

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ULTRASES TEKNOLOJİSİNİN BALIN KALİTESİ ÜZERİNE (HMF, ENZİM)
ETKİSİNİN BELİRLENMESİ VE SANAYİDEKİ GELENEKSEL ISITMA
YÖNTEMLERİNE ALTERNATİF YÖNTEMLERİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa BAYRAKTAR

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2016

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ULTRASES TEKNOLOJİSİNİN BALIN KALİTESİ ÜZERİNE (HMF, ENZİM)
ETKİSİNİN BELİRLENMESİ VE SANAYİDEKİ GELENEKSEL ISITMA
YÖNTEMLERİNE ALTERNATİF YÖNTEMLERİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Mustafa BAYRAKTAR
(506131526)**

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Dilek BOYACIOĞLU

HAZİRAN 2016

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 506131526 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Mustafa BAYRAKTAR**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**ULTRASES TEKNOLOJİSİNİN BALIN KALİTESİ ÜZERİNE (HMF, ENZİM) ETKİSİNİN BELİRLENMESİ VE SANAYİDEKİ GELENEKSEL ISITMA YÖNTEMLERİNE ALTERNATİF YÖNTEMLERİN ARAŞTIRILMASI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Dilek BOYACIOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Meral Kılıç AKYILMAZ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Gamze TOYDEMİR
Okan Üniversitesi

Teslim Tarihi : **02 Mayıs 2016**
Savunma Tarihi : **08 Haziran 2016**

Aileme,

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans tez çalışmam süresince bana zaman ayırarak, yardım ve desteğini esirgemeyen, değerli bilim insanı Prof. Dr. Dilek BOYACIOĞLU'na minnet duygularımı sunarım.

Bu çalışma İstanbul Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi ve SBS Bilimsel Bio Çözümler San. ve Tic. A.Ş.'nin destekleri ile tamamlanmıştır.

Ayrıca projem sırasında desteklerini benden esirgemeyen Gıda Yüksek Mühendisi Aslı Elif Sunay ve Ziraat Mühendisi Taylan Samancı'ya ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Ultrases çalışmalarım konusunda bana zaman ayırarak yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Meral KILIÇ-AKYILMAZ' a teşekkür ederim.

Tüm eğitim hayatım boyunca desteklerini benden esirgemeyen anneme, babama ve ablalarım çok teşekkür ederim.

Haziran 2016

Mustafa Bayraktar
(Gıda Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	ix
KISALTMALAR	xiii
SEMBOLLER	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xxiii
ÖZET.....	xxvii
SUMMARY	xxix
1. GİRİŞ.....	1
2. TANIMLAR VE ARAŞTIRMALAR.....	3
2.1 Bal	3
2.1.1 Tanımı	3
2.1.2 Özellikleri.....	3
2.1.3 Kristalizasyon.....	4
2.1.4 Kalite parametreleri.....	6
2.1.4.1 HMF (5-Hidroksimetilfurfural).....	6
2.1.4.2 Diastaz.....	7
2.1.3.3 İnvertaz (α -glukosidaz)	8
2.2. Ultrases	8
2.2.1 Gıda endüstrisinde ultrases kullanımı	9
2.3 Balın İşlenmesi	10
2.3.1 Balın konvensiyonel prosesi	10
2.3.2 Balın mikrodalga ve yüksek basınç ile prosesi	12
2.3.3 Balın ultrases ile prosesi	13
3. MATERYAL VE METOT	15
3.1 Materyal	15
3.2 Metotlar	15
3.2.1 Ultrases denemeleri.....	15
3.2.1.1 Prob ultrases işleminin uygulanması.....	16
.....	17
3.2.1.2 Ultrases su anyosu işleminin uygulanması	18
3.2.1.3 Su banyosu işleminin uygulanması	18
3.2.2 Analizler.....	18
3.2.2.1 Nem analizi	18
3.2.2.2 HMF analizi	18
3.2.2.3 Diastaz analizi	19
3.2.2.4 İnvertaz analizi	19
3.2.2.5 Renk analizi.....	19
3.2.2.6 Viskozite analizi.....	19
3.2.2.7 Kristal ölçümü.....	19
3.2.3 İstatistiksel analiz	19

4. BULGULAR VE TARTIŞMA	21
4.1 Laboratuvar Ölçekte Prob Ultrases Uygulamaları İle Elde Edilen Sonuçlar ...	21
4.1.2 Uygulanan prosesler sonucu elde edilen sıcaklık ve süre değerleri	21
4.1.2 Uygulanan prosesler sonucu elde edilen nem değerleri	28
4.1.3 Uygulanan prosesler sonucu elde edilen diastaz değerleri	30
4.1.4 Uygulanan prosesler sonucu elde edilen invertaz değerleri	35
4.1.5 Uygulanan prosesler sonucu elde edilen HMF değerleri	39
4.1.6 Uygulanan prosesler sonucu elde edilen renk değerleri	45
4.1.7 Uygulanan prosesler sonucu elde edilen viskozite değerleri	50
4.1.8 Uygulanan prosesler ile kristal miktarı değerlerindeki değişimler	53
4.2 Ultrases Su Banyosu ve Normal Su Banyosu İle Yapılan Çalışma Sonuçları ..	57
*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar $P<0.05$ önem düzeyinde farklı değildir.	59
4.2.2 Uygulanan prosesler sonucu elde edilen nem değerleri	59
4.2.3 Uygulanan prosesler sonucu elde edilen diastaz değerleri	60
4.2.4 Uygulanan prosesler sonucu elde edilen invertaz değerleri	63
4.2.5 Uygulanan prosesler sonucu elde edilen hmf değerleri	64
4.2.6 Uygulanan prosesler sonucu elde edilen renk değerleri	66
4.2.7 Uygulanan Prosesler Sonucu Elde Edilen Viskozite Değerleri	68
4.2.8 Uygulanan prosesler sonucu elde edilen kristal miktarı değerleri	69
4.3 TÜBİTAK MAM Prob Ultrases Çalışmaları	70
4.4 Uygulanan Tüm Proseslerin Birlikte Değerlendirilmesi	70
4.4.2 Nem miktarları	70
4.4.3 Diastaz miktarları	73
4.4.4 İnvertaz miktarları	75
4.4.5 HMF miktarları	76
4.4.6 Renk miktarları	78
4.4.7 Viskozite değerleri	80
4.4.8 Kristal miktarı	82
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	83
KAYNAKLAR	87
EKLER	93
ÖZGEÇMİŞ	115

KISALTMALAR

HMF	: 5-Hidroksimetil furfural
DN	: Diastaz sayısı
DSC	: Diferansiyel Taramalı Kalorimetre

SEMBOLLER

kHz	: Kilohertz
W	: Watt
m²	: Metrekare
sn	: Saniye
ppm	: Milyonda bir
kg	: Kilogram
g	: Gram
cm²	: Santimetrekare
MPa	: Mega paskal
p	: Sigma değeri

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 :Denemelerde kullanılan proses parametreleri	15
Çizelge 4.1: Balların işlem görmeden önceki analiz sonuçları (1. Tekrar)	21
Çizelge 4.2 :Balların işlem görmeden önceki analiz sonuçları (2. Tekrar)	21
Çizelge 4.3 : Prob ultrases prosesleri sonucunda balların ulaştığı maksimum.....	
sıcaklıklar.....	22
Çizelge 4.4 : Bal numunelerinin çözülme süreleri (dk).....	22
Çizelge 4.5 : 1. tekrarda uygulanan prob ultrases prosesleri sonucu balların.....	28
Çizelge 4.6 : 2. tekrarda uygulanan prob ultrases prosesleri sonucu balların.....	28
Çizelge 4.7 : 1. tekrarda uygulanan prosesler sonucu balların diastaz sayıları	30
Çizelge 4.8 : 2. tekrarda uygulanan prosesler sonucu balların diastaz sayıları	31
Çizelge 4.9 : 1. tekrarda uygulanan prosesler sonucu balların invertaz miktarları.....	
U/kg.....	35
Çizelge 4.10 : 2. tekrarda uygulanan prosesler sonucu balların invertaz miktarları.....	
U/kg.....	35
Çizelge 4.11 : 1. tekrarda uygulanan prosesler sonucu balların HMF miktarları.....	
(mg/kg).....	39
Çizelge 4.12 : 2. tekrarda uygulanan prosesler sonucu balların HMF miktarları.....	
mg/kg.....	39
Çizelge 4.13 : 1. tekrarda uygulanan prosesler sonucu balların renk değerleri	45
Çizelge 4.14 : 2. tekrarda uygulanan prosesler sonucu balların renk değerleri	46
Çizelge 4.15 : Uygulanan prosesler sonucu balların viskozite değerleri (cps).....	50
Çizelge 4.16 : Uygulanan prosesler sonucu balların kristal miktarı.....	54
Çizelge 4.17 : 1. tekrarda uygulanan su banyosu prosesleri sonucu balların ulaştığı....	
maksimum sıcaklıklar (°C).....	57
Çizelge 4.18 : 2. tekrarda uygulanan su banyosu prosesleri sonucu balların ulaştığı....	
maksimum sıcaklıklar (°C).....	57
Çizelge 4.19 : 1. tekrarda uygulanan su banyosu prosesleri süreleri (dk)	58
Çizelge 4.20 : 2. tekrarda uygulanan su banyosu prosesleri süreleri (dk)	58
Çizelge 4.21 : 1. tekrarda uygulanan su banyosu prosesleri sonucu balların	59
Çizelge 4.22 : 2. tekrarda uygulanan su banyosu prosesleri sonucu balların	59
sayıları	60
Çizelge 4.24 : 2. tekrarda uygulanan su banyosu prosesleri sonucu balların	61
Çizelge 4.25 : 1. tekrarda uygulanan su banyosu prosesleri sonucu balların	63
Çizelge 4.26 : 2. tekrarda uygulanan su banyosu prosesleri sonucu balların	63
Çizelge 4.27 : 1. tekrarda uygulanan su banyosu prosesleri sonucu balların	64
Çizelge 4.28 : 2. tekrarda uygulanan su banyosu prosesleri sonucu balların	65
Çizelge 4.29 : 1. tekrarda uygulanan su banyosu prosesleri sonucu balların	66
Çizelge 4.30 : 2. tekrarda uygulanan su banyosu prosesleri sonucu balların	66
Çizelge 4.31 : Uygulanan su banyosu prosesleri sonucu balların	68

Çizelge 4.32 : Uygulanan su banyosu prosesleri sonucu balların.....	69
Çizelge 4.33 : TÜBİTAK MAM prob ultrasen deneme sonuçları	70
Çizelge 4.34 : Ballarda sıcaklık üzerine istatistiksel önem düzeyinde ($p<0.05$) etkili parametreler.....	70
Çizelge 4.35 : Balların çözülmesinde süre üzerine istatistiksel önem düzeyinde..... ($p<0.05$) etkili parametreler.....	70
Çizelge 4.36 : Tüm proseslerde elde edilen nem (%) değerleri (1. tekrar).....	71
Çizelge 4.37 : Tüm proseslerde elde edilen nem (%) değerleri (2. tekrar).....	72
Çizelge 4.38 : Tüm proseslerde elde edilen diastaz sayıları (1. tekrar)	73
Çizelge 4.39 : Tüm proseslerde elde edilen diastaz sayıları (2. tekrar)	73
Çizelge 4.40 : 1. tekrarda tüm proseslerde elde edilen invertaz miktarları (U/kg)....	75
Çizelge 4.41 : 2. tekrarda tüm proseslerde elde edilen invertaz miktarları (U/kg)....	76
Çizelge 4.42 : 1. tekrarda tüm proseslerde elde edilen HMF miktarları (mg/kg).....	76
Çizelge 4.43 : 2. tekrarda tüm proseslerde elde edilen HMF miktarları (mg/kg).....	77
Çizelge 4.44 : 1. tekrarda tüm proseslerde elde edilen renk değerleri	78
Çizelge 4.45 : 2. tekrarda tüm proseslerde elde edilen renk değerleri.....	80
Çizelge 4.46 : Tüm proseslerde elde edilen viskozite değerleri (cp).....	81
Çizelge 4.48 : Tüm proseslerde elde edilen kristal miktarı	82
Çizelge A.1 : Narenciye balında prob ultrasen sıcaklık için varyans analizi	94
Çizelge A.2 : Narenciye balında prob ultrasen süre için varyans analizi.....	94
Çizelge A.3 : Geven balında prob ultrasen sıcaklık için varyans analizi	94
Çizelge A.4 : Geven balında prob ultrasen süre için varyans analizi.....	94
Çizelge A.5 : Ayçiçek balında prob ultrasen sıcaklık için varyans analizi	94
Çizelge A.6 : Ayçiçek balında prob ultrasen süre için varyans analizi.....	95
Çizelge A.7 : Pamuk balında prob ultrasen sıcaklık için varyans analizi	95
Çizelge A.8 : Pamuk balında prob ultrasen süre için varyans analizi	95
Çizelge A.9 : Narenciye balında prob ultrasen nem için varyans analizi (1. tekrar) .95	
Çizelge A.10 : Narenciye balında prob ultrasen nem için varyans analizi (2. tekrar) 95	
Çizelge A.11 : Geven balında prob ultrasen nem için varyans analizi (1. tekrar)	96
Çizelge A.12 : Geven balında prob ultrasen nem için varyans analizi (2. tekrar)	96
Çizelge A.13 : Ayçiçek balında prob ultrasen nem için varyans analizi (1. tekrar)...96	
Çizelge A.14 : Ayçiçek balında prob ultrasen nem için varyans analizi (2. tekrar)...96	
Çizelge A.15 : Pamuk balında prob ultrasen nem için varyans analizi (1. tekrar).....96	
Çizelge A.16 : Pamuk balında prob ultrasen nem için varyans analizi (2. tekrar).....97	
Çizelge A.17 : Geven balında prob ultrasen diastaz için varyans analizi (1. tekrar) .97	
Çizelge A.18 : Geven balında prob ultrasen diastaz için varyans analizi (2. tekrar) .97	
Çizelge A.19 : Ayçiçek balında prob ultrasen diastaz için varyans analizi (1. tekrar)	97
Çizelge A.20 : Ayçiçek balında prob ultrasen diastaz için varyans analizi (2. tekrar)	97
Çizelge A.21 : Pamuk balında prob ultrasen diastaz için varyans analizi (1. tekrar).98	
Çizelge A.22 : Pamuk balında prob ultrasen diastaz için varyans analizi (2. tekrar).98	
Çizelge A.23 : Narenciye balında prob ultrasen invertaz için varyans analizi..... (1.tekrar).....	98
Çizelge A.24 : Narenciye balında prob ultrasen invertaz için varyans analizi	98
Çizelge A.25 : Geven balında prob ultrasen invertaz için varyans analizi (1. tekrar)98	
Çizelge A.26 : Geven balında prob ultrasen invertaz için varyans analizi (2. tekrar)99	
Çizelge A.27 : Ayçiçek balında prob ultrasen invertaz için varyans analizi.....99	
Çizelge A.28 : Ayçiçek balında prob ultrasen invertaz için varyans analizi.....99	

Çizelge A.29 : Pamuk balında prob ultrases invertaz için varyans analizi (1. tekrar)...	99
Çizelge A.30 : Pamuk balında prob ultrases invertaz için varyans analizi (2. tekrar)	99
Çizelge A.31 : Narenciye balında prob ultrases HMF için varyans analizi.....	100
Çizelge A.32 : Narenciye balında prob ultrases HMF için varyans analizi (2. tekrar)	100
Çizelge A.33 : Geven balında prob ultrases HMF için varyans analizi (1. tekrar)..	100
Çizelge A.34 : Geven balında prob ultrases HMF için varyans analizi (2. tekrar)..	100
Çizelge A.35 : Ayçiçek balında prob ultrases HMF için varyans analizi (1. tekrar)	100
Çizelge A.36 : Ayçiçek balında prob ultrases HMF için varyans analizi (2. tekrar)....	101
Çizelge A.37 : Pamuk balında prob ultrases HMF için varyans analizi (1. tekrar).	101
Çizelge A.38 : Pamuk balında prob ultrases HMF için varyans analizi (2. tekrar).	101
Çizelge A.39 : Narenciye balında prob ultrases renk için varyans analizi (1. tekrar)	101
Çizelge A.40 : Narenciye balında prob ultrases renk için varyans analizi (2. tekrar)	101
Çizelge A.41 : Geven balında prob ultrases renk için varyans analizi (1. tekrar) ...	102
Çizelge A.42 : Geven balında prob ultrases renk için varyans analizi (2. tekrar) ...	102
Çizelge A.43 : Ayçiçek balında prob ultrases renk için varyans analizi (1. tekrar)	102
Çizelge A.44 : Ayçiçek balında renk için varyans analizi (2. tekrar).....	102
Çizelge A.45 : Pamuk balında prob ultrases renk için varyans analizi (1. tekrar) ..	102
Çizelge A.46 : Pamuk balında prob ultrases renk için varyans analizi (2. tekrar) ..	103
Çizelge A.47 : Narenciye balında prob ultrases viskozite için varyans analizi.....	103
Çizelge A. 48 : Geven balında prob ultrases viskozite için varyans analizi.....	103
Çizelge A.49 : Ayçiçek balında prob ultrases viskozite için varyans analizi.....	103
Çizelge A.50 : Pamuk balında prob ultrases viskozite için varyans analizi	103
Çizelge A.51 : Narenciye balında prob ultrases kristal miktarı için varyans analizi	104
Çizelge A.52 : Geven balında prob ultrases kristal miktarı için varyans analizi....	104
Çizelge A.53 : Ayçiçek balında prob ultrases kristal miktarı için varyans analizi..	104
Çizelge A.54 : Pamuk balında prob ultrases kristal miktarı için varyans analizi....	104
Çizelge A.55 : Narenciye balında prob ultrases viskozite için varyans analizi.....	104
Çizelge A.56 : Su banyoları bal numunelerinde sıcaklık varyans analizi	105
Çizelge A.57 : Su banyoları bal numunelerinde süre varyans analizi	105
Çizelge A.58 : Su banyoları bal numunelerinde nem varyans analizi (1. tekrar)	105
Çizelge A.59 : Su banyoları bal numunelerinde nem varyans analizi (2. tekrar)....	105
Çizelge A.60 : Su banyoları bal numunelerinde diastaz varyans analizi (1. tekrar)	105
Çizelge A.61 : Su banyoları bal numunelerinde diastaz varyans analizi (2. tekrar)	105
Çizelge A.62 : Su banyoları bal numunelerinde invertaz varyans analizi (1. tekrar)....	105
Çizelge A.63 : Su banyoları bal numunelerinde invertaz varyans analizi (2. tekrar)..	105
Çizelge A.64 : Su banyoları bal numunelerinde HMF varyans analizi (1. tekrar)..	105
Çizelge A.64 : Su banyoları bal numunelerinde HMF varyans analizi (2. tekrar)..	105
Çizelge A.65 : Su banyoları bal numunelerinde renk varyans analizi (1. tekrar)....	105
Çizelge A.66 : Su banyoları bal numunelerinde renk varyans analizi (2. tekrar)....	106
Çizelge A.67 : Su banyoları bal numunelerinde viskozite varyans analizi.....	106

Çizelge A.68 : Su banyoları bal numunelerinde kristal varyans analizi.....	106
Çizelge A.69 : Tüm prosesler bal numunelerinde süre varyans analizi.....	106
Çizelge A.70 : Tüm prosesler bal numunelerinde sıcaklık varyans analizi.....	106
Çizelge A.71 : Tüm prosesler bal numunelerinde nem varyans analizi (1. tekrar).....	106
Çizelge A.72: Tüm prosesler bal numunelerinde nem varyans analizi (2. tekrar).....	106
Çizelge A.73 : Tüm prosesler geven balı numunelerinde diastaz varyans analizi.....	
(1. tekrar).....	107
Çizelge A.74 : Tüm prosesler ayçiçek balı numunelerinde diastaz varyans analizi	
(1. tekrar).....	107
Çizelge A.75 : Tüm prosesler pamuk balı numunelerinde diastaz varyans analizi	
(1. tekrar).....	107
Çizelge A.76 : Tüm prosesler geven balı numunelerinde diastaz varyans analizi	
(2. tekrar).....	107
Çizelge A.77 : Tüm prosesler ayçiçek balı numunelerinde diastaz varyans analizi	
(2. tekrar).....	107
Çizelge A.78 : Tüm prosesler pamuk balı numunelerinde diastaz varyans analizi	
(2. tekrar).....	108
Çizelge A.79 : Tüm prosesler narenciye balı numunelerinde invertaz varyans analizi	
(1. tekrar).....	108
Çizelge A.80 : Tüm prosesler geven balı numunelerinde invertaz varyans analizi	
(1. tekrar).....	108
Çizelge A.81 : Tüm prosesler ayçiçek balı numunelerinde invertaz varyans analizi	
(1. tekrar).....	108
Çizelge A.82 : Tüm prosesler pamuk balı numunelerinde invertaz varyans analizi	
(1. tekrar).....	108
Çizelge A.83 : Tüm prosesler narenciye balı numunelerinde invertaz varyans analizi	
(2. tekrar).....	109
Çizelge A.84 : Tüm prosesler geven balı numunelerinde invertaz varyans analizi	
(2. tekrar).....	109
Çizelge A.85 : Tüm prosesler ayçiçek balı numunelerinde invertaz varyans analizi	
(2. tekrar).....	109
Çizelge A.86 : Tüm prosesler pamuk balı numunelerinde invertaz varyans analizi	
(2. tekrar).....	109
Çizelge A.87 : Tüm prosesler narenciye balı numunelerinde HMF varyans analizi	
(1. tekrar).....	109
Çizelge A.88 : Tüm prosesler geven balı numunelerinde HMF varyans analizi	
(1. tekrar).....	109
Çizelge A.89 : Tüm prosesler ayçiçek balı numunelerinde HMF varyans analizi	
(1.tekrar)	110
Çizelge A.90 : Tüm prosesler pamuk balı numunelerinde HMF varyans analizi	
(1. tekrar)	110
Çizelge A.91 : Tüm prosesler narenciye balı numunelerinde HMF varyans analizi	
(2. tekrar)	112
Çizelge A.92 : Tüm prosesler geven balı numunelerinde HMF varyans analizi	
(2. tekrar)	112
Çizelge A.93 : Tüm prosesler ayçiçek balı numunelerinde HMF varyans analizi	
(2. tekrar)	110
Çizelge A.94 : Tüm prosesler pamuk balı numunelerinde HMF varyans analizi	
(2 tekrar).....	110
Çizelge A.95 : Tüm prosesler narenciye balı numunelerinde renk varyans analizi	

(1. tekrar)	111
Çizelge A.96 : Tüm prosesler geven balı numunelerinde renk varyans analizi.....	111
Çizelge A.97 : Tüm prosesler ayçiçek balı numunelerinde renk varyans analizi (1. tekrar)	111
Çizelge A.98 : Tüm prosesler pamuk balı numunelerinde renk varyans analizi (1. tekrar)	111
Çizelge A.99 : Tüm prosesler narenciye balı numunelerinde renk varyans analizi (2. tekrar)	111
Çizelge A.100 : Tüm prosesler geven balı numunelerinde renk varyans analizi (2. tekrar)	111
Çizelge A.101 : Tüm prosesler ayçiçek balı numunelerinde renk varyans analizi (2. tekrar)	112
Çizelge A.102 : Tüm prosesler pamuk balı numunelerinde renk varyans analizi (2. tekrar)	112
Çizelge A.103 : Tüm prosesler narenciye balı numunelerinde viskozite varyans analizi (2. tekrar)	112
Çizelge A.104 : Tüm prosesler geven balı numunelerinde viskozite varyans analizi (2. tekrar).....	112
Çizelge A.105 : Tüm prosesler ayçiçek balı numunelerinde viskozite varyans analizi (2. tekrar)	112
Çizelge A.106 : Tüm prosesler pamuk balı numunelerinde viskozite varyans analizi (2. tekrar)	112
Çizelge A.107 : Tüm prosesler narenciye balı numunelerinde kristal miktarı varyans analizi (2. tekrar)	113
Çizelge A.108 : Tüm prosesler geven balı numunelerinde kristal miktarı varyans analizi (2. tekrar)	113
Çizelge A.109 : Tüm prosesler ayçiçek balı numunelerinde kristal miktarı varyans analizi (2. tekrar)	113
Çizelge A.110 : Tüm prosesler pamuk balı numunelerinde kristal miktarı varyans analizi (2. tekrar)	113

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 : UIP 200 hd prob ultrases cihazı	17
Şekil 3.2 : UP 400S prob ultrases cihazı.....	17
Şekil 4.1 : Narenciye balına prob ultrases uygulamasında güç ve döngünün sıcaklık üzerine etkisi	23
Şekil 4.2 : Narenciye balına prob ultrases uygulamasında güç ve döngünün	24
Şekil 4.3 : Narenciye balında sıcaklık değişimi gerçek ve hesaplanan değerlerin karşılaştırılması	25
Şekil 4.4 : Geven balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün sıcaklık üzerine etkisi	25
Şekil 4.5 : Geven balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün süre üzerine etkisi	26
Şekil 4.6 : Ayçiçek balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün süre üzerine etkisi.....	27
Şekil 4.7 : Pamuk balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün sıcaklık üzerine etkisi	27
Şekil 4.8 : Prob ultrases 1. tekrarda narenciye balının nem içeriğindeki değişiklikler (%).....	29
Şekil 4.9 : Prob ultrases 2. tekrarda narenciye balının nem içeriğindeki değişiklikler (%).....	29
Şekil 4.10 : Prob ultrases uygulamasında bal numunelerinde meydana gelen diastaz sayısı değişimleri (1. tekrar).....	31
Şekil 4.11 : Prob ultrases uygulamasında bal numunelerinde meydana gelen diastaz sayısı değişimleri (2. tekrar).....	32
Şekil 4.12 : Geven balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün etkisi	32
Şekil 4.13 : Geven balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün etkisi	33
Şekil 4.14 : Ayçiçek balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün etkisi	34
Şekil 4.15 : Pamuk balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün etkisi	34
Şekil 4.16 : Prob ultrases uygulamasında bal numunelerinde meydana gelen invertaz sayısı değişimleri (1. tekrar).....	37
Şekil 4.17 : Prob ultrases uygulamasında bal numunelerinde meydana gelen invertaz sayısı değişimleri (2. tekrar).....	36
Şekil 4.18 : Narenciye balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün.....	37
Şekil 4.19 : Geven balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün.....	37
Şekil 4.20 : Geven balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün.....	38
Şekil 4.21 : Ayçiçek balına ultrases uygulamasında güç ve döngününinvertaz üzerine etkisi (2. tekrar)	38
Şekil 4.22 : Pamuk balına ultrases uygulamasında güç ve döngününinvertaz üzerine etkisi (2. tekrar)	39
Şekil 4.23 : Prob ultrases uygulamasında bal numunelerinde meydana HMF değişimleri.....	40
Şekil 4.24 : Prob ultrases uygulamasında bal numunelerinde meydana HMF değişimleri.....	41

Şekil 4.25 : Narenciye balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün	41
Şekil 4.26 : Narenciye balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün	42
Şekil 4.27 : Geven balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün	42
Şekil 4.28 : Geven balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün	43
Şekil 4.29 : Ayçiçek balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün	43
Şekil 4.30 : Ayçiçek balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün etkisi	44
Şekil 4.31 : Pamuk balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün etkisi.....	44
Şekil 4.32 : Prob ultrases uygulamasında bal numunelerinde meydana renk.....	
değişimleri (1. tekrar).....	45
Şekil 4.33 : Prob ultrases uygulamasında bal numunelerinde meydana renk.....	
değişimleri	46
Şekil 4.34 : Narenciye balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün renk üzerine	
etkisi (1. tekrar)	Error! Bookmark not defined.
Şekil 4.35 : Geven balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün etkisi	47
Şekil 4.36 : Geven balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün etkisi	48
Şekil 4.37 : Ayçiçek balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün etkisi	48
Şekil 4.38 : Ayçiçek balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün etkisi	49
Şekil 4.39 : Pamuk balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün etkisi.....	49
Şekil 4.40 : Pamuk balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün etkisi.....	50
Şekil 4.41 : Prob ultrases uygulamasında bal numunelerinde meydana viskozite	
değişimleri (2.tekrar).....	51
Şekil 4.42 : Narenciye balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün	51
Şekil 4.43 : Geven balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün	52
Şekil 4.44 : Ayçiçek balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün	52
Şekil 4.45: Pamuk balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün	53
Şekil 4.46 : Prob ultrases uygulamasında bal numunelerinde meydana kristal miktarı	
değişimleri (2.tekrar).....	54
Şekil 4.47 : Narenciye balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün	55
Şekil 4.48 : Geven balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün	55
Şekil 4.49 : Ayçiçek balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün	56
Şekil 4.50 : Pamuk balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün	56
Şekil 4.51 : Su banyosu proseslerinde balların ulaştığı maksimum sıcaklıklar	57
Şekil 4.52 : Su banyosu proseslerinde balların ulaştığı maksimum sıcaklıklar.....	58
Şekil 4.53 : Su banyosu proseslelerinde balların nem miktarı (1. tekrar).....	59
Şekil 4.54 : Su banyosu proseslerinde balların nem miktarı (2. tekrar).....	60
Şekil 4.55 : Su banyosu proseslerinde balların diastaz sayısı (1. tekrar).....	61
Şekil 4.56 : Su banyosu proseslerinde bal çeşidi ve işleme göre diastaz sayısı	61
Şekil 4.57 : Su banyosu proseslerinde balların diastaz sayısı (2. tekrar).....	62
Şekil 4.58 : Su banyosu proseslerinde bal çeşidi ve işleme göre diastaz sayısı	62
Şekil 4.59 : Su banyosu proseslerinde balların invertaz sayısı (1. tekrar)	63
Şekil 4.60 : Su banyosu proseslerinde balların invertaz sayısı (2. tekrar)	64
Şekil 4.61 : Su banyosu proseslerinde balların invertaz sayısı (1. tekrar)	65
Şekil 4.62 : Su banyosu proseslerinde balların invertaz sayısı (2. tekrar)	66
Şekil 4.63 : Su banyosu proseslerinde bal çeşidi ve işleme göre renk miktarı	67
Şekil 4.64 : Su banyosu proseslerinde bal çeşidi ve işleme göre renk miktarı	67
Şekil 4.65 : Su banyosu proseslerinde balların viskozite değerleri (cps)	68
Şekil 4.66 : Su banyosu proseslerinde bal çeşidi ve işleme göre viskozite değerleri	69
Şekil 4.67 : Tüm proseslerde bal çeşidi ve uygulanan işlemlerin nem üzerine etkisi	
(1. tekrar).....	71

Şekil 4.68 : Tüm proseslerde bal çeşidi ve uygulanan işlemlerin nem üzerine etkisi (2. tekrar).....	72
Şekil 4.69 : Tüm proseslerde bal çeşidi ve uygulanan işlemlerin diastaz sayısına etkisi (2. tekrar)	74
Şekil 4.70 : Tüm proseslerde bal çeşidi ve uygulanan işlemlerin invertaz miktarına etkisi (1. tekrar)	75
Şekil 4.71 : Tüm proseslerde bal çeşidi ve uygulanan işlemlerin HMF miktarına etkisi (1. tekrar)	77
Şekil 4.72 : Tüm proseslerde bal çeşidi ve uygulanan işlemlerin HMF miktarına etkisi (2. tekrar)	78
Şekil 4.73 : Tüm proseslerde bal çeşidi ve uygulanan işlemlerin renk üzerine.....	79
Şekil 4.74 : Tüm proseslerde bal çeşidi ve uygulanan işlemlerin renk üzerine.....	80
Şekil 4.75 : Tüm proseslerde bal çeşidi ve uygulanan işlemlerin.....	81
Şekil 4.76 : Tüm proseslerde bal çeşidi ve uygulanan işlemlerin.....	82

ULTRASES TEKNOLOJİSİNİN BALIN KALİTESİ ÜZERİNE (HMF, ENZİM) ETKİSİNİN BELİRLENMESİ VE SANAYİDEKİ ISITMA YÖNTEMLERİNE ALTERNATİF YÖNTEMLERİN ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Bal, şeker ve su içeriğine ve ortam koşullarına da bağlı olarak belirli bir süre sonra kristalize olmaktadır. Kristalize olmuş balın viskozitesinin de artmasından dolayı akışkanlık özelliğinde azalma meydana gelir. Bu nedenle sanayide pompa ve makineler ile bir yerden bir yere aktarılması ve dolumu mümkün değildir. Diğer taraftan kristalize olmuş bal tüketiciler tarafından hem duyuşsal hem de görsel olarak kabul görmemektedir. Dolayısıyla bal, sanayide ısıtma işlemleri ile eritilerek tekrar akışkan hale getirilmekte ve daha sonra da kristalleşme süresini mümkün olduğunca uzatılabilmek için genellikle 70-80 °C sıcaklıklarda pastörize edilmektedir. Bu prosesler balın içeriğinde doğal olarak bulunan enzimlerin diastaz hariç neredeyse tamamen yok olmasına ve istenmeyen HMF bileşenlerinin oluşmasına ve/veya artmasına sebep olmakta ve doğallığına zarar vermektedir.

Bu çalışmada balın kristalizasyonunun çözülmesi için sanayide uygulanan ısıtma işlemleri alternatif yöntemlerin araştırılarak balın enzim değerlerini olabildiğince korumak ve HMF değerini minimum seviyede tutmak için araştırmalar yürütülmüştür. Bu kapsamda prob ultrases, ultrases su banyosu ve kontrol grubu olarak geleneksel (normal) su banyosu olmak üzere 3 farklı yöntem araştırılmıştır. Prob ultrases uygulamaları hem laboratuvar ölçeğinde 400 W güce sahip cihaz, hem de pilot ölçeğinde 2000 W güce sahip cihaz kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmalar 4 çeşit bal (narenciye, geven, ayçiçek, pamuk) üzerinde uygulanmıştır. Pilot ölçeğindeki çalışmalarda 6 kg bal örneği kullanılırken, laboratuvar ölçeğindeki çalışmalarda 250 g ağırlığında bal numuneleri kullanılmıştır.

Laboratuvar ölçeğindeki çalışmalar 200 W, 300 W ve 400 W güç ile 0.5, 0.75 ve 1 döngü değerlerinde olmak üzere her bir bal çeşidi için 9 farklı proses koşulunda gerçekleştirilmiştir. Ultrases su banyosu 50 °C ve 55 °C olmak üzere iki sabit sıcaklıkta 45 kHz frekansta yürütülmüştür. Geleneksel su banyosu çalışmalarında yalnızca 50 °C ve 55 °C sabit sıcaklıklar kullanılmıştır. Prototip ölçeğindeki prob ultrases çalışmaları ise TÜBİTAK MAM pilot tesislerinde 2000 W, 1500 W ve 1000 W güçte yalnızca geven balında gerçekleştirilmiştir.

Yapılan çalışmaların öncesinde ham balda ve sonrasında uygulanan işlemler sonrası nem, diastaz, invertaz, HMF, renk, viskozite ve kristal miktarları incelenmiştir. Ayrıca balın tamamen sıvılaşması için geçen süre değerleri ve proses sırasında balın ulaştığı maksimum sıcaklık değerleri kayıt altına alınmıştır. Prosesler balın kristalleri tamamen çözülene kadar devam ettirilmiş ve kristallerin çözüldüğünün kanıtlanması için de proses öncesi ve sonrasında kristal ölçümleri DSC (Diferansiyel Taramalı Kalorimetre) ile gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel analizler faktöryel desen üzerine kurulu olup, faktörlerin etkisi ve birbirleri ile girişim etkileri değerlendirilmiştir.

Prob ultrases denemelerinde ortalama işlem süresi ortalama 9.5 dk iken ultrases su banyosu ve normal su banyosu prosesleri ortalama 201 dk sürmüştür. Ayrıca prob ultrases uygulamalarında balların sıcaklığı ortalama 68 °C değerlerine ulaşmıştır.

Yapılan çalışmalar özellikle invertaz enziminin uygulanan işlemler arası farklılıktan oldukça etkilendiğini ortaya çıkartmıştır. Yapılan 2 farklı denemede her bir çeşit bal için invertaz enzimi miktarının güç, döngü faktörleri ve güç*döngü interaksiyonundan $p<0.05$ istatistiksel önem düzeyinde etkilendiği saptanmıştır. Ayrıca viskozite miktarı üzerine de tüm bal çeşitlerinde $p<0.05$ önem düzeyinde güç, döngü faktörleri ve güç*döngü interaksiyonunun etkili olduğu bulunmuştur. Diastaz miktarında çok önemli farklılıklar gözlenmese de uygulanan işlem ile bal çeşidine göre değişkenlik gösterdiği saptanmıştır. Benzeri şekilde renk değerlerindeki değişimler için net bir yorum verilememekle birlikte bal çeşidi ve prosese göre değişkenlik gösterdiği bulunmuştur. Kristal miktarı tüm bal çeşitlerinde güç miktarına bağlı olarak değişmiştir ($p<0.05$). HMF miktarında çalışmada kullanılan tüm bal çeşitleri için $p<0.05$ önem düzeyinde güç faktörünün etkili olduğu belirlenmiştir. Nem içeriğinde de kristal haldeki ham bala göre bir düşüş yaşandığı bulunmuştur. Ancak bu azalma istatistiksel olarak önemli bir farklılık ifade etmemektedir ($p<0.05$) ve bal çeşitleri arasında değişkenlik göstermektedir.

Sonuç olarak ultrases prosesinin ülkemize özgü balların kalitesi üzerine etkileri belirlenmiş ve sanayide bal prosesinde uygulanabilmesi için önemli veriler elde edilmiştir.

INVESTIGATING THE EFFECTS OF ULTRASOUND ON QUALITY PARAMETERS OF HONEY (HMF, ENZYMES) AND EVALUATING ALTERNATIVE METHODS VS CONVENTIONAL TECHNOLOGIES

SUMMARY

Honey crystalizes after a while depending on its sugar and water contents and storage conditions. When honey is crystalized its mobility decreases, and it also becomes unacceptable to the consumers. It is not possible to pump and fill crystalized honey at the industrial scale. Besides, crystalized honey is often perceived to be an adulterated product by consumers. Therefore; honey is heated to be liquefied and then pasteurized at 70-80 °C to prolong recrystallization and thereby its shelf life. These applications nearly destroy all enzymes naturally occurring in honey (invertase, glucose oxidase etc.) except diastase and causes to the formation of undesired compounds such as HMF.

In the present study, alternative methods were investigated to liquefy honey, while protecting its enzymes and controlling increase in HMF as possibly. In this context, 3 different methods; probe ultrasound, ultrasound water bath, and conventional water bath (as a control group) were used. Probe ultrasound applications were both carried out at lab scale ultrasound (400 W) and pilot scale ultrasound (2000 W). Four different floral honey types, namely; citrus, astragalus, sunflower and cotton honey were selected as samples. 250 g honey sample was used in the lab scale trials while 6 kg each honey sample was used in pilot scale trials.

Lab. scale trials were carried out at 3 different power levels (400 W, 300 W, 200 W) and 3 different cycles (0.5, 0.75, 1) for four different honey types. Ultrasound water bath trials were applied at 2 different temperatures (50 and 55 °C) with 45 kHz frequency while conventional water bath process was carried out at only 2 different temperatures (50 and 55 °C). Pilot scale trials were only applied for astragalus honey at 3 different power levels (2000 W, 1500 W, 1000 W) at TUBITAK MAM pilot plant.

Before and after the treatments moisture content, diastase, invertase, HMF, color, viscosity and crystal contents of honey were analyzed. Besides, process time for complete liquefaction of honey and maximum temperatures reached during the process were also recorded for each type of honey. Decrystallization process was continued until the complete liquefaction of honey. Crystal content of honey was measured before and after the treatments by using DSC (Differential Scanning Calorimetry) for proving that honey was liquified. Statistical analysis were achieved to investigate the effect of each factor and their interactions based on factorial design.

Average process time for probe ultrasound applications were 9.5 minutes while ultrasound water bath and conventional water bath applications took about 201 min. Honey was reached to an average temperature of 68 °C during probe ultrasound process.

It was observed that moisture content of liquified honey was decreased compared to the crystalized honey but the difference was not significant ($p < 0.05$) and it varied

depending on the treatment and type of honey. The reason for a decrease in the moisture content in the liquified honey is related to the glucose monohydrate formation while it was in the crystalline structure. Since honey is generally crystallizes in the monohydrate formation, only one molecule water is bounded to the glucose molecule and other water molecules are free. On the contrary, in the liquified honey, glucose molecule is able to bound five water molecule to the five OH groups. Therefore, free water is less in the liquified honey compared to crystallized one. For water bath and ultrasound water bath applications, moisture content did not change significantly ($p < 0.05$).

On the other hand, diastase number was not effected significantly ($p < 0.05$) during prob ultrasound application. Diastase number of citrus honey was not used for the statistical calculations since the content of diastase was < 1 . Diastase number decreased between 0-27% after the application of lab scale prob ultrasound. Power of ultrasound was statistically important for diastase number of astragalus honey ($p < 0.05$). It was found that power and power*cycle interaction was significantly important for the diastase number of cotton honey while only cycle was effective over diastase number of sunflower honey ($p < 0.05$). For water bath and ultrasound water bath applications diastase number did not show any statistically significant change ($p < 0.05$).

Invertase was very sensitive to the different treatments. It was found that invertase was statistically related to the power, cycle and power*cycle interaction ($p < 0.05$) for four types of honey used in this study.

It was found that 200 w, 0.5 cycle and 200 w, 0.75 cycle treatment did not change the invertase number of citrus honey while 400 w, 1 cycle caused the reduction of 92% of invertase number. It was also observed that invertase decreased from 40% to 80% for astragalus honey, from 40% to 90% for sunflower honey and from 15% to 80% for cotton honey. It is also observed for the water bath and ultrasound water bath applications that invertase was significantly decreased after the applications ($p < 0.05$).

For HMF content, it was observed that HMF increased from 3.6 ppm to 5.0 ppm after prob ultrasound application. Power, cycle and power*cycle interaction was significantly important for HMF content ($p < 0.05$). For water bath and ultrasound water bath applications HMF content did not change significantly ($p < 0.05$).

Color results had a similar tendency to diastase results, of which highly depended on type of honey samples and treatments for both prob ultrasound and water bath applications including ultrasound system.

Likewise, viscosity was associated to the power, cycle factors and power*cycle interaction in all types of honey ($p < 0.05$). For citrus and astragalus honey, viscosity was decreased approximately 60% after prob ultrasound application. It was less than 60% reduction for cotton honey while 22% reduction was observed sunflower honey. Power, cycle and power*cycle factors were significantly important for crystal content of honeys.

For prob ultrasound, water bath and ultrasound water bath applications considered, power and cycle factors were significantly important for temperature of citrus honey while only cycle was significantly important for temperature of astragalus, sunflower and cotton honey ($p < 0.05$).

For prob ultrasound, water bath and ultrasound water bath applications considered, cycle factors were significantly important for process time of citrus, astragalus, and sunflower honey ($p < 0.05$). On the other hand, power, cycle and power*cycle interactions were significantly important for cotton honey by means of process time.

It was also found that initial moisture content of honeys was not significantly important ($p < 0.05$) for all process applied in this study.

Diastase number of prob ultrasound applied honeys was significantly different compared to water bath and ultrasound water bath applications. Diastase number of prob ultrasound applied sunflower and cotton honey was significantly higher than the water bath and ultrasound water bath applied honeys. It was related to the longer process time of water bath and ultrasound water bath applications.

It was also found that process type is significantly important for HMF content of honeys.

In conclusion, prob ultrasound process time was at least 10 times shorter compared to water bath and ultrasound water bath applications. However; when prob ultrasound is applied, as process time increases, temperature of honey reached increases significantly which causes reduction in enzyme content and an increase in HMF content. In order to prevent temperature increase, system that ultrasound is applied needs to be cooled from outside. Besides, new designed prob ultrasound which will enable to mix honey homogeneously to enable ultrasound waves to touch every point of honey in order to shorten process time which will also keep the temperature under control. Available ultrasound systems do not allow to move prob around the medium. Therefore, a new prob ultrasound system needs to be designed in order to enable application of prob ultrasound system to the industry.

It was also observed that as viscosity content of raw honey increases, process time needed for liquefaction of honey increases. Therefore, viscosity of honey is related to the temperature increase and process time of honey which affects enzyme and HMF content. It was also found that as honey liquefies, viscosity of honey decreases accordingly.

Crystallization content of honey also decreases as honey liquefies. Crystallization of honey is generally related to glucose monohydrate formation. Therefore, lower glucose monohydrate content, more liquefied honey.

It was for certain that invertase content of honey decreased accordingly with each process applied in this study. It means that temperature increase was significantly important for prob ultrasound, water bath and ultrasound water bath process applications. On the other hand, even if temperature increase was not higher than the prob ultrasound application, longer process time for ultrasound water bath and especially ultrasound water bath applications affected invertase number significantly ($p < 0.05$).

On the contrary diastase number was not affected significantly from prob ultrasound, ultrasound water bath and water bath applications which made us question to rightness of standards which takes into account of diastase number to assess the exposure of temperature. It was very obvious that even at high temperatures more than 70 °C, diastase number was almost stable while invertase was almost disappeared.

Disconcertingly, it was also observed that HMF content was decreased compared to raw honey (unprocessed) after the application of some prob ultrasound process. It was thought that ultrasound waves either may break HMF into another molecule or accelerate the process in order to make HMF to unite with some molecule in order to have a new compound.

The current research presented the effects of ultrasound process on the quality of different local honey types in Turkey and provided important information for the application of ultrasound process for the honey industry.

1. GİRİŞ

Ülkemizde ve Dünya’da sevilerek tüketilen bal, viskoz bir sıvı olup arılar tarafından çiçeklerin nektarlarının toplanması ile üretilmektedir. Sahip olduğu aroma, besin maddeleri, vitamin ve mineraller ile insanlar için büyük bir öneme sahiptir. Balı diğer tatlı gıdalardan ayıran en önemli özellikleri polen, nektar ve arının kendisinden gelen ve balda doğal olarak bulunan enzimleridir (Boukraa, 2013 ve Ebadi, 2007). Bal, kovan içerisinde arılar tarafından depolandığında neredeyse tamamen sıvı halde olmasına rağmen, kovandan alındığında balın cinsine de bağlı olarak birkaç gün veya birkaç hafta içerisinde kristalize olmaktadır. Bu da balın granüller içeren son derece viskoz bir yapı kazanmasına ve bulanık bir görünüme sahip olmasına neden olmaktadır. Bu sebeple tüketicilerin çoğunluğu kristalize balı tercih etmemekte, bilimsel olarak doğru olmasa da kristalizasyonun balın bozulduğunun veya şeker katıldığına bir göstergesi olduğunu düşünmektedir (Anonim, 2007; Turhan, 2008).

Ülkemizde sanayi tarafından kristalize olmuş bala su banyosunda veya sıcak hava uygulanarak 50-55 °C 24-48 saat ısıtma işlemi ve ardından kullanılan pastörizatöre bağlı olarak 70-80 °C sıcaklıklarda 10-30 dk boyunca pastörizasyon uygulanmaktadır. Uygulanan bu işlemler bir taraftan balın kristallerinin çözünmesini sağlarken, diğer taraftan enzim aktivitelerini azaltıp HMF değerini arttırmaktadır. Bu da balın kalitesinin azalmasına ve asıl özelliğini kaybetmesine neden olmaktadır (Bignardi, 2014; Biluca, 2014; Bonvehi, 2000; Cozmuta, 2011; Esriche, 2014; Karmali, 2004; Kowalski, 2013; Kowalski, 2012; Mandal, 2011; Riberio, 2012; Subramanian, 2007).

Bu çalışmanın amacı ultrases teknolojisinin Türkiye’deki pamuk, narenciye, ayçiçek ve geven ballarının kalitesi ile özellikle enzimlerin aktivitesi ve HMF gibi ısı işlem sonucu oluşan bileşenlerin ve rengin üzerine etkisinin belirlenmesi ve sanayideki geleneksel ısıtma yöntemlerine alternatif ve balın kalitesini koruyan yöntemlerin incelenmesidir.

2. TANIMLAR VE ARAŞTIRMALAR

2.1 Bal

2.1.1 Tanımı

Türk Gıda Kodeksi 2012/58 sayılı Tebliğ’de bal bitki nektarlarının, bitkilerin canlı kısımlarının salgılarının veya bitkilerin canlı kısımları üzerinde yaşayan bitki emici böceklerin salgılarının bal arısı tarafından toplandıktan sonra kendine özgü maddelerle birleştirerek değişikliğe uğrattığı, su içeriğini düşürdüğü ve petekte depolayarak olgunlaştırdığı doğal bir ürün olarak tanımlanmaktadır (Anon., 2012).

Bala gıda katkı maddeleri de dâhil olmak üzere dışarıdan hiçbir madde katılamaz (Anon., 2012). Balın doğal bileşiminde bulunmayan organik ve/veya inorganik maddelerden ari olması gerekir (Anon., 2012). Fırıncılık balı dışında bal; bala ait olmayan yabancı tat ve kokuda, fermantasyonu başlamış, asitliği yapay olarak değiştirilmiş veya içerdiği doğal enzimleri parçalayacak ya da önemli düzeyde inaktive edecek şekilde ısıtılamaz (Anon., 2012). Filtre edilmiş bal ile ilgili hükümler saklı kalmak kaydıyla yabancı organik veya inorganik maddelerin ayrılması sırasında kaçınılmaz olan kayıplar dışında baldan polen veya diğer bala özgü bileşenler uzaklaştırılmaz (Anon., 2012, Silva ve diğ., 2016).

2.1.2 Özellikleri

Türk Gıda Kodeksi’nde 4 farklı bal çeşidi tanımlanmıştır. Bunlar çiçek balı, salgı balı, çiçek ve salgı balı karışımı ve fıırıncılık balıdır. Bu balların sahip olması gereken nem, sakkaroz, fruktoz+glukoz, fruktoz/glukoz, suda çözünmeyen madde, serbest asitlik, elektrik iletkenliği, diastaz sayısı, HMF, protein ve ham delta C13 değerleri arasındaki fark, C4 şekerleri oranı, prolin ve naftalin değerlerinin olması gereken miktarları Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğı’nde verilmiştir.

Kanola, ıhlamur, narenciye, lavanta, okaliptüs, biberiye, akasya, kestane, pamuk, kekik ve püren ballarındaki bazı özel durumlar nedeniyle Çizelge 2.1’de verilen değerlerden değişiklik gösterebilmektedir (Anon., 2012). Bu değerlere Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğı’nden ulaşılabilir.

Çizelge 2.1 : Ballara Ait Özellikler (Anon., 2012).

	Çiçek Balı	Salgı Balı	Çiçek ve Salgı Balı Karışımı	Fırıncılık Balı
Nem (en fazla)	%20	%20	%20	%20
Sakkaroz (en fazla)	5 g/100 g	5 g/100 g	5 g/100 g	5 g/100 g
Fruktoz+Glukoz (en az)	60 g/100 g	45 g/100 g	45 g/100 g	-
Fruktoz/Glukoz	0,9-1,4	1,0-1,4	1,0-1,4	-
Suda çözünmeyen madde (en fazla)	0,1 g/100 g	0,1 g/100 g	0,1 g/100 g	0,1 g/100 g
Serbest Asitlik (en fazla)	50 meq/kg	50 meq/kg	50 meq/kg	50 meq/kg
Elektrik İletkenliği	En fazla 0,8 mS/cm	En az 0,8 mS/cm	En fazla 0,8 mS/cm	En fazla 0,8 mS/cm
Diastaz Sayısı (en az)	8	8	8	-
HMF (en fazla)	40 mg/kg	40 mg/kg	40 mg/kg	-
Protein ve ham delta C13 arasındaki fark	>-1	>-1	>-1	>-1
C4 şekerleri oranı (en fazla)	%7	%7	%7	%7
Prolin miktarı (en az)	300 mg/kg	300 mg/kg	300 mg/kg	180 mg/kg
Naftalin miktarı (en fazla)	10 ppb	10 ppb	10 ppb	10 ppb

2.1.3 Kristalizasyon

Bal oldukça viskoz bir şeker çözeltisi olup, içeriğine, bulunduğu ortam koşullarına ve zamana da bağlı olarak kristalize olmaktadır. Balda en fazla bulunan şekerler glikoz ve fruktozdur (Venir, 2010; Young, 1957). Glikozun suda çözünürlüğü fruktoza göre daha düşük olduğundan balın kristallenmesi glikoz ile gerçekleşmektedir (Young, 1957; Venir, 2010). Glikoz 50 °C'nin altında α -D glikoz monohidrat formunda, 50 °C ile 80 °C arasında α -D glikoz anhidrit formunda ve 80 °C'nin üzerinde ise β anhidrit formunda kristalleşmektedir. Yine de balın depolama koşulları göz önüne alındığında (<30 °C) sadece hidrat formunda kristalleşmesi beklenmektedir (Doner, 1977; Kelly,

1954; Venir, 2010; White, 1978). Baldaki glikozun kristalleşmesi çözünebilir katıların çıkarılarak amorf çözeltinin seyrelmesine ve bu sebeple de su aktivitesinde bir artış gerçekleşmesine sebep olmaktadır (Gleiter, 2006; Venir, 2010). Aslında bal sıvı halde iken her bir glikoz molekülündeki 5 hidroksil grubu da su molekülleri ile etkileşim halinde iken, kristalize olduğunda her bir glikoz molekülü yalnızca bir mol su molekülü bağlayabilmektedir (Gleiter, 2006; Venir, 2010). Bu sebeple serbest su molekülleri kristalize haldeki balda sıvı bala göre daha fazladır. Bu da kristalize balda su aktivitesinin sıvı bala göre daha yüksek olmasına neden olmaktadır.

Balda kristalizasyon oluşumu üzerine sıcaklık etkilidir. Lupano (1997) DSC ile yaptığı çalışmada balın kristalizasyonunu erime entalpisini kullanarak açıklamıştır. Yaptığı çalışmada kristal büyümesinin en hızlı 13°C ile 15.5 °C arasında gerçekleştiğini saptamış, en hızlı kristalleşmenin ise 14 °C sıcaklıkta olduğunu bulmuştur. Venir ve diğ. (2010) yaptıkları çalışmada farklı sıcaklıklarda depolanmış balların kristalizasyon miktarlarını DSC ile ölçmüştür. Ayrıca çalışmada glikoz monohidrat'ın entalpisi $108.39 \pm 6.16 \text{ J g}^{-1}$ olarak saptanmıştır. 5°C, 10°C, 15°C, 20°C ve 25°C sıcaklıklardaki balların 100 g miktarında kristal miktarları sırasıyla 0.659 g, 0.755 g, 0.861 g, 0.815 g ve 0.593 g olarak saptanmıştır. Bu sonuçlara göre en yüksek kristal oluşma sıcaklığı, çalışılan sıcaklıklar içerisinde 15°C olarak bulunmuştur.

Bununla birlikte balın kristalizasyonu üzerine viskozitenin de etkili olduğu düşünülmektedir. Bhandari ve diğ. (1999) yaptıkları çalışmada balın kristalizasyonunun modellenmesi için glikoz, fruktoz ve suyun yanı sıra camsı geçiş sıcaklığı ve viskoziteyi de göz önüne alarak bir model oluşturmuşlardır. Ancak oluşturdukları model ile elde ettikleri sonuçlar yetersiz bulunmuştur.

Manikis ve Thrasivoulou (2001) yaptıkları çalışmada kristalizasyonun modellenmesi ile ilgili glikoz, glikoz/su, glikoz-su/fruktoz, fruktoz/glikoz ve melezitoz parametrelerinin doğruluğunu araştırmışlardır. Glikoz yalnızca <28 veya >38 olduğunda kristalizasyonun modellenmesi için kullanışlı bir parametre olarak bulunmuştur. Glikoz/su oranı ise %8 ile %93 arasında doğru sonuçlar elde edilmesini sağlayarak kristalizasyonun tahmininde kullanışlı bir parametre olarak saptanmıştır. Glikoz-su/fruktoz oranı kullanıldığında ise zayıf sonuçlar elde edilmiştir. Fruktoz/glikoz oranının ise kristalizasyonun tahmininde kullanışlı bir parametre olmadığı bulunmuştur. Melezitoz da iyi bir indeks olarak saptanmamıştır.

Zamora ve Chirefe (2006) yaptıkları çalışmada 49 adet bal numunesinde kristalize ve sıvı olarak su aktivitesi değerlerini çalışmışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda kristalize ve sıvı ballar arasındaki su aktivitesi farkının çok düşük olduğunu bulmuşlardır.

Bakier (2007) yaptığı çalışmada kristalize glikoz fazının oluşumu yüzey interaksyonu ve su aktivitesindeki değişim ile ilişkisini araştırmıştır. Elde ettiği sonuca göre kristalize balda su aktivitesinde küçük bir artış yaşanırken bu artışı katı fazın oluşumu ile yaşanan artış ve yüzey etkileşimi arasındaki fark olarak açıklamıştır.

Srinual ve Intipunya (2009) kristalizasyonun balın duyuşal kabul edilebilirliği üzerine bir araştırma yapmışlardır. Duyusal özellikler; renk, doku, bulanıklık, koku ve aroma kristalize olmuş bal numunelerinde azalma göstermiştir. Çalışmada kristalizasyon ile oluşan katı yapının tüketiciler tarafından tercih edilmediği saptanmıştır.

Laos ve diğ. (2011) kristalizasyonda en önemli parametrenin fruktoz/glikoz oranı olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca kristalizasyon ile su aktivitesi ve viskozite değerlerinde bir artış olduğu saptanmıştır.

Escuredo ve diğ. (2014) yaptıkları çalışmada 136 farklı çeşit bal türünde şeker içerikleri, nem miktarı, şeker oranları ve palinolojik karakteristiklerin kristalizasyon üzerine etkisini araştırmıştır. Botanik orijinin bal numunelerindeki şeker oranları üzerinde önemli bir etkisi olduğu saptanmıştır. Ayçiçek, ıhlamur ve kolza ballarında F/G oranı kestane, püren, okalıptus, akasya ve salgı ballarına göre daha düşük bulunmuştur. Ayrıca düşük F/G oranı ve düşük nem miktarı daha hızlı kristalizasyon ile ilişkilendirilmiştir.

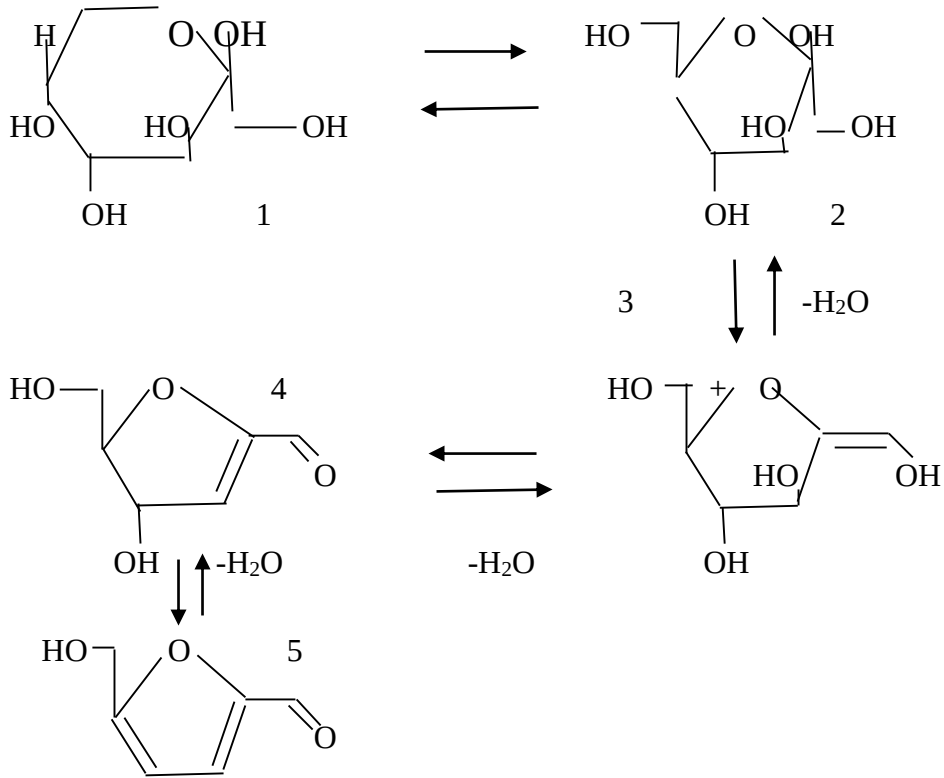
2.1.4 Kalite parametreleri

2.1.4.1 HMF (5-Hidroksimetilfurfural)

HMF miktarı balın kalitesinin belirlenmesinde kullanılan önemli parametrelerden biridir. Çok düşük miktarlardaki HMF balda doğal olarak bulunmaktadır ve heksoz şekerlerinin ve özellikle fruktozun asit katalizatörlüğünde dehidrasyonu sonucu oluşmaktadır. HMF miktarı ısı uygulaması sonrası ve depolama süresince artış göstermektedir (Boukraa, 2013).

Gıdaların ısıtılması sırasında renk, tat ve aromayı etkileyen kompleks kimyasal reaksiyonlar meydana gelmektedir. Maillard Reaksiyonlarının ileri aşamalarında furfural gibi istenmeyen bileşenler oluşmaktadır ve bu bileşenler sıcaklık uygulamasının ve depolama ortamının balın kalitesi üzerindeki etkisini belirlemede kullanılan parametreler arasında yer almaktadır (Bignardi ve diğ, 2014).

Furfural oluşumu iki basamakta meydana gelmektedir (Şekil 1); şekerin parçalanarak indirgeyici karbonhidratların 1-2 enolizasyon, dehidrasyon ve siklizasyon reaksiyonları ile karmelize olması ve oluşan Amodori bileşeninin şeker kısmının enolizasyon ve dehidrasyonu ile aminoasidin serbest bırakılmasıdır (Bignardi ve diğ, 2014). 5-Hidroksimetilfurfural (HMF) bu iki reaksiyon sonucu ortaya çıkan bir bileşendir (Bignardi ve diğ, 2014).



Şekil 1 : Fruktoz'dan HMF Oluşumu (Bignardi ve diğ, 2014).

2.1.4.2 Diastaz

Balda doğal olarak bulunan α ve β amilaz enzimleri diastaz aktivitesini oluşturmaktadır. Diastaz miktarı flora ve coğrafi orjine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Diastaz enzimlerinin görevi nişasta molekülünü maltoz (disakkarit) ve maltotrioz (trisakkarit) olarak parçalamaktır. Bu moleküller ısıya karşı hassastır ve 5-HMF molekülüne benzer olarak olgunlaştırma, 60 °C üzeri ısıya

maruz bırakma ve depolama sırasında bir gösterge olarak kullanılmaktadır (Kowalski, 2012; White 1978). Diastaz sayısı Türk Gıda Kodeksi'ne göre narenciye balı ve fırıncılık balı hariç en az 8 olmalıdır (Çizelge 2.1).

Diastatik aktivite 40 °C sıcaklıkta 1 saat boyunca 1 g balda 0,01 g nişastanın hidrolize edilmesini sağlayan enzim aktivitesi olarak tanımlanır ve Göthe biriminde diastaz numarası olarak açıklanır (White 1978; Kowalski 2012). Halen Codeks Alimentarius Commission ve Türk Gıda Kodeksi'nde minimum diastaz miktarı 8 olarak belirlenmiştir (Anon., 2012). Ancak bazı durumlarda HMF miktarı 15 mg kg⁻¹ değerini aşmamak kaydıyla minimum 3 olacak şekilde belirlenmiştir. Bal numunelerinde bulunan diastaz miktarı arıların yaşına, nektar toplama dönemine, koloninin psikolojik dönemine, yüksek miktarda nektar akışına ve balın şeker miktarına bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Yüksek konsantrasyonlarda nektar akışı düşük enzim aktivitesine, düşük polen tüketimine yol açmaktadır (Doner, 1977, White 1978).

Düşük enzim aktivitesine sahip ballar erken baharda toplanan genç nektarlardan elde edilmektedir. Bu ballar düşük nektar konsantrasyonu ve yüksek şeker içeriği ile arıların gelişmesi sırasında sahip oldukları düşük aktivite sebebiyle düşük enzim konsantrasyonuna sahiptirler (Doner 1977, White 1978).

2.1.3.3 İnvertaz (α -glukosidaz)

İnvertaz nektarı bala dönüştüren ana reaksiyonu katalize eden bir enzimdir. İnvertaz bal arılarının arı sütü bezlerinde üretilmektedir. İnvertaz bal arılarının fermentasyonun kolaylıkla gerçekleşmesini engelleyen yüksek konsantrasyonda bir şekerli çözelti oluşturmasını sağlamaktadır. İnvertaz aktivitesi diastaz aktivitesi ve HMF miktarı ile birlikte balın kalite parametrelerini oluşturmaktadır. *Apis mellifera* tarafından üretilen bal numunelerinde invertaz aktivitesi balın tazeliği depolama süresi ve ısıya maruz kalma değerlerini gösterdiğinden ticari bir değere sahiptir. İnvertaz ısıya karşı diastaza göre çok daha hassastır. İnvertaz analizi sonuçları invertaz sayısı (IN) olarak verilir. İnvertaz sayısı 100 g balda 1 saat boyunca hidrolize olan g süktroz miktarını göstermektedir (Sanchez, 2001; Serrano ve diğ., 2007; Varlova & Celechovska, 2002).

2.2. Ultrases

Ultrases enerjinin bir formu olup insan kulağının duyabileceğinden daha yüksek (16 kHz üzerinde) frekansa sahip ses dalgaları ile üretilmektedir (Salazar ve diğ., 2012).

Ultrases biyolojik bir yapı üzerine uygulandığında madde üzerinde kasılma ve gevşemeler başlatarak yüksek miktarda enerji açığa çıkmasını sağlayabilir. Ultrases hayvanlar ile iletişim aracı, betonarme binalarda kusurların tespit edilmesi, kimyasalların sentezi ve hastalıkların tedavisini de kapsayan çeşitli amaçlar için kullanılmıştır. Yaygın kullanımına ve ümit verici uygulamalarına rağmen ultrasound yeni bir bilim dalıdır. Ultrases'un ilk kullanımı 20. yüzyıl başlarında gerçekleştirilmiş iken prosteze kullanımı çok daha yakın zamanda başlamıştır (Keshava, 2003; Salazar ve diğ, 2012).

2.2.1 Gıda endüstrisinde ultrases kullanımı

Gıda endüstrisinde 2 çeşit ultrases uygulaması mevcuttur. Ultrases uygulamalarının sınıflandırılması için ses dalgaları ile yaratılan enerji miktarı kullanılır. Bu enerji ses dalgalarının gücü (W), yoğunluğu ($W.m^2$) veya enerji yoğunluğu ($W.s.m^3$) kullanılarak hesaplanmaktadır. Ultrases geniş kapsamda düşük enerjili (düşük güç, düşük yoğunluk) ve yüksek enerjili (yüksek güç, yüksek yoğunluk) olmak üzere 2 gruba ayrılabilir (Ahmed ve diğ, 2010; Kordylla ve diğ, 2008, Liebl, 1978; McCausland & Cains, 2004; Misra ve diğ, 2013; Salazar ve diğ, 2012)

Düşük enerjili ultrases uygulamaları 100 kHz frekanstan daha büyük ve $1 W.cm^2$ değerinden daha düşük yoğunluğa sahip uygulamalardır. Düşük yoğunluklu ultrases uygulamaları çok düşük güç miktarlarını kullandıkları için uygulandıkları materyalde genellikle fiziksel veya kimyasal değişime neden olmazlar. Gıda sanayinde düşük enerjili ultrases'in en yaygın kullanımı gıdanın kompozisyon, yapı ve fiziksel hali gibi fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacı ile dir. Ultrases diğer geleneksel analitik tekniklere göre avantajlara da sahiptir. Ölçümler hızlı ve kesindir, gıdanın yapısı bozulmaz, laboratuvar da veya çevrimiçi olarak gerçekleştirilebilir ve tamamen otomatik bir sistemdir (Chemat ve diğ, 2011; Luque de Castro & Priego Capote, 2007; McCausland & Cains, 2004; Misra ve diğ, 2013; Salazar ve diğ, 2012).

Yüksek enerjili ultrases uygulamaları 18 kHz ile 100 kHz arasındaki frekanslarda ve $1 W.cm^2$ değerinden daha büyük yoğunluklara sahip uygulamalardır. Ses dalgalarının bu aralıklardaki fiziksel, kimyasal ve mekanik etkileri uygulandığı materyalin fiziksel parçalanma ve bazı kimyasal reaksiyonların hızlandırılması gibi özellikleri değiştirebilecek niteliktedir. Yüksek enerjili ultrases yıllardır emülsiyonların üretilmesi için kullanılmaktadır. Yakın zamanlarda daha büyük potansiyele sahip olduğu modifikasyon ve kristalizasyonun kontrolü, sıvı gıdaların

hava kabarcıklarının çıkartılması, enzim inaktivasyonu, gelişmiş kurutma, filtrasyon ve oksidasyon reaksiyonlarının başlatılması gibi alanlarda kullanımı da bulunmuştur. Sonikasyon prosesinde ses dalgaları sıvı ortamlarla buluştuklarında boylamsal dalgalar üretirler ve bu yüzden sıkıştırma ve genleşme bölgeleri oluştururlar. Bu bölgelerde meydana gelen basınç değişimleri kavitasyona neden olur ve ortamda gaz kabarcıkları oluşur. Bu gaz kabarcıkları genleşme sırasında daha büyük yüzey alanına sahip olurlar ve bu da gazın difüzyonunu artırarak hava kabarcığının genleşmesine neden olur. Ultrasonik enerjinin hava kabarcığının içerisindeki gaz fazı devam ettiremeyeceği noktaya ulaşıldığında ise hızlı bir yoğunlaşma gerçekleşir. Yoğunlaşan moleküller şiddetle patlar ve şok dalgalarının oluşmasına neden olurlar. Bu şok dalgaları çok yüksek sıcaklık ve basınç bölgelerinin oluşmasına sebep olur (McCausland & Cains, 2004; Misra ve diğ., 2013; Salazar ve diğ., 2012).

Ultrases'un kavitasyon oluşturma yetisi frekans ve yoğunluk gibi ultrases karakteristiklerine, viskozite ve yüzey gerilimi gibi ürün özelliklerine ve sıcaklık ve basınç gibi ortam koşullarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Salazar ve diğ., 2012).

2.3 Balın İşlenmesi

2.3.1 Balın konvansiyonel prosesi

Ülkemizde sanayi tarafından kristalize olmuş bala su banyosunda veya sıcak hava uygulanarak 50-55 °C 24-48 saat ısıtma işlemi ve ardından kullanılan pastörizatöre bağlı olarak 70-80 °C sıcaklıklarda 10-30 dk boyunca pastörizasyon uygulanmaktadır. Uygulanan bu işlemler bir taraftan balın kristallerinin çözünmesini sağlarken, diğer taraftan enzim aktivitelerini azaltıp HMF değerini arttırmaktadır. Bu da balın kalitesinin azalmasına ve balın enzimlerinden gelen orijinal özelliğini kaybetmesine yol açmaktadır (Bignardi, 2014; Biluca, 2014; Bonvehi, 2000; Cozmata, 2011; Esriche, 2014; Karmali, 2004; Kowalski, 2013; Kowalski, 2012; Mandal, 2011; Riberio, 2012; Subramanian, 2007;).

Esriche ve diğ. (2014) yaptıkları çalışmada endüstriyel olarak işlem görmüş narenciye, biberiye, poliflora ve salgı ballarında diastaz aktivitesinde ham hallerine göre ortalama olarak 16.07'den 13.80 değerine azaldığını ve HMF değerinin ise ortalama 7.65 mg/kg eğerinden 8.18 mg/kg değerine yükseldiğini gözlemlemiştir. İspanyol balları ile yapılan bu çalışmada 45 °C'de 48 saat boyunca ballar sıvılaştırılmış ve ardından 80 °C sıcaklıkta pastörize edilmiştir.

Cozmata ve diğ. (2011) yaptıkları çalışmada 0.5 ile 5 saat arasında bal örneklerini 50 °C, 80 °C ve 100 °C sıcaklıklara maruz bırakarak enzim ve HMF miktarlarını ölçmüştür. Diastaz mktarı 50 °C sıcaklıkta 3 saat ısıtıldığında diastaz değeri %53.71 azalırken 100 °C’de 0,5 saat sonunda %48.29 ve 80 °C’de 1 saat sonunda ise %49.55 oranında azalma göstermiştir. 50 °C’de ilk yarım saatte HMF oluşumu %0 iken 3 saat sonunda %47.19 olmuş, 80 °C’de 0,5 saat sonunda ise %27.9 artış gözlemlenmiştir. En yüksek HMF artışı 100 °C’de 1-5 saat arası uygulamada gerçekleşmiştir.

Turhan ve diğ. (2008) yaptıkları çalışmada salgı ve poliflora ballarını 75 °C, 90 °C ve 100 °C sıcaklıklarda 15 ile 90 dk arasında ısıtmıştır. Uyguladıkları işlemlerden sonra HPLC ile HMF miktarlarını ölçtüklerinde poliflora bal numunelerinde 90 °C sıcaklıkta 90 dk ve salgı ballarında 75 dk sonunda HMF miktarındaki artışın önemli olmadığı, 40 mg/kg limit değerini aşmadığı görülmüştür. Çalışma sonunda HMF değerindeki aşırı artışların depolama ile ilgili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Serrano ve diğ. (2007) yaptıkları çalışmada 49 adet Güney İspanya’ya yöresine ait bal numunelerinde işlem görmemiş olarak diastaz, invertaz ve HMF analizleri gerçekleştirmişlerdir. Diastaz değerleri ortalamaa olara 20 civarlarında, invertaz değerleri ise ortalama olarak 12 civarlarında saptanmıştır. HMF değerleri ise 0 ile 40 ppm arasında değişiklik göstermiştir.

Tosi ve diğ. (2004) yaptıkları çalışmada 80 °C ile 140 °C arasında 15 ile 60 sn işlem görmüş bal numunelerinde HMF ve diastaz değerlerini ölçmüşlerdir. Yapılan tüm testlerde diastaz sayısı ısıl işleme karşı en hassas parametre olarak saptanmıştır. En fazla kalite kaybına ise 140 °C sıcaklıkta 15 sn süresince uyulanan ısıl işlem sebep olmuştur. Diğer taraftan 80 °C sıcaklıkta 30-60 sn arası uygulanan ısıl işlemlerin baldaki kalite değişimine sebep olacak tüm mikroorganizmaları yok ettiği saptanmıştır. Bu sebeple balın pastörizasyonu için en uygun koşulların 80 °C’de 30-60 sn arası olmasını önermişlerdir.

Visquert ve diğ. (2004) ısıl işlemin balın depolanması sırasındaki kalitesine etkisini araştırmışlardır. 35°C ile 85°C sıcaklık aralığında 1 ile 672 saat arasında proses edilen bal numunelerinde HMF, asitlik, elektrik iletkenliği ve nem miktarındaki değişimler gözlemlenmiştir. Isıl işlem baldaki HMF miktarı önemli bir oranda arttırırken, diğer parametreler ısıl işlem den proses sırasında ve sonrasında depolanma sırasında etkilenmemiştir.

Isıl işlemin HMF oluşumu üzerine etkisi ayrıca Tosi ve diğ. (2002) tarafından da araştırılmıştır. Çalışma sonucunda HMF oluşumu kinetiğinin başlangıç HMF

değerine bağlı olmadığı saptanmıştır. Ayrıca termal işlem sıcaklığı ve süresinin HMF değerinin limit değerlerinin altında tutulması için kritik öneme sahip olduğunu bulmuşlardır.

Singh ve Bath (1998) farklı bal türlerinin ısıtılmasının HMF üzerine etkisini araştırmıştır. Isıtma sıcaklık ve süresinin HMF üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu saptanmıştır. Farklı bal türlerinin ısıtılmasının HMF oluşumu üzerinde de önemli farklılıklara sahip olduğu saptanmıştır.

Gupta ve diğ. (1992) farklı proses ve depolama koşullarının Hint balının fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Balın renginin depolama sıcaklığı ile doğrudan ilişkili olduğu saptanmıştır. Balın bozulmasının maksimum olduğu depolama koşulu ise 40°C olarak bulunmuştur. Diğer taraftan ise bu sıcaklık değerinde kristalizasyon kristallerin erimesi nedeniyle tamamen elimine edilmiştir. Yapılan duyuşal analiz sonuçlarına göre ise 6 ay sonunda 5°C sıcaklıkta depolanan bal numunelerinin diğer sıcaklıklarda (7-30°C, 40°C) depolanan ballara göre en yüksek skora sahip olduğu bulunmuştur.

2.3.2 Balın mikrodalga ve yüksek basınç ile prosesi

Kowalski (2013) yaptığı çalışmada bal numunelerini su banyosunda konvensiyonel olarak 90 °C sıcaklıkta 60 dk'ya kadar ve mikrodalgada 1.26 W/g sabit güçte 6 dk'ya kadar işleme tabi tutmuştur. Mikrodalga prosesi sonucu HMF oluşum hızı konvensiyonel yöntemle göre daha hızlı olarak saptanmıştır.

Bartakova ve diğ. (2011) yaptıkları çalışmada 26 farklı bal üzerinde uyguladıkları mikrodalga proste 80 ile 90 °C gibi yüksek sıcaklıklara ulaşılmasına rağmen HMF miktarında önemli bir artış gözlemlenmemiştir. Ayrıca farklı botanik orijinlere sahip bal numunelerindeki HMF artış miktarlarında da farklılıklar olduğu tespit edilmiştir.

Kowalski ve diğ. (2012) yaptıkları çalışmada 5 farklı bal çeşidinde 1.26 W/g bal gücünde 2, 4 ve 6 dk boyunca mikrodalga işleme tabi tutarak diastaz değerindeki değişimi gözlemlemişlerdir. Başlangıçta diastaz değerleri 15 ile 22 DN arasında değişen bal çeşitlerinde 6 dk sonra diastaz sayıları 5 ile 15 DN arasında olacak şekilde azalma göstermiştir.

Hebbat ve diğ. (2003) yaptıkları çalışmada 6.3 W/g, 9.1 W/g ve 11.9 W/g güç değerlerinde 60 ile 90 sn arasında uygulanan mikrodalga diastaz aktivitesini %50 oranında azaltmıştır. 16 W/g değerlerinde 45 sn. boyunca uygulanan mikrodalga diastaz aktivitesini minimum değer olan 8 DN altına düşürmüştür.

Bath ve Singh (2001) mikrodalga prosesin balda HMF oluşumu ve esmerleşme üzerine etkilerini araştırmışlardır. HMF oluşumu ve esmerleşme uygulanan mikrodalga gücü ve süresi arttıkça artış göstermiştir.

Fauzi ve Farid (2014) yaptıkları çalışmada 200-600 MPa basınçlarda 25-33 °C arası ve 53-74 °C arası sıcaklıklarda 10-30 dk arasında işleme maruz bırakmışlardır. HMF miktarında ($p>0,05$) önemli bir artış gözlemlenmez iken esmerleşme reaksiyonları sonucu oluşan pigmentlerde önemli bir artış saptanmıştır.

2.3.3 Balın ultrases ile prosesi

Ultrases prosesin balda ilk uygulamasını Kaloyereas (1955) gerçekleştirmiştir. Yaptığı çalışmada 9 kHz frekansta 30 dakika boyunca işleme tabi tuttuğu balları çeşitli depolama koşullarında saklamıştır. 4 haftalık depolama periyotları sırasında balda herhangi bir kristal oluşumuna rastlamamıştır. Liebel (1978), bu bulguları 18 kHz frekansta 5 dk boyunca uyguladığı işlem ile doğrulamıştır.

Thrasyvoulou ve diğ. (1994) 10 çeşit kristal bal üzerinde iki farklı metot kullanmıştır. 23 kHz frekansta 18-25 dakika ultrases süreci ve 60 °C sıcaklıkta 30 dakika geleneksel ısıtma yöntemlerini 300 gram bal örnekleri üzerinde denemiştir. Yapılan HMF analizleri sonucu ultrases işlem görmüş bal numunelerinde HMF miktarı %85.7 artış gösterirken, ısıtma işlem görmüş bal numunelerinde bu artış %128.7 olarak gerçekleşmiştir. Diastaz enzimi ise ultrases işlemde %16.2 oranında azalırken, ısıtma işlemde %23.1 oranında azalma göstermiştir. Aynı zamanda ultrases işlem görmüş bal numunelerinde kristalizasyonun ısıtma işlem görenlere göre çok daha uzun bir süre sonra gerçekleştiği saptanmıştır.

Avusturalyalı araştırmacılar tarafından 2007 yılında yapılan bir başka araştırmada ise ultrases işleminde 250 g kristalize bal için kullanılacak optimum prob çapı 40 mm olarak saptanmış, genliğin ise 12 µm olması gerektiği bulunmuştur. 50000 J enerjide 304 s ile 70000 J enerjide 434 s arasında uygulanacak olan ultrases miktarının balın kristallerini çözmek için yeterli olduğunu saptamışlardır. Ancak kristallerin tamamen çözünmesi 70000 J enerjide 434 s işlem sonrası gerçekleşmiştir. Tüm bu ultrases uygulamalarında gerçekleşen HMF artışı uygulanan ısıtma işlemlere göre ($P<0,05$) önem düzeyinde çok daha az miktarda gerçekleşmiştir. Bunun nedeni ise sanayide uygulanan 55 °C sıcaklıkta 16 saat ve ardından 72 °C sıcaklıkta 2 dk ısıtma işlem sürelerine oranla ultrases süreçte çok daha kısa sürelerin uygulanmış olması olarak belirtilmiştir. Enzim değerleri arasında ise ısıtma işlem görmüş ballara oranla önemli bir

fark gözlenmemiştir. Bu çalışma sonucunda Avusturalya balında (Salvation Jane Honey) kristalizasyonun çözülmesi için gerekli optimum enerji 0.126 kWh/kg olarak bulunmuştur (Bruce R. D'Arcy, 2007).

Kabbani ve diğ. (2011) yaptıkları çalışmada kristalize biberiye balını ultrases banyosunda 40 kHz frekansta, 200 W güç kullanarak 40-60 °C sıcaklıkta işleme tabi tutmuşlardır. Yapılan bu çalışmada balın kristallerinin çözüldüğü ve yalnızca ısı ile işlem uygulanan bala göre ultrases işlem uygulanmış balın daha net bir görünüme sahip olduğu bulunmuştur. Bu çalışmadan elde edilen bir başka sonuç ise ultrases kullanılarak 50 °C sıcaklık değeri aşılmadan balın kristallerinin çözülebileceğinin kanıtlanmış olmasıdır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

Bu çalışmada arıcılardan temin edilen 4 çeşit (geven, narenciye, ayçiçek ve pamuk) bal kullanılmıştır. Her bal çeşidinden 2 teneke (54 kg) temin edilmiştir. Temin edilen ballar oda koşullarında (22°C) kontrollü olarak gıda ile uyumlu LDPE kovalara aktararak muhafaza edilmiştir.

3.2 Metotlar

3.2.1 Ultrases denemeleri

Yapılan deneme çalışmalarında 4 çeşit balda toplam 17 farklı proses işlemi uygulanmıştır. Uygulanan proses parametreleri Çizelge 3.1’de verilmiştir:

Çizelge 3.1 : Denemelerde kullanılan proses parametreleri.

Prosesler	Güç (W)	Döngü	Frekans (kHz)	Sıcaklık (°C)
Kontrol	-	-	-	-
Deneme 2	200	0.5	24	-
Deneme 3	200	0.75	24	-
Deneme 4	200	1	24	-
Deneme 5	300	0.5	24	-
Deneme 6	300	0.75	24	-
Deneme 7	300	1	24	-
Deneme 8	400	0.5	24	-
Deneme 9	400	0.75	24	-
Deneme 10	400	1	24	-
Deneme 11	80	-	45	55
Deneme 12	-	-	-	55
Deneme 13	80	-	45	50
Deneme 14	-	-	-	50
Deneme 15	2000	-	20	-
Deneme 16	1500	-	20	-
Deneme 17	1000	-	20	-

Çizelge 3.1’de verilen sıcaklık değerleri proses sırasında sadece ultrases su banyosunda uygulanan ilave sıcaklık değerlerini göstermektedir. Deneme 1 kontrol grubunu (ham bal) göstermektedir ve bu ballara hiçbir işlem uygulanmamıştır. Deneme 2’den başlayarak Deneme 10’a kadar (Deneme 10 dahil) devam eden uygulamalar laboratuvar ölçeğinde gerçekleştirilen prob ultrases denemelerdir.

Deneme 11 ve deneme 13 ultrases su banyosundaki uygulamaları gösterirken, Deneme 12 ve deneme 14 ise geleneksel su banyosundaki uygulamaları belirtmektedir. Deneme 15’den başlayarak deneme 17 dahil yapılan uygulamalar ise TÜBİTAK MAM pilot tesiste gerçekleştirilen prob ultrases uygulamalarıdır.

Yapılan çalışmada 2 farklı tekrar gerçekleştirilmiştir. 1. ve 2. tekrar farklı zamanlarda gerçekleştirildiğinden ve balların ham bal değerleri arasındaki ciddi farklılıklardan dolayı istatistiksel analizler bu denemeler için ayrı ayrı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.1 Prob ultrases işleminin uygulanması

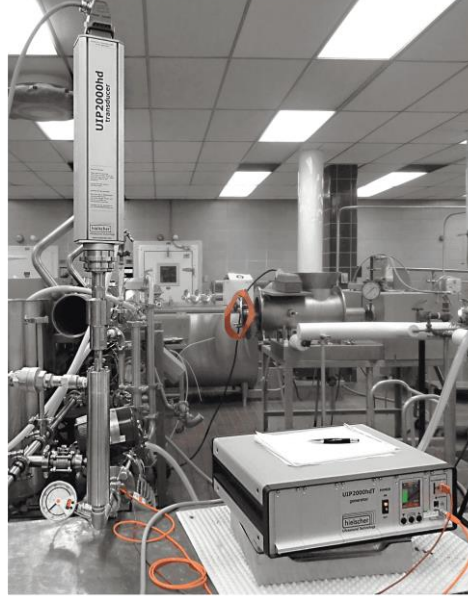
Bu çalışmada laboratuvar ölçekteki denemelerde (UP400S, Hielscher, Almanya) 400 W maksimum güce ve 24 kHz frekansa sahip yüksek güçlü prob ultrases cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.1). Çalışmalarda maksimum enerji yoğunluğu 85 W/cm^2 ve genliği 100 μm olan 22 mm çapında titanyum prob (H22D, Hielscher, Almanya) kullanılmıştır. Laboratuvar ölçekteki çalışmalarda her bir denemede 250 g bal kaba terazide plastik behere tartılmış ve prob bu beherin dibine kadar daldırılarak çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Her bir bal örneğine 3 farklı güç (%50, %75, %100), 3 farklı döngü (0.5-0.75-1) uygulanmıştır. Her bir deneme balın kristalizasyonu tamamen çözülene kadar sürdürülmüştür. Ultrases prosesi sırasında sıcaklık değerinin takibi için K tipi termokupl kullanılmış ve ulaşılan maksimum sıcaklıklar kayıt altına alınmıştır. Proses tamamlandıktan sonra ürünler buz banyosunda soğutularak analize alınana kadar $-18 \text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta muhafaza edilmiştir.

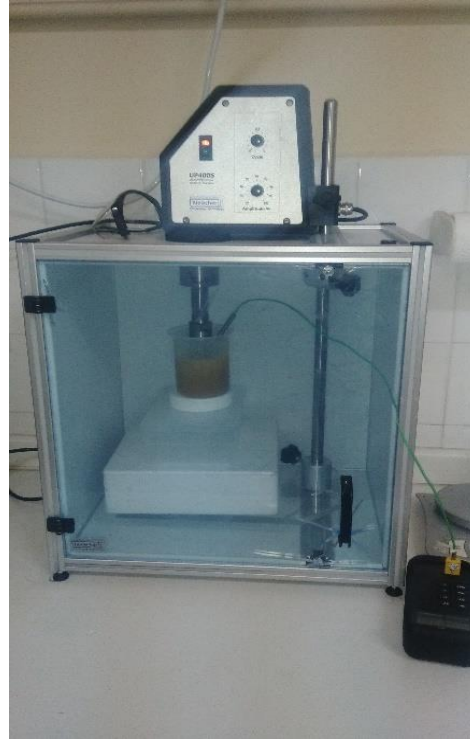
Ayrıca pilot ölçekte denemeler için Gebze TÜBİTAK MAM Gıda Enstitüsü Pilot Tesisi’nde yer alan (UIP 2000 hd Hielscher, Almanya) 2000 W maksimum güce ve 20 kHz frekansa sahip prob ultrases kullanılmıştır (Şekil 3.2). 22 mm çapında prob ile çalışılmıştır.

Pilot ölçekteki denemelerde ise sadece Geven balı ile çalışılmıştır. 3 farklı güç değerinde (%50, %75, %100) çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Her bir deneme için 6 kg bal plastik bir kova içerisine tartılmış ve denemeler bu kovalarda gerçekleştirilmiştir. Prob içinde bal bulunan kovanın dibine kadar daldırılmıştır. Proses sırasında probun balın her yüzeyine temas etmesi için karıştırma işlemi yapılmıştır. Her bir deneme balın kristalizasyonu tamamen çözülene kadar sürdürülmüştür. Ultrases prosesi sırasında sıcaklık değerinin takibi için K tipi

termokupl kullanılmış ve ulaşılan maksimum sıcaklıklar kaydedilmiştir. T B TAK'da gerçekleştirilen uygulama sırasında sıcaklık artışını engellemek için deneme ürünler buz banyosu içerisine konularak denemeler gerçekleştirilmiştir. Proses tamamlandıktan sonra ürünler buz banyosunda iyice soğutularak analize alınana kadar -18  C sıcaklıkta muhafaza edilmiştir.



şekil 3.1 : UIP 200 hd prob ultrases cihazı.



şekil 3.2 : UP 400S prob ultrases cihazı.

3.2.1.2 Ultrases su anyosu işleminin uygulanması

Bu çalışmada 45 kHz frekansa sahip ultrases su banyosu kullanılmıştır. Her bir bal çeşidinden cam kavanoza 250 g tartılarak ultrases su banyosunun içerisine yerleştirilmiştir. 55°C ve 50 °C sıcaklıklarda olmak üzere iki farklı sıcaklık değerinde balın kristalleri çözülene kadar işlemler devam ettirilmiştir. Proses sırasındaki sıcaklık değişimi K tipi termokupl ile gözlemlenmiştir. Proses tamamlandıktan sonra ürünler buz banyosunda soğutularak analize alınana kadar -18 °C sıcaklıkta muhafaza edilmiştir.

3.2.1.3 Su banyosu işleminin uygulanması

Bu çalışmada geleneksel su banyosu kullanılmıştır. Her bir bal çeşidinden cam kavanoza 250 g tartılarak su banyosunun içerisine yerleştirilmiştir. 55°C ve 50 °C sıcaklıklarda olmak üzere iki farklı sıcaklık değerinde balın kristalleri çözülene kadar işlemler devam ettirilmiştir. Proses sırasındaki sıcaklık değişimi K tipi termokupl ile gözlemlenmiştir. Proses tamamlandıktan sonra ürünler buz banyosunda soğutularak analize alınana kadar -18 °C sıcaklıkta muhafaza edilmiştir.

3.2.2 Analizler

Tüm analizler iki tekrarlı olarak hem işlem görmemiş ham bal örneklerinde hem de işlem görmüş bal numunelerinde gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.1 Nem analizi

Balın kırılma indisinin tayini ile su miktarı değerini standart tablo referans alınarak tayin edilmesine dayanır. Bal numunesinin sıcaklığının oda şartlarında (20-25 °C aralığında) olması gerekmektedir. Bal numunesinden yeteri kadarı refraktometrenin prizmasına kaplayacak şekilde koyulmuştur. Kapağı sıkıca kapatılarak yaklaşık bir dakika sonra (sıcaklığın dengeye gelmesi için) bir ışık kaynağına dik olarak tutulmuş ve göz açıklığından bakılmıştır. Mavi alanın bitimindeki çizgi baz alınarak % nem değerini okunmuştur. Prizmanın arkasında bulunan termometreye göre negatif ya da pozitif değeri okunmuştur. Okunan değer ilk okunan değerle toplanmış ve sonuçlar % olarak kaydedilmiştir. (AOAC 969.38:196).

3.2.2.2 HMF analizi

Bal numunesinde bulunan ve karbonhidratların ısıtılmasından oluştuğu bilinen hidroksimetil furfural, para-toluidin ve barbitürik asit ile muamele edilerek renkli bir

maddeye dönüştürülmüştür. Oluşan renkli çözeltinin absorbansı spektrofotometrik olarak ölçülerek hidroksimetil furfurol içeriği hesaplanmıştır (TS 3036, 2002).

3.2.2.3 Diastaz analizi

Diastaz analizi TS 3036 (2002) yöntemi uygulanarak yapılmıştır.

3.2.2.4 İnvertaz analizi

Baldaki invertaz enziminin pNPG substratı ile reaksiyonundan oluşan p-nitrofenolün spektrofotometrik olarak 400 nm’de ölçülmesi prensibine dayanan DIN 10754 (2002) yöntemi uygulanmıştır.

3.2.2.5 Renk analizi

Balın fotometrik olarak tintometre cihazında renginin Pfund Skala cinsinden okutulmasına dayalı AOAC 985.25 yöntemi uygulanmıştır (AOAC, 1986).

3.2.2.6 Viskozite analizi

Bal numunelerinde Fungilab viskozimetre cihazı ile (RV, spindle 6, hız 10 rpm) viskozite ölçümleri yapılmaktadır. Bal numunesinin sıcaklığının oda şartlarında ($25\pm0.2^{\circ}\text{C}$) olması gerekmektedir. Tüm ölçümler 10 rpm dönme hızında ve $25\pm0.2^{\circ}\text{C}$ ’de 5. dakikada gerçekleştirilmiştir. Viskozite ölçüm sonuçları centipoise (cP) birimi cinsinden kaydedilmiştir (Laos ve diğ., 2011).

3.2.2.7 Kristal ölçümü

Bal numunelerinde kristal ölçümü Lupano (1997)’nin yöntemine göre Diferansiyal Taramalı Kalorimetri (DSC) cihazında gerçekleştirilmiştir. Buna göre hermetik kaplarına 6-15 mg arasında bal numuneleri hassas terazi ile tartılmıştır. Referans olarak ise boş bir hermetik DSC kabı kullanılmıştır. Referans ve örnek 0-100 °C arasında 10 °C/dk hızla ısıtılmıştır. Erime entalpisi elde edilen piklerin altında kalan alanların integre edilerek hesaplanması ile J/g cinsinden elde edilmiştir (Lupano, 1997).

3.2.3 İstatistiksel analiz

İstatistiksel analizler Minitab Ver. 16.0 ve SPSS Ver. 23.0 istatistik programları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel analizlerde her bal çeşidinin başlangıçtaki her bir özelliği kovaryant olarak kabul edilmiş ve ultrases güç-döngü parametreleri (alt düzeyleri ile) faktöryel desene göre ANOVA ile analizlenmiştir. Bu analizde her faktörün alt düzeyleri ile birlikte yanıtlar üzerine interaksiyon

etkileri de incelenmiştir. Ayrıca ultrases su banyosu ve pilot denemelerde işlemler arasındaki farklılıklar Genel Doğrusal Model ile ANOVA ile analizlenmiş ve ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey testi ile incelenmiştir ($\alpha=0.05$).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Laboratuvar Ölçekte Prob Ultrases Uygulamaları İle Elde Edilen Sonuçlar

4.1.1 Balların işlem görmeden önceki analiz sonuçları

Yapılan çalışmalar sırasında kullanılan ham balların analiz sonuçları Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.1: Balların işlem görmeden önceki analiz sonuçları (1. Tekrar).

Analizler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Nem (%)	20.0	16.6	20.5	19.1
Diastaz (DN)	1.0	13.3	9.1	7.2
İnvertaz (U/kg)	21.7	181.6	21.7	15.5
HMF (mg/kg)	1.4	5.6	3.3	4.3
Renk	31.0	69.5	69.0	35.0

*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir.

Çizelge 4.2 : Balların işlem görmeden önceki analiz sonuçları (2. Tekrar).

Analizler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Nem (%)	19.4	17.3	21.7	19.7
Diastaz (DN)	1.0	11.9	11.2	9.3
İnvertaz (U/kg)	62.1	404.3	240.4	331.9
HMF (mg/kg)	89.9	8.3	14.0	35.9
Renk	29.5	77.0	66.5	32.5
Viskozite (cP)	11298.0	28773.0	2704.7	26399.0
Kristal Miktarı (g kristal/g bal)	0.271	0.184	0.350	0.259

*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir.

4.1.2 Uygulanan prosesler sonucu elde edilen sıcaklık ve süre değerleri

Bal numunelerinde prob ultrases prosesi kristalizasyon tamamen çözülene kadar devam ettirilmiştir. Bu noktaya kadar uygulanan prob ultrases prosesleri sonucu erişilen sıcaklık değerleri her iki tekrar deneme için bir sonraki sayfada Çizelge 4.3 ve 4.4’de verilmektedir.

Çizelge 4.3 : Prob ultrases prosesleri sonucunda balların ulaştığı maksimum sıcaklıklar (°C).

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 2	46.5 ^d	63.0 ^a	63.5 ^a	59.3 ^b
Deneme 3	54.4 ^{cd}	70.0 ^a	60.2 ^a	64.0 ^{ab}
Deneme 4	74.2 ^{abc}	73.5 ^a	68.2 ^a	65.5 ^{ab}
Deneme 5	56.4 ^{bcd}	69.6 ^a	58.8 ^a	53.7 ^b
Deneme 6	69.3 ^{abcd}	80.1 ^a	71.2 ^a	72.5 ^{ab}
Deneme 7	81.8 ^a	83.0 ^a	67.3 ^a	73.6 ^{ab}
Deneme 8	74.7 ^{abc}	63.0 ^a	62.2 ^a	59.1 ^b
Deneme 9	79.8 ^{ab}	73.5 ^a	69.7 ^a	72.5 ^{ab}
Deneme 10	79.3 ^{ab}	83.1 ^a	68.0 ^a	80.8 ^a

*Tablodaki rakamlar 1. ve 2. tekrardaki ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar P<0.05 önem düzeyinde farklı değildir.

Laboratuvar ölçekteki ultrases uygulamalarında sıcaklık değerleri her iki tekrar denemelerde ortalama 68.3 °C sıcaklığına ulaşmıştır. (Çizelge 4.3).

Uygulanan prob ultrases işlemleri sonrası narenciye balında ortalama sıcaklık 68.5 °C'ye geven balında 73.2 °C'ye ayçiçek balında 64.9 °C'ye ve pamuk balında 66.8 °C'ye ulaşmıştır.

Darcy (2007) yaptığı çalışmada prob ultrases uyguladığı örneklerde sıcaklığın ortalama 67 °C'lere kadar ulaştığını belirtmiş olup, bu çalışmada elde edilen sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

Bal numunelerinin kristalizasyonun tam olarak çözülmesi için gereken süreler ise her iki tekrar deneme için Çizelge 4.4'de verilmektedir.

Çizelge 4.4 : Bal numunelerinin çözülme süreleri (dk).

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 2	13.5 ^a	23.5 ^a	16.5 ^a	20.8 ^a
Deneme 3	8.3 ^{bc}	11.0 ^a	8.3 ^a	9.5 ^b
Deneme 4	6.5 ^{bc}	7.8 ^a	6.0 ^a	6.3 ^b
Deneme 5	11.5 ^{ab}	12.7 ^a	12.3 ^a	10.0 ^b
Deneme 6	8.0 ^{bc}	8.3 ^a	6.8 ^a	7.8 ^b
Deneme 7	5.0 ^c	6.3 ^a	4.8 ^a	4.5 ^b
Deneme 8	13.7 ^a	27.3 ^a	9.2 ^a	10.2 ^b
Deneme 9	6.0 ^c	12.5 ^a	5.0 ^a	5.7 ^b
Deneme 10	4.2 ^c	5.3 ^a	3.8 ^a	4.2 ^b

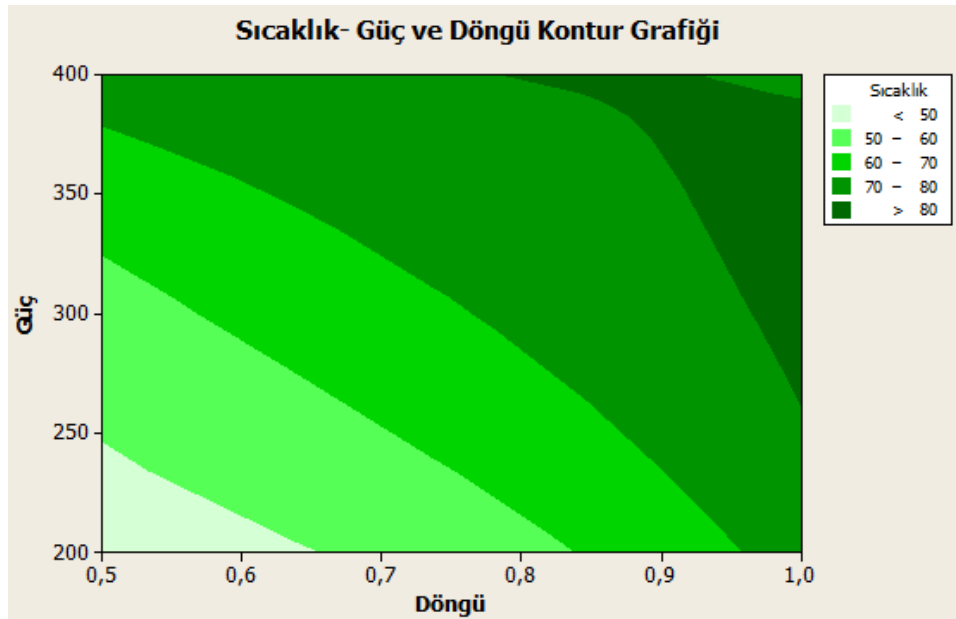
*Tablodaki rakamlar 1. ve 2. tekrardaki ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar P<0.05 önem düzeyinde farklı değildir.

Çizelge 4.4'den elde edilen verilere göre; narenciye, geven, ayçiçek ve pamuk ballarının kristalizasyonun çözülmesi en kısa 10 nolu deneme (400 w, 1 döngü) uygulaması sonrası gözlenmiştir. 400 w güçte %100 döngü ile yapılan bu uygulama prosesler içerisinde en yüksek güce sahip denemedir. Güç değeri arttıkça ultrases dalgalarının bal üzerindeki etkisi çok daha çabuk bir şekilde görülmüş ve kristaller de diğer proseslere göre en hızlı bu denemede çözülmüştür.

Darcy (2007) yaptığı çalışmada Avusturalya ballarında prob ultrases uygulaması ile 250 g balın çözülme süresini maksimum 84 s olarak saptamıştır. Bu çalışmada elde edilen veriler ise daha yüksek olarak bulunmuştur. Bu farklılığın araştırmada incelenen bal numunelerinin viskozite ve ilk kristal miktarı değerlerinin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Çizelge 4.2). Türkiye ballarında yapılmış bir araştırma olmadığından sonuçlar karşılaştırılmamaktadır.

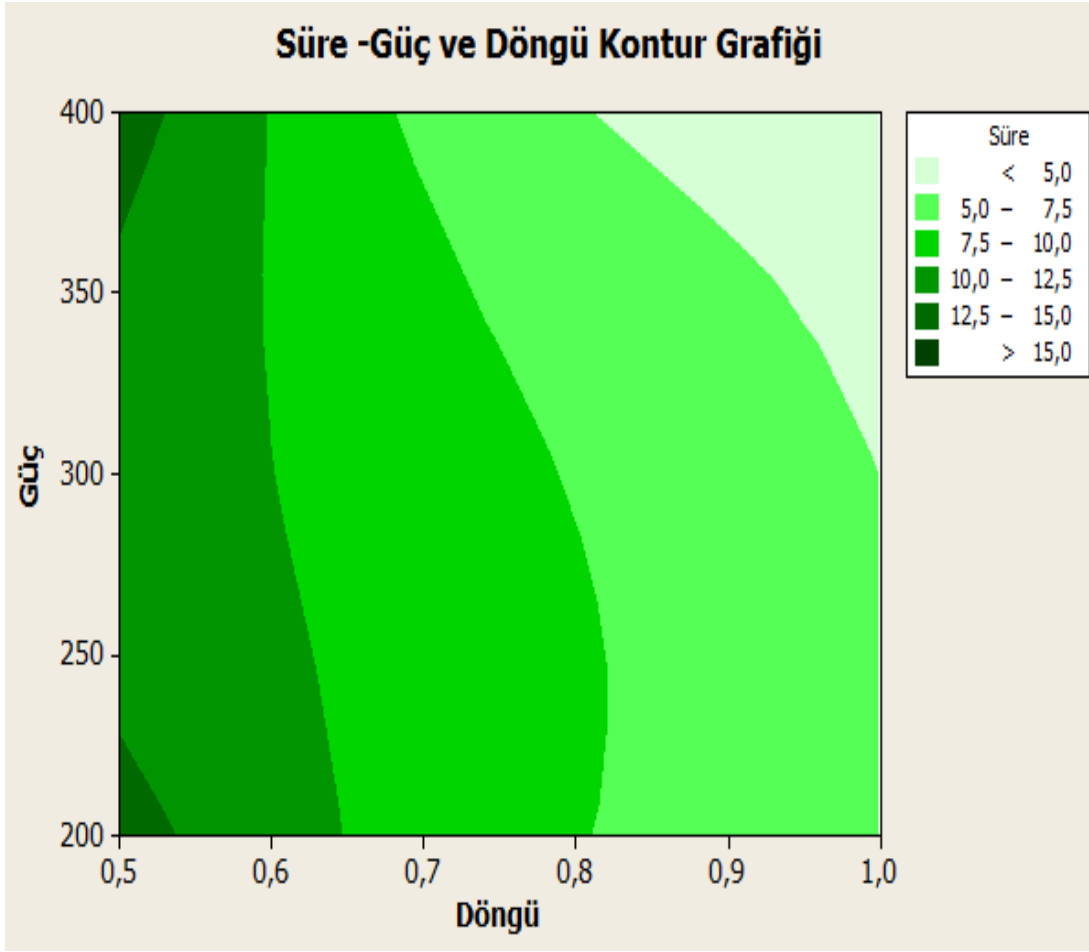
Narenciye bal numunelerinde güç ve döngü değerleri sıcaklık değişimi üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkiye sahip iken, güç ve döngü interaksiyonunun sıcaklık üzerine önemli bir etkisi olmadığı saptanmıştır ($p<0.05$). Narenciye balında döngünün süre üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkide bulunduğu belirlenirken, diğer parametrelerin önemli olmadığı anlaşılmıştır ($p<0.05$) (Çizelge A.1 ve Çizelge A.2).

Narenciye balına prob ultrases uygulamasında güç ve döngü değerleri arttıkça balın ulaştığı sıcaklık dereceleri de artış göstermektedir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 : Narenciye balına prob ultrases uygulamasında güç ve döngünün sıcaklık üzerine etkisi.

Ayrıca narenciye balının prob ultrases ile proses edilmesi sırasında döngü değeri arttıkça proses süresinin de azaldığı Şekil 4.2’de rahatlıkla görülmektedir.



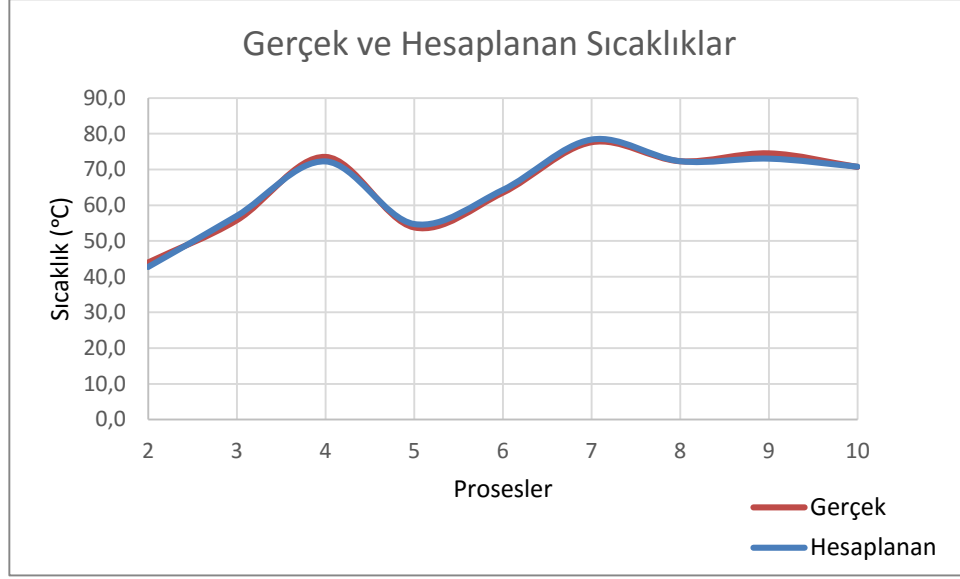
Şekil 4.2 : Narenciye balına prob ultrases uygulamasında güç ve döngünün süre üzerine etkisi.

Narenciye balında güç ve döngü değerlerinin yanı sıra uygulanan süre ve viskozite değerine de bağlı olarak sıcaklığın değiştiği yapılan regresyon analizi ile belirlenmiştir ($R^2 = 97\%$).

$$Sıcaklık = 12.871 + 0.39659 \times Güç + 142.697 \times Döngü + 1.0685 \times Süre - 0.026857 \times Viskozite - 0.303533 \times (Güç * Döngü) \quad (4.1)$$

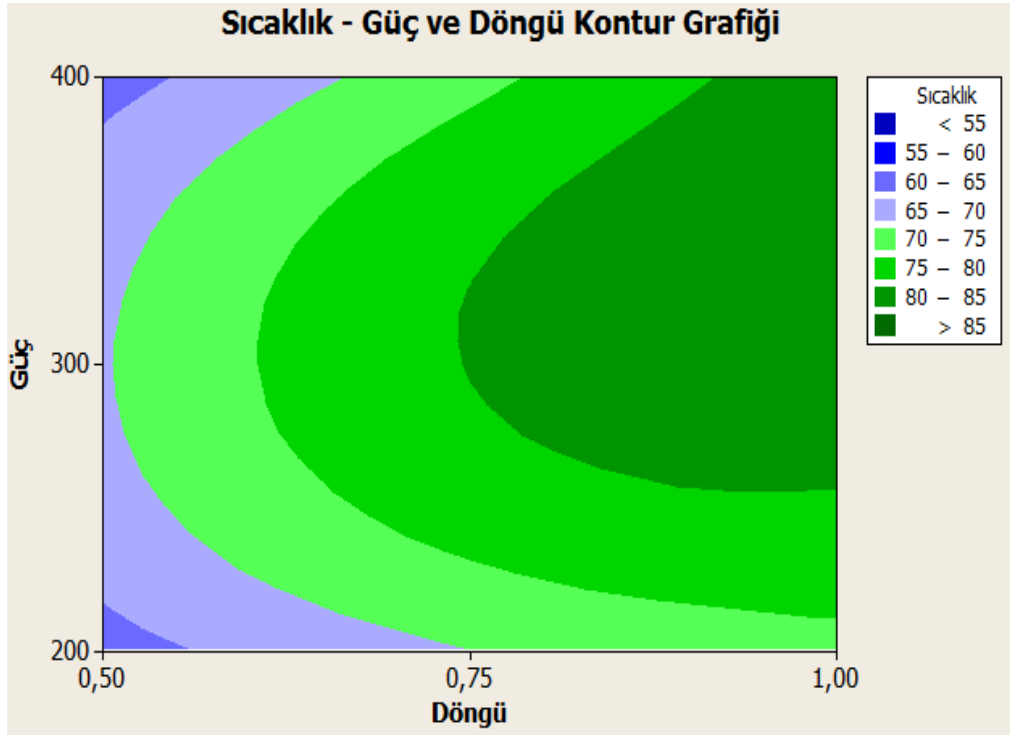
Denklem 4.1’den de elde edilen verilere göre güç, döngü ve süre değerleri arttıkça narenciye balının ulaştığı sıcaklık değeri de artış göstermektedir. Denklem 4.1’de verilen viskozite değeri uygulanan işlem sonrası balın ulaştığı viskozite değerini göstermektedir. Bu sebeple viskozite değeri uygulanan işlem sonrası ne kadar çok azalır ise sıcaklık değeri de o kadar çok artış göstermektedir.

Şekil 4.3’de narenciye balında sıcaklık değerinin proses sırasında ölçülen gerçek değerler ve denklem 4.1 kullanılarak hesaplanan değerlere göre değişimi verilmiştir.



Şekil 4.3 : Narenciye balında sıcaklık değişimi gerçek ve hesaplanan değerlerin karşılaştırılması.

Geven balında döngü değeri arttıkça sıcaklık değerinde meydana gelen artış bir sonraki sayfada Şekil 4.4’de verilmiştir.

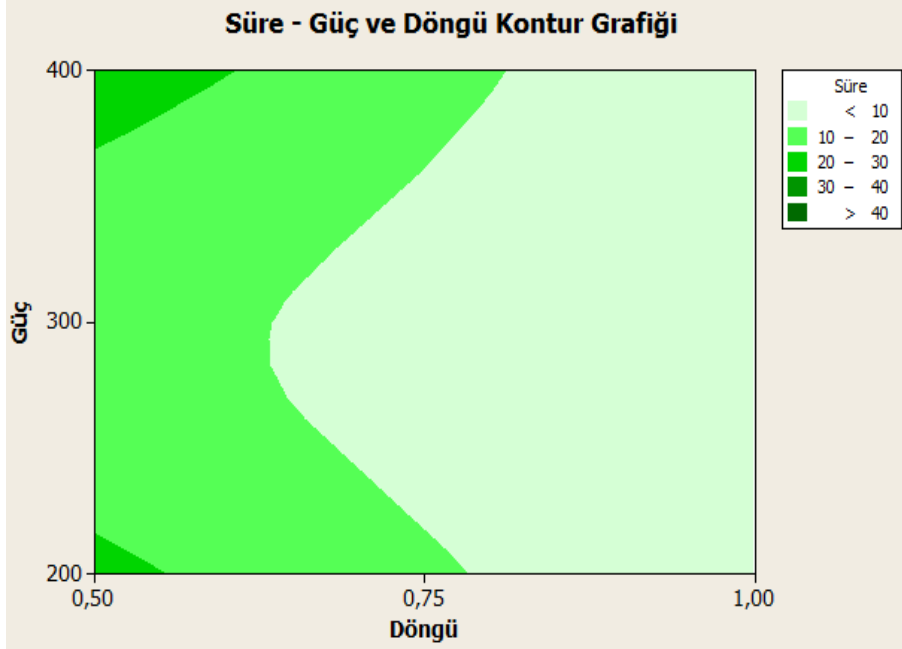


Şekil 4.4 : Geven balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün sıcaklık üzerine etkisi.

Geven balı numunelerinde döngü değeri sıcaklık değişimi üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkiye sahip iken, güç ile güç ve döngü interaksiyonunun sıcaklık üzerine bir etkisi olmadığı saptanmıştır ($p < 0.05$). Geven balında döngünün süre üzerine

istatistiksel olarak önemli bir etkide bulunduğu belirlenirken, diğer parametrelerin önemli olmadığı anlaşılmıştır ($p<0.05$) (Çizelge A.3 ve Çizelge A.4).

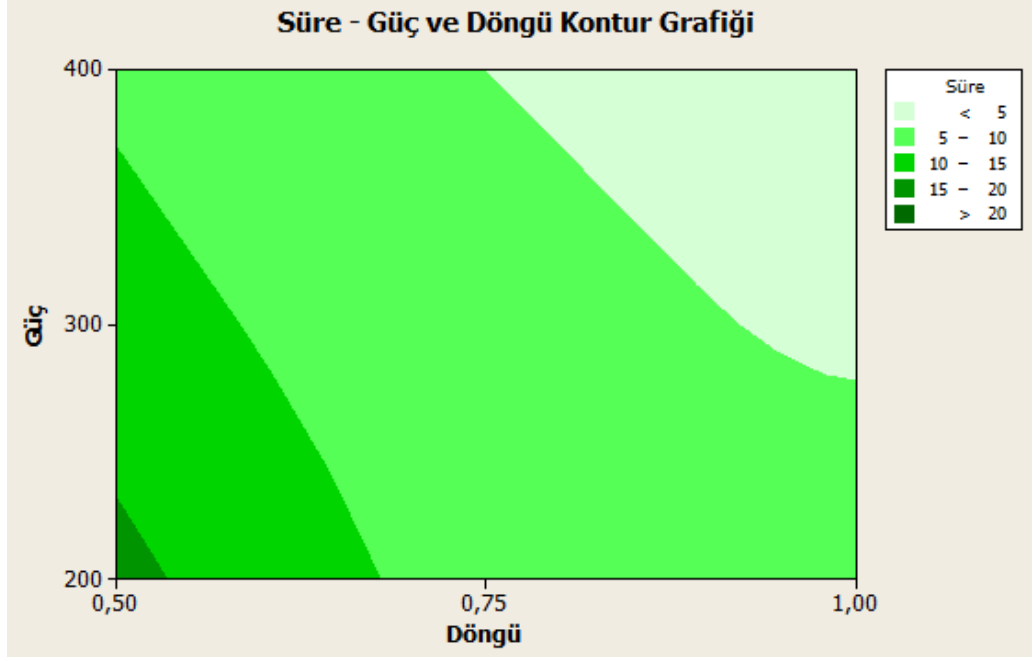
Geven balı numunelerinde döngünün süre üzerine nasıl bir etkiye sahip olduğu Şekil 4.5’de verilmiştir.



Şekil 4.5 : Geven balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün süre üzerine etkisi.

Döngü arttıkça uygulanan proses süresi kısalmaktadır. Bu davranış tüm bal numunelerinde aynı olarak gözlemlenmiştir (Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4). Bu aslında beklenen bir sonuçtur, çünkü döngü değeri arttıkça ses dalgalarının kesikli olarak uygulanmasından sürekli olarak uygulanmasına doğru artış yaşanmaktadır ve bu şekilde ultrases cihazı etkisini çok daha çabuk göstermektedir. Ses dalgalarının sürekli olarak uygulanırılığı arttıkça kavitasyon ile oluşan yüksek sıcaklık ve basınç noktaları da artış göstermekte ve bu şekilde ortaya çıkan yüksek enerji sebebiyle ultrases uygulanan madde üzerindeki etki süresi de kısalmaktadır.

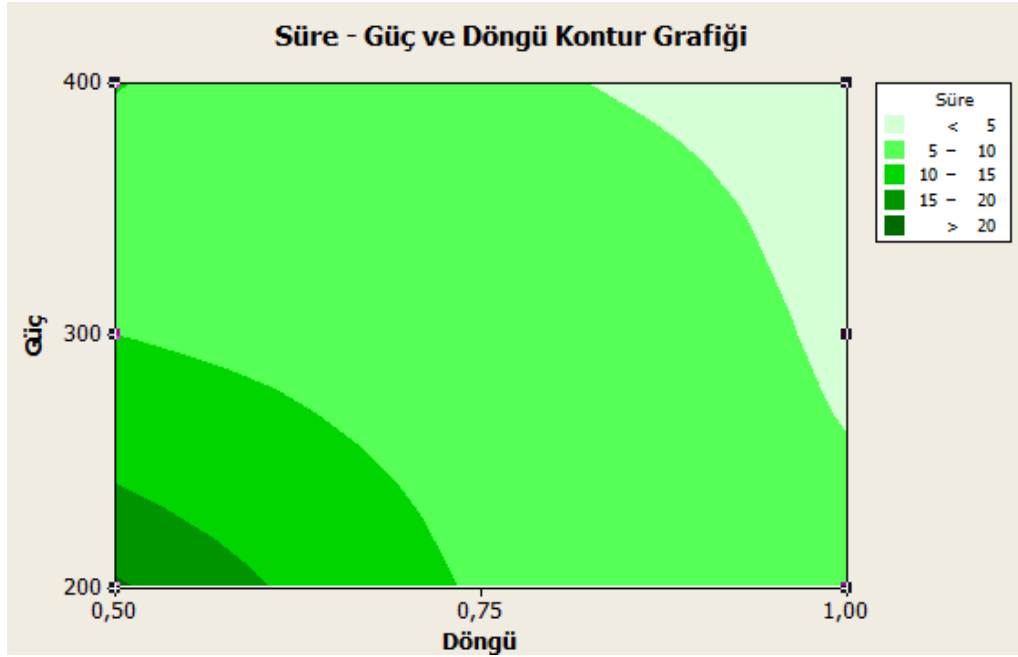
Ayçiçek balı numunelerinde döngü değeri sıcaklık değişimi üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkiye sahip iken, güç ile güç ve döngü interaksiyonunun sıcaklık üzerine bir etkisi olmadığı saptanmıştır ($p<0.05$). Ayçiçek balında döngünün süre üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkide bulunduğu belirlenirken, diğer parametrelerin önemli olmadığı anlaşılmıştır ($p<0.05$) (Çizelge A.5 ve Çizelge A.6). Ayçiçek balında uygulanan ultrases proses ile döngü arttıkça proses süresinin kısaldığı açık bir şekilde görülmektedir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 : Ayçiçek balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün süre üzerine etkisi.

Pamuk balında döngü değeri sıcaklık üzerinde istatistiksel önemde ($p < 0.05$) etkiye sahip iken, güç ve diğer parametrelerin sıcaklık üzerine etkisi yoktur. Yine pamuk balında süre üzerine istatistiksel anlamda ($p < 0.05$) güç, döngü ve güç*döngü interaksiyonunun etkili olduğu anlaşılmıştır (Çizelge A.7 ve Çizelge A.8).

Pamuk balında sürenin güç ve döngü değerleri üzerinde nasıl bir etkiye sahip olduğu Şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.7 : Pamuk balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün sıcaklık üzerine etkisi.

4.1.2 Uygulanan prosesler sonucu elde edilen nem değerleri

Laboratuvar ölçekte UIP 400S ultrases cihazı ile uygulanan 9 farklı işlemin nem analizi sonuçları Çizelge 4.5 ve 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.5 : 1. tekrarda uygulanan prob ultrases prosesleri sonucu balların nem içeriklerindeki değişiklikler (%).

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 2	18.4 ^b	15.7 ^a	19.1 ^a	17.2 ^a
Deneme 3	18.3 ^{bc}	15.6 ^a	18.6 ^{ab}	17.1 ^a
Deneme 4	18.1 ^d	15.6 ^a	18.1 ^b	17.2 ^a
Deneme 5	18.2 ^{bcd}	15.5 ^a	18.4 ^b	17.0 ^a
Deneme 6	17.6 ^e	15.6 ^a	18.4 ^b	17.1 ^a
Deneme 7	17.6 ^e	15.6 ^a	18.1 ^b	17.1 ^a
Deneme 8	18.2 ^{cd}	15.6 ^a	18.6 ^{ab}	17.0 ^a
Deneme 9	18.6 ^a	15.6 ^a	18.5 ^{ab}	17.1 ^a
Deneme 10	18.1 ^d	15.7 ^a	18.0 ^b	17.1 ^a

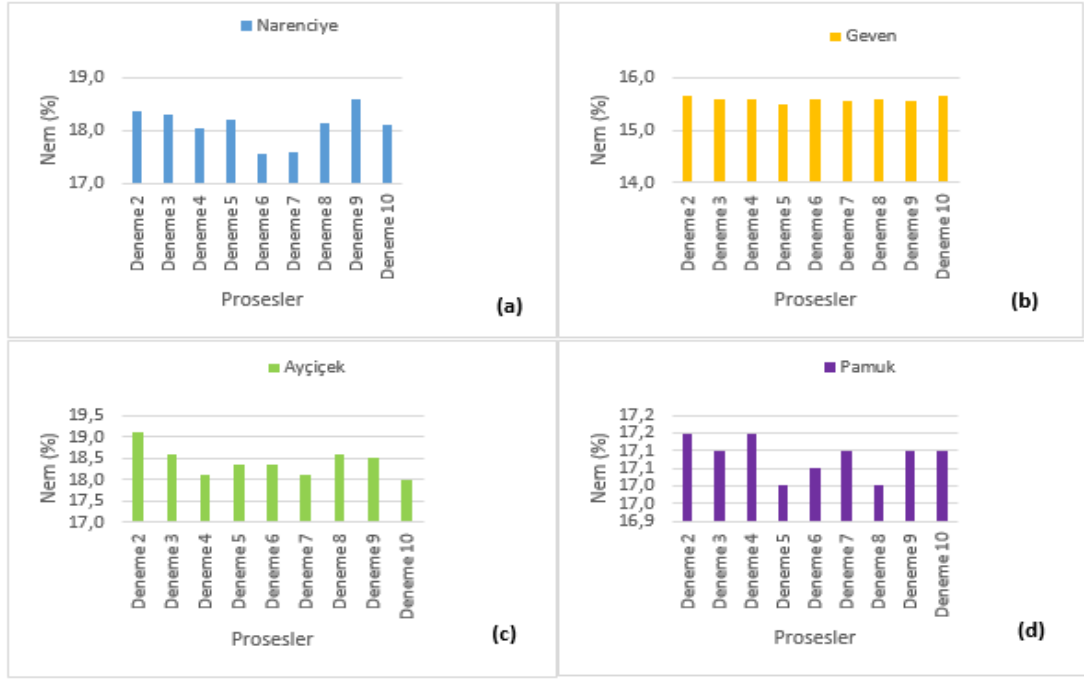
*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar P<0.05 önem düzeyinde farklı değildir.

Çizelge 4.6 : 2. tekrarda uygulanan prob ultrases prosesleri sonucu balların nem içeriklerindeki değişiklikler (%).

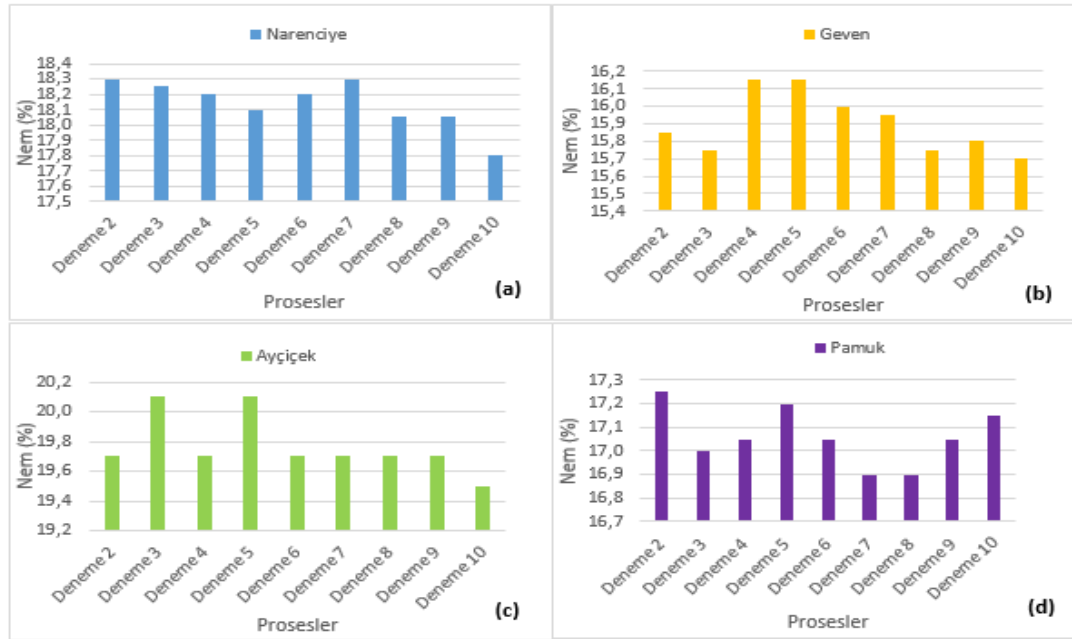
Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 2	18.3 ^a	15.9 ^{ab}	19.7 ^a	17.3 ^a
Deneme 3	18.3 ^a	15.8 ^{ab}	20.1 ^a	17.0 ^a
Deneme 4	18.2 ^a	16.2 ^a	19.7 ^a	17.1 ^a
Deneme 5	18.1 ^a	16.2 ^a	20.1 ^a	17.2 ^a
Deneme 6	18.2 ^a	16.0 ^{ab}	19.7 ^a	17.1 ^a
Deneme 7	18.3 ^a	16.0 ^{ab}	19.7 ^a	16.9 ^a
Deneme 8	18.1 ^a	15.8 ^{ab}	19.7 ^a	16.9 ^a
Deneme 9	18.1 ^a	15.8 ^{ab}	19.7 ^a	17.1 ^a
Deneme 10	17.8 ^a	15.7 ^b	19.5 ^a	17.2 ^a

*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar P<0.05 önem düzeyinde farklı değildir.

Elde edilen sonuçlara göre ham bala ultrases prosesi uygulandıkça nem içeriğinde hafif düşüşler yaşanmaktadır (Çizelge 4.2, Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6). Ham balın kristalize olduğu göz önüne alındığında bu beklenen bir sonuçtur. Bal 45 °C sıcaklığın altında glikoz monohidrat olarak kristalleşmektedir ve kristal hali ile glikoz molekülü yalnızca 1 mol su molekül bağlayabilmektedir. Balın kristalleri (glikoz monohidrat) çözüldüğünde ise glikoz molekülünden 1 mol su molekülü ayrılır ve glikoz molekülünde bulunan 5 ayrı hidroksil grubu da su moleküllerini bağlayabilir duruma gelir. Bu sayede sıvı haldeyken balda bulunan serbest su molekülleri azalır. Bu nedenle de ölçülebilen su miktarı kristal bala göre daha azdır (Gleiter ve diğ, 2006).



Şekil 4.8 : Prob ultrases 1. tekrarda balların nem içeriği: (a) Narenciye. (b) Geven. (c) Ayçiçek. (d) Pamuk



Şekil 4.9 : Prob ultrases 2. tekrarda balların nem içeriği: (a) Narenciye. (b) Geven. (c) Ayçiçek. (d) Pamuk

Narenciye balında 1. tekrarda güç, döngü ve güç*döngü interaksionu nem üzerinde istatistiksel önemde ($p < 0.05$) etkiye sahip iken, 2. tekrarda hiçbir faktör nem üzerinde istatistiksel önemde ($p < 0.05$) etkiye sahip bulunmamıştır (Çizelge A.9 ve Çizelge A.10).

Ayrı zamanlarda gerçekleştirilen bu iki farklı tekrarda aynı bal çeşidi kullanılmasına rağmen sonuçlarda meydana gelen bu değişikliğin balın ilk kristal hali ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Zira, ilk denemede kullanılan balın kristal miktarı ikinci denemede kullanılan aynı balın kristal miktarına göre daha yüksektir (Çizelge 4.2). Bu farklılığın sonuçlar üzerinde bir etki yarattığı öngörülmüştür.

Narenciye balına uygulanan güç ve döngü değerleri arttıkça nem miktarında düşüşler yaşandığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8).

Geven balına prob ultrases uygulaması sonrası her iki tekrarda da güç faktörü ve güç*döngü interaksyonu nem üzerinde istatistiksel önemde ($p<0.05$) etkiye sahip bulunmuştur (Çizelge A.11 ve Çizelge A.12).

Ayçiçek balına prob ultrases uygulamasında 1. tekrarda güç ve döngü faktörleri nem üzerinde istatistiksel önemde ($p<0.05$) etkiye sahip iken, 2. tekrarda bu faktörlerin üzerinde istatistiksel önemde ($p<0.05$) nem üzerinde etkiye sahip olmadığı bulunmuştur (Çizelge A.13 ve Çizelge A.14).

Ayçiçek balına prob ultrases uygulaması sırasında güç ve döngü değerler arttıkça nem miktarında azalma meydana gelmektedir (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6).

Pamuk balına prob ultrases uygulamasında 1. tekrarda yalnızca güç faktörü nem üzerinde istatistiksel önemde ($p<0.05$) etkiye sahip iken, 2. tekrarda hiçbir faktörün istatistiksel önemde ($p<0.05$) nem üzerinde etkiye sahip olmadığı saptanmıştır (Çizelge A.15 ve Çizelge A.16).

4.1.3 Uygulanan prosesler sonucu elde edilen diastaz değerleri

Laboratuvar ölçekte UIP 400S ultrases cihazı ile uygulanan 9 farklı işlemin diastaz sayısı analizi sonuçları Çizelge 4.7 ve 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.7 : 1. tekrarda uygulanan prosesler sonucu balların diastaz sayıları.

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 2	<1 ^a	11.4 ^{ab}	7.9 ^b	7.2 ^{ab}
Deneme 3	<1 ^a	12.0 ^{ab}	9.2 ^a	7.5 ^a
Deneme 4	<1 ^a	11.9 ^a	9.1 ^a	7.5 ^a
Deneme 5	<1 ^a	11.5 ^{ab}	9.1 ^a	7.1 ^{ab}
Deneme 6	<1 ^a	10.9 ^b	8.8 ^a	7.2 ^{ab}
Deneme 7	<1 ^a	11.4 ^{ab}	8.8 ^a	7.1 ^{ab}
Deneme 8	<1 ^a	11.5 ^{ab}	9.2 ^a	6.8 ^b

Çizelge 4.8 (devam) : 1. tekrarda uygulanan prosesler sonucu balların diastaz sayıları.

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 9	<1 ^a	11.9 ^a	9.1 ^a	6.6 ^b
Deneme 10	<1 ^a	11.4 ^{ab}	9.1 ^a	5.9 ^c

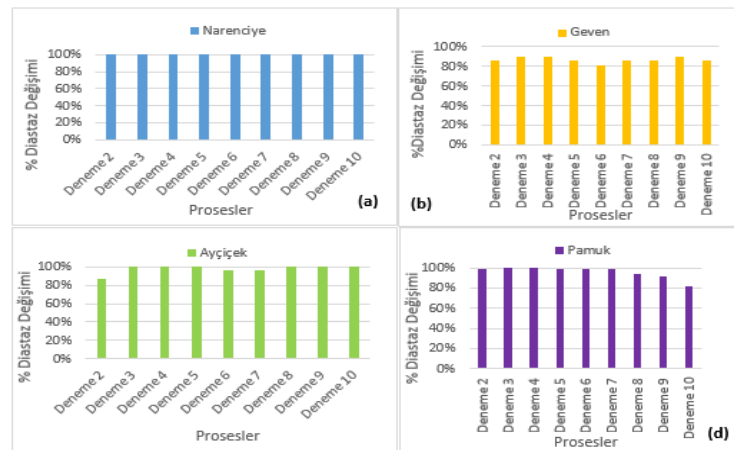
Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar $P < 0.05$ önem düzeyinde farklı değildir.

Çizelge 4.9 : 2. tekrarda uygulanan prosesler sonucu balların diastaz sayıları.

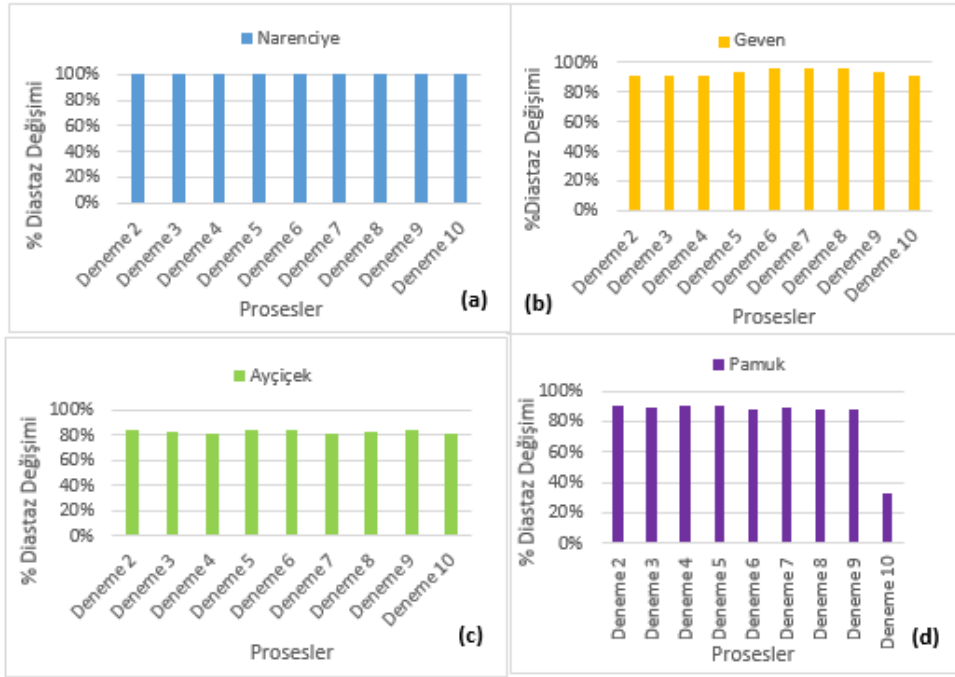
Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 2	<1 ^a	10.9 ^a	9.4 ^a	8.3 ^a
Deneme 3	<1 ^a	10.9 ^a	9.3 ^a	8.2 ^a
Deneme 4	<1 ^a	10.9 ^a	9.1 ^a	8.3 ^a
Deneme 5	<1 ^a	11.2 ^a	9.4 ^a	8.3 ^a
Deneme 6	<1 ^a	11.4 ^a	9.4 ^a	8.1 ^a
Deneme 7	<1 ^a	11.4 ^a	9.1 ^a	8.2 ^a
Deneme 8	<1 ^a	11.4 ^a	9.3 ^a	8.1 ^a
Deneme 9	<1 ^a	11.2 ^a	9.4 ^a	8.1 ^a
Deneme 10	<1 ^a	10.9 ^a	9.1 ^a	3.0 ^b

*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar $P < 0.05$ önem düzeyinde farklı değildir.

Ultrases prob uygulamalarında diastaz miktarında ham balın değerine göre bir azalma meydana geldiği gözlemlenmiştir. Narenciye ham balında da diastaz bulunamadığından narenciye balında diastaz miktarındaki değişim analizlenememiştir. Tüm bal numunelerinde uygulanan prob ultrases işleme göre diastaz sayısında %0 -% 27 arasında bir azalma meydana gelmiştir (Şekil 4.10 ve Şekil 4.11).



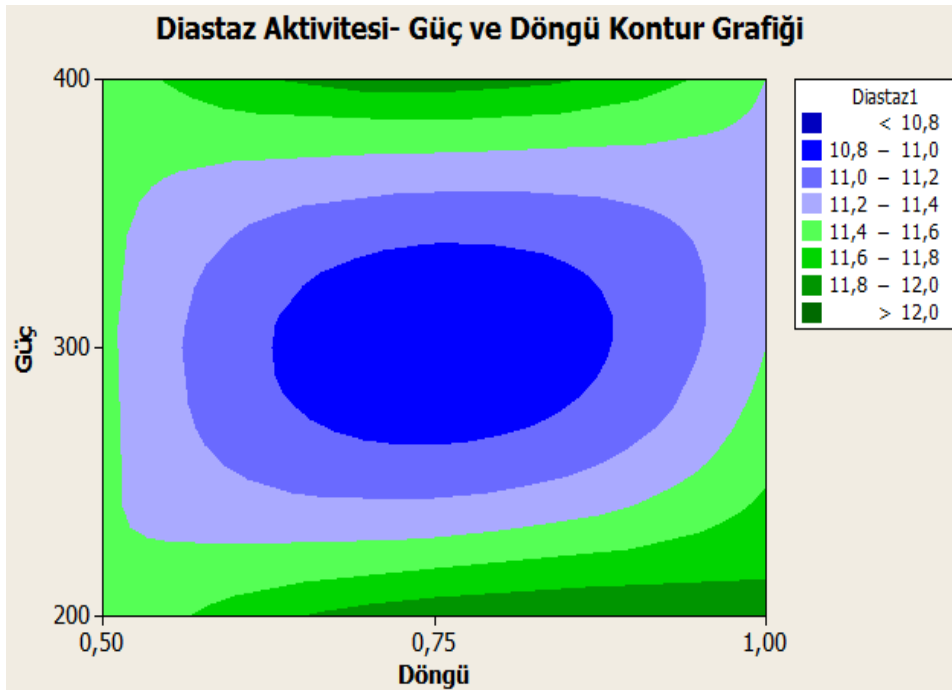
Şekil 4.10 : Prob ultrases 1. tekrarda diastaz : (a) Narenciye. (b) Geven. (c) Ayçiçek. (d) Pamuk



Şekil 4.11 : Prob ultrases 2. tekrarda diastaz : (a) Narenciye. (b) Geven. (c) Ayçiçek. (d) Pamuk

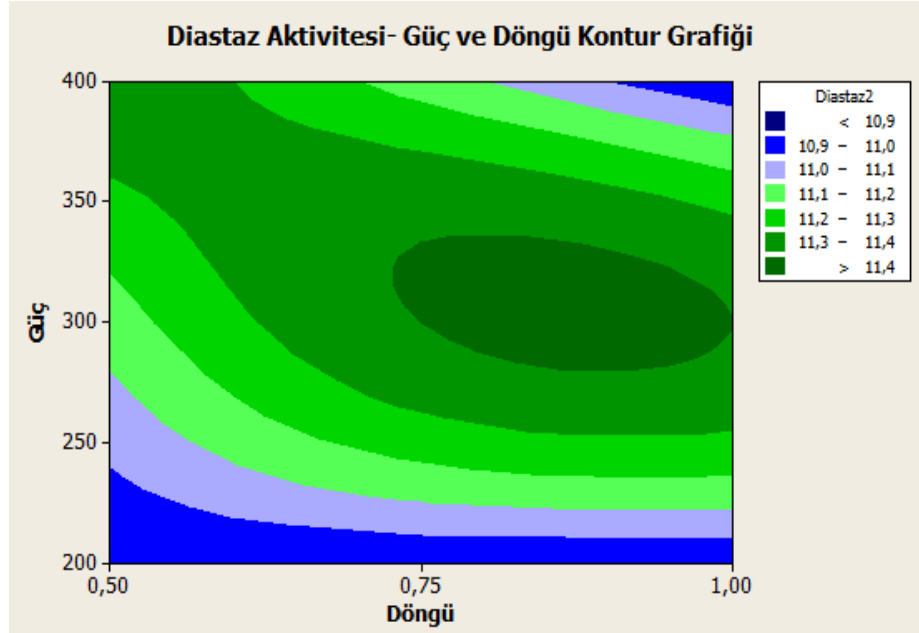
Geven balında yapılan kovaryantlı faktöriyel analiz sonuçlarına göre 1. tekrarda güç faktörü ve güç*döngü interaksyonu istatistiksel önemde ($p < 0.05$) diastaz sayısı üzerinde etkiye sahip iken, ikinci tekrarda ise yalnızca güç faktörünün istatistiksel önemde ($p < 0.05$) diastaz üzerinde etkili olduğu bulunmuştur (Çizelge A.17).

1. tekrarda diastaz sayısı üzerine güç ve döngünün etkisi Şekil 4.12’de verilmiştir.



Şekil 4.12 : Geven balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün diastaz üzerine etkisi (1. tekrar).

Geven balında 2. tekrarda güç ve döngünün diastaz sayısı üzerine etkisi Şekil 4.13’de verilmiştir. Güç çok arttıkça veya çok azaldıkça geven balının diastaz sayısında bir düşüş gözlemlenmektedir (Çizelge A.18).



Şekil 4.13 : Geven balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün diastaz üzerine etkisi (2. tekrar).

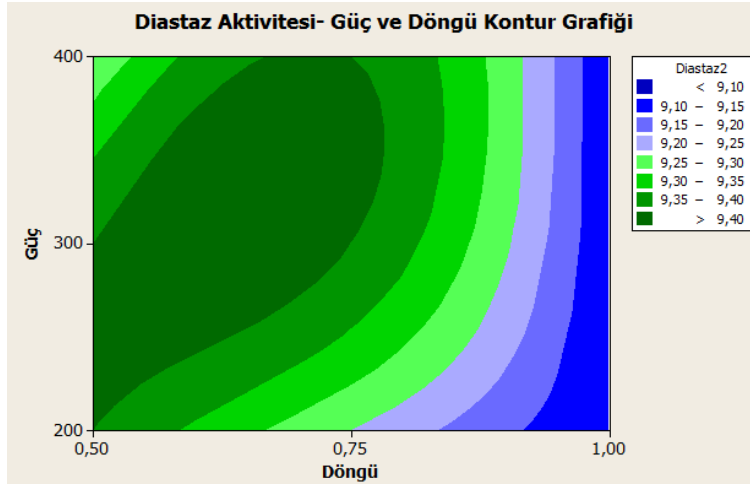
Geven balında 200 w güçte diastaz sayısının diğer proseslere kıyasla ham bal değerine göre en düşük miktarına ulaşmasının artan proses süresi ile ilişkili olduğu öngörülmektedir (Çizelge 4.6). Ayrıca en yüksek güç (400 w) uygulandığında ise sıcaklık miktarında meydana gelen aşırı artış sebebiyle diastaz miktarında yine diğer proseslere oranla daha fazla düşüş yaşandığı öngörülmektedir (Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.6).

Geven balına prob ultrases uygulaması sonrasında diastaz miktarında 1. tekrarda %10 ile %14 arasında bir azalma meydana gelirken, 2. tekrarda %4 ile %8 arasında bir azalma gözlemlenmiştir (Şekil 4.10 ve Şekil 4.11).

Ayçiçek balına prob ultrases uygulaması sırasında ise 1. tekrarda güç ve döngü faktörleri ile güç*döngü interaksiyonunun istatistiksel önemde ($p<0.05$) diastaz sayısı üzerinde etkili olduğu bulunurken, 2. tekrarda yalnızca döngü faktörünün istatistiksel önemde ($p<0.05$) diastaz sayısı üzerinde etkili olduğu saptanmıştır (Çizelge A.19 ve Çizelge A.20).

Ayçiçek balına prob ultrases uygulaması sonrasında diastaz miktarında 1. tekrarda %0 ile %13 arasında bir azalma meydana gelirken, 2. tekrarda %16 ile %18 arasında bir azalma gözlemlenmiştir (Şekil 4.10 ve Şekil 4.11).

Ayçiçek balında diastaz miktarında meydana gelen değişimler Şekil 4.14’de verilmiştir.

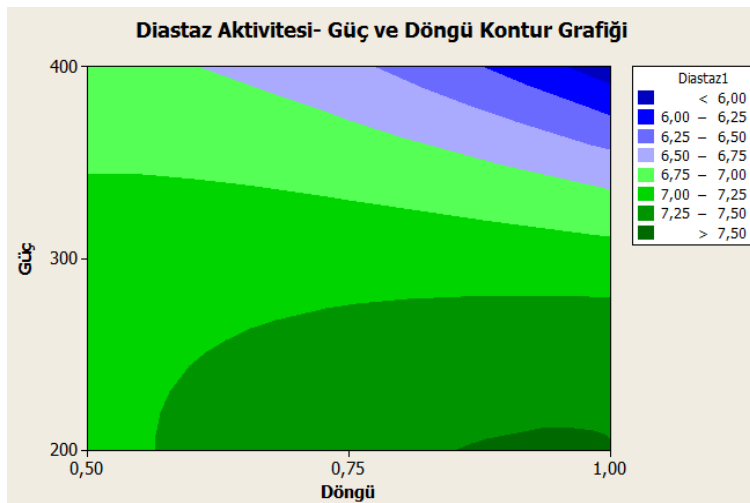


Şekil 4.14 : Ayçiçek balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün diastaz üzerine etkisi (2. tekrar).

Pamuk balına prob ultrases uygulaması sırasında 1. tekrarda güç ve güç*döngü interaksiyonunun istatistiksel önemde ($p<0.05$) diastaz sayısı üzerinde etkili olduğu bulunurken, 2. tekrarda güç, döngü ve güç*döngü interaksiyonunun istatistiksel önemde ($p<0.05$) diastaz sayısı üzerinde etkili olduğu saptanmıştır (Çizelge A.21 ve Çizelge A.22).

Pamuk balına prob ultrases uygulaması sonrasında diastaz miktarında 1.tekrarda %0 ile %19 arasında bir azalma meydana gelirken, 2. tekrar %10 ile %68 arasında bir azalma gözlemlenmiştir (Şekil 4.10 ve Şekil 4.11).

Pamuk balında diastaz sayısının güç ve döngüye bağlı olarak değişimi Şekil 4.15’de verilmiştir.



Şekil 4.15 : Pamuk balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün diastaz üzerine etkisi (1. tekrar).

4.1.4 Uygulanan prosesler sonucu elde edilen invertaz değerleri

Laboratuvar ölçekte UIP 400S ultrases cihazı ile uygulanan 9 farklı işlemin invertaz analizi sonuçları Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10 : 1. tekrarda uygulanan prosesler sonucu balların invertaz miktarları (U/kg).

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 2	21.6 ^a	154.2 ^a	17.3 ^a	9.0 ^b
Deneme 3	21.6 ^a	76.6 ^b	11.4 ^c	3.3 ^e
Deneme 4	11.0 ^c	29.5 ^d	13.9 ^b	9.6 ^b
Deneme 5	18.0 ^b	0.4 ^f	3.5 ^e	4.5 ^d
Deneme 6	4.5 ^e	30.0 ^d	3.9 ^e	3.5 ^e
Deneme 7	4.8 ^{de}	4.6 ^e	1.4 ^f	3.1 ^e
Deneme 8	5.1 ^{de}	154.1 ^a	9.9 ^c	6.9 ^c
Deneme 9	6.4 ^d	49.1 ^c	7.7 ^d	6.7 ^c
Deneme 10	1.8 ^f	1.6 ^{ef}	15.6 ^{ab}	18.4 ^a

*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar P<0.05 önem düzeyinde farklı değildir.

Çizelge 4.11 : 2. tekrarda uygulanan prosesler sonucu balların invertaz miktarları (U/kg).

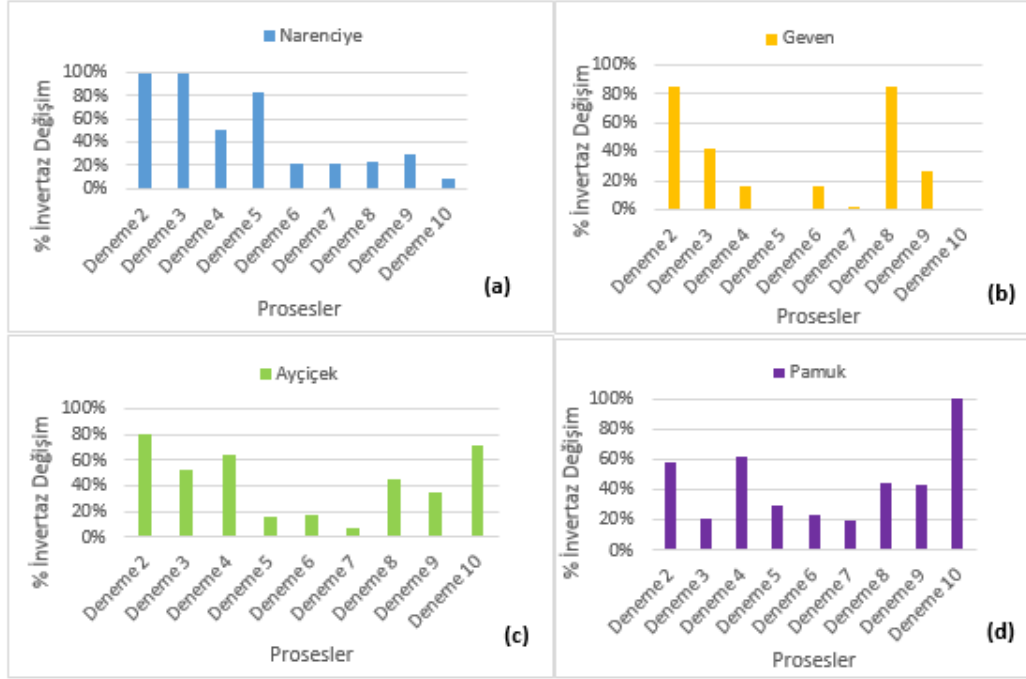
Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 2	68.4 ^a	246.4 ^a	159.6 ^a	246.1 ^b
Deneme 3	65.4 ^{ab}	194.6 ^b	154.6 ^a	210.7 ^c
Deneme 4	31.0 ^e	120.4 ^e	38.7 ^f	144.4 ^d
Deneme 5	63.0 ^b	238.3 ^a	129.1 ^b	244.4 ^b
Deneme 6	56.0 ^c	164.0 ^c	103.7 ^c	82.3 ^f
Deneme 7	23.7 ^f	137.3 ^d	75.3 ^e	129.8 ^e
Deneme 8	42.0 ^d	190.5 ^b	111.3 ^c	299.8 ^a
Deneme 9	6.2 ^g	87.9 ^f	87.3 ^d	136.0 ^{de}
Deneme 10	35.7 ^e	97.6 ^f	82.5 ^{de}	4.1 ^g

*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar P<0.05 önem düzeyinde farklı değildir.

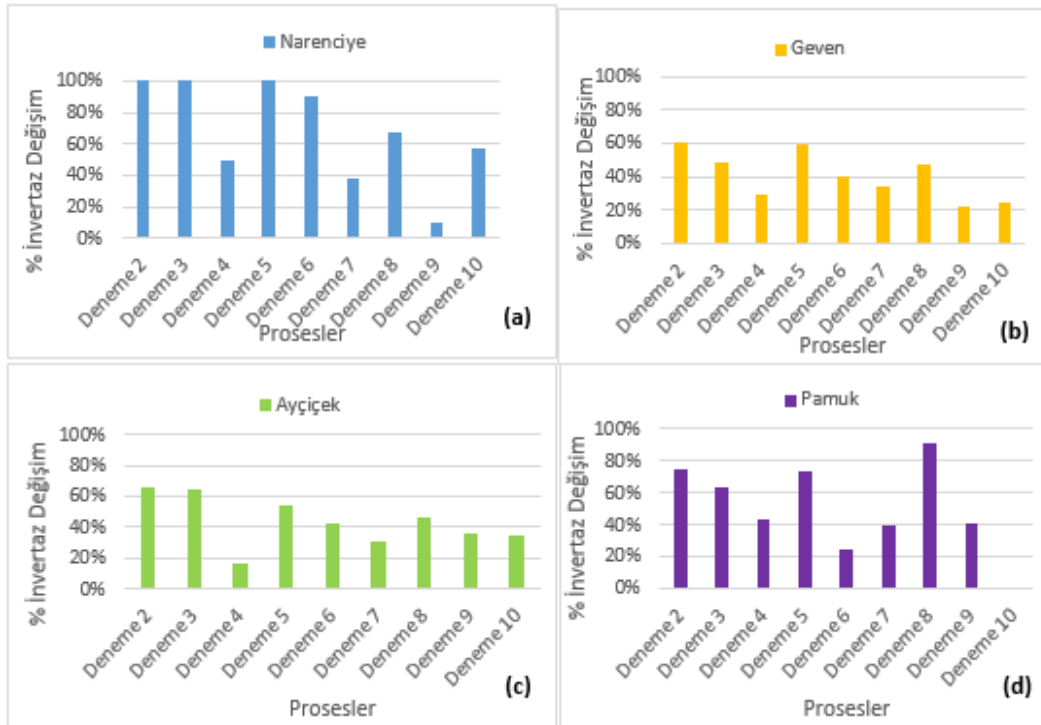
Elde edilen sonuçlara göre geven balında doğal olarak bulunan invertaz miktarı diğer ballara kıyasla daha fazla olarak bulunmuştur (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2). Uygulanan ultrases proses işlemleri ile her iki denemede de invertaz enzimi miktarında %1-%99 arasında çok geniş bir yelpazede azalmalar meydana gelmiştir (Şekil 4.16 ve Şekil 4.17). İnvvertaz enzimi sıcağa karşı diastaz enzimine göre daha duyarlıdır ve prosesler sırasında meydana gelen sıcaklık artışlarından dolayı bu enzimin diastaza göre proseslerden daha çok etkilendiği görülmüştür.

Narenciye balında ultrases uygulamaları sırasında 1. tekrarda 2. ve 3. prosesler sonrasında invertaz miktarında neredeyse hiç azalma gözlemlenmez iken 10. proses uygulaması sonrası %92 oranında bir azalma gözlemlenmiştir (Şekil 4.16).

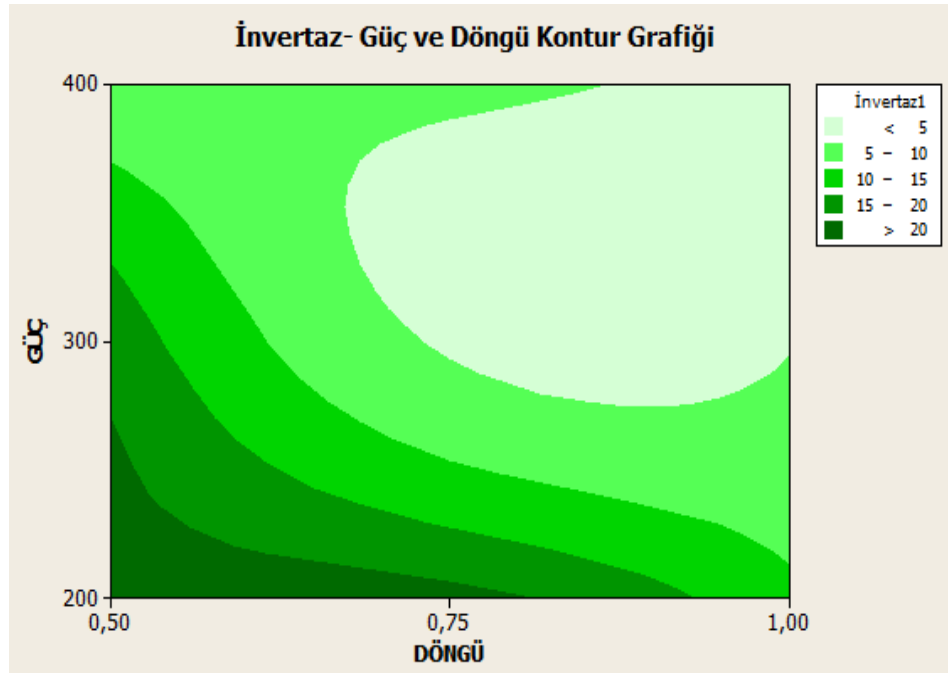
1. ve 2. tekrarlar da narenciye balında invertaz enziminin değişimi üzerine güç, döngü faktörleri ve güç*döngü interaksyonunun istatistiksel önemde ($p<0.05$) etkili olduğu saptanmıştır (Çizelge A.24 ve Çizelge A.25).



Şekil 4.16 : Prob ultrases 1. tekrarda invertaz : (a) Narenciye. (b) Geven. (c) Ayçiçek. (d) Pamuk



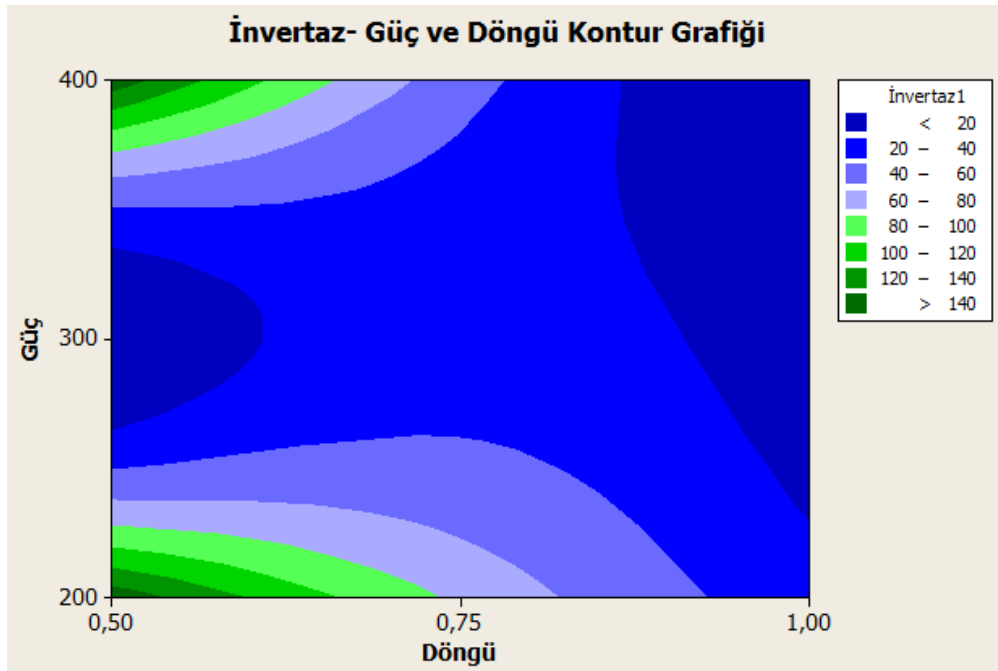
Şekil 4.17 : Prob ultrases 2. tekrarda invertaz : (a) Narenciye. (b) Geven. (c) Ayçiçek. (d) Pamuk



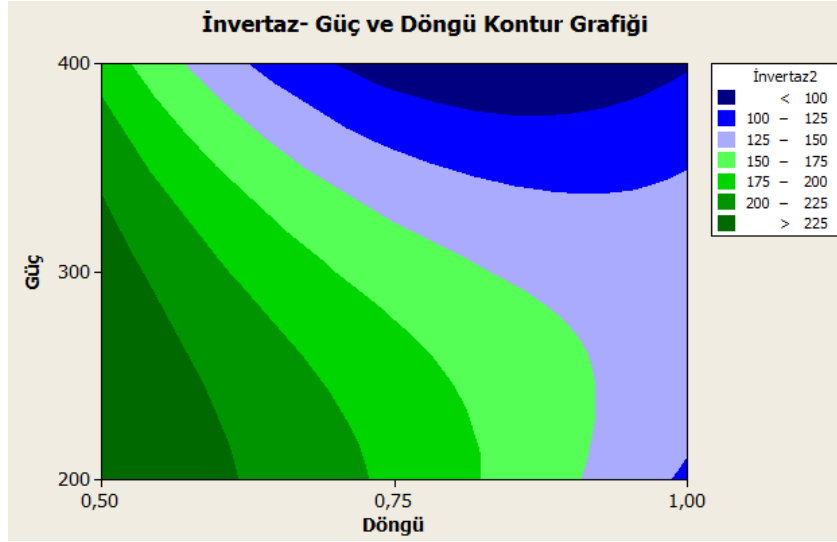
Şekil 4.18 : Narenciye balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün invertaz üzerine etkisi (1. tekrar).

Geven balında 1. ve 2. tekrarlarında invertaz enziminin değişimi üzerine güç, döngü faktörleri ve güç*döngü interaksiyonunun istatistiksel önemde ($p < 0.05$) etkili olduğu saptanmıştır (Çizelge A.25 ve Çizelge A.26).

Geven balına prob ultrases uygulaması sırasında invertaz enziminde meydana gelen değişimler Şekil 4.19 ve 4.20’de verilmiştir.

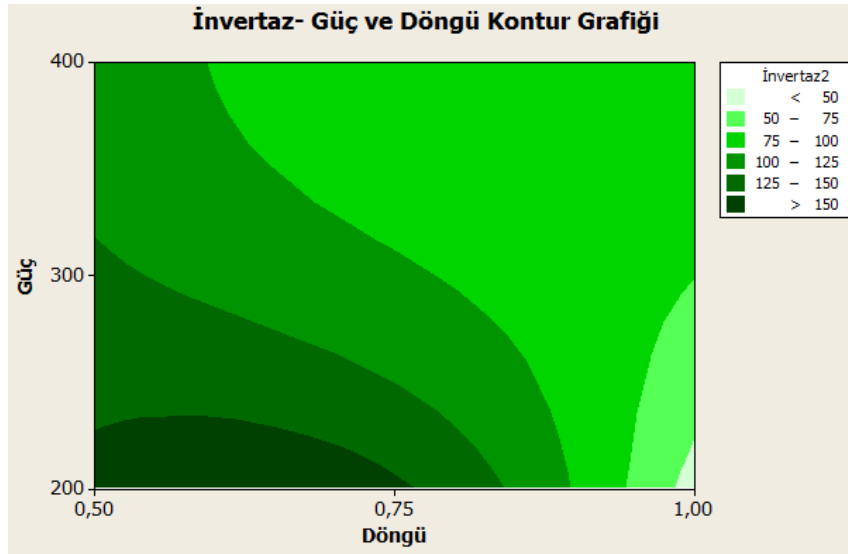


Şekil 4.19 : Geven balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün invertaz üzerine etkisi (1. tekrar).



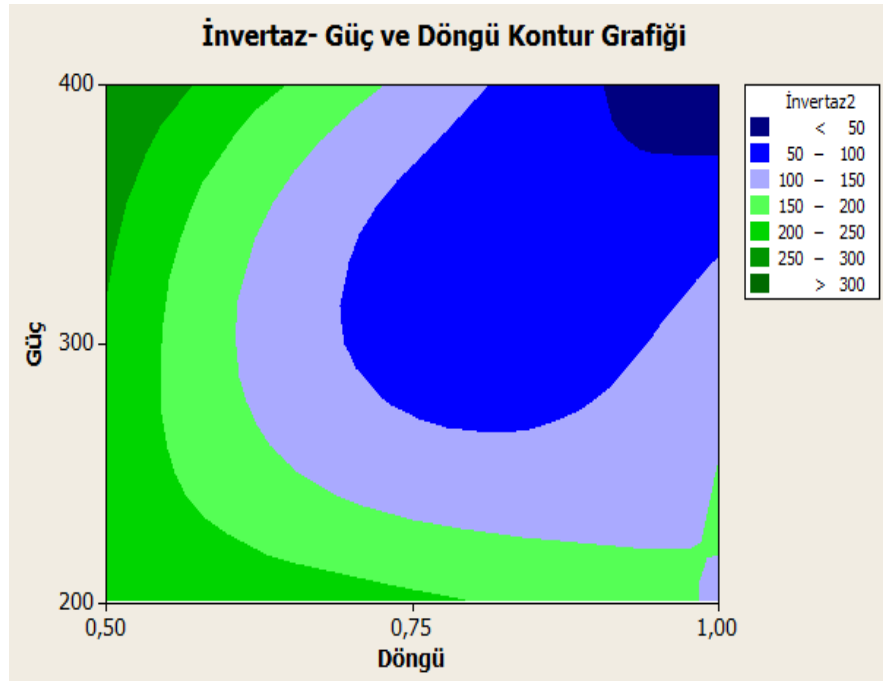
Şekil 4.20 : Geven balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün invertaz üzerine etkisi (2. tekrar).

Ayçiçek balında 1. ve 2. tekrarlarında invertaz enziminin değişimi üzerine güç, döngü faktörleri ve güç*döngü interaksyonunun istatistiksel önemde ($p<0.05$) etkili olduğu saptanmıştır (Çizelge A.27 ve Çizelge A.28). Şekil 4.21’de ayçiçek balında güç ve döngüye bağlı olarak meydana gelen invertaz miktarı değişimi verilmiştir.



Şekil 4.21 : Ayçiçek balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün invertaz üzerine etkisi (2. tekrar).

Pamuk balında da narenciye, geven ve ayçiçek balları ile doğru orantılı olarak 1. ve 2. tekrarlarında invertaz enziminin değişimi üzerine güç, döngü faktörleri ve güç*döngü interaksyonunun istatistiksel önemde ($p<0.05$) etkili olduğu saptanmıştır (Çizelge A.29 ve Çizelge A.30). Pamuk balında güç ve döngünün invertaz üzerine etkisi Şekil 4.22’de verilmiştir.



Şekil 4.22 : Pamuk balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün invertaz üzerine etkisi (2. tekrar).

4.1.5 Uygulanan prosesler sonucu elde edilen HMF değerleri

Laboratuvar ölçekte UIP 400S ultrases cihazı ile uygulanan 9 farklı işlemin ortalama HMF analizi sonuçları Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12 : 1. tekrarda uygulanan prosesler sonucu balların HMF miktarları (mg/kg).

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 2	1.5 ^e	5.8 ^a	2.8 ^f	5.2 ^{bc}
Deneme 3	1.2 ^e	5.6 ^a	3.7 ^{de}	5.3 ^b
Deneme 4	1.0 ^e	5.8 ^a	3.2 ^{ef}	5.1 ^{bc}
Deneme 5	1.2 ^e	3.6 ^a	4.2 ^d	5.1 ^{bc}
Deneme 6	6.5 ^c	4.4 ^a	5.6 ^{abc}	5.3 ^b
Deneme 7	8.8 ^b	4.0 ^a	5.5 ^{bc}	5.7 ^b
Deneme 8	5.4 ^d	5.6 ^a	6.1 ^{ab}	7.0 ^a
Deneme 9	11.4 ^a	6.1 ^a	5.2 ^c	3.8 ^d
Deneme 10	8.9 ^b	4.2 ^a	6.2 ^a	4.6 ^c

*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar P<0.05 önem düzeyinde farklı değildir.

Çizelge 4.13 : 2. tekrarda uygulanan prosesler sonucu balların HMF miktarları (mg/kg).

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 2	85.9 ^a	10.3 ^{abc}	12.6 ^{abc}	27.6 ^e
Deneme 3	85.7 ^a	10.6 ^{abc}	11.7 ^c	32.4 ^{cd}
Deneme 4	59.5 ^d	10.9 ^{ab}	12.8 ^{abc}	26.0 ^e

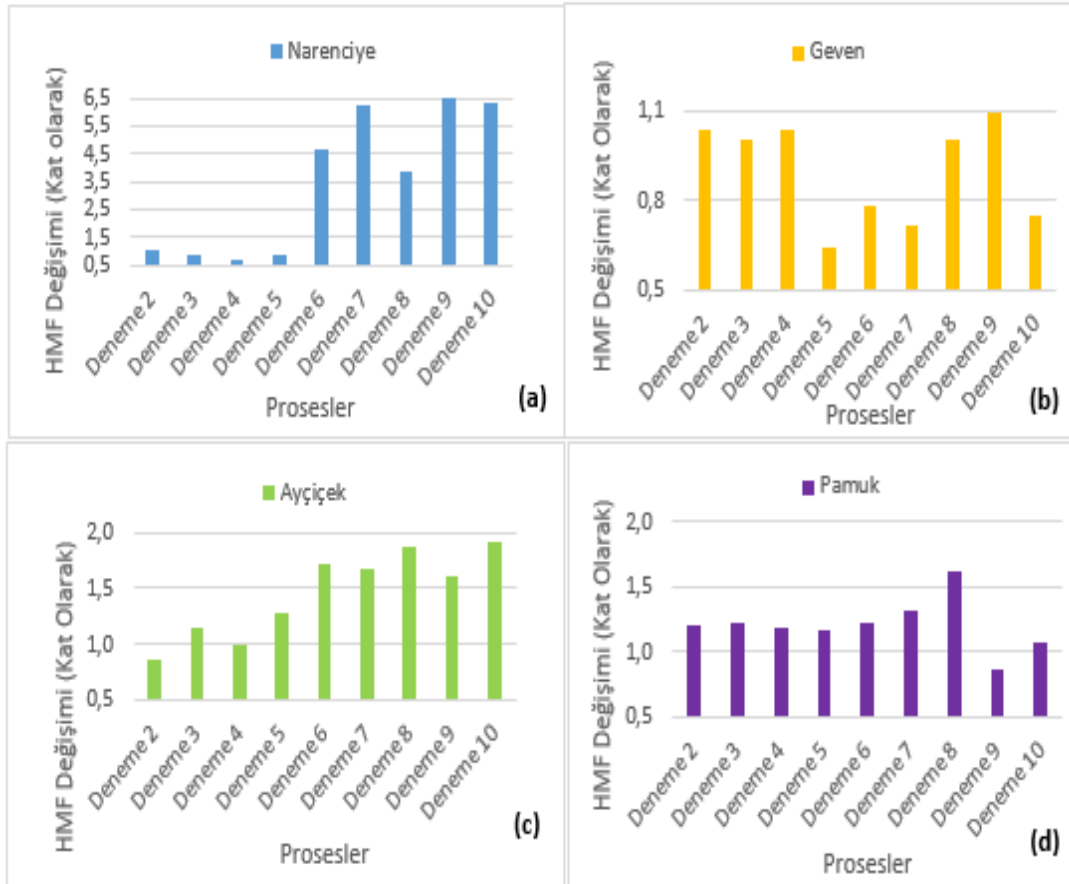
Çizelge 4.12 (devam) : 2. tekrarda uygulanan prosesler sonucu balların HMF miktarları (mg/kg).

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 5	73.5 ^b	9.6 ^{cd}	8.4 ^d	27.5 ^e
Deneme 6	83.3 ^a	10.0 ^{bcd}	13.0 ^{abc}	29.4 ^{de}
Deneme 7	66.0 ^c	10.7 ^{ab}	14.4 ^a	34.4 ^{bc}
Deneme 8	76.9 ^b	9.1 ^d	13.7 ^{ab}	37.2 ^{ab}
Deneme 9	75.2 ^b	11.1 ^a	12.1 ^{bc}	31.7 ^{cd}
Deneme 10	85.4 ^a	11.1 ^a	13.2 ^{abc}	39.0 ^a

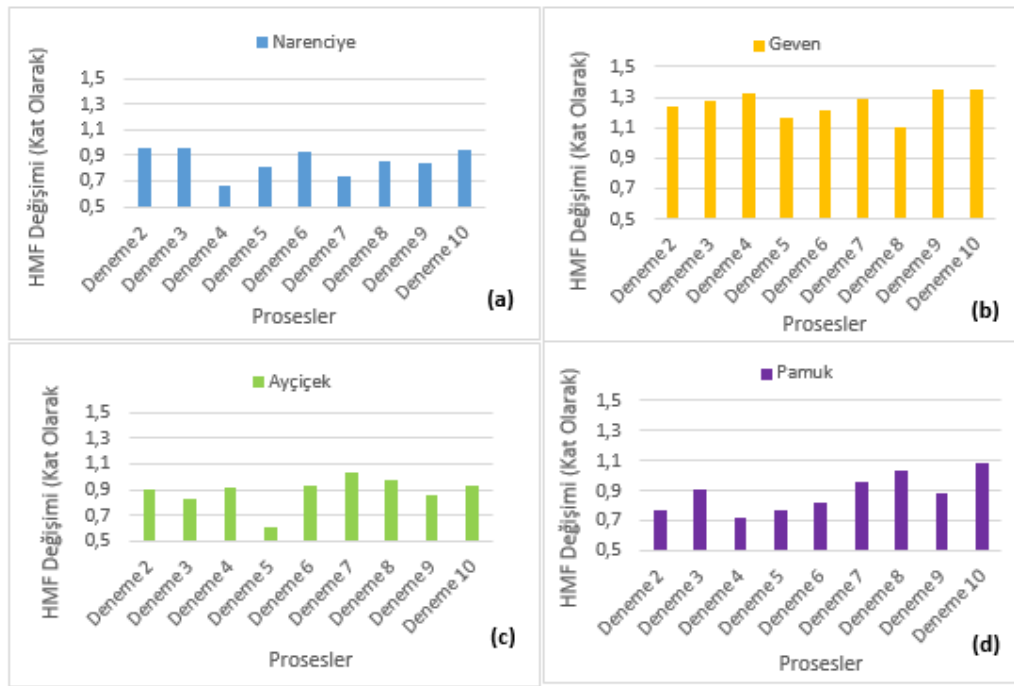
*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar P<0.05 önem düzeyinde farklı değildir.

Elde edilen sonuçlara göre 1. tekrarda HMF miktarı ham bal numunelerinde ortalama 3.6 mg/kg iken uygulanan işlemler ile ortalama 5.0 mg/kg değerine ulaşmıştır. 2. tekrarda ise ham bal numunelerinde ortalama HMF miktarı 37.0 mg/kg iken uygulanan işlemler sonrası ortalama 32.8 mg/kg değerine ulaşmıştır.

Prob ultrases uygulaması sonrasında HMF miktarındaki değişimin daha rahat kıyaslanabilmesi için Şekil 4.23 ve 4.24’de HMF değişimleri verilmiştir.

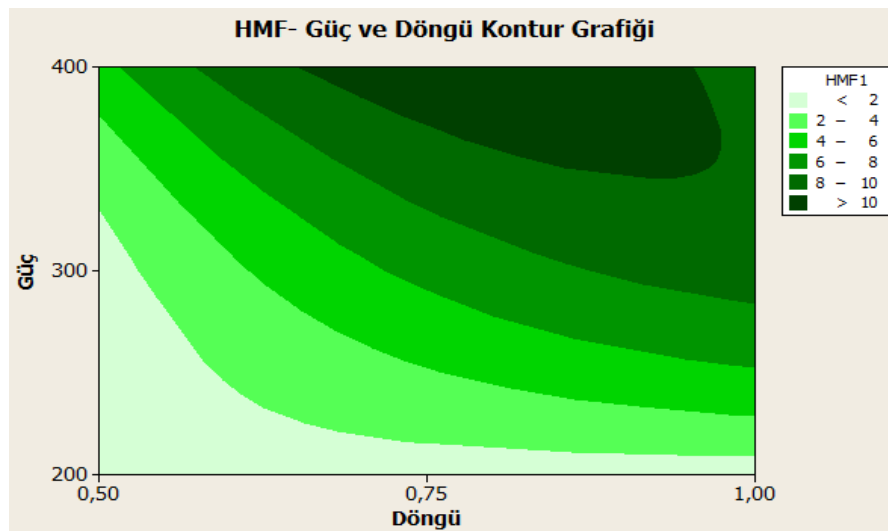


Şekil 4.23 : Prob ultrases 1. tekrarda HMF : (a) Narenciye. (b) Geven. (c) Ayçiçek. (d) Pamuk

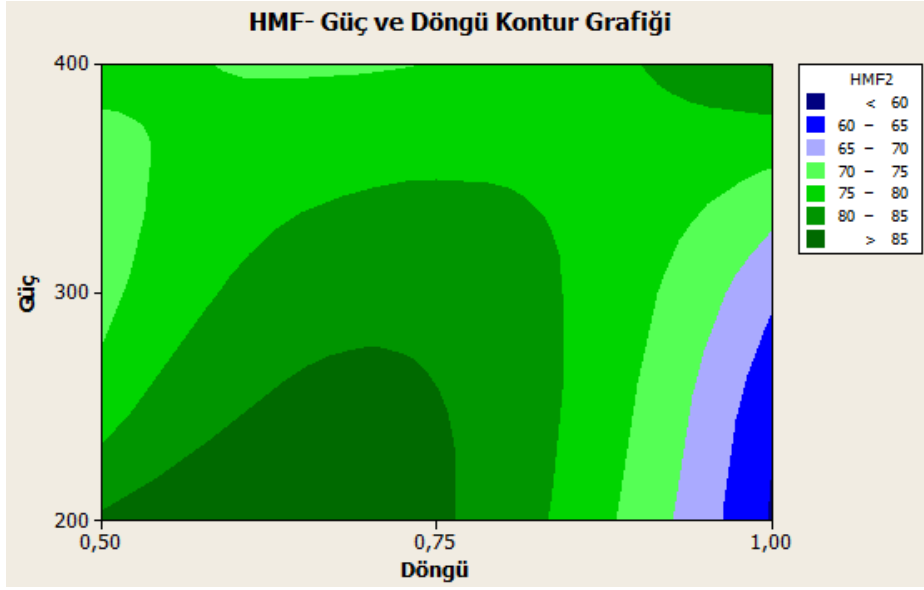


Şekil 4.24 : Prob ultrases 2. tekrarda HMF : (a) Narenciye. (b) Geven. (c) Ayçiçek. (d) Pamuk

Narenciye balında her iki tekrarda da yapılan kovaryatlı (ham bal) faktöriyel istatistiksel analize göre HMF değişimi üzerine güç, döngü faktörleri ve güç*döngü interaksiyonunun istatistiksel önem düzeyinde ($p < 0.05$) etkili olduğu saptanmıştır (Çizelge A.31 ve Çizelge A.32). Narenciye balından 1. tekrarda 2, 3,4 ve 5. denemeler sonrası HMF değerinde önemli bir değişim meydana gelmez iken 6,7,8,9 ve 10. denemeler sonrası HMF miktarı 4 ile 6 kat artış göstermiştir. 2. tekrar sonrası ise narenciye balında HMF miktarında yükselme gözlemlenmez iken 0.04 ile 0.34 kat arasında bir azalma gözlemlenmiştir (Şekil 4.25).



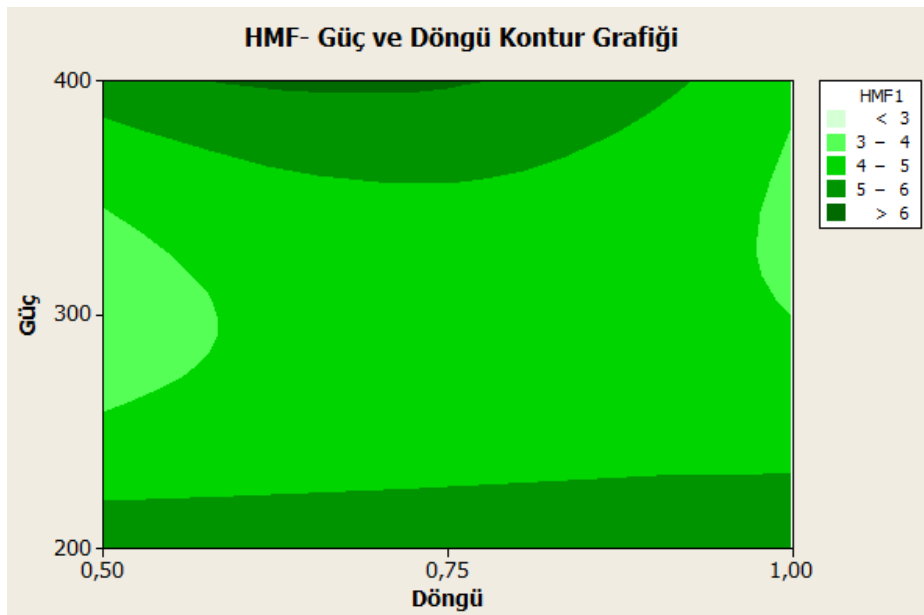
Şekil 4.25 : Narenciye balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün HMF üzerine etkisi (1. tekrar).



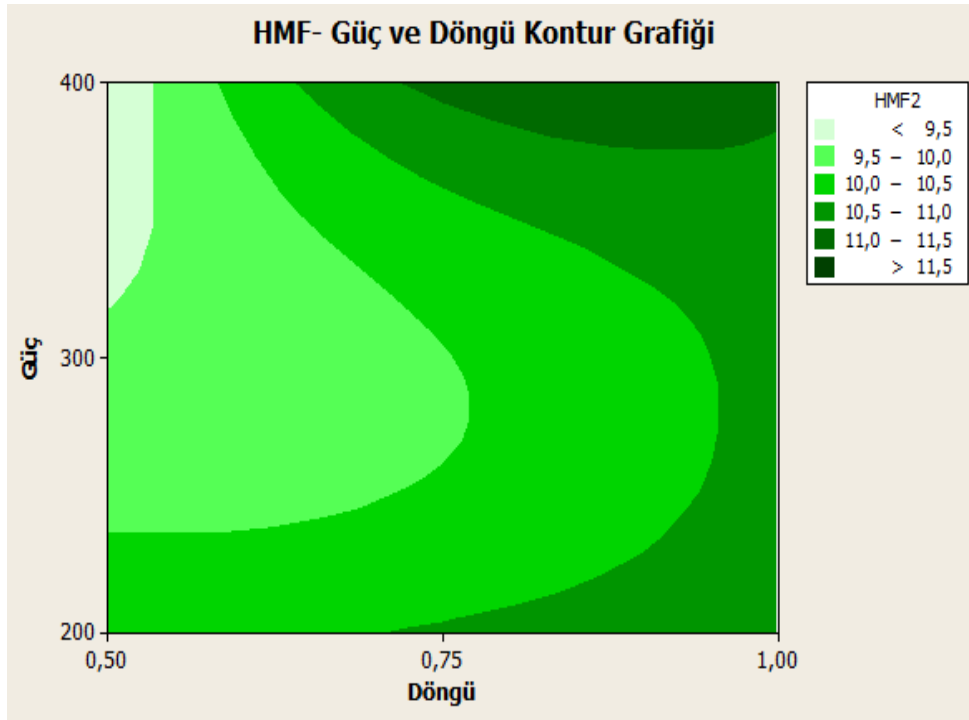
Şekil 4.26 : Narenciye balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün HMF üzerine etkisi (2. tekrar).

Geven balında her iki tekrarda da yapılan kovaryantlı (ham bal) faktöriyel istatistiksel analize göre HMF değişimi üzerine istatistiksel önem düzeyinde ($p < 0.05$) 1. tekrarda yalnızca güç etkili bulunurken 2 tekrarda güç, döngü faktörleri ve güç*döngü interaksiyonunun istatistiksel önem düzeyinde ($p < 0.05$) etkili olduğu saptanmıştır (Çizelge A.33 ve Çizelge A.34).

Geven balında 1. tekrar sonrası HMF değerinde önemli miktarlarda bir HMF artışı yaşanmaz iken bazı prosesler sonrası HMF miktarında 0.36 kata varan düşüşler gözlemlenmiştir. 2. tekrarda ise 0.16 kat ile 0.35 kat arasında bir artış gözlemlenmiştir (Şekil 4.27).

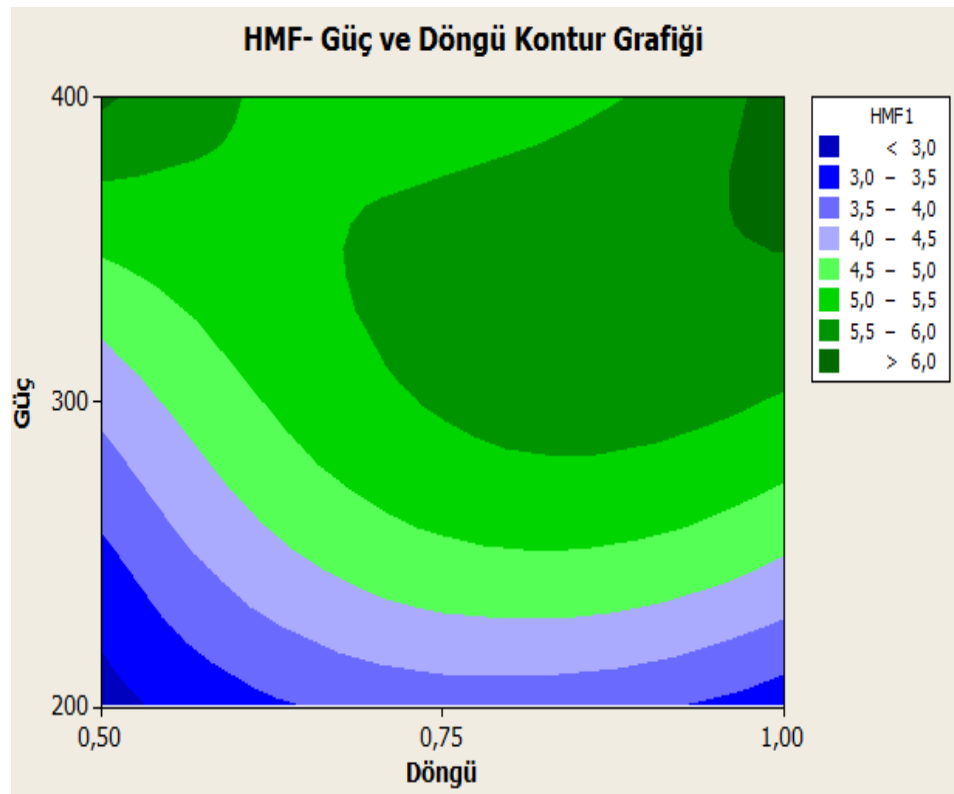


Şekil 4.27 : Geven balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün HMF üzerine etkisi (1. tekrar).

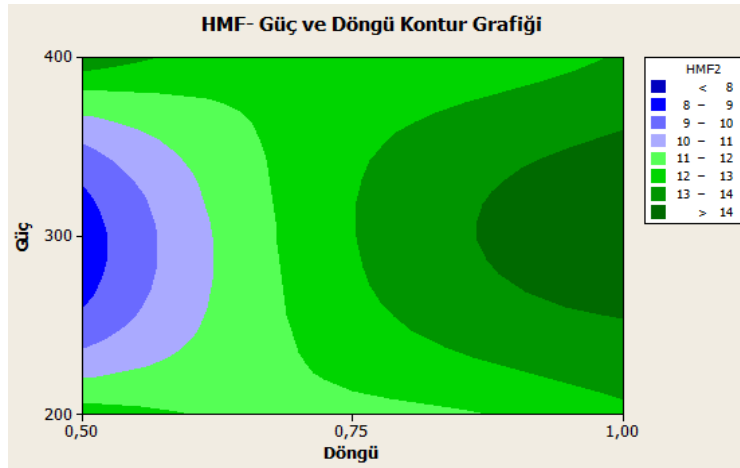


Şekil 4.28 : Geven balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün HMF üzerine etkisi (2. tekrar).

Ayçiçek balı numunesinde HMF değişimi üzerine güç, döngü faktörleri ve güç*döngü interaksiyonunun istatistiksel önem düzeyinde ($p < 0.05$ etkili olduğu) saptanmıştır (Çizelge A.35 ve Çizelge A.36).



Şekil 4.29 : Ayçiçek balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün HMF üzerine etkisi (1. tekrar).

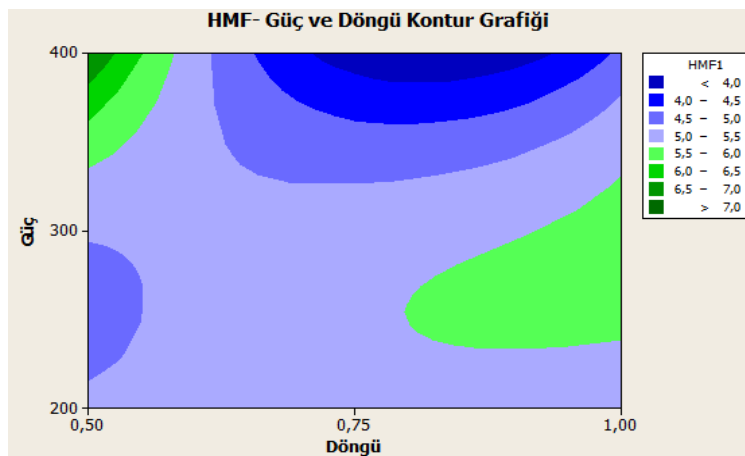


Şekil 4.30 : Ayçiçek balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün HMF üzerine etkisi (2. tekrar).

Ayçiçek balında 1. tekrar sonunda elde edilen ürünlerde HMF miktarı 0.91 kata kadar artış gösterirken, 2. tekrar sonrası elde edilen ürünlerde HMF miktarında önemli bir artış gözlemlenmemiştir (Şekil 4.24).

Aradaki bu farkın 2 farklı tekrar prob ultrases uygulama sürelerinin 2. tekrarda 1. tekrara göre çok daha az olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. 2. tekrarda ultrases uygulamasının daha az süremesinin nedeni ise kristallerin 1. tekrara göre daha çabuk çözünmesinden dolayıdır. Bunun da balların ilk kristal miktarları arasında fark olmasından dolayı kaynaklandığı öngörülmektedir (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2).

Pamuk balında HMF değişimi üzerine 1. tekrarda güç ve güç*döngü ineraksiyonu istatistiksel önemde ($p<0.05$) etkili bulunurken 2 tekrarda güç, döngü faktörleri ve güç*döngü interaksiyonunun istatistiksel önemde ($p<0.05$) etkili olduğu saptanmıştır (Çizelge A.37 ve Çizelge A.38).



Şekil 4.31 : Pamuk balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün HMF üzerine etkisi (1. tekrar).

HMF üzerine yapılan istatistiksel analizlerin bir sonucu olarak invertaz gibi güç ve döngü faktörleri ve bunların interaksyonu ile HMF değişiminin istatistiksel önem düzeyinde ($p<0.05$) doğrudan etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

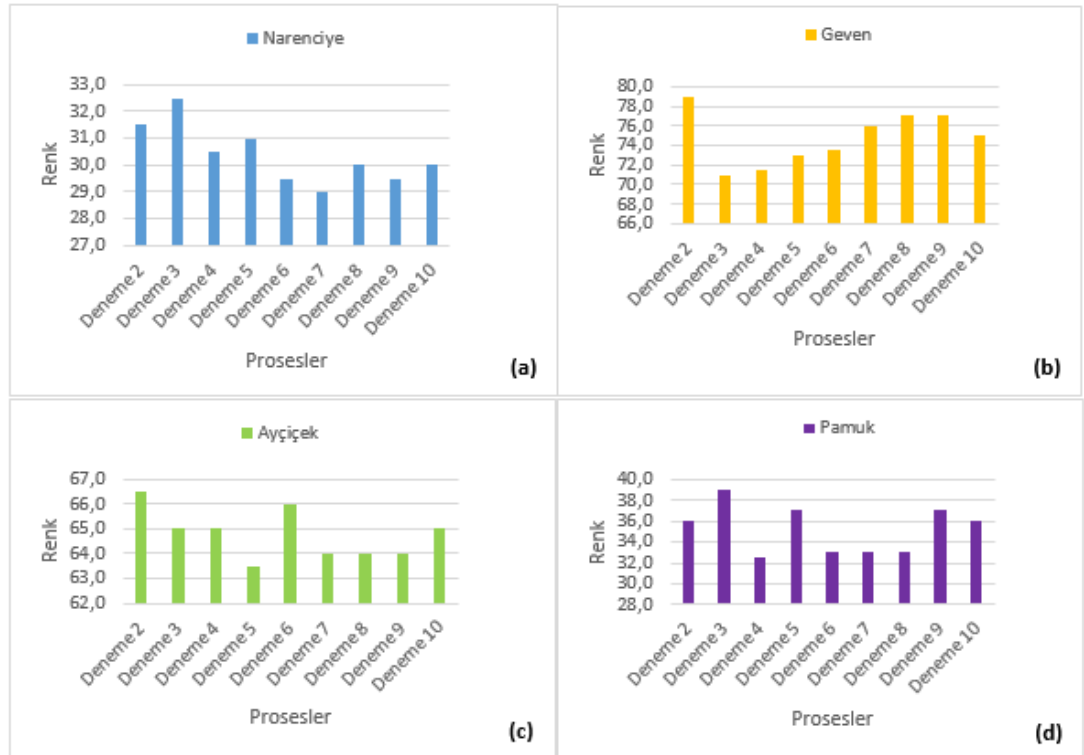
4.1.6 Uygulanan prosesler sonucu elde edilen renk değerleri

Laboratuvar ölçeğinde UIP 400S ultrases cihazı ile uygulanan 9 farklı işlemin renk analizi sonuçları Çizelge 4.13 ve Çizelge 4.14’de verilmiştir.

Çizelge 4.14 : 1. tekrarda uygulanan prosesler sonucu balların renk değerleri

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 2	31.5 ^{ab}	79.0 ^a	66.5 ^a	36.0 ^{ab}
Deneme 3	32.5 ^a	71.0 ^e	65.0 ^{bc}	39.0 ^a
Deneme 4	30.5 ^{ab}	71.5 ^e	65.0 ^{bc}	32.5 ^a
Deneme 5	31.0 ^{ab}	73.0 ^d	63.5 ^d	37.0 ^{ab}
Deneme 6	29.5 ^{ab}	73.5 ^d	66.0 ^{ab}	33.0 ^{ab}
Deneme 7	29.0 ^b	76.0 ^{bc}	64.0 ^{cd}	33.0 ^a
Deneme 8	30.0 ^{ab}	77.0 ^b	64.0 ^{cd}	33.0 ^b
Deneme 9	29.5 ^{ab}	77.0 ^b	64.0 ^{cd}	37.0 ^b
Deneme 10	30.0 ^{ab}	75.0 ^c	65.0 ^{bc}	36.0 ^c

*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar $P<0.05$ önem düzeyinde farklı değildir.

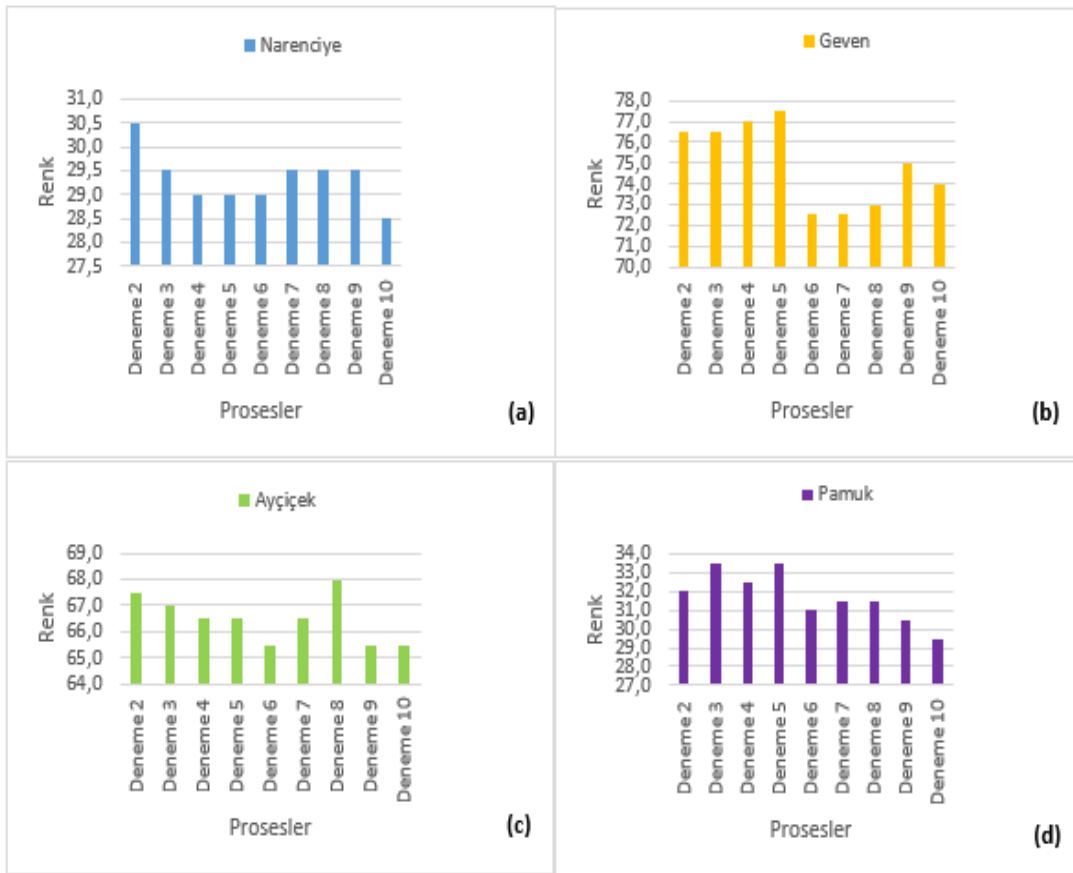


Şekil 4.32 : Prob ultrases 1. tekrarda renk : (a) Narenciye. (b) Geven. (c) Ayçiçek. (d) Pamuk.

Çizelge 4.15 : 2. tekrarda uygulanan prosesler sonucu balların renk değerleri.

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 2	30.5 ^a	76.5 ^{ab}	67.5 ^a	32.0 ^a
Deneme 3	29.5 ^a	76.5 ^{ab}	67.0 ^a	33.5 ^a
Deneme 4	29.0 ^a	77.0 ^{ab}	66.5 ^a	32.5 ^a
Deneme 5	29.0 ^a	77.5 ^a	66.5 ^a	33.5 ^a
Deneme 6	29.0 ^a	72.5 ^b	65.5 ^a	31.0 ^a
Deneme 7	29.5 ^a	72.5 ^b	66.5 ^a	31.5 ^a
Deneme 8	29.5 ^a	73.0 ^{ab}	68.0 ^a	31.5 ^a
Deneme 9	29.5 ^a	75.0 ^{ab}	65.5 ^a	30.5 ^a
Deneme 10	28.5 ^a	74.0 ^{ab}	65.5 ^a	29.5 ^a

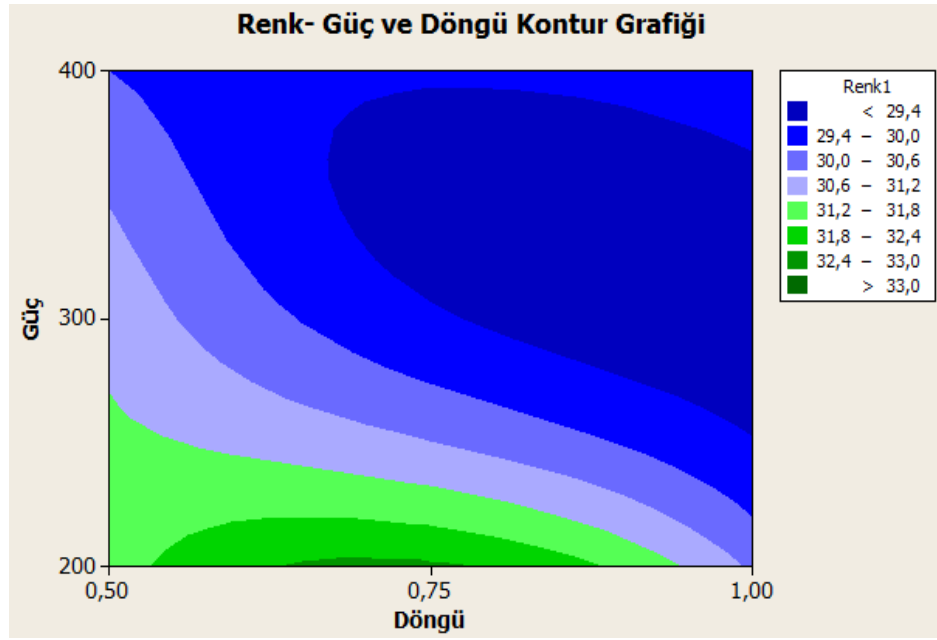
*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar $P<0.05$ önem düzeyinde farklı değildir.



Şekil 4.33 : Prob ultrases 2. tekrarda renk : (a) Narenciye. (b) Geven. (c) Ayçiçek. (d) Pamuk.

Narenciye balında 1. tekrarda renk değişimi üzerine güç faktörünün istatistiksel önem düzeyinde ($p<0.05$) etkili olduğu bulunurken ikinci tekrarda güç ve döngünün renk üzerine istatistiksel önem düzeyinde ($p<0.05$) etkili olmadığı saptanmıştır (Çizelge A.39 ve Çizelge A.40).

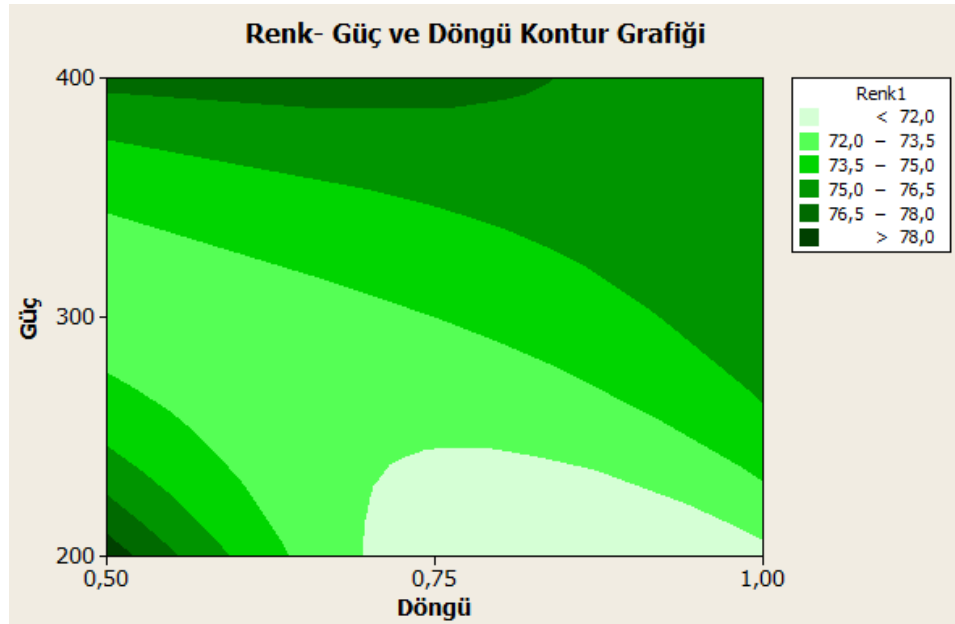
Narenciye balında uygulanan ultrases prosese bağlı olarak meydana gelen renk değişimi Şekil 4.34’de verilmiştir.



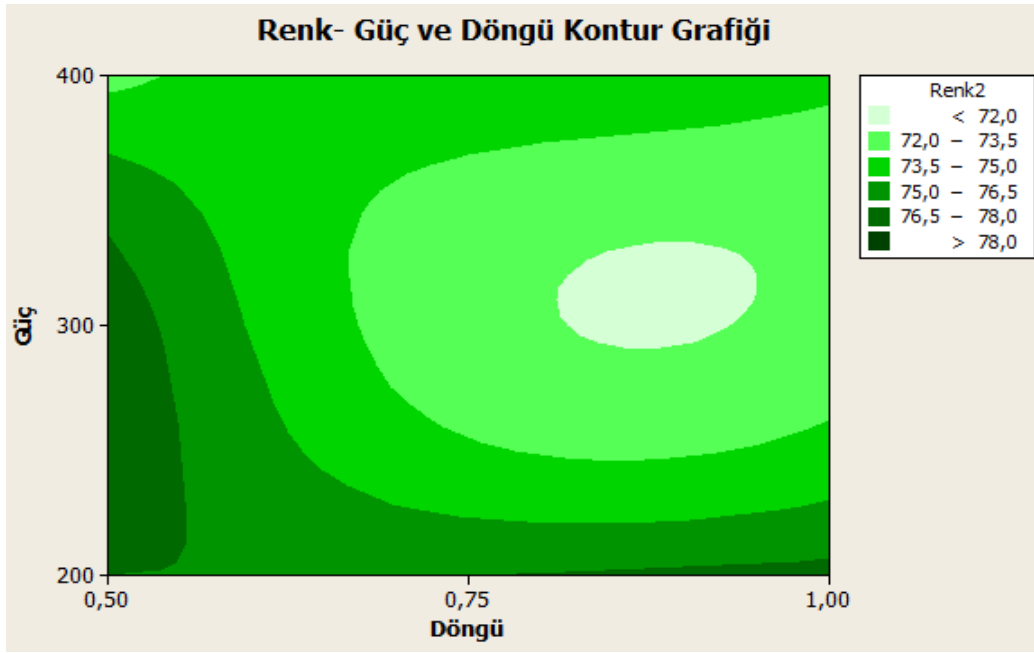
Şekil 4.34 : Narenciye balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün renk üzerine etkisi (1. tekrar).

Geven balında 1. tekrarda renk değişimi üzerine güç ve döngü faktörünün ve bunların güç*döngü interaksyonunun istatistiksel önem düzeyinde ($p<0.05$) etkisi gözlemlenirken ikinci tekrarda renk değişimi üzerine güç ve güç*döngü interaksyonunun istatistiksel önem düzeyinde ($p<0.05$) etkisi saptanmıştır (Çizelge A.41 ve Çizelge A.42).

Geven balında prob ultrases uygulamasının renk değişimi üzerine etkisi Şekil 4.35 ve Şekil 4.36’da verilmiştir.

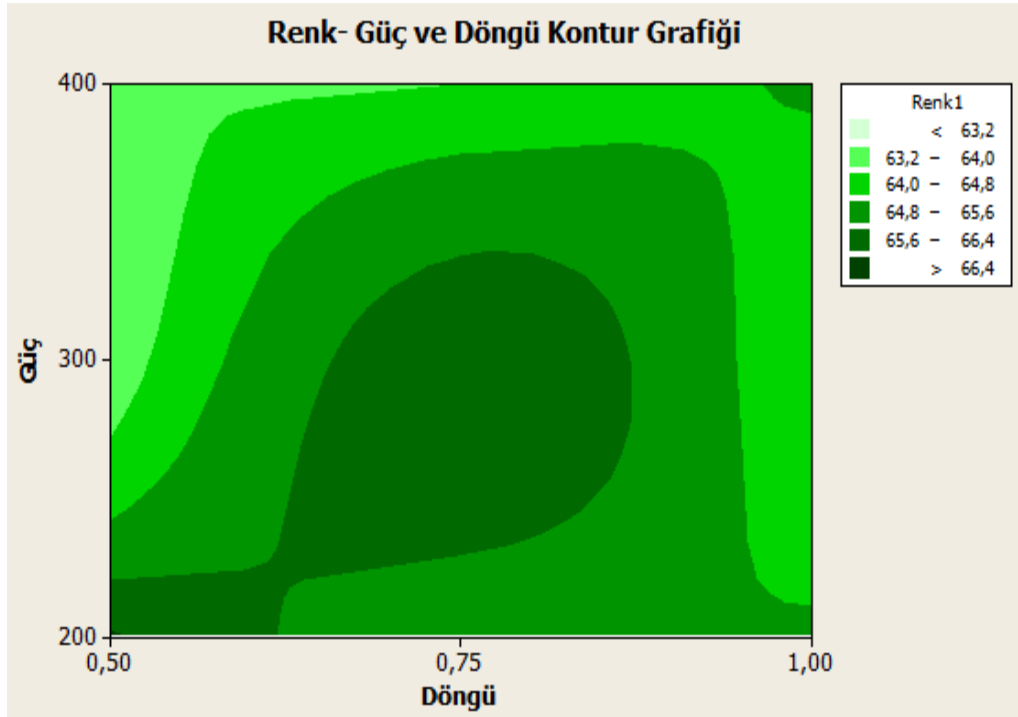


Şekil 4.35 : Geven balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün renk üzerine etkisi (1. tekrar).

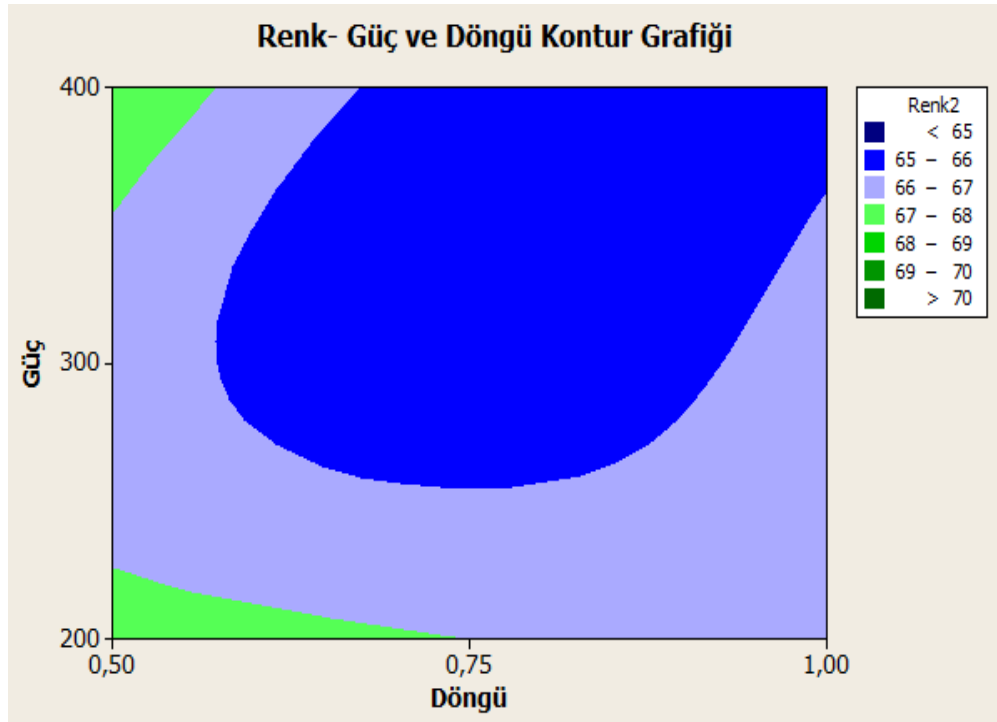


Şekil 4.36 : Geven balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün renk üzerine etkisi (2. tekrar).

Ayçiçek balında 1. tekrarda renk değişimi üzerine güç ve güç*döngü interaksyonunun istatistiksel önem düzeyinde ($p<0.05$) etkili olduğu gözlemlenirken ikinci tekrarda renk değişiminin güç ve döngü faktörlerinden istatistiksel önem düzeyinde ($p<0.05$) etkilenmediği saptanmıştır (Çizelge A.43 ve Çizelge A.44).

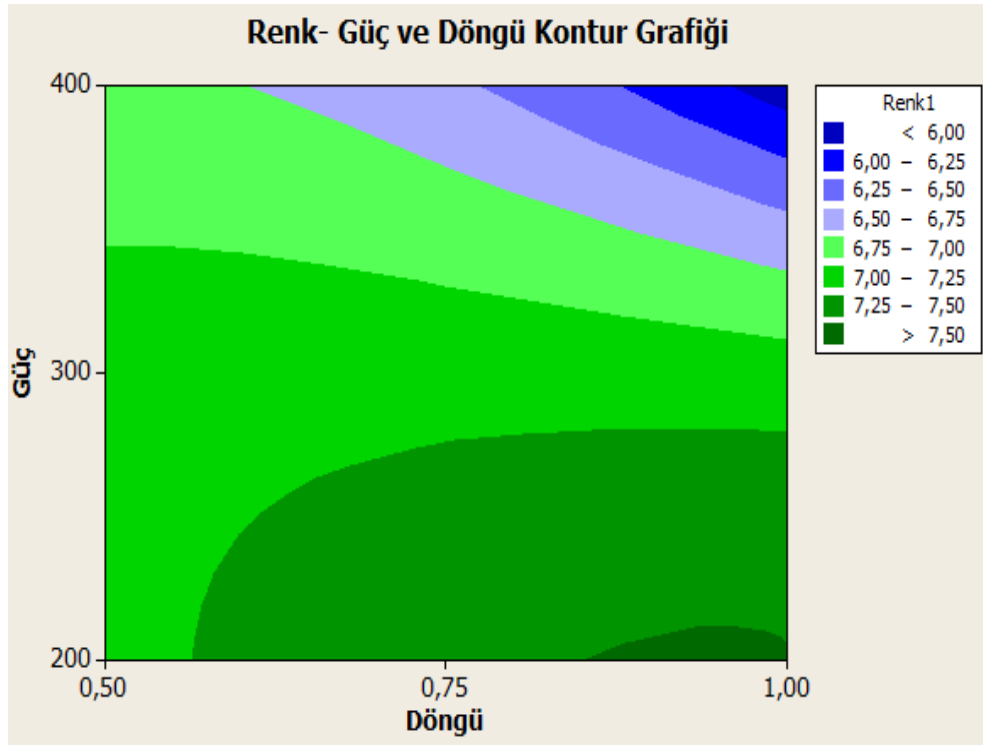


Şekil 4.37 : Ayçiçek balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün renk üzerine etkisi (1. tekrar).

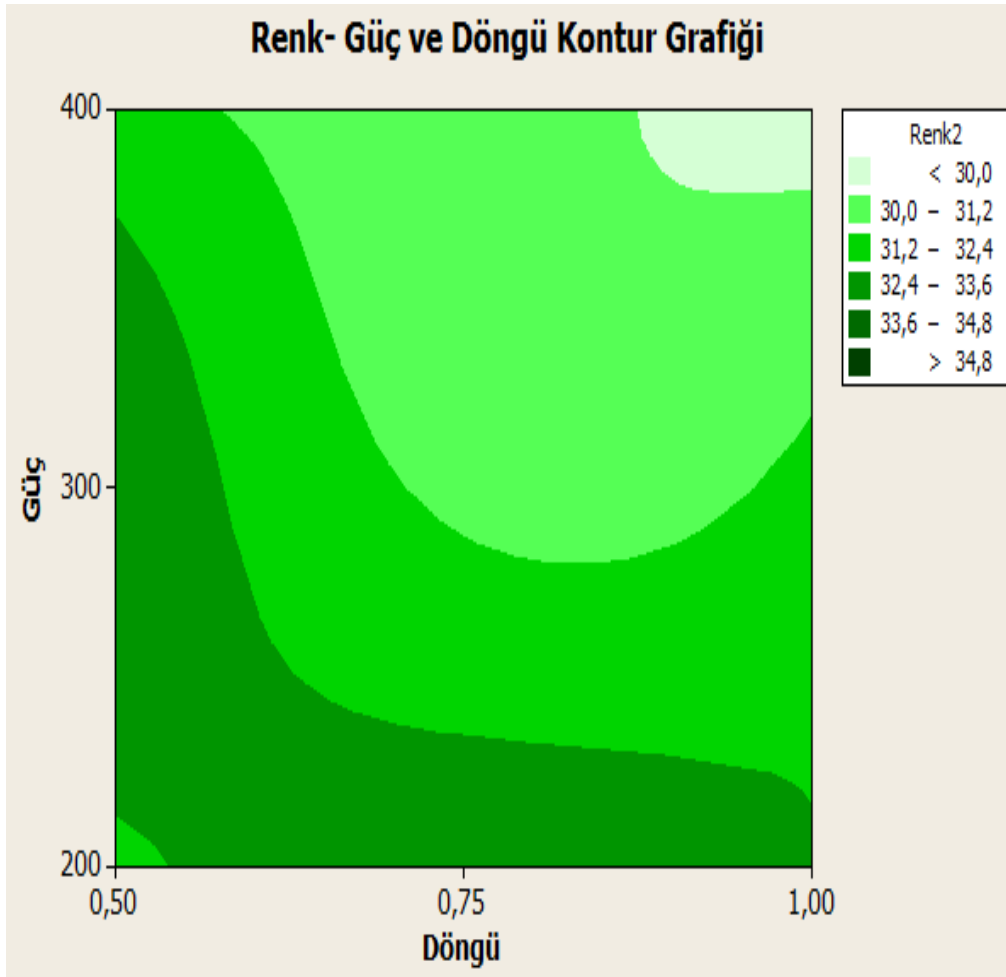


Şekil 4.38 : Ayçiçek balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün renk üzerine etkisi (2. tekrar).

Pamuk balında 1. tekrarda renk değişimi üzerine güç ve güç*döngü interaksyonunun istatistiksel önem düzeyinde ($p < 0.05$) etkili olduğu gözlemlenirken ikinci tekrarda renk değişiminin istatistiksel önem düzeyinde ($p < 0.05$) güç ve döngü faktörlerinden etkilenmediği saptanmıştır (Çizelge A.45 ve Çizelge A.46).



Şekil 4.39 : Pamuk balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün renk üzerine etkisi (1. tekrar).



Şekil 4.40 : Pamuk balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün renk üzerine etkisi (2. tekrar).

4.1.7 Uygulanan prosesler sonucu elde edilen viskozite değerleri

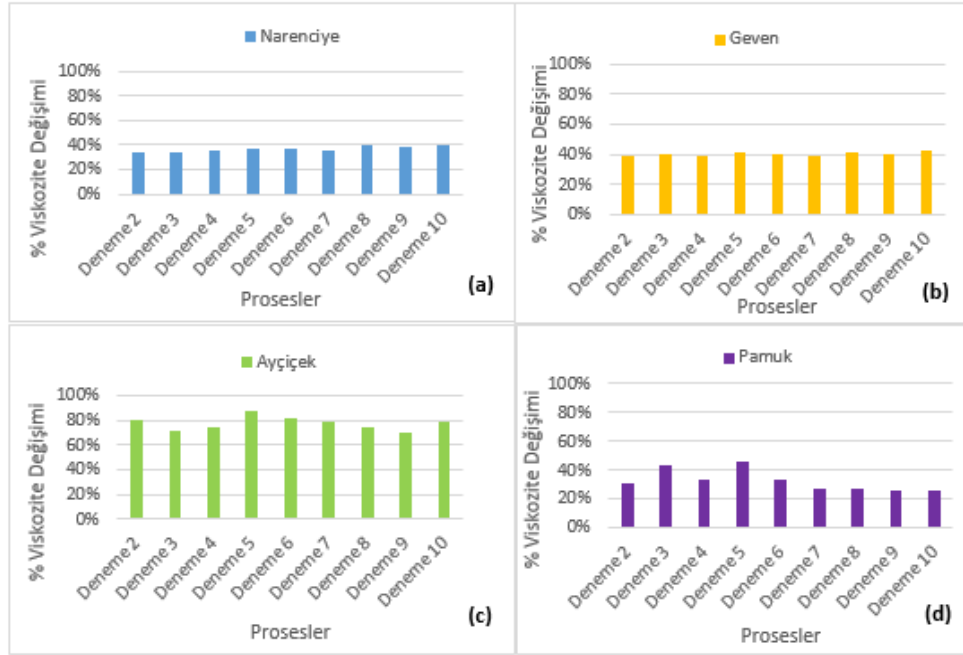
Laboratuvar ölçekte UIP 400S ultrases cihazı ile uygulanan 9 farklı işlemin viskozite analizi sonuçları Çizelge 4.15’de verilmiştir. Viskozite analizleri yalnızca yapılan 2. tekrarda gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.16 : Uygulanan prosesler sonucu balların viskozite değerleri (cP).

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 2	3801.9 ^h	11384.5 ^f	2183.0 ^{bc}	8207.9 ^d
Deneme 3	3893.2 ^g	11458.5 ^e	1930.5 ^f	11495.5 ^b
Deneme 4	3988.6 ^f	11395.0 ^f	2018.1 ^e	8740.5 ^c
Deneme 5	4203.7 ^d	11870.5 ^b	2355.0 ^a	11945.0 ^a
Deneme 6	4169.7 ^e	11606.0 ^d	2203.7 ^b	8821.5 ^c
Deneme 7	4005.5 ^f	11097.5 ^g	2148.7 ^{cd}	7016.0 ^f
Deneme 8	4497.5 ^b	11913.5 ^b	2005.9 ^e	7214.8 ^e
Deneme 9	4390.5 ^c	11683.5 ^c	1893.4 ^f	6958.0 ^f
Deneme 10	4592.7 ^a	12190.5 ^a	2133.2 ^d	6697.8 ^g

*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar P<0.05 önem düzeyinde farklı değildir.

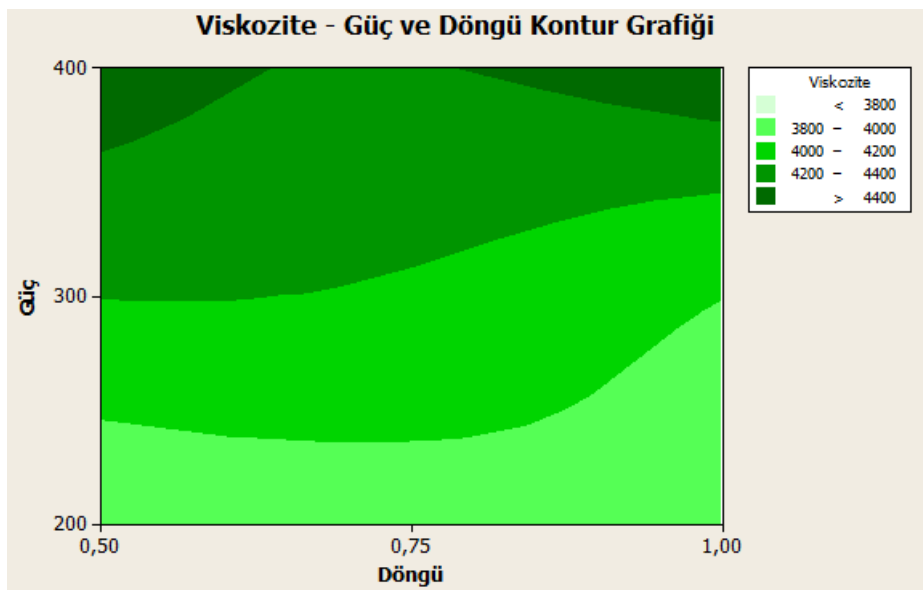
Ultrases proses uygulaması ile viskozite değerleri ham balın viskozite değerlerine göre azalma göstermiştir (Şekil 4.41).



Şekil 4.41 : Prob ultrases 2. tekrarda viskozite : (a) Narenciye. (b) Geven. (c) Ayçiçek. (d) Pamuk.

Narenciye balında viskozite üzerine güç, döngü faktörleri ve güç*döngü interaksyonunun istatistiksel önem düzeyinde ($p < 0.05$) etkili olduğu saptanmıştır (Çizelge A.47).

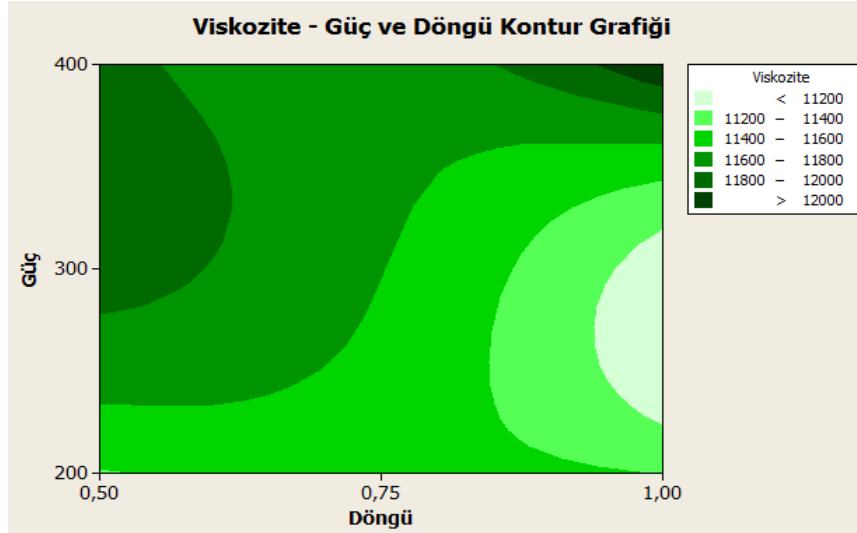
Narenciye balına ultrases uygulaması sırasında güç ve döngüye bağlı olarak değişen viskoizite değerleri Şekil 4.42’de verilmiştir.



Şekil 4.42 : Narenciye balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün viskozite üzerine etkisi (2. tekrar).

Geven balında viskozite üzerine güç, döngü faktörleri ve güç*döngü interaksyonunun istatistiksel önem düzeyinde ($p<0.05$) etkili olduğu saptanmıştır (Çizelge A.48).

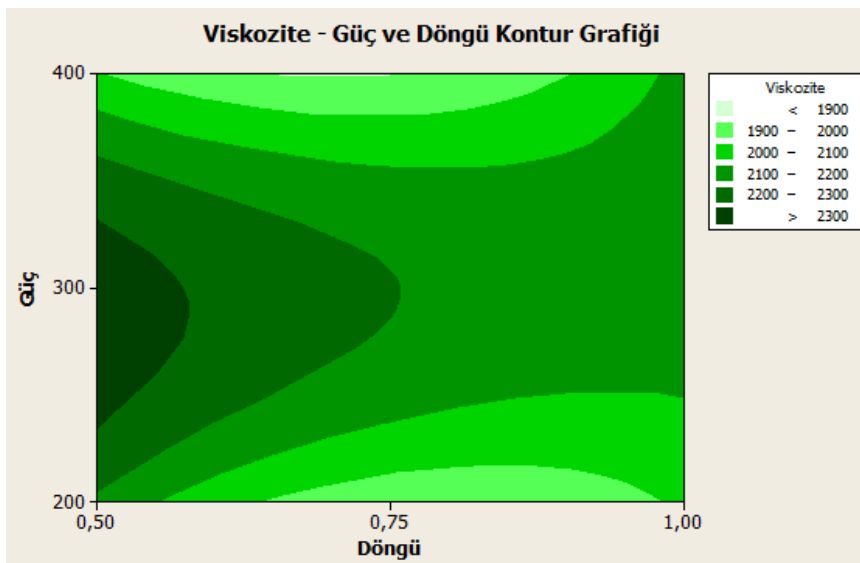
Geven balına ultrases uygulaması sırasında güç ve döngüye bağlı olarak değişen viskozite değerleri Şekil 4.43’de verilmiştir.



Şekil 4.43 : Geven balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün viskozite üzerine etkisi (2. tekrar).

Ayçiçek balında viskozite üzerine güç, döngü faktörleri ve güç*döngü interaksyonunun istatistiksel önem düzeyinde ($p<0.05$) etkili olduğu saptanmıştır (Çizelge A.49).

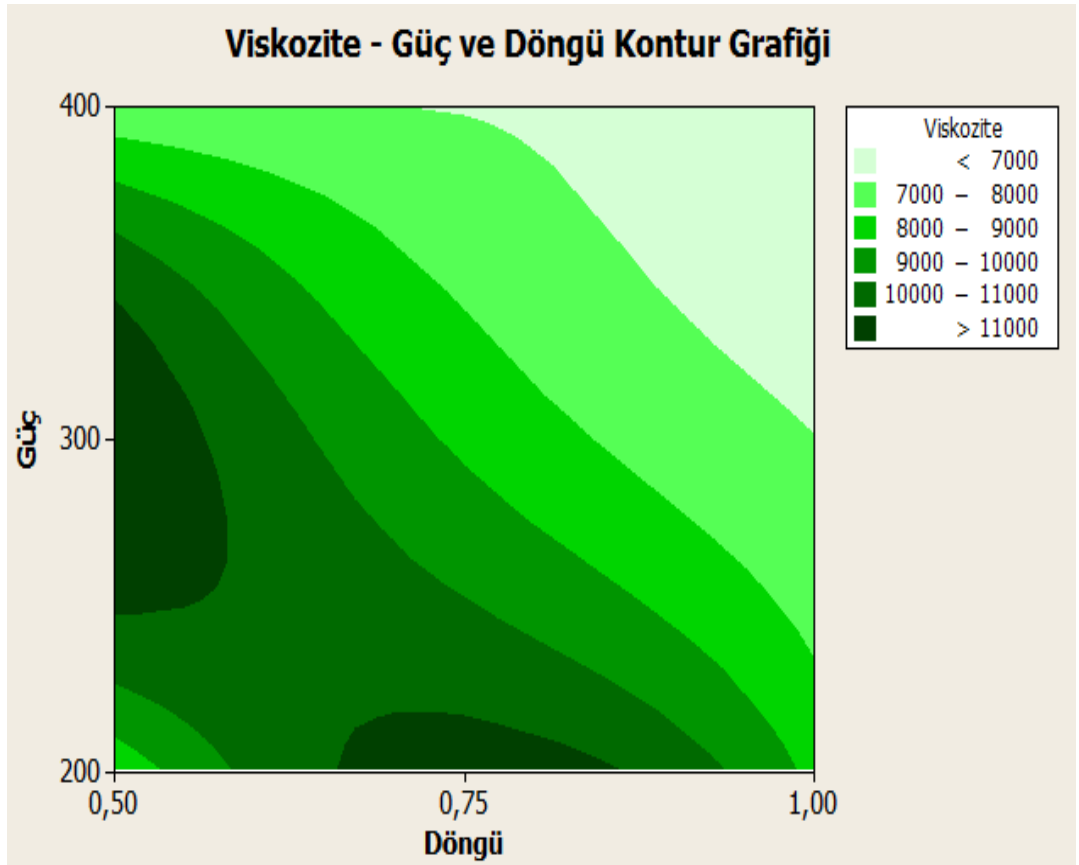
Ayçiçek balına ultrases uygulaması sırasında güç ve döngüye bağlı olarak değişen viskozite değerleri Şekil 4.44’de verilmiştir.



Şekil 4.44 : Ayçiçek balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün viskozite üzerine etkisi (2. tekrar).

Pamuk balında viskozite üzerine güç, döngü faktörleri ve güç*döngü interaksyonunun istatistiksel önem düzeyinde ($p<0.05$) etkili olduğu saptanmıştır (Çizelge A.50).

Narenciye ve geven ballarında uygulanan prob ultrases işlemi ile viskozite değeri başlangıç (ham bal) değerine göre ortalama olarak yaklaşık %60 azalma gösterirken pamuk balında bu azalma ortalama olarak %60'ın daha da altında gerçekleşmiştir (Şekil 4.41). Ayıçek balında ise uygulanan prob ultrases işlem ile viskozitede ortalama %22 oranında bir azalma meydana gelmiştir. Ayıçek balında uygulanan işlem ile diğer ballara göre viskozitede daha az bir düşüş yaşanmasının nedeninin başlangıç (ham bal) viskozite değerinin diğer ballara göre oldukça düşük olmasından kaynaklandığı öngörülmüştür (Çizelge 4.2).



Şekil 4.45: Pamuk balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün viskozite üzerine etkisi (2. tekrar).

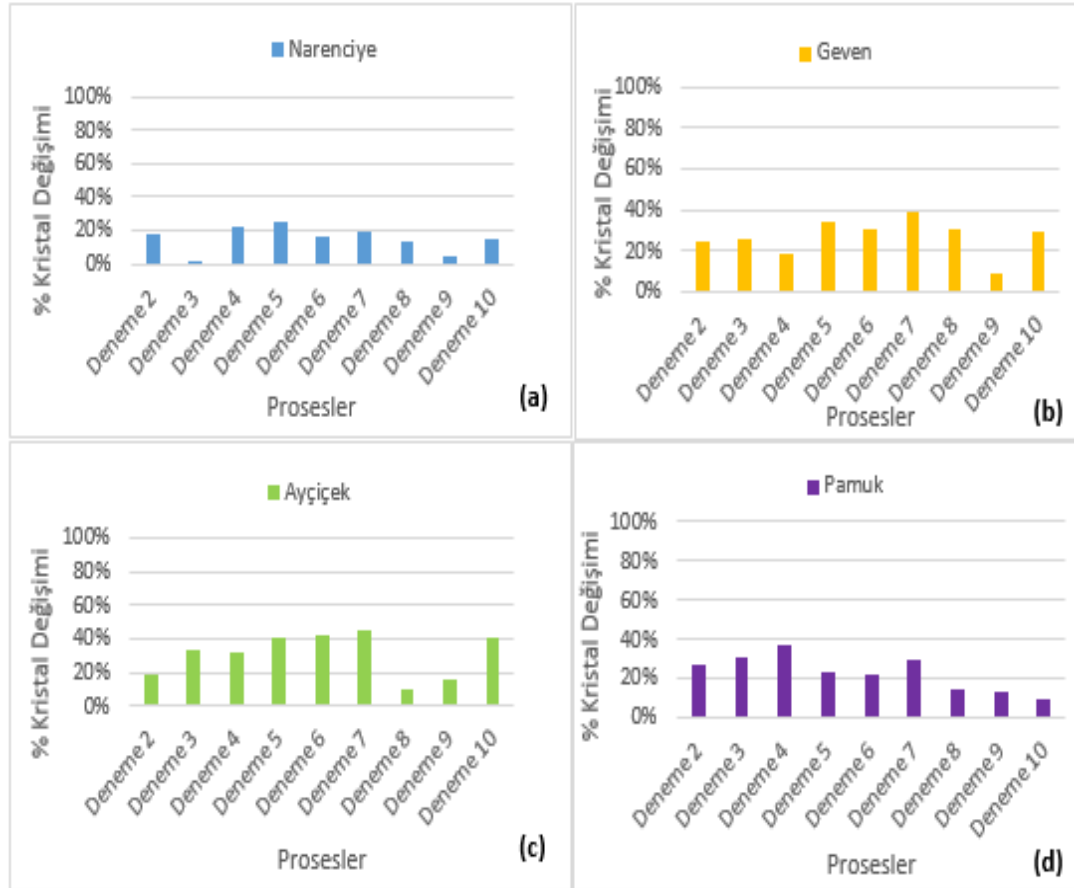
4.1.8 Uygulanan prosesler ile kristal miktarı değerlerindeki değişimler

Laboratuvar ölçekte UIP 400S ultrases cihazı ile uygulanan 9 farklı işlem sonucunda kristal analizi sonuçları bir sonraki sayfada Çizelge 4.16'da verilmiştir. Kristal miktarı analizleri yalnızca yapılan 2. tekrarda uygulanmıştır.

Çizelge 4.17 : Uygulanan prosesler sonucu balların kristal miktarı
(g glikoz monohidrat/g bal).

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 2	0.048 ^{ab}	0.045 ^{ab}	0.064 ^d	0.072 ^{abc}
Deneme 3	0.001 ^d	0.049 ^{ab}	0.116 ^{bc}	0.079 ^{ab}
Deneme 4	0.059 ^{ab}	0.034 ^{ab}	0.115 ^c	0.095 ^a
Deneme 5	0.069 ^a	0.062 ^a	0.144 ^a	0.059 ^{abc}
Deneme 6	0.044 ^{ab}	0.056 ^{ab}	0.148 ^a	0.058 ^{abc}
Deneme 7	0.051 ^{ab}	0.072 ^a	0.159 ^a	0.076 ^{ab}
Deneme 8	0.035 ^{bc}	0.057 ^{ab}	0.033 ^e	0.039 ^{bc}
Deneme 9	0.013 ^{cd}	0.018 ^b	0.056 ^{de}	0.035 ^{bc}
Deneme 10	0.040 ^{abc}	0.054 ^{ab}	0.141 ^{ab}	0.024 ^c

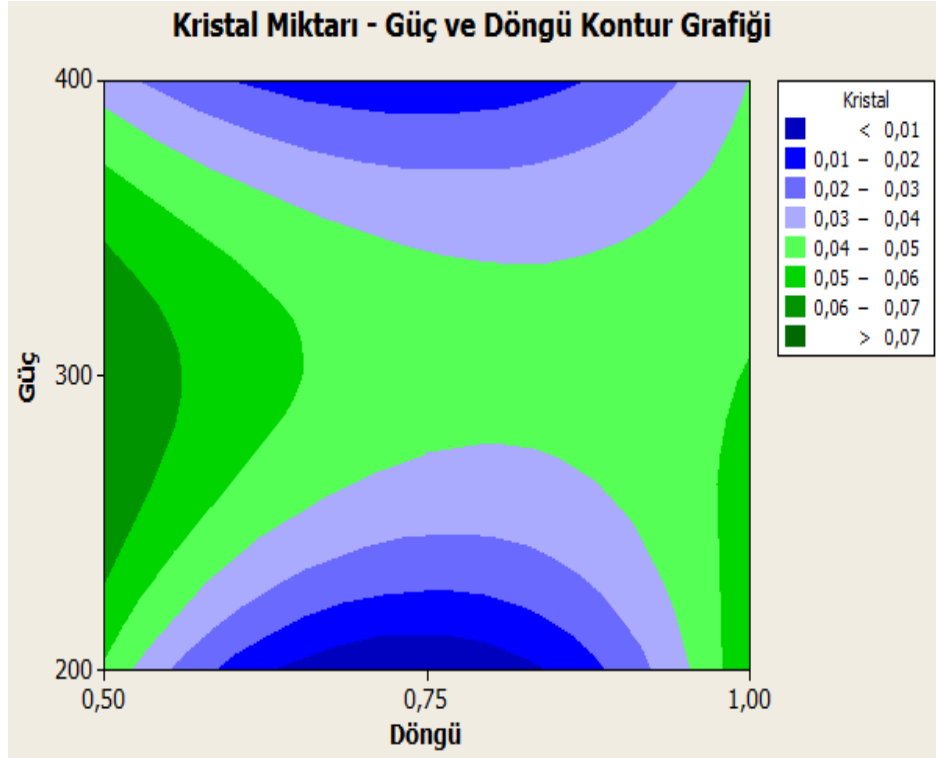
*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar $P < 0.05$ önem düzeyinde farklı değildir.



Şekil 4.46 : Prob ultrases 2. tekrarda kristal miktarı: (a) Narenciye. (b) Geven. (c) Ayçiçek. (d) Pamuk.

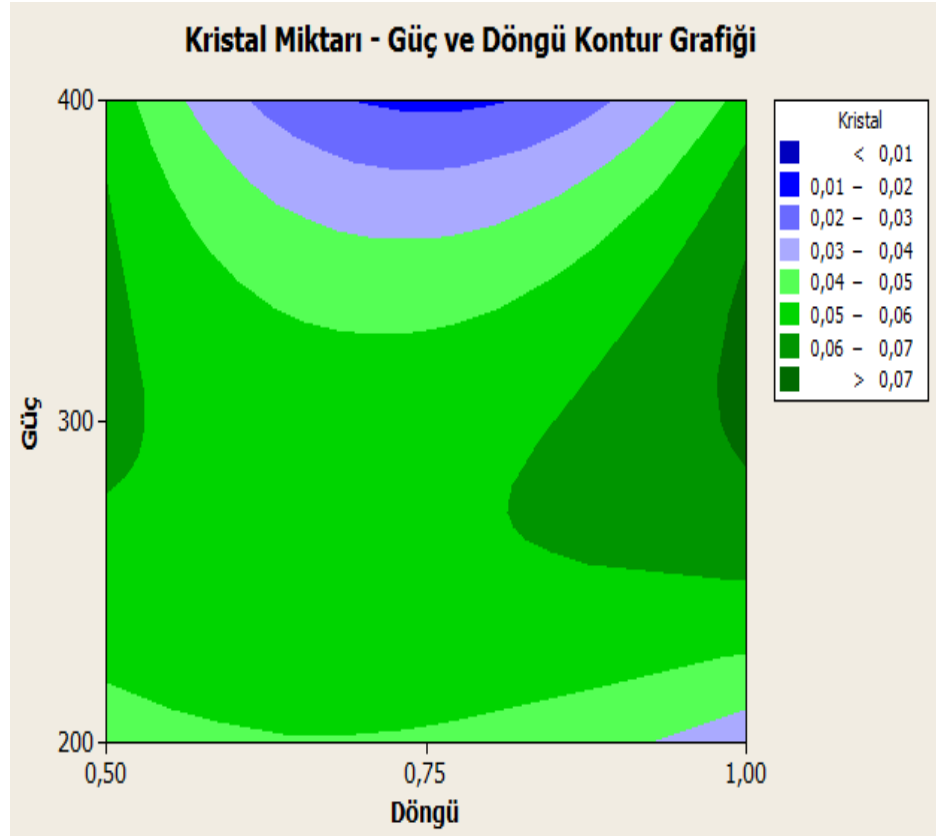
Narenciye balında kristal miktarı üzerine güç, döngü faktörleri ve güç*döngü interaksiyonunun istatistiksel önem düzeyinde ($p < 0.05$) etkili olduğu saptanmıştır (Çizelge A.51).

Narenciye balına ultrases uygulaması sırasında güç ve döngüye bağlı olarak değişen kristal miktarları bir sonraki sayfada Şekil 4.47’de verilmiştir.



Şekil 4.47 : Narenciye balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün kristal miktarı üzerine etkisi (2. tekrar).

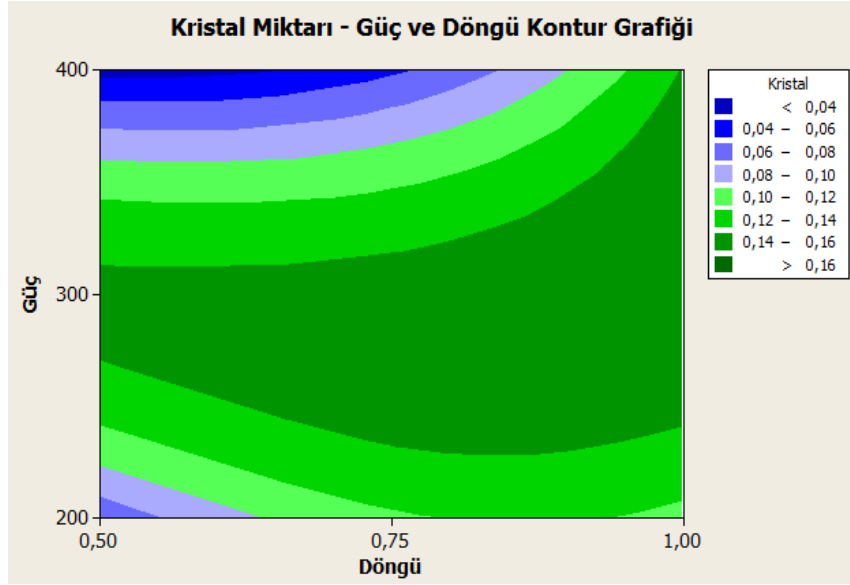
Geven balında kristal miktarı üzerine güç faktörünün istatistiksel önem düzeyinde ($p < 0,05$) etkili olduğu saptanmıştır (Çizelge A.52).



Şekil 4.48 : Geven balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün kristal miktarı üzerine etkisi (2. tekrar).

Ayçiçek balında kristal miktarı üzerine güç, döngü faktörleri ve güç*döngü interaksyonunun istatistiksel önem düzeyinde ($p<0.05$) etkili olduğu saptanmıştır (Çizelge A.53).

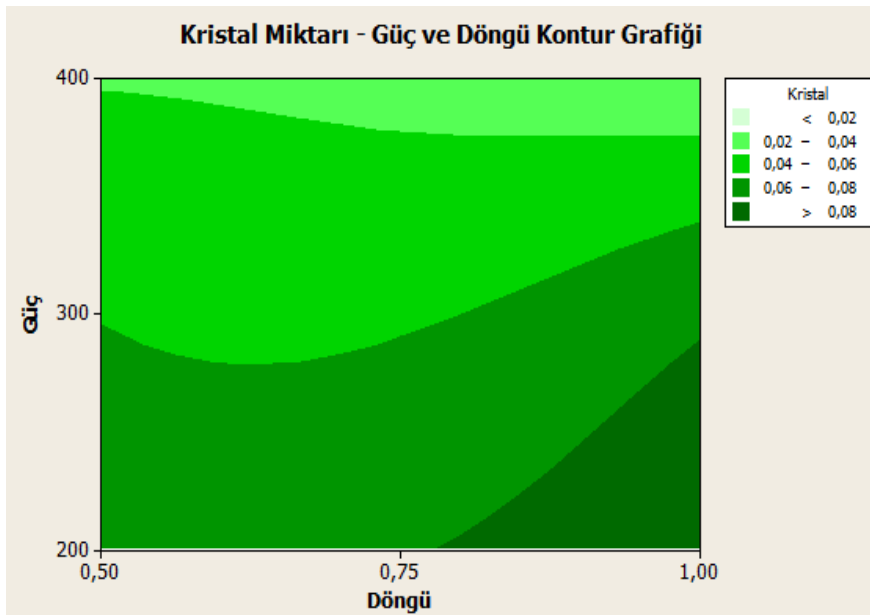
Ayçiçek balında yapılan istatistiksel analize göre güç ve döngü miktarları arttıkça kristal miktarında azalma meydana gelmektedir (Şekil 4.49).



Şekil 4.49 : Ayçiçek balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün kristal miktarı üzerine etkisi (2. tekrar).

Pamuk balında kristal miktarı üzerine güç faktörünün istatistiksel önem düzeyinde ($p<0.05$) etkili olduğu saptanmıştır (Çizelge A.54).

Pamuk balında yapılan kristal miktarı analizlerine göre güç miktarı arttıkça kristal miktarında azalma meydana gelmektedir (Şekil 4.50).



Şekil 4.50 : Pamuk balına ultrases uygulamasında güç ve döngünün kristal miktarı üzerine etkisi (2. tekrar).

4.2 Ultrases Su Banyosu ve Normal Su Banyosu İle Yapılan Çalışma Sonuçları

Su banyosu denemelerinde balların ulaştığı maksimum sıcaklık değerleri Çizelge 4.17 ve 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18 : 1. tekrarda uygulanan su banyosu prosesleri sonucu balların ulaştığı maksimum sıcaklıklar (°C).

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 11	62 ^a	60 ^a	55.9 ^a	59 ^a
Deneme 12	55 ^b	55 ^c	50.0 ^b	55 ^b
Deneme 13	59 ^a	59 ^b	59.0 ^a	59 ^a
Deneme 14	50 ^c	50 ^d	50.0 ^b	50 ^c

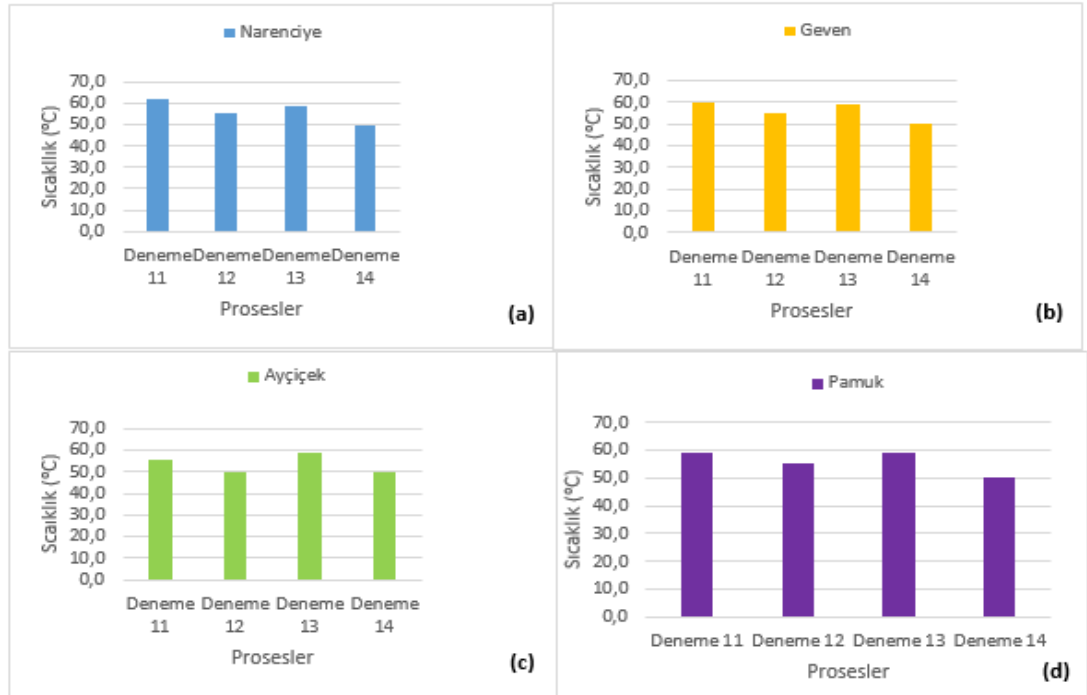
*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar P<0.05 önem düzeyinde farklı değildir.

Çizelge 4.19 : 2. tekrarda uygulanan su banyosu prosesleri sonucu balların ulaştığı maksimum sıcaklıklar (°C).

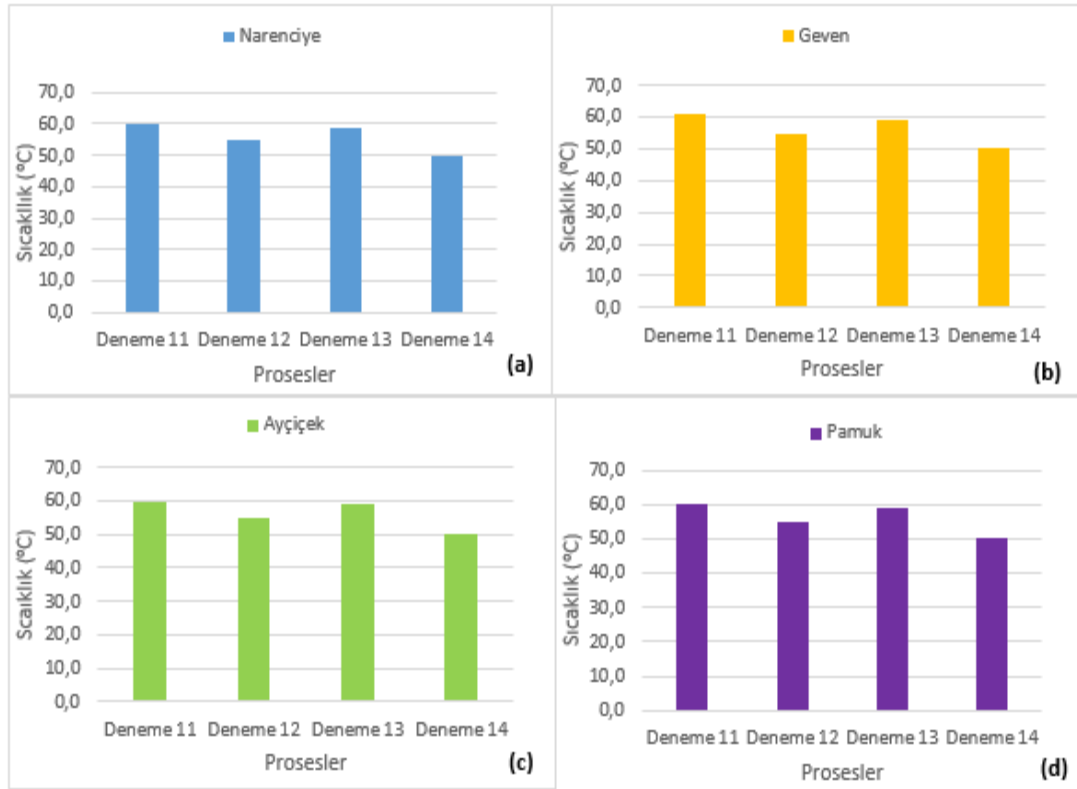
Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 11	60 ^a	61 ^a	60.0 ^a	60 ^a
Deneme 12	55 ^b	55 ^c	50.0 ^b	55 ^b
Deneme 13	59 ^a	59 ^b	59.0 ^a	59 ^a
Deneme 14	50 ^c	50 ^d	50.0 ^b	50 ^c

*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar P<0.05 önem düzeyinde farklı değildir.

Su banyosu proseslerinde 1. tekrarda balların ulaştığı maksimum sıcaklık değerleri Şekil 4.51’de verilmiştir.



Şekil 4.51 : Su banyosu proseslerinde 1. tekrarda maksimum sıcaklıklar: (a) Narenciye. (b) Geven. (c) Ayçiçek. (d) Pamuk.



Şekil 4.52 : Su banyosu proseslerinde 2. tekrarda maksimum sıcaklıklar: (a) Narenciye. (b) Geven. (c) Ayçiçek. (d) Pamuk.

4 çeşit balda 1. ve 2. tekrarlarında gerçekleştirilen istatistiksel analize göre deneme 11, deneme 12, deneme 13 ve deneme 14 işlemleri arasında sıcaklık ve süre değerlerine göre istatistiksel önem düzeyinde ($p < 0.05$) farklılık bulunurken bal çeşidinin önemli bir faktör olmadığı gözlemlenmiştir (Çizelge A.56 ve Çizelge A.57). Su banyosu işlemlerinin proses süreleri Çizelge 4.19 ve Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4.20 : 1. tekrarda uygulanan su banyosu prosesleri süreleri (dk).

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 11	201 ^b	85 ^b	85 ^a	85 ^b
Deneme 12	115 ^b	115 ^b	115 ^a	115 ^b
Deneme 13	209 ^b	110 ^b	75 ^a	110 ^b
Deneme 14	766 ^a	766 ^a	125 ^a	766 ^a

*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar $P < 0.05$ önem düzeyinde farklı değildir.

Çizelge 4.21 : 2. tekrarda uygulanan su banyosu prosesleri süreleri (dk).

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 11	114 ^a	94 ^b	60 ^a	114 ^b
Deneme 12	75 ^a	110 ^b	100 ^a	110 ^b
Deneme 13	85 ^a	100 ^b	85 ^a	100 ^b

Çizelge 4.22 (devam) : 2. tekrarda uygulanan su banyosu prosesleri süreleri (dk).

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 14	90 ^a	600 ^a	90 ^a	650 ^a

*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar P<0.05 önem düzeyinde farklı değildir.

4.2.2 Uygulanan prosesler sonucu elde edilen nem değerleri

Ultrases su banyosu ve normal su banyosu denemelerinde balların nem içeriğindeki değişimler Çizelge 4.21 ve 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.23 : 1. tekrarda uygulanan su banyosu prosesleri sonucu balların nem içeriği (%).

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 11	20.0 ^a	15.5 ^a	20.0 ^a	16.9 ^a
Deneme 12	18.1 ^b	15.5 ^a	20.0 ^a	17.1 ^a
Deneme 13	17.5 ^c	15.7 ^a	20.0 ^a	17.1 ^a
Deneme 14	17.6 ^c	15.6 ^a	20.0 ^a	17.1 ^a

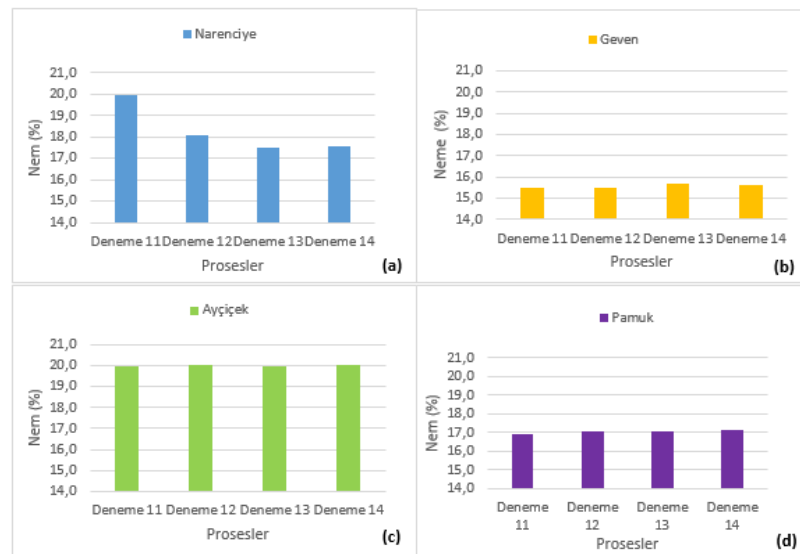
*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar P<0.05 önem düzeyinde farklı değildir.

Çizelge 4.24 : 2. tekrarda uygulanan su banyosu prosesleri sonucu balların nem içeriği (%).

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 11	19.5 ^a	17.2 ^a	20.6 ^a	17.2 ^b
Deneme 12	17.8 ^c	16.0 ^b	19.9 ^{ab}	17.2 ^b
Deneme 13	18.0 ^b	16.0 ^b	19.9 ^{ab}	17.2 ^b
Deneme 14	18.0 ^b	16.1 ^b	19.9 ^{ab}	17.6 ^a

*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar P<0.05 önem düzeyinde farklı değildir.

Şekil 4.53’de 1. tekrarda balların % nem içeriğindeki değişimler verilmiştir.

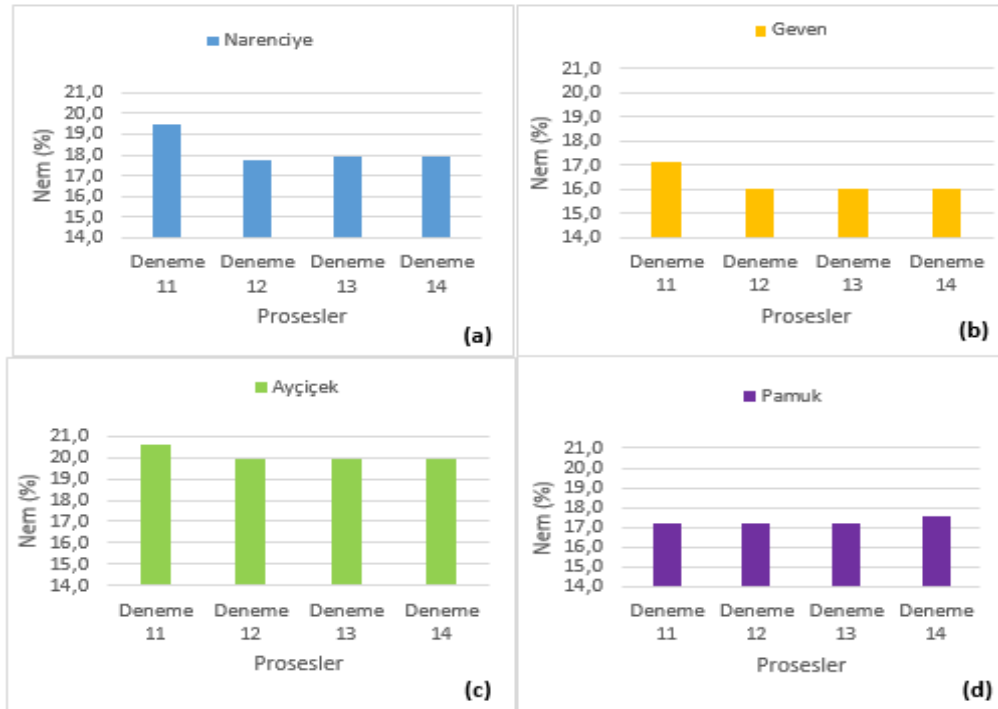


Şekil 4.53 : Su banyosu proseslerinde 1. tekrarda nem: (a) Narenciye. (b) Geven. (c) Ayçiçek. (d) Pamuk.

4 çeşit balda 1. tekrarda gerçekleştirilen Genel Doğrusal Model (GLM) istatistiksel analize göre işlemler arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmaz iken ($p<0.05$), ballar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge A.58).

2. tekrarda hem ballar hem de işlemlerin nem üzerine etkisinin istatistiksel olarak ($p<0.05$) farklı olduğu saptanmıştır (Çizelge A.59).

Şekil 4.54’de ballara göre uygulanan proses bazında nem içeriklerinde meydana gelen değişim verilmiştir.



Şekil 4.54 : Su banyosu proseslerinde 2. tekrarda nem: (a) Narenciye. (b) Geven. (c) Ayçiçek. (d) Pamuk.

4.2.3 Uygulanan prosesler sonucu elde edilen diastaz değerleri

Ultrases su banyosu ve normal su banyosu denemelerinde balların diastaz sayısındaki değişimler Çizelge 4.23 ve 4.24’de verilmiştir.

Çizelge 4.25 : 1. tekrarda uygulanan su banyosu prosesleri sonucu balların diastaz sayıları.

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 11	<1 ^a	10.9 ^a	7.8 ^a	6.0 ^a
Deneme 12	<1 ^a	10.9 ^a	7.9 ^a	5.5 ^b
Deneme 13	<1 ^a	10.4 ^{ab}	8.0 ^a	5.5 ^b
Deneme 14	<1 ^a	9.8 ^b	8.0 ^a	5.5 ^b

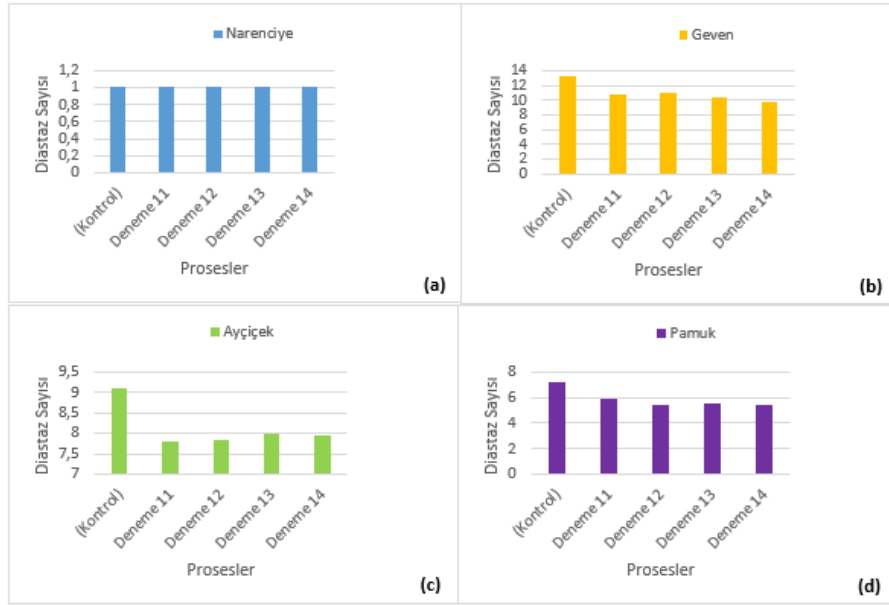
*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar $P<0.05$ önem düzeyinde farklı değildir.

Çizelge 4.26 : 2. tekrarda uygulanan su banyosu prosesleri sonucu balların diastaz sayıları.

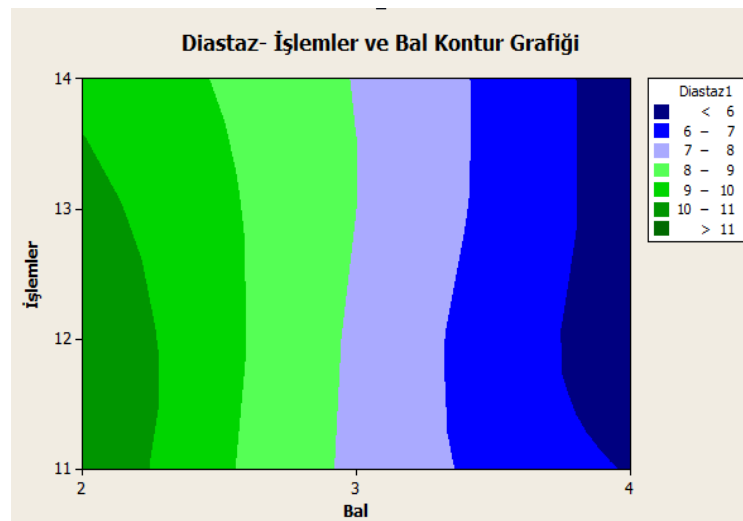
Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 11	<1 ^a	11.7 ^a	9.4 ^a	8.8 ^a
Deneme 12	<1 ^a	11.4 ^a	9.1 ^a	8.6 ^a
Deneme 13	<1 ^a	11.7 ^a	9.4 ^a	8.3 ^a
Deneme 14	<1 ^a	11.8 ^a	9.4 ^a	8.3 ^a

*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar $P < 0.05$ önem düzeyinde farklı değildir.

Elde edilen istatistiksel analiz sonuçlarına göre 1. tekrarda diastaz üzerine işlemler arasında istatistiksel önem düzeyinde ($p < 0.05$) bir fark bulunmaz iken ballar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$) (Çizelge A.60).

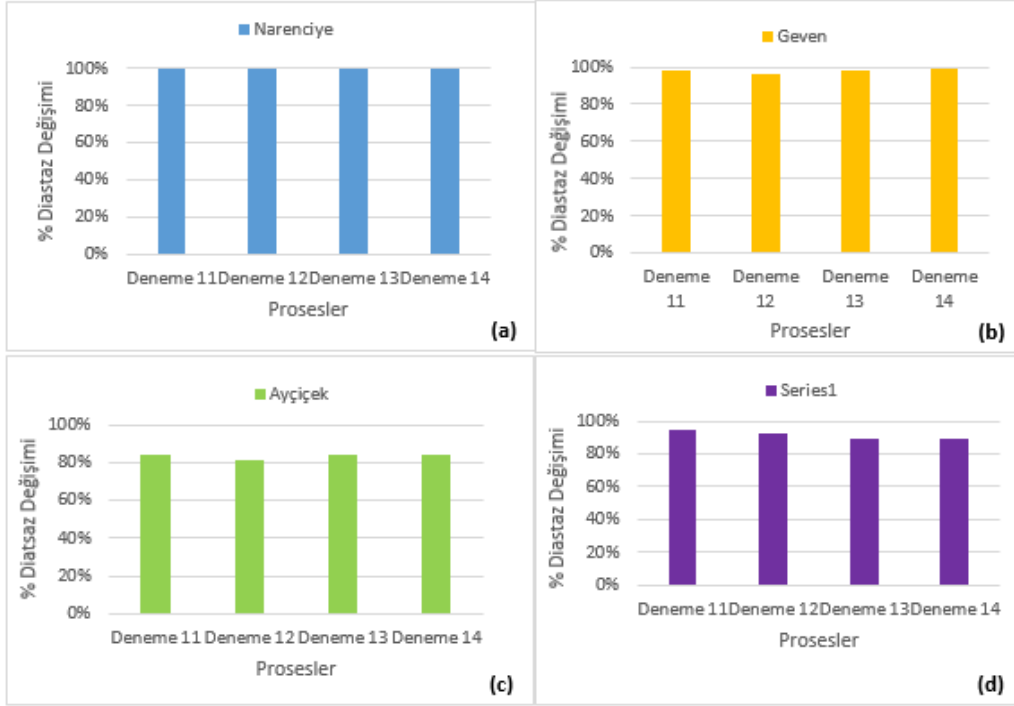


Şekil 4.55 : Su banyosu proseslerinde 1. tekrarda diastaz: (a) Narenciye. (b) Geven. (c) Ayçiçek. (d) Pamuk.

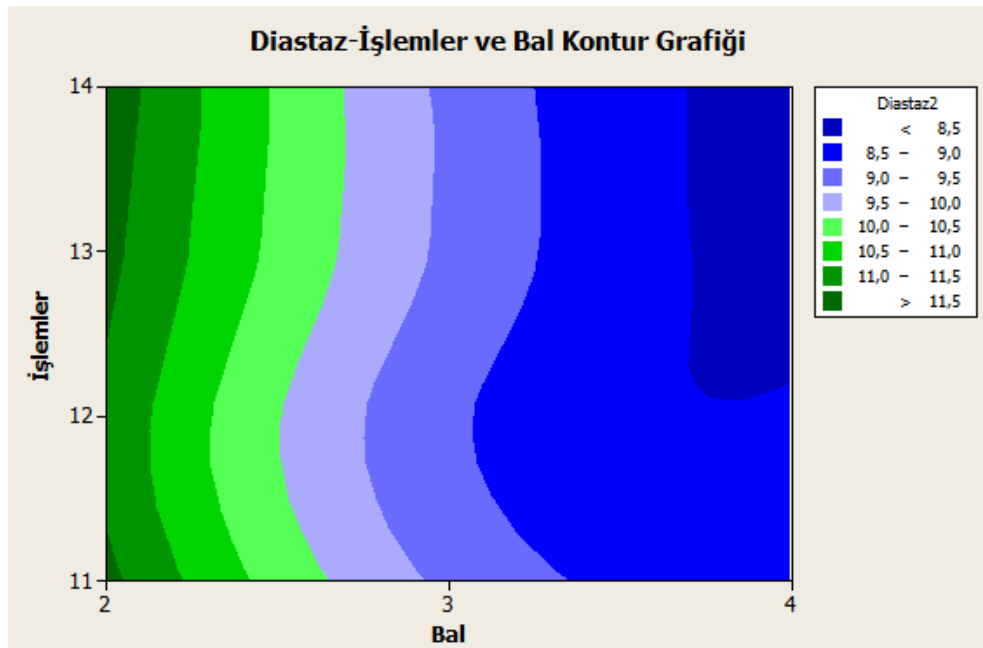


Şekil 4.56 : Su banyosu proseslerinde bal çeşidi ve işleme göre diastaz sayısı (1. tekrar).

2. tekrarda diastaz üzerine işlemler arasında istatistiksel önem düzeyinde ($p < 0.05$) yine bir fark bulunmaz iken ballar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). (Çizelge A.61). Diastaz sayısının uygulanan su banyosu işlemlere ve bal çeşidine göre % olarak değişimi Şekil 4.57 ve Şekil 4.58’de verilmiştir.



Şekil 4.57 : Su banyosu proseslerinde 2. tekrarda diastaz: (a) Narenciye. (b) Geven. (c) Ayçiçek. (d) Pamuk.



Şekil 4.58 : Su banyosu proseslerinde bal çeşidi ve işleme göre diastaz sayısı (2. tekrar).

4.2.4 Uygulanan prosesler sonucu elde edilen invertaz değerleri

Ultrases su banyosu ve normal su banyosu denemelerinde balların invertaz miktarındaki değişimler Çizelge 4.25 ve 4.26’da verilmiştir.

Çizelge 4.27 : 1. tekrarda uygulanan su banyosu prosesleri sonucu balların invertaz miktarı (U/kg).

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 11	21.0 ^a	3.3 ^c	1.3 ^{bc}	5.6 ^c
Deneme 12	0.7 ^b	1.9 ^d	0.7 ^c	2.0 ^d
Deneme 13	0.4 ^b	10.1 ^a	2.6 ^a	13.6 ^a
Deneme 14	1.8 ^a	8.8 ^b	2.3 ^{ab}	10.3 ^b

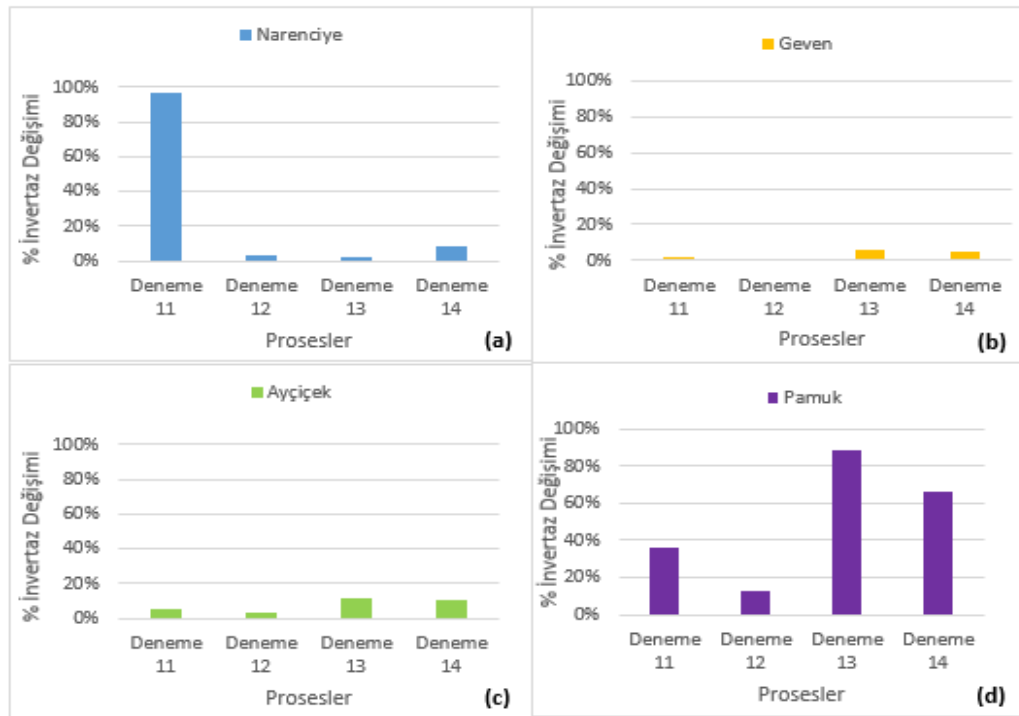
*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar P<0.05 önem düzeyinde farklı değildir.

Çizelge 4.28 : 2. tekrarda uygulanan su banyosu prosesleri sonucu balların invertaz miktarı (U/kg).

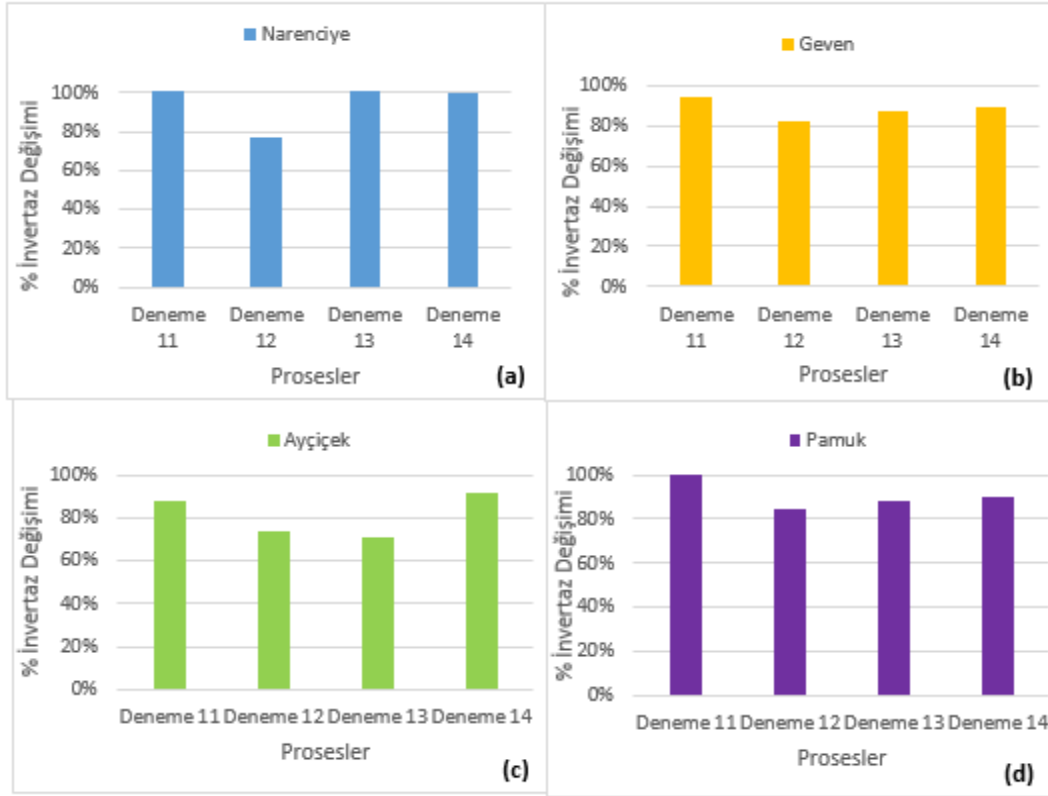
Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 11	65.0 ^a	380.7 ^a	211.9 ^b	336.6 ^a
Deneme 12	47.9 ^a	333.9 ^a	177.1 ^c	279.7 ^c
Deneme 13	69.5 ^a	354.6 ^a	170.9 ^c	291.1 ^{bc}
Deneme 14	62.0 ^a	363.6 ^a	220.6 ^a	299.9 ^b

*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar P<0.05 önem düzeyinde farklı değildir.

İnvertaz sayısının uygulanan su banyosu işlemlere ve bal çeşidine göre % olarak değişimi Şekil 4.59 ve Şekil 4.60’da verilmiştir.



Şekil 4.59 : Su banyosu proseslerinde 1. tekrarda invertaz: (a) Narenciye. (b) Geven. (c) Ayçiçek. (d) Pamuk.



Şekil 4.60 : Su banyosu proseslerinde 2. tekrarda invertaz: (a) Narenciye. (b) Geven. (c) Ayçiçek. (d) Pamuk.

Elde edilen istatistiksel analiz sonuçlarına göre her iki tekrarda da hem işlemler hem de ballar arasında invertaz sayısı üzerine istatistiksel önem düzeyinde ($p < 0.05$) farkın önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge A.62 ve Çizelge A.63).

4.2.5 Uygulanan prosesler sonucu elde edilen hmf değerleri

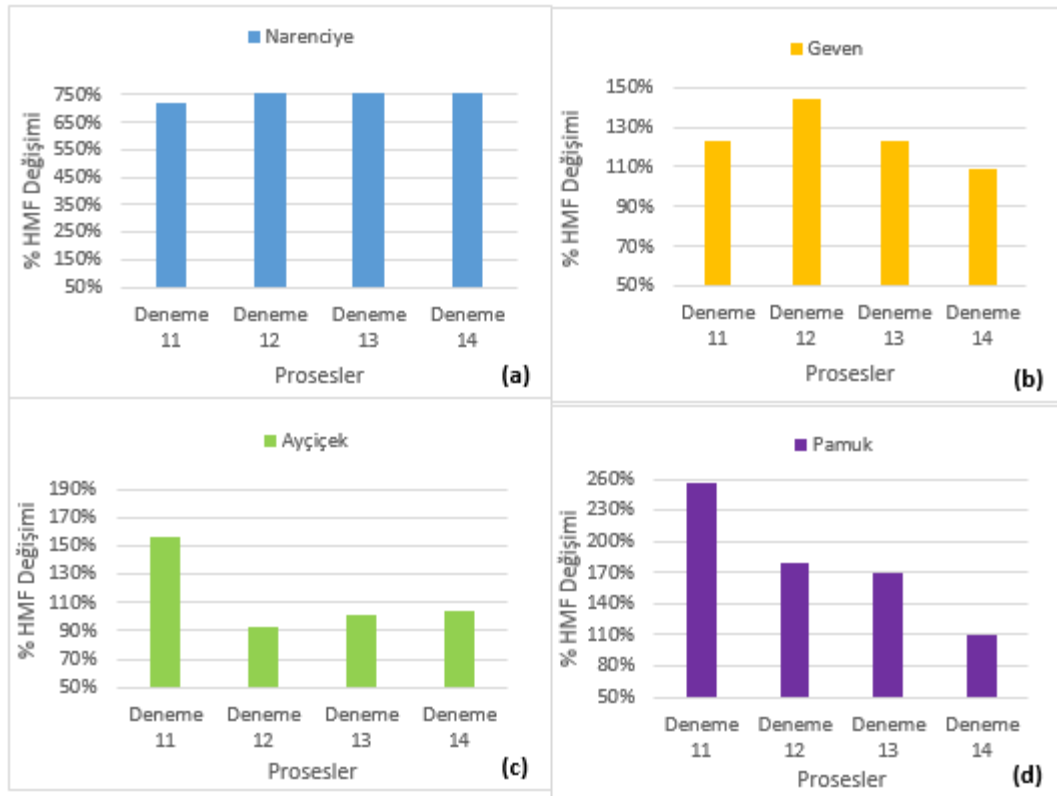
Ultrases su banyosu ve normal su banyosu denemelerinde balların HMF miktarındaki değişimler Çizelge 4.27’de verilmiştir.

Çizelge 4.29 : 1. tekrarda uygulanan su banyosu prosesleri sonucu balların HMF miktarı (mg/kg).

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 11	10.1 ^d	6.9 ^a	5.1 ^a	11.0 ^a
Deneme 12	17.0 ^b	8.1 ^a	3.0 ^b	7.7 ^b
Deneme 13	12.6 ^c	6.9 ^a	3.3 ^b	7.3 ^b
Deneme 14	19.5 ^a	6.1 ^a	3.4 ^b	4.7 ^c

*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar $P < 0.05$ önem düzeyinde farklı değildir.

Şekil 4.61’de su banyoları prosesinde bal çeşidi ve uygulanan işleme bağlı olarak HMF miktarında meydana gelen % değişim verilmiştir.



Şekil 4.61 : Su banyosu proseslerinde 1. tekrarda HMF: (a) Narenciye. (b) Geven. (c) Ayçiçek. (d) Pamuk

Elde edilen istatistiksel analiz sonuçlarına göre 1. tekrarda hem işlemler hem de ballar arasında HMF miktarı üzerine istatistiksel önem düzeyinde ($p < 0.05$) fark bulunmuştur (Çizelge A.64).

2. tekrarda elde edilen sonuçlar Çizelge 4.28’de verilmiştir.

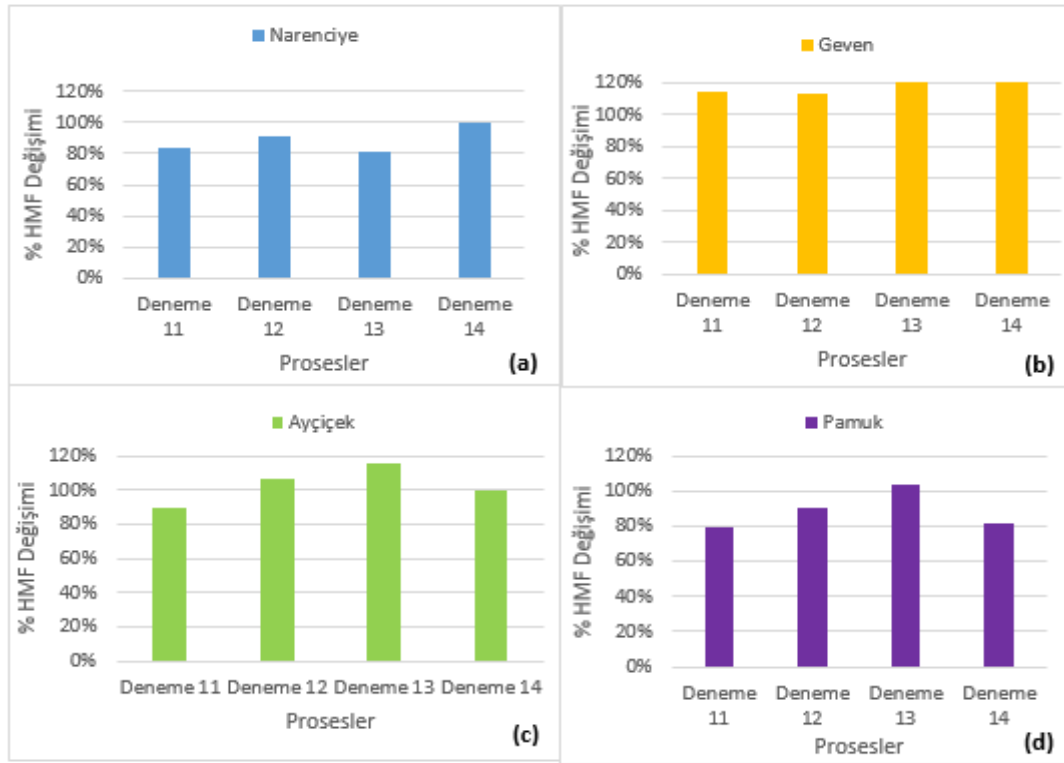
Çizelge 4.30 : 2. tekrarda uygulanan su banyosu prosesleri sonucu balların HMF değeri (mg/kg).

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 11	75.6 ^b	9.4 ^a	12.6 ^c	28.3 ^c
Deneme 12	82.5 ^{ab}	9.3 ^a	14.9 ^b	32.6 ^b
Deneme 13	73.2 ^b	10.4 ^a	16.2 ^a	37.1 ^a
Deneme 14	90.0 ^a	10.4 ^a	13.9 ^b	29.3 ^c

*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar $P < 0.05$ önem düzeyinde farklı değildir.

Elde edilen istatistiksel analiz sonuçlarına göre 2. tekrarda hem işlemler hem de ballar arasında HMF miktarı üzerine istatistiksel önem düzeyinde ($p < 0.05$) fark bulunmaz iken ham balın HMF miktarının HMF üzerine etkisi istatistiksel önemde ($p < 0.05$) farklı bulunmuştur. (Çizelge A.65).

Şekil 4.62’de su banyoları prosesinde bal çeşidi ve uygulanan işleme bağlı olarak HMF miktarında meydana gelen % değişim verilmiştir.



Şekil 4.62 : Su banyosu proseslerinde 2. tekrarda HMF: (a) Narenciye. (b) Geven. (c) Ayçiçek. (d) Pamuk

4.2.6 Uygulanan prosesler sonucu elde edilen renk değerleri

Ultrases su banyosu ve normal su banyosu denemelerinde balların renk değerlerindeki değişimler Çizelge 4.29 ve 4.30’da verilmiştir.

Çizelge 4.31 : 1. tekrarda uygulanan su banyosu prosesleri sonucu balların renk değerleri.

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 11	29.0 ^a	73.5 ^a	66.0 ^a	33.0 ^a
Deneme 12	29.5 ^a	71.5 ^b	66.0 ^b	33.5 ^a
Deneme 13	30.0 ^a	72.5 ^{ab}	65.5 ^a	36.0 ^a
Deneme 14	31.0 ^a	72.0 ^{ab}	66.0 ^a	38.0 ^a

*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar $P < 0.05$ önem düzeyinde farklı değildir.

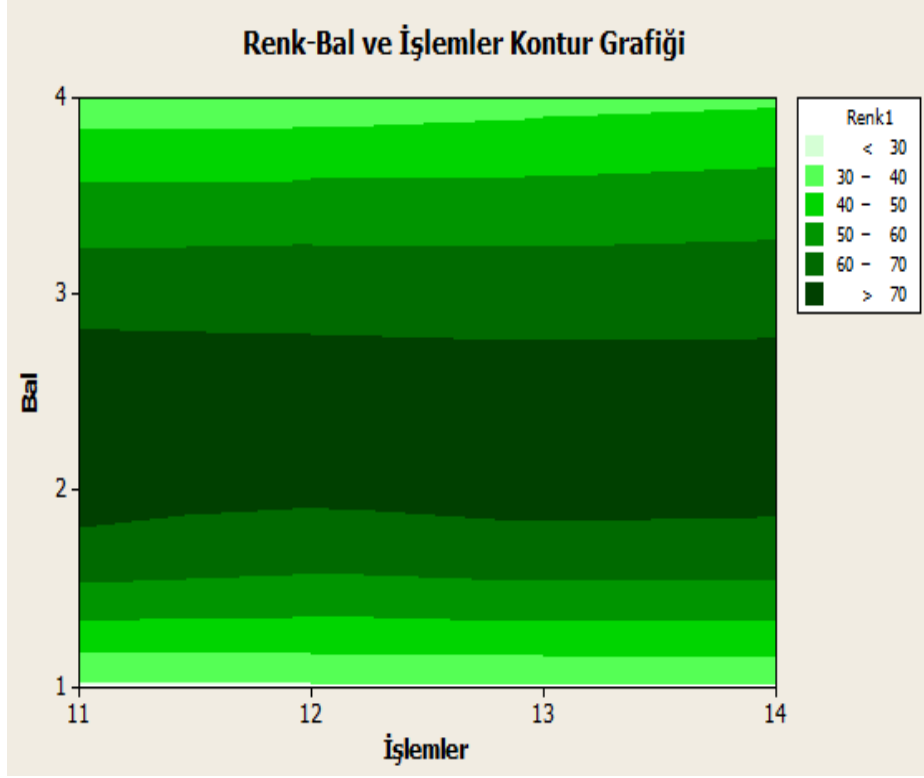
Çizelge 4.32 : 2. tekrarda uygulanan su banyosu prosesleri sonucu balların renk değerleri.

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 11	29.0 ^a	74.5 ^a	68.0 ^a	34.5 ^a
Deneme 12	29.0 ^a	72.5 ^a	66.0 ^a	30.0 ^b
Deneme 13	29.0 ^a	73.0 ^a	64.5 ^a	29.5 ^b
Deneme 14	28.5 ^a	72.5 ^a	66.0 ^a	33.0 ^a

*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar $P < 0.05$ önem düzeyinde farklı değildir.

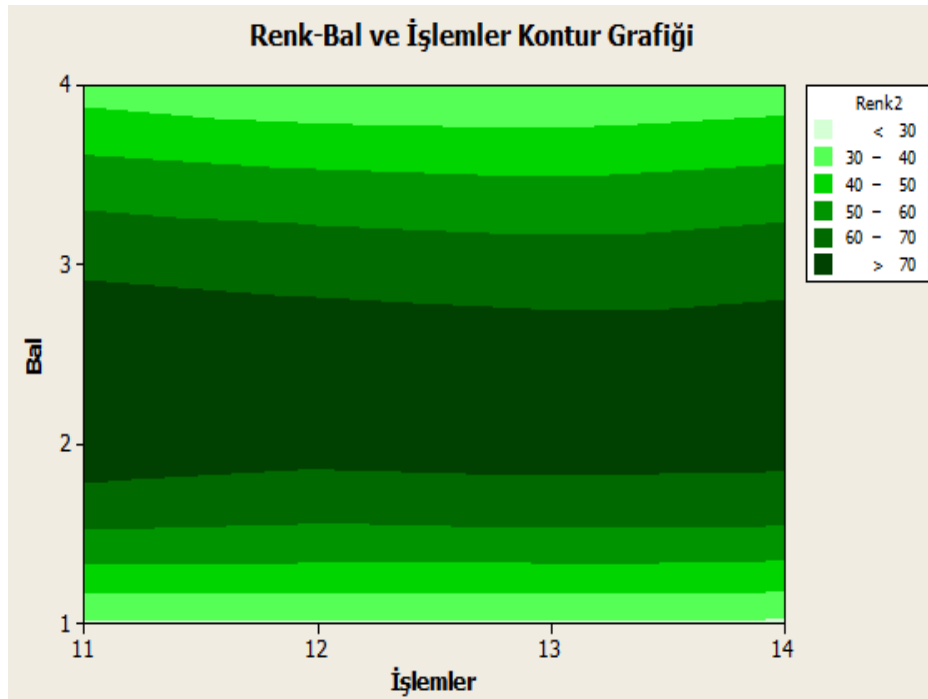
Her iki tekrarda da renk üzerine hem işlemler hem de ballar arasında renk üzerine istatistiksel önem düzeyinde ($p < 0.05$) bir fark olduğu bulunmuştur (Çizelge A.66 ve

Çizelge A.67). Şekil 4.63’de bal çeşidine ve uygulanan işlemlere göre balların renk değişimi verilmiştir.



Şekil 4.63 : Su banyosu proseslerinde bal çeşidi ve işleme göre renk miktarı (1. tekrar).

Ayrıca Şekil 4.64’de 2. tekrarda balların uygulanan işleme bağlı olara renk değişimleri verilmiştir.



Şekil 4.64 : Su banyosu proseslerinde bal çeşidi ve işleme göre renk miktarı (2. tekrar).

4.2.7 Uygulanan Prosesler Sonucu Elde Edilen Viskozite Değerleri

Ultras es su banyosu ve normal su banyosu denemelerinde balların renk değerlerindeki değişimler Çizelge 4.31’de verilmiştir.

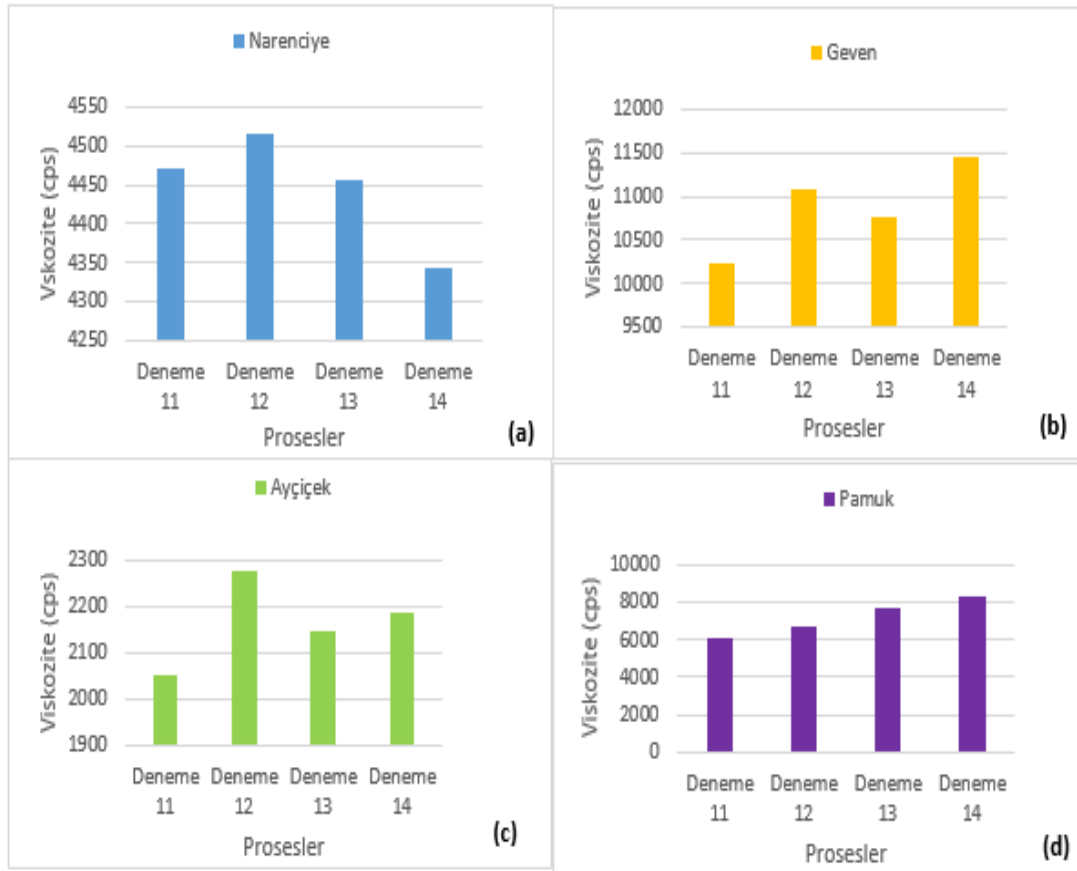
Çizelge 4.33 : Uygulanan su banyosu prosesleri sonucu balların viskozite değerleri (cP).

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 11	4471.5 ^{ab}	10237.5 ^d	2054.0 ^d	6070.5 ^d
Deneme 12	4516.5 ^a	11079.0 ^b	2278.0 ^a	6668.5 ^c
Deneme 13	4456.9 ^b	10757.5 ^c	2148.6 ^c	7660.5 ^b
Deneme 14	4342.4 ^c	11453.0 ^a	2186.6 ^b	8257.5 ^a

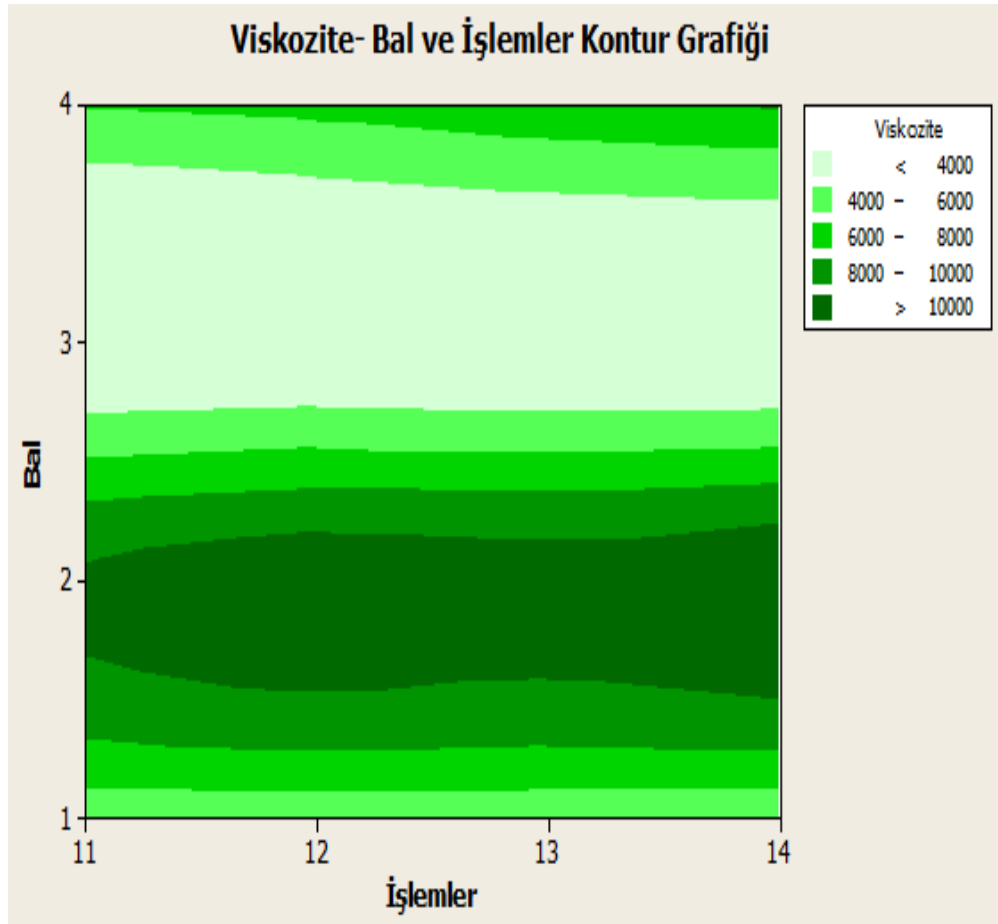
*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar $P < 0.05$ önem düzeyinde farklı değildir.

Elde edilen istatistiksel sonuçlara göre uygulanan işlemler ve bal çeşidi viskozite üzerine istatistiksel önem düzeyinde ($p < 0.05$) etkili olarak bulunmuştur (Çizelge A.68).

Şekil 4.65’de bal çeşitlerinde uygulanan işleme bağlı olarak viskozitede meydana gelen değişim % olarak verilmiştir.



Şekil 4.65 : Su banyosu proseslerinde viskozite: (a) Narenciye. (b) Geven. (c) Ayçiçek. (d) Pamuk



Şekil 4.66 : Su banyosu proseslerinde bal çeşidi ve işleme göre viskozite değerleri.

4.2.8 Uygulanan prosesler sonucu elde edilen kristal miktarı değerleri

Ultrases su banyosu ve normal su banyosu denemelerinde balların kristal miktarlarındaki değişimler Çizelge 4.32’de verilmiştir.

Çizelge 4.34 : Uygulanan su banyosu prosesleri sonucu balların kristal miktarları (g glikoz monohidrat/g bal).

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 11	0.007 ^a	0.039 ^a	0.050 ^a	0.031 ^b
Deneme 12	0.089 ^a	0.022 ^a	0.062 ^a	0.079 ^a
Deneme 13	0.014 ^a	0.070 ^a	0.021 ^b	0.076 ^a
Deneme 14	0.002 ^a	0.042 ^a	0.020 ^b	0.071 ^a

*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar P<0.05 önem düzeyinde farklı değildir.

Elde edilen istatistiksel sonuçlara göre uygulanan işlemler ve bal çeşidinin kristal miktarı üzerine istatistiksel önem düzeyinde ($p<0.05$) etkili olmadığı bulunmuştur. (Çizelge A.69). Kristal miktarında işlem uygulandıkça ham bal değerine göre beklenildiği gibi bir azalma meydana gelmiştir (Çizelge 4.32).

4.3 TUBİTAK MAM Prob Ultrases Çalışmaları

TUBİTAK MAM pilot tesiste gerçekleştirilen çalışmaların sonuçları Çizelge 4.33’de verilmiştir.

Çizelge 4.35 : TUBİTAK MAM prob utras es deneme sonuçları.

Analizler	Kontrol	2000 W	1500 W	1000 W
Sıcaklık (°C)	-	61.0	54.0	51.0
Süre (dk)	-	35.0	68.0	175.0
Nem (%)	17.2	15.6	16.0	16.1
Diastaz	13.2	11.9	11.9	11.2
İnvertaz (U/kg)	287.9	226.6	265.3	298.9
HMF (mg/kg)	9.3	10.3	9.4	10.4
Renk	75.0	73.5	74.0	74.0
Viskozite (cp)	29822.0	15803.0	12866.0	13398.0

*Tabloda verilen sonuçlar yalnızca ge ven balı için geçerlidir.

4.4 Uygulanan Tüm Proseslerin Birlikte Değerlendirilmesi

Laboratuvar ölçekte prob utras es (400 W), ultrases su banyosu, normal su banyosu ve pilot ölçe prob ultrases (2000 W) çalışmaları birlikte analizlenmiştir.

4.4.1 Sıcaklık ve süre

Uygulanan işlemlerde bal çeşidine göre güç, döngü ve güç*döngü parametrelerinin sıcaklık ve süre üzerine etkileri Çizelge 4.34 ve Çizelge 4.35’de verilmiştir.

Çizelge 4.36 : Ballarda sıcaklık üzerine istatistiksel önem düzeyinde ($p<0.05$) etkili parametreler.

Ballar	Güç	Döngü	Güç*Döngü
Narenciye	+	+	-
Geven	-	+	-
Ayçiçek	-	+	-
Pamuk	-	+	-

Çizelge 4.37 : Balların çözülmesinde süre üzerine istatistiksel önem düzeyinde ($p<0.05$) etkili parametreler.

Ballar	Güç	Döngü	Güç*Döngü
Narenciye	-	+	-
Geven	-	+	-
Ayçiçek	-	+	-
Pamuk	+	+	+

4.4.2 Nem miktarları

Elde edilen sonuçlara göre ham balın ilk nem miktarının proses sonrasındaki ürün nem içeriğine etkisi istatistiksel önem düzeyinde ($p<0.05$) etkisiz bulunurken

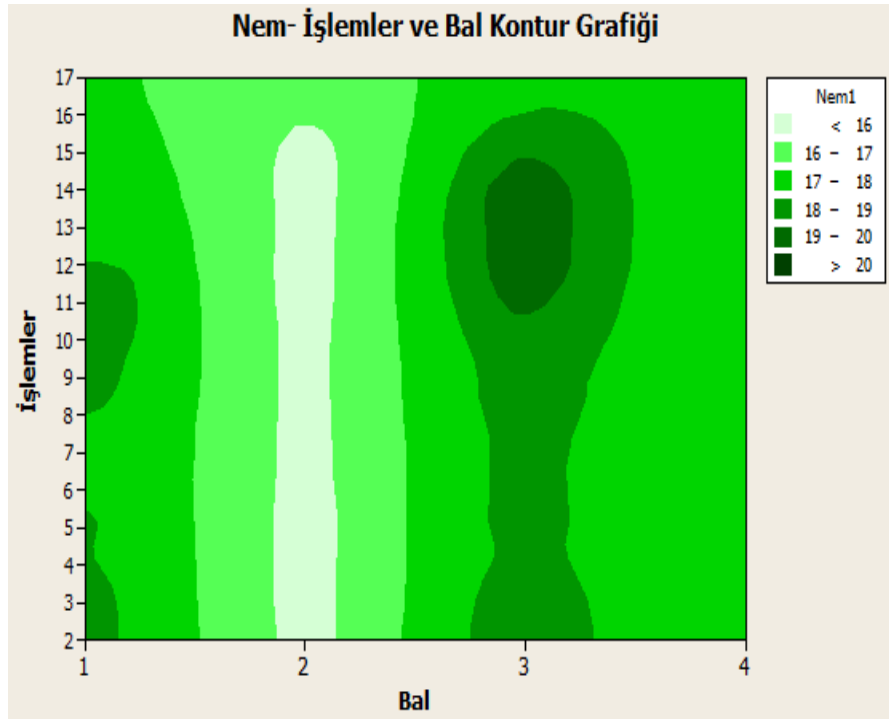
uygulanan işlemler ve bal çeşidinin nem içeriği üzerine istatistiksel önem düzeyinde ($p<0.05$) etkili olarak bulunmuştur (Çizelge A.71 ve Çizelge A.72).

Çizelge 4.38 : Tüm proseslerde elde edilen nem (%) değerleri (1. tekrar).

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 2	18.4 ^c	15.7 ^{ab}	19.1 ^b	17.2 ^a
Deneme 3	18.3 ^{cd}	15.6 ^{ab}	18.6 ^{bc}	17.1 ^a
Deneme 4	18.1 ^e	15.6 ^{ab}	18.1 ^{cd}	17.2 ^a
Deneme 5	18.2 ^{cde}	15.5 ^{ab}	18.4 ^{cd}	17.0 ^a
Deneme 6	17.6 ^f	15.6 ^{ab}	18.4 ^{cd}	17.1 ^a
Deneme 7	17.6 ^f	15.6 ^{ab}	18.1 ^{cd}	17.1 ^a
Deneme 8	18.2 ^{cde}	15.6 ^{ab}	18.6 ^{bc}	17.0 ^a
Deneme 9	18.6 ^b	15.6 ^{ab}	18.5 ^{cd}	17.1 ^a
Deneme 10	18.1 ^{de}	15.7 ^{ab}	18.0 ^d	17.1 ^a
Deneme 11	20.0 ^a	15.5 ^{ab}	20.0 ^a	16.9 ^a
Deneme 12	18.1 ^{de}	15.5 ^{ab}	20.0 ^a	17.1 ^a
Deneme 13	17.5 ^f	15.7 ^{ab}	20.0 ^a	17.1 ^a
Deneme 14	17.6 ^f	15.6 ^{ab}	20.0 ^a	17.1 ^a
Deneme 15	-	15.7 ^b	-	-
Deneme 16	-	16.0 ^a	-	-
Deneme 17	-	16.0 ^a	-	-

*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar $P<0.05$ önem düzeyinde farklı değildir.

Uygulanan tüm işlemlere bağlı olarak balların nem içeriklerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.67’de verilmiştir.



Şekil 4.67 : Tüm proseslerde bal çeşidi ve uygulanan işlemlerin nem üzerine etkisi (1. tekrar).

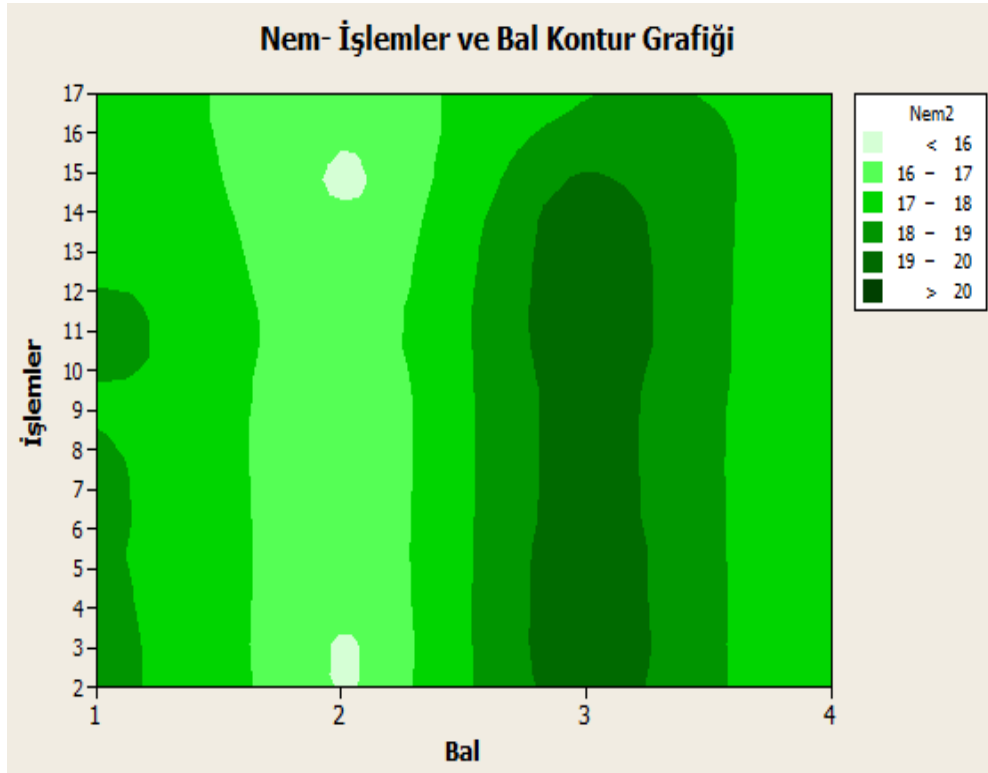
2. tekrarda elde edilen sonuçlar bir sonraki sayfada Çizelge 4.37’de verilmiştir.

Çizelge 4.39 : Tüm proseslerde elde edilen nem (%) değerleri (2. tekrar).

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 2	18.3 ^b	15.9 ^{bcd}	19.7 ^a	17.3 ^{ab}
Deneme 3	18.2 ^{bc}	15.8 ^{bcd}	20.1 ^a	17.0 ^b
Deneme 4	18.2 ^{bc}	16.2 ^b	19.7 ^a	17.1 ^b
Deneme 5	18.1 ^{bcd}	16.2 ^b	20.1 ^a	17.2 ^{ab}
Deneme 6	18.2 ^{bc}	16.0 ^{bcd}	19.7 ^a	17.1 ^b
Deneme 7	18.3 ^b	16.0 ^{bcd}	19.7 ^a	16.9 ^b
Deneme 8	18.1 ^{bcd}	15.8 ^{bcd}	19.7 ^a	16.9 ^b
Deneme 9	18.1 ^{bcd}	15.8 ^{bcd}	19.7 ^a	17.1 ^b
Deneme 10	17.8 ^{de}	15.7 ^{cd}	19.5 ^a	17.2 ^{ab}
Deneme 11	19.5 ^a	17.2 ^a	20.6 ^a	17.2 ^{ab}
Deneme 12	17.8 ^e	16.0 ^{bcd}	19.9 ^a	17.2 ^{ab}
Deneme 13	18.0 ^{cde}	16.0 ^{bcd}	19.9 ^a	17.2 ^{ab}
Deneme 14	18.0 ^{cde}	16.1 ^{bcd}	19.9 ^a	17.6 ^a
Deneme 15	-	15.5 ^d	-	-
Deneme 16	-	16.0 ^{bcd}	-	-
Deneme 17	-	16.2 ^b	-	-

*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar $P < 0.05$ önem düzeyinde farklı değildir.

Uygulanan tüm işlemlere bağlı olarak 2. tekrarda balların nem içeriklerinde meydana gelen değişimler bir sonraki sayfada Şekil 4.68’de verilmiştir.



Şekil 4.68 : Tüm proseslerde bal çeşidi ve uygulanan işlemlerin nem üzerine etkisi (2. tekrar).

4.4.3 Diastaz miktarları

Çizelge 4.40 : Tüm proseslerde elde edilen diastaz sayıları (1. tekrar).

Prosesler	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 2	11.4 ^{ab}	7.9 ^b	7.2 ^{ab}
Deneme 3	12.0 ^a	9.2 ^a	7.5 ^a
Deneme 4	11.9 ^a	9.1 ^a	7.5 ^a
Deneme 5	11.5 ^{ab}	9.1 ^a	7.1 ^{ab}
Deneme 6	10.9 ^{abc}	8.8 ^a	7.2 ^{ab}
Deneme 7	11.4 ^{ab}	8.8 ^a	7.1 ^{ab}
Deneme 8	11.5 ^{ab}	9.2 ^a	6.8 ^{bc}
Deneme 9	11.9 ^a	9.1 ^a	6.6 ^c
Deneme 10	11.4 ^{ab}	9.1 ^a	5.9 ^d
Deneme 11	10.9 ^{abc}	7.8 ^b	6.0 ^d
Deneme 12	10.9 ^{abc}	7.9 ^b	5.5 ^d
Deneme 13	10.4 ^{bc}	8.0 ^b	5.5 ^d
Deneme 14	9.8 ^c	8.0 ^b	5.5 ^d
Deneme 15	11.9 ^a	-	-
Deneme 16	11.9 ^a	-	-
Deneme 17	11.2 ^{abc}	-	-

*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar $P < 0.05$ önem düzeyinde farklı değildir.

1. tekrardan elde edilen sonuçlara göre geven, ayçiçek ve pamuk balında işlemlerinin diastaz sayısı üzerine istatistiksel önem düzeyinde ($p < 0.05$) etkisinin olduğu saptanmıştır (Çizelge A.73 Çizelge A.74, Çizelge A.75). Buradan elde edilen sonuç prob ultrases uygulamalarında elde edilen diastaz değerlerinin ultrases su banyosu ve normal su banyosu ile elde edilen sonuçlardan istatistiksel önemde ($p < 0.05$) farklı olduğunu kanıtlamaktadır. Prob ultrases ile işlem görmüş ayçiçek ve pamuk ballarında diastaz miktarı su banyosu proseslerine göre daha yüksek olarak saptanmıştır. Bunun su banyosu proseslerinde işlem süresinin çok daha uzun sürmesinden dolayı kaynaklandığı öngörülmüştür (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.41 : Tüm proseslerde elde edilen diastaz sayıları (2. tekrar).

Prosesler	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 2	10.9 ^a	9.4 ^a	8.3 ^b
Deneme 3	10.9 ^a	9.3 ^a	8.2 ^b
Deneme 4	10.9 ^a	9.1 ^a	8.3 ^b
Deneme 5	11.2 ^a	9.4 ^a	8.3 ^b
Deneme 6	11.4 ^a	9.4 ^a	8.1 ^b
Deneme 7	11.4 ^a	9.1 ^a	8.2 ^b
Deneme 8	11.4 ^a	9.3 ^a	8.1 ^b
Deneme 9	11.2 ^a	9.4 ^a	8.1 ^b
Deneme 10	10.9 ^a	9.1 ^a	3.0 ^c
Deneme 11	11.7 ^a	9.4 ^a	8.8 ^a

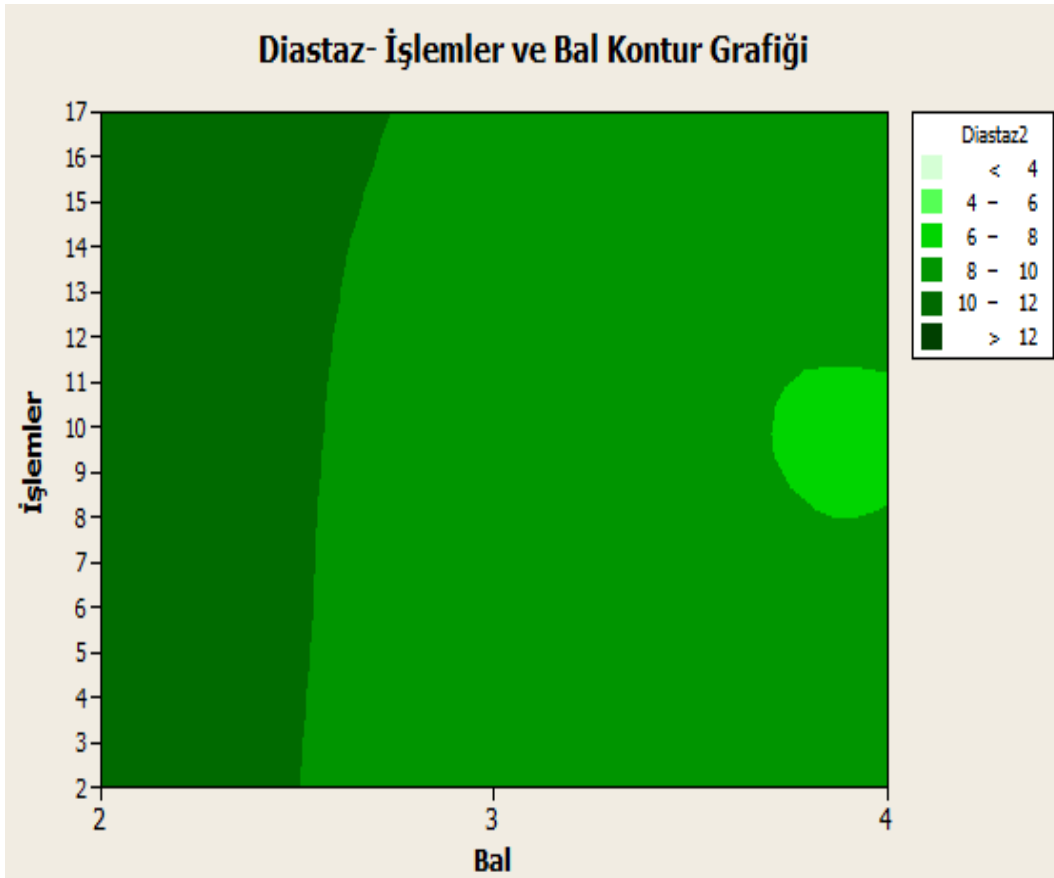
Çizelge 4.39 (devam) : Tüm proseslerde elde edilen diastaz sayıları (2. tekrar).

Prosesler	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 12	11.4 ^a	9.1 ^a	8.6 ^{ab}
Deneme 13	11.7 ^a	9.4 ^a	8.3 ^b
Deneme 14	11.8 ^a	9.4 ^a	8.3 ^b
Deneme 15	11.9 ^a	-	-
Deneme 16	11.9 ^a	-	-
Deneme 17	11.2 ^a	-	-

*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar $P < 0.05$ önem düzeyinde farklı değildir.

2. tekrarda elde edilen sonuçlara göre uygulanan işlemlerin ve ayçiçek ve pamuk balında diastaz sayısı üzerine istatistiksel düzeyde ($p < 0.05$) önemli etkisi olduğu saptanırken, geven balında işlem farkının diastaz üzerine istatistiksel önem düzeyinde bir etkisinin olmadığı bulunmuştur (Çizelge A.76, Çizelge A.77, Çizelge A.78).

Bir sonraki sayfada Şekil 4.69’da 2. tekrarda işlemlere ve bal çeşidine bağlı olarak diastaz sayısında meydana gelen değişim verilmiştir.



Şekil 4.69 : Tüm proseslerde bal çeşidi ve uygulanan işlemlerin diastaz sayısına etkisi (2. tekrar).

4.4.4 İnvvertaz miktarları

Tüm proseslerde 1. tekrarda elde edilen invvertaz analizi sonuçları Çizelge 4.40'da verilmiştir.

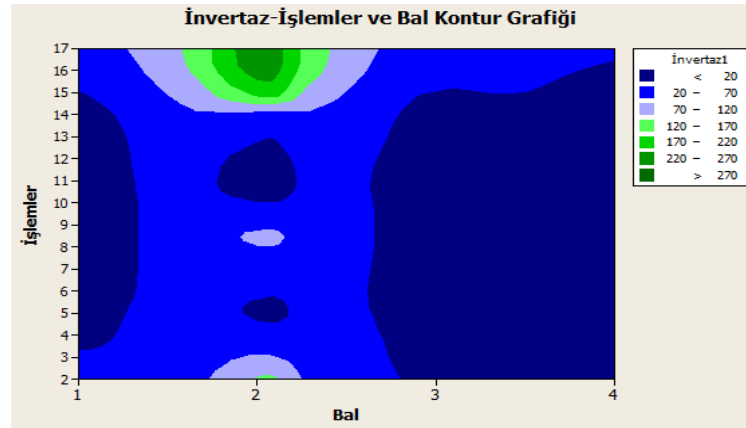
Çizelge 4.42 : 1. tekrarda tüm proseslerde elde edilen invvertaz miktarları (U/kg).

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 2	21.6 ^a	154.2 ^b	17.3 ^a	9.0 ^d
Deneme 3	21.6 ^a	76.6 ^c	11.4 ^d	3.3 ⁱ
Deneme 4	11.0 ^c	29.5 ^e	13.9 ^c	9.6 ^{cd}
Deneme 5	18.0 ^b	0.4 ^h	3.5 ^{gh}	4.5 ^{gh}
Deneme 6	4.5 ^e	30.0 ^e	3.9 ^g	3.5 ^{hi}
Deneme 7	4.8 ^{de}	4.6 ^g	1.4 ^{ij}	3.1 ^{ij}
Deneme 8	5.1 ^{de}	154.1 ^b	9.9 ^e	6.9 ^h
Deneme 9	6.4 ^e	49.1 ^d	7.7 ^f	6.7 ^{ef}
Deneme 10	1.8 ^f	1.6 ^{gh}	15.6 ^b	18.4 ^a
Deneme 11	21.0 ^a	3.3 ^{gh}	1.3 ^{ij}	5.6 ^{fg}
Deneme 12	0.7 ^f	1.9 ^{gh}	0.7 ^j	2.0 ^j
Deneme 13	0.4 ^f	10.1 ^f	2.6 ^{ghi}	13.6 ^b
Deneme 14	1.8 ^f	8.8 ^f	2.3 ^{hi}	10.3 ^c
Deneme 15	-	226.6 ^a	-	-
Deneme 16	-	265.3 ^a	-	-
Deneme 17	-	268.9 ^a	-	-

*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar $P < 0.05$ önem düzeyinde farklı değildir.

1. tekrardan elde edilen sonuçlara göre geven, ayçiçek ve pamuk bal çeşitlerinde uygulanan işlemlerin invvertaz sayısı üzerine etkisi istatistiksel önem düzeyinde ($p < 0.05$) etkili olarak bulunurken, narenciye balında bu fark önemli düzeyde saptanmamıştır (Çizelge A.79, Çizelge A.80, Çizelge A.81, Çizelge A.82).

İnvvertaz sayısında uygulanan işlemler ile meydana gelen değişim Şekil 4.70'de verilmiştir.



Şekil 4.70 : Tüm proseslerde bal çeşidi ve uygulanan işlemlerin invvertaz miktarına etkisi (1. tekrar).

2. tekrardan elde edilen sonuçlara göre tüm bal çeşitlerinde uygulanan işlemlerin invertaz miktarı üzerine istatistiksel önemde ($p<0.05$) etkili olduğu bulunmuştur (Çizelge A.83, Çizelge A.84, Çizelge A.85, Çizelge A.86). 2. tekrarda invertaz analizi sonuçları Çizelge 4.41’de verilmiştir.

Çizelge 4.43 : 2. tekrarda tüm proseslerde elde edilen invertaz miktarları (U/kg).

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 2	68.4 ^a	246.4 ^a	159.6 ^c	246.1 ^d
Deneme 3	65.4 ^a	194.6 ^a	154.6 ^c	210.7 ^e
Deneme 4	31.0 ^{de}	120.4 ^a	38.7 ^h	144.4 ^f
Deneme 5	63.0 ^a	238.3 ^a	129.1 ^d	244.4 ^d
Deneme 6	56.0 ^{ab}	164.0 ^a	103.7 ^e	82.3 ^h
Deneme 7	23.7 ^e	137.3 ^a	75.3 ^g	129.8 ^g
Deneme 8	42.0 ^{cd}	190.5 ^a	111.3 ^e	299.8 ^b
Deneme 9	6.2 ^f	87.9 ^a	87.3 ^f	136.0 ^{fg}
Deneme 10	35.7 ^{cde}	97.6 ^a	82.5 ^{fg}	4.1 ⁱ
Deneme 11	65.0 ^a	380.7 ^{ab}	211.9 ^a	336.6 ^a
Deneme 12	47.9 ^{bc}	333.9 ^a	177.1 ^b	279.7 ^c
Deneme 13	69.5 ^a	354.6 ^{ab}	170.9 ^b	291.1 ^b
Deneme 14	62.0 ^a	363.6 ^{ab}	220.6 ^a	299.9 ^b
Deneme 15	-	226.6 ^{ab}	-	-
Deneme 16	-	265.3 ^a	-	-
Deneme 17	-	268.9 ^a	-	-

*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar $P<0.05$ önem düzeyinde farklı değildir.

4.4.5 HMF miktarları

1. tekrarda yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre uygulanan işlemlerin tüm bal çeşitlerinde HMF üzerine istatistiksel önemde ($p<0.05$) etkisi olduğu belirlenmiştir (Çizelge A.87, Çizelge A.88, Çizelge A.89, Çizelge A.90). 1. tekrarda elde edilen HMF analizi sonuçları Çizelge 4.43’de verilmiştir.

Çizelge 4.44 : 1. tekrarda tüm proseslerde elde edilen HMF miktarları (mg/kg).

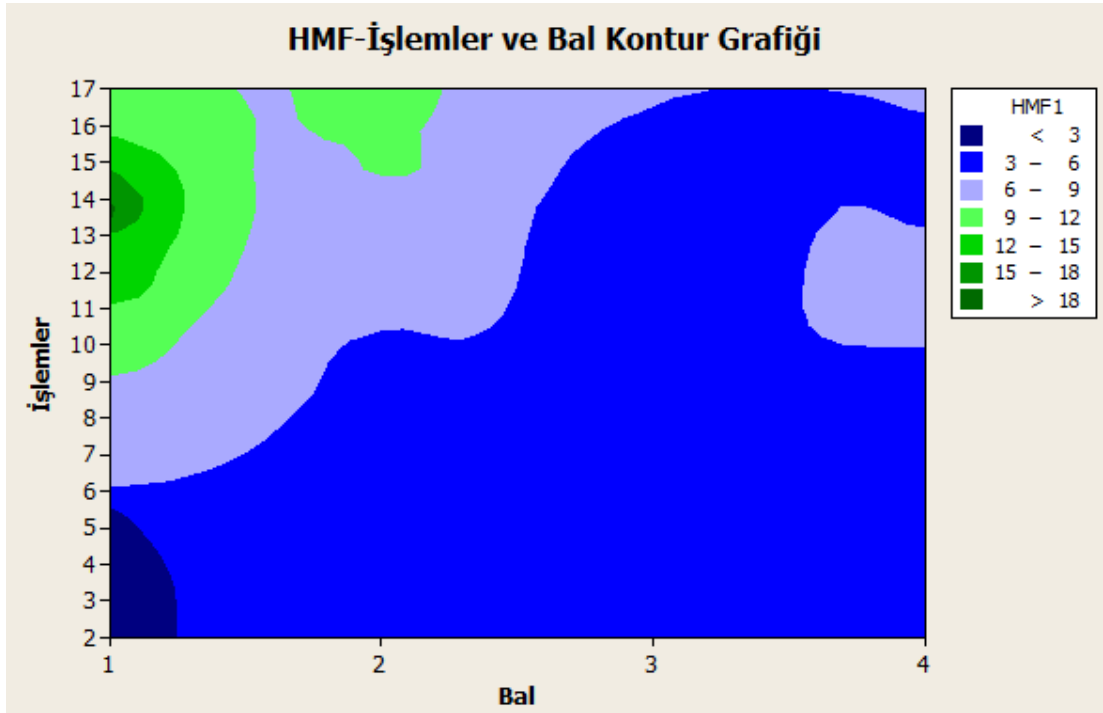
Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 2	1.5 ⁱ	5.8 ^{cd}	2.8 ^f	5.2 ^{de}
Deneme 3	1.2 ⁱ	5.6 ^{cd}	3.7 ^{de}	5.3 ^{de}
Deneme 4	1.0 ⁱ	5.8 ^{cd}	3.2 ^{ef}	5.1 ^{de}
Deneme 5	1.2 ⁱ	3.6 ^d	4.2 ^d	5.1 ^{de}
Deneme 6	6.5 ^g	4.4 ^d	5.6 ^{bc}	5.3 ^{de}
Deneme 7	8.8 ^f	4.0 ^d	5.5 ^c	5.7 ^d
Deneme 8	5.4 ^h	5.6 ^{cd}	6.1 ^{ab}	7.0 ^c
Deneme 9	11.4 ^d	6.1 ^{bcd}	5.2 ^c	3.8 ^f
Deneme 10	8.9 ^f	4.2 ^d	6.2 ^a	4.6 ^e
Deneme 11	10.1 ^e	6.9 ^{abcd}	5.1 ^c	11.0 ^a
Deneme 12	17.0 ^b	8.1 ^{abc}	3.0 ^f	7.7 ^b

Çizelge 4.42 (devam) : 1. tekrarda tüm proseslerde elde edilen HMF miktarları (mg/kg).

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 13	12.6 ^c	6.9 ^{abcd}	3.3 ^{ef}	7.3 ^{bc}
Deneme 14	19.5 ^a	6.1 ^{bcd}	3.4 ^{ef}	4.7 ^e
Deneme 15	-	10,3 ^a	-	-
Deneme 16	-	9,4 ^{ab}	-	-

*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar P<0.05 önem düzeyinde farklı değildir.

1. tekrarda uygulanan işlem ve bal çeşidine bağlı olarak HMF miktarında meydana gelen değişim Şekil 4.71’de verilmiştir.



Şekil 4.71 : Tüm proseslerde bal çeşidi ve uygulanan işlemlerin HMF miktarına etkisi (1. tekrar).

1. tekrarda elde edilen HMF analizi sonuçları Çizelge 4.43’de verilmiştir.

Çizelge 4.45 : 2. tekrarda tüm proseslerde elde edilen HMF miktarları (mg/kg).

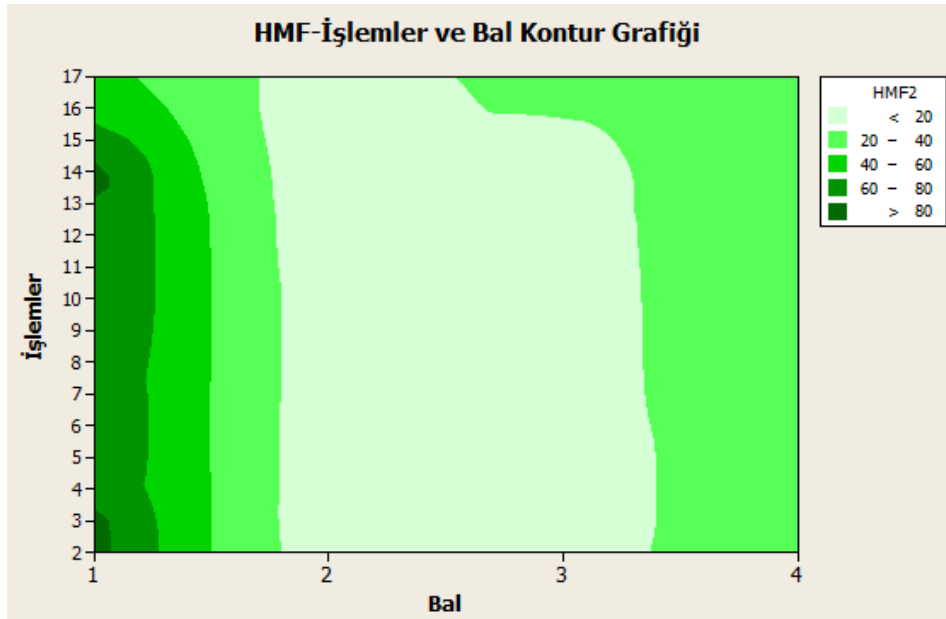
Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 2	85.9 ^{ab}	10.3 ^{abcde}	12.6 ^{def}	27.6 ^{de}
Deneme 3	85.7 ^{ab}	10.6 ^{ab}	11.7 ^f	32.4 ^{bc}
Deneme 4	59.5 ^e	10.9 ^a	12.8 ^{def}	26.0 ^e
Deneme 5	73.5 ^d	9.6 ^{cdef}	8.4 ^g	27.5 ^{de}
Deneme 6	83.3 ^{abc}	10.0 ^{bcdef}	13.0 ^{def}	29.4 ^d
Deneme 7	66.0 ^e	10.7 ^{ab}	14.4 ^{bc}	34.4 ^b
Deneme 8	76.9 ^{cd}	9.1 ^f	13.7 ^{bcd}	37.2 ^a
Deneme 9	75.2 ^d	11.1 ^a	12.1 ^{ef}	31.7 ^c
Deneme 10	85.4 ^{ab}	11.1 ^a	13.2 ^{cde}	39.0 ^a

Çizelge 4.43 (devam) : 2. tekrarda tüm proseslerde elde edilen HMF miktarları (mg/kg).

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 11	75.6 ^d	9.4 ^{def}	12.6 ^{def}	28.3 ^d
Deneme 12	82.5 ^{bc}	9.3 ^{df}	14.9 ^{ab}	32.6 ^{bc}
Deneme 13	73.2 ^d	10.4 ^{abc}	16.2 ^a	37.1 ^a
Deneme 14	90.0 ^a	10.4 ^{abc}	13.9 ^{bcd}	29.3 ^d
Deneme 15	-	10.3 ^{abcdef}	-	-
Deneme 16	-	9.4 ^{cef}	-	-

*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar P<0.05 önem düzeyinde farklı değildir.

2. tekrarda uygulanan işlem ve bal çeşidine bağlı olarak HMF miktarında meydana gelen değişim Şekil 4.72’de verilmiştir.



Şekil 4.72 : Tüm proseslerde bal çeşidi ve uygulanan işlemlerin HMF miktarına etkisi (2. tekrar).

2. tekrarda da 1. tekrara paralel olarak uygulanan işlemlerin tüm bal çeşitlerinde HMF üzerine istatistiksel önemde ($p<0.05$) etkisi olduğu belirlenmiştir (Çizelge A.91, Çizelge A.92, Çizelge A.93, Çizelge A.94).

4.4.6 Renk miktarları

Tüm proseslerde elde edilen renk analizi sonuçları Çizelge 4.44’de verilmiştir.

Çizelge 4.46 : 1. tekrarda tüm proseslerde elde edilen renk değerleri.

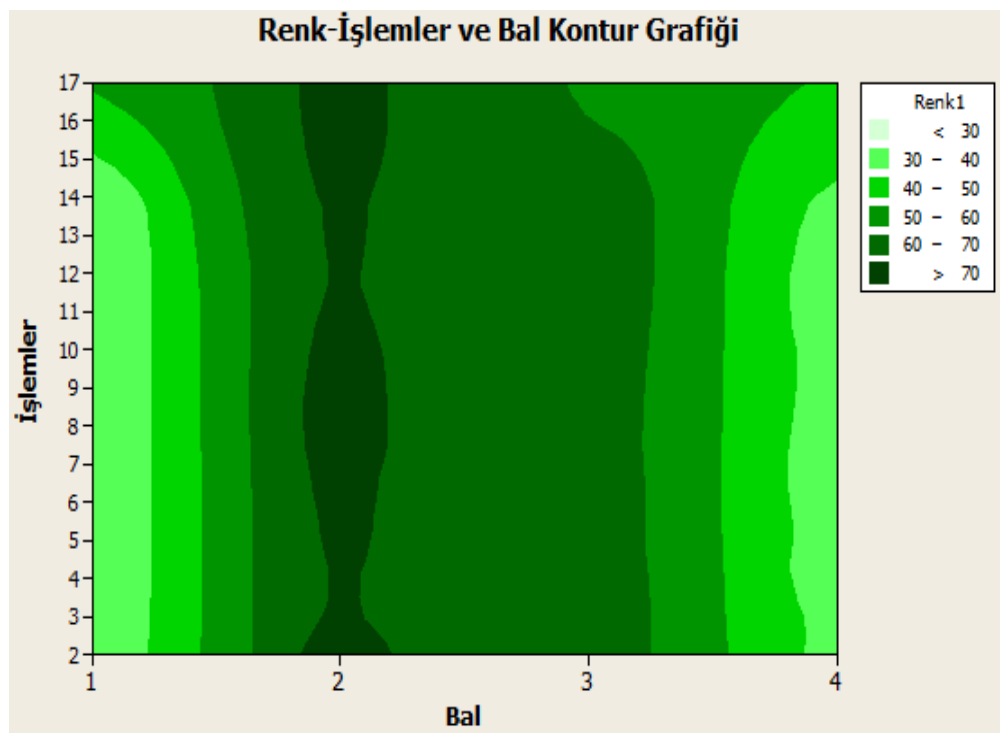
Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 2	31.5 ^a	79.0 ^a	66.5 ^a	36.0 ^a
Deneme 3	32.5 ^a	71.0 ^d	65.0 ^a	39.0 ^a

Çizelge 4.44 (devam) : 1. tekrarda tüm proseslerde elde edilen renk değerleri.

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 4	30.5 ^a	71.5 ^d	65.0 ^a	32.5 ^a
Deneme 5	31.0 ^a	73.0 ^{cd}	63.5 ^a	37.0 ^a
Deneme 6	29.5 ^a	73.5 ^{cd}	66.0 ^a	33.0 ^a
Deneme 7	29.0 ^a	76.0 ^b	64.0 ^a	33.0 ^a
Deneme 8	30.0 ^a	77.0 ^{ab}	64.0 ^a	33.0 ^a
Deneme 9	29.5 ^a	77.0 ^{ab}	64.0 ^a	37.0 ^a
Deneme 10	30.0 ^a	75.0 ^{bc}	65.0 ^a	36.0 ^a
Deneme 11	29.0 ^a	73.5 ^{cd}	66.0 ^a	33.0 ^a
Deneme 12	29.5 ^a	71.5 ^d	66.0 ^a	33.5 ^a
Deneme 13	30.0 ^a	72.5 ^d	65.5 ^a	36.0 ^a
Deneme 14	31.0 ^a	72.0 ^d	66.0 ^a	38.0 ^a
Deneme 15	-	73.5 ^{bcd}	-	-
Deneme 16	-	74.0 ^{bcd}	-	-
Deneme 17	-	74.0 ^{bcd}	-	-

*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar $P<0.05$ önem düzeyinde farklı değildir.

1. tekrarda uygulanan işlemler sonrası her bir bal çeşidinde meydana gelen renk değişimleri Şekil 4.73’de verilmiştir.



Şekil 4.73 : Tüm proseslerde bal çeşidi ve uygulanan işlemlerin renk üzerine etkisi (1. tekrar).

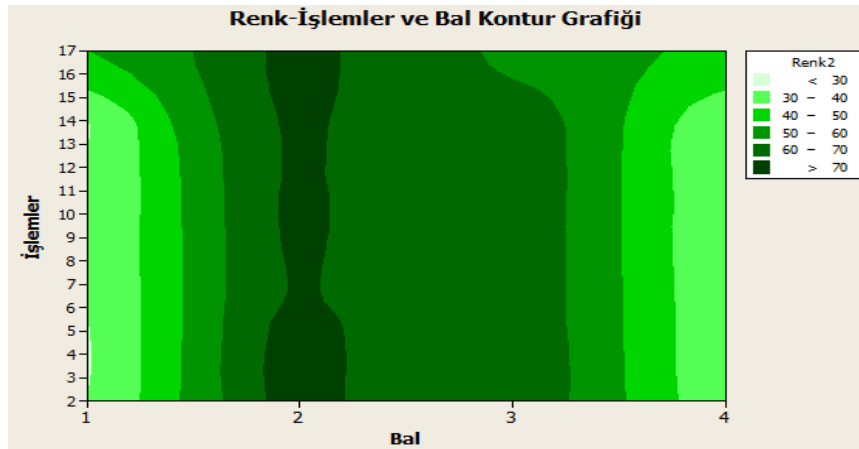
1. tekrarda yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre uygulanan işlemler yalnızca geven balında renk üzerine istatistiksel önem düzeyinde ($p<0.05$) etkili bulunurken diğer ballarda istatistiksel önem düzeyinde bir farklılık saptanmamıştır (Çizelge A.95, Çizelge A.96, Çizelge A.97, Çizelge A.98).

Çizelge 4.47 : 2. tekrarda tüm proseslerde elde edilen renk değerleri.

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 2	30.5 ^a	76.5 ^a	67.5 ^a	32.0 ^{ab}
Deneme 3	29.5 ^a	76.5 ^a	67.0 ^a	33.5 ^{ab}
Deneme 4	29.0 ^a	77.0 ^a	66.5 ^a	32.5 ^{ab}
Deneme 5	29.0 ^a	77.5 ^a	66.5 ^a	33.5 ^{ab}
Deneme 6	29.0 ^a	72.5 ^a	65.5 ^a	31.0 ^{ab}
Deneme 7	29.5 ^a	72.5 ^a	66.5 ^a	31.5 ^{ab}
Deneme 8	29.5 ^a	73.0 ^a	68.0 ^a	31.5 ^{ab}
Deneme 9	29.5 ^a	75.0 ^a	65.5 ^a	30.5 ^{ab}
Deneme 10	28.5 ^a	74.0 ^a	65.5 ^a	29.5 ^b
Deneme 11	29.0 ^a	74.5 ^a	68.0 ^a	34.5 ^a
Deneme 12	29.0 ^a	72.5 ^a	66.0 ^a	30.0 ^b
Deneme 13	29.0 ^a	73.0 ^a	64.5 ^a	29.5 ^b
Deneme 14	28.5 ^a	72.5 ^a	66.0 ^a	33.0 ^{ab}
Deneme 15	-	73.5 ^a	-	-
Deneme 16	-	74.0 ^a	-	-
Deneme 17	-	74.0 ^a	-	-

*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar $P < 0.05$ önem düzeyinde farklı değildir.

2. tekrarda uygulanan işlemler sonrası her bir bal çeşidinde meydana gelen renk değişimleri Şekil 4.73’de verilmiştir.



Şekil 4.74 : Tüm proseslerde bal çeşidi ve uygulanan işlemlerin renk üzerine etkisi (2. tekrar).

2. tekrarda yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre uygulanan işlemler pamuk ve geven balında renk üzerine istatistiksel önem düzeyinde ($p < 0.05$) etkili bulunurken diğer ballarda istatistiksel önem düzeyinde bir farklılık saptanmamıştır (Çizelge A.99, Çizelge A.100, Çizelge A.101, Çizelge A.102).

4.4.7 Viskozite değerleri

Yapılan istatistiksel analizde uygulanan işlemler tüm ballarda viskozite üzerine istatistiksel önem düzeyinde ($p < 0.05$) etkili olarak bulunmuştur (Çizelge A.103,

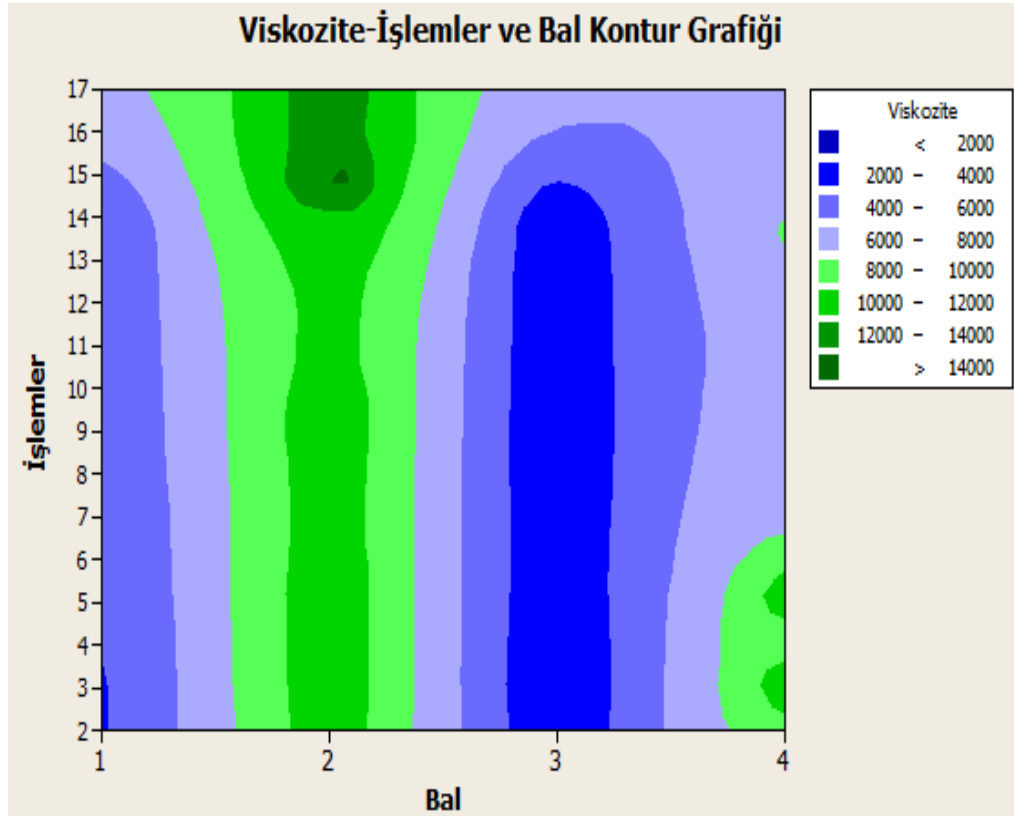
Çizelge A.104, Çizelge A.105, Çizelge A.106). Çizelge 4.46’da viskozite analizi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.48 : Tüm proseslerde elde edilen viskozite değerleri (cP).

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 2	3801.9 ^j	11384.5 ^g	2183.0 ^{cd}	8207.9 ^d
Deneme 3	3893.2 ⁱ	11458.5 ^g	1930.5 ^h	11495.5 ^b
Deneme 4	3988.6 ^h	11395.0 ^g	2018.1 ^g	8740.5 ^c
Deneme 5	4203.7 ^f	11870.5 ^e	2355.0 ^a	11945.0 ^a
Deneme 6	4169.7 ^g	11606.0 ^f	2203.7 ^c	8821.5 ^c
Deneme 7	4005.5 ^h	11097.5 ^h	2148.7 ^{de}	7016.0 ^g
Deneme 8	4497.5 ^b	11913.5 ^e	2005.9 ^g	7214.8 ^f
Deneme 9	4390.5 ^d	11683.5 ^f	1893.4 ⁱ	6958.0 ^g
Deneme 10	4592.7 ^a	12190.5 ^d	2133.2 ^e	6697.8 ^h
Deneme 11	4471.5 ^c	10237.5 ^j	2054.0 ^f	6070.5 ⁱ
Deneme 12	4516.5 ^b	11079.0 ^h	2278.0 ^b	6668.5 ^h
Deneme 13	4456.9 ^c	10757.5 ⁱ	2148.6 ^e	7660.5 ^e
Deneme 14	4342.4 ^e	11453.0 ^g	2186.6 ^c	8257.5 ^d
Deneme 15	-	15797 ^a	-	-
Deneme 16	-	12890 ^c	-	-
Deneme 17	-	13360 ^b	-	-

*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar P<0.05 önem düzeyinde farklı değildir.

Uygulanan işlemlerin viskozite üzerine etkisi Şekil 4.75’de verilmiştir.



Şekil 4.75 : Tüm proseslerde bal çeşidi ve uygulanan işlemlerin viskozite üzerine etkisi.

4.4.8 Kristal miktarı

Yapılan istatistiksel analizde uygulanan işlemler tüm ballarda kristal miktarı üzerine istatistiksel önem düzeyinde ($p<0.05$) etkili olarak bulunmuştur (Çizelge A.107, Çizelge A.108, Çizelge A.109, Çizelge A.110).

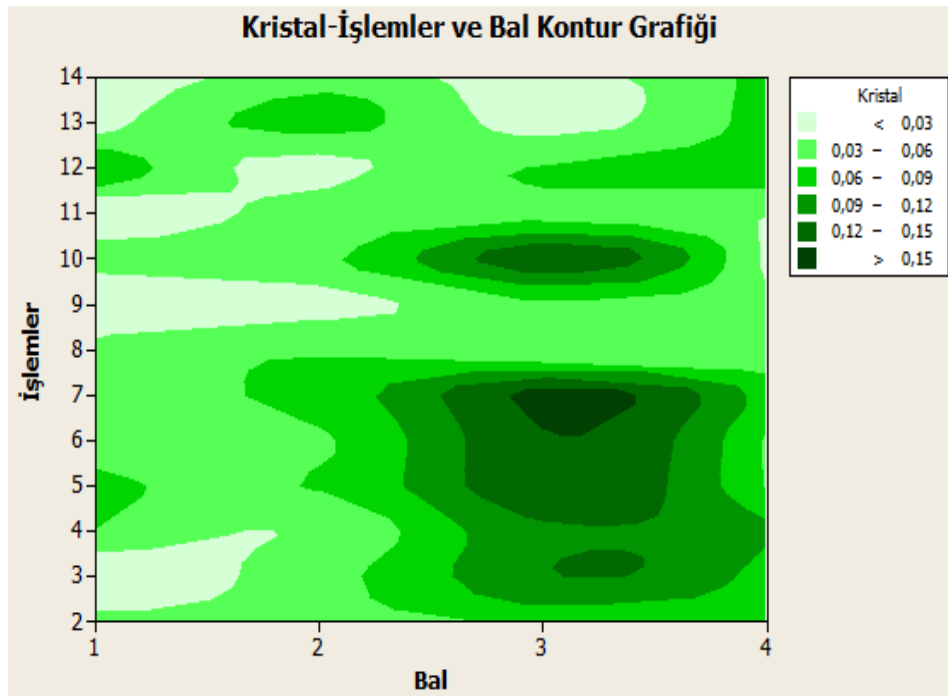
Bir sonraki sayfada Çizelge 4.48’de viskozite analizi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.49 : Tüm proseslerde elde edilen kristal miktarı (g glikoz monohidrat/ g bal).

Prosesler	Narenciye	Geven	Ayçiçek	Pamuk
Deneme 2	0.048 ^{bc}	0.045 ^{ab}	0.064 ^d	0.072 ^{abcd}
Deneme 3	0.001 ^f	0.049 ^{ab}	0.116 ^{bc}	0.079 ^{ab}
Deneme 4	0.059 ^{bc}	0.034 ^{ab}	0.115 ^c	0.095 ^a
Deneme 5	0.069 ^{ab}	0.062 ^{ab}	0.144 ^{ab}	0.059 ^{abcde}
Deneme 6	0.044 ^{bc}	0.056 ^{ab}	0.148 ^a	0.058 ^{abcde}
Deneme 7	0.051 ^{bc}	0.072 ^a	0.159 ^a	0.076 ^{abc}
Deneme 8	0.035 ^{cde}	0.057 ^{ab}	0.033 ^{ef}	0.039 ^{bcde}
Deneme 9	0.013 ^{ef}	0.018 ^b	0.056 ^{de}	0.035 ^{cde}
Deneme 10	0.040 ^{cd}	0.054 ^{ab}	0.141 ^{abc}	0.024 ^e
Deneme 11	0.007 ^f	0.039 ^{ab}	0.050 ^{de}	0.031 ^{de}
Deneme 12	0.089 ^a	0.022 ^{ab}	0.062 ^d	0.079 ^{ab}
Deneme 13	0.014 ^{def}	0.070 ^{ab}	0.021 ^f	0.076 ^{abc}
Deneme 14	0.002 ^f	0.042 ^{ab}	0.020 ^f	0.071 ^{abcd}

*Tablodaki rakamlar ortalama değerleri göstermektedir. Her kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar $P<0.05$ önem düzeyinde farklı değildir.

Uygulanan işlemlerin kristal miktarı değişimi üzerine etkisi Şekil 4.76’da verilmiştir.



Şekil 4.76 : Tüm proseslerde bal çeşidi ve uygulanan işlemlerin viskozite üzerine etkisi.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada ülkemizdeki narenciye, geven, ayçiçek ve pamuk balları prob ultrases, ultrases su banyosu ve normal su banyosunda kristalizasyonlarının çözülmesi için proses edilmiş ve proses sonrası nem, diastaz, invertaz, HMF, viskozite ve kristal miktarı değerleri hem ham bal değerlerine göre hem de işlemler kendi aralarında olacak şekilde istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Bu değerlerin yanında proses süreleri ve prosesler sonucu balların ulaştığı maksimum sıcaklık ve kristallerin kayboluna kadar geçen süre değerleri kayıt altına alınarak değerlendirilmiştir.

Prob ultrases ile gerçekleştirilen proseslerin süreleri su banyosu ve ultrases su banyosu ile gerçekleştirilen proses sürelerinden çok daha kısa olarak saptanmıştır. Ancak prob ultrases kullanımında proses süresi uzadıkça balların ulaştığı maksimum sıcaklık değerlerinde de ciddi artışlar yaşandığı saptanmıştır. Aşırı sıcaklık artışının önüne geçmek için balın bulunduğu kabın dışarıdan soğutulmasını sağlayacak bir sisteme ve ürünün homojen karışmasını sağlayacak bir yapıya ihtiyaç duyulmaktadır. Mevcut prob ultrases cihazlarında soğutma sisteminin dışarıdan buz banyosu ile sağlanabilmesi veya cidarlı sistemler ile soğutma yapılabilmesi mümkün olsa da probun hareket ederek balın her yüzeyine değmesini sağlayacak ve bunu sürekli kılacak bir yapı bulunmamaktadır. Bu sebeple prob ultrases cihazının sanayiye uygulanabilirliği için homojen karıştırmayı sağlayacak bir prob sistem ve yapının tasarlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Balların kristalleri çözüldükçe nem içeriklerinde de bir azalma gözlemlenmiştir. Bunun sebebi ise balın kristal halde glikoz monohidrat formda yalnızca 1 mol su mollekülü bağlayabilirken, sıvı formda glikozun 5 hidroksi grubuna 5 mol su molekülü bağlayabilme kapasitesinden kaynaklanmaktadır. Bu sebeple serbest su molekülleri sıvı balda kristal bala göre daha azdır ve bu nedenle de bal sıvılaştıkça ölçülebilir su miktarı azaldığından balın nem içeriğinde bir düşüş gözlemlenmektedir.

Diastaz sayısı bakımından $p < 0.05$ önem düzeyinde uygulanan işlemler arasında fark bulunurken, bu fark prob ultrases ile su banyosu işlemlerinde elde edilen balların

diastaz sayıları arasındaki fark ile ilişkilidir. Diastaza en az zarar veren uygulama given balında ultrases banyosu uygulamaları olarak saptanırken diğer ballarda prob ultrases uygulamaları daha iyi sonuç vermiştir.

İnvertaz enzimi ise sıcaklığa çok duyarlıdır ve prosesler arasındaki fark tüm uygulamalarda $p<0.05$ önem düzeyinde önemli olarak bulunmuştur. Uygulamalar arasındaki bu farkın proses sırasında ulaşılan maksimum sıcaklık değerleri ve sıcaklıklara maruz kalma sürelerine bağlı olarak değiştiği düşünülmektedir. Zira su banyosu uygulamaları ile prob ultrases uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bazı prob ultrases uygulamaları (deneme 2) invertaz miktarı bakımından diğer uygulamalar ve su banyosu uygulamalarından daha avantajlı bulunurken genelde su banyosu uygulamalarında sıcaklık değeri çok değişken olmadığından invertaz miktarındaki azalmanın daha az olduğu gözlemlenmiştir.

Diğer taraftan uygulanan proseslerin istatistiksel olarak önemli düzeyde ($p<0.05$) HMF artışına yol açmadığı bulunmuştur. Bunun yüksek sıcaklık değerlerine çıkılsa bile işlem sürelerinin dakikalar ile sınırlı olmasından kaynaklandığı öngörülmektedir. Bazı durumlarda HMF miktarının uygulanan ultrases proses sonucu başlangıç değerinin de altına düştüğü gözlemlenmiştir. Bunun ultrases uygulaması sırasında HMF moleküllerinin uygulanan güç ve bu güce maruz kalma süresine bağlı olarak başka moleküllere parçalanmasından dolayı kaynaklanabileceği öngörülmektedir.

Balın viskozite değerine bağlı olarak ise sıvılaşması için gerekli olan süre arasında doğru orantı olduğu gözlemlenmiştir. Balın viskozite değeri ne kadar yüksek ise sıvılaşması için gerekli süre genellikle daha fazla olmaktadır. Bu da balın içerisinde doğal olarak bulunan enzimlerin sıcaklığa daha az veya daha fazla maruz kalma süresini ve sıcaklık artışı ile oluşan bileşiklerin (HMF) oluşma olasılığını dolaylı yoldan etkilemektedir. Bal kristal halden sıvı hale doğru geçtikçe viskozite değerinde önemli azalmalar meydana gelmektedir.

Balın kristal miktarında da viskozite de olduğu gibi sıvılaştıkça azalma gerçekleştiği belirlenmiştir. Balın kristal hali normal koşullarda glikozun glikoz monohidrat formuna dönüşmesinden kaynaklanmaktadır ve glikoz monohidrat miktarı ne kadar az ise balın sıvılığı o kadar artmaktadır. Yapılan çalışmada da balların sıvılaştığı ham halleri ve işlem sonrası da içeriklerinde kristal ölçümü gerçekleştirilerek kanıtlanmıştır.

Bu alışma ile ultrases sisteminin ülkemize özgü bal numunelerinde kristalizasyonun m için uygulanabileceği kanıtlanmış ve proses sonrası kalite parametrelerinde meydana gelen değişimler gözlemlenmiştir. Mevcut ultrases sistemlerinin bal sektörü sanayinde uygulanması mümkün gzkmemek ile birlikte, uygun özellikleri taşıyacak özel ultrases sistemlerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Geliştirilecek uygun ultrases sistemler ile çok daha kısa srelerde çok daha az enerji harcanarak, balın enzim değerlerini koruyacak ve HMF değerini kontrol altında tutacak inovatif bir proses elde edilebilir.

Gerçekleştirilen bu çalışmaların ülkemize özgü bal numunelerinde ultrases ile yapılacak olan diğer çalışmalara, sanayiye ve literatüre katkı yapacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Ahmed, J., Ramaswamy, H.S., Kasapis, S., Boye, J.I. (2010). Effect of ultrasound on food processing. . In Jordi Salazar, Juan A. Chávez, Antoni Turó, and Miguel J. García-Hernández (Eds.), *Ch. 6 Novel Food Processing: Effects on Rheological and Functional Properties* (pp. 65-80). CRC Press.

Anonim. (2014, 15 Ekim). Türkiyede Kristal Bal Tüketimi. Erişim adresi:

<http://www.haberler.com/turkiye-de-kristal-bal-tuketimi-haberi/>

AOAC 985.25. (1986). Color classification of honey.

Association of Official Analytical Chemists. (1986). AOAC 985.25, Color classification of honey. Instrumental Met.

Association of Official Analytical Chemists. (1969). AOAC 969.38, Moisture in honey.

Association of Official Analytical Chemists. (2005). AOAC 998.12, C4 sugar detection in honey.

Bakier, S. (2007). Influence of glucose changes on water activity in selected honeys, *Acta Agrophysica*, 9(1), 7-19.

Bartakova K., Drackova, M., Borkovcova, I. & Vorlova, L. (2011). Impact of microwave heating on hydroxymethylfurfural content in Czech honeys, *Czech J. Food Sci.*, 29 (4): 328-336.

Bath, P.K., Singh, N., (2001). Effect of Microwave Heating on Hydroxymethylfurfural Formation and Browning in *Helianthus annuus* and *Eucalyptus lanceolatus* Honey, *Food Sci. Technol.* 38, 366-368.

Bhandari, B. D'arcy B. & Kelly, C. (1999). Rheology and crystallization kinetics of honey:present status. *International Journal of Food Properties*, 2(3), 217-226.

Bignardi, C., Cavazza, A., Corradini, C. (2014). Selected product ion monitoring for quantification of 5-hydroxymethylfurfural in food products by capillary zone electrophoresis-tandem ion trap mass spectrometry, *Food Control*, 46, 41-48.

Biluca, F.C ., Betta, F.D., Oliveira, G.P., Pereira, L.M., Gonzaga, L.V., Costa, A.C.O., Fett, R. (2014). 5-HMF and carbohydrates content in stingless bee honey by CE before and after thermal treatment, *Food Chemistry*, 159, 244–249.

- Bonvehí, J.S., Torrento, M.S. and Raich, J.M.** (2000). Invertase activity in fresh and processed honeys, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 507-512.
- Boukraa, L.** (2013). Honey in the food industry. In Bellikand Y. And Iguerouada M. (Eds.), *Ch. 18 in Honey in Traditional and Modern Medicine*, (pp. 409–434) CRC Press.
- Bruce R. D’Arcy.** 2007. High-power Ultrasound to Control of Honey Crystallisation, *RIRDC Publication No 07/145*. RIRDC Project No UQ-101A.
- Chemat, F., Zill-e-Huma, Khan, M.K.** (2011). Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction, *Ultrasonics Sonochemistry* 18, 813–835.
- Codex Alimentarius Commission** (1981). Codex Standard For Honey, 12-1981.
- Cozmuta, A.M., Cozmuta, L.M., Varga, C., Marian, M. and Peter, A.** (2011). Effect of thermal processing on quality of polyfloral honey, *Romanian Journal of Food Science*, 1(1): 45–52.
- Deutsches Institut für Normung.** (2002). DIN 10754:2002 Determination of proline content of honey.
- Deutsches Institut für Normung.** (2000). DIN 10753:2000-12 Determining the electrical conductivity of honey.
- Doner, L. W.** (1977). The sugars of honey – A review, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 28, 443–456.
- Ebadi, M.** (2007). Honey: The nectar of life. *Ch. 41 in Pharmacodynamic Basis of Herbal Medicine*, Second Edition. pp. 399-408, CRC Press, Taylor and Francis Group.
- Escriche, I., Kadar, M., Juan-Borras, M., Domenech E.** (2014). Suitability of antioxidant capacity, flavonoids and phenolic acids for floral authentication of honey. Impact of industrial thermal treatment, *Food Chemistry*, 142, 135–143.
- Escuredo, O., Dobre, I., Gonzales, M.F. & Seijo, M.C.** (2014). Contribution of botanical origin and sugar composition of honeys on the crystallization phenomenon, *Food Chemistry*, 149, 84-90.
- Fallico, B., Arena, E. and Zappala, M.** (2009). Prediction of Honey Shelf Life, *Journal of Food Quality*, 32, 352–368.
- Fauzi, N.A. & Farid, M.M.** (2014). High-pressure processing of Mamuka honey: brown pigment formation, improvement of antibacterial activity and

hydroxymethylfurfural content, *International Journal of Food Science and Technology*, doi:10.1111/ijfs.12630

Gleiter, R. A., Horn, H., & Isengard, H. D. (2006). Influence of type and state of crystallization on the water activity of honey, *Food Chemistry*, 96, 441–445.

Hamdan, K., (t.y.). Crystallization of honey. Apeldoorn, the Netherlands.

Hebbbar, H.U, Nandini, K.E., Chakrapani, M. & Subraminian, R. (2003). Microwave and infrared heat processing of honey and its quality, *Food Sci. Technol. Res.* 9(1), 49-53.

Kabbani, D., Sepulcre, F., Gastón, E., Wedekind, J. (2011). High-Power Ultrasound-Assisted Pasteurisation Of Honey, *Journal of Food Engineering*, 107, 173–178.

Kabbani, D., Sepulcre, Wedekind, J. (2011). Ultrasound-assisted liquefaction of rosemary honey: Influence on rheology and crystal content, *Journal of Food Engineering*, 107, 173–178.

Kaloyereas, S. A. (1955). Preliminary report on the effect of ultrasonic waves on the crystallisation of Honey, *Science*, 121, 339-340.

Ka'ntor, Z., Pitsi, G. and Thoen, J. (1999). Glass Transition Temperature of Honey as a Function of Water Content As Determined by Differential Scanning Calorimetry, *J. Agric. Food Chem*, 47, 2327-2330.

Karmali K, Karmali A, Teixeira A, Marcelo M. (2004). Assay for glucose oxidase from *Aspergillus niger* and *Penicillium amagasakiense* by Fourier transform infrared spectroscopy, *Agric. Food Chem*, 47, 2327-2330.

Kelly, F. H. (1954). Phase equilibria in sugar solutions IV. Ternary system of water–glucose–fructose, *Journal of Applied Chemistry*, 4, 409–411.

Keshava Prakash M.N., Ramana K.V.R. (2003). Ultrasound and its application in the food industry, *J. Food Sci. Technol.*, 40(6), 563–570.

Kordylla A., Koch S., Tumakaka F., Schembecker G. (2008). Towards an optimized crystallization with ultrasound: effect of solvent properties and ultrasonic process parameters, *J. Cryst. Growth*, 310(18):4177–4184. doi:10.1016/j.jcrysgro.2008.06.057

Kowalski, S. (2013). Changes of antioxidant activity and formation of 5 hydroxymethylfurfural in honey during thermal and microwave processing, *Food Chemistry*, 141, 1378–1382.

- Kowalski, S., Lukasiewicz, M., Bednarz, S. & Panus, M.** (2012). Diastase Number Changes During Thermal and Microwave Processing of Honey, *Czech J. Food Sci.*, Vol. 30, No. 1: 21–26.
- Laos, K., Kirs, E., Pall, R. & Martverk, K.** (2011). Crystallization behaviour of Estonian honeys, *Agronomy Research* 9 427–432.
- Liebl, D. E.** (1978). Ultrasound and granulation of honey, *American Bee Journal*, 2, 107.
- Lupano, C.E.** (1997). DSC study of honey granulation stored at various temperatures, *Food Research International*, Vol. 30, No. 9, pp. 683-688.
- Luque de Castro M.D. & Priego-Capote F.** (2007). Ultrasound-assisted crystallization (sonocrystallization"), *Ultrason Sonochem.*, 14(6): 717–724.
- Mandal, M. & Mandal, S.** (2011). Honey: its medicinal property and antibacterial activity, *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, pp.154-160.
- Manikis, I & Thrasyvoulou, A.** (2001). The relation of physicochemical characteristics of honey and the crystallization sensitive parameters, *Apiacta*, 3.
- McCausland L.J. & Cains P.W.** (2004). Power ultrasound: a means to promote and control crystallization in biotechnology, *Biotechnol Genet Eng*, Rev 21:3–10.
- Misra, N.N., Deora, N.S., Tiwari, B. & Cullen, P.J.** (2013). Ultrasound for improved crystallization in food processing. Dublin Institute of Technology.
- Mortaş, M. ve Yazıcı, F.** (2013). Application of ultrasound technology to honey, *Mellifera*, 13-25:2-5.
- Salazar, J., Turó, A., Chávez, J. A. & García-Hernández, M. J.** (2012). Process Design Involving Ultrasound, In J. Ahmed and M. Shafiur Rahman (Eds.), *Handbook of Food Process Design*, Wiley-Blackwell, Oxford, UK. doi: 10.1002/9781444398274.ch38
- Sa'nchez, M.P., Huidobro, J.F., Mato, I., Muniategui, S. & Sancho, M.T.** (2001). Evolution of Invertase Activity in Honey over Two Years, *J. Agric. Food Chem.*, 49, 416-422.
- Serrano, S., Espejo, R., Villarejo, M. & Jodral, M.L.** (2007). Diastase and invertase activities in Andalusian honeys, *International Journal of Food Science and Technology*, 42, 76-79.
- Silva, P.M.D., Gauche, C., Gonzanga, L.V., Costa, A.C.O & Fett, E.** (2016). Honey: Chemical composition, stability and authenticity, *Food Chemistry* 196, 309–323.

- Singh, N., & Bath, P. K.** (1998). Relationship between heating & hydroxymethylfurfural formation in different honey types, *Journal of Food Science and Technology*, 35, 154–156.
- Srinual, K. & Intipunya, P.** (2009). Effects of crystallization and processing on sensory and physicochemical qualities of Thai sunflower honey, *As. J. Food Ag-Ind.* 2(04), 749-754.
- Subramanian, R., Hebbar, H.U. & Rastogi, N.K.** (2007). Processing of honey: a review, *International Journal of Food Properties*, 10: 127–143.
- Riberio, R.O.R, Carneiro, C.S., Marsico, E.T., Cunha, F.L., Junior, C.A.C. & Mano, S.B.** (2012). Influence of the time/temperature binomial on the hydroxymethylfurfural content of floral honeys subjected to heat treatment, *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 36, n. 2, pp. 204 -209.
- Thrasyvoulou, A., Manikis, J., & Tselios, D.** (1994). Liquefying crystallized honey with ultrasonic waves, *Apidologie*, 25, 297-302.
- Tosi, E.A., Re, E., Lucero, H. & Bulacio, L.** (2004). Effect of honey high-temperature short-time heating on parameters related to quality, crystallization phenomena and fungal inhibition, *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 37, 669–678.
- Tosi, E., Ciappini, M., Re, E. & Lucero, H.** (2002). Honey thermal treatment effects on hydroxymethylfurfural content, *Food Chemistry*, 77 (1), 71-74, Maio.
- Turhan, I., Tetik, N., Karhan, M., Gurel, F. ve Tavukcuoglu, H.R.** (2008). Quality of honeys influenced by thermal treatment, *LWT*, 41, 1396–1399.
- Türk Gıda Kodesksi Bal Tebliği.** (2012). Tebliğ No: 2012/58, Resmi Gazete:2836, 27 Temmuz 2012.
- Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği.** (2012). T.C. Resmi Gazete, 28366, 27 Temmuz 2012.
- Türk Standartları.** (2002). TS 3036:2002 Değiştirilmiş Metodu.
- Varlova, L. & Celechovska, O.** (2002). Activity of enzymes and trace element content in bee honey, *Acta Vet BRNO* 71:375-378.
- Venir, E., Spaziani, M. & Maltini, E.** (2010). Crystallization in ‘Tarassaco Italian honey studied by DSC, *Food Chemistry*, 122, 410–415.
- Visquert, M., Escriche, I., Andres, A. & Fito, P.** (2004). Changes in the quality parameters of honey caused by thermal processes, *Alimentacion-Equipos-y-Tecnologia*, 23, 87-92.

White, J; Kushnir, I; Subers M H. (1964). Effect of storage and processing temperatures on honey quality, *Food Technology*, 18(4): 153-156.

White, J. W. (1978). Honey. *Advances in Food Research*, 24, 287–374.

Young, F. E. (1957). D-glucose-water phase diagram, *Journal of Physical Chemistry*, 61, 616–619.

Zamora, M.C & Chirife, J. (2006). Determination of water activity change due to crystallization in honeys from Argentina, *Food Control*, 17, 59-64.

EKLER

Ek A: Varyans Tabloları

EK A**Çizelge A.1 : Narenciye balında prob ultrases sıcaklık için varyans analizi**

Kaynak	SD	F	P
Güç	2	14.89	0.001
Döngü	2	14.51	0.002
Güç*Döngü	4	2.45	0.122
Hata	9		
Toplam	17		

Çizelge A.2 : Narenciye balında prob ultrases süre için varyans analizi

Kaynak	SD	F	P
Güç	2	2.25	0.161
Döngü	2	58.68	0.000
Güç*Döngü	4	1.60	0.256
Hata	9		
Toplam	17		

Çizelge A.3 : Geven balında prob ultrases sıcaklık için varyans analizi

Kaynak	SD	F	P
Güç	2	2.28	0.159
Döngü	2	6.57	0.017
Güç*Döngü	4	0.28	0.882
Hata	9		
Toplam	17		

Çizelge A.4 : Geven balında prob ultrases süre için varyans analizi

Kaynak	SD	F	P
Güç	2	0.79	0.482
Döngü	2	4.52	0.044
Güç*Döngü	4	0.42	0.789
Hata	9		
Toplam	17		

Çizelge A.5 : Ayçiçek balında prob ultrases sıcaklık için varyans analizi

Kaynak	SD	F	P
Güç	2	0,53	0,608
Döngü	2	3,44	0,078
Güç*Döngü	4	1,72	0,230
Hata	9		
Toplam	17		

Çizelge A.6 : Ayçiçek balında prob ultrases süre için varyans analizi

Kaynak	SD	F	P
Güç	2	1,87	0,209
Döngü	2	6,93	0,015
Güç*Döngü	4	0,25	0,904
Hata	9		
Toplam	17		

Çizelge A.7 : Pamuk balında prob ultrases sıcaklık için varyans analizi

Kaynak	SD	F	P
Güç	2	3,58	0,072
Döngü	2	16,13	0,001
Güç*Döngü	4	1,76	0,220
Hata	9		
Toplam	17		

Çizelge A.8 : Pamuk balında prob ultrases süre için varyans analizi

Kaynak	SD	F	P
Güç	2	12,65	0,002
Döngü	2	28,56	0,000
Güç*Döngü	4	3,91	0,042
Hata	9		
Toplam	17		

Çizelge A.9 : Narenciye balında prob ultrases nem için varyans analizi (1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalNem1	1	1	0.347
Güç	2	204.75	0.000
Döngü	2	72.75	0.000
Güç*Döngü	4	68.25	0.000
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.10 : Narenciye balında prob ultrases nem için varyans analizi (2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalNem2	1	0.16	0.700
Güç	2	4.39	0.052
Döngü	2	0.23	0.799
Güç*Döngü	4	0.95	0.483
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.11 : Geven balında prob ultrases nem için varyans analizi (1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalNem1	1	6.40	0.035
Güç	2	5.20	0.036
Döngü	2	0.40	0.683
Güç*Döngü	4	4.00	0.045
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.12 : Geven balında prob ultrases nem için varyans analizi (2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalNem2	1	0.00	1.000
Güç	2	10.81	0.005
Döngü	2	1.04	0.398
Güç*Döngü	4	4.52	0.033
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.13 : Ayçiçek balında prob ultrases nem için varyans analizi (1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalNem1	1	2.29	0.169
Güç	2	24.43	0.000
Döngü	2	7.22	0.016
Güç*Döngü	4	3.18	0.077
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.14 : Ayçiçek balında prob ultrases nem için varyans analizi (2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalNem2	1	0.00	-
Güç	2	0.00	-
Döngü	2	0.00	-
Güç*Döngü	4	0.00	-
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.15 : Pamuk balında prob ultrases nem için varyans analizi (1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalNem1	1	0.08	0.782
Güç	2	1.71	0.240
Döngü	2	0.98	0.416
Güç*Döngü	4	0.49	0.744
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.16 : Pamuk balında prob ultrases nem için varyans analizi (2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalNem2	1	0.00	-
Güç	2	0.00	-
Döngü	2	0.00	-
Güç*Döngü	4	0.00	-
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.17 : Geven balında prob ultrases diastaz için varyans analizi (1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalDiastaz1	1	0.67	0.437
Güç	2	7.86	0.013
Döngü	2	0.67	0.538
Güç*Döngü	4	4.93	0.027
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.18 : Geven balında prob ultrases diastaz için varyans analizi (2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalDiastaz2	1	0.00	1.00
Güç	2	8.44	0.011
Döngü	2	0.44	0.656
Güç*Döngü	4	2.44	0.131
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.19 : Ayçiçek balında prob ultrases diastaz için varyans analizi (1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalDiastaz1	1	0.09	0.777
Güç	2	9.26	0.008
Döngü	2	6.57	0.021
Güç*Döngü	4	17.19	0.001
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.20 : Ayçiçek balında prob ultrases diastaz için varyans analizi (2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalDiastaz2	1	2.29	0.169
Güç	2	0.57	0.586
Döngü	2	14.29	0.002
Güç*Döngü	4	1.43	0.309
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.21 : Pamuk balında prob ultrases diastaz için varyans analizi (1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalDiastaz1	1	2.72	0.138
Güç	2	61.10	0.000
Döngü	2	3.87	0.067
Güç*Döngü	4	9.36	0.004
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.22 : Pamuk balında prob ultrases diastaz için varyans analizi (2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalDiastaz2	1	0.00	1.000
Güç	2	1345.78	0.000
Döngü	2	1136.44	0.000
Güç*Döngü	4	1168.44	0.000
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.23 : Narenciye balında prob ultrases invertaz için varyans analizi (1.tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalİnvertaz1	1	0.16	0.702
Güç	2	1277.69	0.000
Döngü	2	546.53	0.000
Güç*Döngü	4	182.98	0.000
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.24 : Narenciye balında prob ultrases invertaz için varyans analizi (2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalİnvertaz2	1	1.02	0.443
Güç	2	742.85	0.000
Döngü	2	733.49	0.000
Güç*Döngü	4	420.12	0.000
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.25 : Geven balında prob ultrases invertaz için varyans analizi (1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalİnvertaz1	1	3.69	0.091
Güç	2	12097.66	0.000
Döngü	2	16438.70	0.000
Güç*Döngü	4	5359.06	0.000
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.26 : Geven balında prob ultrases invertaz için varyans analizi (2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalİnvertaz2	1	0.20	0.000
Güç	2	816.98	0.000
Döngü	2	2159.07	0.000
Güç*Döngü	4	107.96	0.000
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.27 : Ayçiçek balında prob ultrases invertaz için varyans analizi
(1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalNemİnvertaz1	1	0.99	0.348
Güç	2	1009.49	0.000
Döngü	2	68.34	0.000
Güç*Döngü	4	100.92	0.000
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.28 : Ayçiçek balında prob ultrases invertaz için varyans analizi
(2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalİnvertaz2	1	0.83	0.390
Güç	2	105.50	0.000
Döngü	2	889.44	0.000
Güç*Döngü	4	233.31	0.000
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.29 : Pamuk balında prob ultrases invertaz için varyans analizi (1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalİnvertaz1	1	1.00	0.347
Güç	2	2029.27	0.000
Döngü	2	1465.73	0.000
Güç*Döngü	4	884.44	0.000
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.30 : Pamuk balında prob ultrases invertaz için varyans analizi (2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalİnvertaz2	1	0.01	0.921
Güç	2	613.82	0.000
Döngü	2	5405.09	0.000
Güç*Döngü	4	991.62	0.000
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.31 : Narenciye balında prob ultrases HMF için varyans analizi

(1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalHMF1	1	1.10	0.325
Güç	2	1617.51	0.000
Döngü	2	510.74	0.000
Güç*Döngü	4	219.77	0.000
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.32 : Narenciye balında prob ultrases HMF için varyans analizi (2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalHMF2	1	0.02	0.891
Güç	2	21.81	0.001
Döngü	2	122.74	0.000
Güç*Döngü	4	143.96	0.000
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.33 : Geven balında prob ultrases HMF için varyans analizi (1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalHMF1	1	0.12	0.740
Güç	2	4.06	0.061
Döngü	2	0.61	0.566
Güç*Döngü	4	0.65	0.646
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.34 : Geven balında prob ultrases HMF için varyans analizi (2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalHMF2	1	0.92	0.366
Güç	2	7.63	0.014
Döngü	2	44.51	0.000
Güç*Döngü	4	9.17	0.004
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.35 : Ayçiçek balında prob ultrases HMF için varyans analizi (1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalHMF1	1	0.19	0.674
Güç	2	406.62	0.000
Döngü	2	22.69	0.001
Güç*Döngü	4	31.20	0.000
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.36 : Ayçiçek balında prob ultrases HMF için varyans analizi (2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalHMF2	1	0.01	0.926
Güç	2	7.61	0.014
Döngü	2	23.73	0.000
Güç*Döngü	4	35.82	0.000
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.37 : Pamuk balında prob ultrases HMF için varyans analizi (1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalHMF1	1	0.09	0.766
Güç	2	2.77	0.122
Döngü	2	63.12	0.000
Güç*Döngü	4	93.69	0.000
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.38 : Pamuk balında prob ultrases HMF için varyans analizi (2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalHMF2	1	0.45	0.520
Güç	2	112.87	0.000
Döngü	2	12.66	0.003
Güç*Döngü	4	43.27	0.000
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.39 : Narenciye balında prob ultrases renk için varyans analizi (1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalRenk1	1	0.10	0.760
Güç	2	10.00	0.007
Döngü	2	2.80	0.120
Güç*Döngü	4	2.50	0.126
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.40 : Narenciye balında prob ultrases renk için varyans analizi (2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalRenk2	1	0.64	0.447
Güç	2	1.44	0.292
Döngü	2	1.92	0.208
Güç*Döngü	4	1.92	0.201
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.41 : Geven balında prob ultrases renk için varyans analizi (1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalRenk1	1	0.00	1.000
Güç	2	88.44	0.000
Döngü	2	88.44	0.000
Güç*Döngü	4	147.78	0.000
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.42 : Geven balında prob ultrases renk için varyans analizi (2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalRenk2	1	0.04	0.842
Güç	2	10.26	0.006
Döngü	2	1.83	0.222
Güç*Döngü	4	6.30	0.014
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.43 : Ayçiçek balında prob ultrases renk için varyans analizi (1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalRenk1	1	0.00	1.000
Güç	2	19.11	0.001
Döngü	2	1.78	0.230
Güç*Döngü	4	21.78	0.000
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.44 : Ayçiçek balında renk için varyans analizi (2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalRenk2	1	1.30	0.288
Güç	2	0.56	0.594
Döngü	2	1.51	0.278
Güç*Döngü	4	0.52	0.726
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.45 : Pamuk balında prob ultrases renk için varyans analizi (1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalRenk1	1	2.72	0.138
Güç	2	61.10	0.000
Döngü	2	3.87	0.067
Güç*Döngü	4	9.36	0.004
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.46 : Pamuk balında prob ultrases renk için varyans analizi (2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalRenk2	1	0.02	0.889
Güç	2	2.76	0.123
Döngü	2	0.77	0.496
Güç*Döngü	4	0.86	0.527
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.47 : Narenciye balında prob ultrases viskozite için varyans analizi

Kaynak	SD	F	P
HamBalNem	1	0.15	0.707
Güç	2	3357.35	0.000
Döngü	2	350.99	0.000
Güç*Döngü	4	1495.03	0.000
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A. 48 : Geven balında prob ultrases viskozite için varyans analizi

Kaynak	SD	F	P
HamBalNem	1	0.15	0.707
Güç	2	3357.35	0.000
Döngü	2	350.99	0.000
Güç*Döngü	4	1495.03	0.000
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.49 : Ayçiçek balında prob ultrases viskozite için varyans analizi

Kaynak	SD	F	P
HamBalNem	1	0.81	0.393
Güç	2	753.52	0.000
Döngü	2	378.42	0.000
Güç*Döngü	4	170.25	0.000
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.50 : Pamuk balında prob ultrases viskozite için varyans analizi

Kaynak	SD	F	P
HamBalNem	1	2.27	0.171
Güç	2	12295.51	0.000
Döngü	2	5519.50	0.000
Güç*Döngü	4	7092.87	0.000
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.51 : Narenciye balında prob ultrases kristal miktarı için varyans analizi

Kaynak	SD	F	P
HamBalNem	1	0.01	0.920
Güç	2	18.69	0.001
Döngü	2	35.32	0.000
Güç*Döngü	4	6.68	0.012
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.52 : Geven balında prob ultrases kristal miktarı için varyans analizi

Kaynak	SD	F	P
HamBalNem	1	0.37	0.560
Güç	2	7.33	0.016
Döngü	2	3.04	0.104
Güç*Döngü	4	3.74	0.053
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.53 : Ayçiçek balında prob ultrases kristal miktarı için varyans analizi

Kaynak	SD	F	P
HamBalNem	1	5.79	0.043
Güç	2	213.45	0.000
Döngü	2	125.01	0.000
Güç*Döngü	4	41.63	0.000
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.54 : Pamuk balında prob ultrases kristal miktarı için varyans analizi

Kaynak	SD	F	P
HamBalNem	1	3.16	0.113
Güç	2	26.61	0.000
Döngü	2	1.00	0.410
Güç*Döngü	4	1.66	0.250
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.55 : Narenciye balında prob ultrases viskozite için varyans analizi

Kaynak	SD	F	P
HamBalNem	1	2.56	0.148
Güç	2	14228.00	0.000
Döngü	2	78.82	0.000
Güç*Döngü	4	745.36	0.000
Hata	8		
Toplam	17		

Çizelge A.56 : Su banyoları bal numunelerinde sıcaklık varyans analizi

Kaynak	SD	F	P
İşlemler	3	118.30	0.000
Bal	3	2.29	0.102
Hata	25		
Toplam	31		

Çizelge A.57 : Su banyoları bal numunelerinde süre varyans analizi

Kaynak	SD	F	P
İşlemler	3	11.50	0.000
Bal	3	1.93	0.150
Hata	25		
Toplam	31		

Çizelge A.58 : Su banyoları bal numunelerinde nem varyans analizi (1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalNem1	1	0.87	0.361
İşlemler	3	1.57	0.222
Bal	3	14.95	0.000
Hata	24		
Toplam	31		

Çizelge A.59 : Su banyoları bal numunelerinde nem varyans analizi (2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalNem1	1	10.59	0.003
İşlemler	3	12.78	0.000
Bal	3	35.43	0.000
Hata	24		
Toplam	31		

Çizelge A.60 : Su banyoları bal numunelerinde diastaz varyans analizi (1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalDiastaz1	1	1.08	0.314
İşlemler	3	1.98	0.155
Bal	2	18.26	0.000
Hata	17		
Toplam	23		

Çizelge A.61 : Su banyoları bal numunelerinde diastaz varyans analizi (2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalDiastaz2	1	0.03	0.855
İşlemler	3	1.49	0.252
Bal	2	112.74	0.000
Hata	17		
Toplam	23		

Çizelge A.62 : Su banyoları bal numunelerinde invertaz varyans analizi (1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalİnvertaz1	1	3.32	0.081
İşlemler	3	3.51	0.031
Bal	3	3.27	0.039
Hata	24		
Toplam	31		

Çizelge A.63 : Su banyoları bal numunelerinde invertaz varyans analizi (2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalİnvertaz2	1	9.50	0.005
İşlemler	3	20.44	0.000
Bal	3	15.51	0.000
Hata	24		
Toplam	31		

Çizelge A.64 : Su banyoları bal numunelerinde HMF varyans analizi (1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalHMF1	1	0.11	0.748
İşlemler	3	0.48	0.696
Bal	3	18.11	0.000
Hata	24		
Toplam	31		

Çizelge A.64 : Su banyoları bal numunelerinde HMF varyans analizi (2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalHMF2	1	0.87	0.361
İşlemler	3	1.57	0.222
Bal	3	14.95	0.000
Hata	24		
Toplam	31		

Çizelge A.65 : Su banyoları bal numunelerinde renk varyans analizi (1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalRenk1	1	3.48	0.074
İşlemler	3	3.62	0.027
Bal	3	46.55	0.000
Hata	24		
Toplam	31		

Çizelge A.66 : Su banyoları bal numunelerinde renk varyans analizi (2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalRenk2	1	0.52	0.476
İşlemler	3	4.64	0.011
Bal	3	8.02	0.001
Hata	24		
Toplam	31		

Çizelge A.67 : Su banyoları bal numunelerinde viskozite varyans analizi

Kaynak	SD	F	P
HamBalViskozite	1	0.00	0.955
İşlemler	3	5.23	0.006
Bal	3	66.88	0.000
Hata	24		
Toplam	31		

Çizelge A.68 : Su banyoları bal numunelerinde kristal varyans analizi

Kaynak	SD	F	P
HamBalKristal	1	0.841	0.841
İşlemler	3	2.63	0.073
Bal	3	2.93	0.054
Hata	24		
Toplam	31		

Çizelge A.69 : Tüm prosesler bal numunelerinde süre varyans analizi

Kaynak	SD	F	P
İşlemler	15	13.92	0.000
Bal	3	1.94	0.130
Hata	88		
Toplam	106		

Çizelge A.70 : Tüm prosesler bal numunelerinde sıcaklık varyans analizi

Kaynak	SD	F	P
İşlemler	15	16.20	0.000
Bal	3	4.77	0.004
Hata	88		
Toplam	106		

Çizelge A.71 : Tüm prosesler bal numunelerinde nem varyans analizi (1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalNem1	1	0.14	0.711
İşlemler	3	2.36	0.007
Bal	3	15.79	0.000
Hata	24		
Toplam	31		

Çizelge A.72: Tüm prosesler bal numunelerinde nem varyans analizi (2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
HamBalNem2	1	0.04	0.833
İşlemler	3	9.18	0.000
Bal	3	177.01	0.000
Hata	24		
Toplam	31		

Çizelge A.73 : Tüm prosesler geven balı numunelerinde diastaz varyans analizi
(1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
GevenHamBalDiastaz1	1	1.03	0.327
İşlemler	15	5.30	0.001
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.74 : Tüm prosesler ayçiçek balı numunelerinde diastaz varyans analizi
(1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
AyçiçekHamBalDiastaz1	1	0.54	0.475
İşlemler	15	27.18	0.000
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.75 : Tüm prosesler pamuk balı numunelerinde diastaz varyans analizi
(1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
PamukHamBalDiastaz1	1	5.86	0.032
İşlemler	15	74.14	0.000
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.76 : Tüm prosesler geven balı numunelerinde diastaz varyans analizi
(2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
GevenHamBalDiastaz2	1	3.85	0.069
İşlemler	15	2.08	0.084
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.77 : Tüm prosesler ayçiçek balı numunelerinde diastaz varyans analizi
(2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
AyçiçekHamBalDiastaz2	1	0.00	1.000
İşlemler	15	5.15	0.004
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.78 : Tüm prosesler pamuk balı numunelerinde diastaz varyans analizi
(2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
PamukHamBalDiastaz2	1	0.74	0.406
İşlemler	15	339.04	0.000
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.79 : Tüm prosesler narenciye balı numunelerinde invertaz varyans analizi
(1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
NarenciyeHamBalİnvertaz1	1	3.85	0.069
İşlemler	15	2.08	0.084
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.80 : Tüm prosesler geven balı numunelerinde invertaz varyans analizi
(1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
GevenHamBalİnvertaz1	1	0.22	0.646
İşlemler	15	680.47	0.000
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.81 : Tüm prosesler ayçiçek balı numunelerinde invertaz varyans analizi
(1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
AyçiçekHamBalİnvertaz1	1	2.58	0.129
İşlemler	15	7236.06	0.000
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.82 : Tüm prosesler pamuk balı numunelerinde invertaz varyans analizi
(1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
PamukHamBalİnvertaz1	1	1.14	0.306
İşlemler	15	585.24	0.000
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.83 : Tüm prosesler narenciye balı numunelerinde invertaz varyans analizi
(2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
NarenciyeHamBalİnvertaz2	1	2.35	0.151
İşlemler	15	68.70	0.000
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.84 : Tüm prosesler geven balı numunelerinde invertaz varyans analizi
(2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
GevenHamBalİnvertaz2	1	0.74	0.403
İşlemler	15	393.56	0.000
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.85 : Tüm prosesler ayçiçek balı numunelerinde invertaz varyans analizi
(2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
AyçiçekHamBalİnvertaz2	1	1.48	0.248
İşlemler	15	952.56	0.000
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.86 : Tüm prosesler pamuk balı numunelerinde invertaz varyans analizi
(2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
PamukHamBalİnvertaz2	1	5.98	0.031
İşlemler	15	2631.19	0.000
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.87 : Tüm prosesler narenciye balı numunelerinde HMF varyans analizi
(1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
NarenciyeHamBalHMF1	1	3.91	0.071
İşlemler	15	2085.10	0.000
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.88 : Tüm prosesler geven balı numunelerinde HMF varyans analizi
(1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
GevenHamBalHMF1	1	1.39	0.257
İşlemler	15	7.16	0.000
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.89 : Tüm prosesler ayçiçek balı numunelerinde HMF varyans analizi
(1.tekrar)

Kaynak	SD	F	P
AyçiçekHamBalMF1	1	0.14	0.712
İşlemler	15	126.28	0.000
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.90 : Tüm prosesler pamuk balı numunelerinde HMF varyans analizi
(1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
PamukHamBalHMF1	1	0.01	0.911
İşlemler	15	241.52	0.000
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.91 : Tüm prosesler narenciye balı numunelerinde HMF varyans analizi
(2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
NarenciyeHamBalHMF2	1	3.13	0.102
İşlemler	15	52.97	0.000
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.92 : Tüm prosesler geven balı numunelerinde HMF varyans analizi
(2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
GevenHamBalHMF2	1	0.12	0.732
İşlemler	15	16.10	0.000
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.93 : Tüm prosesler ayçiçek balı numunelerinde HMF varyans analizi
(2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
AyçiçekHamBalMF2	1	7.06	0.021
İşlemler	15	64.29	0.000
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.94 : Tüm prosesler pamuk balı numunelerinde HMF varyans analizi
(2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
PamukHamBalHMF2	1	12.53	0.004
İşlemler	15	14.22	0.000
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.95 : Tüm prosesler narenciye balı numunelerinde renk varyans analizi
(1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
NarenciyeHamBalRenk1	1	0.00	1.000
İşlemler	15	0.00	1.000
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.96 : Tüm prosesler geven balı numunelerinde renk varyans analizi
(1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
GevenHamBalRenk1	1	0.56	0.466
İşlemler	15	32.13	0.000
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.97 : Tüm prosesler ayçiçek balı numunelerinde renk varyans analizi
(1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
AyçiçekHamBalRenk1	1	0.00	1.000
İşlemler	15	0.00	1.000
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.98 : Tüm prosesler pamuk balı numunelerinde renk varyans analizi
(1. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
PamukHamBalRenk1	1	0.00	1.000
İşlemler	15	0.00	1.000
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.99 : Tüm prosesler narenciye balı numunelerinde renk varyans analizi
(2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
NarenciyeHamBalRenk2	1	1.02	0.333
İşlemler	15	1.00	0.501
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.100 : Tüm prosesler geven balı numunelerinde renk varyans analizi
(2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
GevenHamBalRenk2	1	1.00	0.333
İşlemler	15	3.98	0.006
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.101 : Tüm prosesler ayçiçek balı numunelerinde renk varyans analizi
(2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
AyçiçekHamBalRenk2	1	8.96	0.011
İşlemler	15	1.27	0.343
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.102 : Tüm prosesler pamuk balı numunelerinde renk varyans analizi
(2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
PamukHamBalRenk2	1	7.50	0.018
İşlemler	15	4.52	0.007
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.103 : Tüm prosesler narenciye balı numunelerinde viskozite varyans analizi (2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
NarenciyeHamBalViskozite	1	1.55	0.232
İşlemler	15	1925.32	0.000
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.104 : Tüm prosesler geven balı numunelerinde viskozite varyans analizi (2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
GevenHamBalViskozite	1	1.00	0.333
İşlemler	15	3.98	0.006
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.105 : Tüm prosesler ayçiçek balı numunelerinde viskozite varyans analizi (2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
AyçiçekHamBalViskozite	1	3.01	0.108
İşlemler	15	491.63	0.000
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.106 : Tüm prosesler pamuk balı numunelerinde viskozite varyans analizi (2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
PamukHamBalViskozite	1	0.32	0.585
İşlemler	15	7257.54	0.000
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.107 : Tüm prosesler narenciye balı numunelerinde kristal miktarı varyans analizi (2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
NarenciyeHamBalKristal	1	2.22	0.162
İşlemler	15	3589.84	0.000
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.108 : Tüm prosesler geven balı numunelerinde kristal miktarı varyans analizi (2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
GevenHamBalKristal	1	1.55	0.232
İşlemler	15	1925.32	0.000
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.109 : Tüm prosesler ayçiçek balı numunelerinde kristal miktarı varyans analizi (2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
AyçiçekHamBalKristal	1	3.01	0.108
İşlemler	15	491.63	0.000
Hata	15		
Toplam	31		

Çizelge A.110 : Tüm prosesler pamuk balı numunelerinde kristal miktarı varyans analizi (2. tekrar)

Kaynak	SD	F	P
PamukHamBalKristal	1	0.32	0.585
İşlemler	15	7257.54	0.000
Hata	15		
Toplam	31		

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Mustafa BAYRAKTAR
Doğum Tarihi ve Yeri : 14.08.1990 EDİRNE
E-posta : mustafabayraktar90@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2013, İTÜ, Kimya-Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği
- **Yükseklisans** : 2016, 2013, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2011 yılında 1 ay Aromsa Besin Aroma ve Katkı Maddeleri Sanayi ve Ticaret Ltd Şti. Kalite Kontrol stajyeri olarak çalıştı.
- 2012 yılında 1 ay Perfetti Van Melle firmasında üretim stajyeri olarak çalıştı.
- 2013 (Şubat-Mayıs) arasında Arçelik A.Ş.'de proje bazlı olarak modelleme üzerine çalıştı.
- 2013 yılında İTÜ Gıda Mühendisliği Bölümü'nü 3.lük ile bitirdi.
- 2013- Halen -SBS Bilimsel Bio Çözümler San. Ve Tic. A.Ş. (Satış ve Operasyon Lideri)

DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

Posterler

- Ultrasound Technology for Honey Processing/Apimondia 2015, Daejeon, Güney Kore
- Comparing the Antioxidant Potential, Total Phenolic and Flavanoid Contents of Honey, Propolis and Carob/ Apimondia 2015, Daejeon, Güney Kore