 6-7).

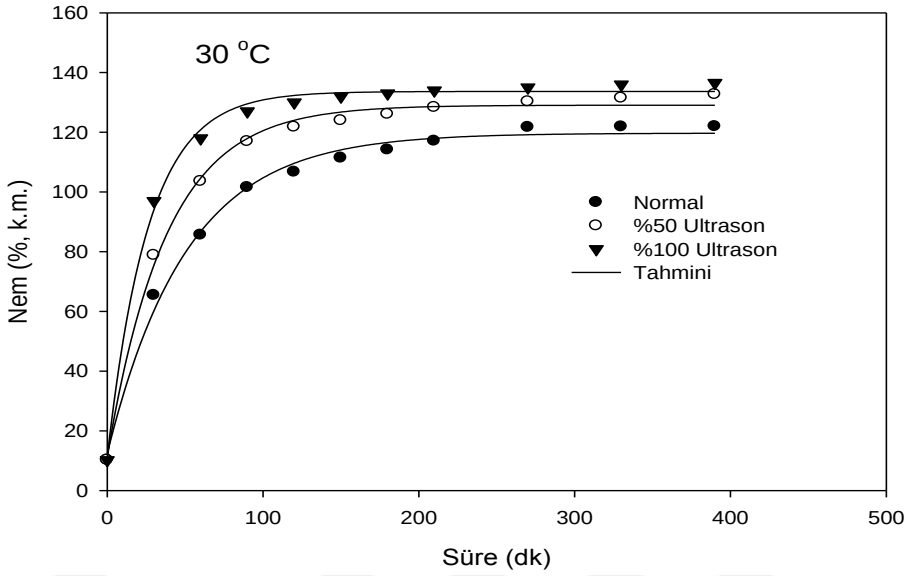


Şekil 4.3. Börülcenin %100 Ultrason genlğindeki ıslatma sırasında farklı sıcaklıklıklarda (30, 40, 50, 60, 70, 80 ve 90 °C) deneysel ve tahmini (Fick'in diffusyon modeli) nem değişimi

Fick'in difüzyon eşitliği farklı sıcaklık ve işlemler için deneysel nem miktarlarına (% g/g, k.m.) uyarlandığında, etkili difüzyon katsayıları (D_{eff}) ve denge nem miktarları (M_e) hesaplanmıştır (Şekil 4.1-4.10 ve Çizelge 4.23).

Şekil 4.1-4.10, börülce tanelerinin farklı sıcaklık (30-90^{o}C) ve işlemler (normal, %50 Ultrason genliği ve %100 ulrason genliğinde) için ıslatma/pişirme sırasındaki su alma profillerini göstermektedir. Devam eden çizgiler, Fick modelnin ıslatma / pişirme süresinin bir fonksiyonu olarak kullanılmasıyla deneysel verilerin en iyi şekilde uyuşmasına karşılık geldiğini göstermektedir. Bu da modelin, ıslatma/pişirme işlemi sırasında börülce tanesinin su alma kinetiğini tahmin etmek için uygun olduğunu anlamına gelmektedir. Tüm sıcaklık ve işlemler için modelin uygunluğunu belirleyen R^2, RMSE ve X^2 değerlerini sırasıyla 0.9924 ila 0.9991, 0.07 ila 0,01 ve 0.0062 ila 0.0001 arasında çıkması nedeniyle çok tatmin edici olmuştur (Çizelge 4.23).

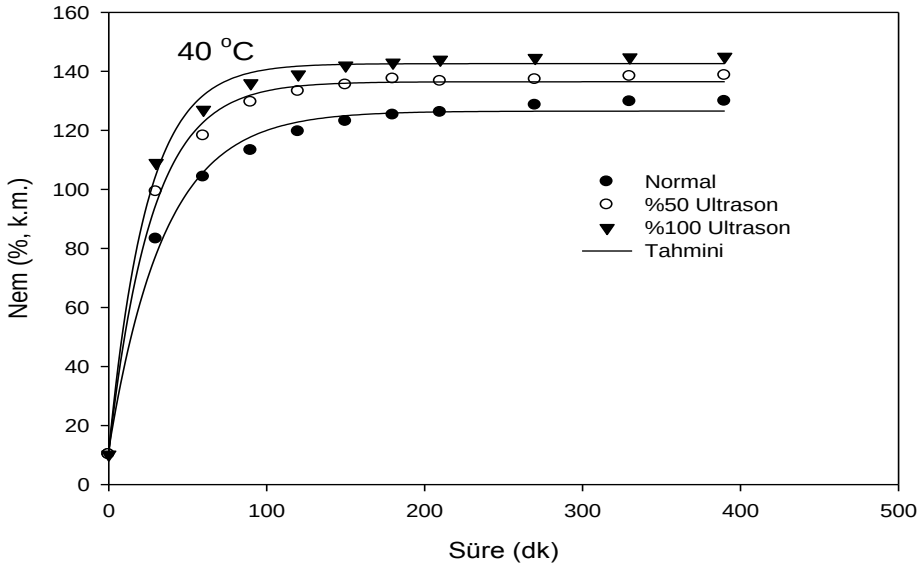
Farklı işlem ve sıcaklıklardaki nem değerleri Fick modelinin regrasyonuyla elde edilen parametre ve istatiki değerler Çizelge 4.23'de verilmiştir. Şekil 4.4-4.10'da bütün sabit sıcaklıklarda (30, 40, 50, 60, 70, 80 ve 90^{o}C) normal, %50 ve %100 genlikte ultrason uygulanan börülcelerin Fick modelleme nem değerleri grafiksel olarak gösterilmektedir. Börülcenin yaklaşık 390 dakikalık ıslatma/pişirme esnasında doygunluk nem değerleri sabit sıcaklıkta sırasıyla 30^{o}C'de 120-140 (%, k.m), 40^{o}C'de nem değeri 130-145 (%, k.m), 50^{o}C'de 135-160 (%, k.m), 60^{o}C'de 145-170 (%, k.m), 70^{o}C'de 155-190 (%, k.m), 80^{o}C'de 170-200 (%, k.m) ve 90^{o}C'de 175-215 (%, k.m) olarak bulunmuştur. Bu sıcaklıklardaki değerler aralığında en yüksek nem miktarları sırasıyla %100 genlikteki ultrasonlu ıslatma iken bunu %50 genlikteki ultrasonlu ve normal ıslatma takip etmektedir. Börülceye normal ıslatma/pişirme uygulama ultrason uygulamaya oranla daha çok ve hızlı doygun nem miktrına ulaştığı grafiklerdeki eğimlerden anlaşılmaktadır (Şekil 4.4 - 4.10).



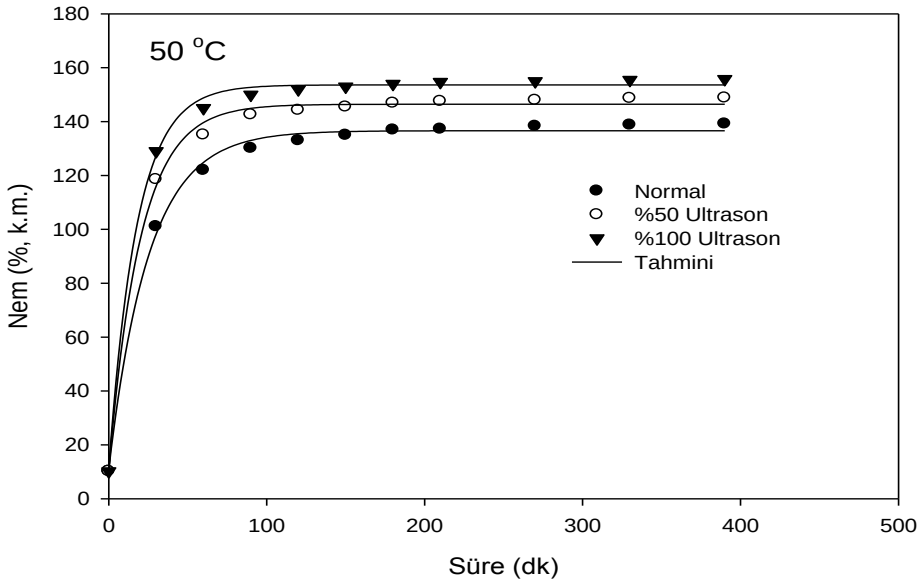
Şekil 4.4. 30 °C sıcaklıkta ve farklı önişlem (normal, %50 US ve %100 US genlik) ıslatma sırasında börülcenindeneysel ve tahmini (Fick'in diffusyon modeli) nem değişimi

D_{eff} değeri sıcaklık 30-90˚C aralığında artarken normal, %50 ve %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirme esnasında sırasıyla $7.59x10^{-10}$-$30.70x10^{-10}$, $10.10x10^{-10}$-$34.90x10^{-10}$ ve $14.50x10^{-10}$-$35.20x10^{-10}$ aralığında arttığı Çizelge 4.23'te görülmektedir. Bu verilerden yola çıkarak ultrason börülcenin ıslatma/pişirme sırasında su difüzyonunun artmasına aynı zamanda ıslatma/pişirme süresini de kısaltmaktadır. D_{eff} ve M_e değerinde en çok artış %100 genlikte ultrason uygulamasında görülmüştür.

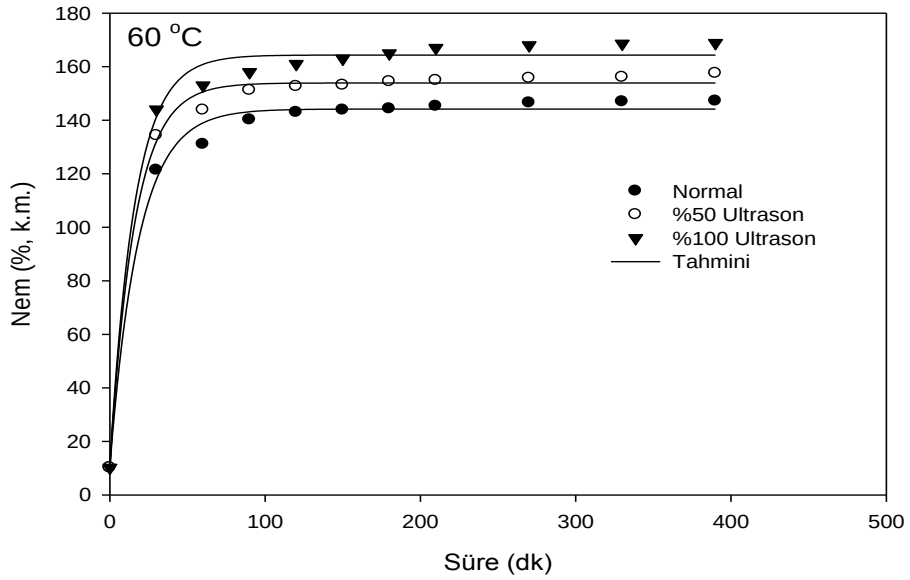
Normal ıslatma/pişirme esnasında sıcaklık 30-90°C'ye artarken doygunluk nem miktarı (%, k.m.) 119.69'dan 175.23'e kadar artmıştır. Benzer şekilde %50 ultrasonlu ortamda sıcaklık 30-90˚C aralığında arttığında M_e değeri 129.06'dan 185.05'e yükselmiştir. %100 genlikte ultrason uygulaması için de aynı sıcaklık artışı denge nem değerini 133.65'ten 210.50'e kadar artmıştır. Benzer şekilde ultrason ve ultrason genliği de denge nem değerlerini arttırmıştır.



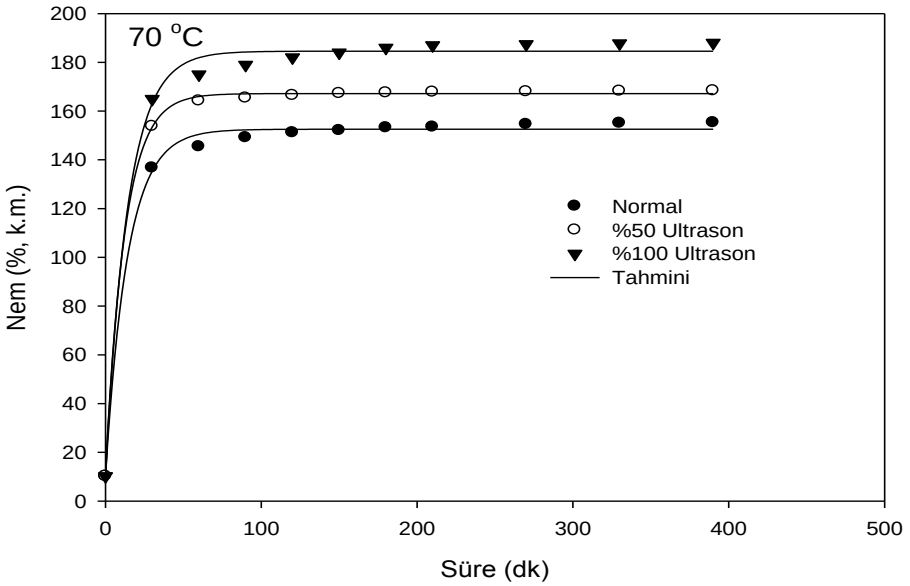
Şekil 4.5. 40 °C sıcaklıkta ve farklı önişlem (normal, %50 US ve %100 US genlik) ıslatma sırasında börülcenin deneysel ve tahmini (Fick'in diffusyon modeli) nem değişimi



Şekil 4.6. 50 °C sıcaklıkta ve farklı önişlem (normal, %50 US ve %100 US genlik) ıslatma sırasında börülcenin deneysel ve tahmini (Fick'in diffusyon modeli) nem değişimi



Şekil 4.7. 60 °C sıcaklıkta ve farklı önişlem (normal, %50 US ve %100 US genlik) ıslatma sırasında börülcenin deneysel ve tahmini (Fick'in diffusyon modeli) nem değişimi



Şekil 4.8. 70 °C sıcaklıkta ve farklı önişlem (normal, %50 US ve %100 US genlik) ıslatma sırasında börülcenin deneysel ve tahmini (Fick'in diffusyon modeli) nem değişimi

Çizelge 4.23.Börülcenin ultrasonsuz, %50 Ultrason ve %100 ultrason uygulama ile Fick modeliyle nem diffuzyonu modelinin parametre ve istatistiksel değerleri

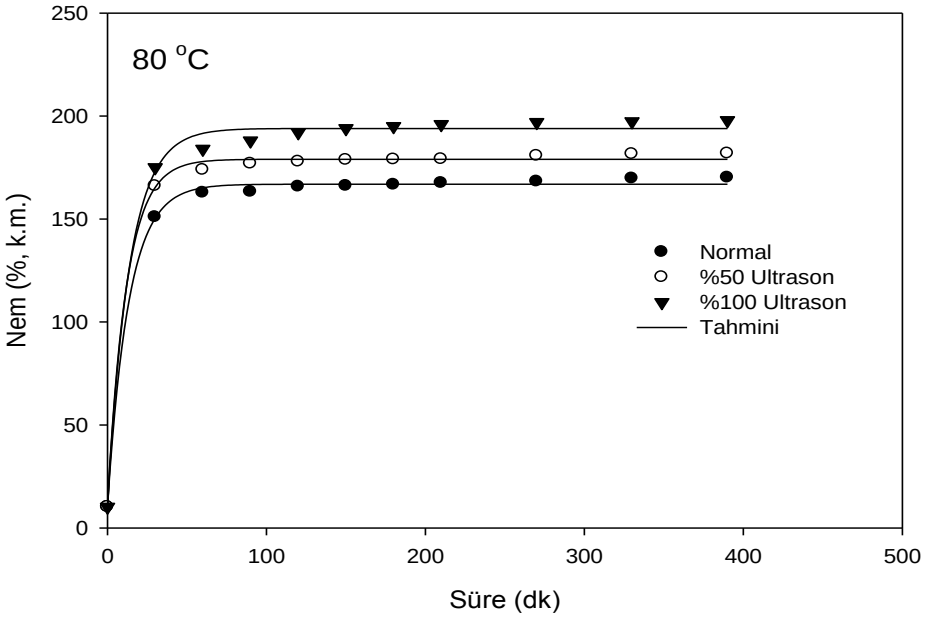
Ön işlem	Sıcaklık(^{o}C)	M_e (%, d.b.)	D_{eff} x10^{10} (m^2 s^{-1}) (SSx10^{10})*	R^2	RMSE	X^2
Normal	30	$119.69^{a,x}$(±2.31)	$7.59^{a,x}$(±0.13)	0.9924	0.07	0.0062
	40	$126.54^{b,x}$(±2.94)	$11.00^{b,x}$(±0.83)	0.9938	0.05	0.0036
	50	$136.60^{c,x}$(±0.54)	$15.20^{c,x}$(±0.55)	0.9967	0.02	0.0007
	60	$144.18^{d,x}$(±0.93)	$20.80^{d,x}$(±0.41)	0.9932	0.03	0.0009
	70	$152.54^{e,x}$(±1.02)	$27.10^{e,x}$(±0.56)	0.9968	0.02	0.0003
	80	$166.92^{f,x}$(±1.13)	$28.80^{f,x}$(±0.18)	0.9982	0.01	0.0002
	90	$175.23^{g,x}$(±0.41)	$30.70^{g,x}$(±0.25)	0.9980	0.01	0.0002
%50 US	30	$129.06^{a,y}$(±0.31)	$10.10^{a,y}$(±0.49)	0.9961	0.04	0.0018
	40	$136.47^{b,y}$(±0.74)	$14.30^{b,y}$(±0.25)	0.9960	0.03	0.0012
	50	$146.44^{c,y}$(±0.51)	$19.20^{c,y}$(±0.18)	0.9969	0.02	0.0004
	60	$153.91^{d,y}$(±1.37)	$24.20^{d,y}$(±0.22)	0.9957	0.02	0.0005
	70	$167.19^{e,y}$(±1.03)	$31.20^{e,y}$(±0.37)	0.9995	0.01	0.0002
	80	$179.01^{f,y}$(±0.37)	$32.20^{f,y}$(±0.21)	0.9984	0.01	0.0002
	90	$185.05^{g,y}$(±0.67)	$34.90^{g,y}$(±0.18)	0.9987	0.01	0.0001
%100 US	30	$133.65^{a,z}$(±2.20)	$14.50^{a,z}$(±0.07)	0.9966	0.02	0.0008
	40	$142.62^{b,z}$(±1.17)	$16.10^{b,z}$(±0.85)	0.9952	0.03	0.0010
	50	$153.61^{c,z}$(±2.07)	$21.80^{c,z}$(±1.02)	0.9979	0.01	0.0003
	60	$164.55^{d,z}$(±1.42)	$27.20^{d,z}$(±0.82)	0.9927	0.02	0.0008
	70	$184.09^{e,z}$(±2.15)	$32.40^{e,z}$(±0.75)	0.9984	0.01	0.0002
	80	$197.36^{f,z}$(±3.05)	$33.60^{f,z}$(±0.22)	0.9991	0.01	0.0001
	90	$210.50^{g,z}$(±2.25)	$35.20^{g,z}$(±0.65)	0.9991	0.01	0.0001

*Standard sapma değerlerinin 10^{10} ile çarpılmış halidir.
Çizelgede aynı sütunda farklı harfle gösterilen değerler (a-g sıcaklık, x-z ultrason) arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemlidir.

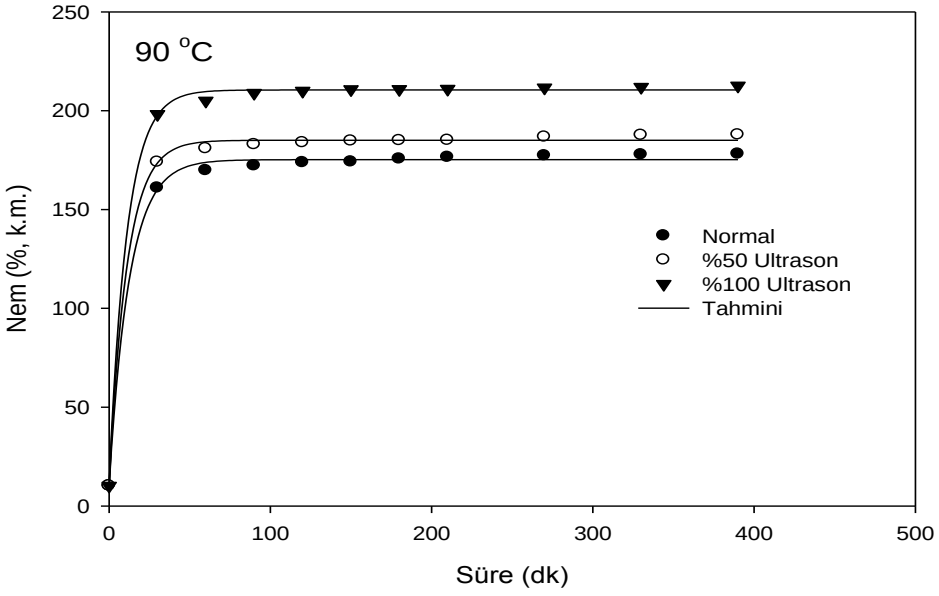
Börülcede sıcaklığın artışı (30-90^{o}C) ve ultrason uygulaması ile su diffüzyon hızını arttırmıştır (Şekil 4.1- 4.3). Bu hız artışını, Şekil 4.1., Şekil 4.2., Şekil 4.3'teki grafikler incelendiğinde sıcaklığın artması ve %50-%100 ultrasonlu ıslatma/pişirmenin normal ıslatma/pişirmeye oranla su diffüzyon hızının artmasına ve dolayısıyla daha hızlı nem değerlerine ulaştığı absorbsiyon eğrilerindeki eğimin daha dik olmalarından da anlaşılmaktadır.

Yıldırım ve ark. (2011) yaptığı çalışmada sıcaklık ve ultrason uygulama ile nohutta D_{eff} değerinde hızlı bir artış olduğu görülmüştür. Soyanın D_{eff} değeri oda sıcaklığında 2.15.x10^{-11} m^2/s (Deshpande ve ark., 1994) ve 30^{o}C'deki beyaz pirincin D_{eff} değeri ise 5.2x10^{-11} m^2/s bulunmuştur (Engels ve ark.,1986). Sayar ve ark. (2001) yaptığı bir çalışmada, 20-100^{o}C aralığında sıcaklığın artması nohutta nem difüzyon katsayısını arttırdığını tespit etmişlerdir.

Bu nem difüzyon hızı üzerinde ultrason genliği ve sıcaklık artışı etkilemektedir. Şekil 4.10. incelendiğinde börülceye 90°C 'de %100 genlikte ultrason uygulandığında en hızlı ve en yüksek nem oranına ulaştığı grafik çizgilerinden anlaşılmıştır.



Şekil 4.9. 80°C sıcaklıkta ve farklı önişlem (normal, %50 US ve %100 US genlik) ıslatma sırasında börülcenin deneysel ve tahmini (Fick'in diffusyon modeli) nem değişimi



Şekil 4.10. 90 °C sıcaklıkta ve farklı önişlem (normal, %50 US ve %100 US genlik) ıslatma sırasında börülcenin deneysel ve tahmini (Fick'in diffusyon modeli) nem değişimi

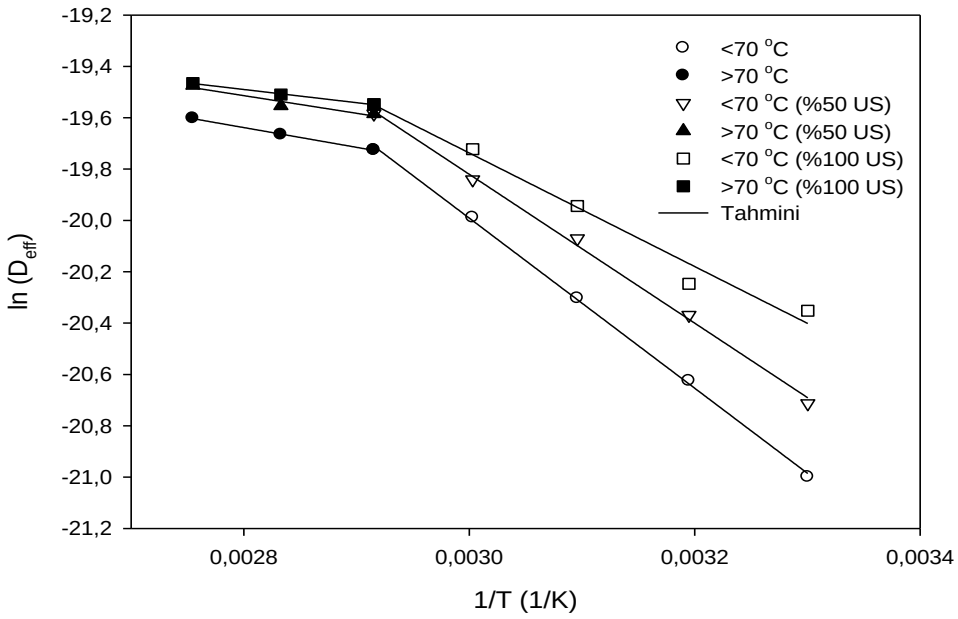
4.9. Börülcenin Islatma/Pişirme Sırasında Jelatinizasyon Sıcaklığı ve Aktivasyon Enerjisinin Belirlenmesi

Börülce gibi taneli bakliyatlar pişirmeden önce ıslatma işlemine tabii tutulurlar. Bu ıslatma işlemi tanedeki nişastanın jelatinizasyonunu hızlandırmaktadır. Bu işlem ya jelatinazyon sıcaklığının altındaki sıcaklılarda ıslatma veya jelatinizasyon sıcaklığının üstündeki sıcaklıklarda pişirme olarak gerçekleşmektedir. Suda ıslatma/pişirme sırasında kütle transferi veya kütle difüzyonu gerçekleşmektedir. Börülcenin jelatinizasyon sıcaklığının belirlenmesi ve sıcaklığın etkisi için Arrhenius eşitliği ve Fick modelleri ile bulunan her sıcaklıktaki diffüzyon katsayılarına uygulanmıştır. Börülcelere ıslatma/pişirme esnasında Çizelge 4.24'te Arhennus yaklaşımı ile termodinamik özellikleri, Şekil 4.11'de ise Fick modelinin Arhennus yaklaşımı ile regrasyonu grafik olarak verilerek jelatinizasyon sıcaklığı gösterilmektedir.

Çizelge 4.24. Islatma esnasında normal ve ultrason uygulanmış börülcelerin Arhennus yaklaşımı ile Thermodinamk özelliklerinden E_a (aktivasyon enerjisi) değişimi

Ön işlem	Sıcaklık (^oC)	Eşitlik	R^2	E_a (kJ mol^{-1})
Normal	**30**	for T <70 ^oC		
	40	ln (D_{eff})=-10.05 -3313.27(1/T)	0.9993	27.55^z(±1.08)
	50			
	60			
	70	for T ≥70 ^oC		
	80	ln(D_{eff})= -17.49-769.00(1/T)	0.9991	6.40^z(±0.05)
	90			
%50 US	**30**	for T <70 ^oC		
	40	ln(D_{eff})= -11.12 -2899.33(1/T)	0.9977	24.11^y(±0.50)
	50			
	60			
	70	for T ≥70 ^oC		
	80	ln(D_{eff})=-17.59 -687.37(1/T)	0.9331	5.71^y(±0.03)
	90			
%100 US	**30**	for T <70 ^oC		
	40	Ln (Deff)=-13.10-212.31*(1/T)	0.9802	18.39^x(±0.08)
	50			
	60			
	70	for T ≥70 ^oC		
	80	Ln (Deff)=-18.05-514.22*(1/T)	0.9957	4.28^x(±0.04)
	90			

Çizelgede aynı sütunda farklı harfle gösterilen değerler (x-z ultrason) arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemlidir.



Şekil 4.11. Börülcenin ultrasonsuz, %50 ultrason ve %100 ultrason uygulamasıyla Fick modeli için arhennus yaklaşımının regrasyonu

Ultrason genliğinin ve sıcaklığın ıslatma/pişirme üzerindeki etkisi Şekil 4.11 ve Çizelge 4.24 ‘de görebiliriz. Arhenius eşitliği 70 ^{o}C’nin altında (30,40, 50, 60, 70, 80 ve 90^{o}C) ve üstündeki sıcaklık normal, %50 ve %100 ultrason uygulaması sırasında farklı aktivasyon enerjisi değerleri elde edilmiştir. Börülceye normal ıslatma/pişirmede T<70^{o}C E_a (kJ/mol) değeri 27.55(±1.08) iken T≥70^{o}C değer 6.40(±0.05); %50 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirmedeki T<70^{o}C E_a değeri 24.11(±0.50) iken T≥70^{o}C’deki değer 5.71(±0.03); %100 ultrason uygulamada T<70^{o}C E_a değeri 18.39(±0.08) iken T≥70^{o}C’deki değer 4.28(±0.04) olduğu çizelge 4.24’te görülmektedir. Sıcaklık artışı aktivasyon enerjisini düşürmüştür. Normal, %50 ve %100 ultrason uygulamarında T<70^{o}C E_a değerleri sırasıyla 27.55(±1.08), 24.11(±0.50) ve 18.39(±0.08); T≥70^{o}C’deki değerler sırasıyla 6.40(±0.05), 5.71(±0.03) ve 4.28(±0.04) şeklinde azalmaktadır (Çizelge 4.24.). Aktivasyon enerjisi en düşük T≥70^{o}C’deki %100 genlikte ultrason uygulamasında olduğu gözlemlenmiştir. Bunun sonucunda börülceyi ıslatma/pişme esnasında daha az enerji sarfederek daha hızlı bir difüzyon olmasını sağlamaktadır.

Normal ılatma/pişirme T<70^{o}C sıcaklıklarda ln(D_{eff})=-10.05-3313.27(1/T), T≥70^{o}C ln(D_{eff})=-17.49-769.00(1/T) bağıntısı elde edilmiştir. %50 ultrason uygulamasında ıslatma/pişirme T<70^{o}C sıcaklıklarda ln(D_{eff})=-11.12-2899.33(1/T), T≥70^{o}C ln(D_{eff})=-17.59-687.37(1/T) bağıntısı elde edilmiştir. %100 ultrason uygulamasında ıslatma/pişirme T<70^{o}C sıcaklıklarda ln(D_{eff})=-13.10-212.31*(1/T), T≥70^{o}C ln(D_{eff})=-18.05-514.22*(1/T) bağıntısı elde edilmiştir (Çizelge 4.24.) Her iki eşitliği sağlayan sıcaklık jelatinizasyon sıcaklığını ifade etmektedir.

Şekil 4.11'de 1/T (1/K)'nın 0.0029 olduğu noktada doğrunun eğimi değişmiş ve bu noktada kırılma gözlenmiştir. Bu nokta börülcenin jelatinizasyonunu vermekte ve ln(D_{eff}) değerleri incelendiğinde börülcenin gelatinizasyon sıcaklığı 69^{o}C tekabül ettiği Şekil 4.11'de görülebilmektedir.

Jelatinizasyon sıcaklığı nohut için 61^{o}C (Yıldırım ve ark., 2011), buğday için 75^{o}C (Turhan ve Gunasekaran, 2001), mısır için 80^{o}C (Cabrera ve ark.,1984), pirinç için 85^{o}C (Bakshi ve Singh, 1980) ve soya için 60^{o}C (Kubota, 1979) olarak bulunmuştur.

4.10. Börülcenin Islatma/Pişirme Esnasında Tekstür Değişimi

Tekstür gıdaların yapısal ve mekanik özellikleriyla yakından ilgili bir kalite özelliğidir. Biyolojik kökenli gıdalarda çiğ veya işlenmiş olsun, kimyasal reaksiyonlar, mikrobiyal hareketler, sıcaklık, nem, hava basıncı gibi enerji alış-verişi gibi çevre ile fiziksel etkileşimi nedeniyle zamanla sürekli değişirler (Kilcast, 2004). Kuvvet/deformasyon yöntemleri katı yiyeceklerin dokusal özelliklerinin objektif ölçümü için yaygın olarak kullanılmaktadır. Gıda dokusunun kuvvet/deformasyonunun ölçülmesi için iki yaklaşım vardır: Deforme olan veya olmayan. Tahribat kuvveti/deformasyon yöntemleri birçok kişi tarafından gıdanın dokusunun ölçülmesinde tercih edilen bir araç olduğu düşünülmektedir; çünkü bunlar genellikle tahribatsız yöntemlerden çok duyusal değerlendirme ile ilgilidir (Bourne, 2002). Tekstür yöntemler, bir gıda maddesi için ortalama kalite hakkında bilgi sağlamak için yararlıdır (Kilcast, 2004). Daha önce birçok araştırmacı ürün kalitesini ölçmek için tekstürel yöntemleri kullanmıştır. Sertlik genellikle numunenin ilk

sıkıştırmasına karşılık gelen en yüksek kuvvet olarak tanımlanır (Lee ve ark., 1979; Vu ve ark., 2004; Sila ve ark., 2004, 2005; Anthon ve Barrett, 2002, 2006).

Börülceye normal ıslatma/pişirmede 60^{o}C'deki sabit sıcaklıkta süre 30-390 dk artarken F_{max} değeri 625.00 g'dan 279.45 g'a inmiştir. %50 genlikte ultrason uygulamada 60^{o}C'deki sabit sıcaklıkta süre 30-390 dk'ya artarken F_{max} değeri 362 g'dan 173.89 a'a kadar düşmüştür. %100 genlikte ultrason uygulamada ise benzer şekilde 60^{o}C'deki sabit sıcaklıkta süre 30-390 dk'ya artarken F_{max} değeri 288 g'dan 154 g'a kadar azalmıştır. Süre arttışı bütün peryotlarda benzer şekilde F_{max} değerini azaltmış ve ürün yumuşamıştır (Ek.11 ve Şekil 4.12-4.21).

Börülceye normal ıslatma/pişirme 120 dk'daki sabit bir sürede sıcaklık 30-90^{o}C değişirken kuvvet (F_{max}) 455.00 g-119.87 g aralığında azalmıştır. %50 genlikte ultrason uygulamda 120 dk'daki sabit sürede 30-90^{o}C'ye artarken F_{max} değeri 410.00 g-102.00 g'a inmiştir. %100 genlikte ultrason uygulamada benzer şekilde 120 dk'daki sabit sürede sıcaklık 30-90^{o}C'ye F_{max} değeri 315.00 g-88.00 g kadar azalmıştır (Ek.8, Ek.14). Sıcaklık artışı bütün parametrelerde F_{max} değerini düşürmüştür. Sıcaklık arttıkça daha yumuşak börülce taneleri elde edilmiştir.

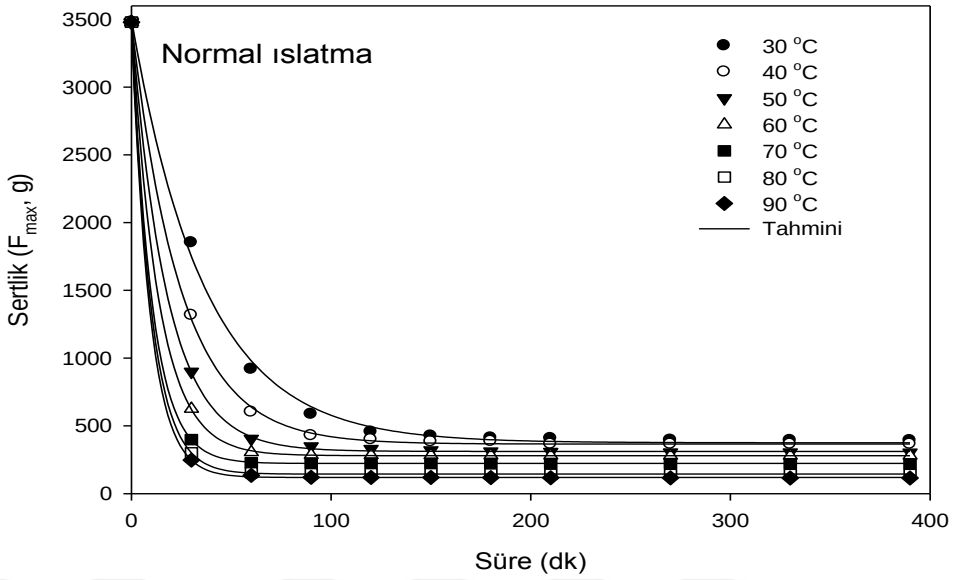
Normal, %50 ve %100 genlikte ultrason uygulaması 50^{o}C ve 90 dk gibi sabit sıcaklık ve sürede F_{max} değerleri sırasıyla 348.97 g, 223 g ve 183 g; 90^{o}C ve 270 dk'daki F_{max} değerleri sırasıyla 115.89 g, 101.25 g ve 87.43 g şeklinde azalmıştır (Ek10., Ek14.). Ultrason genliğnin arttışı bütün parametrelerde F_{max} değerini azalmıştır.

Textür grafikleri, yüksek bir su absorbsiyon hızı ile ilişkili olabilen hızlı bir yumuşama fazı olan iki faz gösterir, bunu takiben doku bozulma oranının bir denge doku özelliği elde edilinceye kadar yavaşladığı bir doyma fazı izlenir. Islanma ilerledikçe, su emilir ve daha homojen bir doku elde edilir ve bunun sonucunda börülce içi değişkenlik azalır.

4.10.1. Tekstürün matematiksel modellenmesi

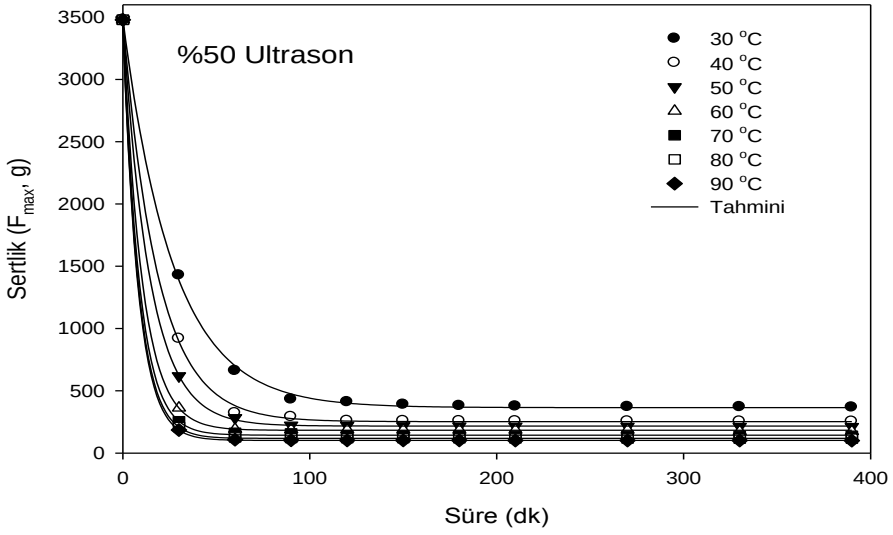
Börülcenin sertliği (textür) ıslatma/pişirme sırasında asimptotik bir denge durumuna doğru düşmüş ve textürel bozunma eğrilerinin genel şekli (Şekil 4.12-4.21) su absorbsiyonu eğrilerinin tersi şeklini andırmaktadır. Ayrıca, Chemat ve Hoarau (2004); Gowen ve ark. (2007); Cunningham ve ark. (2008), ıslatma gibi işlemlerde gıdaların sertliklerindeki değişimin, asimptotik birinci dereceden bir model olarak takip edildiğini göstermiştir. Bunlar, ıslatma/pişirme işlemi sırasında börülce tanesinin tekstürel değişim modelini tahmin etmek için uygun olduğunu anlamına gelmektedir. Tüm sıcaklık ve işlemler için tekstür modelinin uygunluğunu belirleyen R^2, RMSE ve X^2 değerlerini sırasıyla 0.9978 ila 0.9999, 0.067 ila 0.006 ve 0.0062 ila 0.00004 arasında çıkması bu modelin uygun olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.23).

Farklı sıcaklık ve farklı ultrason genliğindeki börülcenin ıslatma esnasındaki Tekstür (kuvvet) değerlerinin Eşitlik 3.11'e uyarlanmasıyla elde edilen tahmini ve deneysel kuvvet değerleri zamana bağlı Şekil 4.12.- 4.21.'de gösterilmiştir. Elde edilen verilerle modelleme yapılmıştır. Ayrıca Şekil 4.22 ve Çizelge 4.26'da Tekstür modeli ve Arhennus eşitlikleriyle (Eş.3.13) bulunan börülcenin ıslatma esnasındaki farklı işlemler için bulunan parametreleri bulunmuştur. Buradaki parametreler k_F (yumuşama hız katsayısı), F_e (doygunluk tekstür değerleri) hesaplanmıştır.

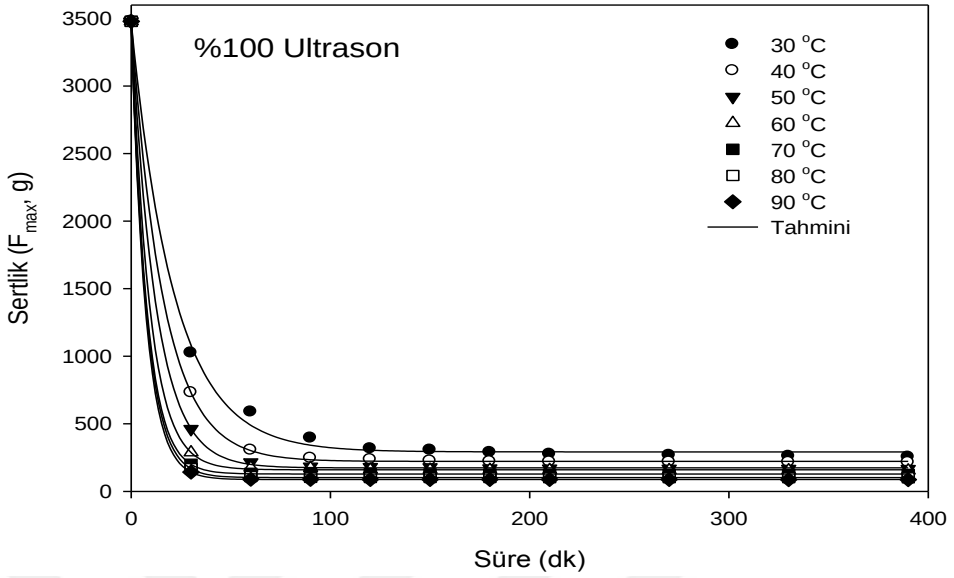


Şekil 4. 12**.** Börülcenin normal ıslatma sırasında farklı sıcaklıklardaki deneysel ve tahmini (Tekstür modeli) sertlik (F_{max}, g) değerleri değişimi

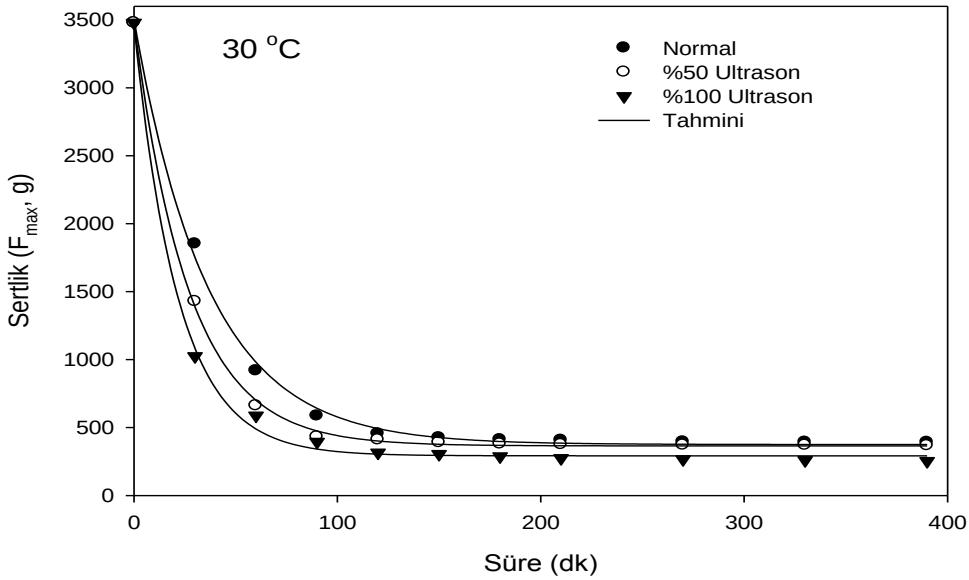
Şekil 4.12, Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'te normal, %50 ultrason, %100 ultrasonlu ıslatmanın sıcaklık (30-90^{o}C) ve sürede (0-390) F_{max} değerleri gösterilmektedir. Sıcaklık ve sürenin artışı ile F_{max} değerini düşürdüğü grafik eğimlerinden anlaşılmaktadır. Buda sıcaklık ve süre etkisiyle daha düşük kuvvet harcandığı ve daha kısa zamanda istenen yumuşaklığa ulaştığı anlaşılmaktadır.



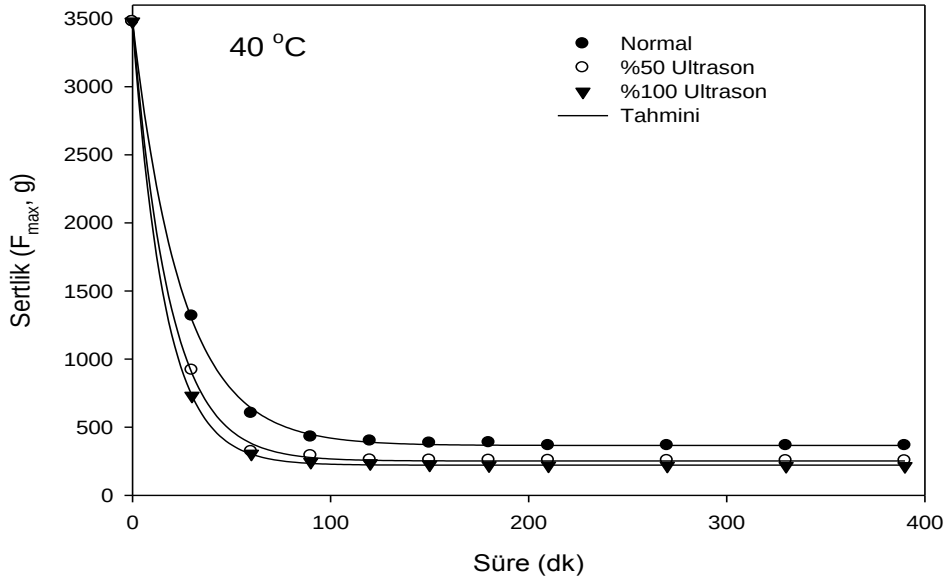
Şekil 4.13**.** Börülcenin %50 genlikteki ultrason önıslatma sırasında farklı sıcaklıklardaki deneysel ve Tahmini (Tekstür modeli) sertlik (F_{max}, g) değerleri değişimi



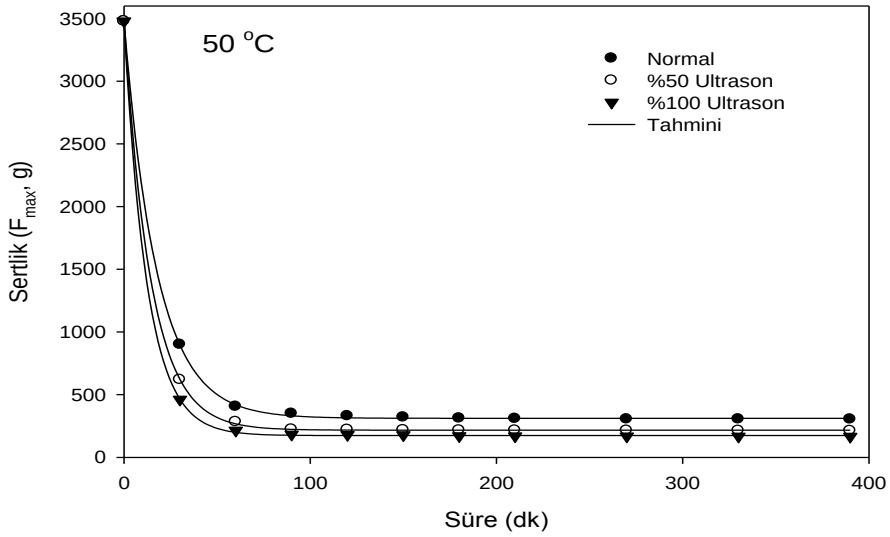
Şekil 4.14. Börülcenin %100 genlikteki ultrason ön ıslatma sırasında farklı sıcaklıklardaki deneysel ve tahmini (Tekstür modeli)sertlik (F_{max}, g) değerleri değişimi



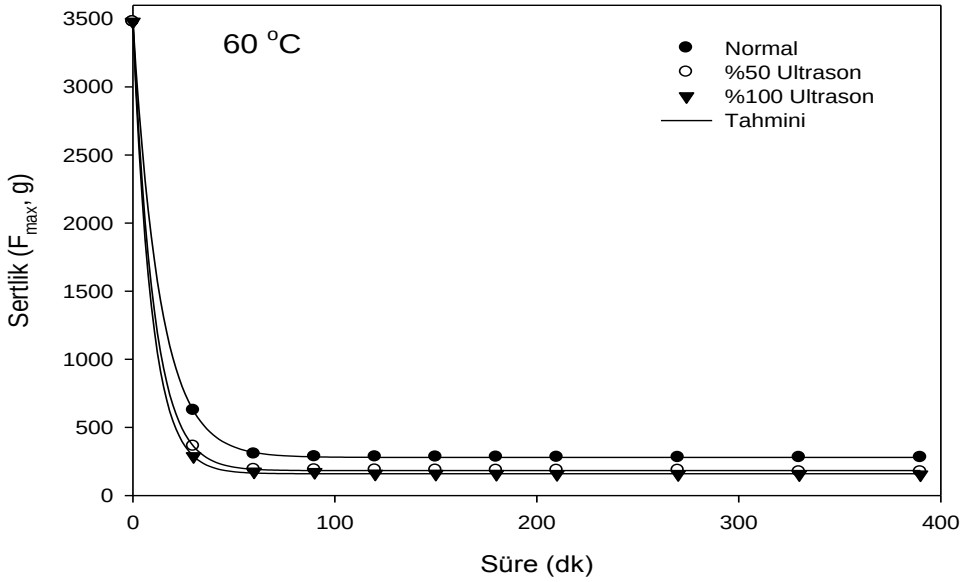
Şekil 4.15. Börülcenin 30 °C sıcaklıkta farklı önişlem (normal, %50 ve %100 ultrason) ıslatma sırasında deneysel ve tahmini (Tekstür modeli) sertlik (F_{max}, g) değerleri değişimi



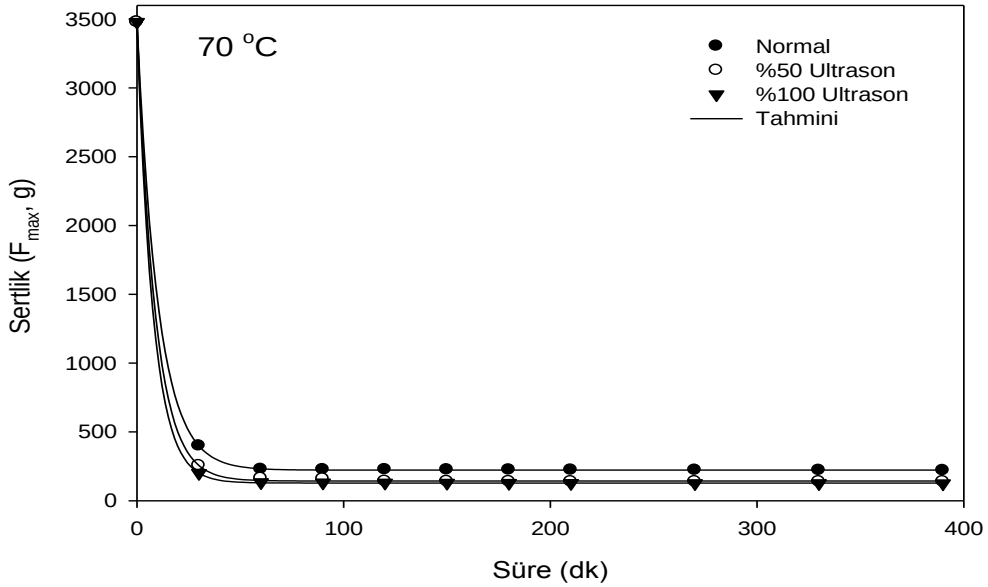
Şekil 4.16. Börülcenin 40°C sıcaklıkta farklı önişlem (normal, %50 ve %100 ultrason) ıslatma sırasında deneysel ve tahmini (Tekstür modeli)sertlik (F_{max}, g) değerleri değişimi



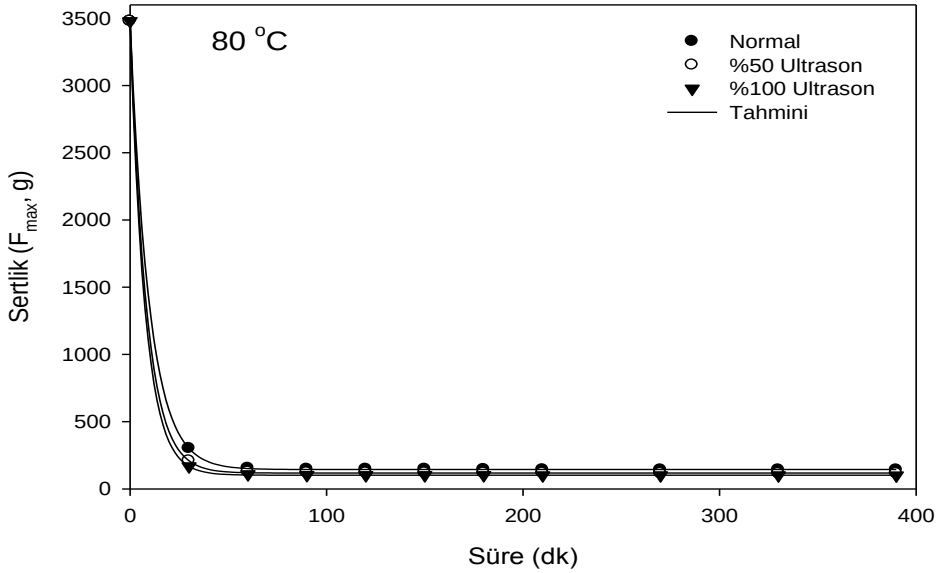
Şekil 4.17. Börülcenin 50 °C sıcaklıkta farklı önişlem (normal, %50 ve %100 ultrason) ıslatma sırasında deneysel ve tahmini (Tekstür modeli)sertlik (F_{max}, g) değerleri değişimi



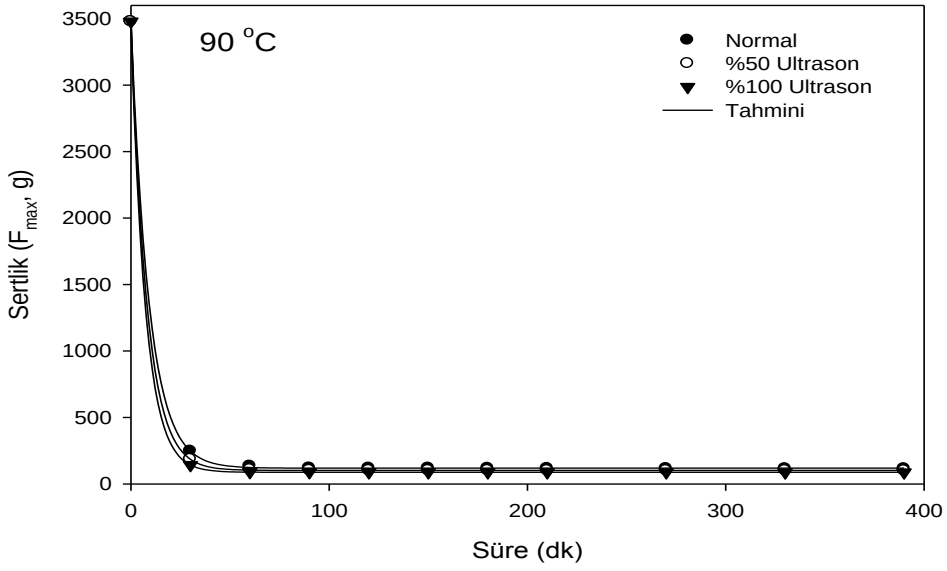
Şekil 4.18. Börülcenin 60°C sıcaklıkta farklı önişlem (normal, %50 ve %100 ultrason) ıslatma sırasında deneysel ve tahmini (Tekstür modeli)sertlik (F_{max}, g) değerleri değişimi



Şekil 4.19. Börülcenin 70 °C sıcaklıkta farklı önişlem (normal, %50 ve %100 ultrason) ıslatma sırasında deneysel ve tahmini (Tekstür modeli)sertlik (F_{max}, g) değerleri değişimi



Şekil 4.20. Börülcenin 80 °C sıcaklıkta farklı önişlem (normal, %50 ve %100 ultrason) ıslatma sırasında deneysel ve tahmini (Tekstür modeli) sertlik (F_{max}, g) değerleri değişimi



Şekil 4.21. Börülcenin 90 °C sıcaklıkta farklı önişlem (normal, %50 ve %100 ultrason) ıslatma sırasında deneysel ve tahmini (Tekstür modeli)sertlik (F_{max}, g) değerleri değişimi

Börülcede doygun tekstür değerinin sabit sıcaklıkta (30-90°C) ve sürede (0-390 dk) aralığında normal, %50 ve %100 genlikte ultrason uygulama ile en düşük F_{max}

değeri %100 genlikte ultrason iken bunu %50 genlikte ultrason uygulama takip etmektedir (Şekil 4.15- 4.21. ve Çizelge 4.25).

Çizelge 4.25. Börülcenin ultrasonsuz, %50 Ultrason ve %100 ultrasonıslatma uygulamada Tekstür modelinin parametre ve istatistiksel değerleri

İşlem	Sıcaklık (^oC)	$k_F x10^4$, s^{-1} ($SSx10^4$, s^{-1})*	F_e (g)	R^2	RMSE	X^2
Normal	30	$5.00^{a,x}$±0.07	$375.37^{g,z}$±0.14	0.9978	0.055	0.0042
	40	$6.75^{b,x}$±0.04	$366.08^{f,z}$±0.25	0.9997	0.030	0.0012
	50	$9.39^{c,x}$±0.02	$311.72^{e,z}$±0.18	0.9999	0.019	0.0005
	60	$12.43^{d,x}$±0.12	$280.05^{d,z}$±1.40	0.9999	0.013	0.0002
	70	$16.21^{e,x}$±0.06	$222.80^{c,z}$±1.38	0.9999	0.010	0.0001
	80	$16.96^{f,x}$±0.01	$144.29^{b,z}$±2.04	0.9999	0.013	0.0002
	90	$18.12^{g,x}$±0.03	$119.10^{a,z}$±1.54	0.9999	0.029	0.0012
%50 US	30	$6.19^{a,y}$±0.02	$365.20^{g,y}$±1.65	0.9994	0.041	0.0023
	40	$8.95^{b,y}$±0.11	$252.32^{f,y}$±2.12	0.9995	0.040	0.0040
	50	$11.58^{c,y}$±0.10	$217.08^{e,y}$±1.21	0.9999	0.017	0.0004
	60	$16.19^{d,y}$±0.09	$182.94^{d,y}$±2.02	0.9999	0.026	0.0009
	70	$18.84^{e,y}$±0.04	$143.76^{c,y}$±3.01	0.9999	0.039	0.0021
	80	$20.06^{f,y}$±0.05	$118.35^{b,y}$±2.21	0.9999	0.012	0.0002
	90	$20.53^{g,y}$±0.02	$101.98^{a,y}$±1.61	0.9999	0.011	0.0002
%100 US	30	$7.72^{a,z}$±0.04	$292.49^{g,x}$±2.18	0.9978	0.067	0.0062
	40	$10.35^{b,z}$±0.11	$221.91^{f,x}$±2.22	0.9999	0.011	0.0002
	50	$13.52^{c,z}$±0.12	$173.90^{e,x}$±0.95	0.9999	0.037	0.0018
	60	$18.07^{d,z}$±0.23	$160.00^{d,x}$±0.84	0.9999	0.027	0.0010
	70	$21.40^{e,z}$±0.05	$128.92^{c,x}$±1.63	0.9999	0.011	0.0002
	80	$21.86^{f,z}$±0.02	$102.22^{b,x}$±1.42	0.9999	0.015	0.0003
	90	$22.88^{g,z}$±0.03	$87.88^{a,x}$±0.71	0.9999	0.006	0.00004

*Standard sapma değerlerinin 10^4 ile çarpılmış halidir.
Çizelgede aynı sütunda farklı harfle gösterilen değerler (a-g sıcaklık, x-z ultrason) arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemlidir.

Börülceye normal ıslatma uygulandığında sıcaklık 30-90^{o}C'ye artarken k_F (s^{-1}) değeri $5.00x10^{-4}$'ten $18.12x10^{-4}$'ye kadar artmıştır (Çizelge 4.25). Börülceye %50 genlikte ultrasonlu ıslatma uygulamasında sıcaklık 30-90^{o}C aralığında artarken k_F değeri $6.19x10^{-4}$'ten $20.53x10^{-4}$'e kadar artmıştır. %100 genlikte ultrasonlu ıslamatmada ise sıcaklık 30-90^{o}C'ye artarken k_F değeri $7.72x10^{-4}$'ten $22.88x10^{-4}$'e kadar artmıştır (Çizelge 4.25.) Çizelge 4.25'de Tekstür modeliyle elde edilen parametreler ve istatistik sonuçları incelendiğinde normal ıslatmada 30-90 ^{o}C k_F (yumuşama hız katsayısı) aralığında sıcaklık artarken yumuşama hız katsayısıda sürekli arttığı görülmektedir. 60^{o}C'deki sabit sıcaklıkta normal, %50 ve %100 genlikte ultrason uygulamasındaki k_F değerleri sırasıyla $12.43x10^{-4}$, $16.19x10^{-4}$ ve $18.07x10^{-4}$ şeklinde artmıştır. Yumuşama hız katsayısını bütün parametrelerde

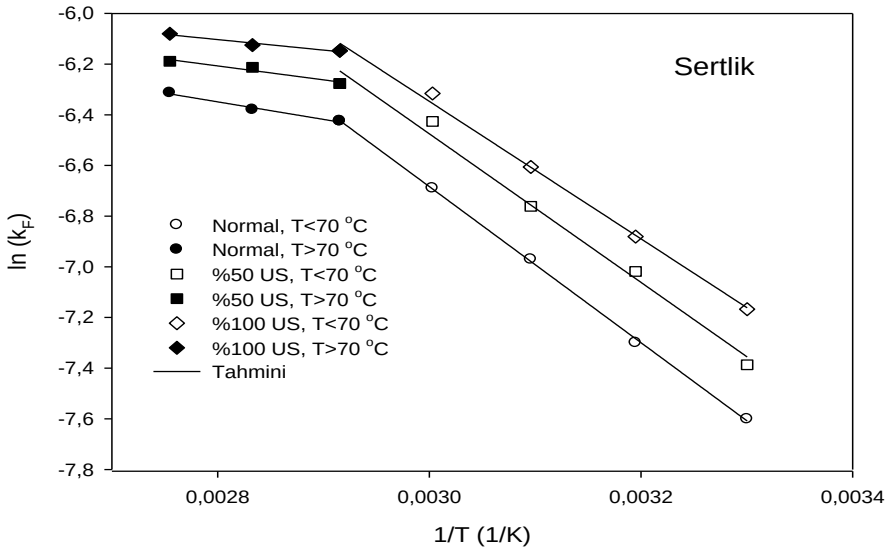
benzer şekilde arttırmıştır. En çok artış 90^{o}C'de ve %100 genlikte ultrason uygulamasında olmuştur.

Yıldırım ve ark. (2013), nohutta yaptığı çalışmada sıcaklık artışı (20-97 ^{o}C) k_F değerinde artışa neden olmuştur. 25 kHz 100 W ve 25 kHz 300 W'lık, ultrasonik ses dalgaları uygulamaları nohudun yapısını yumuşatmıştır.

Çizelge 4.25 F_e (doygunluk tekstür değerleri) normal ıslatmada sıcaklık 30-90^{o}C'ye artarken F_e değeri 375.37(±0.14) g'dan 119.10(±1.54) g'a inmiştir. %50 genlikte ultrasonlu ıslatmada sıcaklık 30-90^{o}C aralığında artarken F_e değeri 365.20±1.65 g'dan 101.98(±1.61) g'a kadar azalmıştır. %100 genlikte ultrasonlu ıslatmada sıcaklık 30-90^{o}C'ye artarken F_e değeri 292.49(±2.18) g'dan 87.88(±0.71) g'a kadar düşmüştür. Sıcaklık artışı Fe değerini azaltmıştır. 80^{o}C'deki sabit sıcaklıkta normal, %50 ve %100 genlikte ultrasonlu ıslatma/pişirme esnasındaki F_e değerleri sırasıyla 144.29(±2.04) g, 118.35(±2.21) g ve 102.22(±1.42) g şeklinde azalmıştır. Bu değer %100 ultrason uygulamasında en çok azalma görülmüştür. Bu da börülceye %100 genlikte ultrason uygulamasıyla daha hızlı bir yumuşama olduğunu göstermektedir.

Yıldırım (2011), nohutta sıcaklık 20-97^{o}C'ye artarken F_e değeri bu aralıkta azalmıştır. Ayrıca 25 kHz'lik 100 W ve 300 W'lık ultrason uygulamasında ise F_e değerini azaltmıştır.

Şekil 4.22'de 1/T (1/K)'nın 0.0029 olduğu noktada doğrunun eğimi değişmiş ve bu noktada kırılma gözlenmiştir. Bu nokta börülcenin yumaşama hız katsayısını vermekte ve ln(k_F) değerleri incelendiğinde börülcenin k_F sıcaklığı 69 ^{o}C tekabül ettiği görülmektedir. Hem Fick modeli hem de Tekstür modeli ile bulunan börülce nişastasının çirişlenme (gelatizasyon) sıcaklığı aynı çıkmışıtır.



Şekil 4.22. Börülcenin normal, %50 ultrason ve %100 ultrason uygulamasıyla Tekstür modeli için Arhennus yaklaşımının regrasyonu

Çizelge 4.26 ve Şekil 4.22'de Tekstür modeli için Arhenius eşitliği 70°C'nin altında (30,40 50, 60, 70, 80 ve 90 °C) ve üstündeki sıcaklık normal, %50 ve %100 ultrason uygulaması sırasında farklı aktivasyon enerjisi değerleri elde edilmiştir. Normal ıslatma/pişirme T<70°C sıcaklıklarda $\ln(k_F)$=2.56-080.71(1/T), T≥70°C sıcaklıklarda $\ln(k_F)$=-4.41-692.52(1/T); %50 ultrasonlu ıslatma/pişirme T<70°C sıcaklıklarda $\ln(k_F)$=2.32-932.54(1/T), T≥70°C sıcaklıklarda $\ln(k_F)$=-4.67-549.47(1/T); %100 ultrasonlu ıslatma/pişirmede ise T<70°C sıcaklıklarda $\ln(k_F)$=1.79-712.78(1/T), T≥70°C sıcaklıklarda $\ln(k_F)$=-4.94-415.29(1/T) bağıntıları elde edilmiştir. Çizelge 4.26'da normal ıslatma/pişirme esnasında T<70°C sıcaklıklarda E_a (kJ mol^{-1}) (aktivasyon enerjisi) değeri 25.61(±0.18), T≥70 °C sıcaklıklarda E_a (kJ mol^{-1}) değeri 5.76(±0.12); %50 ultrasonlu ıslatma/pişirmede T<70°C sıcaklıklarda E_a (kJ mol^{-1}) değeri 24.38(±0.34), T≥70°C sıcaklıklarda E_a ($kJmol^{-1}$) değeri 4.57(±0.22); %100 ultrasonlu ıslatma/pişirmede T<70°C sıcaklıklarda E_a(kJ mol^{-1}) değeri 22.55(±0.39), T≥70°C sıcaklıklarda E_a($kJmol^{-1}$) değeri 3.45(±0.14) verileri elde edilmiştir. Burada ultrason uygulamanın normal ıslatmaya oranla T≥70 °C sıcaklıklarda aktivasyon enerjisini daha düşük olduğu görülmetedir. Aktivasyon enerjisi sırasıyla en düşükten yükseğe doğru %100, %50

ve normal ıslatma/pişirme takip etmektedir. Buda Börülce yapısında en hızlı yumuşamanın, T≥70^{o}C ve %100 ultrason uygulanmasında daha düşük bir aktivasyon enerjisiyle olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.26. Islatma esnasında Ultrasonsuz ve ultrason uygulanmış börülcelerin Arhennus yaklaşımı ile Aktivasyon enerjisi özellikleri ve parametreleri

Ön İşlem	T (^{o}C)	Eşitlik	R^2	E_a (kJmol^{-1})
Normal	30	ln (k_F)=2.56-080.71(1/T)	0.9995	25.61^{3}±0.18
	40	for T<70 C		
	50			
	60			
	70	ln(k_F)=-4.41-692.52(1/T)	0.9829	5.76^{3}±0.12
	80	for T ≥70 C		
	90			
%50 US	30	ln(k_F)= 2.32-932.54(1/T)	0.9906	24.38^{2}±0.34
	40	for T<70 C		
	50			
	60			
	70	ln(k_F)=-4.67-549.47(1/T)	0.9430	4.57^{2}±0.22
	80	for T ≥70 C		
	90			
%100 US	30	ln(k_F)=1.79-712.78(1/T)	0.9964	22.55^{1}±0.39
	40	for T<70 C		
	50			
	60			
	70	ln(k_F)=-4.94-415.29(1/T)	0.9571	3.45^{1}±0.14
	80	for T ≥70 C		
	90			

Çizelgede aynı sütunda farklı harfle gösterilen değerler (1-3ultrason) arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemlidir.

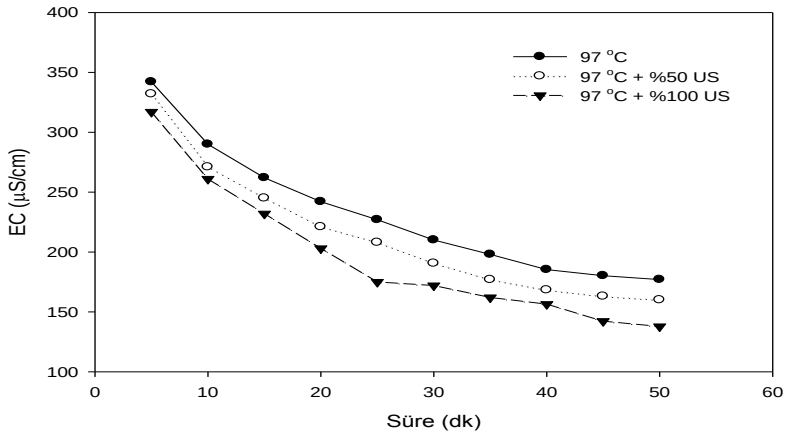
Şekil 4.22'de T≥70 ^{o}C için yumuşama hız katsayısının en hızlı %100 ultrasonlu ıslatma/pişirme olduğu bunu sırasıyla %50 ultrason ve normal ıslatma/pişirme takip etmektedir.

Gowen ve ark. (2007), soyulmuş nohudun su absorsiyonu ve tekstür kinetiği üzerine yüksek sıcaklığın etkisini araştırmışlar. 100^{o}C sıcaklık üzerinde ve 1.5 dakika sürede soyulmuş nohutların hidrasyon ve tekstür özelliklerinde önemli değişiklikler gözlenmiştir. Yıldırım ve ark. (2013) yaptıkları bir çalışmada nohutta ıslatma/pişirme uygulamış ve süre, sıcaklık ve ultrason gücünün textürel özelliklerine

anlamlı etkilediğini bulmuşlardır. Ultrasonik ıslatmanın ürünlerin yapısını yumuşatmasını hızlandırdığını ve pişme süresini azalttığını tespit etmişlerdir.

4.11. Ultrasonun Börülcenin Pişme Derecesi Üzerine Etkisi

Börülcenin pişme derecesi (süresi) için elektrik iletkenliği (Yıldırım, 2011) ve Tekstür metodları kullanılarak 97^{o}C'de börülcelere ultrason uygulamadan ve ultrason uygulanarak pişirmede çizelge 4.27 ve şekil 4.23'teki ilişkiler elde edilmiştir. Çizelge 4.27'de elektrik iletkenliğinin (EC) tekabül ettiği yüzde pişme değerini bulmak için Şekil 3.1'deki standart pişme grafiğinden yararlanılmıştır. Bu grafikten elde edilen Eş.3.11'de EC değerleri yazılarak yüzde kaç pişmenin olduğu sayısal değerleri vermektedir. Burda 97^{o}C'de normal, 97^{o}C'de %50 ultrason ve 97^{o}C'de %100 ultrasonlu pişme derecesi (süresini) bulmak için çizelge 4.27'de elektrik iletkenliğinin yüzde yüz olduğu aralıktaki dakikada pişme gerçekleştiğini gösterir. Çizelge 4.27. incelendiğinde börülcenin pişme süresi, normal pişirme için 50 dk, %50 ultrasonluda pişirme için 35 dk ve %100 ultrasonlu pişirme de ise bu sürenin 24.5 dk'ya karşılık geldiği görülmektedir. Börülcelere %100 ultrasonlu pişirme uygulanan börülcelerin normal pişirmeye oranla yaklaşık iki katı kadar az bir sürede piştiği anlaşılmaktadır. Börülcelere ultrasonlu pişirme uygulama daha kısa bir zamanda yapılması zaman tasarrufu açısından ve pişirme işlemeni kolaylaştırması açısından daha avantajlı olduğu görülmektedir. Börülcelere normal ve ultrasonlu pişirmenin Şekil 4.23'te grafiksel olarak gösterilen veriler incelendiğinde de en uzun süre pişmenin normal pişmede olduğu, bunu ortalama bir süre ile %50 ultrasonlu pişirme takip ederken en kısa sürede pişmenin ise %100 genlikteki ultrasonlu pişirmede olduğu grafik eğimlerinden anlaşılmaktadır.



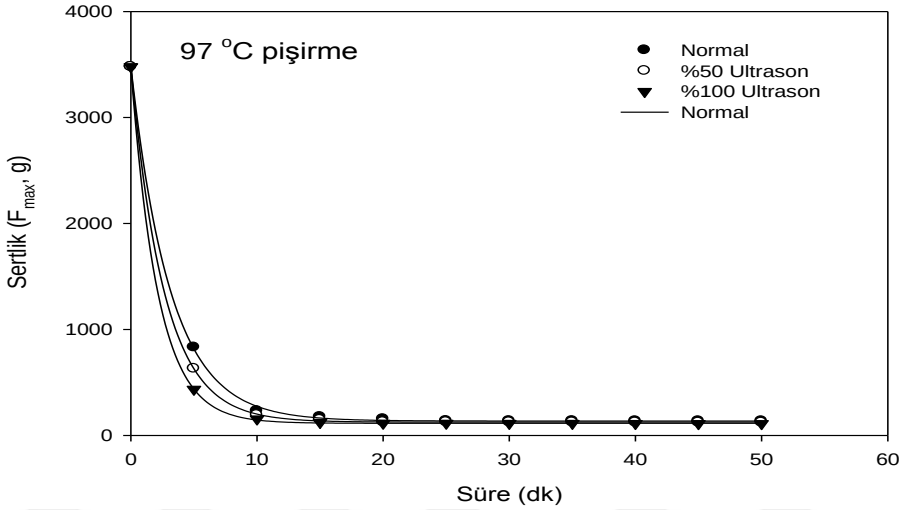
Şekil 4.23. Normal, % 50 US ve % 100 US pişirme EC' ye karşı sürelerinin grafiksel gösterimi

Çizelge 4.27. Börülcenin 97 °C sıcaklıkta normal, % 50 US ve % 100 US önişlemle % pişme dereceleri, Elektrik iletkenlik (EC, µS/cm) ve pişme süresi ilişkisi

	97 °C		**97 °C + %50 US**		**97 °C + %100 US**	
Süre (dk)	EC(µS/cm)	%Pişme	EC	%Pişme	EC	%Pişme
5	260 (±2.25)	5.62	256(±1.65)	10.27	253(±2.15)	13.76
10	255 (±1.06)	11.44	248(±2.45)	19.58	241(±1.95)	27.72
15	245(±1.25)	23.07	235(±1.85)	34.70	228(±1.35)	42.84
20	242(±0.70)	26.55	221(±0.95)	50.98	203(±1.55)	71.91
25	227(±1.75)	44.00	208(±2.05)	66.10	176(±0.95)	103.31
30	210(±1.90)	63.77	185.6(±3.15)	92.15	172(±1.25)	107.96
35	198(±3.05)	77.73	178.8(±1.75)	100.06	162(±2.85)	119.59
40	185.3(±2.75)	92.50	169.3(±0.95)	111.10	156.4(±1.77)	126.11
45	180.2(±1.93)	98.43	165(±1.25)	116.11	150.2(±0.84)	133.32
50	178(±1.35)	100.99	164(±1.05)	117.27	149.8(±0.96)	133.78

Şekil 4.24'te 97 °C'de börülcenin normal pişirme, %50 ultrason ve %100 ultrasonlu pişirme için deneysel ve model tekstür değerleri ilişkisini göstermektedir. Çizelge 4.28'de tekstürel değerleriyle pişme derecesini (süre) bulmak için $F_t=Fe+(Fo-Fe)*\exp(-k_F*t)$ yararlanılarak k_F (yumuşama hız katsayısı), F_e (doygunluk tekstür değeri) ve F_{max} değerleri verilmiştir. Yumuşama hız katsayısı normal, %50 ultrason ve %100 ultrasonlu pişirmede sırasıyla 0.0053 s^{-1}, 0.0063 s^{-1} ve 0.0078 s^{-1} verileri elde edilmiştir. Börülceleri %100 ultrasonlu pişirme yumuşama hız katsayısının en yüksek olduğu görülmektedir. F_e değeri ise normal, %50 ve %100

ultrasonlu pişirmede ise sırasıyla 136.19, 125.42 ve 114.59 dir. Doygun tekstür değerinin (F_e) F_t eşit olduğu sürede %100 pişirme gerçekleşmektedir. Çizelge 4.28 incelendiğinde F_t değerinin normal pişirmede 49 dk'ya, %50 ultrasonlu pişirmede 33dk'ya ve %100 ultrasonlu pişirmde ise 25 dakikadaki pişme süresine takabül etmektedir. Ayrıca R^2 değeri 0.9999 olmasıda sonuçların güvenilirliğini göstermektedir.



Şekil 4.24. Börülcenin 97°C sıcaklıkta farklı önişlem (normal, %50 ve %100 ultrason) pişmesırasında deneysel ve tahmini (Tekstür modeli)sertlik (F_{max}, g) değerleri değişimi

Şekil 4.24. incelediğinde en düşük F_{max} (sertliğin) %100 genlikte ultrasonlu pişirme iken bunu sırasıyla %50 ve normal pişirme takip etmektedir. Buda en hızlı pişirmenin %100 genlikte ultrasonlu pişirme olduğu grafik eğimlerinden anlaşılmaktadır.

Börülcenin pişme derecesi (süresi) için elektrik iletkenliği (Yıldırım, 2011) ve Tekstür metodları kullanılarak bulunan sürelerin arasında çok az bir fark olması yine yaptığımız işlemlerin sonuçlarının güvenilirliğini teğit etmektedir. Pirinçte ıslatma/pişirme suyuna ultrason uygulanmış ve ıslatma/pişirme süresini %70 oranında azaldığı rapor edilmiştir (Wambura ve ark.,2008). Farklı güçteki ultrason uygulaması nohutta ıslatma/pişirme süresini azaltmıştır (Yıldırım ve ark., 2011).

Çizelge 4.28. Börülcenin 97 ^{o}C ultrasonsuz, %50 Ultrason ve %100 ultrason pişirmede Tekstür modelinin parametre ve istatistiksel değerleri

İşlem	$k_F x10^4$, s^{-1} ($SSx10^4$, s^{-1})*	F_e (g)	R^2	RMSE	X^2	Pişme süresi (dk)
Normal	53.00^{a} ±0.03	136.19^{c} ±0.18	0.9998	0.005	0.00008	49
%50 US	63.00^{b}±0.02	125.42^{b}±1.25	0.9999	0.003	0.00003	33
%100 US	78.00^{c}±0.05	114.59^{a}±1.22	0.9999	0.004	0.00002	25

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Günümüzde gıda ürünlerinin kalitesinin arttırılması amacıyla minimum ürün işleme tekniklerine verilen önem giderek artmaktadır. Bunu temel nedeni ise gıdaların kalite özelliklerini artırmanın yanın sıra gıda ürünlerinin sahip olduğu tat, koku, besin değeri ve işleme sırasındaki bazı kolaylıklar sağlamak gibi önemli özelliklerini korumaya yönelik olarak ortaya çıkan ihtiyaçların tüketici açısından karşılanmasının gerekliliğidir. Bu amaçla günümüzde ürün işleme ile ilgili olarak değişik yöntemler üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Ultrasonik gıda uygulamaları diğer metotlarla kıyaslandığında daha avantajlıdır.

Bilimsel açıdan sonuçlar dikkate alındığında börülceye ultrasonlu ıslatma/pişirme uygulandığında birçok yararlı veriler elde edilmiştir. Börülceye önceden 1 gün kadar ıslatma gibi sorunlar ultrasonlu ıslatmayla çok daha kısa bir zaman dilimine indirgenmiştir.

Börülce boyutlarda L(uzunluk), W(genişlik), T(kalınlık), De(eşdeğer çap), V(hacim) ve ϕ (küreselliği) süre ve sıcaklığın etkisiyle %100 genlikte ultrason uygulaması ile en çok artış olmuştur. Bu artışı %50 genlikte ultrason takip etmektedir.

Normal, %50 ve %100 genlikte börülce tane ve su kısmında L* renk değeri azalma görülmüştür. Börülce tanesinde a* ve b* renk değeri azalırken su kısmında ise a* ve b* renk değerinde artış olmuştur. Buda renk pigmentlerinin hızla taneden suya geçtiğini göstermektedir. Börülce tane ve su kısmındaki L*, a*, b* renk değerlerinde değişkenlik en çok %100 genlik ultrason uygulamasında olmuştur.

Börülcenin ıslatma/pişirme sırasında süre, sıcaklık, ultrason ve ultrason genliğinin etkisiyle TDS, brix, elektrik iletkenkliği, bulanıklık (absorbans) ve pH parametreleri anlamlı bir şekilde artış sağlamıştır.

Fick modelinin ıslatma/ pişirme süresinin bir fonksiyonu olarak kullanılmasıyla deneysel verilerin en iyi şekilde uyuşmasına karşılık geldiğini tüm sıcaklık ve işlemler için modelin uygunluğunu belirleyen R^2, RMSE ve X^2 değerlerini sırasıyla 0.9924 ila 0.9991, 0.07 ila 0.01 ve 0.0062 ila 0.0001 arasında çıkması nedeniyle çok tatmin edici olmuştur.

Tüm sıcaklık ve işlemler için tekstür modelinin uygunluğunu belirleyen R^2, RMSE ve X^2 değerlerini sırasıyla 0.9978 ila 0.9999, 0.067 ila 0.006 ve 0.0062 ila 0.00004 arasında çıkması bu modelin uygun olduğunu göstermektedir.

Sıcaklık, ultrason ve ultrason genliği uygulaması börülcenin doygunluk nem miktarı, yumuşama hız katsayısı (k_F) ve D_{eff} değerinde artışa neden olurken, doygunluk tekstür (kuvvet) değerini (Fe) azaltmıştır. Doygunluk nem miktarı ve difüzyon katayısında en çok artış %100 genlikte ultrason uygulamasında olmuştur. Ultrason uygulaması D_{eff} ve k_F değerlerinde artış sağlamış, buda börülcenin çok kısa bir sürede yumuşamasını sağlamıştır.

Nem difüzyonu ve tekstür modelleriyle bulunan aktivasyon enerjisi değerleri en düşük (tekstür modeli: 3.45 kJ mol-1 ve nem difüzyonyon modeli: 4.28 kJ mol-1) sıcaklığın $\geq 70^oC$'deki %100 genlikte ultrason uygulamasında olduğu gözlemlenmiştir. İki model için bulunan aktivasyon enerjisi değerleri sırasıyla en düşükten yükseğe doğru %100 genlikte ultrason, %50 genlikte ultrason ve normal ıslatma/pişirme olarak bulunmuştur.

Nem difüzyonu ve textür modellerinin Arhenius eşitliğine uyarlanmasıyla bulunan börülcenin jelatinizasyon sıcaklığı 69˚C olarak bulunmuştur.

Börülceye atmosferik şartlarda 97˚C sıcaklıkta normal pişirme ve 40 kHz 200 W (%50 ve %100 Genlik) ultrasonik pişirme uygulanarak her iki yöntemle (Elektrik iletkenlik ve textür modeli) pişme süresi sırasıyla 50, 34 ve 25 dakika olarak tespit edilmiştir. Normal pişirmeye oranla %100 genlikte ultrasonla pişirme zamanını yarısı kadar bir sürede pişme gerçekleşmiştir.

İncelenen bütün veriler sonucunda börülceye ultrason uygulaması ile harcanan zaman tasarruf edilmekle birlikte istenmeyen metabolik ürünlerin (gaz oluşturan oligosakkaritler ve fitik asit gibi) suya geçmesiyle vücuda sağlığına olumlu yönden etkilemiş olduğunu düşünmekteyiz. Buda börülce gibi bakliyatların daha çok tüketilmesine olanak sağlamaktadır.

Ultrason uygulaması ile börülcede renk, tat, koku, tekstürde istenen özellikte olması, önceden ıslatma ve pişirme esnasında istenen zaman tasaruffu açısından çok önemli olmasına karşın, ultrason aparatın mevcut şartalardaki yatırım masraflarının yüksek olması bu alandaki kullanımını kısıtlamaktadır. Bu hususta endüstriyel çapta daha çok çalışmanın yürütülmesi gerekmektedir. Ayrıca bu çalışma bakliyatlarla ilgili ultrason uygulamalarının enerji maliyetleri açısından da ele alınacak ilerideki çalışmalara katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

ADEBOWALE, Y.A., ADEYEMİ, I. A., and OSHODİ, A. A., 2005. Functional and physicochemical properties of flours of six *Mucuna* species. African Journal of Biotechnology Vol. 4 (12), pp. 1461-1468.

AGHKHANİ, M. H., ASHTİANİ, S. H., MOTİE, J. B., and ABBASPOUR- FARD, M.H., 2012. Physical properties of Christmas Lima bean at different moisture content. Int. Agrophys: 26, 341-346.

ALADJADJIYAN, A., 2011. Ultrasonıc Stımulatıon Of The Development Of Lentıls and Wheat Seedlıngs. Romanıan J. Bıophys., 21(3): 179–187.

ANDERSON, O.L., 1965. In: Mason, W.P. (Ed.), Physical Acoustics, III. Academic Press, New York, pp. 43–97, Part B.

ANONİM, 2011. Kuru Bakliyatlar ve Tahıl Tanelerinde Kalibrasyon 541GI0032 Kodlu Modülü. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara**.**

ANONYMOUS, 2002a. International Association For Cereal Science and Technology. ICC Standard No:110/1, Printed By ICC- Vienna, Edition 2002.

ANONYMOUS, 2002b. International Association For Cereal Science and Technology. ICC-Standard No:104/1, Printed By ICC- Vienna, Edition 2002.

ANONYMOUS, 2002c. International Association For Cereal Science and Technology. ICC-Standard No:105/2, Printed By ICC- Vienna, Edition 2002.

ANONYMOUS, 2010d. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. AACC Method No: 30-25.01 Approved Methods of Analyses 11th Edition, The Association: St. Paul, MN.

ANONYMOUS, 2010e. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. AACC Method No:32-10.01 Approved Methods of Analyses 11th Edition, The Association: St. Paul, MN.

AOAC, 2000. Official methods of analysis of AOAC international Association of Official Analytical Chemists (AOAC) International (17th ed.). Gaithersburg, MD, USA.

BAKSHİ, A. S., and SİNGH, R. P., 1980. Kinetics of water diffusion and starch gelatinization during rice parboiling. Journal of Food Science, 45:1387-1392.

BAL, S., and MİSHRA, H. N., 1988. Engineering properties of soybean, Proceedings of the National Seminar on Soybean Processing and Utilization in India, 146-165.

BARREIRO, J. A., MILANO, M., and SANDOVAL, A.J., 1997. Kinetics of colour change of double concentrated tomato paste during thermal treatment. J. Food Eng. 33: 359-371.

BARYEH E. A., 2002. Physical properties of millet. J. Food Eng., 51: 39-46.

BAYRAM, M., 2006. Determination of the cooking degree for bulgur production using amylose/iodine, centre cutting and light scattering methods. Food Control, 17: 331–335.

BAYRAM, M., KAYA, A., and ÖNER, M.D., 2004. Water absorption, leaching and color changes durıng the soaking for production of soy-bulgur. Journal of Food Process Engineering. 27 (2): 119-141.

BAYRAM, M., KAYA, A., and ÖNER, M. D., 2004a. Changes in properties of soaking water during production of soy-bulgur. Journal of Food Engineering, 61(2): 221–230.

BAYRAM, M., ÖNER, M. D., and KAYA, A., 2004b. Influence of soaking on the dimensions and colour of soybean for bulgur production. Journal of Food Engineering, 61 (3): 331-339.

BENİNGER, C. W., HOSFİELD, G.L., and NAİR, M.G., 1998. Flavonol glycosides from a new manteca-type dry bean (Phaseolus vulgaris L.). J. Agric. Food Chem, 46: 2906-2910.

BENEDİTO, J., CARCEL, J. A., SANJUAN, N., and MULET, A., 2000. Use of Ultrasound to Assess Cheddar Cheese Characteristics. Ultrasonics, 38: 727-730.

BİSHNOİ, S., and KHETARPAUL, N., 1993. Variability in physico-chemical properties and nutrient composition of different pea cultivars. Food Chemistry, 47: 371–373.

CABRERA, E., PİNEDA, J. C., SEGURAJAUREGEUİ, J. S., and VERNON, E. J., 1984. Kinetics of water diffusion and starch gelatinization during corn nixtamalization. In Engineering and Food. Vol 1. Engineering Sciences in the Food Industry, 117-125.

CERTEL, M., ERTUGAY, Z., 1992. Buğdayın bulgura işlenmesi sırasında nişastada meydana gelen fizikokimyasal değişmeler. Gıda teknolojisi derneği (GTI) yayın organı,17(4): 227-234.

CHEMAT, F. and HOARAU, N., 2004. Hazard analysis and critical control point (HACCP) for an ultrasound food processing operation. Ultrason Sonochem, 11: 257–260.

CHEMAT, F., HUMA, Z., KHAN, MK., 2010. Applications of Ultrasound in Food Tecnology: Processing, Preservation and Extraction. Ult Sonoc, 1:323-329.

CRANK, J., 1975. The Mathematics of Diffusion, second ed. Oxford University Press, London.

CUNNİNGHAM, S. E., WAM, M., MAGEE, T. R.A., RİCHARDSON, P.S., 2008. Effect of processing conditions on the water absorption and texture kinetics of potato. J Food Eng 84:214–223.

DESHPANDE, S. D., and OJHA T. P., 1993. Physical properties of soybean. J. Agric. Eng. Res., 56: 89-98.

DESHPANDE, S.D., and BAL, S., 2001. Effect of soaking time and temperature on textural properties of soybean. Journal of Texture Studies 32 (5), p. 343.

DURAN, K., BAHTİYARİ, İ. ve KÖRLÜ, A.E., 2006. Ultrason Teknolojisi. Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi, 3:155-158.

DUTTA, S. K., NEMA V. K. and BHARDWAJ, R. K., 1988. Physical properties of gram, Journal of Agricultural Engineering Research, 39: 259-268.

ENSMİNGER, D., 1988. Acoustic and electroacoustic methods of dewatering and drying. Drying Techn, 6(3): 473-499.

ENGELS, C., HENDRİCKX, M., DE SAMBLANX, S., DE GRYZE, I., and TOBBACK, P., 1986. Modeling water diffusion during long grain rice soaking. Journal of Food Engineering, 5: 55–73.

ESHWARAGE, I. S., HERATH, T., and GUNATHİLAKE, T., 2017. Dietary fibre, resistant starch and in-vitro starch digestibility of selected elevencommonly legumes (mung bean, cowpea, soybean and horse gram) in Sri Lanka. Res J Chem Sci, **7**: 27–33.

FAN, L. T., CHU P. S., and SHELLENBERGER, J. A., 1962. Volume increa-se of

kernels of corn and sorghum accompanying absorption of liquid water. Biotechnol. Bioeng., 4: 311-322.

FERRANTE S., GUERRERO S., and ALZAMORA S. M., 2007. Combined use of ultrasound and natural antimicrobials to inacttivate Listeria monocytogenes in orange juice. J Food Prot, 70: 1850-1856.

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

FLİTSANOV, U., MİZRACH, A., LİBERZON, A., AKERMAN, M., and ZAUBERMAN, G., 2000. Measurement of avocado softening at various temperatures using ultrasound. Postharvest Biology and Technology, 20: 279-286.

FROTA, K. M. G., MENDONCA, S., SALDİVA, P.H. N., CRUZ, RJ., and AREAS, J. A. G.,2008. Cholesterol-lowering properties ofwhole cowpea seed and its protein isolate in hamsters. J Food Sci, 73:235–240.

GARCIA-VIGUERA, C., ZAFRILLA, P., ROMERO, F., ABELLAN,P.,ARTES, F., and TOMAS-BARBERAN, F.A., 1999. Color stability of strawbemy jam as affected by cultivar and storage temperature. J. Food Sci., 64: 243-247.

GHAFOOR, M., MISRA, N., MAHADEVAN, K., and TİMARİ, B, K., 2014. Ultrasound assisted hydration of navy beans (Phaseolus vulgaris). Ultrasonics Sonochemistry, 21: 409–414.

GOWEN, A., ABU-GHANNAM, N., FRIAS, J., and OLIVEIRA, J.,2007. Modelling the water absorption process in chickpeas *(Cicer arietinum L.)*-The effect of blanching pre-treatment on water intake and texture kinetics. Journal of Food Engineering, 78: 810-819.

GÜNAY, A., 1992. Özel Sebze Yetiştiriciliği. Çağ Matbaası, Ankara.

GÜZEL, D., and SAYAR, S., 2012. Effect of cooking methods on selected physicochemical and nutritional properties of barlotto bean, chickpea, faba bean, and white kidney bean. Journal of food science and technology, 49: 89-95.

HAN, H., and BAİK, B. K., 2006. Oligosaccharide Content and Composition of Legumes and Their Reduction by Soaking, Cooking, Ultrasound, and High Hydrostatic Pressure. Cereal Chem, 83(4):428–433.

IBARZ, A., PAGAN, J. and GARZA, S., 1999. Kinetic models for colour changes in pear puree during heating at relatively high temperatures. J. Food Eng. 39: 415-422.

IIDA, Y., TUZİUTİ, T., YASUİ, K., TOWATA, A., and KOZUK,T., 2008. Control of viscosity in starch and polysaccharide solutions with ultrasound after gelatinization. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 9:140–146.

JACKSON, G. M., and VARRİANO-MARSTON, E., 1981. Hard-to-cook phenomenon in beans: effect of accelerated storage on water absorption and cooking time. Journal of Food Science, 46: 799–803.

JAMBRAK, A .R, MASON T.J., PANİWNYK L., and LELAS V., 2007. Ultrasonic effect on pH, electric conductivity,and tissue surface of button mushrooms, Brussels sprouts and cauliflower. Czech J. Food Sci., 25:90–99.

JAMBRAK, A. R., LELAS, V., MASON, T. J., KREŠİC, G. and BADANJAK, M.,

2009. Physical properties of ultrasound treated soy proteins. Journal of Food Engineering 93: 386‑393

JANE, J., KASEMSUWAN, T., CHEN, J. F., and JUİANO, B. O., 1996. Phosphorus in rice and other starches. Cereal Foods World, 41: 827–832.

JAYATHİLAKE, C., VİSVANATHAN, R., DEEN, A., BANGAMUWAGE, R., JAYAWARDANA, B.C., NAMMİC, S., and LİYANAGE, R., 2018. Cowpea: an overview on its nutritional facts and health benefits. Article in Journal of the Science of Food and Agriculture, DOI: 10.1002/jsfa.9074.

JOOD, S., BİSHNOİ, S., and SHARMA, A., 1998. Chemical analysis and physico-chemical properties of chickpea and lentil cultivars. CCS Haryana Agricultural University, Department of Food and Nutrition, IND-Hisar-125004, India.

JOSE, A., ULLOA, K, V., ENRİQUEZ, L., YİNA, B., CONTRERAS, M, P., ROSAS, U., JOSE, C., RAMİREZ, R., BLANCA, E. and ULLOA, R.,2015. Effect of ultrasound treatment on the hydration kinetics and cooking times of dry beans (Phaseolus vulgaris). Journal of Food, 13(4): 588-596.

LEOPOLD A.C., 1983. Volumetric components of seed imbibition. Plant Physiol., 73: 677-680.

KİMBARİS, A. C., SİATİS, N. G., DAFERERA, D. J, TARANTİLİS, P. A., PAPPAS, C. S., and POLİLLİOU, M. G., 2006. Comparison of distillation and ultrasound-assisted exraction methods fort he isolation of sensetive aroma compounds from garlic (Allium sativum). Ult sonoc., 13:54-60.

KON, S., 1979. Effect of soaking temperature on cooking and nutritional quality of beans. Journal of Food Science, 44: 1329-1340.

KNORR, D., ZENKER, M., HEİNZ, V., and UN LEE, D., 2004. Applications and potential of ultrasonics in Food processing. Trends in Food Science & Technology, 15:261–266.

KUBOTA, K., 1979. Study of the rate equation for the soaking and cooking of red bean. Journal of Faculty of Applied and Biological Sciences, 18: 161-169.

MARABİ, A., LİVİNGS, S., JACOBSON, M., and SAGUY, I.S., 2003. Normalized Weibull distribution for modeling rehydration of food particulates. Eur. Food Res. Technol., 217:311-318.

MASKAN, M., 2001. Effect of maturation and processing on water uptake characteristics of wheat. J. Food Eng., 47: 51–57.

MASKAN, A., KAYA, S., and MASKAN, M., 2002. Effect of concentration and drying processes on color change of grape juice and leather "pestil" . J.Food Eng., 54: 75-80.

MATTSON, S., 1946. The cook ability of yellow peas: a colloid-chemical and biochemical study. Acta Agricultura Suecana, 2: 185–231.

MENDES, U. C., RESENDE, O., and ALMEİDA, D. P., 2011. Form, size and volumetric expansion of adzuki beans (*Vigna angularis*) during soaking. Food Sci. Technol., 31: 703-709.

MCCLEMENTS, D. J., 1995. Advances in the application of ultrasound in food analysis and processing. Trends in Food Sci., 6: 293–299.

MİCHAEL, D. W., BUTTRY, D. A., SİTU, I. N., 1990. Interfacial Mass Dedection with Piezoelectric Transducers. J. Science., Vol. 249. N-4972,100-7.

MOHSENİN, N., 1980. Physical properties of plants and animal materials. Gordon and Breach Science Publishers. New York.

MORRİS, H. J., 1963. Cooking qualities of dry beans. Proceedings of the sixth

annual dry bean conference, Los Angeles, CA.
NARASİNGA RAO, B. S., 1995. Bioactive phytochemicals in Indian foods. NFI bull. 16 (1).
NİELSEN, M., and MARTENS, H. J., 1997. Low frequency ultrasonics for texture measurements in cooked carrots (Daucus carota L.). Journal of Food Science, 62:1167-1170.
OLAPADE, A. A., OKAFAR, G. I., OZUMBA, A. U., and OLATUNJİ, O., 2002. Characterization of common Nigerian cowpea (Vigna unguiculata L. Walp.) varieties. Journal of Food Engineering, 55;101-105. P. 179–187.
PERERA, C., and HOOVER, R., 1999. Influence of hydroxypropylation on retrogradation properties of native, defatted and heat- moisture treated potato starches. Food Chemistry, 64: 361–375.
PORTO, C. D., DECORTİ, D., and KİKİC, I., 2010. Flavour compoudes of Lavandula angustifolia to use in food manufacturing: Comparison of three different exraction methods. Food Chem.,112: 1072-1078.
PRODANOV, M., SIERRA, I., and VALVERDE V., C., 2004. Influence of soaking and cooking on the thiamin, riboflavin and niacin contents of legumes. Food Chemistry, 84: 271-277.
RANJBARI, A., KASHANINEJAD, M., AALAMI, M., KHOMEIRI, M., and GHAREKHANI, M., 2013. Effect of Ultrasonıc pre-treatment on water absorptıon characterıstıcs of chıckpeas (*Cicer arietinum*). Latin American Applied Research, 43:153-159.
RESİO, A .C., Aguerre, R. J., and Constatino, S., 2006. Hydration kinetics of amaranth grain. J. Food Eng., 72: 247- 253.
QUİN, F. M., 1997. Advances in cowpea research. Introduction. P. İx-xv. In: B.B.
SABAPATHY, N. D., 2005. Heat and mass transfer during cooking of chickpeameasurements and computational simulation. Master Science Thesis, University of Saskatchewan, Saskatchewan, Canada.
SALLEH-MACK S.Z., ROBERTS J.S., 2007. Ultrasound pasterurization: the effects of tempreture, soluble solidss, orcanic acids and pH on the inactivation of Escherichia coli. Ult. Sonoc., 14: 323-329.
SAYAR, S., TURHAN, M., and KÖKSEL, H., 2016. Expansion in chickpea (*Cicer arietinum L.*) seed during soaking and cooking. Int. Agrophys., 30: 75-81.
SEFA-DEDEH, S., and YİADOM-FARKYE, N. A., 1988. Some functional characteristics of cowpea (*Vigna unguiculata*), bambara beans (*Voandzeia subterranea*) and their products. Canadian Institute Food Sci. Technol. J., 21: 266-270.
SİMAL, S., BENEDİTO, J., CLEMENTE, G., FEMENİA, A., and ROSSELLO, C., 2003. Ultrasonic determination of the composition of a meat-based product. Journal of Food Engineering, 58: 253-257.
SİNGH, I., BADAYA, S. N., and TİKKA, S. B.S., 2006. Combining ability for yield over environments in cowpea (Vigna unguiculata L. Walp). Indian Journal Crop Science, 1(1-2); 205-206.
SOMİARİ, R. J., and BALOGH, E., 1993. Effects of soaking, cooking, and crude α-galactosidase content of cowpea flours. Journal of Food Science, 61: 339–343.
SYNDER, H. E., and KWON, T. W., 1987. Soybean utilization. New York: Van NostrandReinhold Company Press, pp. 31–70, 163–178, 243–289.

TAVMAN, Ş., KUMCUOĞLU, S., ve AKKAYA Z., 2009. Bitkisel ürünlerin atıklarından antioksidan maddelerin ultrason destekli ekstraksiyonu. Gıda, 34(3): 175-182.

TİMOTHY, G., and LEİGHTON., 2007. What is ultrasound. Progress in Biophysics and Molecular Biology, 93: 3–83.

TURHAN, M., and GUNASEKARAN, S., 2001. Kinetics of in situ and vitro gelatinization of hard and soft wheat starches during cooking in water. Journal of Food Engineering, 52 (1):1-7.

ÜNLÜ, H., ve PADEM, H., 2005. Börülce (*Vigna unguiculata (L.) Walp.)* Çeşitlerinde Farklı Ekim Zamanlarının Sulu ve Kurak Koşullarda Verim ve Kalite Özelliklerine Etkisi. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9-3.

VALERO, M., RECROSİON, N., SAURA, D., MONOZ, N., MARTI, N., and LİZAMA, V., 2007. Effects of ultrasonic treatments in orange juice processing. J Food Eng, 80, 509-516.

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.

VİNDİOL, O. L., SEİB, P. A., and HOSENEY, RC., 1986. Accelerated development of the hard-to-cook state in beans. Cereal Foods World, 31:538–552.

WAMBURA, P., YANG, W., and WANG, Y., 2008. Power Ultrasound Enhanced One-Step Soaking and Gelatinization for Rough Rice Parboiling. International Journal of Food Engineering, Volume 4, Issue 4.

WANG, H. L., SWAİN, E. W., HESSELTİNE, C. W., and HEATH, H. D., 1979. Hydration of whole soybeans affects solids losses and cooking quality. Journal of Food Science, 44: 1510‑1513.

WANG, N., DAUN, K. J., and MALCOLMSON, J. L., 2003. Relationship between physicochemical and cooking properties, and effects of cooking on antinutrients, of yellow field peas (Pisum sativum). Journal of the Science of Food and Agriculture, 83: 1228–1237.

WANG, L., and WANG,Y. J., 2003. Rice Starch Isolation by Neutra l Protease and High-Intensity Ultrasound1. AAES Research Series 517.

WANG, L., and WANG, Y. C., 2004. Application of High Intensity Ultrasound and Surfactants in Rice Starch Isolation. Cereal chemistry, 81: 140-144.

WİLLİAMS, P. C., NAKOUL, H., and SİNGH, K. B., 1983. Relation ship between cooking time and some physical characteristics in chick peas (*Cicer arietinum L.).* Journal of the Science of Food and Agriculture, 492–496.

WU, H., HULBERT , G.J., and MOUNT, J. R., 2001. Effects of ultrasound on milk homogenization and fermentation with yogurt starter. Inno Food Sci Emerg Techno, 1: 211-222.

WU, J., GAMAGE, T. V., VİLKHU, K.S., SİMONS, L.K., and MAWSON, R.,2008. Effect of thermosonication on quality improvement of tomato juice. Inno Food Sci Emerg Tec, 9:186-195.

YALÇIN, İ., ÖZARSLAN C., and AKBAŞ, T., 2007. Physical properties of pea (*Pisum sativum)* seed.Journal of Food Engineering, 79 (2):731-735.

YILDIRIM, A., and ÖNER, D, M., 2015. Electrical Conductivity, Water Absorption, Leaching, and Color Change of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) during Soaking with Ultrasound Treatment. International Journal of Food Properties, 18: 1359–1372.

YILDIRIM , A., ÖNER, M. D., and BAYRAM, M., 2013. Effect of soaking and ultrasound treatments on texture of chickpea. J Food Sci Technol, 50 (3):455–465.

YILDIRIM, A., 2011. Application of Thermosonication to Improve Soaking and cooking Properties Chickpea. Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Gaziantep.

YILDIRIM, A., BAYRAM, M,. ve ÖNER, D, M., 2011. Fitting Fick's model to analyze water diffusion into chickpeas during soaking with ultrasound treatment. Journal of Food Engineering, 104: 134–142.

YOUSSEF, M. M., 1978. A study of factors affecting the cook ability of faba beans (Vicia faba L). Ph. D.thesis, College of Agricultural University of Alexandria, Alexandria, Egypt.

YÜKSEL,Y., ve ELGÜN,A.,2013. Uygulamanın Tanenin Su Absorbsiyonu Üzerine Etkisi. BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi, Cilt 15(2): 1-14 .

ZBİGNİEW, J., DOLATOWSKİ., STADNİK, J., and STASİAK, D., 2007. Applications of Ultrasound in Food Techology. Sci. Pol., Technol. Aliment. 6(3) :89-99.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı **:** Hacer ÖZTÜRK

Uyruğu **:** T.C.

Doğum Yeri ve Tarihi : Adıyaman/ 01.12.1989

Telefon **:** 05074755867

e-mail **:** hacerozturk002@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	:RekabetKurumuLisesi/ADIYAMAN	2010
Üniversite	:GümüşhaneÜniversitesi/GÜMÜŞHANE	2014
Yüksek Lisans	: Harran Üniversitesi / ŞANLIURFA	2019

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2014	: İstanbul Kadırga Öğrenci Yurdu	Gıda Mühendisi

YABANCI DİL : İngilizce

EKLER

EK 1. Börülcenin ultrasonsuz, %50 ve %100 genlik Ultrason ıslatmanın 30^{o}C sıcaklık ve farklısürelerdeki (0-390 dk)ortalama nem değerleri (%, k.m)

Süre (dk)	30 ^{o}C	30 ^{o}C+ %50 US	30 ^{o}C+ %100 US
0	10.20±0.24	10.20±0.24	10.20±0.24
30	65.37±0.09	78.77±0.09	97.22±0.09
60	85.55±0.12	103.52±0.12	118.30±0.12
90	101.50±0.22	116.92±0.22	127.12±0.22
120	106.66±0.05	121.74±0.05	130.23±0.05
150	111.38±0.06	123.87±0.06	132.18±0.06
180	114.11±0.08	125.99±0.08	133.17±0.08
210	117.04±0.11	128.31±0.11	134.32±0.11
270	121.65±0.12	130.22±0.12	135.42±0.12
330	121.81±0.03	131.46±0.03	136.24±0.03
390	121.91±0.04	132.65±0.04	136.55±0.04

EK 2. Börülcenin ultrasonsuz, %50 ve %100 genlik Ultrason ıslatmanın 40^{o}C sıcaklık ve farklısürelerdeki (0-390 dk)ortalama nem değerleri (%, k.m)

Süre (dk)	40 ^{o}C	40 ^{o}C+ %50 US	40 ^{o}C+ %100 US
0	10.20±0.24	10.20±0.24	10.20±0.24
30	83.19±0.09	99.24±0.09	109.33±0.09
60	104.19±0.12	118.16±0.12	127.41±0.12
90	113.21±0.22	129.53±0.22	136.37±0.22
120	119.55±0.05	133.21±0.05	139.26±0.05
150	123.03±0.06	135.42±0.06	142.32±0.06
180	125.20±0.08	137.46±0.08	143.17±0.08
210	126.12±0.11	136.62±0.11	144.25±0.11
270	128.54±0.12	137.24±0.12	144.56±0.12
330	129.74±0.03	138.28±0.03	144.78±0.03
390	129.87±0.04	138.63±0.04	145.16±0.04

EK 3. Börülcenin ultrasonsuz, %50 ve %100 genlik Ultrason ıslatmanın 50^{o}C sıcaklık ve farklı sürelerdeki (0-390 dk) ortalama nem değerleri (%, k.m)

Time (min)	50 C	50 C US %50	50 C US%100
0	10.20±0.24	10.20±0.24	10.20±0.24
30	101.04±0.09	118.48±0.09	129.42±0.09
60	121.97±0.12	135.05±0.12	145.34±0.12
90	130.08±0.22	142.53±0.22	150.24±0.22
120	132.91±0.05	144.22±0.05	152.16±0.05
150	134.97±0.06	145.44±0.06	153.15±0.06
180	136.91±0.08	146.85±0.08	154.12±0.08
210	137.18±0.11	147.53±0.11	154.75±0.11
270	138.25±0.12	147.94±0.12	155.04±0.12
330	138.73±0.03	148.61±0.03	155.47±0.03
390	139.11±0.04	148.78±0.04	155.78±0.04

EK 4. Börülcenin ultrasonsuz, %50 ve %100 genlik Ultrason ıslatmanın 60 ^{o}C sıcaklık ve farklı sürelerdeki (0-390 dk) ortalama nem değerleri (%, k.m)

Time (min)	60 C	60 C US %50	60 C US %100
0	10.20 ±0.24	10.20 ±0.24	10.20 ±0.24
30	121.36 ±0.09	134.30 ±0.09	148.03 ±0.09
60	131.00 ±0.12	143.78 ±0.12	155.04 ±0.12
90	140.15 ±0.22	151.19 ±0.22	158.02 ±0.22
120	142.95 ±0.05	152.63 ±0.05	162.11 ±0.05
150	143.82 ±0.06	153.10 ±0.06	164.21 ±0.06
180	144.25 ±0.08	154.40 ±0.08	165.31 ±0.08
210	145.21 ±0.11	154.86 ±0.11	167.25 ±0.11
270	146.52 ±0.12	155.70 ±0.12	168.32 ±0.12
330	146.89 ±0.03	156.04 ±0.03	168.58 ±0.03
390	147.17 ±0.04	157.51 ±0.04	168.87 ±0.04

EK 5. Börülcenin ultrasonsuz, %50 ve %100 genlik Ultrason ıslatmanın 70^{o}C sıcaklık ve farklı sürelerdeki (0-390 dk) ortalama nem değerleri (%, k.m)

Time (min)	70 C	70 C US %50	70 C US %100
0	10.20±0.24	10.20±0.24	10.20±0.24
30	136.69±0.09	150.74±0.09	171.21±0.09
60	145.40±0.12	161.18±0.12	178.36±0.12
90	149.11±0.22	165.35±0.22	182.27±0.22
120	151.12±0.05	166.44±0.05	183.41±0.05
150	152.05±0.06	167.22±0.06	184.35±0.06
180	153.20±0.08	167.53±0.08	184.45±0.08
210	153.48±0.11	167.78±0.11	185.23±0.11
270	154.56±0.12	167.97±0.12	185.62±0.12
330	155.04±0.03	168.17±0.03	186.64±0.03
390	155.26±0.04	168.38±0.04	186.65±0.04

EK 6. Börülcenin ultrasonsuz, %50 ve %100 genlik Ultrason ıslatmanın 80 ^{o}C sıcaklık ve farklı sürelerdeki (0-390 dk) ortalama nem değerleri (%, k.m)

Time (min)	80 C	80 C US %50	80 C US%100
0	10.20 ±0.24	10.20 ±0.24	10.20 ±0.24
30	150.92 ±0.09	165.98 ±0.09	184.35 ±0.09
60	162.73 ±0.12	173.83 ±0.12	192.24 ±0.12
90	163.15 ±0.22	176.85 ±0.22	196.32 ±0.22
120	165.75 ±0.05	177.85 ±0.05	197.33 ±0.05
150	166.08 ±0.06	178.67 ±0.06	197.56 ±0.06
180	166.60 ±0.08	178.92 ±0.08	197.78 ±0.08
210	167.45 ±0.11	179.02 ±0.11	198.19 ±0.11
270	168.18 ±0.12	180.64 ±0.12	198.45 ±0.12
330	169.68 ±0.03	181.55 ±0.03	198.75 ±0.03
390	170.09 ±0.04	181.83 ±0.04	198.98 ±0.04

EK 7. Börülcenin ultrasonsuz, %50 ve %100 genlik Ultrason ıslatmanın 90 ^{o}C sıcaklık ve farklı sürelerdeki (0-390 dk) ortalama nem değerleri (%, k.m)

Time (min)	90 C	90 C US %50	90 C US %100
0	10.20 ±0.24	10.20 ±0.24	10.20 ±0.24
30	160.92 ±0.09	173.98 ±0.09	198.21 ±0.09
60	169.73 ±0.12	180.83 ±0.12	205.32 ±0.12
90	172.15 ±0.22	182.86 ±0.22	209.42 ±0.22
120	173.75 ±0.05	183.85 ±0.05	210.18 ±0.05
150	174.08 ±0.06	184.67 ±0.06	210.78 ±0.06
180	175.60 ±0.08	184.92 ±0.08	210.89 ±0.08
210	176.45 ±0.11	185.02 ±0.11	211.28 ±0.11
270	177.18 ±0.12	186.64 ±0.12	211.68 ±0.12
330	177.68 ±0.03	187.55 ±0.03	212.36 ±0.03
390	178.09 ±0.04	187.84 ±0.04	212.65 ±0.04

EK 8. Börülcenin ultrasonsuz, %50 Ultrason ve %100 ultrason ıslatmanın 30 ^{o}C sıcaklık ve farklı sürelerdeki (0-390 dk) su absorbsiyonu sırasındaki tekstür (sertlik) (F_{max} (g)) değerleri

Süre (dk)	30 C	30 C %50 US	30 C %100 US
0	3479.00	3479.00	3479.00
30	1852.16	1428	1025
60	917.75	661	588
90	585.29	431	395
120	455.00	410	315
150	424.80	390	305
180	411.48	380	288
210	406.72	375	275
270	395.13	371	267
330	392.94	370	260
390	391.92	367	254

EK 9. Börülcenin ultrasonsuz, %50 Ultrason ve %100 ultrason ıslatmanın 40 ^{o}C sıcaklık ve farklı sürelerdeki (0-390 dk) su absorbsiyonu sırasındaki tekstür (sertlik) (F_{max} (g)) değerleri

Süre (dk)	40 C	40 C%50 US	40 C %100 US
0	3479.00	3479.00	3479.00
30	1316.00	919	731
60	602.15	322	305
90	428.35	291	245
120	398.392	260	235
150	384.0742	259	225
180	387.0329	258	220
210	365.7074	257	218
270	365.4251	256	217
330	365.4047	255	215
390	365.39	254	214

EK 10. Börülcenin ultrasonsuz, %50 Ultrason ve %100 ultrason ıslatmanın 50 ^{o}C sıcaklık ve farklı sürelerdeki (0-390 dk) su absorbsiyonu sırasındaki tekstür (sertlik) (F_{max} (g)) değerleri

Süre (dk)	50 C	50 C %50 US	50 C %100 US
0	3479.00	3479.00	3479.00
30	899.77	619	462
60	405.00	283	215
90	348.97	223	183
120	330.00	221	180
150	320.00	218	178
180	311.27	216	170
210	308.20	215	169
270	304.20	214	168
330	304.20	213	167
390	303.00	212	166

EK 11. Börülcenin ultrasonsuz, %50 Ultrason ve %100 ultrason ıslatmanın 60 ^{o}C sıcaklık ve farklı sürelerdeki (0-390 dk) su absorbsiyonu sırasındaki tekstür (sertlik) (F_{max} (g)) değerleri

Süre (dk)	60 C	60 C %50 US	60 C %100 US
0	3479.00	3479.00	3479.00
30	625.00	362.00	288
60	305.00	192.00	175
90	285.00	188.00	172
120	284.00	187.00	160
150	283.00	186.00	159
180	282.00	185.65	158
210	281.00	185.15	157
270	280.00	185.03	156
330	279.78	174.00	155
390	279.45	173.89	154

EK 12. Börülcenin ultrasonsuz, %50 Ultrason ve %100 ultrason ıslatmanın 70 ^{o}C sıcaklık ve farklı sürelerdeki (0-390 dk) su absorbsiyonu sırasındaki tekstür (sertlik) (F_{max} (g)) değerleri

Süre (dk)	70 C	70 C (%50 US)	70 C %100 US
0	3479.00	3479.00	3479.00
30	399.00	255.08	201.00
60	228.00	162.77	134.00
90	226.00	158.00	132.00
120	225.78	142.00	131.00
150	225.00	141.00	130.00
180	224.00	140.00	129.00
210	223.00	139.00	128.00
270	222.00	138.78	127.00
330	221.00	138.67	126.00
390	220.00	138.55	125.00

EK 13. Börülcenin ultrasonsuz, %50 Ultrason ve %100 ultrason ıslatmanın 80 ^{o}C sıcaklık ve farklı sürelerdeki (0-390 dk) su absorbsiyonu sırasındaki tekstür (sertlik) (F_{max} (g)) değerleri

Süre (dk)	80 C	80 C (%50 US)	80 C %100 US
0	3479.00	3479.00	3479.00
30	301.50	209	168
60	153.90	125	109
90	147.15	120.67	103
120	146.43	119.87	102
150	146.39	119.45	101.87
180	144.38	117.87	101.67
210	142.38	117.67	101.45
270	142.15	115.89	101.25
330	142.00	115.78	101
390	141.89	115.67	100.25

EK 14. Börülcenin ultrasonsuz, %50 Ultrason ve %100 ultrason ıslatmanın 90 ^{o}C sıcaklık ve farklı sürelerdeki (0-390 dk) su absorbsiyonu sırasındaki tekstür (sertlik) (F_{max} (g)) değerleri

Süre (dk)	90 C	90 C (%50 US)	90 C %100 US
0	3479.00	3479.00	3479.00
30	247.00	185.67	143
60	135.00	108	90
90	120.67	102.67	89
120	119.87	102	88
150	119.45	101.87	87.87
180	117.87	101.67	87.67
210	117.67	101.45	87.56
270	115.89	101.25	87.43
330	115.78	101	87.23
390	115.67	100.25	87.15