

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GIDA TEKNOLOJİSİ BİLİM DALI**

**MAŞ FASULYESİ UNU KULLANIMININ
GLUTENSİZ HAZIR TARHANA ÇORBASI ÜRETİMİNE
UYGUNLUĞUNUN ARAŞTIRILMASI**

Bilge TAŞKIN

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Nazlı SAVLAK**



MANİSA-2019

**Bilge
TAŞKIN**

**MAŞ FASULYESİ UNU KULLANIMININ
GLUTENSİZ HAZIR TARIHANA ÇORBASI ÜRETİMİNE UYGUNLUĞUNUN
ARAŞTIRILMASI**

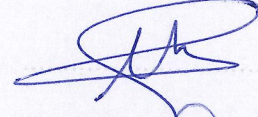
2019

TEZ ONAYI

Bilge TAŞKIN tarafından hazırlanan "Maş Fasulyesi Unu Kullanımının Glutensiz Hazır Tarhana Çorbası Üretimine Uygunluğunun Araştırılması"adlı tez çalışması 21/06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **DOKTORA TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Dr. Öğr.Üyesi Nazlı SAVLAK
Celal Bayar Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Neriman BAĞDATLIOĞLU
Celal Bayar Üniversitesi



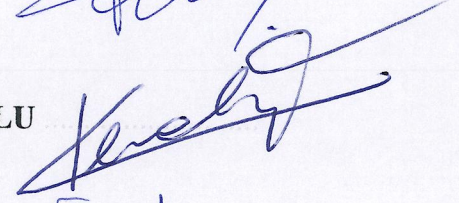
Jüri Üyesi

Prof. Dr. Gülde OVA
Ege Üniversitesi



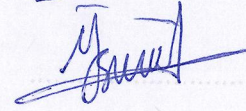
Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Ö.Kemal KEMAHLIOĞLU
Ege Üniversitesi



Jüri Üyesi

Dr.Öğr.Üyesi İsmail EREN
Celal Bayar Üniversitesi



TAAHHÜTNAME

Bu tezin Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Bilge TAŞKIN



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	I
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	V
TABLO DİZİNİ	VIII
ÖZET.....	XIII
ABSTRACT.....	XV
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1. Çölyak Hastalığı ve Beslenme.....	2
2.2. Maş Fasulyesi	4
2.3. Tüketime Hazır/ İstant Gıdalar	8
2.4. Valsli Kurutma İşlemi ve Glutensiz Hazır Tarhana Çorbası.....	10
2.5. Tezin Amacı ve Tezin Kapsamı	19
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER.....	20
3.1. Materyal.....	20
3.2. Yöntem	20
3.2.1. Ön Denemeler	20
3.2.2. Glutensiz Hazır Tarhana Çorbası Tozu Üretimi	23
3.2.2.1. Hamur Hazırlama ve Fermantasyon	23
3.2.2.2. Valsli Kurutucuda Kurutma İşlemi.....	23
3.2.3. Deneme Deseni ve İstatistiksel Analizler	25
3.2.4. Optimizasyon	25
3.2.5. Glutensiz Çorba Tozlarının Fiziksel Analizleri	26
3.2.5.1. Su Absorbsiyon indeksi (SAİ).....	26
3.2.5.2. Suda Çözünürlük İndeksi (SÇİ).....	27
3.2.5.3. Su ve Yağ Absorbsiyon Kapasiteleri	27
3.2.5.4. Köpük Kapasitesi ve Stabilitesi	27
3.2.5.5. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile Mikroyapı Görüntüsü	28
3.2.5.6. Nişastanın Çift Kırınım (Birefringence) Görüntüsü	28
3.2.6. Glutensiz Çorbaların Fiziksel Analizleri	29
3.2.6.1. Renk	29

3.2.6.2. Viskozite	29
3.2.6.3. Duyusal Değerlendirme	29
3.2.7. Glutensiz Çorba Tozlarının Kimyasal Analizleri	30
3.2.7.1. Rutubet miktarı	30
3.2.7.2. Kül miktarı.....	30
3.2.7.3. pH Tayini	30
3.2.7.4. Toplam Diyet Lif Tayini.....	31
3.2.7.5. Protein Miktarı	31
3.2.7.6. Çözünür Protein Miktarı	31
3.2.7.7. Jelatinizasyon Derecesi (JD).....	32
3.2.7.8. Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivite Tayinleri için Ekstrakt Hazırlama.....	33
3.2.7.9. Toplam Fenolik Madde Miktarı.....	33
3.2.7.10. DPPH (2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl) Serbest Radikali İndirgeme Aktivitesi Tayini	34
3.2.7.11. Demir İyonu-İndirgeyici/Antioksidan Güç (FRAP) Tayini.....	35
3.2.7.12. Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DTK) ile Nişasta Jelatinizasyonu Analizi:.....	36
3.2.7.13 Gluten Kalıntı Tayini	37
3.2.7.14. Kullanılan Kimyasal Çözeltiler	37
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	39
4.1. Glutensiz Çorbaların Üretiminde Kullanılan Maş Fasulyesi ve Pirinç Ununun Kimyasal Bileşimi	40
4.2. Glutensiz Çorbaların Kimyasal Bileşimi.....	41
4.2.1. Gluten Kalıntı Tayini	41
4.2.2. Protein İçeriği	42
4.2.3. Diyet Lifi İçeriği	43
4.2.4. Kül İçeriği	44
4.2.5. pH.....	45
4.2.6. Nem içeriği	46
4.3 Glutensiz Çorba Tozlarının Kalite ve Fonksiyonel Özellikleri.....	48
4.3.1. Su Absorbsiyon Kapasitesi (SAK)	48
4.3.2. Yağ Absorbsiyon Kapasitesi (YAK)	52
4.3.3. Köpük Kapasitesi (KK) ve Köpük Stabilitesi (KS).....	55

4.3.4. Çözünür Protein Miktarı (ÇP).....	60
4.3.5. Su Absorbsiyon İndeksi (SAİ).....	63
4.3.6. Suda Çözünürlük İndeksi (SÇİ).....	70
4.3.7. Jelatinizasyon Derecesi (JD).....	75
4.3.8. Viskozite	81
4.3.9. Renk (Hunter)	86
4.3.9.1 Çorba örneklerinin <i>L</i> renk değeri.....	86
4.3.9.2 Çorba örneklerinin <i>a</i> renk değeri	89
4.3.9.3 Çorba örneklerinin <i>b</i> renk değeri	91
4.3.10 Çorbaların Duyusal Özellikleri.....	93
4.3.10.1 Renk	93
4.3.10.2 Lezzet.....	95
4.3.10.3 Kıvam.....	96
4.3.10.4 Ağız Hissi	99
4.3.10.5 Genel Kabul Edilebilirlik.....	99
4.3.11 Toplam Fenolik Madde Miktarı (TFM).....	104
4.3.12 DPPH (2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl) Serbest Radikali İndirgeme Aktivitesi Tayini	107
4.3.13 FRAP / Demir İyonu-İndirgeyici Antioksidan Güç.....	110
4.3.14 Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DTK) ile Nişasta Jelatinizasyonu Analizi.....	112
4.3.15 Nişastanın Çift Kırınım (Birefringence) Görüntüsü	114
4.3.16 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile Mikroyapı Görüntüsü	120
4.4 Optimizasyon.....	121
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	124
KAYNAKLAR	126
EKLER.....	141
EK A. Duncan Testi Analiz sonuçlarına ait ANOVA tabloları	141
EK B. Yanıt Yüzey Yöntemi Varyans Analizi Ve Model İstatistikleri	146
EK C. Korelasyon Tablosu.....	176
EK D. Çorba tozlarının DTK termogramları.....	180
EK E. Çorba tozlarının SEM görüntüleri	186
EK F. Optimizasyon dışındaki yanıtlara ait diagnostikler	189

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AB- ABD	Avrupa Birliği- Amerika Birleşik Devletleri
cp	Centipoise
ÇP	Çözünür protein
dk	Dakika
DPPH	2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl Serbest Radikali
DTK	Diferansiyel taramalı kalorimetre
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
FRAP	Demir iyonu indirgeyici antioksidan güç
HTST	High temperature short time
JD	Jelatinizasyon derecesi
K	Kıvam katsayısı
KK	Köpük kapasitesi
KS	Köpük stabilitesi
KM	Kuru madde bazında
Maş	Maş fasulyesi (dane)
mg	Miligram
mL	Mililitre
n	Akış davranış indeksi
RSM	Response Surface Method
SAİ	Su absorpsiyon indeksi
SAK	Su absorpsiyon kapasitesi
SÇİ	Suda çözünürlük indeksi
SEM	Taramalı elektron mikroskobu
sn	Saniye
TFM	Toplam fenolik madde
vb	ve benzeri
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
YAK	Yağ absorpsiyon kapasitesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2. 1 Maş fasulyesi tanesi.....	5
Şekil 2. 2 Tipik nişasta jelatinizasyonu.....	9
Şekil 2. 3 Tipik çift valsli kurutucunun şematik görünümü.....	11
Şekil 3.1 Faz ayrımlı çorba (a), topaklanmış çorba (b), guar gam ilaveli çorba (c) .	22
Şekil 3.2 Valsli kurutucu (a),(b), flake halindeki ürün (c), toz ürün (d).....	24
Şekil 3.3 Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM).....	28
Şekil 3.4 Polarize ışık mikroskopu	29
Şekil 3.5 BSA standart grafiği	32
Şekil 3.6 Gallik asit standardı kalibrasyon grafiği.....	34
Şekil 3.7 Troloks standardı kalibrasyon grafiği	35
Şekil 3.8 FeSO ₄ .7 H ₂ O standardı kalibrasyon grafiği (FRAP)	36
Şekil 3.9 DTK Cihazı, TA DSC 250, TA Ins.,(ABD)	36
Şekil 4.1 Nem içeriği üzerine vals hızı, besleme nemi ve basıncın etkisi (2 devir vals hızı ve %55 besleme nemi sabitlerinde).....	48
Şekil 4. 2 Su absorpsiyon kapasitesi üzerine vals hızı, besleme nemi ve basıncın etkisi (2 devir vals hızı-85 psi basınç sabitinde).....	52
Şekil 4.3 Yağ absorpsiyonu kapasitesi üzerine vals hızı, besleme nemi ve basıncın etkisi (2 devir vals hızı-%55 nem sabitinde).....	54
Şekil 4.4 Yağ absorpsiyon kapasitesi ile çözünür protein miktarı arasındaki ilişki ..	54
Şekil 4.5 Köpük kapasitesine besleme nemi ve vals hızının etkisi (85psi basınçta) .	57
Şekil 4.6 Köpük stabilitesi üzerine besleme nemi, vals hızı ve basıncın etkisi(%55 besleme nemi-85 psi basınç sabitinde).....	58
Şekil 4.7 Köpük stabilitesi ve çözünür protein miktarı arasındaki ilişki	59
Şekil 4.8 Köpük kapasitesi ve köpük stabilitesinin pH ile değişimi.....	60
Şekil 4.9 Çözünür protein miktarı –pH değişimi arasındaki ilişki	61
Şekil 4.10 Çözünür protein miktarı üzerine besleme nemi, vals hızı ve basıncın etkisi (85 psi basınç-%55 besleme nemi sabitinde)	62
Şekil 4.11 Çözünür protein miktarı üzerine besleme nemi, vals hızı ve basıncın etkisi (85 psi basınç-%55 besleme nemi sabitinde)-devam	63
Şekil 4.12 Su absorpsiyon indeksi üzerine besleme nemi, vals hızı ve basıncın etkisi (2 devir vals hızı-85 psi basınç sabitinde).....	68
Şekil 4.13 Su absorpsiyon indeksi için seçilen modele ait diagnostik grafikler	70
Şekil 4.14 Suda çözünürlük indeksi üzerine besleme nemi, vals hızı ve basıncın etkisi (2 devir vals hızı-%55 besleme nemi sabitinde)	73
Şekil 4.15 Suda çözünürlük indeksi için seçilen modele ait diagnostik grafikler	75
Şekil 4.16 Jelatinizasyon derecesi üzerine besleme nemi, vals hızı ve basıncın etkisi (85 psi basınç-%55 besleme nem sabitlerinde).....	77
Şekil 4.17 Jelatinizasyon derecesi için seçilen modele ait diagnostik grafikler	80

Şekil 4.18 Çorba viskozitelerinin kayma hızına bağlı değişimleri	82
Şekil 4.19 Kıvam katsayısı üzerine besleme nemi, vals hızı ve basıncın etkisi (85 psi basınç ve 2 vals hızı sabitlerinde)	84
Şekil 4.20 Renk L değeri üzerine besleme nemi, vals hızı ve basıncın etkisi (%55 besleme nemi ve 2 devir vals hızı sabitlerinde)	88
Şekil 4. 21 Renk a değeri üzerine besleme nemi, vals hızı ve basıncın etkisi (%55 besleme nemi ve 85psi basınç sabitlerinde)	91
Şekil 4.22 Renk b değeri üzerine besleme nemi ve vals hızının etkisi (85 psi basınç sabitinde)	92
Şekil 4.23 Renk üzerine besleme nemi ve vals hızının etkisi (85 psi basınç sabitinde)	94
Şekil 4.24 Lezzet üzerine besleme nemi, vals hızı ve basıncın etkisi (85 psi basınç, 2 devir vals hızı sabitinde)	96
Şekil 4.25 Kıvam üzerine besleme nemi ve vals hızının etkisi (85 psi basınç sabitinde)	98
Şekil 4.26 Çorbaların kıvam katsayıları (K) ile kıvam puanlarının birlikte değişimi	98
Şekil 4.27 Genel kabul edilebilirlik üzerine besleme nemi, vals hızı ve basıncın etkisi (85 psi basınç, 2 devir vals hızı sabitinde)	101
Şekil 4.28 Genel kabul edilebilirlik için seçilen modele ait diagnostik grafikler....	102
Şekil 4.29 Çorba tozu fotoğrafları soldan sağa doğru; %45-2 devir-75psi, %45-1 devir-85psi, %45-3 devir-85psi, %45-2 devir-95psi	102
Şekil 4.30 Çorba tozu fotoğrafları soldan sağa doğru; %55-1 devir-75 psi, %55-3 devir-75psi, %55-2 devir-85psi, %55-2 devir-85psi (a)	103
Şekil 4.31 Çorba tozu fotoğrafları soldan sağa doğru; %55-2 devir-85psi (b), %55-2 devir-85psi (c), %55-2 devir-85psi (d), %55-1 devir-95psi.....	103
Şekil 4.32 Çorba tozu fotoğrafları soldan sağa doğru; %65-2 devir-75psi, %65-1 devir-85psi, %65-3 devir-85psi, %65-2 devir-95psi	103
Şekil 4.33 Tüketime hazır haldeki glutensiz çorbaların görüntüleri.....	104
Şekil 4.34 Toplam fenolik madde üzerine besleme nemi, vals hızı ve basıncın etkisi (85 psi basınç, 2 devir vals hızı sabitinde)	107
Şekil 4.35 DPPH üzerine besleme nemi ve vals hızının etkisi (85 psi basınç sabitinde)	108
Şekil 4.36 FRAP üzerine besleme nemi ve vals hızının etkisi (85 psi basınç sabitinde)	111
Şekil 4.37 Çorba tozlarının DTK diyagramında bir arada görünümü.	114
Şekil 4.38 İşlem görmemiş pirinç ununun polarize ışık mikroskobunda normal(A) ve polarize ışık (B) altındaki görünümü	115
Şekil 4.39 Çorba tozlarının polarize ışık mikroskobunda (40X) normal(A) ve polarize ışık (B) altındaki görünümü (1-17: Deneme numaraları)	119
Şekil 4.40 Çorba tozlarının SEM görünümü (a: 65-2-75,100X; b: 65-2-75, 3.00 KX, c:65-2-95, 500X, d:45-2-75, 500X) (45,65:%45,%65 besleme nemi, 2: vals hızı, 75: basınç psi)	121
Şekil 4.41 Optimum noktaya ait çözümün rampa işlevi grafikleri ile gösterilmesi.	123



TABLO DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2. 1 Maş fasulyesi makrobesin kompozisyonu [22].....	5
Tablo 3.1 Tüketime hazır glutensiz tarhana çorbası formülasyonu	23
Tablo 3.2 Box Behken dizayn bağımsız değişkenler ve seviyeleri	26
Tablo 3.3 Box Behken dizayn deneme planı (Gerçek ve kodlanmış seviyeler).....	26
Tablo 3.4 BSA standart çözeltileri	31
Tablo 4.1 Kullanılan unların bazı kimyasal bileşenleri.....	40
Tablo 4.2 Glutensiz çorba tozlarının kimyasal bileşimi.....	42
Tablo 4.3 Glutensiz çorba tozlarının pH ve nem değerleri	45
Tablo 4.4 Box Behnken deneme desenine göre su absorpsiyon kapasitesi ve yağ absorpsiyon kapasitesine ait sonuçlar	49
Tablo 4.5 Box Behnken deneme desenine göre köpük kapasitesi, köpük stabilitesi ve çözünür proteine ait sonuçlar	55
Tablo 4.6 Box Behnken deneme desenine göre optimizasyon için seçilen yanıtlara ait sonuçlar	64
Tablo 4.7 Her bir yanıt üzerinde liner, kuadratik ve interaksiyon terimlerinin etkisini gösteren ANOVA tablosu	65
Tablo 4.8 Kodlanmış bağımsız değişkenlerin; besleme nemi(A), vals hızı(B), basınç(C); yanıtlar üzerindeki etkisini gösteren model denklemleri.....	80
Tablo 4.9 Box Behnken deneme desenine göre çorbaların K, kıvam katsayısı ve n, akış davranış indeksi	81
Tablo 4.10 Box Behnken deneme desenine göre çorbaların renk (L,a,b) değerleri ..	86
Tablo 4.11 Box Behnken deneme desenine göre duyuşal özelliklere ait sonuçlar ...	93
Tablo 4.12 Box Behnken deneme desenine göre toplam fenolik madde, FRAP ve DPPH antioksidan aktivitesine ait sonuçlar	105
Tablo 4.13 Optimizasyonun belirlenmesinde seçilen değerler.....	122
Tablo 4.14 Optimizasyonda elde edilen optimum işlem koşulları	123
Tablo 4.15 Optimizasyonda önerilen çözümler.....	123
Tablo EK A. 1 pH değerine ait Anova Tablosu (Duncan testi)	141
Tablo EK A. 2 Protein içeriğine ait Anova Tablosu (Duncan testi)	141
Tablo EK A. 3 Diyet lifi içeriğine ait Anova Tablosu (Duncan testi)	141
Tablo EK A. 4 Kül içeriğine ait Anova Tablosu (Duncan testi).....	141
Tablo EK A. 5 Nem içeriğine ait Anova Tablosu(Duncan testi)	142
Tablo EK A. 6 Su absorpsiyon indeksine ait Anova Tablosu (Duncan testi).....	142
Tablo EK A. 7 Suda çözünürlük indeksine ait Anova Tablosu (Duncan testi)	142
Tablo EK A. 8 Jelatinizasyon derecesine ait Anova Tablosu (Duncan testi)	142
Tablo EK A. 9 Su absorpsiyonu kapasitesine ait Anova Tablosu (Duncan testi)...	142
Tablo EK A.10 Yağ absorpsiyon kapasitesine ait Anova Tablosu(Duncan testi) ..	143
Tablo EK A. 11 Renk-L değerine ait Anova Tablosu (Duncan testi).....	143

Tablo EK A. 12 Renk-a değerine ait Anova Tablosu (Duncan testi)	143
Tablo EK A. 13 Renk-b değerine ait Anova Tablosu (Duncan testi)	143
Tablo EK A. 14 Köpük kapasitesine ait Anova Tablosu (Duncan testi)	143
Tablo EK A. 15 Köpük stabilitesine ait Anova Tablosu (Duncan testi).....	144
Tablo EK A. 16 Viskozite K kıvam katsayısına ait Anova Tablosu (Duncan testi)	144
Tablo EK A. 17 Viskozite n akış davranışı indisi Anova Tablosu (Duncan testi) .	144
Tablo EK A. 18 Protein çözünürlüğüne ait Anova Tablosu (Duncan testi)	144
Tablo EK A. 19 Toplam fenolik madde miktarına ait Anova Tablosu (Duncan testi)	144
.....	144
Tablo EK A. 20 FRAP kapasitesine ait Anova Tablosu (Duncan testi)	145
Tablo EK A. 21 DPPH kapasitesine ait Anova Tablosu (Duncan testi).....	145
Tablo EK A. 22 Duyusal renk değerine ait Anova Tablosu (Duncan testi).....	145
Tablo EK A. 23 Duyusal lezzet değerine ait Anova Tablosu (Duncan testi)	145
Tablo EK A. 24 Duyusal kıvam değerine ait Anova Tablosu (Duncan testi).....	145
Tablo EK A. 25 Duyusal ağız hissi değerine ait Anova Tablosu (Duncan testi)....	146
Tablo EK A.26 Duyusal genel kabuledilebilirlik Anova Tablosu(Duncan test)	146
Tablo EK B. 1 Nem değeri için varyans analizi tablosu (RSM).....	146
Tablo EK B. 2 Nem değeri için model istatistikleri tablosu (RSM).....	147
Tablo EK B. 3 Su absorpsiyonu kapasitesi için varyans analizi tablosu (RSM)	148
Tablo EK B. 4 Su absorpsiyonu kapasitesi için model istatistiği tablosu (RSM)...	148
Tablo EK B. 5 Yağ absorpsiyonu kapasitesi için varyans analizi tablosu (RSM)..	149
Tablo EK B. 6 Yağ absorpsiyonu kapasitesi için model istatistiği tablosu (RSM)	149
Tablo EK B. 7 Köpük kapasitesi için varyans analizi tablosu (RSM).....	150
Tablo EK B. 8 Köpük kapasitesi için model istatistikleri tablosu (RSM)	151
Tablo EK B. 9 Köpük stabilitesi için varyans analizi tablosu (RSM)	152
Tablo EK B. 10 Köpük stabilitesi için model istatistikleri tablosu (RSM)	152
Tablo EK B. 11 Su absorpsiyon indeksi için varyans analizi tablosu (RSM)	153
Tablo EK B. 12 Su absorpsiyon indeksi için model istatistikleri tablosu (RSM)...	153
Tablo EK B. 13 Suda çözünürlük indeksi için varyans analizi tablosu (RSM).....	154
Tablo EK B. 14 Suda çözünürlük indeksi için model istatistikleri tablosu (RSM)	155
Tablo EK B. 15 Jelatinizasyon derecesi için varyans analizi tablosu (RSM).....	156
Tablo EK B. 16 Jelatinizasyon derecesi için model istatistikleri tablosu (RSM)...	156
Tablo EK B. 17 Çözünür protein miktarı için varyans analizi tablosu (RSM).....	157
Tablo EK B. 18 Çözünür protein miktarı için model istatistikleri tablosu (RSM) .	157
Tablo EK B. 19 Renk-L değeri için varyans analizi tablosu (RSM)	158
Tablo EK B. 20 Renk-L değeri için model istatistikleri tablosu (RSM)	158
Tablo EK B. 21 Renk-a değeri için varyans analizi tablosu (RSM).....	159
Tablo EK B. 22 Renk-a değeri için model istatistikleri tablosu (RSM)	160
Tablo EK B. 23 Renk-b değeri için varyans analizi tablosu (RSM).....	161
Tablo EK B. 24 Renk-b değeri için model istatistikleri tablosu (RSM).....	161
Tablo EK B. 25 Viskozite- k değeri için varyans analizi tablosu (RSM).....	162
Tablo EK B. 26 Viskozite- k değeri için model istatistikleri tablosu (RSM).....	162
Tablo EK B. 27 Viskozite- n değeri için varyans analizi tablosu (RSM).....	163

Tablo EK B. 28	Viskozite- n değeri için model istatistikleri tablosu (RSM)	163
Tablo EK B. 29	Duyusal-Renk değeri için varyans analizi tablosu (RSM)	164
Tablo EK B. 30	Duyusal-Renk değeri için model istatistikleri tablosu (RSM).....	165
Tablo EK B. 31	Duyusal-Lezzet değeri için varyans analizi tablosu (RSM)	166
Tablo EK B. 32	Duyusal-Lezzet değeri için model istatistikleri tablosu (RSM) ...	166
Tablo EK B. 33	Duyusal-Kıvam değeri için varyans analizi tablosu (RSM).....	167
Tablo EK B. 34	Duyusal-Kıvam değeri için model istatistikleri tablosu (RSM) ...	167
Tablo EK B. 35	Duyusal-Ağız hissi değeri için varyans analizi tablosu (RSM)....	168
Tablo EK B. 36	Duyusal-Ağız hissi değeri için model istatistiği tablosu (RSM) ..	169
Tablo EK B. 37	Duyusal-Genel kabul edilebilirlik varyans analizi tablosu(RSM)	170
Tablo EK B.38	Duyusal-Genel kabuledilebilirlik için model istatistikleri (RSM)	170
Tablo EK B. 39	FRAP değeri için varyans analizi tablosu (RSM)	171
Tablo EK B. 40	FRAP değeri için model istatistikleri tablosu (RSM).....	171
Tablo EK B. 41	Toplam fenolik değeri için varyans analizi tablosu (RSM).....	172
Tablo EK B. 42	Toplam fenolik değeri için model istatistikleri tablosu (RSM)....	173
Tablo EK B. 43	DPPH değeri için varyans analizi tablosu (RSM)	174
Tablo EK B. 44	DPPH değeri için model istatistikleri tablosu (RSM)	175
Tablo EK C. 1	Tüm değişkenler arası korelasyon katsayıları	176
Tablo EK D. 1	1 numaralı örnek (45-2-75) için DTK termogramı	180
Tablo EK D. 2	2 numaralı örnek (45-1-85) için DTK termogramı	180
Tablo EK D. 3	3 numaralı örnek (45-3-85) için DTK termogramı	180
Tablo EK D. 4	4 numaralı (45-2-95) için DTK termogramı.....	181
Tablo EK D. 5	5 numaralı (55-1-75) için DTK termogramı.....	181
Tablo EK D. 6	6 numaralı (55-3-75) için DTK termogramı.....	181
Tablo EK D. 7	7 numaralı (55-2-85) için DTK termogramı.....	182
Tablo EK D. 8	8 numaralı (55-2-85-1) için DTK termogramı	182
Tablo EK D. 9	9 numaralı (55-2-85-2) için DTK termogramı	182
Tablo EK D. 10	10 numaralı (55-2-85-3) için DTK termogramı	183
Tablo EK D. 11	11 numaralı (55-2-85-4) için DTK termogramı	183
Tablo EK D. 12	12 numaralı (55-1-95) için DTK termogramı.....	183
Tablo EK D. 13	13 numaralı (55-3-95) için DTK termogramı.....	184
Tablo EK D. 14	14 numaralı (65-2-75) için DTK termogramı.....	184
Tablo EK D. 15	15 numaralı (65-1-85) için DTK termogramı.....	184
Tablo EK D. 16	16 numaralı (65-3-85) için DTK termogramı.....	185
Tablo EK D. 17	17 numaralı (65-2-95) için DTK termogramı.....	185
Tablo EK D. 18	Maş fasulyesi unu için DTK termogramı	185
Tablo EK F. 1	Nem için diagnostikler	189
Tablo EK F. 2	Su absorpsiyon kapasitesi için diagnostikler	189
Tablo EK F. 3	Yağ absorpsiyon kapasitesi için diagnostikler	190
Tablo EK F. 4	Köpük kapasitesi için diagnostikler	190
Tablo EK F. 5	Köpük stabilitesi için diagnostikler	191

Tablo EK F. 6 Çözünür protein için diagnostikler.....	191
Tablo EK F. 7 Viskozite K kıvam katsayısı için diagnostikler	192
Tablo EK F. 8 Renk L değeri için diagnostikler	192
Tablo EK F. 9 Renk a değeri için diagnostikler	193
Tablo EK F. 10 Renk b değeri için diagnostikler	193
Tablo EK F. 11 Duyusal renk değeri için diagnostikler	194
Tablo EK F. 12 Duyusal lezzet değeri için diagnostikler	194
Tablo EK F. 13 Duyusal kıvam değeri için diagnostikler	195
Tablo EK F. 14 Toplam fenolik değeri için diagnostikler	195
Tablo EK F. 15 DPPH değeri için diagnostikler	196
Tablo EK F. 16 FRAP değeri için diagnostikler.....	196



TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında bana destek olan, bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren danışman hocam Sayın Dr. Öğretim Üyesi Nazlı SAVLAK'a, bilgi ve tecrübesi ile lisansüstü öğrenim hayatımın tüm zorlu aşamalarında her yönden yardımcı olan, tecrübeleri ile beni aydınlatan ve desteğini hiç eksik etmeyen, kendisini tanımaktan büyük onur duyduğum sevgili hocam Sayın Prof. Dr. Neriman BAĞDATLIOĞLU'na, ürünlerin ortaya çıkması sırasında ilgisi ve valsli kurutma cihazı konusunda her türlü imkanı ve desteği veren değerli Sayın Dr. Öğretim Üyesi Kemal KEMAHLIOĞLU'na, çalışmaya sağladığı mali destekten (MCBÜ BAP 2017–189) dolayı MCBÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne; çalışmalarım sırasında desteğini her zaman hissettiğim ve yardım aldığım değerli mühendis arkadaşlarım Seda Kırmacı ARABACI, Tuncay YILMAZ ve Zeynep Aksoylu ÖZBEK'e, öğrenim hayatım boyunca beni maddi ve manevi olarak destekleyen, bugüne kadar attığım her adımda bana varlığıyla güç veren ve hep yanımda olan sevgili annem Döndü TAŞKIN, babam Baki TAŞKIN ve ablam Filiz AKKAYA ve sevimli yeğenim Güz AKKAYA'ya ve ismini yazamadığım daha nice gönüllü destek meleşği arkadaş ve dostlarıma bu çalışma süresince bana gösterdiği sonsuz sabır ve özveri için yürekten teşekkür ederim.

Bilge TAŞKIN
Manisa, 2019

ÖZET

Doktora Tezi

Maş Fasulyesi Unu Kullanımının Glutensiz Hazır Tarhana Çorbası Üretimine Uygunluğunun Araştırılması

Bilge TAŞKIN

Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Nazlı SAVLAK

Çalışmada ilk kez çölyaklı bireyler için; pirinç ununun %50 oranında maş fasulyesi unu ile ikame edilerek fermente edilmesi ve ardından valsli kurutucuda kurutulmasıyla yeni, besleyici değeri yüksek, tüketime hazır instant glutensiz hazır tarhana çorbası üretilmiştir. Üretilen glutensiz çorba tozlarının fiziksel özellikleri (su ve yağ absorpsiyon kapasitesi, su absorpsiyon ve suda çözünürlük indeksi, köpük kapasitesi ve stabilitesi, mikroyapı görünümü-SEM, birefringence görünümü) ve kimyasal özellikleri (nem, kül, protein içeriği, çözünür protein miktarı, jelatinizasyon derecesi, toplam diyet lifi ve gluten içeriği, toplam fenolik madde miktarı, DPPH, FRAP antioksidan aktivitesi) belirlenmiştir. Çorba tozlarından elde edilen çorbalarda renk ve akış davranışı tayini ile duyu analizler gerçekleştirilmiştir. Bağımsız değişkenler olan besleme nemi (%45-65), vals hızı (1-3 devir) ve basıncın (75-95 psi) kalite ve fonksiyonel özellikleri üzerindeki etkisi yanıt yüzey yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Yöntemin istenebilirlik faktöründen yararlanarak valsli kurutmada belirlenen 4 adet yanıt için (su absorpsiyon ve suda çözünürlük indeksi, jelatinizasyon, genel kabul edilebilirlik) optimum işlem koşulları saptanmıştır.

Elde edilen çorba tozları ortalama %21.90 protein ve %3.44 toplam diyet lifi içeriğiyle çölyaklılar için iyi bir diyet alternatifi olabilir. Analiz edilen bağımlı sistem parametreleri ve ürün özellikleri genellikle en çok besleme nemi, daha sonra vals hızı ve en az da basınç değişkeninden etkilenmiştir. Valsli kurutma modifiye nişastalara, çok sayıda morfolojik ve dokusal özellik kazandırabilir. Bu çalışmada, valsli kurutucu kullanılarak elde edilen çorbaların tümünün Newton tipi olmayan pseödoplastik akış özelliklerine sahip olduğu görülmüştür. Üretilen prejelatinize çorba tozları instant özellik için aranan yüksek suda çözünürlük (%17.93-23.14) ve su absorpsiyon indeksine (3.20-4.20 gjel/g) sahip olmuştur. Ürünlerdeki ortalama %90.49 jelatinizasyon derecesi ile yeterli jelatinizasyonun sağlandığı görülmüştür. Bu durum granüler yapının dağılmış olduğu SEM görüntüleri, çift kırınım görüntünün kaybolduğu polarize ışık mikroskobu analizleri ve hiçbir endotermik pikin gözlenmediği DTK termogramları ile desteklenmiştir. Genel olarak besleme nemi arttıkça ve işlem koşulları sertleştikçe tozların ölçülen toplam fenolik miktarı (2.57-3.64 mg GAE/g) ve antioksidan aktiviteleri (DPPH; 6.28-9.96 µmolTE/g ve FRAP; 26.02-42.88 µmolFe(II)/g) artış göstermiştir.

Veriler orbaların genel kabul edilebilirlik değerlerinin incelenen diğer duyuşal kriterlerle ilişkiili olduğunu ve en çok da kıvamdan ($r=0.95$) etkilendiğini göstermektedir. Gerçekleştiren duyuşal analiz sonuçları (1-7 puanlık hedonik skalaya göre) toplamda ortalama 4.98 ± 0.63 puan ile maş fasulyesi ve pirinç unu kullanımının ve valsli kurutmada pişirme işleminin, incelenen duyuşal özelliklerin çoğunda kabul edilebilir çorba özelliklerini sağladığını göstermiştir.

Bu çalışmada elde edilen ve besin değeri yüksek olan hazır glutensiz maş fasulyeli çorba ürününün beslenme eksikliğini azaltmaya yardımcı olabileceği ve lyaklı bireyler tarafından günlük ve sosyal hayatta pratik olarak kullanılabilceği sonucuna varılabilir.

Anahtar Kelimeler: Çölyak, glutensiz, maş fasulyesi, tüketime hazır çorba, valsli kurutma

2019, 198 sayfa

ABSTRACT

PhD Thesis

Investigation of The Use of Mung Bean Flour in Gluten-Free Ready to Drink Tarhana Soup Production

Bilge TAŞKIN

**Manisa Celal Bayar University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Food Engineering**

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Nazlı SAVLAK

A new, at a high nutritional value, ready to drink instant and a gluten-free tarhana like soup was produced for the first time in this study for celiacs by replacing rice flour with 50% mung bean flour and following by drum drying after fermentation. In produced gluten-free soup powders; physical properties (water and oil absorption capacities, water absorption index and water solubility index, foam capacity and stability, micro structure screening by SEM, birefringence) and chemical properties (moisture, ash, crude protein content, soluble protein content, gelatinization degree, total dietary fiber and gluten contents, total phenolic content, DPPH and FRAP antioxidant activities) were investigated. Color, flow behavior determination and sensory analyzes were carried out in soups prepared by dried powders. The effect of independent variables; feeding moisture (45-65%), drum speed (1-3 round) and pressure (75-95 psi) on quality and functional properties were analyzed using the response surface method. Optimum processing conditions were determined for the selected 4 responses (water absorption and water solubility index, gelatinization degree, overall acceptability) in drum drying by utilizing method's desirability factor.

Obtained soup powders can be a good dietary alternative for celiacs with the average of 21.90% protein and 3.44% total dietary fiber contents. The analyzed system parameters and product properties were mostly influenced by primarily the feed moisture, then the drum speed and at a lesser extent the pressure variable. Drum drying can provide a wide range of morphological and textural properties to modified starches. In this study, it was seen that all of the soups obtained by using drum dryer had a non-Newtonian pseudo-plastic flow behaviour characteristics. The pregelatinized soup powders produced had high water solubility (17.93-23.14%) and water absorption indexes (3.20-4.20 gjel /g) which were required for an instant property. A sufficient gelatinization has been achieved due to the average gelatinization degree of 90.49%. This was supported by; SEM micrograph images in which the granular structure was dispersed, polarized light microscopy analyzes where

the birefringence was lost and the DSC thermograms where no endothermic peak was observed. In general, as the feed moisture increased and the process conditions hardened the total phenolic content of the powders (2.57-3.64 mg GAE / g) and antioxidant activities (DPPH; 6.28-9.96 $\mu\text{molTE/g}$ and FRAP; 26.02-42.88 $\mu\text{molFe (II)/g}$) of soup powders increased.

The sensorial data show that the overall acceptability values of the soups are related to the other sensory criteria examined and mostly affected by the consistency ($r = 0.95$). The results of the sensory analysis (according to the hedonic scale of 1-7 points) revealed that the use of mung bean&rice flour and drum dry cooking process yielded acceptable soup characteristics in most of the sensory properties examined with the average points of 4.98 ± 0.63 .

It may be concluded that; the obtained product of instant gluten-free mung bean soup which has higher nutrient value, can help to reduce nutritional deficiency and can be used practically in daily and social life by celiacs.

Keywords: celiac, gluten-free, mung bean, ready to drink soup, drum drying

2019, 198 pages

1. GİRİŞ

Çölyak hastalığı, genetik yatkınlığı olan bireylerde gluten içeren gıdaların vücuda alınması sonucu ince bağırsaklarda immun mekanizmayla oluşan bir emilim bozukluğu sendromudur. Çölyak hastaları tahıllarda bulunan gluten ve gluten benzeri proteinleri tolere edememekte, bu nedenle buğday, arpa, çavdar, yulaf ve bunları içeren gıdaları tüketememektedirler. Her yaş grubunda ortaya çıkabilen bu hastalığın tek ve en etkili tedavisi ömür boyu uygulanacak olan glutensiz bir diyetdir [1].

Çölyaklı bireyler için yaşam boyu glutensiz bir diyete bağlı kalmak zorlu bir adaptasyon süreci gerektirmekte, beslenmelerindeki ürün çeşitliliğini sınırlandırmakta ve yaşam kalitesini olumsuz etkilemektedir. Gün geçtikçe glutene duyarlı kişilerin sayısının artması ile alternatif glutensiz gıda ürünlerine olan talep de artmaktadır. Bu talebin karşılanmasında sunulabilecek gıdaların çeşitliliği kadar besinsel kalitesinin iyileştirilmesi de giderek önem kazanmaktadır. Ülkemizde çölyaklılar için beslenme alanı çok yetersizdir. Marketlerde glutensiz ürün çeşidinin az olması, mevcut olanların genellikle düşük besinsel içeriğe sahip olması ve Türk damak tadına uygun olmaması araştırmacıları bu alanda yeni çalışmalar yapmaya yöneltmektedir. Geleneksel tarhana çorbası ülkemizde çok fazla tercih edilmesine karşın gluten içeriği nedeniyle çölyaklılar tarafından tüketilememektedir. Proje kapsamında ilk kez; yüksek besin değerine ek olarak birçok fonksiyonel özellik gösteren ve ülkemizde kullanımı son birkaç yılda yaygınlaşan maş fasulyesi ile tüketime hazır bir glutensiz tarhana çorbası geliştirilmiştir. Böylece çölyaklı bireylerin diyetlerinin temel besin öğelerince desteklenerek zenginleştirilmesi ve tüketime hazır bir gıda alternatifi ile yaşam konforlarının artırılması hedeflenmiştir. Ayrıca ülkemizde henüz yaygın olarak bilinmeyen maş fasulyesinin önemine vurgu yaparak, bilimsel açıdan besinsel faydalarını ve gıda olarak alternatif tüketim olanaklarını ortaya koymanın ülke ekonomisi açısından faydalı olacağı düşünülmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Çölyak Hastalığı ve Beslenme

Çölyak hastalığı, genetik olarak yatkın bireylerde gluten içeren tahılların (buğday, arpa, çavdar ve yulaf) ve bunların işlendiği gıdaların tüketilmesiyle tetiklenen otoimmün mekanizmayla gelişen bir bağırsak rahatsızlığıdır. Hastalık genetik ve çevresel faktörlerin etkileşimi neticesinde oluşur. Vücuda glutenin alınmasıyla ince bağırsaklardaki doğal yapının bozulması sonucu ortaya çıkan malabsorpsiyon; yani emilim bozukluğu sendromu; başta vitaminler ve mineraller olmak üzere vücudun gereksinim duyduğu çeşitli besin maddelerinin yetersiz emilimine neden olmaktadır [2,3].

Çölyak dünya çapındaki bilinen en yaygın, genetik ve ömür boyu süren rahatsızlıklardan birisidir. Dünya nüfusunun ortalama %0.6-1'ini etkilemektedir[1]. Hastalığın görülme sıklığı tüm dünyada giderek artan bir eğri çizmektedir. Sıklığın özellikle son 20 yılda artış göstermesi beslenme alışkanlıklarında değişikliklere ek olarak, hastalık konusunda farkındalığın artışı, antikor tarama testlerinin kolayca uygulanması ile atipik/sessiz olguların da tanınması ile ilişkili olabilmektedir. Sağlık Bakanlığı'nın raporuna göre Türkiye'de hastalığın görülme sıklığı %0.3 ile %1.0 arasında değişmekte olup tanı almış çölyak hastası sayısı 25 bin ile 75 bin arasında değişmektedir. Hastaların sadece %10'ununa teşhis konulabildiğinden bu değer gerçekte 250 bin ile 750 bin arasında olduğu tahmin edilmektedir [4]. Ülkemizde çölyak hastalığı prevalansına yönelik veriler limitli olup geniş çaplı çalışmalar bulunmamaktadır. Yapılan bazı bölgesel çalışmalarda; çocuklarda %0.47 [5], erişkinler ve sağlıklı kan donörlerinde %0.39-1.6 [6,7] arasında saptandığı bildirilmiştir.

Bebeklikten ileri yaşlara kadar her dönemde görülebilen hastalığın en yaygın klinik belirtileri; bulantı, kusma, abdominal ağrı, karında şişlik, kilo kaybı, diyare, ağız ülseri, D, E ve K vitamini eksikliği, anemi ve halsizliktir. Kadınlarda erkeklerden daha fazla görülmektedir. Bebek ve çocuklarda daha çok gastrointestinal sisteme bağlı klasik çölyak tipi bulgulara rastlanırken, yetişkinlerde ekstraintestinal şikâyetlerle (boy kısalığı, deri hastalıkları, anemi, kısırlık, nörolojik bozukluklar vb.) atipik belirtiler daha sık görülmektedir. Klinik ve laboratuvar belirtileri tipik değilse hastalık gözden kaçabilmektedir [8,9]. Bu da günümüzde henüz tanı konulmamış çölyak

hastası sayısının tespit edilenden çok daha fazla olduğunu göstermektedir. Hastalık tanı almazsa veya diyetle uyum iyi olmazsa, kanser, osteoporoz, tiroid, kısırlık ve diğer otoimmün hastalıklar gibi önemli komplikasyonlar gelişebilmektedir [4].

Gluten proteini, çölyak hastalığının oluşmasındaki esas çevresel etkidir. Hastalık, glutenin alkolde çözünebilen prolamin fraksiyonunda bulunan özel aminoasit dizilimindeki peptid zincirlerine karşı gösterilen tepkiyle karakterize olmaktadır. Bu peptid zincirleri buğdayda gliadinde, çavdarda sekalinde, arpada hordeinde ve yulafta aveninde bulunmaktadır. Duyarlı bireylerde bu tahıllardaki prolaminler ince bağırsak yüzeyine hasar vererek önemli besin öğelerinin emilimini azaltmakta, böylece vücutta diğer birçok sistemi de etkileyen semptomlar başlamaktadır. Hastaların gıdalardaki glutene gösterdikleri hassasiyet değişkendir; kimi hastalar iz miktardaki gluteni tolere edemezken, bazıları daha büyük miktarlardaki gluteni tüketebilmektedirler [3,8]. Çölyak hastalığının kanıtlanmış tek tedavi yöntemi ömür boyu uygulanacak sıkı bir glutensiz diyettir. Beslenmede gluten alımının kesilmesiyle sendrom kendiliğinden ortadan kalkmakta, yeniden gluten alımı ile tekrarlamaktadır [2].

Günümüzde çölyak hastaları için özel beslenme amaçlı glutensiz gıdalar üretilmektedir. Bir gıdanın “glutensiz” olarak kabul edilebilmesi için ülkelerde farklı standartlar uygulanmaktadır. Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından kabul edilen kodeks standardına göre gluten içeriği; buğday, çavdar, arpa, yulaf veya bunların melezlerini içermeyen glutensiz gıdalarda 20 ppm'i aşmamalı; bu bileşenleri içeren ancak gluten içeriği düşürülmüş gıdalarda ise 100 ppm'i aşmamalıdır [10]. Ülkemizde Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği “Gluten İntoleransı Olan Bireylere Uygun Gıdalar Tebliği” (Tebliğ no:2012/4)'ne göre; gluten intoleransı olan bireyler için üretilen, melezleri de dahil olmak üzere buğday, arpa, yulaf veya çavdarın yerini tutan bileşeni içeren veya bunlardan oluşan gıdada, gluten miktarı 20 ppm'i aşmamalıdır. Gluten seviyesini düşürmek için özel olarak işlenmiş buğday, arpa, yulaf, çavdar veya bunların melezlerinden elde edilmiş bileşeni içeren veya bunlardan oluşan, gluten içeriği düşürülmüş gıdada ise gluten miktarı 100 ppm'i aşmamalıdır [11].

Dünyada çölyak hastası olduğu için glutensiz beslenmek zorunda olanların yanı sıra normal yaşantısında glutensiz bir diyeti tercih eden önemli bir kesim de

gelişmektedir. Pazardaki talep giderek arttıkça gluten içermeyen tahıl ürünleri ve üretimi üzerine araştırmalar da yoğunlaşmıştır [12]. Bilindiği üzere piyasada farklı kullanım ihtiyaçlarını karşılayan, değişik yapı ve zengin formülasyonlarda, besin içeriği yüksek olan glutensiz ürün çeşitliliği azdır. Çölyak hastaları için ömür boyu glutensiz bir diyete bağlı kalmak oldukça zor iken bir de tüketebilecekleri ürünlerin sınırlı olması bu süreci daha da zorlaştırmaktadır. Marketlerde sunulan glutensiz gıdalar genellikle rafine edilmiş glutensiz un veya nişasta gibi düşük besinsel içerikleri olan[3], zenginleştirilmemiş ve yapısı desteklenmemiş ürünlerdir.

Yukarıda bahsedilen nedenlerden dolayı glutensiz gıdaların sayı ve çeşitliliğinin artırılmasının yanı sıra besinsel kalitesinin iyileştirilmesi giderek önem teşkil etmekte, bu amaçla alternatif olarak baklagiller, glutensiz tahıllar, ve tahıl-benzeri (psödo-tahıl) ürünler (kinoa, amarant, karabuğday, mısır) kullanılabilir [13–16]. Tekno-fonksiyonel özellikler ve glutensiz ürünlerin besinsel profilini iyileştirme açısından oynayacakları potansiyel rol nedeniyle baklagil proteinlerinin tahıl ürünlerinde kullanımı glutensiz formülasyonlar için önerilmektedir [17]. Baklagiller; tahıl proteinlerinden yaklaşık iki kat fazla olmak üzere yüksek oranda protein ve lizin temel amino asidini içerirler. Tahıl taneleri için iyi bir tamamlayıcı diyet lif ve protein kaynağıdır, kolesterol seviyeleri çok düşüktür. Ayrıca A, B ve E grubu vitaminler ve özellikle potasyum, fosfor, kalsiyum, demir gibi mineraller bakımından oldukça zengindirler. Antioksidan aktivite açısından tanenler, izoflavonoidler, flavonoidler gibi fenolik bileşikler içermektedirler [18].

2.2. Maş Fasulyesi

Maş fasulyesi (*Vigna radiata L.*) (Şekil 2.1), yaygın olarak Asya, Afrika ve Amerika'da tüketilen, genellikle yeşil veya sarı renkli olan besleyici değeri yüksek baklagillerdendir [19]. Türkiye için yeni sayılan ve lokal olarak küçük alanlarda (özellikle Karaman ve Gaziantep) yetiştirilen maş fasulyesinin tarımı fazla yapılmamaktadır. Oysa özellikle mercimek ve nohut ekim alanlarında yetiştirilebilir ve ekonomiye gelir sağlayabilecek alternatif bir baklagil türü olabilir [20,21]. Bu açıdan zengin ekolojik çeşitlilikteki ülkemizde yaygınlaştırılmasının önemini vurgulamak gerekmektedir.



Şekil 2. 1 Maş fasulyesi tanesi

Değerli bir gıda maddesi olan maş fasulyesi önemli bir protein (%14.6-32.6), karbonhidrat (%53.3-67.1) ve enerji (338-347 kcal/100g KM) kaynağıdır. İçeriğinin kalan kısmını yağ(%0.71-1.85), diyet lifi (%3.80-6.15) ve kül (%0.17-5.87) oluşturur [22]. Alandaki birçok çalışmanın derlenmesiyle oluşturulan bileşen kompozisyonu Tablo 2.1’de verilmiştir. Maş türü; mercimek, nohut ve on çeşit fasulye ile yapılan bir çalışmada mercimekten sonra en yüksek protein içeriğini sergilemiştir [23]. Temel aminoasitlerce (lösin, lizin, izolösin, fenil alanin/tirozin, valin, arjinin, histidin) oldukça zengindir ve yüksek lizin içeriği (62.4 mg/g protein) ile tahılları dengelemede öne çıkmaktadır. Bunun yanı sıra metiyonince fakir olması ve düşük de olsa tripsin inhibitörü içermesi protein etki oranını düşüren faktörlerdir [24–26].

Tablo 2. 1 Maş fasulyesi makrobesin kompozisyonu [22].

Bileşen	Ortalama	Minimum	Maksimum
Nem (g/100g)	9.80	4.10	15.20
Ham protein (g/100gKM)	23.8	14.6	32.6
Ham lipid (g/100gKM)	1.22	0.71	1.85
Ham lif (g/100gKM)	4.57	3.8	6.15
Kül (g/100gKM)	3.51	0.17	5.87
Karbonhidrat (g/100gKM)	61.0	53.3	67.1
Enerji (kcal/100gKM)	344	338	347

Nişasta maş fasulyesi ununun kalite ve prosesinde etkili olan önemli bir ana bileşendir [27]. Maş fasulyesinin nişasta granülleri oval-yuvarlak yapıda 7-26 µm çapındadır. Amilozun nişastanın jelatinizasyon, termal işleme, kalite ve reoloji özellikleri üzerine belirleyici etkisi vardır [28,29] ve maş fasulyesi nişastasında amiloz oranı yüksektir [19,28,30]. Shi ve ark [25], 20 çeşit maş fasulyesinde bulunan toplam %40.6-48.9 aralığındaki nişastanın %12.5-35.4'lik miktarını amiloz fraksiyonunun oluşturduğunu bildirmiştir. Nişastadaki amiloz oranı diğer çalışmalarda %33.6 ve %45.3 raporlanmıştır [19,28]. Genel olarak maş fasulyesi pirinçten ve buğdaydan daha yüksek amiloz içeriğine sahiptir [31,32].

Diğer baklagillere oranla oldukça iyi sindirilebilirliği ve midede düşük gaz yapma avantajıyla maş fasulyesi bebekler, çocuklar, hastalar ve yaşlılar için katma değerli ürünlerin geliştirilmesinde kullanılabilir [33,34]. Mikrobeyinsel emilim eksikliği çölyaklılar dahil dünya nüfusunun yarısından fazlasını, özellikle de kadın ve çocukları etkilemektedir. Maş fasulyesi (demir ve kalsiyum başta olmak üzere) zengin mikrobeyinsel içeriğiyle bebek gıdalarına ve gelişmekte olan ülkelerdeki zayıf diyete özellikle anemi hastalığına karşı önemli ölçüde katkı sağlamaktadır. Yüksek miktarda demir, kalsiyum, potasyum ve fosfor mineralleri içermektedir [22,24,35]. Anwar ve ark. [33] danedeki demir, magnezyum, sodyum, potasyum, kalsiyum ve çinko miktarını sırasıyla; 105.8-190.9; 48.6-51.7; 382.6-562.7; 11.6-18.8; 359.2-482.9 ve 24.9- 47.2 mg/kg rapor etmiştir.

Maş fasulyesi tiamin (B1), riboflavin (B2), niasin, pantotenik asit, A vitamini karotenoidleri ve (filizlerinde yüksek, danede daha düşük oranda) C vitamini barındırır [22,24]. Düşük miktarda yağ içermesine karşın başlıca linoleik, palmitik ve oleik gibi gelişim ve büyümeyi destekleyici yağ asitlerine sahiptir [22]. Kanseri önleyici etki gösteren tokoferoller ile E vitamini de içermektedir [33,36,37].

Glutensiz ürünlerde buğday ununun yerini genellikle ticari nişastalar aldığı için besinsel lif içeriği düşüktür. Tipik bir çölyak diyeti, önerilen 25-35 g/gün besinsel lif alımını garanti etmediği için glutensiz ürünlerin besinsel lifler ile zenginleştirilmesi gerekmektedir [38]. Maş fasulyesi ortalama 4.6 g/100g KM diyet lifi içerir [22]. Bu değer çok yüksek olmamakla birlikte çölyaklılar için destekleyici niteliktedir [39].

Maş fasulyesi yapısında; anti-diyabetik, anti-oksidatif, anti-inflamatuar, kanser önleyici ve ACE inhibitörü aktivitesi gibi etkiler gösteren birçok biyoaktif bileşen barındırmaktadır [19,26,40,41]. Bu fasulyenin dane ve filizleri rutin, kumarik asit, rezveratrol, kateşin, kafeik asit, ferulik asit gibi doğal antioksidan olan fitokimyasallarca zengindir [25,42,43]. Baskın flavonoidleri vitexin ve isovitexindir [44]. Shi ve ark. [25] ortalama toplam flavonoid ve fenolik bileşen içeriğini 22.69 ve 2.21 mg/g; ortalama DPPH ve ABTS+ serbest radikal bağlama kapasitesini 31.77 ve 7.43 µmol/g olarak belirlemiştir. Luo ve ark. [45] danedeki antioksidan (DPPH ve FRAP), anti-inflamatuar, anti-diyabetik etkilerin büyük çoğunluğunun kabuk kısmından geldiğini rapor etmişlerdir. Lifin büyük bir kısmı yine kabukta bulunmaktadır. Bu açıdan fasulyenin kabuğu ile birlikte öğütülerek un haline getirilmesinin potansiyel faydaları vardır. Diğer baklagillere oranla maş fasulyesi daha az miktarda antibesinsel madde (fitik asit, tripsin inhibitörü, tanin vb) içerir. Ne var ki mikrobelerin (özellikle mineraller) vücutta emilimini engelleyen bu antibesinsel maddeler fermantasyon, pişirme, haşlama gibi çeşitli işlemlerle elimine edilebilmektedir. Diğer yandan, fitik asit ve polifenoller gibi bazılarının maş fasulyesine antioksidatif ve antikarsinojenik özellikler kattığı da bilinmektedir [24].

Baklagil unlarının gıda bileşeni olarak kullanım etkinliği bileşimi ve fonksiyonel özelliklerine bağlıdır. Maş fasulyesi yüksek nişasta ve protein içeriği nedeniyle iyi derecede şişme, su ve yağ absorblama, jelleşme gibi özellikler gösterir. Buğday, pirinç, maş fasulyesi ve patates ununun fonksiyonel niteliklerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada maş fasulyesi en yüksek köpük kapasitesi (%24.23) ve stabilitesi (%14.07), son jelleşme konsantrasyonu (18g/100 mL) ve jelatinizasyon sıcaklığı (62.36 °C) değerlerini vermiştir. Şişme kapasitesi (%19.80), su (%196) ve yağ (%160) absorpsiyonu kapasitelerinde patatesten sonra ikinci sırada yer almıştır [46]. Diğer baklagil unlarıyla karşılaştırıldığında iyi su ve yağ absorpsiyon, köpürme, emülsifikasyon aktivite ve stabilitesi ile nispeten düşük suda çözünürlük (amiloz içeriğine bağlı) özellikleri göstermiştir [23,47].

Maş fasulyesi çiğ, filizlendirilerek, pişirilerek ya da haşlanarak tüketildiği gibi, noodle, lapa, ekmek, kek, tatlı, çerez ve şekerleme gibi ürünlerin yapımında yaygın kullanılmaktadır. Yüksek protein (22–24%), lizin (5.85–8.24 g/100 g), nişasta (37–53%) içeriği ve sindirilebilirlik katsayısına (92.2%) sahip olmasının yanı sıra aynı

zamanda düşük yağ oranı (1.08%) ve gaz yapma (flatülans) (29–30 ml/h) özelliği maş fasulyesini proteince fakir tahıl ve pirinç bazlı gıdaların desteklenmesinde mükemmel bir tamamlayıcı ingredient yapmaktadır [31,48]. Glutensiz gıda üretiminde son ürüne bağlı olarak maş fasulyesinin gerek diğer unlarla kombine şekilde gerekse tek başına kullanımı tercih edilmektedir [24,46]. Pirinç unu gluten içermemesi, ham tadı, beyaz rengi, sindirilebilirliği, karşılaştırılabilir protein kalitesi ve düşük hipoalerjenik özelliğinden dolayı glutensiz ürünlerin üretiminde en çok kullanılan hammaddelerdendir. Maş fasulyesi unu protein, aminoasit ve lif içeriği bakımından pirinç unundan daha zengin olduğu için glutensiz gıda üretiminde de ideal bir tamamlayıcısı olacaktır [26,49].

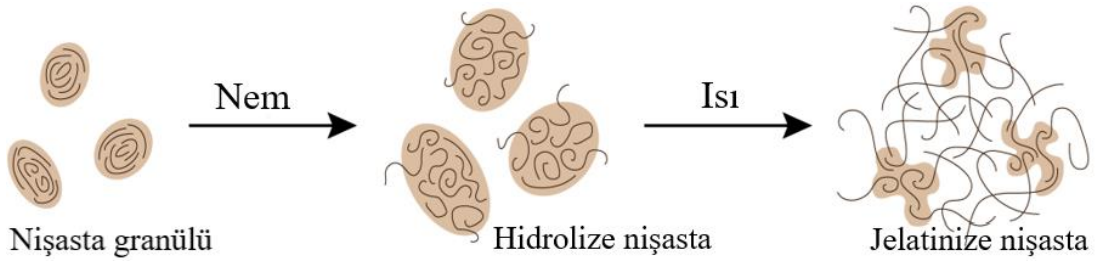
2.3. Tüketime Hazır/ İstant Gıdalar

Günümüzde yaşam dinamiklerinin değişmesi, çalışan nüfusun ve ev dışında geçirilen vaktin artması ile doğal, hazırlanması çabuk ve tüketime hazır gıda maddelerine olan ihtiyaç ve ilgi artmıştır. Tüketime hazır çabuk çorbalar evde, işte ve sosyal alanlarda sıklıkla tercih edilmektedir.

İstant gıdaların uluslararası kabul görmüş bir tanımı yoktur. “İstant gıda”, kullanıma hazır ya da hemen tüketilebilir formdaki gıdayı referans almaktadır. Bu kavram, hazırlama/pişirmede çabukluk ve kolaylık, yapıda iyi akışkanlık ve/veya çözünabilirlik gibi tüketicinin beklentisine uyum gösteren fonksiyonellikleri içerir. Kantitatif olarak hazırlanması ile tüketimi arasında 5 dakikadan uzun bir sürenin geçmemesi beklenir. Pirinç, mısır, buğday ve bunların nişastaları gibi tahıllar ile nişasta-proteince zengin bakliyatlar instant gıdaların geliştirilmesinde sıklıkla kullanılan hammaddelerdendir. Bebek mamaları, süt tozu, instant çorba karışımları, tatlı ve kahveler üretilen bazı instant gıdalardandır [50].

İstant tarhana tozunun üretilmesi, pişirme ve toz halinde kurutma aşamalarından oluşur [51]. Pirinç gibi tahılların ana bileşeni nişasta olduğundan, nişastanın proses sırasındaki fizikokimyasal özelliklerindeki değişim prejelatinize ürünün özelliklerini de belirleyecektir. Jelatinizasyon prosesi granül nişastanın kimyasal ve fiziksel yapısında önemli değişiklikler yaratır. Nişasta bazlı ürünlerde nişastanın jelatinizasyonu ürüne yüksek çözünürlük ve instant özellik sağlayan esansiyel faktörlerden biridir [52]. Nişasta granülleri suda çözünmezler ancak

yeterince su bulunan ortamda bekletildiklerinde, su molekülleri ile hidroksil grupları arasında hidrojen bağları oluşur ve suyu adsorbe ederek şişerler. Nişasta kuru ağırlığının %30'u kadar suyu yapısında tutabilir ve granülün şişmesi sonucu hacimde artış meydana gelir. Hacim değişimi ve suyun yapıya adsorbsiyonu geri dönüşümlüdür. Ancak belli bir sıcaklıktan sonra devam eden ısıtma, geri dönüşümsüz değişikliklere neden olur. Bu değişiklikler sonucunda nişasta granülünün düzenli kristalize yapısı bozulur ve polarize ışık mikroskopunda gözlenen malta haçı görüntüsü kaybolur. 'Jelatinizasyon' adı verilen bu olayda granülün 2 ana fraksiyonu etkin rol oynar; amiloz ve amilopektin. Amiloz daha lineer/düz yapıda, amilopektin ise dallanmış yapıdadır ve ikisi birlikte kristalin yapıyı oluştururlar. Tipik nişasta jelatinizasyonu Şekil 2.2'de şematize edilmiştir. Viskozitenin yükselmesi su alarak şişmeden kaynaklanır. Isıtmanın sürdürülmesiyle granül dışına sızarak çözünen nişasta parçaları (çoklukla amiloz) viskozitede artışa neden olur [53]. Granülün şişmesinde amilopektin destekleyici, amiloz ise engelleyici eğilimdedir. Ekstrüzyon gibi ısıl proseslerde amilopektin amilozdan daha fazla degrade olmaktadır. Diğer yandan amiloz amilopektinden daha aktif olup lipid, protein ve diğer mikro yapılarla bileşik oluşturabilmekte ve jelatinizasyon sıcaklığını artırabilmektedir. Amilozun iyot ile oluşturduğu mavi renkli kompleks jelatinizasyon derecesinin belirlenmesinde kullanılır. [53–55].



Şekil 2. 2 Tipik nişasta jelatinizasyonu

Hidrokolloidler instant gıdaların yapısında katkı maddesi olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Guar Gam; baklagil sınıfından *Cyamopsis tetragonolobus* bitkisinin çekirdeklerinin endosperm kısmından elde edilen bir hidrokolloid türüdür [56]. Hidrokolloidler protein ve nişasta ile etkileşime girerek özellikle işlenmiş gıda ürünlerinin hazırlanmasını kolaylaştırır. Su bağlama kapasitesi yüksek olduklarından

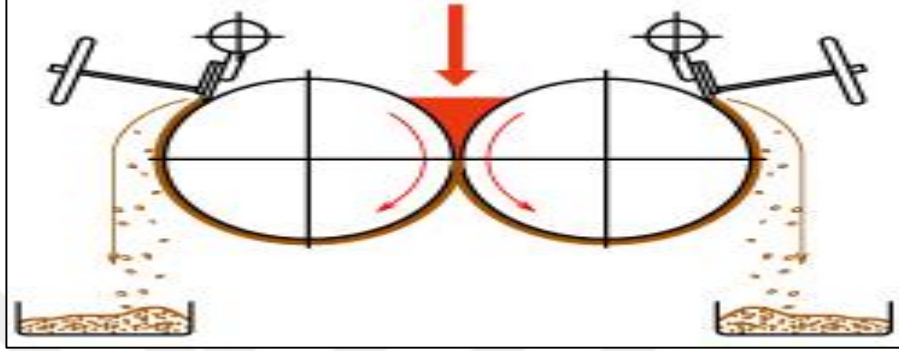
gıdalarda özellikle kıvam artırıcı olarak kullanılırlar. Viskozitenin artırılmasıyla gıda sistemlerinde, çökme, faz ayrılması, köpük yığılması ve kristalizasyon gibi istenmeyen oluşumlar kontrol altına alınmakta, böylece mevcut yapı korunmaktadır. Hidrokolloidlerin genellikle %2' den daha az oranlarda kullanılmaları ticari önemini daha da artırmaktadır [57]. Galaktomannan yapısındaki guar gam E412 koduyla anılmaktadır. Birçok sıvı-katı sistemlerde kıvam artırıcı, stabilize edici, emülsifiye edici, bağlayıcı ve buz kristallenmelerini önleyici etkileriyle kullanılmaktadır. Dondurma, sos, kek, meyve içeceği karışımlarında genelde %1'den düşük oranlarda kullanılmaktadır. Guar gam iyonik değildir, soğuk suda çözünebilmektedir ve tuzu tolere edebilmektedir. Çözünme ve viskozite gelişimi partikül boyutunun, pH'nın azalması ve sıcaklığın yükselmesi ile artmaktadır. Bu hidrokolloidin; nişasta, selüloz, agar, karragenan ve ksantan hidrokolloidleri ile etkileşime girerek jel kuvvetini artırıcı ve viskoziteyi artırıcı etkileri bulunmaktadır [56–58].

2.4. Valsli Kurutma İşlemi ve Glutensiz Hazır Tarhana Çorbası

Instant veya prejelatinize gıdaların üretiminde valsli kurutma, püskürtmeli kurutma, ekstrüzyon gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır [50]. Prejelatinizasyon nişasta/unun fizikokimyasal ve fonksiyonel özelliklerini geliştiren modifikasyon yöntemlerinden biridir. Prejelatinize unlar basitçe önceden pişirilmiş, özellikle soğuk suda hemen çözünen ve stabil süspansiyonlar oluşturan materyallerdir. Çeşitli gıdalarda bağlayıcı, kıvam verici, yağ yerine geçici, hamur hacmini geliştirici vb. olarak kullanılırlar [27,54].

Valsli kurutma meyve tozu/püresi, süt tozu, önpişmiş tahıllar, bebek maması ve toz çorba karışımları gibi instant gıda üretiminde; tahıl, baklagil ve diğer nişastalı gıdaların prejelatinizasyonda sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir [59–62]. Hızlı kurutma, yüksek verimlilik, düşük enerji gereksinimi, farklı ürün yapılarına uygunluk, temizlik-operasyonda kolaylık avantajlarına sahiptir [63]. İslam ve ark., [64] yüksek sıcaklığa maruz kalma süresi çok kısa olduğundan, valsli kurutmanın ısıya duyarlı gıdalar için uygun olduğunu önermiştir Bunun yanı sıra işlem parametreleri ve matris doğru seçilmezse özellikle yüksek sıcaklıklarda son ürün koyu renkli ve istenmeyen kokuda olabilmektedir.

Çift valsli kurutucu sistemlerde (Şekil 2.3) aralarında belli bir mesafe bırakılarak yerleştirilmiş iki vals birbirine doğru dönerken sıvı/ lapa halindeki gıda valsler arasındaki boşluğa üstten beslenir. Çoklukla buhar(veya ısı iletimi yüksek bir sıvı) ile içten ısıtılan valslerin yüzeyine dönüş esnasında ince bir tabaka halinde yayılan ürün yüzeyde kuruyarak flake ya da toz haline geldikten sonra valslerden kazınarak alınır.



Şekil 2. 3 Tipik çift valsli kurutucunun şematik görünümü

Sistemin performansı başlıca; besleme materyalinin yapısı (kuru madde konsantrasyonu, fiziksel karakteristikler), buhar basıncı, silindirlere dönme hızı, silindirlere arası mesafe ve havuzun seviyesine bağlıdır. Valsli kurutucuda genellikle kondüksiyonel ısı transferi mekanizması hakimdir. Kurutmanın nişastanın fizikokimyasal değişimleri üzerine etkisi 2 aşamada gerçekleşir; jelatinizasyon ve kurutma. Jelatinizasyon iki vals yarı küresinin üst kısımları arasında oluşan havuz boşluğunda meydana gelir. Kuruma ise materyal havuzu terk edip silindir yüzeyinde film oluşturduğunda gerçekleşir [65–67].

Valsli kurutma esnasında hammaddede jelatinizasyon, protein denatürasyonu, amiloz ve lipidler arası kompleks oluşumu, vitamin-pigmentlerin degradasyonu gibi çeşitli kimyasal ve yapısal dönüşümler oluşur. Bu değişiklikler son ürünün yapı ve kalite karakteristiklerini belirler. Kurutulan ürünlerin hammaddeye göre genellikle su absorblama kapasitesi artar, soğuk suda çözünürlük özelliği gelişir, nişasta granül yapısı bozulduğundan viskozitesi azalır [27,66,68]. Bu ürünler bahsedilen özellikleri ile instant formulasyonunda yaygınca kullanılmaktadır.

Valsli kurutma prosesinde ekstrüzyon pişirme ile karşılaştırıldığında su alarak şişme çözünmeden daha baskın bir fenomadır. Ekstrüzyonda kesme kuvveti molekül sarmalına hasar verip bütünlüğünü bozarak nişasta bileşenlerini tamamen dağıtır ve depolimerize nişasta parçacıkları birbirine karışmış halde sürekli matrikste tutunmuş olarak bulunur. Valsli kurutmada ise şişmiş olan granüllere yüksek bir kesme gerilimi uygulanmadığından daha çok sadece amilozun granül dışına sızarak çözünmesi söz konusudur [69,70]. Dolayısıyla son ürün yapısı bu açıdan farklılık gösterebilir.

Kullanılan matrisin (hammadenin) yapısı prosesi etkileyen bir diğer faktördür. Nişasta ve protein içeriği son ürün karakteristiklerini etkilemektedir. Köpüklenme özellikleri genellikle protein içeriği, çözünürlüğü ve pH'dan etkilenmektedir [71]. Yüksek amiloz içeriği ise su alarak şişme ve çözünme yeteneğini azaltmaktadır. Besleme nem içeriği de jelatinizasyon derecesi, su absorblama ve çözünürlük ile son viskozite üzerinde etkili olabilmektedir [54,55,67].

Geleneksel fermente gıdalarımızdan biri olan tarhana lezzetli, doyurucu ve besin değerinin yüksek olması nedeniyle ülkemizde en çok tüketilmekte olan çorbalardandır. Ayrıca diğer Asya ülkelerinde de tüketilmektedir. Tarhana; buğday ürünlerine yoğurt, maya, çeşitli sebze ve baharatlar katılıp karıştırılmasının ardından fermantasyona bırakılması sonucunda üretilen, kurutularak dayanıklılığı artırılan besleyici fermente bir gıda maddesidir. Fermantasyonundan laktik asit bakterileri ile mayalar (*S. cerevisiae*) sorumludur ve sindirimi kolaydır [72]. Tarhana kıymetli besinsel değere sahiptir, ortalama %15 protein içeriği ile yüksek proteinli bir gıdadır. Başta tiamin ve riboflavin B vitaminleri olmak üzere, mineraller (kalsiyum, demir, çinko, fosfor), organik asitler, serbest amino asitler için iyi bir kaynaktır [73]. Bu sebeple çocuklar, yetişkinler ve hastalar için iyi bir besin kaynağı olup hastane ve okullarda hazır formları tüketilmektedir [72]. Fermantasyon sonucu oluşan organik asitler, düşük nem içeriği (%6-10) ve pH (3.3-5.0) mikroorganizmalara karşı inhibe edici etki göstermektedir, dolayısıyla raf ömrü uzundur. Siyamoğlu [74] Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplanan 134 tarhana örneğinin ortalama besin maddeleri içeriğini; nem (%10.2), protein (%16.0), karbonhidrat (%60.9), yağ (%5.4), lif (%1.0), tuz (%3.8) ve kül (%6.2) olarak rapor etmiştir. Tamer ve ark. [75] yine ülkenin farklı bölgelerinden toplanan 21 tarhana örneğinin nem, kül, tuz, protein, yağ, asitlik derecesi ve indirgen şeker oranlarını sırasıyla %9.35-66.40; %1.36-9.40; %0.62-9.01; %6.77-

28.55; %0.48-15.78; 1.7-40.7 ve %0.22-1.85 aralığında bulgulamışlardır. Tarhananın fiziksel, kimyasal, fonksiyonel ve besinsel özellikleri çeşitli çalışmalarda ortaya konmuştur [51,72,75–78].

Besleyici değerinin ve fonksiyonelliğinin artırılması amacıyla tarhananın farklı materyallerle zenginleştirildiği çalışmalar mevcuttur. Bilgiçli ve ark. [79] tarhanaya buğday rüşeymi/kepeğini eklediği çalışmada pH, ham protein, mineral ve toplam fenolik içeriğinin arttığını; Değirmencioglu ve ark. [80] eklenen yulaf unun toplam fenolik içeriğini artırırken geleneksel kurutmaya alternatif olarak uygulanan mikrodalga ve fırında kurutma işlemlerinin fenolik bileşen ve antioksidan kapasite üzerinde daha iyi koruyucu etki yarattığını rapor etmiştir. Tarakçı ve ark. [81] karayemiş ilavesi ile tarhanada kurumadde, asitlik, köpüklenme kapasitesi, köpük stabilitesi ve su tutma kapasitesi değerlerinin azaldığını, toplam fenolik (1339 mg/kg), FRAP (8504 $\mu\text{mol/g}$) ve DPPH (%20.51) antioksidan gücünün arttığını, bütün örnekler için sıcaklık artışıyla beraber viskozitenin düştüğünü belirtmişlerdir. Koç ve ark. [82] soya yoğurtlu tarhanaların bazı fonksiyonel özelliklerini şöyle bulmuştur; köpürme kapasitesi 0.46-0.79 ml/ml, köpük stabilitesi 22.50-42.50 dak, su tutma kapasitesi 0.80-0.93 ml/g, yağ tutma kapasitesi 0.47-0.66 ml/g, emülsifiye etme aktivitesi %83.7-87.0 ve protein çözünürlüğü 3.24-4.99 mg/ml. Erkan ve ark. arpa unu ilavesiyle geleneksel tarhananın beta gluklan içeriğini artırmıştır [83]. Başka bir çalışmada tarhanaya %40'a kadar karabuğday ilavesi kül, protein, mineral içeriği temelinde tarhananın besinsel içeriğini artırmış, daha yüksek ilave oranları ise fermantasyon kaybı, renk, su ve yağ absorpsiyon kapasitesini negatif etkilediğinden optimum zenginleştirme oranı %40 olarak önerilmiştir [84].

Glutensiz gıda çeşitlerinin geliştirilmesi çölyak hastalarının beslenmesi ve ortak sosyal alanlarda rahat edebilmeleri için önemlidir. Bu amaçla formüle edilen glutensiz tarhanalar ise ağırlıkça pirinç, mısır unu, rafine edilmiş glutensiz unlar ve nişasta ile üretildiklerinden gerek besinsel içerikleri gerekse bazı kalite ve fonksiyonel özellikleri azalmaktadır. Bu problemi giderebilmek ve daha besleyici glutensiz ürünler geliştirmek için alternatif olarak bakliyat unları ve içerikte değerli unların kullanımı önerilmektedir.

Ülkemizde pirinç ve mısır unlarıyla geliştirilen ilk glutensiz tarhanalarda [14] protein içerikleri farkının (%9.5-17.3) kullanılan unlardan kaynaklandığı bildirilmiştir. Pirinç tarhanası en düşük protein içeriği (%9.5) ile en yüksek viskozite değerini sergilemiştir (775 cP). Fermantasyon sonrası laktik asit bakterilerinin hidrolizine bağlı olarak protein bandı yoğunluğu azalma göstermiştir. Duyusal olarak kabul edilebilir olarak tanımlanan tarhana çölyak hastalarının tüketimi için tavsiye edilmiştir.

Bilgiçli [15] buğday ununu kontrol olarak aldığı çalışmasında hazırladığı iki ayrı glutensiz formülasyonda sırasıyla karabuğday unu, pirinç unu ve mısır nişastasını 40:30:30 ve 60:20:20 oranlarında uygulamıştır. Karabuğday ununun %60 seviyesine çıkarıldığında tarhananın kül ve yağ içeriğinin arttığını fakat parlaklığın azaldığını, duyusal analizler sonucunda %40 karabuğday unu içeren tarhananın panelistlerce daha beğenildiğini bildirmiştir. Tarhanaya karabuğday ununun eklenmesiyle K, Mg ve P içerikleri önemli derecede artmıştır.

Çölyak hastaları için baklagillerden mercimek, nohut ve bezelye unlarının pirinç ununa %20 ve %40 oranlarında eklenmesiyle hazırlanan tarhana çalışmasında [16]; pirinç tarhanasına baklagil ilavesi ile örneklerin protein, tiamin, riboflavin, besinsel lif, antioksidan aktivitesi ve toplam fenolik madde miktarlarında artış sağlanmıştır. Duyusal analizler sonucunda baklagil unu ilaveli tarhana örneklerinin kabul edilebilir nitelikte olup en çok beğenilen baklagilin mercimek oranının ise %40 olduğu belirlenmiştir.

Buğday unu yerine kinoa unu-pirinç unu-patates nişastası kombinasyonunun kullanıldığı bir çalışmada [85] %60 kinoa unu ilavesi protein, besinsel lif, kül ve yağ içeriğini artırırken; duyusal olarak en çok beğenilen ilave oranı %50 olmuş, kinoa unu katkısı tarhana renginde değişime ve fermantasyon kaybında azalmaya neden olmuştur. İlave çalışmalarında Demir ve ark. [78] elde edilen tarhana örneklerinin Ostwald de Waele modele uyan ve shear thinning davranış sergileyen yapıda olduğunu ortaya koymuş ve kinoa ununun glutensiz tarhana yapımında reolojik özellikleri geliştirici bir katkı sağlayacağını ifade etmişlerdir.

Glutensiz tarhananın kalitesi üzerine hidrokolloidlerin etkisinin incelendiği bir çalışmada mısır unu (fırınlanmış ve fırınlanmamış) ve %0-1 arasında guar gam,

ksantan gam ve keçiboynuzu gamı kullanılarak tarhana etimi yapılmıştır. Fırınlanmış un kullanımı su tutma kapasitesini artırırken köpüklenme kapasitesini ve viskoziteyi azaltmıştır. Özellikle artan guar gam ve keçiboynuzu ilavesi kıvamı, su tutma ve köpüklenme kapasitelerini artırmıştır. Artan hidrokolloid oranında renk ve koku özellikleri olumsuz etkilenmiş, kıvam ve tat-aroma özellikleri gelişim göstermiş, hidrokolloidlerden bağımsız olarak 30°C'dan 60°C'a olan sıcaklık artışı ile de viskozitenin azaldığı görülmüştür [57].

ney [86] instant toz tarhana üretiminde; bayat ekmek ununa ilave olarak instant özellik için nişasta, guar gam ve lesitin kullanmış; elde edilen instant toz tarhana örneklerinin besinsel, reolojik ve duysal kriterler bakımından üstün özellikler gösterdiğini rapor etmiştir. Instant tarhanaya guar gum ilavesinin su ve yağı absorpsiyonunu modifiye nişastadan daha fazla artırdığı görülmüştür. Ayrıca partikül boyutu küçüldükçe (<140 μ) su absorpsiyonu ve viskozite artmış, yağı absorpsiyonu azalmıştır. Modifiye nişasta tarhananın parlaklık değerini artırmış, gam ve lesitin ise azaltmıştır. En yüksek viskozite modifiye nişasta+guar gum ilaveli örneklerde tespit edilmiştir.

Yurddaş [87], instant tarhana yapımında un yerine 50/50 oranında dğrck kullanarak asit hidrolizinin (0,6 N HCl), ısıl işlemin (50, 100, 150 ve 200 °C'da) ve lesitin (%0.5) ilavesinin etkilerini araştırmıştır. Instant etki olarak duysal ve znrlk özelliklerini incelemiş; 100°C' da kurutulmuş olan lesitin (%0.5) ve dğrck (50/50) katkılı tarhananın doğrudan instant çorba olarak kullanılabilceğini önermiştir.

Hazır orba ve tarhana orbası üretiminde kullanılan ekstrüzyon, püskürtmeli kurutma, konserveleme vb. proseslerin etkisi ile valsli kurutma koşullarının çeşitli ürünlerin yapısı üzerine etkisini inceleyen bazı çalışmalar aşağıda verilmiştir:

Hayta ve ark. [88] tünel kurutucuda kurutulan tarhanaların, dondurarak ve mikrodalga ile kurutmaya göre daha yüksek köpüklenme kapasitesine (0.65 ml/ml), dondurarak kurutulan tarhanaların ise en yüksek protein znrlğne (5.53 mg/mL) sahip olduğunu rapor etmiştir. Mikrodalga ile kurutmada ise en iyi renk, duysal özellikler ile su tutma kapasitesi (2.28 mL/g) sonuçlarına ulaşılmıştır. Endüstriyel

mikrodalga kurutma tekniği en yüksek köpük stabilitesi (6.17 dk) ve ancak en düşük köpüklenme kapasitesi değerlerini vermiştir.

İbanoğlu ve ark. [51] instant tarhana tozunda gerekli olan nişasta jealtinizasyonunu ekstrüzyon tekniği ile sağlamıştır. Araştırmacılara göre %43'lk besleme nemi jelatinizasyon için yeterli bulunmuş ve jelatinizasyon derecesi sıcaklık ile yükselmiştir. Uygulanan kovan sıcaklığı (60-120°C) en etkili parametre olmakla birlikte; yüksek sıcaklık ile vida hızı ve düşük besleme oranları jelatinizasyon derecesini artırmıştır.

İbanoğlu ve Ainsworth [89] fermantasyonu takiben otoklavlama prosesi (121°C) ile tüketime hazır tarhana konervesi üretiminde jelatinizasyon derecesinin devir hızı (6.6-7.9 rpm) ve otoklavlama süresi (3.2-3.8 dk) ile doğru orantılı olarak arttığını ancak %33-41.9 arasında değişen kuru madde oranından etkilenmediğini görmüşlerdir. Proseste *in vitro* sindirilebilirliğinin de korunduğunu rapor ederek otoklavlama ile tüketime hazır konserve tarhana üretilebileceğini önermişlerdir.

Yapılan bir çalışmada, tarhana orbası 0.5 M HCl seyreltik asitle hidrolize edildikten sonra, püskürtmeli kurutucuda kurutulularak instant çorba elde edilmiştir [90]. Elde edilen instant tarhananın su absorpsiyon indeksi kontrol tarhanaya göre düşük (sırasıyla 1.2 g/g KM, 4 g/g KM), suda çözünürlük indeksi yüksek (sırasıyla %70, %20) ve viskozitesi düşük (sırasıyla 100 cP, 800 cP) bulunmuştur. Bu fark tarhananın püskürtmeli kurutucuya asit hidrolizi ile seyreltilerek beslenmesiyle açıklanmıştır.

Maş fasulyesi ununun valsli kurutucu (%10 katı madde, 5 rpm hız, 0.05 mm vals aralığı, 100°C-140°C yüzey sıcaklığı) ve ekstrüzyon tekniği ile prejelatinizasyonunda Sirikong ve ark. [27] her iki işlem sonucunda su absorblama ve suda çözünürlük indekslerinin işlenmemiş undan daha yüksek, pik viskozitelerinin ise daha düşük olduğunu bildirmiştir. Bu da prejelatinize edilmiş unun jelatinizasyon sıcaklığlığının altında viskoziteyi artırma kabiliyeti olduğunu göstermektedir. Çalışmada prejelatinize unlardaki nişastanın çift kırınım yapısının kaybolduğunu ve jelatinizasyon entalpilerinin de düştüğünü gözlemlemişlerdir.

Soison ve ark. [91] tatlı patates unu üzerine ekstrüzyon ve valsli kurutucu (%10 katı solüsyonu, 0.87 rpm, 120-140°C) işlemlerini uygulamış ve yaptıkları karşılaştırmada ekstrüzyonun ürüne daha yüksek su absorblama, valsli kurutucunun ise daha yüksek suda çözünürlük özellikleri kazandırdığını ortaya koymuşlardır. Ayrıca valsli kurutmanın kurutulan unun antioksidan özelliklerini artırdığını raporlamışlardır.

Kalogianni ve ark. [67] çift valsli kurutucuda besleme konsantrasyonunun jelatinize mısır nişastası üretimi üzerine etkisini incelemişlerdir. Çalışmada, cihaz performansı üzerinde besleme konsantrasyonunun (7-10-13 g/100g) buhar basıncı (6-7-8 bar), dönüş hızı (4-5-6 rpm) ve havuz seviyesi(14-18-22 mm) değişkenlerine göre daha etkili olduğu saptanmıştır. Buhar basıncı arttıkça nişastanın nem içeriği düşmekte, valsdeki spesifik yük de azalmaktadır. Yüksek besleme konsantrasyonunda (13g/100g) ürünün nemi ve spesifik yükü (film kalınlığı) maksimum seviyede iken düşük konsantrasyonda (7g/100g) ürünün daha kolay kuruduğu ancak cihazdan daha küçük granüler yapıda çıktığı görülmüştür. Çalışmada vals dönüş hızı arttıkça valsden ürüne geçen ısının (ve sıcaklığın) azaldığı, son ürünün nem miktarının ve kütle akış hızının arttığı saptanmıştır.

Pua ve ark. [62] jack meyvesinin kurutulmasında uyguladıkları 3.5- 4.4 bar buhar basıncı ve 1-3 rpm dönüş hızı parametrelerinin ürünün tüm kalite ve genel kabul edilebilirliğini etkilediğini, son ürün nem içeriği ve su aktivitesinin vals sıcaklığı artışıyla (buhar basıncı artışıyla) azaldığını, optimum kurutma parametrelerinin 336 kPa ve 1.2 rpm olduğunu bildirmişlerdir.

İnstant yapıyı etkileyen fonksiyonel özellikleri inceleyen Majzoobi ve ark. [92], %10'luk (w/w) buğday nişastası çözeltisinin çift valsli kurutucuda, 5 rpm dönüş hızı, 5 bar basınç, 0.4 mm vals aralığı ve 158°C yüzey sıcaklığı koşullarında kurutulmasıyla elde ettikleri prejelatinize buğday nişastasında jelatinizasyona bağlı olarak su tutma ve suda çözünme yeteneğinin arttığını, beklendiği gibi viskozitenin azaldığını raporlamışlardır.

Nakorn ve ark. [54] farklı amiloz içeriğindeki %35 katı madde oranına ayarlanmış pirinç nişastalarını çift valsli kurutucuda 110-123°C'lık yüzey

sıcaklıklarında, 4 rpm vals dönme hızı ve 0.2 mm vals aralığında kurutarak jelatinize etmiştir. Elde edilen düşük (%1.4) - orta amiloz içerikli (%15) jelatinize nişastaların RVA soğuk viskozite; yüksek amiloz içerikli (%20.2) jelatinize nişastaların ise RVA sıcak viskozite gösterdiğini ve amiloz-lipid komplekslerini içerdiğini ortaya koymuştur. Yüksek amiloz içeriğindeki prejelatinize nişastalar daha düşük su tutma ve suda çözünme indeksleri göstermiştir. Araştırmacılar bu durumu düşük amiloz oranlarındaki jelatinizasyonda nişasta granüler yapısının daha fazla bozularak degrade olmasıyla açıklamışlardır. Düşük-orta amiloz içerikli nişastaların soğuk viskozite değerleri artan sıcaklıkla azalmıştır. Bu da nişasta granülünün sıcaklıkla daha fazla degrade olduğunu göstermektedir.

Düşük amiloz içerikli pirinç nişastasası ile yapılan valsli kurutma denemesinde yüksek besleme konsantrasyonu; jelatinizasyon derecesi, su absorblama yeteneği ve başlangıç pik viskozitesini düşürürken suda çözünürlüğü artırmıştır. Katı konsantrasyonu arttıkça valsler arasında gelişen kesme kuvvetinin artışına bağlı kısmi dekstrinizasyonun suda çözünürlüğü artırdığı belirtilmiştir. Proses süresinin uzaması jelatinizasyonu artırıcı etki yaratmıştır [93].

Diğer yandan valsli kurutma, bazı çalışmalarda materyalin antioksidan aktivite ve toplam fenolik içeriğini azaltırken [68] diğer çalışmalarda bu değerlerin korunmasını sağlamış [94], bazılarında ise artışa neden olmuştur [91].

Geleneksel tarhana üretimi otomasyon olmayan, düşük kapasite ve yoğun iş gücü gerektiren bir proses iken; ekstrüzyon prosesinin nispeten verimli enerji tüketimi, etkili proses kontrolü ve çok daha fazla üretim kapasitesi ile tarhana üretiminde avantaj sağladığı belirtilmektedir [95]. Benzer şekilde valsli kurutucunun üstün enerji tasarrufu ve pratik üretim kolaylığı düşünüldüğünde tarhana çorbası tozu üretiminde besinsel değerlerin korunmasının yanı sıra ekonomiklik ve fonksiyonellik açısından önemli yarar sağlayacağı düşünülmektedir.

Yukarıda sunulan literatür çalışmaları göstermiştir ki; antioksidan aktivitesi ve fonksiyonellik kapasitesi yüksek, protein ve mineralce zengin olan ve kullanıldığı ürüne tekstürel özellikler kazandıran maş fasulyesi unu ile yeni bir ürün üretimi çölyak hastalarının gıda seçeneklerini arttırmak için önemli olacaktır. Bunun yanı sıra çölyak

hastalarına ev dışında da sosyalleşmelerine katkıda bulunacak tüketime hazır gıda alternatifleri sunmak ayrı bir öneme sahiptir. Literatürde maş fasulyesi unu ile tüketime hazır tarhana çorbası üretimi konusunda herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Proje bu yönü ile hem çölyaklıların yaşamındaki hem de literatürdeki eksikliği karşılayacak özgün bir çalışma niteliğindedir.

2.5. Tezin Amacı ve Tezin Kapsamı

Bu tezin amacı; çölyak hastalarının beslenmesine ve sosyal alanlarda tüketebilmesine yönelik olarak; maş fasulyesi ve pirinç unu ile formüle edilip, valsli kurutucuda kurutulmuş pişirmeye gerek kalmadan tüketime hazır hale getirilen, besleyici içeriği yüksek, yeni bir glutensiz tarhana çorbası geliştirilmesidir. Ayrıca geliştirilen ürünün fizikokimyasal, tekstürel, duyu ve fonksiyonel özelliklerinin ortaya konmasıdır. Böylece ülkemiz glutensiz pazarına geleneksel tatları barındıran yüksek besin değerindeki alternatif bir ürün kazandırarak ekonomiye ve glutensiz ürünlere erişim konusundaki toplumsal sorunların çözümüne katkıda bulunmak hedeflenmiştir.

Bu tez kapsamında; pirinç ununun %50 maş fasulyesi unu ile ikame edilmesiyle 3 farklı besleme neminde(%45-55-65) hazırlanan tarhana hamurları fermentasyona tabi tutulduktan sonra valsli kurutucuda 3 farklı buhar basıncı(75-85-95 psi) ve vals dönüş hızında(1-2-3 devir) kurutulmuştur. Üretilen glutensiz çorba tozlarının fiziksel özellikleri (su ve yağ absorpsiyon kapasitesi, su absorpsiyon ve suda çözünürlük indeksi, köpük kapasitesi ve stabilitesi, mikroyapı görünümü-SEM, birefringence görünümü) ve kimyasal özellikleri (nem, kül, protein içeriği, çözünür protein miktarı, jelatinizasyon derecesi, toplam diyet lifi ve gluten içeriği, toplam fenolik madde miktarı, DPPH, FRAP antioksidan aktivitesi) belirlenmiştir. Tozlardan elde edilen tarhana benzeri çorbalarda renk, akış davranışı tayini ve duyu analiz gerçekleştirilmiştir. Bağımsız değişkenlerin kalite ve fonksiyonel özellikleri üzerindeki etkisi yanıt yüzey yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. İstenebilirlik faktöründen yararlanarak glutensiz çabuk çorbada belirlediğimiz 4 adet yanıt için (su absorpsiyon ve suda çözünürlük indeksi, jelatinizasyon derecesi, genel kabul edilebilirlik) optimum işlem koşulları saptanmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

3.1. Materyal

İzmir piyasasından satın alınan maş fasulyesi Özmenler Gıda/İzmir işletmesinde 90°C'da 10 dakika haşlanmış ve sanayi tipi kurutucu fırında 105°C/ 6 saat yaklaşık %6 KM'ye kurutulduktan sonra öğütülerek prejelatinize maş fasulyesi unu elde edilmiştir. Prejelatinize kırık beyaz pirinç Isparta'da yerleşik yerli bir firmadan temin edilmiş (Kurucum GIDA), Gıda Mühendisliği bölüm laboratuvarlarındaki KT 3303 (Perten, İsveç) öğütücüde öğütülerek kalın partikül haline ve bıçaklı öğütücüde (RETSCH GM 200, Almanya) 10000 rpm'de 5 dakika öğütülerek toz haline getirilmiştir. Elde edilen toz 355 mikron gözenek genişliğine sahip elekten elenerek (LOYKA ESM 200, Türkiye) elek altı tarhana üretiminde kullanılmıştır. Kullanılan diğer hammaddeler; süzme yoğurt, soğan tozu, domates tozu, paprika (tatlı) biber tozu, sofralık tuz, nane tozu, instant ekmek mayası ve guar gam İzmir piyasasındaki firmalardan temin edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Ön Denemeler

Öncelikle yapılan diğer literatür çalışmaları da göz önüne alınarak genel çorba formülü ve yapılış prosedürü belirlenmiştir. Glutensiz çorba bileşen formülü ve üretim prosedürü geliştirilirken literatürden yararlanılmıştır [15,51]. Çalışmada etkin bir pişirme ve kurutma sağlanırken aynı zamanda üründen beklenen suda çözünür toz özelliğinin kazandırılması amacıyla valsli kurutma ve pişirme tekniği kullanılmıştır. Ayrıca bu teknik glutensiz hazır tarhana çorbasının fermantasyon sonrasındaki üretim süresini çok daha kısaltmakta ve kolaylaştırmaktadır. Kısa süreli ısı işlem ile besin kayıplarının da az olması diğer bir tercih nedenidir.

İlk deneme formülasyonu; un (maş fasulyesi ve pirinç unu) (%57), süzme yoğurt (%28.5), tuz (%4), soğan tozu (%3.7), domates tozu (%3.3), paprika tozu (%1.7), maya (%1.2) ve nane (%0.6)'den oluşmaktadır.

Yapılan literatür çalışmalarına dayanılarak ilk proses denemelerinde değişken parametreler olarak % maş fasulyesi unu (toplam un kütlesi bazında), vals dönme hızı (devir) ve basınç (psi) alınmıştır. Glutensiz pirinç unu %25, %50, %75 ve %100

oranlarında maş fasulyesi unu ile ikame edilerek 75 psi basınç/2 devir hızda valsli kurutma denemesi yapılmıştır. Elde edilen tarhana tozlarında duyuşal ve yapı olarak en beğenilen maş fasulyesi unu/ pirinç unu oranı 50/50 (toplam un kütlesi içinde maş fasulyesi unu oranı %50) olarak belirlenmiştir. Denemede 75 psi basınç ve 2 devir vals hızında kabul edilebilir nitelikte ürün elde edildiği görülmüştür.

Nişasta jelatinizasyonunda matriksin nem içeriği kritik bir parametredir [51]. Literatürde [55,65] valsli kurutucu prosesinde beslenen ürünün (%) nem içeriğinin son ürünün karakteristikleri üzerine önemli derecede etkili olduğu belirtilmiştir. Projede valsli kurutucu prosesinin optimizasyonu kullanılarak yeni bir ürün geliştirme yapıldığından; deneme deseni parametrelerinin ürün bileşimi yerine prosese ait değişkenler arasından seçilmesinin daha anlamlı olduğu düşünölmüştür. Dolayısıyla deneme deseni değişken parametresi olarak % maş fasulyesi unu oranı (toplam un kütlesi içerisindeki) yerine bir proses parametresi olan hamur % nem içeriğinin kullanılmasına karar verilmiştir. Tüm üretimlerde ön denemelerde en iyi duyuşal ve kıvam yanıtının alındığı maş fasulyesi unu/pirinç unu oranı 50/50 olarak sabit tutulmuştur. Böylece toplam un kütlesi bazında %50 maş fasulyesi unu içeren %45-75 arasındaki farklı nem içeriklerindeki hamurlarla 95 psi basınçta, 0.05 mm vals aralığında, 1,2,3 ve 4 vals devir hızlarında yeni denemeler yapılmıştır. Elde edilen çorba tozlarının duyuşal değerlendirme, renk, nem, pH, su absorblama, suda çözünürlük indeksi gibi önemli bazı kalite karakteristikleri analiz edilmiştir. Tüm veriler eşliğinde çalışılacak deneme deseni parametreleri; **besleme nemi %45-55-65, vals hızı 1 (0.6 rpm)- 2 (1.4 rpm)-3 (2.2 rpm) ve basınç 75-85-95 psi** olarak belirlenmiştir.

Ayrıca referans hazır çorba ürünleri ve literatür çalışmaları incelenmiş, duyuşal değerlendirmede kullanılacak instant çorba hazırlama/tüketim formülü 5 gr toz + 40 ml sıcak su (min. 70°C) olarak belirlenmiştir.

Üretilen glutensiz çorbalardaki faz ayrımı, doygunluk ve topak çözünürlüğü sorunlarına yönelik iyileştirme amacıyla ileri denemeler ve literatür taraması yapılmış [57,86], elde edilen bilgiler ışığında gam, nişasta, maltodekstin ve lesitin gibi yardımcı maddelerin kullanımı araştırılmıştır. Bu amaçla hamur karışımına farklı oranlarda guar gam (%0.3-3.0), patates nişastası (%5-12), lesitin (%0.1-3.0), maltodekstrin (final toz

ürüne) (%0.5-12) ve yağ tozu (%1-5) eklenmiş ve son ürünün yapısı değerlendirilmiştir. Çalışmamızda glutensiz çorba formülüne eklenmek üzere minimum miktarda yardımcı/katkı malzemesi kullanımı hedeflenmiştir. Minimum katkı maddesi miktarı ilavesi hedefi göz önüne alınarak; denenen yardımcı malzemeler arasında duyuusal kabul edilebilirlik, yapı, faz ayrımı ve çözünürlük üzerine optimum etki %2 guar gam hidrokolloidi ile elde edilmiştir. Dolayısıyla tüketime hazır çorba yapısının stabilitesini sağlama, yapıyı tutma, çözünürlüğü ve viskoziteyi geliştirici özellikleri nedeniyle guar gamı kullanımı tercih edilmiştir.



Şekil 3.1 Faz ayrımlı çorba (a), topaklanmış çorba (b), guar gam ilaveli çorba (c)

Yapılan son denemelerde çorba yapısını daha da iyileştirmek için prejelatinize maş fasulyesinin yanısıra prejelatinize pirinç unu kullanımının denemesine karar verilmiştir. Bunun için piyasadan alınan kırık pirinç ön haşlanıp (100 °C/15 dk) kurularak (90 °C/5 saat) jelatinize olması sağlanmış, öğütülüp un haline getirilerek elendikten sonra (355 mikron) denemelerde kullanılmıştır. Üretim ve denemeler normal pirinç unu ile karşılaştırmalı olarak yapılmıştır. Prejelatinize pirinç unlu ürünlerin daha pişmiş tatta ve kıvamda olduğu tespit edildiğinden üretimde normal pirinç unu yerine prejelatinize pirinç ununun kullanılması uygun bulunmuştur.

Böylece guar gam ve prejelatinize pirinç unu çorba formülasyonuna eklenerek tüketime hazır glutensiz çorba formülasyonu belirlenmiştir (Tablo 3.1).

Tablo 3.1 Tüketime hazır glutensiz tarhana çorbası formülasyonu

Bileşen	(%)Miktar
Maş fasulyesi unu	28.5
Pirinç unu	28.5
Süzme yoğurt	28.5
Tuz	4
Soğan tozu	2.7
Domates tozu	2.3
Guar gam	2.0
Paprika toz	1.7
İstant maya	1.1
Nane toz	0.7

3.2.2. Glutensiz Hazır Tarhana Çorbası Tozu Üretimi

3.2.2.1. Hamur Hazırlama ve Fermantasyon

İlk olarak tüm kuru malzemeler belirlenen miktarlarda tartılarak bir kapta karıştırılmıştır. Karışım endüstriyel tip yoğurucuya (Hobart A120, İngiltere) aktarılarak üzerine belirlenen miktarda süzme yoğurt ve su eklenmiş, yeni karışım 2. devirde 4 dakika otomatik karıştırılarak (yoğrularak) tarhana hamuru elde edilmiştir. Hamur 35°C'da pH 4.8 ±0.1 olana dek yaklaşık 48 saat süreyle fermantasyona bırakılmış, fermantasyon sonunda hamurlar valsli kurutucuda pişirilerek elde edilen flakeler toz haline getirilmiştir.

3.2.2.2. Valsli Kurutucuda Kurutma İşlemi

Valsli kurutma çalışmaları Ege Meslek Yüksekokulu Gıda Pilot Tesisi'nde bulunan pilot ölçekli çift valsli kurutucuda (VDS Engineering, A.B.D.) gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2a,b). Valsli kurutucuda valslerin boyu 23 cm ve çapı 26 cm'dir. Sistemin buhar basıncı 0-100 psi arasında, vals hızı ise 1-4 devir arasında ayarlanabilmektedir. Üretimde çalışılan parametreler şöyledir; buhar basıncı 75-95 psi aralığı ve vals hızı 1-3 devir (0.6-2.2 rpm) aralığı. Valsler arası mesafe (0.05 mm) sabit tutulmuştur. Valslerden çıkan ürünler flake/yaprak halinde (Şekil 3.2c) olup bıçaklı öğütücüde öğütülerek (RETSCH GM 200, Almanya) toz haline (Şekil 3.2d) getirilmiştir. Tozlar

aşağıda belirtilen elek standardına göre elenerek spesifik partikül boyutuna getirilmiştir ve kilitli alüminyum ambalajlarda hava almayacak şekilde -18 °C'de muhafaza edilmiştir.

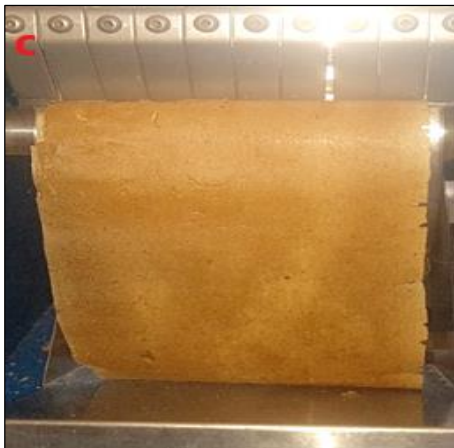
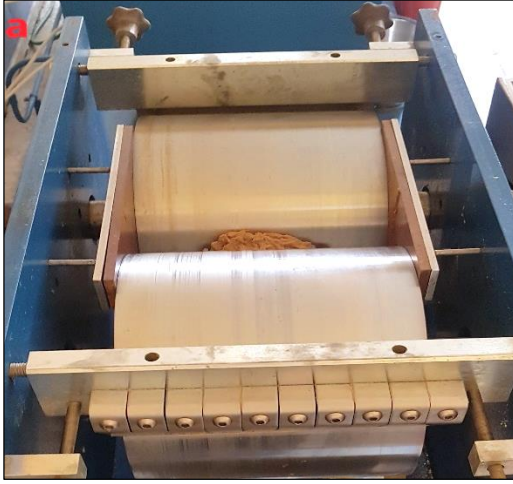
Elek Standardı;

355 mikron elek altı: min %95

212-355 mikron arası: %55 (±5)

212 mikron elek altı: %45 (±5)

Elde edilen çorba tozları ve çorbaların fotoğraf görüntüleri Madde 4.3.10'da verilmiştir.



Şekil 3.2 Valsli kurutucu (a),(b), flake halindeki ürün (c), toz ürün (d)

3.2.3. Deneme Deseni ve İstatistiksel Analizler

Bu çalışmada deney tasarımı Yanıt Yüzey Yöntemi (Response Surface Method) kullanılarak yapılmıştır. Modelin fit edilebilmesi için gerekli deneysel veriler ‘Box Behnken Dizayn’ deneme planı izlenerek elde edilmiştir. Regresyon ve varyans analizi (ANOVA), yanıt yüzey grafikleri ve optimizasyon Design Expert Version 7.0.0 (Stat-Ease, Inc., Minneapolis, A.B.D) paket programı deneme sürümü ile yapılmıştır. Kullanılan bağımsız değişkenler ve seviyeleri; besleme nemi (%45-55-65), vals hızı (0,6 – 1,4 – 2,2 rpm) ve buhar basıncı (75-85-95 psi) olup optimizasyonda yanıt olarak su absorpsiyon indeksi (SAİ g jel/g), suda çözünürlük indeksi (%SÇİ), jelatinizasyon derecesi (%JD) ve duysal olarak genel kabul edilebilirlik (GK) seçilmiştir. Her bir bağımsız değişken için kodlanmış seviyeler ve Box Behnken Dizayn deneme planı sırasıyla Tablo 3.2 ve Tablo 3.3’de verilmiştir. Varyans analizi (ANOVA) ile her bir faktörün lineer, kuadratik ve interaksiyon etkilerinin yanıt üzerindeki önemleri %95’lik güven aralığında ($p < 0.05$) belirlenmiştir. Modelin uygunluğu F ve p değerleri, lack of fit testi (model uyumsuzluğu), regresyon katsayısı (R^2), düzeltilmiş regresyon katsayısı ($Adj-R^2$), tahminlenmiş belirlilik katsayısı ($Pred-R^2$), varyasyon katyasısı (C.V.) ve tahminlenmiş kalıntı hata kareler toplamı (PRESS) gibi istatistik yaklaşımları kullanılarak test edilmiştir. ANOVA tablosu sonuçlarına göre regresyon modeli önemsiz çıkan ya da model uyumsuzluğu önemli çıkan ve aynı zamanda diğer test yaklaşımlarına uymayan yanıtlar değerlendirmeye alınmamıştır. Deneysel parametreler arasındaki çoklu karşılaştırmalar ve korelasyonlar SPSS 22.0 (IBM SPSS Statistics V22.00) programındaki Post Hoc Tests/Duncan testi ve Pearson korelasyon testi ile ($p < 0.05$ seviyesinde) tespit edilmiştir.

3.2.4. Optimizasyon

Optimizasyonda endüstriyel uygulamalarda da yaygın olarak kullanılan önemli tekniklerden biri olan Design Expert V.7.0.0 paket programındaki “desirability (istenebilirlik)” fonksiyonundan faydalanılmıştır. Bu yöntemde birden fazla yanıtın birlikte ve eş zamanlı optimize edilmesi mümkündür. Desirability fonksiyonu 0 ile 1 arasında değer alır ve değer 1’e yaklaşması arzu edilen (hedeflenen) yanıt değerlerine yaklaşıldığını belirtmektedir. İstant çorbanın tüketimden hemen önce sıcak su ile karıştığında kolayca çözünmesi, su alarak yeterli viskoziteye ulaşması ve kısa sürede pişmiş özellikte içime hazır olması için yüksek su absorpsiyonu, suda çözünürlük ve jelatinizasyon derecesine sahip olması en önemli parametrelerdendir

[51,96,97]. Bu nedenle çalışmamızda iyi instanze özelliklerin elde edilebilmesi için optimum proses koşulları; su absorpsiyon indeksi (SAİ), suda çözünürlük indeksi (SÇİ), jelatinizasyon derecesi (JD) ve genel kabul edilebilirlik (GK) puanlarının maksimum değerleri hedef alınarak belirlenmiştir. Optimum noktanın belirlenmesinde regresyon analizi sonucunda elde edilen modeller kullanılarak çizilen izohips ve yanıt yüzey eğrilerinden yararlanılmış, istenebilirlik fonksiyonunun 1'e en yakın sonuç verdiği koşul optimum koşul olarak seçilmiştir (Tablo 4.14 ve Tablo 4.15).

Tablo 3.2 Box Behken dizayn bağımsız değişkenler ve seviyeleri

Değişken	Kod	Kodlanmış Seviyeler		
		-1	0	+1
Besleme nemi (%)	A	45	55	65
Vals hızı (devir)	B	1	2	3
Basınç (psi)	C	75	85	95

Tablo 3.3 Box Behken dizayn deneme planı (Gerçek ve kodlanmış seviyeler)

Deney No	Kodlanmış Seviye			Gerçek Seviye		
	A	B	C	Besleme Nemi(%)	Vals hızı (devir)	Basınç (psi)
1	-1	0	-1	45	2	75
2	-1	-1	0	45	1	85
3	-1	1	0	45	3	85
4	-1	0	1	45	2	95
5	0	-1	-1	55	1	75
6	0	1	-1	55	3	75
7	0	0	0	55	2	85
8	0	0	0	55	2	85
9	0	0	0	55	2	85
10	0	0	0	55	2	85
11	0	0	0	55	2	85
12	0	-1	1	55	1	95
13	0	1	1	55	3	95
14	1	0	-1	65	2	75
15	1	-1	0	65	1	85
16	1	1	0	65	3	85
17	1	0	1	65	2	95

3.2.5. Glutensiz Çorba Tozlarının Fiziksel Analizleri

3.2.5.1. Su Absorpsiyon indeksi (SAİ)

Su absorpsiyon ve suda çözünürlük indeksi Anderson'un [96] metoduna göre belirlenmiştir. Rutubet miktarı bilinen 2.5 g örnek, darası alınmış 50 mL'lik santrifüj

tüpüne tartılmış, üzerine 30 mL oda sıcaklığında su ilave edilerek 6 dakikalık aralıklarla toplamda 30 dk çalkalanmıştır. Süre sonunda 4000 rpm/20 dk santrifüjlenmiş ve elde edilen sıvı faz darası alınmış kurutma kaplarına süzümüştür. Tüpte kalan jel tüp ile birlikte tartılarak su absorpsiyon indeksi aşağıdaki formüle göre hesaplanmış, sonuçlar g jel/g kuru örnek cinsiden verilmiştir.

$$SAİ (gjel/gKM) = \frac{\text{tüpteki jel miktarı(g)}}{\text{kuru örnek ağırlığı (g)}} \quad (3.1)$$

3.2.5.2. Suda Çözünürlük İndeksi (SÇİ)

Su absorpsiyon indeksinde darası alınmış kurutma kaplarına süzülen sıvı faz 104°C' da sabit tartıma gelinceye dek kurutulmuş ve elde edilen kuru madde miktarı suda çözünürlük indeksinin hesaplanmasında kullanılmıştır. Sonuç (%) cinsinden verilmiştir (Anderson [96]).

$$SÇİ (\%) = \frac{\text{sıvı fazdaki çözünmüş madde miktarı(g)}}{\text{kuru örnek ağırlığı (g)}} * 100 \quad (3.2)$$

3.2.5.3. Su ve Yağ Absorpsiyon Kapasiteleri

Analizler Hayta ve ark. [88]'nin kullandığı yöntemeye göre yapılmıştır. Su absorpsiyonu için saf su, yağ absorpsiyonu için ayçiçek yağı kullanılmıştır. 5 g toz örneği ve 25 mL saf su veya ayçiçek yağı darası alınmış 50 mL'lik santrifüj tüpüne konularak karışım 60 dk boyunca 15 dk aralıklarla vorteksle çalkalandıktan sonra 4000 rpm/20 dk santrifüjlenmiştir. Santrifüjlenen tüpler sıvı kısımları boşaltılarak tartılmıştır. Sonuçlar 1 g örnek tarafından abrosorblanan gram su veya ay çiçek yağı miktarı olarak (mL/g) belirtilmiştir.

3.2.5.4. Köpük Kapasitesi ve Stabilesi

Hayta ve ark.[88]'nin yöntemi kullanılmıştır. 10 g toz örnek 50 mL distile suyla karıştırılıp 20 dk çalkalandıktan sonra çözelti 4000 rpm/20 dk (20°C) santrifüjlenmiştir. Üst faz filtre kağıdından süzülüp Waring blendera (Torrington, CT, ABD) aktarılarak yüksek hızda 1 dk karıştırılmıştır. Süre sonunda yavaşça ölçü silindirine aktarılan örneklerde 10 sn sonra oluşan köpük seviyesi kaydedilmiştir.

Köpük kapasitesi oluşan köpük hacminin çözelti hacmine oranı (mL/mL) olarak, köpük stabilitesi ise oluşan köpük hacminin yarısı kaybolana dek geçen zaman (dakika) olarak ifade edilmiştir.

3.2.5.5. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile Mikroyapı Görüntüsü

Mikroyapı görüntüleri Katip Çelebi Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı'nda bulunan taramalı elektron mikroskobu (SEM) (Carl Zeiss Sigma 300VP, Almanya) ile elde edilmiştir.



Şekil 3.3 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

3.2.5.6. Nişastanın Çift Kırınım (Birefringence) Görüntüsü

Nişasta granüllerinin çift kırınım görüntüsü Polarize ışık mikroskobu (Model BX 41TF, Olympus, Japonya) ile alınmıştır (Şekil 3.4). Ölçüm öncesinde 212 µm elekten elenenen toz örnekler üzerine gliserol/su (20mL:20mL) çözeltisi damlatılmış ve mikroskop lamı ile kaplanarak 20X-40X büyütme aralığında gözlem yapılmıştır.



Şekil 3.4 Polarize ışık mikroskobu

3.2.6. Glutensiz Çorbaların Fiziksel Analizleri

3.2.6.1. Renk

Çorbaların renk ölçümleri Konika Minolta CR5 Chromameter (Japonya) cihazı ile Hunter L (100:aydınlık, 0:koyuluk), a (a+:kırmızılık, a-:yeşillik), b (b+:sarılık, b-:mavilik) değerleri saptanarak yapılmıştır.

3.2.6.2. Viskozite

Çorbaların akış davranışları Brookfield viskozimetre cihazı (Model LV DV-1+; Brookfield, USA) ile 4 nolu spindle (S64) kullanılarak artan sıralamayla 7 ayrı hızda (5-10-20-30-50-60-100 rpm) ve 60°C’da ölçüm yapılarak belirlenmiştir. 60 g örnek ile 500 mL kaynar su (100°C) karıştırılarak elde edilen süspansiyonun son sıcaklığı viskozite cihazına entegre edilmiş su banyosunda 60°C’da sabit tutulmuştur. Ölçümler okuma değerleri sabitlendiğinde (yaklaşık 1 dk sonunda) kaydedilmiştir. Süspansiyonların akış davranış özelliklerini gösteren K ve n değerlerini tespit etmek için power-law modeli “ $\eta = K (\dot{\gamma})^n$ ” kullanılmıştır. Formülde η kayma gerilimini (Pa), $\dot{\gamma}$ kayma hızını (s^{-1}), K kıvam katsayısını (Pa.sⁿ) ve n akış davranış indeksini ifade etmektedir [97].

3.2.6.3. Duyusal Değerlendirme

Duyusal değerlendirmede çorbalar tüketim için uygun viskozite dikkate alınarak önceden belirlenen toz:su oranına göre hazırlanmıştır. Bunun için 5 g toz ürün üzerine 40 mL kaynamakta olan su ilave edilip karıştırılarak hazırlanan çorbalar üç

haneli rakamlarla rastgele kodlanmış olan şeffaf bardaklarda sabit sıcaklıkta (70°C) ve aynı anda panelistlere sunulmuştur. Duyusal değerlendirme Celal Bayar Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü akademisyen ve öğrencilerinden oluşan toplam 24 kişinin katılımıyla yapılmıştır. Panelistler ürünleri renk, lezzet, kıvam, ağız hissi ve genel kabul edilebilirlik özelliklerine göre tercihleri doğrultusunda 1-7 aralığındaki hedonik skalaya göre puanlayarak değerlendirmişlerdir [98]. Değerlendirme puan kriterleri 1=hiç beğenmedim, 2=beğenmedim, 3=biraz beğenmedim, 4= ne beğendim ne beğenmedim, 5=biraz beğendim, 6=beğendim ve 7=çok beğendim şeklindedir. Analiz ayrı oturumlar halinde 2 paralel olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.7. Glutensiz Çorba Tozlarının Kimyasal Analizleri

3.2.7.1. Rutubet miktarı

(%) Rutubet miktarı AOAC 1980 metoduna göre 130 °C' da etüvde (Memmert UNB400, Almanya) 1.5 saat kurutma yoluyla tayin edilmiştir [99].

3.2.7.2. Kül miktarı

Kül miktarı AACC Metodu 08-01'a göre belirlenmiştir. Sabit tartıma getirilmiş krozelere örneklerden 2'şer g tartılmış ve krozeler 900 ± 3°C' daki kül fırınına alınmıştır. Siyah leke içermeyinceye dek yaklaşık 4 saat yakıldıktan sonra desikatöre alınan krozelerin oda sıcaklığında sabit tartımları yapılmıştır. Kül miktarı % olarak aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [100].

$$\%Kül = \frac{(m2 - m1)}{m} * 100 * \frac{100}{100 - R} \quad (3.3)$$

(m: Tartılan örnek miktarı (g); m1: Krozenin darası (g); m2: Krozenin son kütlesi (g); R: Örneğin nem miktarıdır.)

3.2.7.3. pH Tayini

İbanoğlu ve ark. [101]'nın metodunda değişiklik yapılarak gerçekleştirilmiştir. 5 g toz örnek üzerine 100 mL distile su ilave edilmiş; karışım 3 dakika karıştırılıp 30 dk bekletildikten sonra süzölmüştür. Süzöntünün pH'sı dijital cihaz (WTW 13/120727 inolab pH 7110, Almanya) ile ölçülmüştür.

3.2.7.4. Toplam Diyet Lif Tayini

Toz çorba örneklerinin % toplam diyet lif içerikleri hizmet alımı ile AOAC Official Method 985.29'a göre belirlenmiştir.

3.2.7.5. Protein Miktarı

Protein miktarı AACC Metodu 46-12'ye göre Kjeldahl yöntemi ile tayin edilmiştir. Azotun proteine çevrilmesi için faktör pirin ununda 5.95, maş fasulyesi ve çorba tozlarında 6.25 olarak alınmıştır [100].

3.2.7.6. Çözünür Protein Miktarı

Çözünür protein içeriği (ÇP) Bradford [102] yöntemine göre tayin edilmiştir. *Bradford boya çözeltisi (Coomassie Brilliant Blue G-250) hazırlamak için;* 100 mg of Coomassie Brilliant Blue, 50 mL etanolde(%95) çözdürülüp, üzerine 100 mL fosforik asit H₃PO₄ (%85) eklenerek hacim deiyonize su ile 1 L'ye tamamlanmıştır. Çözelti filtre kağıdından süzülerek amber şişede depolanmıştır. *Protein standart grafiğini elde etmek için;* 10 mg Bovine Serum Albumin (BSA) 10 mL saf suda (tampon çözelti) çözündürülmüş ve 1mg/1mL'lik bu stok çözelti kullanıma kadar dolapta bekletilmiştir. Stok çözeltilerden artan konsantrasyonlarda 0-100 µg'a denk gelen 5 adet BSA ara standardı hazırlanmıştır (Tablo 3.4.). Her bir standarttan 50 µL alınarak üzerine 2500 µL boya çözeltisi eklenmiş, 5 dakika beklenip mikropilaka spektrofotometrede (Thermo Scientific Multiskan GO, Finlandiya) 595 nm'de absorbansı ölçülmüştür. Absorbansa karşılık konsantrasyon standart grafiği elde edilmiştir (Şekil 3.5).

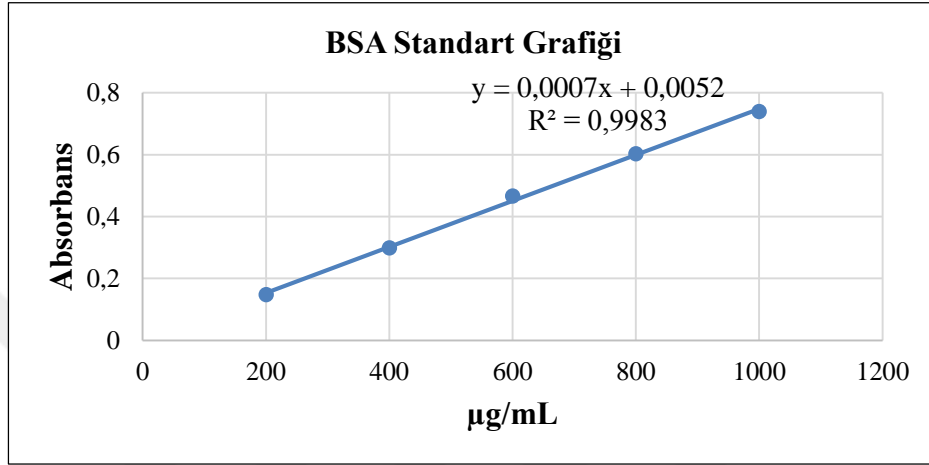
Tablo 3.4 BSA standart çözeltileri

Çözelti Hazırlama	Konsantrasyon (µg/mL)	Konsantrasyon (µg/0.1mL)
200 µL BSA çözeltisi+ 800 µL saf su	200	20
400 µL BSA çözeltisi+ 600 µL saf su	400	40
600 µL BSA çözeltisi+ 400 µL saf su	600	60
800 µL BSA çözeltisi+ 200 µL saf su	800	80
1000 µL BSA çözeltisi+ 0 µL saf su	1000	100

Örneklerin absorbans ölçümleri için; 2g tarhana 20 mL saf suda çözündürülmüş ve çözelti 30 dk oda sıcaklığında çalkalanıp 4000 rpm'de 20 dk santrifüjlenmiştir. Üst fazdan 50 µL örnek alınarak üzerine 2500 µL boya çözeltisi eklenmiş, 5 dk beklenip

595 nm’de absorbansı ölçülmüştür. Çözünür protein miktarı BSA protein standart grafiğinden (Şekil 3.5.) ve aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\text{ÇP(mg/mL)} = \frac{\text{Absorbans}}{\text{Standrt grafiğın eğimi}} * \text{seyreltme faktörü} \quad (3.4)$$



Şekil 3.5 BSA standart grafiği

3.2.7.7. Jelatinizasyon Derecesi (JD)

Örneklerin jelatinizasyon derecesi Birch ve Priestly [103]’nin amiloz-iyot kompleks oluşumu metoduyla tayin edilmiştir. 50 mL’lik santrifüj tüpüne 0.1 g örnek tartılarak üzerine 49 mL saf su ve 2 mL 10 M KOH ilave edilmiştir. 15 dk çalkalanmış ve 4000 rpm/10 dk santrifüjlenmiştir. Üst fazdan 1 mL alınıp üzerine 0.4 mL 0.5 M HCl ilave edilerek saf su ile 10 mL’ye tamamlanmıştır. Üzerine 0.1 mL iyot reaktifi (1 g iyot ve 4 g potasyum iyodür 100 mL suda çözündürülür) eklenerek mikropilaka spektrofotometrede 600 nm’de köre karşı absorbans değerleri okunmuştur (A_1). Her bir örnek için aynı işlemler 47.5 mL saf su ve 2.5 mL 10 M KOH ve 1 mL 0.5 M HCl kullanılarak tekrar gerçekleştirilmiş ve 600 nm’de köre karşı absorbans değerleri okunmuştur (A_2). Jelatinizasyon derecesi (JD) aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır.

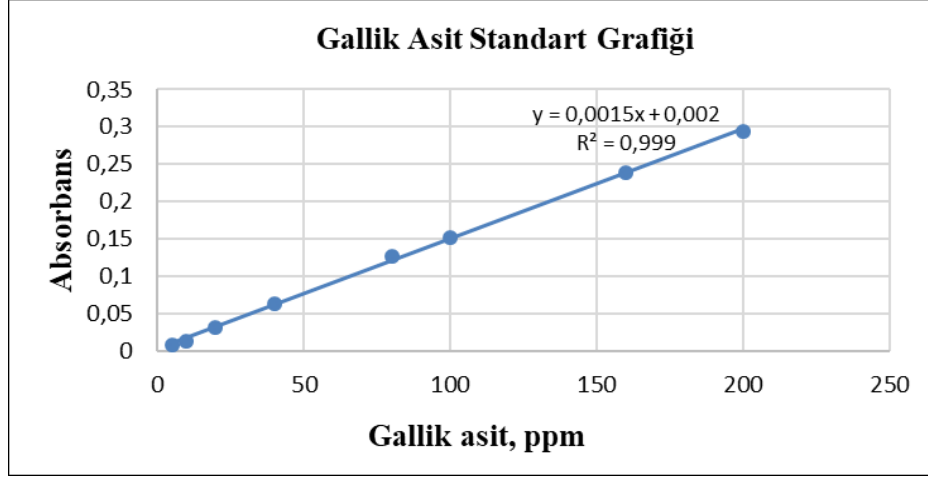
$$\text{Jelatinizasyon Derecesi (\%)} = A_1 / A_2 * 100 \quad (3.5)$$

3.2.7.8. Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivite Tayinleri için Ekstrakt Hazırlama

50 mL'lik santrifüj tüpüne öğütülmüş toz örnekten (<250 µ) 5 g alınmış, üzerine 25 mL metanol:su (1:1; v/v) eklenerek 15 dk çalkalamalı su banyosunda çalkalandıktan sonra 4°C'da 4000 rpm/20 dk santrifüjlenmiştir. Üst faz pipetle alınarak 100 mL'lik balon jöjeye aktarılmıştır. Kalan alt faz için aynı işlem 2 kez daha tekrarlanmıştır. Elde edilen tüm üst fazlar 100 mL'lik balon jöjede biriktirilmiş ve jöjedeki hacim metanol:su (1:1; v/v) ile 100 mL'ye tamamlanmıştır. Çözelti sırasıyla külsüz filtre kağıdından ve 0.45 µm PTFE filtreden geçirildikten sonra -86°C'da depolanmıştır [104].

3.2.7.9. Toplam Fenolik Madde Miktarı

Analiz, Li ve ark. [105]'nın kullandığı Folin–Ciocalteu metodu modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. 100 µL örnek ekstraktı cam test tüpüne alınıp üzerine 2.5 mL Folin-Ciocalteu fenol çözeltisi (%10; v/v) eklenmiş, 15 sn vortekslenip 5 dk karanlıkta bekletilmiştir. Süre sonunda 5 mL (%7.5'lik; w/v) Na₂CO₃ eklenmiş ve 60 dk karanlıkta bekletilmiştir. Mikroplaka spektrofotometrede (Thermo Scientific Multiskan GO, Finlandiya) 760 nm'de metanol körüne karşı absorbans değerleri okunmuştur. Farklı konsantrasyonlarda (5-200 ppm) gallik asit standart çözeltileri hazırlanarak aynı işlemler bu standartlar için de yapılmış, gallik asit kalibrasyon grafiği oluşturulmuştur (Şekil 3.6). Toplam fenolik madde miktarı, örneklerin okunan absorbans değerlerinin gallik asit standart eğri denkleminde yerine konulması ile hesaplanmış ve kuru madde bazında “mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/g toz çorba” cinsinden ifade edilmiştir.



Şekil 3.6 Gallik asit standardı kalibrasyon grafiği

3.2.7.10. DPPH (2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl) Serbest Radikali İndirgeme Aktivitesi Tayini

DPPH serbest radikali giderme aktivitesi Brand-Williams ve ark. [106] ile Thaipong ve ark. [107]'nin metodu modifiye edilerek belirlenmiştir. 0.0041 g DPPH, 100 mL'ye metanol ile tamamlanarak DPPH çözeltisi hazırlanmıştır. Kontrol çözeltisi 3.8 mL DPPH çözeltisine 200 µL metanol eklenerek hazırlanmıştır. Örnek inhibisyon grafiği için; 75-200 µL arasındaki örnek ekstraktları cam test tüplerine alınarak her biri metanolla 200 µL'ye tamamlanmıştır. Üzerilerine 3.8 mL'şer DPPH çözeltisi ilave edilip 15 sn vorteksledikten sonra tüpler karanlıkta 60 dk bekletilmiştir. Süre sonunda mikroplaka spektrofotometre ile 515 nm'de metanol körüne karşı absorbans ölçülmüştür. Troloks standart inhibisyon grafiği (Şekil 3.7) için; farklı konsantrasyonlarda (100-500 µM) hazırlanan troloks standartlarından 200'er µL alınıp üzerine 3.8 mL DPPH çözeltisi eklenerek 15 sn vortekslenmiştir. Tüpler karanlıkta 60 dk bekletilip mikroplaka spektrofotometre ile 515 nm'de metanol körüne karşı absorbans değerleri ölçülmüştür. İnhibisyon değerleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır;

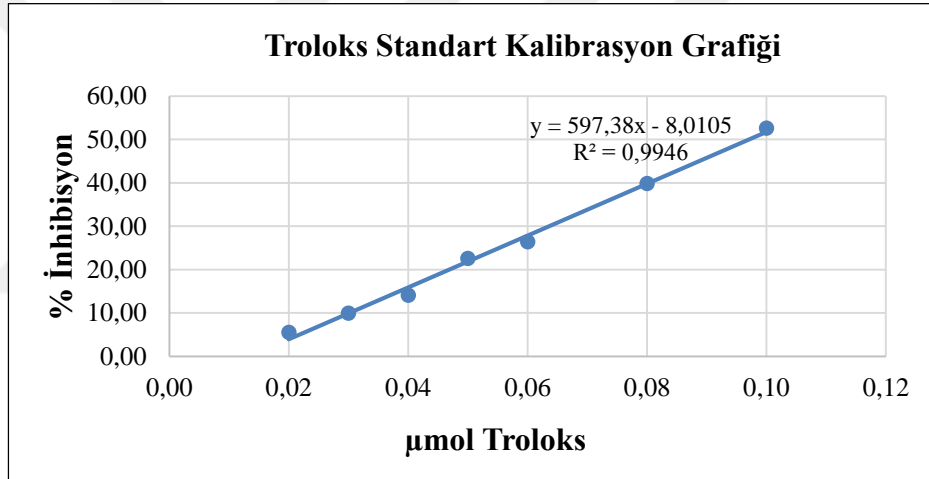
$$\% \text{ inhibisyon (örnek)} = (1 - \text{Absörnek}/\text{Abskontrol}) * 100 \quad (3.6)$$

$$\% \text{ inhibisyon (troloks)} = (1 - \text{Abstroloks}/\text{Abskontrol}) * 100 \quad (3.7)$$

(Absörnek=örneğin 515 nm'deki absorbans değeri, Abstroloks=troloksun 515 nm'deki absorbans değeri, Abskontrol=kontrolün 515 nm'deki absorbans değeri)

Ekstrakt içindeki örnek miktarına karşı örnek % inhibisyon değerleri ve Troloks standart çözeltileri içindeki troloks miktarına karşı troloks % inhibisyon değerleri ile 2 ayrı grafik çizilerek iki farklı lineer regresyon denklemi elde edilmiştir. DPPH radikali indirgeyici aktivite değeri aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuç troloks eşleniği cinsinden “ $\mu\text{mol TE/g örnek}$ ” olarak verilmiştir.

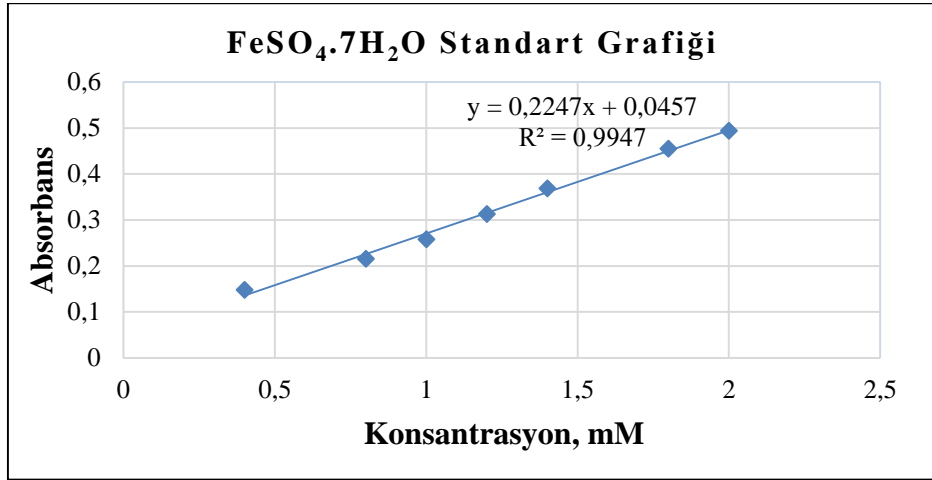
$$\text{DPPH } (\mu\text{mol TE/ g örnek}) = \frac{\text{Örnek regresyon denklemi eğimi}}{\text{Troloks regresyon denklemi eğimi}} \quad (3.8)$$



Şekil 3.7 Troloks standardı kalibrasyon grafiği

3.2.7.11. Demir İyonu-İndirgeyici/Antioksidan Güç (FRAP) Tayini

Demir indirgeyici antioksidan gücü Liu ve ark.[108] ve Wang ve ark. [109]'nın yöntemleri modifiye edilerek belirlenmiştir. 50 μL örnek ekstraktı üzerine 3 mL yeni hazırlanmış FRAP reaktifi eklenerek karışım 37°C'da 30 dk inkübasyona bırakılmıştır. Mikroplaka spektrofotmetrede 593 nm'de saf su körüne karşı absorbans okunmuştur. Aynı işlemler demir (II) sülfat heptahidrat ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) standart çözeltileri (0.4-2 mM) için de yapılarak standart kalibrasyon eğrisi çizilmiştir (Şekil 3.8). Sonuçlar ' $\mu\text{mol Fe(II)/g kuru madde}$ ' cinsinden ifade edilmiştir.



Şekil 3.8 FeSO₄.7 H₂O standardı kalibrasyon grafiği (FRAP)

3.2.7.12. Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DTK) ile Nişasta Jelatinizasyonu Analizi:

DTK ile nişasta jelatinizasyonu analizi TA DSC 250, TA Ins.,(USA) cihazı kullanılarak hizmet alımı şeklinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.9). 212 µm'lik elekten geçirilmiş 3 mg örnek DTK kaplarına tartılıp üzerine 3 katı distile su eklenmiş ve hermetik olarak kapatılmıştır. Örnekler +4°C'da 24 saat bekletildikten sonra 50 mL/dk azot akış hızında çalışan cihazda 10°C/dk ısıtma hızıyla 20°C'dan 120°C'a ısıtılmıştır. Boş alüminyum kap referans olarak alınmıştır. Oluşan DTK termogramından, nişasta jelatinizasyonu pikinin başlangıç (To), tepe (Tp) ve bitiş (Te) sıcaklıkları belirlenmiş, oluşan piklerin altındaki alandan jelatinizasyon entalpi değerleri (ΔH) hesaplanmıştır.



Şekil 3.9 DTK Cihazı, TA DSC 250, TA Ins.,(ABD)

3.2.7.13 Gluten Kalıntı Tayini

Analiz hizmet alımı olarak gerçekleştirilmiştir. Üretilen ürünlerin gluten kalıntısı içermediğini doğrulamak için rastgele seçilen tarhana örneklerinden numune alınarak gluten miktarı immunolojik ELISA yöntemine göre Sandviç tipi kit (Ridascreen Gliadin) kullanılarak ELISA okuyucusu analiz ünitesinde (ELx50 Microplate Strip Washer ve ELx800 Absorbance Microplate Reader) analiz ettirilmiştir.

3.2.7.14. Kullanılan Kimyasal Çözeltiler

KOH çözeltisi (10M): 56.11 g KOH (molekül ağırlığı 56.11 g/mol) balon jøjeye alınarak saf su ile 100 mL'ye tamamlanmıştır.

HCl çözeltisi (5M): %37'lik HCl çözeltisinden 41.4 mL alınarak saf su ile 100 mL'ye tamamlanmıştır.

Sodyum karbonat (%7.5 w/v): 7.5 g sodyum karbonat, 100 mL hacimli balon jöje içerisine tartılmış ve balon jöjenin hacim çizgisine kadar saf suyla seyreltilmiştir.

Gallik asit stok çözeltisi: 20 mg gallik asit, 100 mL'lik balon jøjeye tartılmış ve jöjenin hacim çizgisine kadar spektrofotometrik saflıktaki metanolle seyreltilmiştir. Konsantrasyonu 200 µg/mL (200 ppm) olan bu stok çözelti seyreltilerek farklı konsantrasyonlardaki ara standart çözeltiler elde edilmiştir.

Troloks stok çözeltisi: 50 mg Troloks, 100 mL'lik balon jøjeye tartılmış ve hacim spektrofotometrik saflıktaki metanolle tamamlanmıştır. Bu stok çözelti (2000 µM) seyreltilerek farklı konsantrasyonlardaki ara standart çözeltiler elde edilmiştir.

DPPH çözeltisi: 0.0041 g DPPH, 100 mL'lik balon jøjeye tartılmış ve hacim spektrofotometrik saflıktaki metanol ile tamamlanmıştır.

FRAP çözeltileri:

300 mM Asetat tamponu (pH 3.6): 1.55 g sodium asetat trihidrat 8 mL glasiyal asetik asit içinde çözündürülüp, son hacim 500 mL olacak şekilde distile su ile tamamlanmıştır. pH kontrol edilerek 3.6'ya ayarlanmıştır.

40 mM HCl çözeltisi: HCl (%37'lik)'den 3.31 mL alınarak, son hacim 100 mL olacak şekilde distile su ile tamamlanmıştır.

10 mM TPTZ çözeltisi: 0.062 g TPTZ, 20 mL HCl (40Mm) içinde 50 °C'lik su banyosunda çözündürülmüştür. Bu çözelti çalışma günü taze olarak hazırlanmıştır.

20 mM FeCl₃ çözeltisi: 0.0684 g susuz FeCl₃, son hacim 20 mL olacak şekilde distile su ile tamamlanmıştır. Bu çözelti çalışma günü taze olarak hazırlanmıştır.

FRAP reaktifi: 200 mL asetat tampon, 20 mL TPTZ çözeltisi, 20 mL FeCl₃ plastik şişe içinde karıştırılmıştır. Çözelti analiz günü taze olarak hazırlanmıştır.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Deneme planının ortalama sonuçları tablolar halinde sunulmuştur. Varyans analizi (ANOVA) ile her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişkenler üzerindeki lineer, kuadratik ve interaksiyon (2FI) etkilerinin önemleri %95 güven aralığında incelenmiş, ($p < 0.05$) olan etkiler önemli kabul edilmiştir. İstatistiksel yorumlamada, ANOVA tablosu sonuçlarına göre regresyon modeli önemsiz çıkan ya da model uyumsuzluğu önemli çıkan ve aynı zamanda diğer test yaklaşımlarına uymayan yanıtlar değerlendirmeye alınmamıştır. Regresyon modelinin uygunluğunun belirlenmesinde F ve ($p < 0.05$) değerlerine ek olarak regresyon katsayısı (R^2), düzeltilmiş regresyon katsayısı ($Adj-R^2$) ve tahminlenmiş belirlilik katsayısı ($Pred-R^2$) değerlendirilmektedir. Modele eklenen terimler istatistiksel olarak önemsiz de olsa (R^2) değerini artıracığından bu değerle birlikte düzeltilmiş regresyon katsayısının ($Adj-R^2$) kullanılması daha uygundur. R^2 ve $Adj-R^2$ değerlerinin birbirine yakın olması modelin istatistiksel olarak önemsiz terimler içermediğini gösterir [110]. Varyasyon katsayısı (C.V.) ortalama değerden sapma değerini ifade eder ve $< 10\%$ olması beklenir. Tahminlenmiş kalıntı hata kareler toplamı (PRESS) değerinin düşük ve Adequate Precision değerinin 4'den büyük olması modelin yanıtı tahminlemede başarılı olduğuna işaret eder. Regresyon ve varyans analizinde kabul edilen varsayımların (ortak varyans, kalıntı hatanın bağımsız ve normal dağılışa sahip olması) geçerliliğine dair her bir yanıtta ait diagnostik testler yapılmış, tahminlenen değere karşı hesaplanan değer ve %normal olasılık grafiğine karşı kalıntı grafikleri kontrol edilmiştir. Değerlendirmede; kalıntıların % normal olasılık grafiğinde düz bir çizgi etrafında toplanmış olması ve S şeklinde dağılım göstermemesi (**grafik türü a**), kalıntı-tahmin grafiğinde kalıntıların 0.0 çizgisi etrafında rastgele bir dağılım göstermesi (**grafik türü b**), kalıntıların-deneme sırasına karşı çizildiği grafikte kalıntılar arasında korelasyon olmayıp deneme sırasına göre rastgele saçılmaları (**grafik türü c**) ve tahminlenen-deneysel grafiğinde tahminlenen değerlerin deneysel veriler ile yaklaşık 45° açı oluşturacak nitelikte örtüşmesi (**grafik türü d**) modelin deneysel verilerle uyumluluğunu kanıtlamaktadır.

Modelin tahminlenmesinde kullanılan regresyon denklemi terimleri aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$Y = \beta_0 + \beta_A * A + \beta_B * B + \beta_C * C + \beta_{AA} * A^2 + \beta_{BB} * B^2 + \beta_{CC} * C^2 + \beta_{AB} * AB + \beta_{AC} * AC + \beta_{BC} * BC \quad (4.1)$$

β_0 regresyon sabiti; β_A , β_B , β_C lineer, β_{AA} , β_{BB} , β_{CC} quadratik; β_{AB} , β_{AC} , β_{BC} etkileşim katsayıları ve A, B, C bağımsız değişkenlerdir. Regresyon denklemindeki katsayılar her bir terimin bağımlı değişken üzerindeki etkisini ifade etmekte kullanılmaktadır.

Belirlenen 4 adet yanıtın optimizasyonu için RSM çalıştırılmış, ANOVA tablosuna göre modeli önemli ya da model uygunsuzluğu önemsiz olan yanıtlar optimizasyona dahil edilmemiştir. İstenebilirlik faktörü çalıştırılarak optimum koşul tespit edilmiştir. İşlem parametrelerinin optimizasyon yanıtları dışındaki diğer kalite ve fonksiyonellik karakteristikleri üzerine olan etkisi de RSM ile değerlendirilmiştir. Tez kapsamında tartışma kısmında sadece optimizasyon yanıtlarına ait en uygun model verileri ile ilgili detaylar ve diagnostik veriler verilmiş olup diğer karakteristiklerin varyans analiz sonuçları ve model istatistikleri EK tablolarında verilmiştir.

4.1. Glutensiz Çorbaların Üretiminde Kullanılan Maş Fasulyesi ve Pirinç Ununun Kimyasal Bileşimi

Glutensiz çorba üretiminde kullanılan unların nem, protein, yağ, diyet lifi ve kül bileşim analiz sonuçları Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1 Kullanılan unların bazı kimyasal bileşenleri

Materyal	%Nem	%Protein	%Yağ	%Diyet Lifi	%Kül
Maş fasulyesi unu	8.01 ±0.060	28.53 ±0.259	1.02±0.042	6.55 ±0.212	4.25 ±0.180
Pirinç unu	7.52 ±0.084	7.96 ±0.127	0.51±0.021	0.13±0.010	0.95 ±0.052

Sonuçlar standart sapmaları ile birlikte verilmiştir.

Maş fasulyesi ununun protein içeriği pirinç unununkinden yaklaşık 3 kat daha yüksek olarak saptanmıştır (%28.53). Literatürde protein içeriği maş fasulyesi unu için %14.6-32.6 [22] ve pirinç unu için %6.48-7.66 [16,93] arasında rapor edilmiş olup

sonuçlarımızla uyumludur. Maş fasulyesi %1.02 ve pirinç unu %0.51 ile düşük yağ içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Bhattacharya [48] da benzer olarak yağ oranını maş fasulyesi ununda %1.3, pirinç ununda %0.4 olarak raporlamıştır. Diyet lifi ince bağırsakta sindirim ve emilime dirençli olan, kalın bağırsakta kısmen fermentasyona uğrayan nişasta olmayan polisakkarit yapısında bir gıda bileşenidir [111]. Tansiyon, obezite, diyare, hemoroit, damar, bağışıklık ve bazı bağırsak hastalıkları üzerine olumlu etkileri olduğu belirtilmektedir [112]. Çoklukla maş fasulyesinin kabuğunda bulunduğu bildirilen toplam diyet lifi içeriği çalışmamızda %6.55 olarak tespit edilmiştir ve bu değer Tian ve ark.[113]'nın bulgusu (6.74g/100g) ile paraleldir. Diğer bir yayında [114] maş unu ve pirinç ununun en yüksek diyet lifi miktarları sırasıyla %12.8 ve %2.4 olarak vermiştir. Bitkisel besinlerin makrobesinsel içeriğindeki geniş aralık, bitkinin çeşidi, yetiştirme koşulları ve tespit yöntemindeki farklılıklara dayandığı bilinmektedir [22]. Hububat ve ürünlerinde kül, yakma işleminden sonra kalan mineral maddelerden oluşan kalıntıdır. Sırasıyla maş fasulyesinde %4.25, pirinç ununda %0.95 tespit edilen kül içeriği literatür verileriyle (sırasıyla %0.17-5.87 [22], %0.19-0.89 [115]) nispeten uyumludur.

4.2. Glutensiz Çorbaların Kimyasal Bileşimi

Box Behnken deneme desenine göre yapılan denemelerde elde edilen glutensiz çorbaların kimyasal bileşimi Tablo 4.2' de verilmiştir. Tarhana üretiminde standart bir metot yoktur ve literatürdeki tarhanaların kimyasal bileşimi kullanılan hammaddeler, oranları ve üretim şekline göre değişiklik göstermektedir.

4.2.1. Gluten Kalıntı Tayini

Üretilen çorba tozlarından rastgele seçilerek alınan örneklerde (deneme no 2 ve deneme no 8) yapılan analiz sonuçlarında, gluten kalıntı miktarı <5 ppm bulunmuş ve Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği “Gluten İntoleransı Olan Bireylere Uygun Gıdalar Tebliği” (Tebliğ no:2012/4)'ne göre 20 ppm ve altında gluten içeren ürünler ‘glutensiz’ kabul edildiğinden, çorba tozlarının ‘glutensiz’ olduğu belirlenmiştir [11].

Tablo 4.2 Glutensiz çorba tozlarının kimyasal bileşimi

Deney no	%Protein (KM)	%Diyet Lifi	%Kül (KM)	
1	45-2-75	20.69 ±0.213 ^e	3.55 ±0.028 ^d	7.03 ±0.069 ^{bc}
2	45-1-85	20.52 ±0.044 ^e	3.90 ±0.057 ^{ab}	7.04 ±0.129 ^{abc}
3	45-3-85	20.86 ±0.180 ^{de}	2.63 ±0.028 ^h	7.35 ±0.111 ^{ab}
4	45-2-95	20.55 ±0.084 ^e	2.73 ±0.042 ^{gh}	7.36 ±0.183 ^{ab}
5	55-1-75	22.03 ±0.346 ^{ab}	3.94 ±0.078 ^a	7.27 ±0.232 ^{abc}
6	55-3-75	22.62 ±0.325 ^a	3.20 ±0.042 ^f	7.14 ±0.133 ^{abc}
7	55-2-85	22.47 ±0.032 ^a	3.83 ±0.127 ^{bc}	7.36 ±0.248 ^{ab}
8	55-2-85	22.56 ±0.134 ^a	3.65 ±0.028 ^{cd}	7.4 ±0.135 ^{ab}
9	55-2-85	22.53 ±0.241 ^a	3.68 ±0.042 ^{cd}	7.38 ±0.224 ^{ab}
10	55-2-85	22.58 ±0.116 ^a	3.08 ±0.028 ^f	7.26 ±0.116 ^{abc}
11	55-2-85	22.39 ±0.345 ^a	3.71 ±0.085 ^c	7.35 ±0.249 ^{ab}
12	55-1-95	22.44 ±0.520 ^a	2.84 ±0.099 ^g	7.02 ±0.351 ^{bc}
13	55-3-95	22.58 ±0.327 ^a	3.33 ±0.113 ^e	7.30 ±0.164 ^{abc}
14	65-2-75	21.90 ±0.294 ^{cd}	3.67 ±0.071 ^{cd}	7.46 ±0.068 ^a
15	65-1-85	21.68 ±0.049 ^{bc}	3.16 ±0.071 ^f	6.90 ±0.416 ^c
16	65-3-85	22.35 ±0.038 ^a	3.85 ±0.085 ^{ab}	7.11 ±0.227 ^{abc}
17	65-2-95	21.52 ±0.211 ^{bc}	3.70 ±0.148 ^c	7.18 ±0.293 ^{abc}

Aynı sütun içerisinde farklı üstel harfe sahip değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$). Sonuçlar, standart sapmaları ile birlikte verilmiştir. (45,55,65: besleme nemi(%), 1,2,3: vals hızı(devir), 75,85,95: basınç(psi)).

4.2.2. Protein İçeriği

DeneySEL desene göre elde edilen çorba tozlarının protein miktarları Tablo 4.2’de verilmiştir. Denemelerde kuru madde esasındaki protein içerikleri ortalama %21.90 olup %20.52-22.62 arasında değişim göstermiştir. Duncan çoklu karşılaştırma testine ait Anova tablosu EK A.’da verilmiştir.

Tamer ve ark. [75] 21 farklı bölgeden toplanan tarhana örneklerinin protein içeriklerinin %6.77-28.55 gibi geniş bir aralıkta değiştiğini raporlamıştır. Işık [116], tarhanasında %21.37 olarak saptanan protein oranını eklediği yüksek protein içeriğindeki öğütülmüş domates çekirdeğiyle (%30.66); Bilgiçli ve ark. [79] %10.50’den %20.10’a yükselen protein içeriğini buğday unuyla yarı yarıya ikame edilen yüksek protein oranındaki (%26.50) ruşeym ile açıklamıştır. Özmen [16]’in baklagil unları ile ürettiği glutensiz tarhanalarda en düşük protein içeriği pirinç unu tarhanasında (%10.30), en yüksek içerik ise %40 mercimek unu ilaveli tarhanada (%15.39) saptanmıştır. Glutensiz tarhanalarda bu değeri Kitan [117] kinoa unu katkısında %15.68, mısır unu katkısında %6.86 olarak tespit etmiştir. Ekstrüzyon ile instant tarhana çorbası üretiminde %14.23-16.97 arasında değişen toplam protein

miktarı üzerine kullanılan un tipinin etkisi önemli ancak uygulanan sıcaklık ve vida hızının etkisi önemsiz bulunmuştur [118]. Görüldüğü gibi kullanılan hammadde ve miktarı çorbanın protein içeriği üzerine önemli bir etmendir. Bu çalışmada elde edilen ortalama protein oranı (%21.90) literatürdeki değerler ile uyumlu olmakla birlikte bir miktar yüksektir. Protein içeriği diğer bazı instant tarhanalarda maksimum %22.58 [86] ve %16.97 [118]; pirinç-fasulye karışımı [119], kabak [120] ve balık [121] unundan yapılan instant çorbalarda sırasıyla ortalama %13.9, %6.56 ve %9.5 olarak belirlenmiştir.

Çorba tozlarında kütlece ana bileşen olarak maş fasulyesi ve pirinç unundan kaynaklanan bitkisel proteinlerin yanı sıra süzme yoğurttan gelen hayvansal kaynaklı proteinler vardır. Maş fasulyesinde proteinlerin %85'i depo proteinlerinden oluşmaktadır; %60 globulin (tuzlu suda çözünen) ve %25 albumin (suda çözünen) [26]. Pirinçte ise alkalide çözünen glutelin fraksiyonu hakimdir [122]. Zengin protein içeriğindeki maş unu (%28.53) süzme yoğurt ile birlikte pirinç ununun düşük protein içeriğini (%6.86) dengeleyerek çorbanın toplam protein miktarını artırmaktadır.

4.2.3. Diyet Lifi İçeriği

Elde edilen çorba tozlarının diyet lifi içerikleri %2.63- 3.94 arasında değişim göstermiştir (Tablo 4.2). Duncan çoklu karşılaştırma testine ait Anova tablosu EK A.'da verilmiştir.

Çorba tozlarının diyet lifi, bileşimindeki bitkisel kaynaklı hammaddeler arasında başlıca en büyük orana sahip maş fasulyesi ve pirinçten gelmektedir. Bu konuda yapılan çalışmalara bakıldığında piyasadan toplanan 20 çeşit tarhananın diyet lif içeriği %3.56-16.49 arasında bulgulanmıştır [123]. Özmen [16] baklagil unları içeren glutensiz tarhanada diyet lif içeriğini en düşük pirinç unu tarhanasında (%3.46); en yüksek nohut ilaveli tarhanada (%6.78) tespit etmiştir. Tarhana yulaf ve maya ilavesinde %3.43-5.20 [124], keten tohumu eklendiğinde %8.66 [125], keçiboynuzu ile zenginleştirildiğinde %7.3-13.5 [126] ve salça üretim atığı ilavesinde %7.36-28.01 [116] diyet lifi içeriği sergilemiştir. Pirinç-fasulye karışımından elde edilen instant çorbada Carvalho ve ark. [119] bu değeri %8.70 olarak saptamıştır. Çorba tozlarındaki %3.44 ortalama diyet lifi tespiti bir miktar düşük olmakla birlikte literatürde belirtilen çalışma sonuçları aralığındadır. Kritchevsky ve Bonfield'e [39] göre %2-3 oranlarında

lif içeren gıda ürünleri iyi birer diyet lifi kaynağıdır. Bu bilgiye göre elde ettiğimiz tozlar diyet lifi bakımından tatmin edici görünse de çorba tozlarının sulandırılarak tüketildiği göz önüne alınmalıdır [96]. Maş fasulyesi diyet lifi bakımından pirinç unundan yaklaşık 3-4 kat daha zengindir [114,127] ve pirinç unu yerine ikame edilerek kullanılması, glutensiz çorba için önemli olan toplam diyet lifi içeriğini desteklemektedir.

4.2.4. Kül İçeriği

Örneklerin kül içerikleri ortalama %7.23 olup %7.03- 7.46 arasında değişim göstermiştir (Tablo 4.2). Duncan çoklu karşılaştırma testine ait Anova tablosu EK A.'da verilmiştir.

Özmen [16] nohut, mercimek ve bezelye gibi baklagil ilavesinin glutensiz pirinç tarhanasının kül oranını artırdığını, %40 nohut katkılı tarhananın %8.71 kül içerdiğini bildirmiştir. Diğer bazı araştırmacılar da baklagil (mercimek, soya) ilavesinin yüksek kül içeriğiyle tarhanaların kül miktarının yükselmesine neden olduğunu raporlamıştır [128,129]. Glutensiz kinoa katkılı tarhana çalışmasında kuru maddede kül miktarı kontrol grubunda %8.09, %100 kinoa içeren tarhanalarda %10.06 bulunmuştur [117]. Yalçın ve ark. [14] glutensiz pirinç ve mısır tarhanalarında kül miktarını %1.35 ve %0.87 olarak saptamıştır. Tamer ve ark. [75] 21 farklı tarhana örneğinde kül miktarını en düşük %1.6, en yüksek ise %9.40 (ortalama %4.56) olarak, Esimek [123] çalıştığı 20 çeşit tarhanada kül içeriğini %1.63 ile %17.10 arasında (ortalama %7.12) tespit etmişlerdir. Bulgulardaki farklılıklar kullanılan unlar ile kompozisyonların farklı olmasından ileri gelmektedir. Çalışmamızda da eklenen maş fasulyesi ununun (%4.25 kül içeriği) çorbanın toplam kül miktarında belirleyici etki yarattığı düşünülmektedir. Elde ettiğimiz çorba tozlarının kül oranları diğer çalışmalardaki verilerin önemli bir bölümü ile benzerlik arz etmektedir.

4.2.5. pH

Çorba örneklerine ait pH ve %Nem içerikleri Tablo 4.3’de verilmiştir.

Tablo 4.3 Glutensiz çorba tozlarının pH ve nem değerleri

Deney no		pH	%Nem
1	45-2-75	4.85 ±0.025 ^{cdefg}	6.94 ±0.077 ^b
2	45-1-85	4.83 ±0.015 ^{efgh}	6.19 ±0.008 ^f
3	45-3-85	4.82 ±0.025 ^{fgh}	7.20 ±0.010 ^a
4	45-2-95	4.84 ±0.061 ^{defgh}	6.24 ±0.009 ^f
5	55-1-75	4.93 ±0.023 ^{abcde}	6.68 ±0.115 ^d
6	55-3-75	5.03 ±0.043 ^a	6.82 ±0.061 ^c
7	55-2-85	4.96 ±0.066 ^{ab}	5.71 ±0.055 ^{gh}
8	55-2-85	4.91 ±0.062 ^{bcdef}	5.80 ±0.066 ^g
9	55-2-85	4.92 ±0.075 ^{bcdef}	5.67 ±0.050 ^h
10	55-2-85	4.95 ±0.11 ^{abcd}	5.83 ±0.113 ^g
11	55-2-85	4.99 ±0.101 ^{ab}	5.51 ±0.072 ⁱ
12	55-1-95	4.96 ±0.04 ^{abc}	5.59 ±0.126 ^{ih}
13	55-3-95	4.97 ±0.072 ^{ab}	6.39 ±0.026 ^e
14	65-2-75	4.78 ±0.038 ^{ghi}	4.59 ±0.038 ^k
15	65-1-85	4.71 ±0.069 ⁱ	3.91 ±0.044 ^l
16	65-3-85	4.74 ±0.026 ^{hi}	4.88 ±0.053 ^j
17	65-2-95	4.73 ±0.051 ^{hi}	3.95 ±0.042 ^l

Aynı sütun içerisinde farklı üstel harfe sahip değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$). Sonuçlar, standart sapmaları ile birlikte verilmiştir. (45,55,65: besleme nemi(%), 1,2,3: vals hızı (devir), 75,85,95:basinç(psi)).

Tablo 4.3’de görüldüğü üzere toz çorba örneklerinin pH değerleri 4.71-5.03 arasında değişmiştir. Duncan çoklu karşılaştırma testine ait Anova tablosu EK A.’da verilmiştir.

Tablo 4.3 incelendiğinde genel olarak aynı besleme nemindeki tozların pH değerlerinin istatistiksel olarak birbirinden farklı olmadığı görülmüştür ($p<0.05$). Ancak en yüksek pH değerinin gözlemlendiği %65 besleme nemindeki 6 nolu deneme her ne kadar kendi nem oranındaki örneklerle istatistiksel olarak benzer olsa da; %45 ve %55 besleme nemli tarhana tozlarının pH değerlerinden farklı ve yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Yine en düşük pH’nın gözlemlendiği %55 besleme nemindeki 15 nolu deneme de %45 ve %65 besleme nemli tarhana tozlarından yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Fermantasyon sırasında laktik asit bakterilerinin ve mayaların birlikte çalışması sonucu oluşan organik asitler ürüne özgü tat ve aroma kazandırır. Genellikle fermantasyon başında oluşan laktik asit miktarına bağlı olarak pH hızlıca düşmekte,

daha sonra mayaların da faaliyetleri sonucu dengeye gelmektedir [77]. Besleme neminin %65 iken pH'nın en düşük seviyelerinde olması, ortamdaki yüksek nem varlığında fermantasyon mikroorganizmalarının daha fazla faaliyet göstererek asitliği yükseltmesi ile açıklanabilir. Tarhana, fermantasyonun da katkısı ile tipik bir asidik tat ve lezzete sahiptir. Asitlik ve pH değeri tarhananın duyuşal özellikleri kadar saklama kalitesi bakımından da önemlidir. Çünkü düşük pH tarhanayı patojenik ve bozucu mikroorganizmalara karşı korumaktadır. Tarhana ve benzeri ürünler için tipik pH aralığının 4-5 olduğu belirtilmiştir [91]. Bazı araştırma sonuçları incelendiğinde çeşitli tarhanaların pH değerlerinin 3.51-5.10 aralığında değişim gösterdiği görülmüştür [79,81,101,130–132]. Tarhanaların pH değerlerindeki değişkenliğin nedeni fermantasyon süresinin ve hamur bileşenlerinin farklı olmasından kaynaklanabilmektedir. Bu çalışmada da ortalama pH değeri 4.88±0.053 olup literatür verileriyle uyum göstermektedir.

4.2.6. Nem içeriği

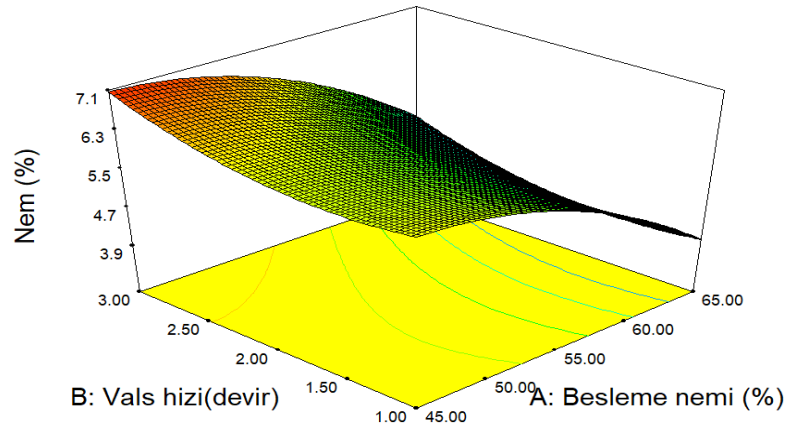
Valsli kurutucu prosesinde beslenen ürünün nem içeriğinin son ürünün karakteristiği üzerine etkisi önemlidir [55,65,67]. Jelatinizasyon mekanizması için yeterli asgari su miktarı yaklaşık %35 olduğu [89] ve bileşenlerin hamur oluşturma kabiliyetleri dikkate alınarak besleme hamurlarının nem içerikleri %45-55-65 aralığına ayarlanmıştır. Nem içeriği toz ürünlerin depolanması sırasında önemli bir faktördür. Tarhana %10 nem içeriğinin altına kurutulduğunda uzun süre bozulmadan saklanabilmektedir [73]. Literatürde, tarhana ve benzeri çorba tozlarının nem içerikleri hammadde ve kurutma yöntemlerine bağlı olarak geniş bir aralıkta (%5.9-12.1) değişmektedir [14,75,118,133]. Valsli kurutma sonucunda elde edilen çorba tozlarının nem miktarları ortalama %5.76'dır (Tablo 4.3). Nem içeriğinin regresyon analizi sonucunda elde edilen polinomial model denklemi (Adj R²=0.97) kodlanmış değişkenler cinsinden aşığıdaki gibidir. Varyans analizi ve model istatistikleri EK B'de verilmiştir. Duncan çoklu karşılaştırma testine ait Anova tablosu EK A.'da verilmiştir.

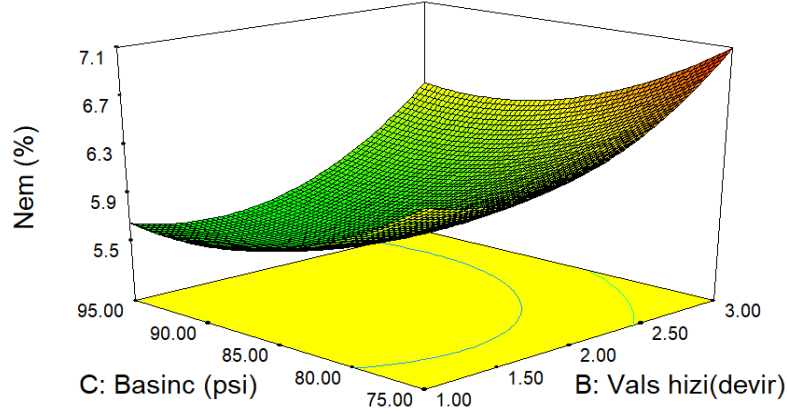
$$\%Nem = 5.70 - 1.16A + 0.37B - 0.36C - 0.55A^2 + 0.39B^2 + 0.28C^2 \quad (4.1)$$

Nem içeriği üzerine hamur besleme nemi (A), vals hızı (B) ve basıncın (C) lineer ve kuadratik etkileri önemli bulunmuştur (p<0.05). Nem üzerine en etkili

parametre valse beslenen hamur nemi olmuş ($r = -0.84$, $p < 0.01$), bunu sırasıyla vals hızı ve buhar basıncı takip etmiştir. Besleme neminin lineer ve kuadratik etkileri negatif, vals hızının pozitifdir. Buhar basıncı ise negatif lineer, pozitif kuadratik etki göstermiştir ($p < 0.05$). Tablo 4.3 Duncan çoklu karşılaştırma testine göre çorba tozlarının en düşük nem değerleri %65 maksimum besleme neminde gözlenirken (15 ve 16 nolu deneme), en yüksek nem değeri %45 minimum besleme neminde gözlenmiştir (3 nolu deneme) ($p < 0.05$). Şekil 4.1 üç boyutlu yanıt yüzey grafiklerinde görüldüğü gibi; besleme nem içeriği arttıkça elde edilen tozların nem içeriği azalmıştır. Kalogianni ve ark. [67] da çalışmasında benzer bir ilişki tanımlamış ve valsli kurutma performansı üzerine en etkili parametrenin besleme konsantrasyonu olduğunu raporlamıştır. Besleme konsantrasyonu arttığında kurutma esnasındaki ısı ve kütle akışı azalmakta, valsler arası havuzda evaporasyon hızı azalmakta, sabit devirde film kalınlığı artmakta ve sonuçta valslerden ayrılan ürün daha nemli çıkmaktadır [67]. Benzer fenomenle Supprung ve Noomhorm [93], Tonin ve ark. [134] ve Eser [135] artan besleme nem içeriğiyle daha kuru ürün elde etmişlerdir.

Tozların nem içeriği buhar basıncı arttıkça ve vals hızı azaldıkça ikinci dereceden artmıştır (Şekil 4.1). Valsli kurutmada buhar basıncının yükselmesiyle valslerin sıcaklığı artmakta, film kalınlığı ve valsler arası boşluk azalmakta, sonuç olarak ürün nem içeriği düşmektedir. Devir hızı arttıkça ise her ne kadar film kalınlığı azalsa da vals yüzey sıcaklığı ve ürünün valste kalma süresi azalmakta, dolayısıyla daha yüksek nemli ürün elde edilmektedir [65]. Bu tespit diğer birçok valsli kurutma çalışmasıyla [62,65,66,136] desteklenmiştir.





Şekil 4.1 Nem içeriği üzerine vals hızı, besleme nemi ve basıncın etkisi (2 devir vals hızı ve %55 besleme nemi sabitlerinde)

4.3 Glutensiz Çorba Tozlarının Kalite ve Fonksiyonel Özellikleri

Baklagil unlarının gıda bileşeni olarak etkinliği bileşimleri ve fonksiyonel özelliklerine bağlıdır. Glutensiz çorba tozlarının kalite ve fonksiyonel özelliklerine ait sonuçlar devam eden bölümlerde tablolar halinde sunulmuştur. Duncan çoklu karşılaştırma testlerine ait Anova tabloları EK A.'da mevcuttur.

4.3.1. Su Absorbsiyon Kapasitesi (SAK)

Fonksiyonel özellikler tüketici tarafından ürünlerin kabul edilebilirliği ve proses tasarımı açısından önemlidir. Su tutma kapasitesi gıdalardaki pH, nişasta ve protein bileşenleri, sıcaklık, tuz kompozisyonu gibi birçok faktörden etkilenmektedir. İzoelektrik pH noktasındaki proteinler minimum su bağlama kapasitesi sergilerken, %1'in altındaki tuz konsantrasyonu proteinlerin bu özelliğini artırmaktadır. Daha yüksek konsantrasyonlarda, tuz bağlı su ile etkileşime girdiğinden protein yapısı bozulabilir ve su tutma kapasitesi düşebilir [137]. Gıdanın nişasta içeriği düşük ve nişastanın amiloz: amilopektin oranı yüksek ise su bağlama yeteneği azalmaktadır. Proteinlerin yüksek sıcaklıklarda su tutma yetenekleri genellikle azalırken nişastanın su bağlama kabiliyeti ısıtma işlemi sırasında makromoleküller düzensizlik ve degradasyonuna bağlıdır [54,55,137,138].

Tablo 4.4 Box Behnken deneme desenine göre su absorpsiyon kapasitesi ve yağ absorpsiyon kapasitesine ait sonuçlar

Deney no	Su absorpsiyon kapasitesi (mL/g)	Yağ absorpsiyon kapasitesi (mL/g)	
1	45-2-75	2.52±0.032 ^a	0.40±0.065 ^f
2	45-1-85	2.39±0.061 ^a	0.50±0.108 ^{de}
3	45-3-85	2.51±0.171 ^a	0.46±0.031 ^{ef}
4	45-2-95	2.48±0.078 ^a	0.56±0.042 ^{cd}
5	55-1-75	2.93±0.036 ^{bcd}	0.56±0.053 ^{cd}
6	55-3-75	3.02±0.041 ^{cde}	0.39±0.026 ^f
7	55-2-85	3.05±0.106 ^{de}	0.52±0.071 ^{cde}
8	55-2-85	2.97±0.049 ^{bcd}	0.55±0.031 ^{cd}
9	55-2-85	3.02±0.050 ^{cde}	0.60±0.024 ^{bc}
10	55-2-85	2.99±0.154 ^{bcd}	0.59±0.026 ^{bcd}
11	55-2-85	2.97±0.020 ^{bcd}	0.56±0.054 ^{cd}
12	55-1-95	2.87±0.070 ^{bc}	0.57±0.060 ^{bcd}
13	55-3-95	2.85±0.102 ^b	0.56±0.039 ^{cd}
14	65-2-75	3.26±0.100 ^f	0.66±0.120 ^{ab}
15	65-1-85	3.17±0.112 ^{ef}	0.74±0.084 ^a
16	65-3-85	3.31±0.070 ^f	0.59±0.022 ^{bcd}
17	65-2-95	3.21±0.055 ^f	0.61±0.090 ^{bc}

Aynı sütun içerisinde farklı üstel harfe sahip değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$). Sonuçlar, standart sapmaları ile birlikte verilmiştir. (45,55,65: besleme nemi(%), 1,2,3: vals hızı (devir), 75,85,95: basınç(psi)).

Toz çorba örneklerinin su absorpsiyon kapasitesi (SAK) ortalama $2.91±0.077$ mL/g olup, 2.39 ve 3.31 mL/g arasında değişmektedir (Tablo 4.4). Varyans analizi ve model istatistikleri EK.B de belirtilmiştir. Elde edilen polinomial model denklemi ($Adj R^2=0.99$) kodlanmış değişkenler cinsinden aşağıdaki gibidir:

$$\text{Su absorpsiyon kapasitesi(SAK)}=+3.00+0.38A+0.041B-0.040C-0.10A^2-0.052B^2 \quad (4.2)$$

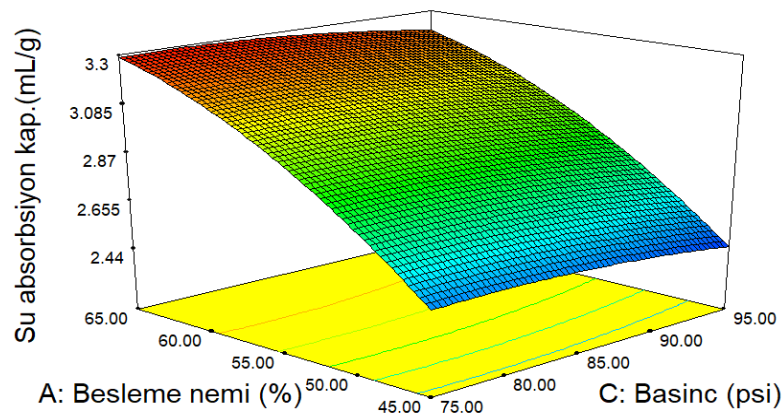
Su absorpsiyon kapasitesi üzerine hamur besleme neminin (A) lineer ve kuadratik, vals hızının (B) lineer ve kuadratik, basıncın (C) lineer etkileri önemli bulunmuştur ($p<0.05$). SAK üzerine en etkili olan ve korelasyon gösterdiği tek parametre besleme nemi olmuştur ($r=0.96$, $p<0.01$) (EK C). Besleme neminin lineer etkisi pozitif, kuadratik etkisi negatif, vals hızının lineer etkisi pozitif, basıncın ise negatif olmuştur.

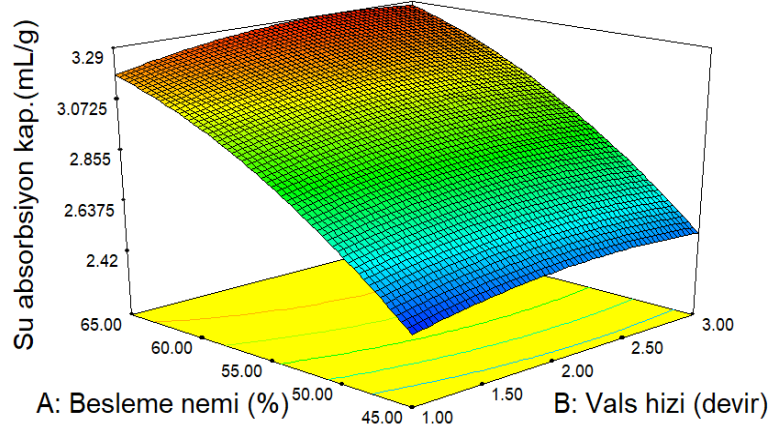
Su absorpsiyon kapasitesi gıdanın sulu ortamda su ile bağ kurma kabiliyetini ifade eder [139] ve nişastanın su bağlama yeteneği jelatinizasyon sırasındaki bozunma ve degradasyonunun bir göstergesidir. Baklagil ve tahıl unlarında uygulanan ısıl işleme SAK'nin kontrole göre arttığı çalışmalarla kanıtlanmıştır [71,140–142]. Bu çalışmada SAK ile elde edilen tozların nem değeri arasında önemli negatif korelasyon saptanmıştır ($r = -0.72$) ($p < 0.01$) (EK C). Yüksek besleme nemi ile beslenen hamurlar vals daha kuru tozlar olarak terk ettiklerinden [63] sonradan su eklendiklerinde daha fazla su absorblayabilirler [66].

Çalışmamızda artan besleme nemi su absorpsiyon kapasitesini artırmıştır. (Şekil 4.2). Besleme nemi arttığında ortamdaki bağlanacak su miktarıyla birlikte nişastanın hidrotermal değişimi ve su tutma özelliği de artmaktadır [143]. Benzer şekilde Takahashi ve Ojima [144] ve Fritze [143] valsli kurutmada beslemenin kuru madde konsantrasyonu arttığında su absorblama kapasitesinin azaldığını belirtmişlerdir. Diğer yandan Ghumman ve ark. [145] ekstrüzyon işleminde artan nem miktarının, horse gram ve mercimeğin su absorpsiyon kapasitesini düşürdüğünü tespit ederken Wadchararat ve ark. [29] ısı nem uygulamasıyla pirinç ununun su alarak şişme yeteneğininin azaldığını belirtmiştir.

Vals hızı arttıkça ürünün vals yüzeyinde kalma süresi azalmakta ve vals yüzeyinden ürüne olan ısı geçişi azalmaktadır [65]. Çalışmamızda vals hızı azaldıkça ve buhar basıncı arttıkça; sıcaklık artışıyla birlikte su absorpsiyon kapasitesi azalmıştır. Su absorpsiyon kapasindeki azalış, nişastanın su alarak şişme yeteneğini kaybetmesi, işlem sırasında meydana gelen yeni moleküller arası bağlar, hidrofobik uçların açığa çıkması, çözünmeyen protein kompleksleri ve nişastadaki aktif amilozun su bağlamak yerine oluşturabileceği amiloz-amiloz, amiloz-lipid kompleksleri gibi birçok fenoma ile açıklanabilmektedir [47,71,145]. Bencini [71], valsli kurutmada mercimek ve soya ununun SAK değerlerini 1.72 mL/g ve 2.77 mL/g saptamış, valsli kurutma öncesinde yapılan asit ve bazla hidroliz ve ön pişirme işlemlerinin bu değeri etkilemediğini belirtmiştir. Bansal [146] ve Ghumman ve ark. [145] bakliyat unlarının ekstrüzyonunda, çalışmamıza benzer şekilde, sıcaklık arttıkça su absorpsiyon kapasitesinde azalma rapor etmişlerdir. Valsli kurutmanın su absorpsiyon yeteneği üzerine etkisi su absorpsiyon indeksinin incelendiği bölümde de ele alınmıştır.

Baklagillerin su absorpsiyonu yeteneği tahıl-baklagil karışımından yapılan gıdaların yapısını etkilemektedir [23]. Çalışmamızda SAK ile protein içeriği arasında pozitif korelasyon saptanmıştır ($r=0.70$, $p<0.01$) (EK C). Proteinlerin su tutma yeteneği yüksek olduğundan bu özelliğin protein içeriğinden de etkilenmiş olması mümkündür. Maş fasulyesi unu 1.22 - 2.35 g/g arasında [23,147,148] su absorpsiyon kapasitesine sahiptir. Maş fasulyesi içeren instant çorba tozlarımızın sonuçlarının belirtilen değerlerle de paralel olduğü görülmektedir. Çeşitli çalışmalarda üretilen keçiyoynuzlu, karabuğdaylı ve karayemişli tarhanalarda su absorpsiyonu kapasitesi sırasıyla 0.62-0.64 mL/g [149], 0.50-0.63 mL/g [84], 0.62-0.65 mL/g [81] bulunmuştur. Glutensiz mısır unlu tarhana üretiminde [57] guar gam ve keçiyoynuzu gamı su absorpsiyon kapasitesini (1.19 mL/g) artırmıştır. Bu çalışmada fırınlanmış mısır unlu tarhana (1.23 mL/g) fırınlanmamış tarhanadan (1.06 mL/g) daha fazla su tutma yeteneği sergilemiştir. Bu durum proteinlerin hidrofobik kısımlarının denatürasyonu ve protein hidrolizi için suya ihtiyaç duyulması ile açıklanmıştır. Bayat ekmek unlarından elde edilen instant tarhananın su absorpsiyonu kapasitesi 1.2-2.2 mL/g aralığında saptanmış ve guar gam ilavesinin su absorpsiyon kapasitesini artırıcı etkisinin modifiye nişastadan daha üstün olduğü raporlanmıştır [86]. İlgili çalışma, bileşiminde guar gam içeren çorba tozlarının literatüre göre yüksek su absorpsiyon kapasitelerini destekler niteliktedir. Kurutma işlemlerinin tarhananın su absorpsiyon kapasitesini önemli derecede etkilediğini ortaya koyan Hayta ve ark. [88] ortalama su absorpsiyon değerini endüstriyel tip ve ev tipi mikrodalgada kurutulan tarhanalarda 1.45 mL/g ve 2.28 mL/g olarak bulmuşlardır. Mevcut çalışmada, valsli kurutma ile su tutma yeteneğinin artırılması hedeflenen instant çorba tozlarının analiz sonuçları literatürde belirtilen çalışma verilerinden daha yüksektir.





Şekil 4. 2 Su absorbsiyon kapasitesi üzerine vals hızı, besleme nemi ve basıncın etkisi (2 devir vals hızı-85 psi basınç sabitinde)

4.3.2. Yağ Absorbsiyon Kapasitesi (YAK)

Yağ absorbsiyon kapasitesi yağ moleküllerinin proteinlerin polar olmayan yan zincirleri tarafından bağlanmasıdır [150]. Gıdalar için önemli bir fonksiyonel özellik olup, lezzetin kalıcılığını artırır ve ağız hissini geliştirir. Diğer yandan un gibi toz gıdalarda depolamada raf ömrü ve tadın korunmasını olumsuz etkileyebildiğinden (acılaşma) düşük olması istenir [22,151]. Çorba tozlarının ortalama yağ absorbsiyon kapasitesi (YAK) $0.55 \pm 0,22$ mL/g olup, 0.39 ve 0.74 mL/g arasında değişmektedir (Tablo 4.4). Çeşitli maş fasulyesi unlarının yağ absorbsiyon kapasitesi 0.8-1.9 g/g aralığında değişmektedir [22]. Literatürdeki çeşitli tarhanalarda bu değer 0.40-1.10 mL/g arasında raporlanmıştır [88,149,152,153]. Bilgiçli [84] karabuğday ikemeli tarhanada yağ absorbsiyon kapasitesini 6.44 mL/g olarak saptamıştır. Bulgularımız Bilgiçli [84]'ninki dışında diğer çorbaların sonuçları ile uyumluluk göstermiştir.

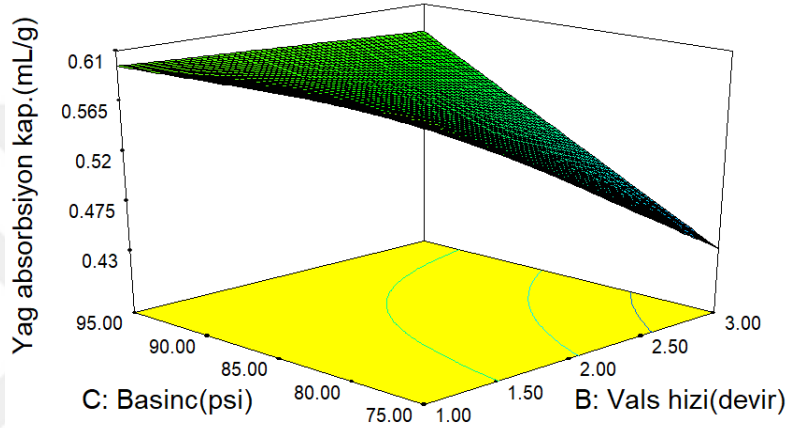
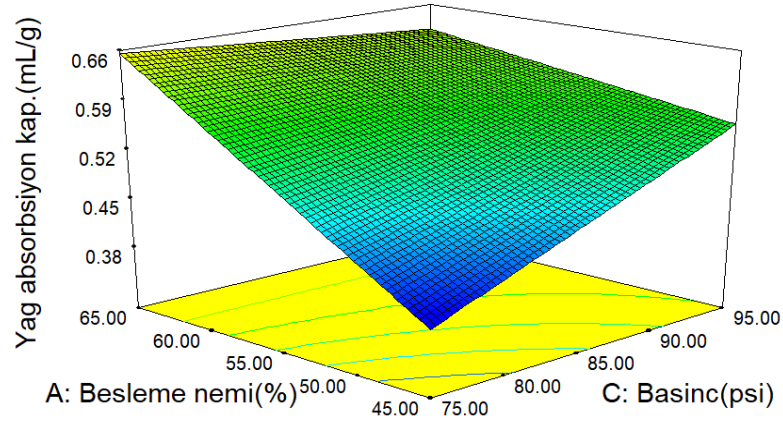
Bu parametre için varyans analizi ve model istatistikleri EK.B'de belirtilmiştir. Regresyon analizinde elde edilen interaksiyon model denklemi ($Adj R^2=0.84$) kodlanmış değişkenler cinsinden aşağıdaki gibidir:

$$\text{Yağ absorbsiyon kap. (YAK)} = 0.55 + 0.085A - 0.046B + 0.036C - 0.053AC + 0.040BC \quad (4.3)$$

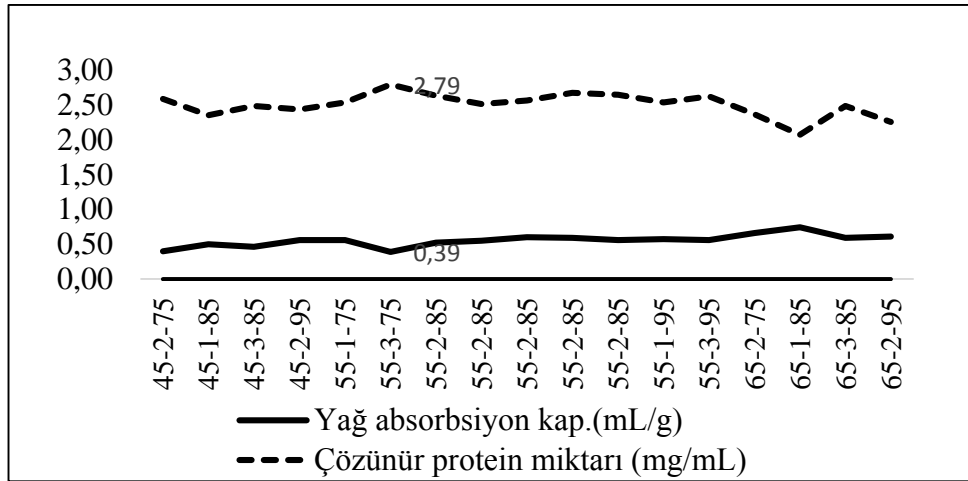
Yağ absorbsiyon kapasitesi üzerine hamur besleme nemi (A), devir (B) ve basıncın (C) lineer etkisinin yanısıra basıncın besleme nemi ve vals hızı ile ayrı ayrı

interaksiyonlarının lineer etkileri de önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Yağ bağlama üzerine en etkili parametre besleme nemi olmuş ($r = 0.70$, $p < 0.01$) bunu sırasıyla vals hızı, buhar basıncı ve interaksiyonlar takip etmiştir.

Şekil 4.3' de görüldüğü gibi; besleme nemi ve basıncın yağ absorpsiyonu üzerine lineer etkisi pozitif, vals hızının ise negatiftir. Basınc*besleme nemi interaksiyonu negatif, basınç*vals hızı interaksiyonu pozitif etki yaratmıştır. Bakliyat unlarının yağ absorpsiyon kapasitesi partikül büyüklüğü, nişasta ve protein miktarı, protein tipi [150], protein konformasyonu ve molekül yüzeyindeki polar olmayan aminoasit yan zincirleri oranından [154] etkilenmektedir. Yüksek hidrofobik yapıdaki proteinler, polar olmayan amino asit yan zincirlerin yağ bağlama yeteneğinden ötürü daha üstün yağ absorpsiyon kapasitesi sergilerler [151]. Çalışmamızda besleme neminin artması, vals hızının azalması ve basıncın artmasıyla yağ absorpsiyon kapasitesi artmıştır (Şekil 4.3). Benzer olarak Valim ve Batistuti [155] nohutta, Ghumman ve ark. [145] horse gram (at gramı) ve mercimekte besleme nemi artışıyla YAK'nin arttığını bildirmişlerdir. Vals hızının azalmasıyla ve basıncın artmasıyla yağ absorpsiyon kapasitesi artmıştır. Genellikle ısı işlem uygulamaları yağ bağlama yeteneğini geliştirmektedir. Maş fasulyesi [142], mercimek, nohut ve bezelyenin [156] ısı işlem sonucunda yağ absorpsiyon kapasitesi yükselmiştir. Bu durum araştırmalarda da önerildiği gibi; işlem sırasında çoklukla sıcaklık artışıyla meydana gelen protein denatürasyonu/değişimi sonucu yağ molekülleri ile interaksiyon gösteren polar-olmayan amino asit zincirlerinin açığa çıkmasından kaynaklanabilir. Çalışmamızda YAK ile protein miktarı arasında önemli bir ilişki gözlenmemiş ancak çözünür protein miktarı arasında negatif bir korelasyon tespit edilmiştir ($r = -0.65$, $p < 0.01$) (EK C). Fiziksel ve yapısal değişimlerle suda çözünme yeteneği azalan lipofilik proteinlerdeki hidrofobik amino asitler yağ moleküllerinin hidrokarbon yan dallarına bağlanarak tutulmayı ve YAK'nin artmasını sağlarlar. Şekil 4.4 de görüldüğü gibi en yüksek ve en düşük YAK değerlerinin gözlemlendiği koşullarda çözünür protein içeriği en düşük ve en yüksek değerlerini sergilemiştir. Üretilen toz çorba örneklerinin iyi yağ absorpsiyon kapasitesine sahip olmalarının çorbaların tat ve aromalarını olumlu etkileyebileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.3 Yağ absorpsiyonu kapasitesi üzerine vals hızı, besleme nemi ve basıncın etkisi (2 devir vals hızı-%55 nem sabitinde)



Şekil 4.4 Yağ absorpsiyon kapasitesi ile çözünür protein miktarı arasındaki ilişki

4.3.3. Köpük Kapasitesi (KK) ve Köpük Stabilitesi (KS)

Tablo 4.5’de köpük kapasitesi, köpük stabilitesi ve çözünür protein içeriğine ait sonuçlar verilmiştir.

Tablo 4.5 Box Behnken deneme desenine göre köpük kapasitesi, köpük stabilitesi ve çözünür proteine ait sonuçlar

Deney no		Köpük kapasitesi (mL/mL)	Köpük stabilitesi (dakika)	Çözünür protein (mg/mL)
1	45-2-75	0.064±0.006 ^{abc}	14.22±1.449 ^{abc}	2.58±0.088 ^{bcd}
2	45-1-85	0.052±0.006 ^{bc}	11.31±1.042 ^{de}	2.35±0.018 ^{fg}
3	45-3-85	0.066±0.008 ^{ab}	15.54±1.274 ^{ab}	2.48±0.073 ^{cdef}
4	45-2-95	0.060±0.010 ^{abc}	13.0±1.454 ^{bcd}	2.43±0.045 ^{def}
5	55-1-75	0.060±0.008 ^{abc}	13.56±1.540 ^{bcd}	2.53±0.039 ^{bcd}
6	55-3-75	0.073±0.006 ^a	16.20±1.553 ^a	2.79±0.076 ^a
7	55-2-85	0.065±0.009 ^{abc}	13.25±0.934 ^{bcd}	2.63±0.021 ^{abc}
8	55-2-85	0.057±0.006 ^{abc}	12.56±1.480 ^{cde}	2.51±0.097 ^{bcd}
9	55-2-85	0.055±0.009 ^{abc}	12.2±1.277 ^{cde}	2.56±0.073 ^{bcd}
10	55-2-85	0.063±0.013 ^{abc}	13.42±1.535 ^{bcd}	2.67±0.109 ^{ab}
11	55-2-85	0.064±0.010 ^{abc}	13.25±1.244 ^{bcd}	2.62±0.052 ^{abc}
12	55-1-95	0.061±0.011 ^{abc}	12.55±1.521 ^{cde}	2.53±0.045 ^{bcd}
13	55-3-95	0.066±0.007 ^{ab}	14.36±1.550 ^{abc}	2.62±0.112 ^{bc}
14	65-2-75	0.055±0.011 ^{abc}	12.48±1.504 ^{cde}	2.36±0.052 ^{efg}
15	65-1-85	0.048±0.004 ^c	10.50±0.857 ^e	2.07±0.139 ^h
16	65-3-85	0.056±0.005 ^{abc}	12.25±1.055 ^{cde}	2.48±0.024 ^{cdef}
17	65-2-95	0.052±0.010 ^{bc}	12.00±1.173 ^{cde}	2.25±0.039 ^g

Aynı sütun içerisinde farklı üstel harfe sahip değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$). Sonuçlar, standart sapmaları ile birlikte verilmiştir. (45,55,65: besleme nemi(%), 1,2,3: vals hızı(devir), 75,85,95:basınç(psi)).

Köpükler sulu bir sürekli faz ile gaz (hava) halindeki dağılmış fazdan oluşurlar. Köpüklenme, proteinlerin yanı sıra karbonhidratlar gibi diğer bileşenlere de bağlıdır. Proteinlerin köpüklenme kapasitesi, protein tarafından yaratılabilen arayüzey alanı miktarını belirtirken; stabilitesi köpüğü yerçekimsel ve mekanik gerilmelere karşı dengede tutma kabiliyetini ifade eder [137]. Protein moleküllerinin hızlı adsorbsiyonu ve yeniden düzenlenmesi köpük kapasitesini, ara yüzeyde esnek kohesiv bir film oluşumu da stabilitesini belirler [157]. Çorbada köpüklenme duyu kaliteyi, özellikle ağız hissini etkilemektedir[158].

Tablo 4.5’de görüldüğü gibi toz çorbaların köpük kapasiteleri (KK) 0.048-0.073 (mL/mL) arasında değerler almıştır.

Köpük kapasitesini çeşitli katkılarla zenginleştirilen tarhanalarda Tarakçı ve ark. [81] 2.32-2.55 mL/mL, Bilgiçli [84] 0.75-1.91 mL/mL, Uygur [125] 0.51-0.70 mL/mL; mikrodalgada, dondurarak ve tünel kurutucuda kurutarak ürettiği tarhanalarda Hayta ve ark. [88] 0.11-0.65 mL/mL arasında ölçmüştür. Maş fasulyesi unu (KK%24.23; KS%14.07) ve yüksek proteinli gıdalar iyi köpüklenme özelliklerine sahiptir [46,142], ancak genellikle ısı işlem sırasında proteinlerin denatüre veya kümelenerek aglomere olması köpük kapasitesini azaltır [66,140]. Çalışmamızdaki nispeten düşük köpük kapasiteleri valsli kurutma sırasındaki ısı işleminin indirgeyici bir sonucu olabilir. Fermantasyon, düşük çözünürlük seviyeleri, protein-protein interaksyonu ve konformasyonel değişimle açığa çıkan hidrofobik amino asitler önerilen diğer sebeplerdendir [26,151,159]. Sonuçlarımıza benzer olarak Durmuş [57] ve Kitan [117] mısır unlu ve kinoalı glutensiz tarhanalarında bu değerleri 0.01-0.06 mL/mL ve 0.04-0.08 mL/mL bulmuştur. Fırınlama ısı işlemi KK üzerinde azaltıcı etki yaratmış, tarhanadaki proteinler denatürasyona uğramış ve böylece hidrokolloidler ile etkileşime girememiştir. Fırınlanmamış örneklerde ise keçiyoynuzu ve guar gamı katkısı KK üzerinde artırıcı etki sağlamıştır. Benzer yolla çalışmamızda KK üzerine valsli kurutmanın azaltıcı, guar gamının ise destekleyici etki yarattığı düşünülebilir.

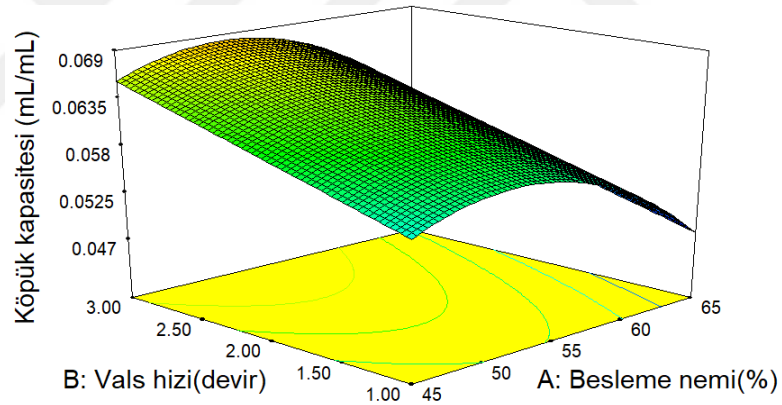
Köpük stabilitesinin gelişmesinde proteinlerin köpük yüzeyinde ince bir tabaka oluşturması ve kümelenmesi rol oynamaktadır. Çalışmamızda çorbaların köpük stabiliteyi (KS) 10.50-16.20 dakika arasında ölçülmüştür (Tablo 4.5). Yapılan çalışmalarda tarhanaların köpük stabiliteyi 0.21-10.00 dk arası [81,149,152,153] ve bir çalışmada 50 dk [57] gibi geniş bir aralıkta raporlanmıştır. Proteinlerin hidrolizi veya çözünmesi ile oluşan küçük moleküller hava-sıvı ara yüzeyinde iyi dağılım yaparak stabilizeyi artırır. İbanoğlu ve İbanoğlu [159] tarhananın fermantasyonunda parçalanma sonucu daha küçük protein moleküllü bileşiklerin açığa çıkmasının KS'nin artmasında etkili olduğunu belirtmiştir. Hayta ve ark. [88] tarhanada kurutma tipine bağlı olarak (endüstriyel ve ev tipi mikrodalga, dondurarak ve tünelde kurutma) köpük stabilitesinin 1.37-6.17 dk arasında değiştiğini gözlemlemiştir. Durmuş [57], fırınlı ve fırınsız mısır unuyla ürettiği glutensiz tarhanalarda köpük stabilitesini 0.71-50.00 dk arasında ölçmüş, guar ve keçiyoynuzu gamı kullanımının stabilizeyi artırdığını belirtmiştir. Çalışma sonuçlarımız Durmuş [57] ile uyumludur. Mevcut çalışmada tüketime hazır glutensiz çorba tozlarının köpük stabilitesi sürelerinin uzun olmasında

protein içeriklerinin yüksek olması [158], bileşimdeki guar gaminin stabilizatör davranışı ve ayrıca tozların glutensiz olmaları [57] etkili olabilir. Çünkü maş fasulyesi unu gibi bazı baklagillerin buğday gluteninden daha yüksek köpüklenme özelliklerine sahip olduğu bildirilmiştir [17,46].

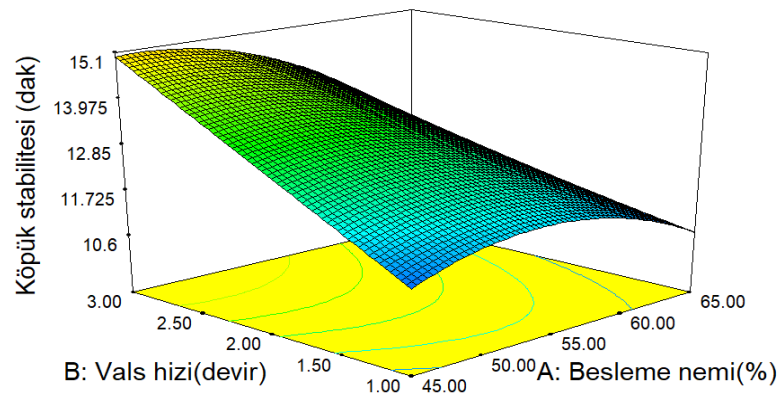
KK (Adj R²=0.71) ve KS (Adj R²=0.87) için bağımsız değişkenlerin etkisini açıklayan yanıt yüzey grafikleri ve ikinci dereceden regresyon model denklemleri kodlanmış değişkenler cinsinden aşağıda verilmiştir. Varyans analizi ve model istatistikleri EK B.'de mevcuttur.

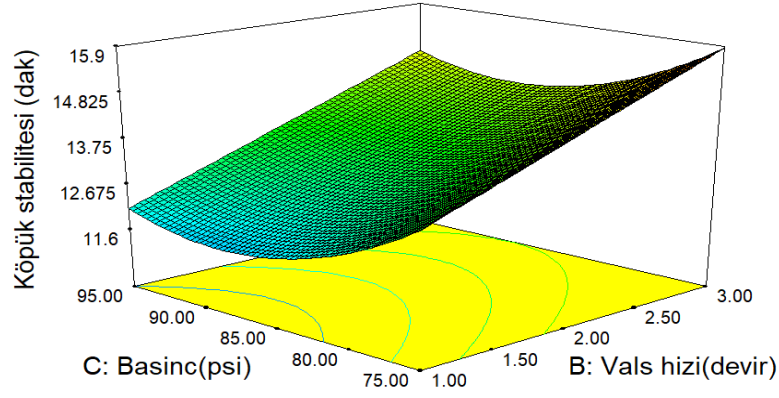
$$\text{Köpük kapasitesi (KK)} = +0.063 - 3.875E-003A + 5.000E-003B - 6.042E-003A^2 \quad (4.4)$$

$$\text{Köpük stabilitesi (KS)} = +13.08 - 0.86A + 1.30B - 0.57C - 0.62AB - 0.87A^2 + 0.90C^2 \quad (4.5)$$



Şekil 4.5 Köpük kapasitesine besleme nemi ve vals hızının etkisi (85psi basınçta)





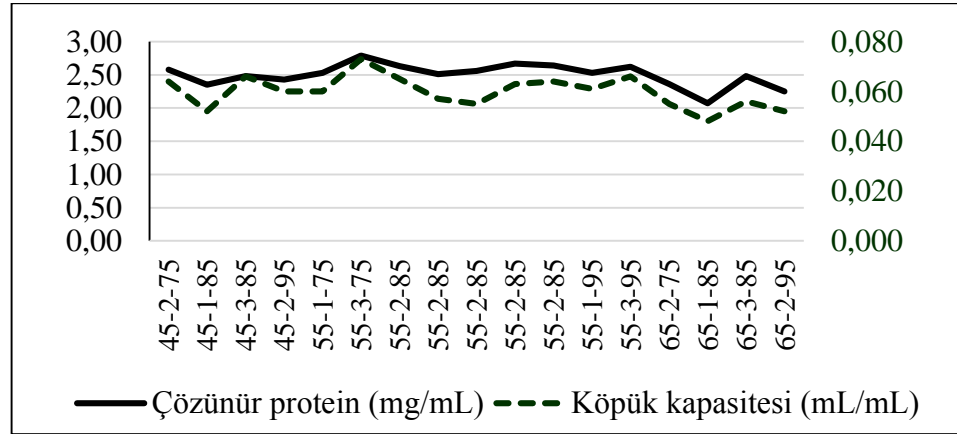
Şekil 4.6 Köpük stabilitesi üzerine besleme nemi, vals hızı ve basıncın etkisi(%55 besleme nemi-85 psi basınç sabitinde)

Köpüklenme özellikleri gıdanın kompozisyonu, protein çeşidi, protein denatürasyonu, uygulanan işlem, çözünürlük, konsantrasyon, pH, sıcaklık, tuz, yağ ve ölçüm metodu gibi birçok faktörden etkilenmektedir [151]. Model denklemleri ve yanıt yüzey grafiklerinden (Şekil 4.5 ve 4.6) görülebildiği gibi köpük kapasitesi ve stabilitesi artan besleme nemi(A) ile kuadratik azalış göstermiş, vals hızı (B) ile artmıştır. Köpük stabilitesi üzerine ayrıca besleme nemi*basınç (AB) etkileşiminin negatif lineer, basıncın tek başına negatif lineer ve pozitif kuadratik etkileri önemli bulunmuştur ($p<0.05$). En önemli etkiyi sırasıyla besleme nemi ve vals hızı göstermiştir. Görüldüğü üzere en düşük vals hızı (en yüksek sıcaklık) ve en yüksek besleme nemini veren seviyelerde düşük köpüklenme özellikleri ölçülmüştür. Vals hızı ile KK ve KS arasında pozitif korelasyonlar ($r=0.55$, $p<0.05$ ve $r=0.65$, $p<0.01$) mevcuttur (EK C).

Besleme neminin azalması bir diğer deyişle kuru madde konsantrasyonunun artmasıyla köpük kapasite ve stabilitesi kuadratik artmıştır (Şekil 4.5 ve 4.6). Benzer şekilde İbanoğlu ve İbanoğlu [158] da tarhanada KK ve KS'nin konsantrasyonla lineer artışını gözlemiştir. Diğer yandan ekstrüzyonda azalan besleme nemi ile mercimek ununda KK ve KS azalırken, horse gram ununda KK azalmış, KS artmıştır [145]. Bu durum, köpüklenmenin protein kaynağı, kompozisyon ve yapısından etkilendiğini gösterir. Tarhanadaki köpüklenme özellikleri proteinlerin fermantasyon ve kurutma sırasındaki yapısal değişimlerini yansıtabilir [160]. Besleme nemindeki azalışa bağlı gelişen köpük kapasitesindeki artış arayüzeydeki büyük protein moleküllerinden, köpük stabilitesindeki artış ise kalın ve sağlam arayüzeyel filmlerin oluşumuyla

sonuçlanan yüksek yığın konsantrasyonundan kaynaklanmış olabilir [158]. Vals hızı arttıkça KK ve KS, basınç azaldıkça KS lineer olarak artmıştır. Ayrıca besleme nemi*basıncın birlikte azalışı köpük stabilitesinde artış yaratmıştır. Yükselen sıcaklıkla birlikte gözlenen köpük kapasitesindeki azalma protein denatürasyonu, buna bağlı protein çözünürlüğündeki azalma [157], aşırı protein-protein etkileşimleri ve yetersiz elektrostatik geri itme sonucu meydana gelen koagülasyonlardan dolayı olabilmektedir [151]. Daha çok moleküler esneklik, moleküller arası interaksiyon ve yapışkanlık ile anılan köpük stabilitesindeki azalış, ısı işlem sırasında yüzeydeki viskozite azalışı, protein denatürasyonu ve artan hidrofobiklik ile oluşabilmektedir [151,156]. Bazı istisnalar dışında [156], diğer birçok araştırmacının [71,158,161,162] sıcaklık-köpük stabilitesi ilişkisi bulguları çalışmamız ile paralel yöndedir.

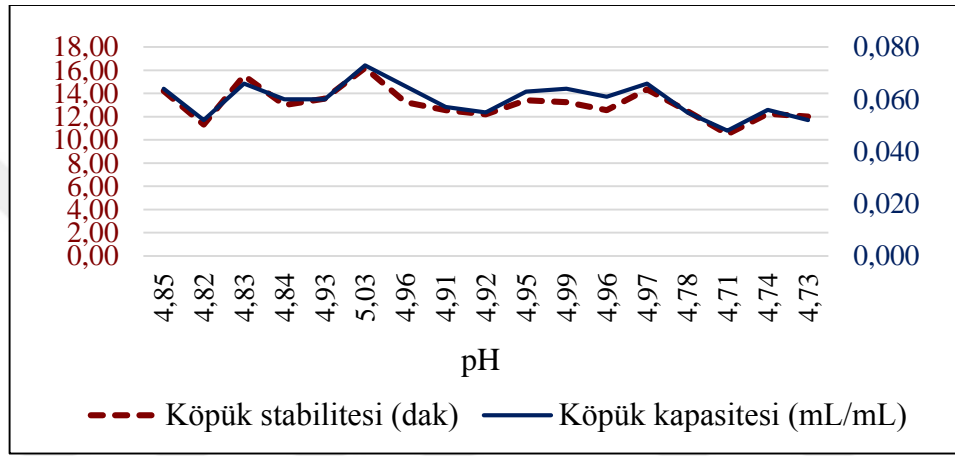
Köpüklenme yeteneğinin pH ve protein çözünürlüğünden önemli derecede etkilendiği, iyi bir köpük kabiliyetinin yüksek protein çözünürlüğü ile ilgili olduğu belirtilmiştir [71,151]. Çorba tozlarında çözünür protein içeriği ile köpük kapasitesi ($r=0.87$)($p<0.01$) ve köpük stabilitesi ($r=0.74$)($p<0.01$) arasında önemli yüksek korelasyonlar tespit edilmiştir (EK C). Şekil 4.7 de çözünür protein içeriği ile köpük kapasitesi arasındaki ilişki gösterilmiştir.



Şekil 4.7 Köpük stabilitesi ve çözünür protein miktarı arasındaki ilişki

Ayrıca benzer fenomenlerden etkilendiği bilinen köpük kapasitesi ile stabilitesi arasında yüksek korelasyon ($r=0.93$)($p<0.01$) saptanmıştır. Şekil 4.8’de görüldüğü üzere köpük kapasitesinin pH’yla olan değişimi köpük stabilitesindeki ile büyük bir benzerlik göstermektedir. En alkali pH seviyelerinde yani izoelektrik aralıktan

uzaklaştığında KK ve KS'nin her ikisi de yüksek değerlerini, en asidik seviyede ise düşük değerlerini göstermiştir. pH ile birlikte gözlenen değişim belki bu özelliklerin nem ile neden bir seviyeye kadar artıp daha sonra azaldığını (kuadratik etkiyi) da açıklayabilir. Liu ve ark. [163] maş fasulyesi proteini fraksiyonunda, Adebowale ve ark. [164] kadife fasulyesinde, çalışmamızda alınan sonuçlara benzer şekilde, köpük kapasitesi ve köpük stabilitesinin değişen pH ile birbirine benzer değişimler gösterdiğini ve aralarında yüksek korelasyon ($r=0.99$, $p<0.01$) [163] olduğunu bulgulamışlardır.



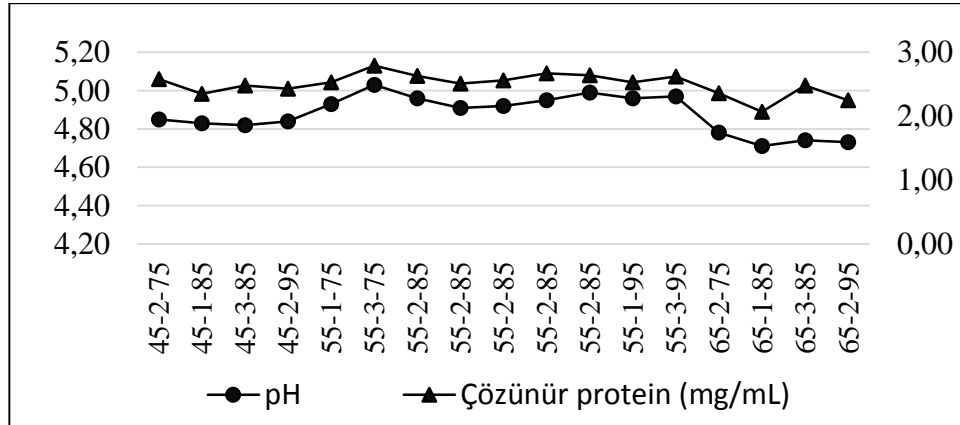
Şekil 4.8 Köpük kapasitesi ve köpük stabilitesinin pH ile değişimi

4.3.4. Çözünür Protein Miktarı (ÇP)

Protein çözünürlüğü gıdanın diğer fonksiyonel özellikleri ile kalitesini önemli ölçüde etkilediğinden proteinlerin kullanım alanını belirlemede önemli bir indistir [151]. Çorba tozlarının ortalama çözünür protein içeriği miktarı (ÇP) 2.50 ± 0.066 mg/mL olup, 2.07 ile 2.79 mg/mL arasında değişmiştir (Tablo 4.5). Çözünür protein içeriğine bağımsız değişkenlerin etkisini açıklayan polinomiyal regresyon model denklemleri ($Adj R^2=0.88$) aşağıdaki gibidir. Varyans analizi ve model istatistikleri EK B.'de mevcuttur. Besleme nemi (A) ve basıncın (C) negatif lineer, vals hızının (B) pozitif lineer etkileri ile besleme neminin (A) negatif kuadratik etkisi $p<0.05$ düzeyinde önemlidir (Denklem 4.6).

$$\text{Çözünür Protein (ÇP)} = +2.61 - 0.085A + 0.11B - 0.054C - 0.23A^2 \quad (4.6)$$

Şekil 4.10 da çözümlü protein miktarlarına (ÇP) ait yanıt yüzey grafikleri verilmiştir. ÇP %55 besleme neminde artmış, %65 nemde kuadratik azalmıştır. %65 besleme nemindeki daha az kuru madde ve protein konsantrasyonu nedeniyle [151] çözümlü protein miktarında azalma olduğu düşünülebilir. Diğer yandan ekstrüzyonda besleme nemi içeriği protein çözümlülüğünü artırıcı [145] ve azaltıcı [165] etkiler yapmıştır. pH, proteinin gıda prosesindeki davranışını belirlemek için iyi bir indekstir. Genelde izoelektrik pH'da proteinler elektrostatik nötral durumda olduğundan çözümlülükleri minimumdur ve bu noktadan uzaklaştıkça çözümlülük artar [137]. Çalışmada geliştirilen çorba tozlarının protein içeriği çoklukla maş fasulyesinden gelmektedir. Maş fasulyesi proteininin en düşük çözümlülüğü; 4.6 olan izoelektrik pH civarında [47], en yüksek çözümlülüğü ise; pH 7- 12 arasında verilmiştir [26]. Çorbalarda genellikle en yüksek ÇP değerleri izoelektrik noktadan en uzaktaki pH'da (örneğin 5.03); en düşük ÇP değerleri pH'nın izoelektrik noktaya en yakın ve asidik pH'daki (örneğin 4.72) koşullarda kaydedilmiştir. Bu durum çözümlü protein içeriğinin pH ile ilişkili olduğunu göstermektedir ($r= 0.87$) ($p<0.01$) (EK C). Maş fasulyesi ve baklagillerin pH'ya bağlı olan protein çözümlülüğü diğer çalışmalarda da bildirilmiştir [26,148,163,164]. Şekil 4.9'da çorbaların pH'ları ile çözümlü protein içeriklerinin birlikte değişimi verilmiştir.

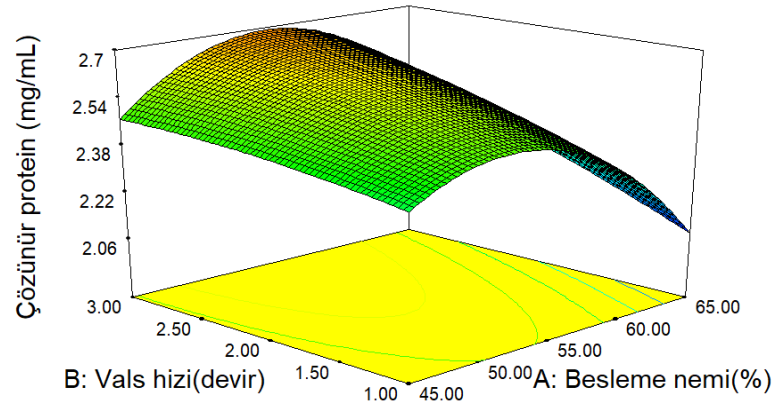


Şekil 4.9 Çözümlü protein miktarı –pH değişimi arasındaki ilişki

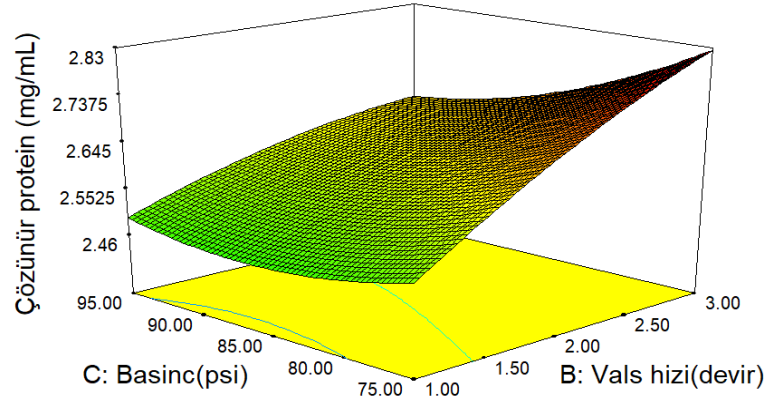
Vals hızı azaldıkça ve basınç arttıkça sıcaklık yükselmesine bağlı olarak ÇP azalmıştır (Şekil 4.10). Isıl denatürasyonla protein molekülleri çözülerek (bozularak) yüzeydeki hidrofobisite artar. Reaktif polar olmayan uçların etkisiyle protein interaksiyonları değişir, agregasyon (kümelenme) ile molekül ağırlığı ve çökme

artar; nihayetinde protein çözünürlüğü azalır [137]. Özetle işlem esnasında protein yapısındaki değişimler, aşırı protein-protein veya protein-nişasta bağlanmaları ve yeniden düzenlenmeler protein çözünürlüğünün azalmasına neden olabilir. Valsli kurutma [166], ekstrüzyon [118,167], haşlama [156] ve çeşitli ısı işlemlerle [71,142] protein çözünürlüğünün azaldığı daha önce rapor edilmiştir.

Literatürde benzer tespit metodunu kullanan tek araştırmacı Hayta ve ark. [88] mikrodalgada, dondurarak ve tünel kurutucuda kuruttukları tarhanalarda bu değeri 3.46-5.53 mg/mL arasında bulmuştur. Çorba tozlarımızın nispeten düşük çözünür protein içeriklerinin (2.50 ± 0.066 mg/mL), pH (4.71-5.03) değerlerinin izoelektrik noktaya yakın olmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Formülasyonda kullanılan unların pre-jelatinize halde tedarik edildikten sonra bir kez daha valsli kurutma işleminde sıcaklığa maruz kalması sonucunda proteinlerin ileri denatürasyonu ve agregasyon gibi nedenlerle de çözünürlüklerinin azalmış olması mümkündür. Pirinç proteininin diğer proteinlere göre oldukça düşük çözünürlüğe sahip olması ve unlardaki aktif hidrofobik aminoasit mevcudiyeti de diğer etkenlerdendir [122].



Şekil 4.10 Çözünür protein miktarı üzerine besleme nemi, vals hızı ve basıncın etkisi (85 psi basınç-%55 besleme nemi sabitinde)



Şekil 4.11 Çözünür protein miktarı üzerine besleme nemi, vals hızı ve basıncın etkisi (85 psi basınç-%55 besleme nemi sabitinde)-devam

Optimizasyon için seçilen yanıtlara ait sonuçlar Tablo 4.6’da ayrı olarak verilmiştir. Her bir yanıt üzerinde liner, kuadratik ve interaksiyon terimlerinin etkisini gösteren ANOVA tablosu ve model istatistikleri Tablo 4.7’de listelenmiştir. Tüm yanıtlar için lack of fit değeri önemsiz, model denklemini önemli çıkmış ($p < 0.05$) ve model tahminlerinin deney verileri ile uyumlu olduğunu göstermiştir.

4.3.5. Su Absorbsiyon İndeksi (SAİ)

İstant çorbalarda su absorpsiyonu yeteneği çorba yapısında faz ayrımını minimize etme ve yeterli viskozitenin sağlanması açısından önemlidir. Tozların su absorpsiyon indeksi (SAİ) sonuçları Tablo 4.6’da sunulmuştur. Su absorpsiyon indeksi (SAİ) ile su absorpsiyon kapasitesi (SAK) arasında yüksek korelasyon ($r = 0.99$) ($p < 0.01$) (EK C) tespit edilmiştir.

Tablo 4.6 Box Behnken deneme desenine göre optimizasyon için seçilen yanıtlara ait sonuçlar

Deney no	Su absorpsiyon indeksi (g jel/g)	Suda çözünürlük indeksi (%)	Jelatinizasyon derecesi (%)	Genel kabul edilebilirlik	
1	45-2-75	3.40 ±0.069 ^{ed}	18.68 ±0.611 ^{fg}	82.92 ±1.099 ^h	4.38±0.65 ^f
2	45-1-85	3.20 ±0.209 ^e	20.46 ±0.690 ^{cde}	91.18 ±2.152 ^{cdef}	4.04±0.55 ^g
3	45-3-85	3.32 ±0.260 ^e	17.95 ±0.392 ^g	79.01 ±0.985 ⁱ	4.63±0.49 ^f
4	45-2-95	3.30 ±0.278 ^e	19.22 ±1.197 ^{efg}	87.13 ±0.450 ^g	4.54±0.59 ^f
5	55-1-75	3.77 ±0.053 ^c	22.5 ±0.905 ^{ab}	92.51 ±0.978 ^{cde}	4.96±0.62 ^e
6	55-3-75	3.86 ±0.150 ^{bc}	20.59 ±0.801 ^{cde}	88.1 ±0.912 ^{fg}	5.21±0.59 ^{cde}
7	55-2-85	3.85 ±0.155 ^{bc}	21.16 ±0.887 ^{bcd}	93.07 ±1.500 ^{bcde}	5.33±0.56 ^{cd}
8	55-2-85	3.78 ±0.165 ^c	21.47 ±0.659 ^{bc}	92.02 ±2.522 ^{cde}	5.21±0.59 ^{cde}
9	55-2-85	3.82 ±0.055 ^{bc}	21.01 ±1.031 ^{bcd}	91.46 ±1.595 ^{cdef}	5.33±0.64 ^{cd}
10	55-2-85	3.76 ±0.113 ^c	21.37 ±0.879 ^{bcd}	90.01 ±2.092 ^{defg}	5.38±0.71 ^{cd}
11	55-2-85	3.75 ±0.204 ^c	20.89 ±1.041 ^{cd}	91.94 ±1.076 ^{cdef}	5.17±0.76 ^{cde}
12	55-1-95	3.66 ±0.133 ^{cd}	23.14 ±0.074 ^a	97.60 ±1.589 ^a	5.08±0.58 ^{de}
13	55-3-95	3.6 ±0.053 ^c	19.88 ±0.921 ^{efd}	86.58 ±2.551 ^g	5.13±0.54 ^{de}
14	65-2-75	4.19 ±0.076 ^a	18.72 ±0.365 ^{fg}	94.41 ±1.497 ^{abc}	5.92±0.65 ^a
15	65-1-85	3.97 ±0.078 ^{abc}	20.01 ±0.864 ^{cdef}	96.74 ±1.138 ^{ab}	5.33±0.64 ^{bcd}
16	65-3-85	4.20 ±0.099 ^a	17.93 ±1.302 ^g	89.71 ±0.373 ^{efg}	5.67±0.64 ^{cd}
17	65-2-95	4.09 ±0.280 ^{ab}	17.95 ±0.509 ^g	93.88 ±1.405 ^{bcd}	5.46±0.83 ^{bc}

Aynı sütun içerisinde farklı üstel harfe sahip değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

Sonuçlar, standart sapmaları ile birlikte verilmiştir. (45,55,65: besleme nemi(%), 1,2,3: vals hızı(devir), 75,85,95:basınç(psi)).

Ortalama su absorpsiyon indeksi 3.74 ± 0.143 g jel/g olup, 3.20-4.20 g jel/g arasında değişmektedir. SAİ verilerimiz literatürdeki diğer instant çorba ve un sonuçları ile uyumludur. Yıldırım [118] su absorpsiyon indeksini ekstrüde instant tarhanada 4.25-6.42 g jel/g saptamıştır. İbanoğlu [90] asit ile hidrolize ettiği tarhana solüsyonunu püskürtmeli kurutucuda kurutarak elde ettiği instant tarhana tozunun SAİ değerinin (1,2 g jel/g KM) kontrolden daha düşük olmasını asit hidrolizinde nişasta moleküllerinin küçülmesi ve aralarındaki bağların kopması ile açıklamıştır. Su absorpsiyon indeksi pirinç ve fasulyeden yapılan instant çorba tozunda 5.5 g jel/g [119], instant pirinç ununda 4.61-7.76 g jel/g [168,169] ve instant mısır ununda 2.87-3.32 g jel/g [168] saptanmıştır. Sharma ve ark.[31] pirinç:maş fasulyesi (70:30 w/w) unu karışımından elde ettikleri ekstrüdatta SAİ değerini 4.49-6.54 g jel/g raporlamıştır.

Tablo 4.7 Her bir yanıt üzerinde liner, kuadratik ve interaksiyon terimlerinin etkisini gösteren ANOVA tablosu

Varyasyon Kaynağı	Su absorpsiyon indeksi (SAİ)			Suda çözünürlük indeksi (SÇİ)			Jelatinizasyon derecesi (JD)			Genel kabul edilebilirlik (GK)			
	df	Kareler Toplamı	F-değeri	p-değeri	Kareler Toplamı	F-değeri	p-değeri	Kareler Toplamı	F-değeri	p-değeri	Kareler Toplamı	F-değeri	p-değeri
Model	9	1.40	69.94	<0.0001*	39.70	87.96	<0.0001*	351.14	38.82	<0.0001*	3.492	27.69	0.0001*
A	1	1.30	586.87	<0.0001	0.36	7.20	0.0314	148.78	148.05	<0.0001	2.868	204.66	<0.0001
B	1	0.03	12.43	0.0097	11.91	237.43	<0.0001	151.64	150.89	<0.0001	0.189	13.49	0.0079
C	1	0.03	14.06	0.0072	0.01	0.22	0.6502	6.94	6.90	0.0340	8.45E-	0.60	0.4629
A ²	1	3.03E-03	1.36	0.2815	0.05	0.92	0.3690	6.60	6.57	0.0374	0.016	1.11	0.3261
B ²	1	0.00	0.00	1.0000	0.43	8.55	0.0222	5.62	5.59	0.0500	0.096	6.86	0.0345
C ²	1	9.00E-04	0.41	0.5448	0.46	9.09	0.0195	11.59	11.54	0.0115	0.010	0.71	0.4262
AB	1	0.01	6.21	0.0415	26.08	520.03	<0.0001	18.59	18.50	0.0036	0.157	11.22	0.0123
AC	1	0.02	7.34	0.0302	0.66	13.18	0.0084	0.81	0.81	0.3990	0.126	9.02	0.0199
BC	1	4.42E-04	0.20	0.6689	0.01	0.20	0.6686	7.96E-04	7.92E-04	0.9783	0.0010	0.07	0.7927
Kalıntı	7	0.02	-	-	0.35	-	-	7.03	-	-	0.10	-	-
Lackof	3	8.48E-03	1.60	0.3233	0.12	0.67	0.6133	2.08	0.56	0.6685	0.07	2.76	0.1755
Saf hata	4	7.08E-03	-	-	0.23	-	-	4.95	-	-	0.03	-	-
Toplam	16	1.41	-	-	40.05	-	<0.0001	358.18	-	-	3.59	-	-
Std.Sapma			0.047			0.22			1.00			0.12	
Ortalama			3.74			20.17			90.50			5.10	
C.V.%			1.26			1.11			1.11			2.32	
PRESS			0.15			2.24			41.08			1.11	
R ²			0.9890			0.9912			0.9804			0.9727	
Adj R ²			0.9749			0.9800			0.9551			0.9375	
Pred R ²			0.8963			0.9440			0.8853			0.6912	
Adeq Prec.			26.9331			30.770			24.746			19.371	

* önemli(p<0.05). Bağımsız değişkenler; A=Besleme nemi, B=Vals hızı, C=Basınc

Amiloz, nişastanın su alarak şişmesini inhibe edebilmekte ve amiloz içeriği arttıkça SAİ değeri azalmaktadır [32,54]. 50:50 (w/w) pirinç:maş unu oranındaki maş fasulyesinden gelen yüksek amiloz içeriği nedeniyle çalışmamızdaki çorba tozlarının instant pirinç unundan biraz daha düşük SAİ değerleri sergilediği düşünülmektedir. Kullanılan materyal dışında uygulanan değişik işlem koşulları da sonuçlar arası farklılıkları beraberinde getirebilmektedir. Ayrıca, çorba formülasyonunda kullanılan unların prejelatinize halde tedarik edildikten sonra bir kez daha valsli kurutmada sıcaklığa maruz kalması sonucunda da SAİ azalabilir. Su alarak şişen ve kısmen yapısı bozulan prejelatinize granüllerin daha sonra tekrar ısıl işlemi, artan sıcaklıkla degradasyonu artırmış ve dağılan molekül yapısının su alarak şişme yeteneğini azaltmış olabilir. Bununla birlikte 60°C'a kadar (jelatinizasyon sıcaklığının altındaki) olan ön pişirme ise valsli kurutma sonrasında kinoa ununun SAİ değerini arttırmıştır [172].

Bağımsız değişkenlerin SAİ üzerine etkilerini gösteren polinomiyal model denklemi (Adj R²=0.97) kodlanmış değişkenler cinsinden aşağıda verilmiştir. Su absorpsiyon indeksi üzerine hamur besleme neminin (A) ve vals hızının (B) pozitif lineer ve negatif kuadratik, basıncın negatif (C) lineer etkisi önemli bulunmuştur (p<0.05). SAİ üzerine en etkili parametre besleme nemi olmuştur. Besleme nemiyle SAİ arasında yüksek korelasyon vardır (r=0.96) (p<0.01) (EK C). Varyans analizi ve model istatistikleri Tablo 4.7'de ve EK B'de belirtilmiştir. İstatistiksel testlerin geçerliliğinin analizinde kullanılan diagnostik varsayım grafikleri Şekil 4.12' de verilmiştir. Bu grafiklerden model tahminlerinin deneysel verilerle uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

$$\text{Su absorpsiyon indeksi (SAİ)} = +3.80 + 0.40A + 0.059B - 0.063C - 0.057A^2 - 0.062B^2 \quad (4.7)$$

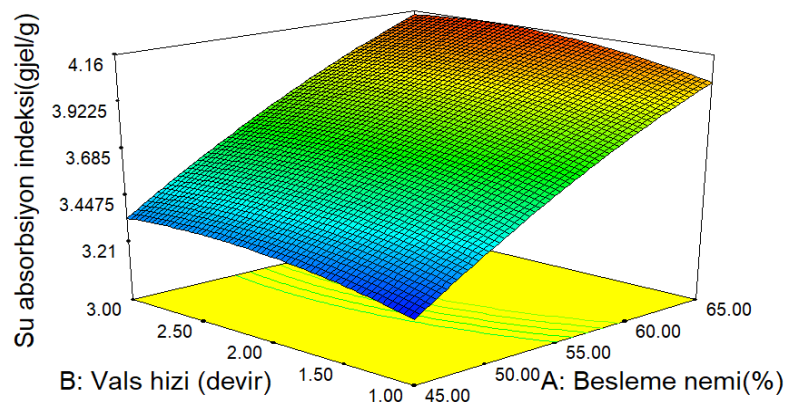
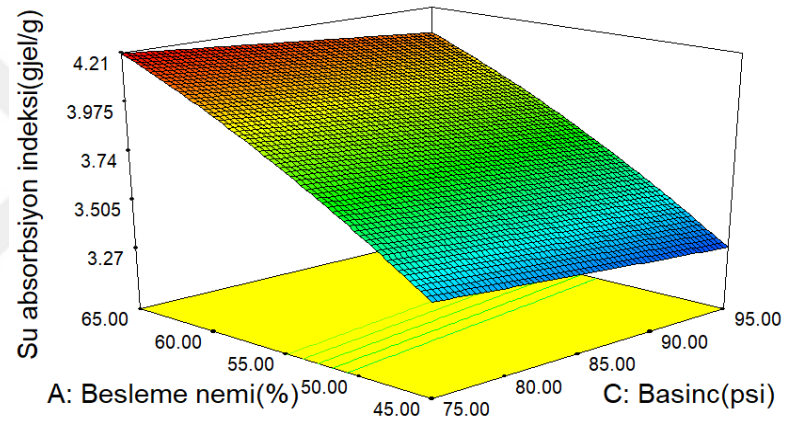
Su absorpsiyon indeksi fazla sulu ortamda bekletilen nişastanın su alarak şişmesi sonucu çekilen suyun miktarını ölçer [173]. SAİ tahıl ya da tozların pişme derecesinin ve anında ya da yeniden sulandırılabilirliğinin indirekt bir ölçümüdür [31] ve jelatinizasyonun bir göstergesidir, çünkü sadece zedelenmiş jelatinize olan nişasta soğuk suda su çekerek viskoziteyi artırır [174,175]. Su absorpsiyonu genel olarak,

nişastanın fazla su içindeki dispersiyonuyla (dağılımıyla) ilgilidir ve dispersiyon nişastanın jelatinizasyonu arttıkça artmaktadır [176]. Çalışmalarda valsli kurutma ile elde edilen prejelatinize unların (pirinç, buğday, riceberry) su absorpsiyon indeksi artmıştır [68,92,93]. İşlem sonucunda nişasta yüzeyinde gelişen porozlu yapı daha fazla su tutulmasını sağlar [92]. Maş fasulyesi unu 2.24-5.64 g jel/g arasında SAİ değerine sahiptir [23,27,147] ve valsli kurutmada nişastanın jelatinizasyonu sırasındaki degradasyonu sonucunda su absorpsiyon indeksi önemli ölçüde artmıştır (2.24 gjel/g < 12.35 gjel/g) [27].

Duncan çoklu karşılaştırma test sonucuna göre çorba tozlarında en düşük SAİ değerleri minimum besleme nemlerinde (%45), en yüksek SAİ değerleri maksimum besleme nemlerinde (%65) gözlenmiştir (Tablo 4.6). Bu iki neme sahip çorba tozlarının SAİ değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$). Besleme nemi azaldıkça su absorpsiyon indeksi azalmıştır (Şekil 4.11). Düşük final nem içeriğinde çıkan tozların SAİ değerleri daha nemli çorba tozlarının SAİ değerlerinden yüksektir. Tonin ve ark. [134]'a göre düşük nemli tozlar, ürün ve çevre arasındaki daha yüksek konsantrasyon gradyanları nedeniyle daha fazla suyu emme kapasitesine sahip, dolayısıyla daha higroskopiktirler. Çalışmamızda da son ürün nemi ile SAİ arasında önemli negatif korelasyon saptanmıştır ($r = -0.72$) ($p < 0.01$) (EK C). Yüksek besleme nemi ile beslenen hamurlar valsli daha kuru tozlar olarak terk ettiklerinden [65] daha fazla SAİ içeriğine sahip olabilirler. Anastasiades ve ark. [66] benzer olarak valsli kurutma sonucunda elde edilen daha kuru parçacıkların daha iyi ıslanabilirlik özelliği gösterdiğini gözlemiştir.

Jelatinizasyon için ortamda yeterli su bulunmalıdır. Besleme nemi arttığında ortamda bağlanacak daha fazla su bulunmakta, dolayısıyla nişastanın hidrotermal değişimi ve su tutma özelliği de artmaktadır [143,144]. Çalışmamızda düşük besleme neminde düşük SAİ gözlenmesi diğer bir olasılıkla, düşük nemde dekstrinizasyonun başlamasından [177] ve ürünün valsleri daha çabuk terk etmesiyle pişme süresinin kısalmasından kaynaklanmaktadır [93]. Takahashi ve Ojima [144] %40 nemli nişastanın valsler arasından geçerken dekstrinizasyona uğradığını raporlamıştır. Gomez ve Aguilera [178], nişastanın ekstrüzyonunda düşük nem ve yüksek kesme koşullarında jelatinizasyondan ziyade 'dekstrinizasyonun' ön plana çıktığını belirtmiştir. Nişastanın degradasyonu şu sıra ile gerçekleşmektedir; ham nişasta →

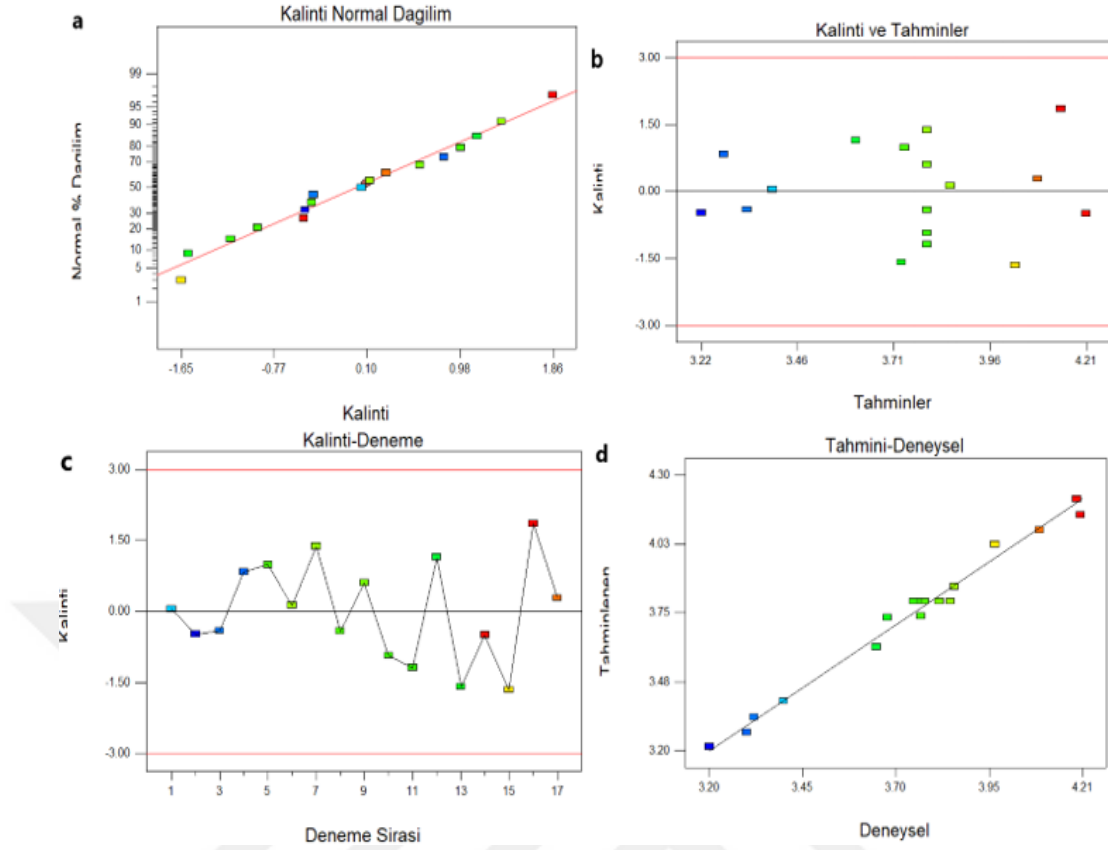
jelatinizasyon → dekstrinizasyon. Jelatinizasyonda ara ürünler çoklukla serbest/bağlı polimerler iken dekstrinizasyonda suda daha kolay çözünen küçük boyuttaki oligosakkarit ve şekerler oluşur [138]. Nişastanın ileri degradasyonu ile su bağlayan hidrofilik grupların azaldığı, moleküllerin boyutunun küçüldüğü, polimer zincirlerin kısaldığı ve bunun sonucunda su absorblama yeteneğinin azaldığı, aksine suda çözünürlüğün arttığı söylenebilir [138,178,179]. Supprung ve Noomhorm [93] valsli kurutucu optimizasyonunda pirinç nişastasının besleme kuru madde içeriğinin artmasıyla valste kalma süresinin kısaldığını, böylece su absorpsiyonu indeksi (SAİ) ve jelatinizasyon derecesinin azaldığını bildirmiştir. Anderson [96]'un tek valsli kurutma çalışmasında da buğday, arpa ve çavdarın SAİ değeri %15 nemden %25 neme doğru artmıştır.



Şekil 4.12 Su absorpsiyon indeksi üzerine besleme nemi, vals hızı ve basıncın etkisi (2 devir vals hızı-85 psi basınç sabitinde)

Su absorpsiyon indeksi su bağlayan hidrofilik grupların varlığına ve jel oluşturma kapasitesindeki makromoleküllere bağlıdır [178]. SAİ zarar görmemiş ve tamamiyle jelatinize olmuş nişasta granüllerinin ölçümünde kullanılabilir [180]. Bu fonksiyonel özellik fazla suyun içinde nişasta dağılımına dayandırılır ve bu dağılım nişasta jelatinizasyonundan dolayı artar [176]. Sıcaklık SAİ değerini artırabilir veya azaltabilir. Maş fasulyesi ununun valsli kurutulmasında (100-140°C) sıcaklık artışı nişastanın jelatinizasyonunu, dolayısıyla SAİ değerini artırmıştır [27]. Vals hızı azaldıkça ürünün valste kalma süresi ve vals yüzeyinden ürüne olan ısı geçişi (ve sıcaklık) artar [65]. Karşıt olarak çalışmamızda vals hızı azaldıkça ve buhar basıncı arttıkça, oluşan sıcaklık artışıyla birlikte su absorpsiyon indeksi azalmıştır. Thi ve Dao [136] da balkabağının (43-58 psi) valsli kurutulmasında basınç ve vals hızının SAİ üzerine etkili olduğunu, basınç arttıkça/ vals hızı azaldıkça bu değer azaldığını görmüştür. Benzer şekilde Nakorn ve ark. [54]'nin çalışmasında pirinç nişastasının valsli kurutulmasında sıcaklık artışıyla granül yapısı bozulmuş ve SAİ değeri azalmıştır. Araştırmacılar hasar görmemiş polimer zincirleri ve hidrofilik grupların daha fazla su molekülü bağlayarak su absorpsiyonunu artırdığını belirtmişlerdir. Sıcaklık artışıyla SAİ'nin azalması yüksek olasılıkla nişasta moleküllerinin dekompozisyonu ve degradasyonu [167], dekstrinizasyon [175], moleküler boyutun küçülmesi [179] ve yüzeyde su tutan porozif yapının bozulması [136] sonucunda oluşmaktadır. Anderson [96] da bazı tahılların SAİ değerinin tek valsli kurutucuda belli sıcaklığa kadar (204-232 °C) yükseldiğini, daha sonra degradasyonla düşüşe geçtiğini saptamıştır. Ding ve ark. [175]'na göre artan sıcaklıklarda dekstrinizasyon ya da erime jelatinizasyondan baskın gelebilir ve SAİ azalabilir.

Diğer yandan gam kullanımının çorbalarda SAİ değerini artırdığı raporlanmıştır [57,86,181]. Uygulanan ısıl işlemin guar gam üzerinde degrade edici etki yaratabileceğini göz önünde bulundurmakla birlikte [57]; çalışmamızda toz bileşiminde kullandığımız guar gam hidrokollidinin de çorba örneklerimiz su absorblama yeteneğini desteklediğini düşünebiliriz.



Şekil 4.13 Su absorpsiyon indeksi için seçilen modele ait diagnostik grafikler

4.3.6. Suda Çözünürlük İndeksi (SÇİ)

Unun fonksiyonel özellikleri şiddetli moleküler degradasyon nedeniyle valsli kurutucuda belirgin şekilde değişmektedir [61]. İntant çorba tozu için yüksek suda çözünürlük indeksi değeri önemlidir. Çünkü tüketilmeden önce hazır çorbaların sıcak suyla karıştırılması, hızlı bir şekilde çözülmesi ve kısa bir süre içinde içmeye hazır hale gelmesi gerekir [119].

İntant çorba tozlarının suda çözünürlük indeksi (SÇİ) sonuçları Tablo 4.6'da sunulmuştur. Ortalama SÇİ değeri 20.17 ± 0.772 olup $17.93-23.14$ arasında değişmektedir. SÇİ işlem görmemiş maş fasulyesi ununda $3.04-20.76$ [23,27] ve pirinç ununda $0.57-9.84$ [93,182] arasında değişmiştir. Kütlece yarıdan fazlasının maş fasulyesi ve pirinç unundan oluştuğu çorba tozlarının jelatinizasyon sonundaki elde edilen ortalama 20.17 SÇİ değeri bu bakımdan anlamlıdır. Verilerimiz, buğday ve prejelatinize buğday unundan ekstrüzyonla üretilen instant toz tarhanaların ($20.25-26.21$) [118] ve pirinç&fasulyeden üretilen ekstrüde instant çorba tozunun (17.5 ± 0.62) sonuçları ile yüksek uyum göstermiştir. Paralel olarak Sharma ve ark.

[31] pirinç:maş fasulyesi (70:30 w/w) unu karışımından elde ettikleri ekstrüdatlarda suda çözünürlük indeksini %12.4-20.17 arasında raporlamıştır. Öte yandan tatlı su çipurası (tilapi) balık unuyla üretilen instant çorbada gözlenen oldukça yüksek SÇİ oranı (%52.20) çorbanın kompozisyon farklılığı ile maltodekstrin, nişasta, tuz gibi katkıların varlığına atfedilmiştir [183]. Asitle hidrolize edilerek püskürtmeli kurutucuda kurutulmuş instant tarhana tozunun aşırı yüksek olarak bulunan %70 SÇİ değeri ise ön asit hidrolizasyonunda moleküllerin küçülmesi ve glikozidik bağların kopmasının bir sonucudur [90].

Suda çözünürlük indeksi (SÇİ), fazla sudaki proste biyomoleküllerin (nişastalar, suda çözünür lifler, proteinler ve / veya şekerler vb.) çözünürlüğünün bir göstergesidir [31]. Su absorpsiyon indeksi (SAİ), granül ya da nişasta polimerinin su alıp şişmesini ifade ederken, suda çözünürlük (SÇİ) granülden dışarıya polisakkarit veya serbest polisakkarit salımını ifade eder [184]. Valste kurutulan un ve nişastaların işlem görmemiş unlara göre suda çözünürlüklerinin önemli düzeyde arttığı raporlanmıştır [27,54,68,92]. Sirikong ve ark. [27] maş fasulyesi ununun suda çözünürlük indeksinin valsli kurutma sonrası %3.04'den %9.01'e yükseldiğini saptamıştır. Benzer olarak patates ununun da valsli kurutma ile SÇİ değeri yaklaşık 3 kat artmıştır. Bu artış nişastanın moleküler hasarı ve dekompozisyonunun göstergesidir [91]. Ham nişasta granülleri soğuk suda çözünmemektedirler. Jelatinizasyon sırasında moleküller arası hidrojen bağlarının kopmasından dolayı nişasta granülleri parçalandığı için su molekülleri hidroksil gruplarına daha kolay bağlanabilmektedir. Bu da nişasta çözünürlüğünde artışa yol açmaktadır [185,186]. Diğer yandan riceberry (esmer pirinç) ununun 110-130 °C arasında uygulanan valsli kurutma işlemi sonucunda suda çözünürlük indeksinin azaldığı raporlanmıştır [68].

Bir çalışmada valsli kurutmada kinoa ununun suda çözünürlük indeksi (SÇİ), normal pişirme işlemine göre (60 dk) daha düşük; su absorblama indeksi (SAİ) ise daha yüksek bulunmuştur [172]. Bu çalışma valsli kurutmanın normal pişirme işlemine göre unun su tutma yeteneğini suda çözünürlükten daha iyi geliştirdiğini göstermiştir. Normal pişirme ise daha fazla polimer degradasyonu ile düşük moleküler ağırlıklı bileşenlerin oluşumunu sağlayarak SÇİ'yi artırmıştır.

Dogan ve ark.'na göre [187], nişasta-protein bazlı karışımlarda sıcaklıkla artan nişasta jelatinizasyonunun suda çözünürlüğü artırması, proteinlerin degradasyonunu ise azaltması beklenir. Bu nedenle suda çözünürlükteki değişimi hangi fenomaya göre ele alarak yorumlamak önemli olduğu kadar güçtür.

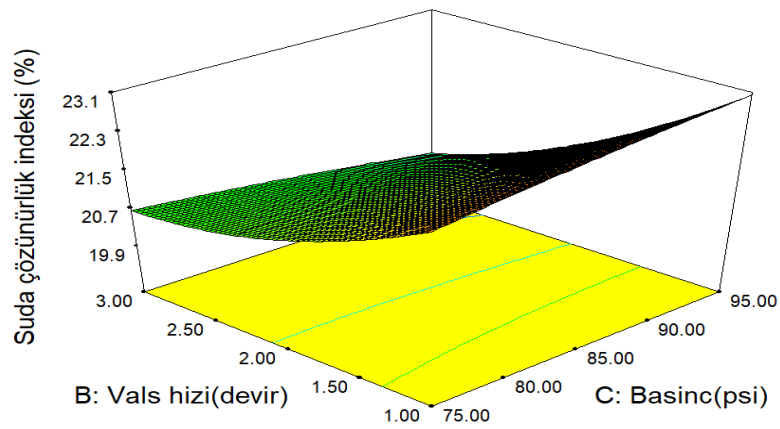
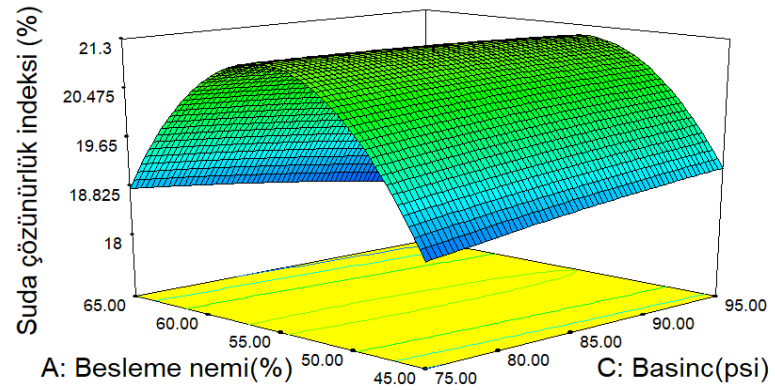
Bağımsız değişkenlerin SÇİ üzerine etkilerini gösteren polinomiyal model denklemi (Adj R²=0.98) kodlanmış değişkenler cinsinden aşağıda verilmiştir. Suda çözünürlük indeksi üzerine hamur besleme neminin (A) negatif lineer ve negatif kuadratik; vals hızının (B) negatif lineer ve pozitif kuadratik etkisi önemlidir. Basınç tek başına önemli değil iken (p<0.05) besleme nemi (AC) ve vals hızı (BC) ile SÇİ'yi negatif etkileyen önemli interaksiyonları olmuştur (p<0.05). SÇİ üzerine en etkili parametre vals hızı olup aralarında önemli negatif korelasyon vardır (r= -0.55) (p<0.05) (EK C). İstatistiksel testlerin geçerliliğinin analizinde kullanılan diagnostik varsayım grafikleri Şekil 4.14' de verilmiştir. Bu grafiklerden model tahminlerinin deneysel verilerle uyum içerisinde olduğu görülmektedir. Varyans analizi ve model istatistikleri Tablo 4.7'de ve EK B'dedir.

$$\text{Suda çözünürlük indeksi (SÇİ)} = +21.16 - 0.21A - 1.22B - 0.33AC - 0.34BC - 2.49A^2 + 0.39B^2$$

(4.8)

Şekil 4.13'den görülebileceği üzere besleme nemi arttığında tozların suda çözünürlük indeksi bir miktar artmış ancak yaklaşık %55 nemden sonra çok daha şiddetli bir azalma eğilimi göstermiştir. %55 neme kadar hakim olan dekstrinizasyonla artış gösteren SÇİ, daha yüksek nemlerde bu etkinin azalmasıyla ortadan kalkmış olabilir. Supprung ve Noomhorm [93] da benzer şekilde pirinç ununun valsli kurutucuda prejelatinizasyonunda besleme nemi arttığında suda çözünürlük indeksinin azaldığını bildirmiştir. Suda çözünürlük indeksi daha çok nişastanın degradasyonu ve dekstrinizasyonu ile ilgilidir ve proses koşulları ile hammadde kompozisyonundan etkilenmektedir [188]. Dekstrinizasyon ne kadar yüksek olursa nişasta moleküllerinin suda çözünür olan daha küçük moleküllere (dekstrinler) parçalanması ve böylece suda çözünürlük o derece artar [119]. Supprung ve Noomhorm [93]'ün çalışmasında açıklandığı gibi dekstrinize nişasta miktarındaki artış SÇİ'da artışa neden olabilir. SÇİ'daki bu artış, düşük nemde ve yeterli sıcaklıkta artan katı madde oranına,

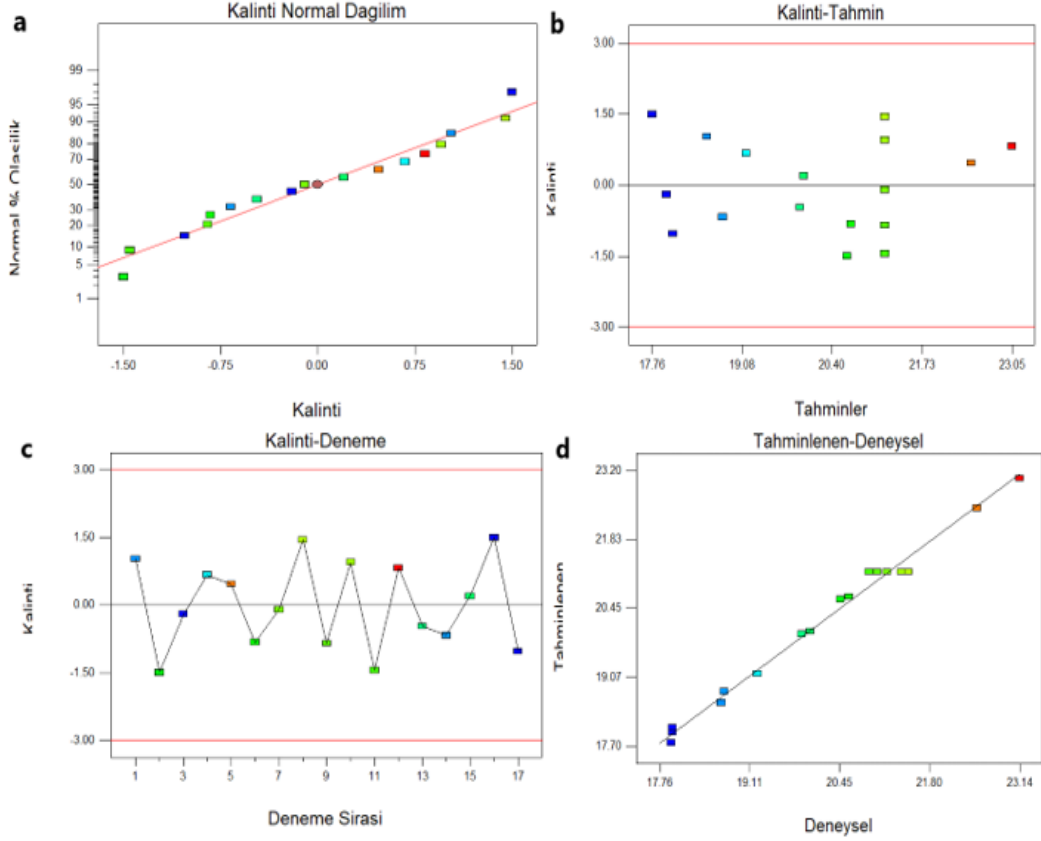
dolayısıyla daha viskoz yapıya sahip nişasta granülü ile vals yüzeyi arasındaki sıkışmaya bağlı gerilim ve kesme kuvvetinden kaynaklanabilmektedir. Gomez ve Aguilera [138] yüksek kesme kuvvetli ekstrüzyon prosesinde %20'nin altındaki nem seviyelerinde dekstrinizasyonun baskın mekanizma haline geldiğini belirtir. Pirinç ve maş fasulyesi unu karışımının ekstrüzyonunda [31] ve diğer bazı ekstrüzyon çalışmalarında da [55,145,189] besleme nemi arttıkça SÇİ'nin azaldığı raporlanmıştır. Sonuçlarımıza karşıt olarak; Fritze [143] ve Takahashi ve Ojima [144] valse beslenen nişastanın soğuk sudaki çözünürlüğünün besleme nem içeriğiyle birlikte (özellikle %70'in üzerinde [144]) arttığını raporlamıştır. Fritze [143] bu duruma sebep olarak; yüksek nem içeriğinde genişleyen valsler arasındaki havuz hacminde yeterli hidrotermal değişimin gerçekleşebileceğini belirtmiştir. Besleme nemi*basınç etkileşimini (AC) SÇİ'de azalmaya neden olmuş; Şekil 4.13'de görüldüğü gibi yüksek besleme nemlerinde basınç arttıkça SÇİ azalmıştır.



Şekil 4.14 Suda çözünürlük indeksi üzerine besleme nemi, vals hızı ve basıncın etkisi (2 devir vals hızı-%55 besleme nemi sabitinde)

Çalışmamızda suda çözünürlük indeksi vals hızı azaldığında önemli bir artış göstermiştir ($p < 0.01$). Vals hızının lineer etkisi kuadratik etkisinden büyüktür ve vals hızı azaldığında yüzeyde artan sıcaklığa bağlı olarak suda çözünürlük indeksi lineer artmıştır (Şekil 4.13). Artan SÇİ değerleri yüksek sıcaklıkta nişasta granüllerinin tahribatı, kristallenme derecesinin azaltılması ve jelatinizasyon sırasında nişasta moleküllerinin bozulmasından dolayı olabilmektedir [90]. SÇİ suda çözünen madde miktarı ile ilgilidir. Artan sıcaklıkla gelişen şiddetli jelatinizasyonda degradasyonla granül dışına sızan amilopektin ve amiloz gibi moleküler fraksiyonlar çözünürlüğü artırır [182]. Yüksek sıcaklık ve düşük nemdeki kesme kuvvetiyle gelişen dekstrinizasyon ile SÇİ artabilir [178]. Parçalanma ile amiloz&amilopektin fraksiyonlarının molekül ağırlıkları azalır ve düşük molekül ağırlıklı bileşenlerin suda daha iyi çözüldüğü [55], SÇİ'yi artırdığı bilinmektedir [167]. Çalışmamızda alınan sonuçlara paralel olarak; Nakorn ve ark. [54] pirinç ununda; Anderson [96] çeşitli tahıllarda (buğday, arpa, çavdar, yulaf) vals sıcaklığı arttığında SÇİ değerinin arttığını gözlemlemiştir. Yadav ve ark. [61]'nin çalışmasında patates ununun valsli kurutma sıcaklığıyla beraber yükselen çözünürlüğü prosesle gelişen moleküler düzensizlik ve nişastanın hidrofilik karakterinin artmasına atfedilmiştir. Vals dönme hızı*basınç interaksyonu (BC) SÇİ'de azalmaya neden olmuş; Şekil 4.13'de görüldüğü gibi yüksek vals hızlarında basınç arttıkça SÇİ azalmıştır.

Diğer yandan; artan amiloz miktarı suda çözünürlüğü olumsuz etkilemektedir [32,54,55]. Isıl işlem esnasında aktif amilozun diğer bileşenlerle oluşturduğu komplekslerin (amiloz-lipid, amiloz-protein vb.) çözünürlüğü azalttığı bildirilmiştir [29,137,190].



Şekil 4.15 Suda çözünürlük indeksi için seçilen modele ait diagnostik grafikler

4.3.7. Jelatinizasyon Derecesi (JD)

İstant veya kurutulmuş gıdaların genel karakteristiklerini belirlemede esas olarak nişasta molekülünün jelatinizasyonu sorumludur [93] ve jelatinizasyon özelliklerindeki değişim doğrudan pişme kalitesini etkilemektedir [32,51,89]. Jelatinizasyon su ile nişasta arasındaki molekül içi ve moleküller arası hidrojen bağının yeniden düzenlenmesine ve nişasta granüllerinde moleküler düzenin çökmesine veya bozulmasına neden olur. Bu durum nişastanın özelliklerinde; dağılma, düzenli yapısının kaybolması, granülün şişmesi, çift kırınım yapının yok olması ve kristalin yapının erimesi gibi geri dönüşümsüz değişikliklere neden olur [53,66,191].

Çorba tozlarının ortalama jelatinizasyon derecesi 90.49 ± 1.396 olup $79.01-97.60$ arasında değişim göstermiştir (Tablo 4.6). Jelatinizasyon derecesi önpişirme yapılmış valsli kurutucudaki kinoada 94.4 [172], yine valsli kurutucuda elde edilen instant pirinç ununda $61-84$ ve instant pirinç nişastasında $63-90$ arasında [93] rapor edilmiştir. Bir çalışmada ekstrüde edilmiş instant tarhana maksimum 60.49 JD sergilemiştir [118]. Mouquet ve ark. [192] ekstrüzyon sonrasındaki instant pirinç

ununda JD'yi %91-96 arasında saptarken, pirinç unu/kavrulmuş soya ve susam karışımından elde ettiği instant bebek maması bulamacında bu değeri %95-100 arasında tespit etmiştir. Bu araştırmacılar %83'ün altındaki jelatinizasyon değerine sahip unları 'ön pişmiş (precook)' olarak kabul etseler de 'instant' olmaları için yeterli bulmamışlardır. Lai [182] düşük ve yüksek amiloz içerikli pirinç unlarının hidrotelmal ısıtma işlemi sonucunda JD değerlerini %62.7-100 arasında bulmuş ve amiloz içeriği arttıkça JD değerinin azaldığını bildirmiştir. Jelatinizasyon sırasındaki değişimin boyutu; nem oranı, ürünün formülasyonu, basınç ve kesme kuvveti etkisi, ısıtma şekli gibi birçok fiziksel parametreden etkilenir [193]. Anderson [96]'a göre valsli kurutmada pişme derecesi genellikle nem içeriğine, partikül büyüklüğüne, sıcaklığa, vals basıncına ve süreye bağlıdır. Dolayısıyla literatürde raporlanan birbirinden farklı JD değerleri çalışılan hammaddenin, kompozisyonun, proses koşullarının, uygulanan prosesin ve JD değerini ölçüm metodunun farklılığı gibi birçok etkenden kaynaklanabilir.

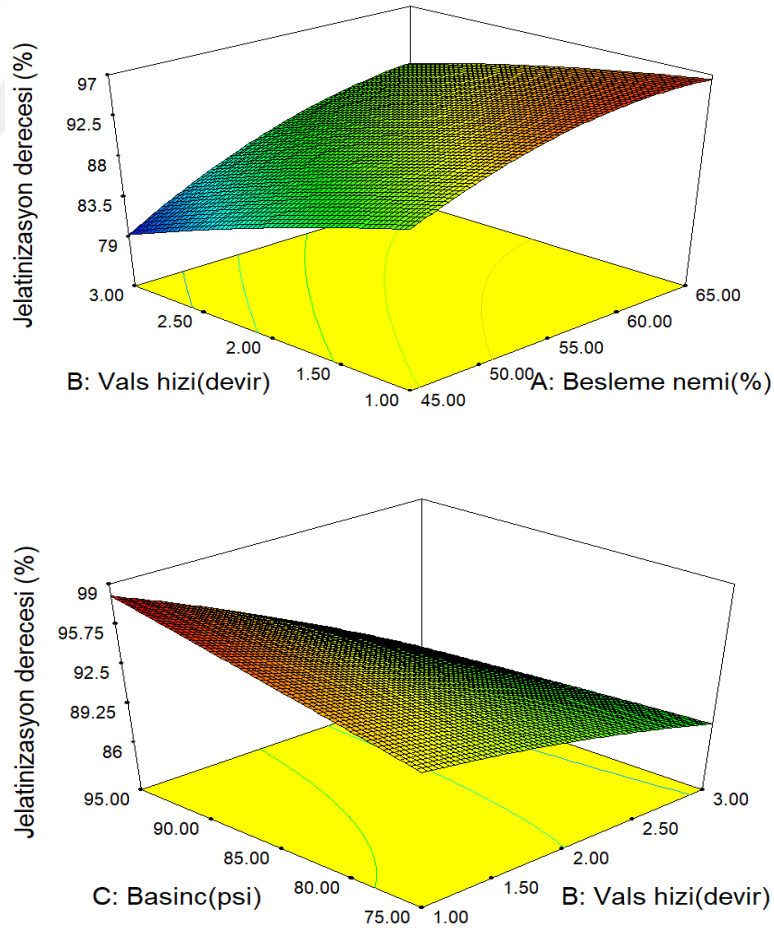
Valsli kurutma sıcak-hava ile kurutma işleminden daha yüksek jelatinizasyon derecesi değerleri sergilemiş ve bu proses ile patatesin jelatinizasyon derecesi yaklaşık 4 kat artmıştır [61]. Ruales ve ark.[172] ön-pişirme yapıldıktan sonra valsli kurutucuda kurutulan kinoanın uygulanan ekstrüzyon ve pişirme işleminden daha yüksek jelatinizasyon derecesi sergilediğini bildirmiştir. Benzer şekilde çalışmamızda da kullanılan unların daha önceden prejelatinize tedarik edilip valsli kurutma ile ikinci kez jelatinizasyona uğratılması jelatinizasyon derecesini artırmış olabilir.

Bağımsız değişkenlerin jelatinizasyon derecesi üzerine etkilerini gösteren polinomial model denklemi ($Adj R^2=0.95$) kodlanmış değişkenler cinsinden aşağıda verilmiştir. Jelatinizasyon derecesi üzerine hamur besleme neminin (A) pozitif lineer ve negatif kuadratik; vals hızının (B) negatif lineer, basıncın (C) pozitif lineer etkisi önemlidir ($p<0.05$). Ayrıca vals hızının JD üzerine sırasıyla besleme nemi (AB) ve basınç (BC) ile olan pozitif ve negatif interaksiyon etkileri önemli olmuştur($p<0.05$). Besleme nemi ve vals hızının JD üzerindeki etkisi hemen hemen aynı seviyede olup JD üzerine en düşük etkiyi yaratan basınç parametresidir. Varyans analizi ve model istatistikleri Tablo 4.7'de ve ve EK B'de verilmiştir. İstatistiksel testlerin geçerliliğinin analizinde kullanılan diagnostik varsayım grafikleri Şekil 4.16' de verilmiştir. Bu

grafiklerden model tahminlerinin deneysel verilerle uyum içerisinde olduğu gör÷lmektedir.

$$\text{Jelatinizasyon Derecesi (JD)} = +91.50 + 4.31A - 4.35B + 0.93C + 1.29AB - 1.70BC - 2.13A^2 \quad (4.9)$$

Jelatinizasyon önce granüllerin amorf bölgesine suyun girmesi ile başlar ve sonra kristalin bölgede devam eder. Dağılan yapıda amiloz molekül dışına çıkmaya başlar, sonuç olarak çoğunlukla dallı yapıdaki amilopektinler parçalanır ve amilozun oluşturduğu jelin içinde tutulur [194,195]. Jelatinizasyon ile genellikle su absorpsiyon yeteneği, suda çözünürlük ve jelatinizasyon derecesi artar ve bu fonksiyonel değişimler genellikle instant/prejelatinize gıdalarda istenen esansiyel özelliklerdendir [52,92,138,193].



Şekil 4.16 Jelatinizasyon derecesi üzerine besleme nemi, vals hızı ve basıncın etkisi (85 psi basınç-%55 besleme nem sabitlerinde)

Şekil 4.15’de görüldüğü gibi jelatinizasyon derecesi besleme nemi ile birlikte kuadratik artış göstermiştir. En yüksek seviyesine vals hızı ve basıncın en şiddetli koşulu olan %55 besleme nemi-1 devir vals hızı- 95psi denemesinde ulaşmış (12 numaralı örnek), %55 nemden sonra azalarak artış göstermiştir. En düşük seviye ise minimum besleme nemi, maksimum vals hızı ve ortalama basınç kombinasyonunda (%45-3 devir-85psi) gözlenmiştir. Jelatinizasyon derecesi ile besleme nemi arasında önemli pozitif korelasyon ($r= 0.65$) ($p<0.01$) (EK C) vardır. Daha önce, ortamda az miktarda su bulunduğu normal jelatinizasyon sıcaklık aralığında tam bir jelatinizasyonun meydana gelmediği bildirilmiş [195] ve mekanizma için gerekli minimum su miktarı %30-35 rapor edilmiştir [193,196]. Ortamdaki bağlanacak olan su miktarı arttığında garnüller daha fazla su alarak şişmekte [144], böylece nişastanın hidrotermal değişimi de artmaktadır [143]. Takahashi ve Ojima [144] valsli kurutucuda %50’den düşük nem içeriklerinde nişastanın tam jelatinize olmadığını ve hatta %40 nemin altında valsler arasında kısmi dektirinizasyonun başladığını saptamıştır. %55 ve üzerindeki nem oranlarında ise jelatinizasyonun bir diğer göstergesi olarak nişastanın çift kırınım görüntüsünün kaybolduğunu bildirmiştir. Çorba tozlarında artan besleme nem içeriğinde hidrotermal etkinin iç kısımlara penetrasyonu artmış ve böylece jelatinizasyon derecesi artmış olabilir. Bulgularımıza paralel olarak; pirinç ununun valsli kurutma prejelatinizasyonunda (115-135°C) artan besleme nem içeriğiyle (%60-80) birlikte örneklerin JD değerinin %61’den %84’ e doğru arttığını bildirilmiştir [93].

Valsli kurutma prosesinde su alarak şişme, degrade olarak çözünmeden daha baskın bir fenomadır [66,69,70]. Proseste nem arttıkça yüksek nemin koruyucu etkisiyle hasar görmemiş ve uzun boyutlu polimer zincirler ortamda ısının da varlığıyla daha fazla su ile ilişkiye girerek [138] su absorpsiyonuyla gelişen jelatinizasyon derecesini artırabilirler. Dolayısıyla valsli kurutmada jelatinizasyon derecesi, nişastanın parçalanarak degrade olma derecesinden ziyade su absorblayarak jelatinleşme indeksinin bir göstergesi olarak düşünülebilir.

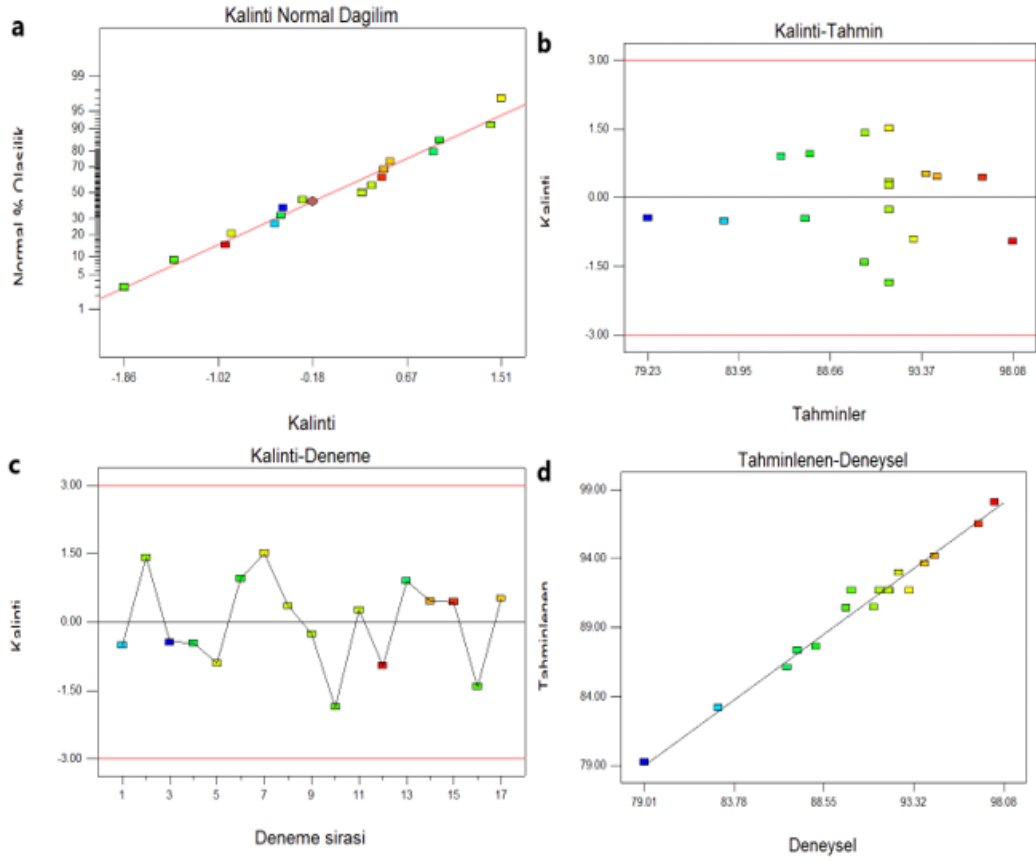
Yanıt yüzey grafiklerinden görüldüğü gibi; vals hızının azalması (aynı zamanda valste kalış süresinin artması) ve vals basıncının artması, yükselen sıcaklıkla birlikte tozların jelatinizasyon derecesini de artırmıştır (Şekil 4.15). Vals hızının

besleme nemi ile interaksyonu (AB) JD üzerinde artırıcı, basınç (BC) ile interaksyonu azaltıcı etkide olmuştur. En yüksek vals hızlarında artan besleme nemi ile JD de artmıştır. En yüksek basınç seviyelerinde artan vals hızı ise bu değeri azaltmıştır (Şekil 4.15).

Jelatinizasyon derecesi ile vals hızı arasında önemli negatif korelasyon ($r = -0.65$) ($p < 0.01$) saptanmış, daha düşük etki değeri gösteren basınç ile arasında herhangi bir korelasyon bulgulanmamıştır (EK C). Supprung ve Hoomhorm[93] valsli kurutma ile pirincin prejelatinizasyonunda farklı yüzey sıcaklıkları (115-135 °C) ve kalma sürelerinde (14-18 sn) çalışmış ve artan kalma süresinin JD'yi artırdığını ancak artan yüzey sıcaklığının JD üzerinde etki yaratmadığını bildirmiştir. Diğer ısı işlem çalışmalarında (ekstrüzyon, hidrotermal ısıtma vb) [182,187] genellikle sıcaklık artışı nişastanın jelatinizasyonunu artırmıştır. Ancak belli bir sıcaklıktan sonra da; nişastanın degrade olması, dirençli nişasta, nişasta-lipid ve nişasta-protein gibi komplekslerin oluşmasından dolayı jelatinizasyonun azaldığı raporlanmıştır [179,197,198].

JD'nin belirlenmesindeki amilozun iyotla kompleks oluşturma metodu, jelatinize olmuş nişastanın olmamış olana göre soğuk suda daha iyi çözünerek daha hızlı iyot bağlamasına dayanır. Amiloz/iyot kompleksinin rengi (molekül boyutuna göre) mavi renkte oluşur [102]. Çalışmamızda jelatinizasyon derecesi hem SAI hem SÇİ ile önemli korelasyon vermiştir. SAI ile gösterdiği pozitif korelasyon ($r = 0.55$) ($p < 0.05$), SÇİ ile verdiği korelasyondan ($r = 0.50$) ($p < 0.05$) nispeten daha yüksektir (EK C). Dolayısıyla jelatinizasyon derecesinin sıcaklık arttıkça suda çözünmenin baskın gelmesine, nem arttıkça da su absorpsiyonunun baskın gelmesine bağlı olarak oluşan iyot-nişasta komplekslerinin artmasıyla yükseldiği düşünülmektedir.

Diğer yandan bir çalışmada SAI ile SÇİ arasında pirinç nişastasında negatif bir ilişki tespit edilmiştir[54] ancak çalışmamızda bu iki özellik arasında önemli bir korelasyon saptanmamıştır.



Şekil 4.17 Jelatinizasyon derecesi için seçilen modele ait diagnostik grafikler

Optimizasyonda dördüncü yanıt olarak seçilen duyuşal genel kabul edilebilirlik parametresi **madde 4.3.10.5**'de ele alınarak değerlendirilmiştir.

Tablo 4.8'de optimizasyon yanıtlarına ait model denklemleri kodlanmış bağımsız değişkenler cinsinden model katsayıları ile birlikte bir arada verilmiştir.

Tablo 4.8 Kodlanmış bağımsız değişkenlerin; besleme nemi(A), vals hızı(B), basınç(C); yanıtlar üzerindeki etkisini gösteren model denklemleri

Yanıt	Model	Adj-R ²
SAİ	$+3.80+0.40A+0.059B-0.063C-0.057A^2-0.062B^2$	0.97
SÇİ	$+21.16-0.21A-1.22B-0.33AC-0.34BC-2.49A^2+0.39B^2$	0.98
JD	$+91.50+4.31A-4.35B+0.93C+1.29AB-1.70BC-2.13A^2$	0.95
GK	$+5.28+0.60A+0.15B-0.16AC-0.19A^2-0.17B^2$	0.94

SAİ=Su absorpsiyon indeksi, SÇİ=Suda çözünürlük indeksi, JD= Jelatinizasyon derecesi, GK= Genel kabul edilebilirlik

4.3.8. Viskozite

Çorbada duyuşal kalite ve tüketicici tercihi açısından önemli olan viskozite [78,97,199] aynı zamanda instant karışımların en mühim özelliklerden biridir [119]. Çorbaların reolojik özelliklerini tanımlamak için power law denkleği [97] kullanılarak kıvam katsayısı (K) ve akış davranış indeksleri (n) belirlenmiştir. Tablo 4.9'da görüleceği üzere çorbaların ortalama K değeri $1.25\pm 0.124 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$ olup, $0.60\text{-}2.50 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$ arasında değişmektedir. Ortalama n değeri ise 0.44 ± 0.017 olup $0.39\text{-}0.56$ arasında değişim göstermiştir.

Tablo 4.9 Box Behnken deneme desenine göre çorbaların K, kıvam katsayısı ve n, akış davranış indeksi

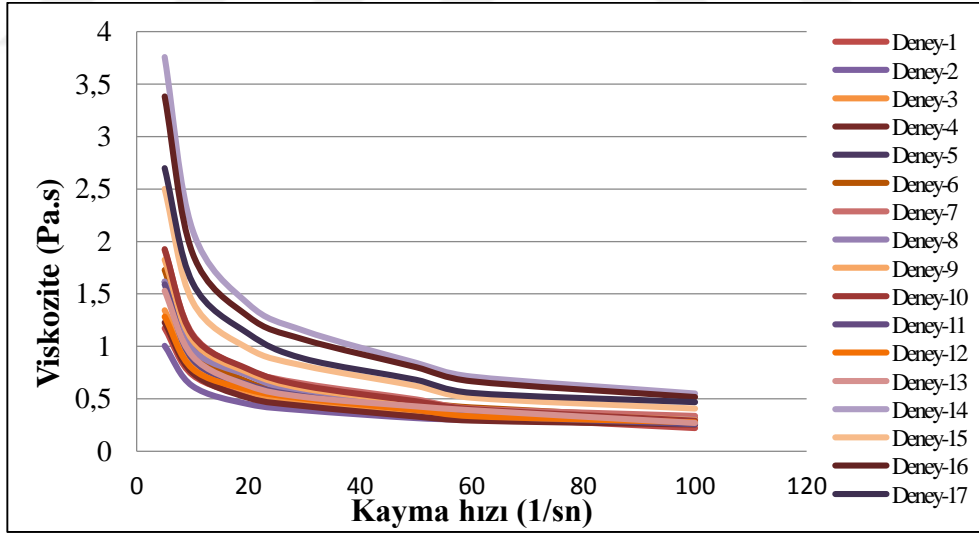
Deney no	Kıvam katsayısı, K (Pa.s ⁿ)	Akış davranış indeksi, n	R ²	
1	45-2-75	0.80 ± 0.070^{ef}	0.48 ± 0.018^{bc}	0.99
2	45-1-85	0.60 ± 0.028^f	0.56 ± 0.007^a	0.97
3	45-3-85	0.91 ± 0.085^{def}	0.44 ± 0.020^{cdefg}	0.99
4	45-2-95	0.81 ± 0.034^{ef}	0.47 ± 0.014^{bcd}	0.98
5	55-1-75	1.06 ± 0.084^{cde}	0.45 ± 0.012^{cdef}	0.99
6	55-3-75	1.11 ± 0.120^{cde}	0.46 ± 0.031^{bcde}	0.98
7	55-2-85	1.27 ± 0.198^c	0.43 ± 0.021^{efghi}	0.98
8	55-2-85	1.10 ± 0.155^{cde}	0.43 ± 0.013^{defgh}	0.99
9	55-2-85	1.23 ± 0.147^{cd}	0.41 ± 0.024^{ghij}	0.99
10	55-2-85	1.30 ± 0.211^c	0.39 ± 0.006^{ij}	0.98
11	55-2-85	1.04 ± 0.063^{cde}	0.42 ± 0.022^{fghij}	0.99
12	55-1-95	0.87 ± 0.091^{ef}	0.5 ± 0.027^b	0.99
13	55-3-95	1.01 ± 0.129^{cde}	0.46 ± 0.016^{cdef}	0.99
14	65-2-75	2.50 ± 0.109^a	0.37 ± 0.018^j	0.99
15	65-1-85	1.66 ± 0.112^b	0.41 ± 0.006^{hij}	0.99
16	65-3-85	2.23 ± 0.180^a	0.39 ± 0.017^{ij}	0.98
17	65-2-95	1.81 ± 0.286^b	0.42 ± 0.013^{ij}	0.98

Aynı sütun içerisinde farklı üstel harfe sahip değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

Sonuçlar, standart sapmaları ile birlikte verilmiştir.

Psödoplastik (kayma ile incelen) akışkanlarda akış davranış indeksi (n), 0 ile 1 arasında ($0<n<1$) olmalıdır [200]. Akışkanın n değeri azaldıkça Newtonian tipi davranış özelliğinden uzaklaşılır [88]. Tablo 4.9'da verilen n değerleri incelendiğinde, çalışma kapsamında elde edilen instant glutensiz çorbaların Newtonian olmayan akışkan sınıfına giren psödoplastik akışkanlar olduğu ($n<1$) görülmektedir. Psödoplastiklerin viskozitesi kayma hızı arttıkça azalır [200]. Şekil 4.17'de çorbaların değişen kayma hızı ile görünür viskozite değerlerindeki değişim görülmektedir.

Kayma hızındaki artışa karşılık görünür viskozite değerinde azalma bu çorbaların psödoplastik tipte akışkanlar olduğunu doğrulamaktadır. Verilerimizi destekler nitelikte; literatürde birçok çalışmada tarhana ve benzeri çorbalar psödoplastik tipte akışkanlık göstermiştir [78,81,88,97,199,201]. Çeşitli kurutma metotlarının tarhananın fonksiyonelliği üzerine etkisini inceleyen Hayta ve ark. [88] mikrodalga, dondurarak ve tünelde kurutma gibi metotların K ve n değerlerini etkilediğini ve çorbaların psödoplastik özellik gösterdiğini bulmuştur. İbanoğlu ve İbanoğlu [97], K ve n değerlerinin kullanılan un tipi ve tozun partikül büyüklüğüne bağlı değiştiğini, partikül boyutu büyüdüğünde viskozitenin azaldığını, artan sıcaklık ve kesme kuvvetinde viskozitenin azaldığını ve tarhananın psödoplastik akış özelliği gösterdiğini raporlamıştır. Ayrıca birçok çalışmada n akış davranış indisi çalışılan sıcaklık değişiminden etkilenmemiştir [97,199,201]. Seyreltik asitle hidrolize edildikten sonra, püskürtmeli kurutucuda kurutulmuş elde edilen instant tarhananın viskozitesi kontrol tarhanadan düşük bulunmuştur. Asit hidrolizi ile nişasta granülleri arasındaki bağların parçalanmasıyla moleküllerinin küçülmesi SAI ve viskoziteyi azaltırken SÇİ'yi artırmıştır [87].



Şekil 4.18 Çorba viskozitelerinin kayma hızına bağlı değişimleri

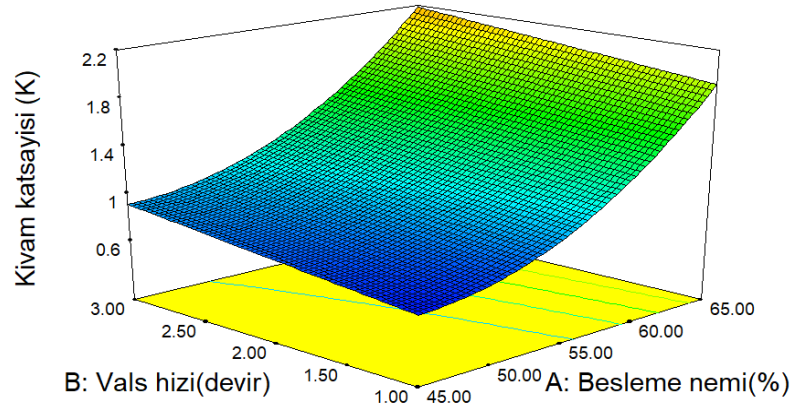
Power-law denkleğine göre görünür viskozite kıvam katsayısı ile pozitif olarak ilişkilidir [200]. K değeri gıdalarda viskoz olma durumunun bir göstergesidir ve yüksek olması gıdanın daha viskoz yapıda olduğunu gösterir [199]. Kıvam katsayısının (K) regresyon analizi sonucunda elde edilen polinomial model denklemi

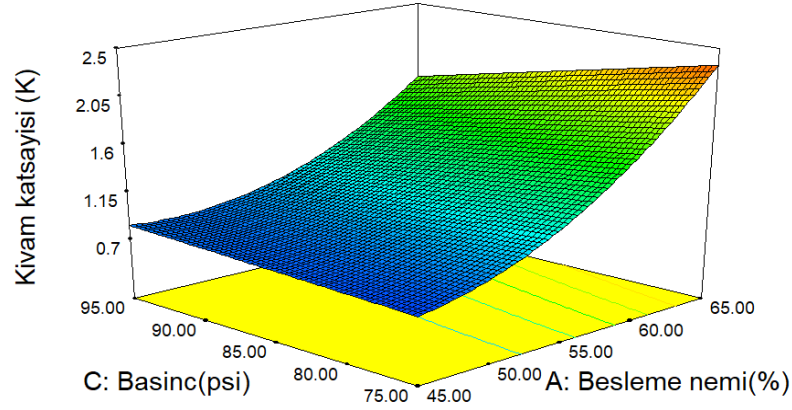
(Adj R²=0.92) kodlanmış değişkenler cinsinden aşağıdaki gibidir. Varyans analizi ve model istatistikleri Ek B’de verilmiştir.

$$\text{Kıvam katsayısı (K)} = +1.11+0.64A+0.13B-0.12C-0.17AC+ 0.31A^2 \quad (4.10)$$

Kıvam katsayısı (K) değeri üzerine besleme neminin (A) pozitif lineer ve kuadratik, vals hızının (B) pozitif lineer ve basıncın (C) negatif lineer etkileri önemli bulunmuştur (p<0.05). Besleme nemi ve basıncın (AC) interaksiyon etkisi negatif olmuştur (p<0.05). Kıvam katsayısı üzerine en etkili parametre besleme nemi olup (r=0.87, p<0.01), diğer iki parametrenin etki derecesi birbirine yakın çıkmıştır.

Viskozite çorbalarda önemli bir kalite kriteridir [83] ve nişasta gıdanın viskozitesini belirleyen önemli bir bileşendir. Bir nişasta bulamacının viskozitesi büyük oranda granüllerin jelatinizasyon derecesi ve moleküler yıkımın boyutuna bağlıdır [91]. Soison ve ark. [91], 120-140 °C-%10 katı madde oranı -0.87 rpm vals hızındaki işlemde önpışirilmiş patates ununun RVA’da pik viskozite vermediğini saptamış ve bunu nişastada neredeyse tam bir jelatinizasyonun gerçekteştiğinin göstergesi olarak kabul etmiştir. Valsli kurutma nişasta granülünün bütünlüğünü tahrip ederek viskozitede azalmaya neden olur. Prejelatinizasyonla viskozitedeki azalma, nişasta granüllerinin daha fazla degradasyonunu ve jelatinizasyonunu yansıtır [61,202]. Prejelatinize unlar normal unlardan daha düşük viskoziteye sahiptirler ancak normal unların jelatinizasyon sıcaklıklarının altında daha yüksek viskozite verirler [27,92].





Şekil 4.19 Kıvam katsayısı üzerine besleme nemi, vals hızı ve basıncın etkisi (85 psi basınç ve 2 vals hızı sabitlerinde)

Şekil 4.18 yanıt yüzey grafiğinden görüldüğü gibi besleme nemi ile birlikte artan kıvam katsayısı özellikle %55 nemden sonra daha şiddetli bir yükselme ile kuadratik artış göstermiştir. Yüksek nem seviyelerinde suyun nişasta granülü üzerinde koruyucu etkisi sonucunda dağılmış (şişmiş) fazın degradasyonu daha az olur ve viskozite daha yüksektir [55,143]. Elde edilen bulgularımız, pirinç unu ve nişastasının valsli kurutma ile prejelatinizasyonunda (115-135 °C/ %60-80 nem) katı madde konsantrasyonu arttıkça azalma eğilimindeki viskozite değerlerinin raporlandığı çalışma ile uyum göstermektedir [93]. Benzer şekilde Fritze [143] mısır ununun çift valsli kurutulmasında %90 nem içeriğinden %60'a olan azalışın viskozitede de düşüş yarattığını saptamıştır. Araştırmacıya göre viskozitedeki azalış düşük nem (yüksek konsantrasyon) ortamında dekstirinizasyonun hali hazırda başlamasından kaynaklanabilir. Gomez ve Aguilera'ya [178] göre yüksek nemlerde yüksek viskozite değerleri jelatinize ürünler için tipiktir, diğer yandan nemin düşmesiyle azalan viskozite ise polimerlerin bozulmasının bir göstergesidir.

Nişastalı yapıların reolojik davranışın yorumlanması dağılmış fazın (şişmiş partiküller) ve sürekli fazın (çözünen makromoleküller) nispi katkısının belirlenmesini gerektirir. Valsli kurutmada prejelatinize nişastaların reolojik özellikleri öncelikli olarak şişmiş parçacıklara yani su absorpsiyon yeteneğine bağlıdır [66,70]. Valste kurutulmuş nişastanın amilograf viskozitesinin suda çözünürlükten ziyade daha çok su alarak şişme ile ilişkili olduğu bildirilmiştir [144]. Yine ekstrüde fasulye tozlarının [141] ve mısır nişastasının [138] yüksek viskozite değeri yüksek su tutma kapasiteleriyle ilişkilendirmiştir. Bu çalışmalarla uyumlu olarak çalışmamızda da

tozların su absorpsiyon indeksi ile kıvam katsayısı (K) arasında önemli pozitif güçlü korelasyon saptanmıştır ($r=0.88$) ($p<0.01$). Ancak K değeri ile SÇİ arasındaki negatif korelasyon ($r= -0.42$) istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p<0.05$) (EK C).

Vals hızındaki azalış ve sistem basıncındaki artış viskozitede lineer olarak azalışla sonuçlanmıştır (Şekil 4.18). Azalan vals hızı ve artan basınçta yükselen termal strese bağlı olarak artan nişasta makromoleküllerinin degradasyonu viskozitede azalmaya neden olmuştur. Artan vals sıcaklıklarında nişastanın tahribatı ve moleküller arası hidrojen bağlarının kopmasıyla viskozitenin azaldığı diğer valsli sistemlerde de saptanmıştır [54,93]. Valsli kurutmada, nişastanın ana kimyasal kompozisyonu değişmez, azalan viskozite değerleri nişastanın daha düşük molekül ağırlıklı makromoleküllerine parçalanmasıyla açıklanabilir [66,69]. Çalışmamıza paralel olarak Anastasiades ve ark. [66] da artan basıncın ve yavaşlayan vals hızının prejelatinize mısır nişastasının viskozitesi üzerinde azaltıcı etki yarattığını bildirmiştir [66]. Dönme hızı yükseldiğinde vals sıcaklığının düştüğü, ancak ürünün kütle akış hızı ve son neminin yükseldiği fark edilmiştir [65], dolayısıyla daha yüksek dönme hızlarında materyal daha hafif bir yıkıcı muameleye maruz kalır ve viskozitesi daha yüksektir [66].

Valsli kurutmada ayrıca nişastanın amiloz: amilopektin oranı arttıkça viskozite azalmaktadır [54]. Termal proses etkisiyle nişasta- protein ve nişasta-lipid komplekslerinin oluşumu veya nişastanın proteinler arasında sıkışarak suyu absorblayamaması gibi nedenlerle SAİ ve dolayısıyla viskozite azalabilmektedir [29,141,186].

İstant tarhana çalışmalarında hidrokolloid kullanımının viskoziteyi artırdığı ifade edilmektedir [57,86,149]. İstant tarhanada Durmuş [57] ksantan gam, keçi boynuzu ve guar gamı arasında en yüksek viskoziteyi guar gamı kullanımında, Öney [86] ise modifiye nişasta, guar gam ve lesitin kombinasyonu ile modifiye nişasta+guar gamı kombinasyonunda elde etmiştir. Bu çalışma sonuçları dikkate alındığında, kullandığımız guar gamın da instant çorbaların viskozitesine olumlu yönde katkı yaptığı düşünülebilir. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde çorbaların karışımını oluşturan bileşenlerin özelliklerine ve proses koşullarına bağlı olarak farklı viskozite değerlerine sahip olabildikleri anlaşılmaktadır [84,88,116,201,204].

4.3.9. Renk (Hunter)

Renk doğrudan gıda ürünlerinin kabul edilebilirliği ile ilgili olan önemli bir fiziksel kalite faktörüdür. Çorba örneklerinin renk tayini Hunter *L* (100:aydınlık, 0:koyuluk), *a* (*a*+:kırmızılık, *a*-:yeşillik), *b* (*b*+:sarıklık, *b*-:mavilik) değerlerinin saptanmasıyla yapılmıştır. Saptanan *L*, *a* ve *b* değerleri Tablo 4.10' da verilmiştir.

Tablo 4.10 Box Behnken deneme desenine göre çorbaların renk (*L*,*a*,*b*) değerleri

Deney no	Renk <i>L</i> değeri	Renk <i>a</i> değeri	Renk <i>b</i> değeri	
1	45-2-75	39.51 ±0.256 ^h	7.35 ±0.032 ^{bcd}	16.15±0.090 ^e
2	45-1-85	38.06 ±0.263 ^j	7.44 ±0.105 ^{ab}	16.2±0.130 ^e
3	45-3-85	40.22 ±0.214 ^g	7.25 ±0.049 ^e	16.06±0.042 ^e
4	45-2-95	39.31 ±0.125 ^h	7.37 ±0.057 ^{bcd}	16.4±0.095 ^d
5	55-1-75	41.43 ±0.070 ^{cd}	7.41 ±0.030 ^{bc}	16.75±0.075 ^{bc}
6	55-3-75	41.67 ±0.059 ^{bc}	7.35 ±0.038 ^{cd}	16.68±0.061 ^{bc}
7	55-2-85	41.14 ±0.110 ⁱ	7.38 ±0.050 ^{bcd}	16.62±0.055 ^c
8	55-2-85	41.65 ±0.097 ^f	7.36 ±0.060 ^{bcd}	16.57±0.064 ^{cd}
9	55-2-85	41.25 ±0.181 ^{cd}	7.39 ±0.021 ^{bcd}	16.6±0.092 ^c
10	55-2-85	40.85 ±0.104 ^e	7.4 ±0.112 ^{bcd}	16.64±0.080 ^c
11	55-2-85	41.15 ±0.104 ^{bc}	7.4 ±0.035 ^{bcd}	16.71±0.118 ^{bc}
12	55-1-95	38.85 ±0.085 ^{de}	7.46 ±0.053 ^a	16.72±0.047 ^{bc}
13	55-3-95	40.84 ±0.182 ^f	7.31 ±0.123 ^{de}	16.43±0.107 ^d
14	65-2-75	42.43 ±0.143 ^a	7.38 ±0.025 ^{bcd}	16.74±0.067 ^{bc}
15	65-1-85	41.72 ±0.087 ^b	7.43 ±0.040 ^{abc}	16.95±0.125 ^a
16	65-3-85	42.53 ±0.105 ^a	7.35 ±0.022 ^{bcd}	16.69±0.072 ^{bc}
17	65-2-95	42.44 ±0.141 ^a	7.36 ±0.031 ^{bcd}	16.84±0.076 ^{ab}

Aynı sütun içerisinde farklı üstel harfe sahip değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$). Sonuçlar, standart sapmaları ile birlikte verilmiştir. (45,55,65: besleme nemi(%), 1,2,3: vals hızı(devir), 75,85,95:basınç(psi)).

4.3.9.1 Çorba örneklerinin *L* renk değeri

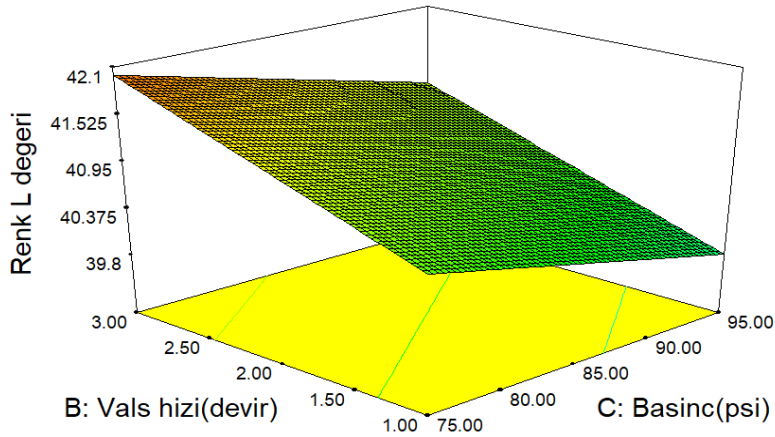
Deneysel desen çorba örneklerinin *L* (parlaklık) değerleri Tablo 4.10' da verilmiştir. *L* değerleri 38.06 ile 42.53 arasında değişiklik göstermekte olup ortalama 40.81 ±0.13' dir. *L* değerinin artması rengin açıktan siyaha doğru koyulaştığını gösterir. Literatürdeki çeşitli tarhana ve benzeri çorbalara bakıldığında; 36.66-94.60 aralığında *L* değerlerini sergiledikleri görülmekte ve mevcut çalışmadaki çorba örneklerinin bu aralığın alt seviyelerine giren değerleriyle literatüre göre koyu olduğu anlaşılmaktadır [88,126,132,149,201,205]. Tarhana formülasyonunun yöresel olarak değiştiği ve farklı çalışmalarda farklı bileşenlerin ve farklı tarhana üretim tekniklerinin kullanıldığı

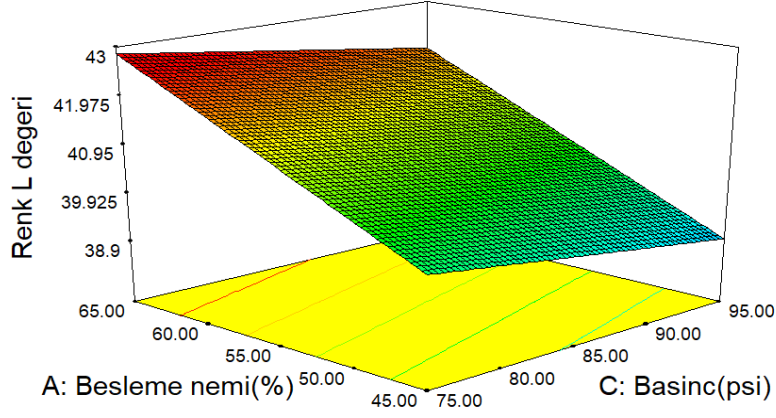
düşünüldüğünde, çalışmamızda elde edilen nispeten düşük L değerleri kullanılan maş fasulyesi unundan ve uygulanan ısıl işlem sonucundaki renk kayıplarından kaynaklanabilir. Nitekim Özmen [16] baklagil unlarıyla zenginleştirdiği glutensiz pirinç tarhanalarında (bezelye, nohut) baklagil unu oranı arttıkça L değerinin azaldığını bildirmiştir. Tarhananın ekstrüzyonu (120-160 °C sıcaklık, 80-160 rpm vida hızı) sonucunda ise kontrol tarhanaya göre daha düşük L ve daha yüksek a , b değerleriyle koyu renkli ve daha az parlak instant tarhana tozu üretilmiştir [118]. Buradan kullanılan materyale göre farklı L değerlerinin elde edilebileceği; uygulanan ısıl işlem ile de bu değer azalabileceği sonucuna varılabilir. Valsli kurutma ile elde edilen prejelatinize unların L değerlerinin azaldığı ve renginin koyulaştığı çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir [27,68,91,206].

Çalışmamızda L değeri ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi açıklayan lineer regresyon modelinin (Adj $R^2=0.81$) kodlanmış faktörler ile gösterimi aşağıda verilmiştir. Varyans analizine göre örneklerin L değeri üzerine üç bağımsız değişkenin de lineer etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Değer üzerine en etkili parametre besleme nemi olmuştur. Varyans analizi ve lineer model istatistik analiz sonuçları EK B’de verilmiştir.

$$L \text{ değeri} = +40.90 + 1.50A + 0.65B - 0.45C$$

(4.11)





Şekil 4.20 Renk *L* değeri üzerine besleme nemi, vals hızı ve basıncın etkisi (%55 besleme nemi ve 2 devir vals hızı sabitlerinde)

Şekil 4.19'a bakıldığında; besleme nemi arttıkça *L* değeri azalmış, ürünün rengi açılmıştır. Besleme nemi ile *L* değeri arasında yüksek bir korelasyon saptanmıştır ($r=0.82$, $p<0.05$) (EK C). Düşük besleme nemlerinde meydana gelen daha şiddetli işlem etkisiyle rengin koyulaştığı ifade edilmiştir [91]. Diğer bir olası sebep de yüksek besleme nem içeriklerinde ortaya çıkan son ürünün yüzeyindeki daha porozlu yapının parlaklığı artırmasıdır [49,207].

Vals hızı azaldıkça ve basınç arttıkça *L* değeri lineer olarak azalmakta yani renk koyulaşmaktadır (Şekil 4.19). Azalan vals hızı ve yükselen basınç ürüne olan ısının ve işlem şiddetinin etkisini artırmaktadır. Sıcaklık artışı ile renkte esmerleşme meydana geldiği diğer araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur [43,49,89]. Bu esmerleşme ısı işlemin renk pigmentlerini degrade etmesinin [88] yanısıra, ısı işlemin tetiklediği enzimatik olmayan Maillard esmerleşme reaksiyonları sonucunda da meydana gelebilir [167]. Valsli kurutmadaki renk değişimlerinin şekerler ile proteinler arasındaki kimyasal reaksiyonlar (Maillard reaksiyonu) ve yüksek sıcaklıktaki şekerin karamelizasyonu ile gelişebileceği bildirilmiştir [62,91,206]. Dolayısıyla yüksek lisin aminosidi içeren maş fasulyesi ile laktoz şekeri yönünden zengin olan yoğurdu bünyesinde barındıran çorba örneklerinde yüksek sıcaklıklarda esmerleşme reaksiyonunun görülmesi ve rengin koyulaşması muhtemeldir. Çalışmamıza benzer olarak; Soison ve ark. [91] tatlı patatesten 120°C-140°C arası sıcaklık artışında, Wiriawattana ve ark. [68] riceberry(esmer pirinç)'de 110 °C-130 °C arası sıcaklık artışında; Dao [136] balkabağında azalan vals hızı ve 300-400 kPa arası basınç

artışında L değerinin azaldığını gözlemlemiştir. Tarhana hamuruna farklı kurutma işlemlerinin uygulandığı bir çalışmada en yüksek L (88.4) ve en düşük b (20.0) değeri dondurarak kurutmada, en düşük L (75.3) ve en yüksek b (33.4) değeri ise ev tipi mikrodolga kurutmada saptanmıştır. Görüldüğü gibi termal etkinin öne çıktığı mikrodolga kurutma; L değerini daha çok azaltmış ve b değerini artırmıştır. Hafif işlem koşullarının daha açık renge, ağır işlem koşulların ise koyu renge yol açtığı açıktır [88].

4.3.9.2 Çorba örneklerinin a renk değeri

Çorba örneklerinin a (kırmızılık) değerleri 7.25 ile 7.46 arasında değişiklik göstermekte olup ortalama 7.38 ± 0.052 'dir (Tablo 4.10). Yapılan bir çalışmada hidrokolloid ilave edilerek fırınlı ve fırınsız mısır unuyla üretilen glutensiz tarhanalarda a değeri 10.30-15.19 arasında raporlanmıştır [57]. Diğer bir çalışmada uygulanan ekstrüzyon işlemi (120-160°C sıcaklık, 80-160 rpm vida hızı) instant tarhanaların a değerini (1.4-3.7) kontrole oranla (1.0-2.8) artırmıştır. Ayrıca işlem sıcaklığı arttıkça a değeri esmerleşmeye bağlı artmıştır [118]. Literatürdeki diğer çeşitli tarhana ve benzeri çorbaların a değerleri 1.06-13.24 arasında değerler almakta ve sonuçlarımızın literatür verileriyle uyumlu olduğu görülmektedir [82,125,131,148,200].

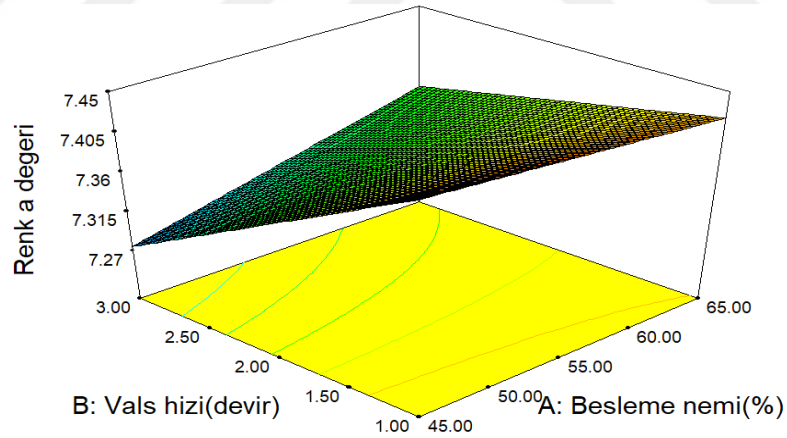
Bağımsız değişkenlerin a değeri üzerine etkisini açıklayan regresyon modelinin (Adj $R^2=0.85$) kodlanmış faktörlerle gösterimi aşağıdadır. Örneklerin a değeri üzerine en etkili parametre vals hızı olmuştur. a değeri üzerine vals hızının (B) negatif lineer etkisinin yanı sıra vals hızı*besleme nemi interaksiyonunun (AB) pozitif ve vals hızı*basınç interaksiyonunun (BC) negatif etkileri önemli olmuştur ($p<0.05$). Besleme nemi (A) ve basınç (C) tek başına önemli bir etki yaratmamıştır. Varyans analizi ve lineer model istatistik analiz sonuçları EK B'de verilmiştir.

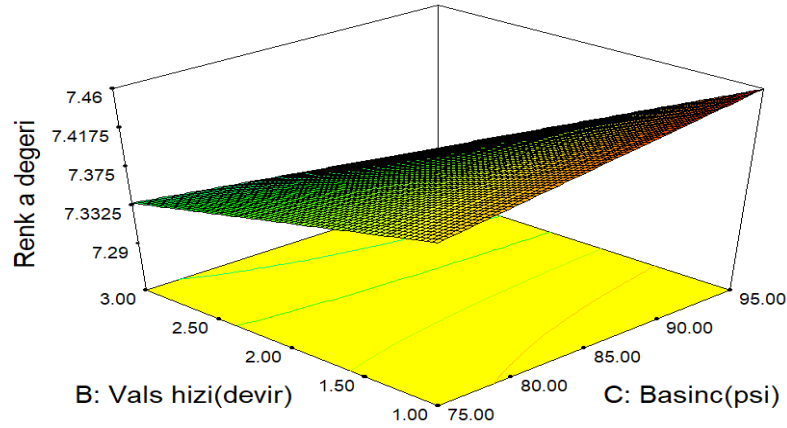
$$\text{Renk } a \text{ değeri} = +7.38 - 0.060B + 0.028AB - 0.022BC$$

(4.12)

Üç boyutlu yanıt yüzey grafiklerinden görüldüğü gibi vals hızı azaldıkça a değeri artmıştır. Vals hızı ile a değeri arasında negatif önemli korelasyon vardır ($r = -0.80$) ($p < 0.01$) (EK C). Ayrıca vals hızının besleme nemi ile etkileşimi a değerini

artırıcı, basınç ile etkileşimi ise azaltıcı etki yaratmıştır (Şekil 4.20). Düşük vals hızlarında gözlenen yüksek a değerleri artan sıcaklık ve işlem şiddetinin etkisiyle açıklanabilir. Çorbaların rengini etkileyebilecek en baskın bileşen maş fasulyesidir. Maş fasulyesi tanesinin rengi polifenol ve karotenoidler gibi renk bileşenleriyle ilişkilidir. Bu karotenoidler tanede β -karoten ve ksantofil formunda bulunurlar [22]. Valsli kurutmada aşırı ısı işlem etkisiyle gelişen renk pigmentlerinin degradasyonu, enzimatik olmayan kahverengileşme reaksiyonları (Maillard reaksiyonları) ve karamelizasyon neticesinde oluşan melanoidin gibi koyu renkli bileşenler [43] a değerini artırarak gıdanın renginde koyulaşmaya yol açabilir [91,94,136]. Diğer valsli kurutma çalışmalarında da a değerinde benzer değişimler gözlenmiştir [66,88,207]. Diğer yandan maş fasulyesi ununun valsli kurutucuda (%10 katı madde, 5 rpm hız, 0.05 mm vals aralığı, 100-140°C yüzey sıcaklığı) prejelatinizasyonu a değerinde önemli bir etki yaratmamış, sadece 120°C dan sonraki sıcaklık artışı bu değerde azalmayla sonuçlanmıştır [27]. Başka bir çalışmada ise 300-440 kPa aralığındaki basınç ve uygulanan vals hızı değişimleri jackfruit meyvesinin a değerinde değişime neden olacak etkiyi yaratmamıştır [62].





Şekil 4. 21 Renk *a* değeri üzerine besleme nemi, vals hızı ve basıncın etkisi (%55 besleme nemi ve 85psi basınç sabitlerinde)

4.3.9.3 Çorba örneklerinin *b* renk değeri

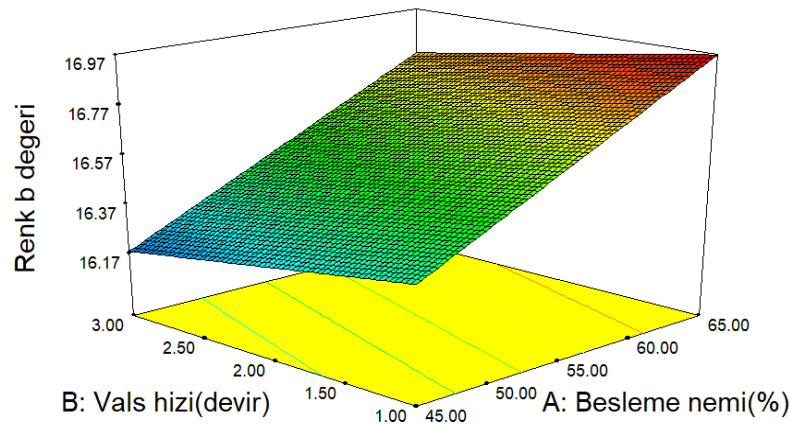
Artan pozitif *b* değeri sarılığın göstergesidir. Örneklerinin *b* (sarılık) değerleri ortalama 16.57 ± 0.082 olup 16.06-16.76 arasında değişmektedir (Tablo 4.10). Çorbaların renk değerleri kullanılan hammaddeden ve uygulanan işlemde etkilenebilir. Kinoa katkılı glutensiz tarhanada *b* değeri 16.86-18.53 [117], hidrokolloid ve mısır unuyla üretilen glutensiz tarhanada ise 35.58-44.01 arasında raporlanmıştır [57]. Ekstrüzyon işlemi (120-160°C sıcaklık, 80-160 rpm vida hızı) ile normal buğday, tam buğday ve prejelatinize buğday unlarından elde edilen instant tarhanalarda en yüksek *b* değeri (24.1) prejelatinize edilmiş unlu olanda görülmüştür [186].

Bağımsız değişkenlerin *b* değerine etkisini gösteren varyans analizi anova tablosuna göre lack of fit (model uyumsuzluğu) önemli çıkmıştır ($p < 0.05$). Buna rağmen elde edilen yüksek regresyon katsayısı ($R^2 = 0.82$), düşük varyasyon katsayısı (CV= %0.71) ve PRESS(0.35) değerine bakıldığında bu modelin *b* değerini açıklamada yeterli olabileceği düşünülebilir [209,210]. Varyans analizi ve lineer model istatistik analiz sonuçları EK B’de verilmiştir. Lineer regresyon modeli (Adj $R^2 = 0.78$) ise kodlanmış faktörler cinsinden aşağıdadır. Regresyon analizine göre besleme neminin (A) pozitif ve vals hızının (B) negatif lineer etkisi örneklerin *b* değeri üzerinde önemlidir ($p < 0.05$). Besleme neminin etkisi daha büyük olmuş ve *b* değeri ile aralarında korelasyon saptanmıştır ($r = 0.86$)($p < 0.01$) (EK C).

$$\text{Renk } b \text{ değeri} = +16.57+0.30A-0.095B$$

(4.13)

Şekil 4.21 yanıt yüzey grafiklerinden görüldüğü gibi b değeri besleme nemi arttığında ve vals hızı azaldığında artmıştır. Soison ve ark. [91] valsli kurutma işlemi sonunda maş fasulyesinin b değerini artırdığını raporlamıştır. Bhattacharya ve ark. [49] maş fasulyesi ve pirinç unu karışımının ekstrüzyonunda 100 °C dan 175 °C'a olan sıcaklık artışında b değerinin lineer olarak arttığını, buna karşılık L değerinin azaldığını raporlamıştır. Diğer bir çalışmada bir tür koyu renkli pirinç olan riceberry (esmer pirinç) ununun valsli kurutulması sonucunda b değerinin arttığı, L değerinin azaldığı bildirilmiştir. Kaydedilen renk değişiminin antosiyanin degradasyonu ile ilgili olabileceği vurgulanmıştır [68]. Azalan vals hızı ürüne olan ısı geçişinin (dolayısıyla sıcaklığın) ve işlem şiddetinin etkisini artırmaktadır. Çalışmamızda azalan vals hızına bağlı olarak sıcaklık ve b değerinin artması bu çalışma verileriyle paralellik göstermektedir. Farklı olarak; Soison ve ark. [91] valsli kurutmada sıcaklık artışı ile (120°C'dan 140°C'a) patates ununda b değerinin azaldığını gözlemlemiştir. Liu ve ark. [147] maş fasulyesinin filizlendirilmesinde, tohumların suda bekleme süresi arttıkça b değerinin arttığını, rengin sarıya doğru döndüğünü bildirmiştir. Araştırmacılar b değerinin doğal uranidin pigmenti ve kahverengi pigment ile diğer flavonoidlerden etkilenmiş olabileceğini raporlamıştır. Çalışmamızda besleme nemi arttığında çorba tozlarının b değerinde artış gözlenmiştir.



Şekil 4.22 Renk b değeri üzerine besleme nemi ve vals hızının etkisi (85 psi basınç sabitinde)

4.3.10 Çorbaların Duyusal Özellikleri

Panelistlerin ürünlerin renk, lezzet, kıvam, ağız hissi ve genel kabul edilebilirlik özellikleri için tercihleri doğrultusunda hedonik skalaya göre 1-7 puan arasında puanladıkları duyusal analiz sonuçları Tablo 4.11’de görülmektedir.

Tablo 4.11 Box Behnken deneme desenine göre duyusal özelliklere ait sonuçlar

Deney no	Duyusal Renk	Duyusal Lezzet	Duyusal Kıvam	Duyusal Ağız hissi	Genel kabul edilebilirlik (GK)	
1	45-2-75	5.25±0.68 ^e	3.79±0.41 ^f	4.21±0.59 ^{gh}	4.96±0.86 ^{abc}	4.38±0.65 ^f
2	45-1-85	5.29±0.69 ^{cde}	4.21±0.51 ^e	4.08±0.41 ^h	4.96±0.69 ^{abc}	4.04±0.55 ^g
3	45-3-85	5.38±0.65 ^{de}	3.75±0.53 ^f	4.38±0.49 ^{fg}	4.92±0.88 ^{bc}	4.63±0.49 ^f
4	45-2-95	5.33±0.56 ^{bcde}	4.33±0.64 ^{bc}	4.21±0.51 ^{gh}	5.00±0.83 ^{abc}	4.54±0.59 ^f
5	55-1-75	5.50±0.66 ^{ab}	4.42±0.65 ^{bc}	4.75±0.79 ^e	4.96±0.81 ^{abc}	4.96±0.62 ^e
6	55-3-75	5.52±0.66 ^{abcd}	4.38±0.58 ^{bc}	5.21±0.59 ^{bc}	5.04±0.69 ^{abc}	5.21±0.59 ^{cde}
7	55-2-85	5.42±0.72 ^{abcd}	4.21±0.51 ^e	5.17±0.82 ^{bc}	5.08±0.58 ^{abc}	5.33±0.56 ^{cd}
8	55-2-85	5.54±0.51 ^{abcd}	4.29±0.46 ^{cde}	4.88±0.80 ^{ed}	5.04±0.81 ^{abc}	5.21±0.59 ^{cde}
9	55-2-85	5.50±0.51 ^{abcd}	4.33±0.56 ^{bc}	5.08±0.65 ^{bc}	5.00±0.66 ^{abc}	5.33±0.64 ^{cd}
10	55-2-85	5.63±0.49 ^{abc}	4.25±0.53 ^{de}	5.13±0.61 ^{bc}	5.08±0.65 ^{abc}	5.38±0.71 ^{cd}
11	55-2-85	5.46±0.51 ^{abcd}	4.29±0.62 ^{cde}	5.25±0.74 ^{bc}	5.08±0.78 ^{abc}	5.17±0.76 ^{cde}
12	55-1-95	5.50±0.51 ^{abcd}	4.42±0.65 ^{bc}	4.63±0.49 ^{ef}	4.96±0.69 ^{ab}	5.08±0.58 ^{de}
13	55-3-95	5.67±0.56 ^{ab}	4.25±0.44 ^{de}	5.04±0.55 ^{cd}	5.17±0.70 ^{ab}	5.13±0.54 ^{de}
14	65-2-75	5.63±0.49 ^{abc}	4.63±0.65 ^{ab}	5.71±0.69 ^a	5.25±0.74 ^a	5.92±0.65 ^a
15	65-1-85	5.63±0.58 ^{abc}	4.54±0.59 ^{abc}	5.13±0.45 ^{bc}	4.83±0.76 ^c	5.33±0.64 ^{bc}
16	65-3-85	5.71±0.46 ^a	4.79±0.83 ^a	5.30±0.70 ^b	5.04±0.69 ^{abc}	5.67±0.64 ^{cd}
17	65-2-95	5.67±0.64 ^{abcd}	4.58±0.78 ^{abc}	5.33±0.56 ^b	5.13±0.85 ^{abc}	5.46±0.83 ^{bc}

Aynı sütun içerisinde farklı üstel harfe sahip değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

Sonuçlar, standart sapmaları ile birlikte verilmiştir. (45,55,65: besleme nemi(%), 1,2,3: vals hızı(devir), 75,85,95:basınç(psi)).

4.3.10.1 Renk

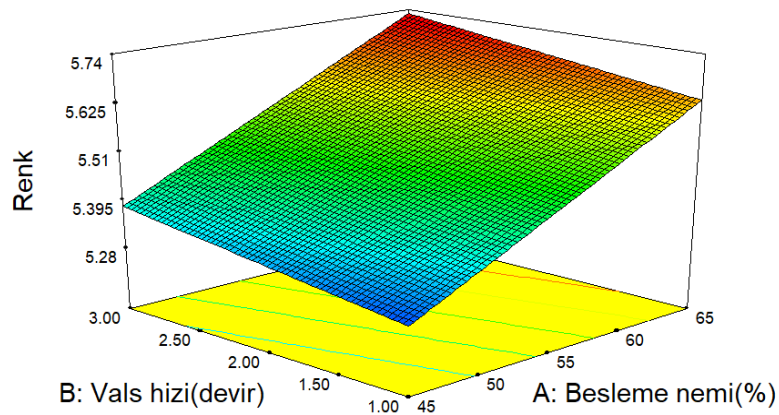
Renk çorbaların görüntü kalitesini etkiler. Renk bakımından örnekler verilen renk puanları 5.25 ile 5.71 arasında değişmiş ve ortalama 5.51±0.58 olarak belirlenmiştir (Tablo 4.11). Varyans analizine göre ürünlerin duyusal renk kabulü üzerine besleme neminin (A) ve vals hızının (B) pozitif lineer etkileri önemlidir ($p<0.05$). Basıncın herhangi bir etkisi olmamıştır ($p<0.05$). Varyans analizi ve model istatistik analiz sonuçları Ek B’de verilmiştir. Değişkenler arasındaki ilişkiyi kodlanmış faktörler cinsinden gösteren lineer model denklemi aşağıdaki gibidir.

$$\text{Renk} = +5.51 + 0.17A + 0.048B$$

(4.14)

Denklemden anlaşılacağı gibi renk üzerine besleme neminin etkisi vals hızından daha fazladır. Şekil 4.22 üç boyutlu yanıt yüzey grafiğinde her iki parametrenin de ürünlerin rengine verilen puan üzerine etkileri görülmektedir. Renk puanları besleme nemi ve vals hızı arttıkça lineer artış göstermiştir. Bir diğer deyişle yüksek besleme nemleri ve vals hızlarında elde edilen tozlar renk açısından en yüksek puanları almıştır. Buna göre daha açık renkli olan çorbalar panelistler tarafından daha çok beğenilmiştir. Tablo 4.11' deki Duncan çoklu karşılaştırma testine göre en düşük besleme nemindeki çorbalardan %45 nem-2 vals hızı-75 psi basınç koşulundaki 1 nolu deneme en düşük renk puanını (5.25) alırken, en yüksek besleme nemindeki çorbalardan %65 nem-3 vals hızı-85 psi basınç koşulundaki 16 nolu deneme en yüksek renk puanını (5.71) almıştır ($p < 0.05$). Genellikle aynı besleme nem içeriğindeki tüm deneme örnekleri birbirileri ile benzer puanlar almışlardır.

Ürünlerin duyusal analizinde elde edilen renk skorları ile Hunter renk sistemine göre enstrümantal olarak ölçülen renk değerleri uyumlu çıkmıştır. Duyusal olarak ölçülen renk, enstrümantal L değeri ile ($r = 0.769$, $p < 0.01$) ve b değeri ile ($r = 0.715$, $p < 0.01$) önemli pozitif korelasyonlar vermiştir. Tarhana rengi ile genel kabul edilebilirlik puanları arasındaki pozitif korelasyon önemli bulunmuştur ($r = 0.850$) ($p < 0.01$) (EK C). Ürünlerin rengi genel kabul edilebilirliğini olumlu yönde etkilemiştir.



Şekil 4.23 Renk üzerine besleme nemi ve vals hızının etkisi (85 psi basınç sabitinde)

4.3.10.2 Lezzet

Anova tablosuna göre bağımsız değişkenlerin lezzet puanına etkisini gösteren varyans analizinde lack of fit (model uyumsuzluğu) önemli çıkmıştır ($p<0.05$) (EK B). Buna rağmen elde edilen yüksek regresyon katsayısı ($R^2= 0.93$), düşük varyasyon katsayısı ($CV= \%2.06$) ve PRESS (0.35) değerine bakıldığında bu modelin b değerini açıklamada yeterli olabileceği düşünülmektedir [209,210].

Duyusal olarak çorbalara verilen lezzet puanları Tablo 4.11' de görüldüğü gibi 3.75-4.79 arasında değişmekte olup ortalamada 4.32 ± 0.58 'tür. Bağımsız değişkenlerin lezzet puanı üzerine etkisini gösteren interaksiyon modeli denklemi ($Adj R^2=0.88$) kodlanmış faktörler cinsinden aşağıdadır. Regresyon analizine göre besleme neminin (A) tek başına pozitif lineer etkisi önemlidir ($p<0.05$). Yanı sıra besleme neminin vals hızı ile interaksiyonunun (AB) pozitif ve basınç ile interaksiyonunun (AC) negatif etkisi örneklerin lezzeti üzerinde daha düşük seviyede önemlidir ($p<0.05$). Besleme nemi ve lezzet puanı arasında önemli yüksek korelasyon vardır ($r=0.83$)($p<0.01$) (EK C). Şekil 4.23' de görüldüğü üzere; çorbaların lezzetine verilen puan besleme nem değeri ile birlikte belirgin bir şekilde lineer olarak artmaktadır. Besleme neminin vals hızı ile interaksiyonu lezzet puanı üzerinde artırıcı, basınç ile olan interaksiyonu ise azaltıcı etki yaratmıştır ($p<0.05$).

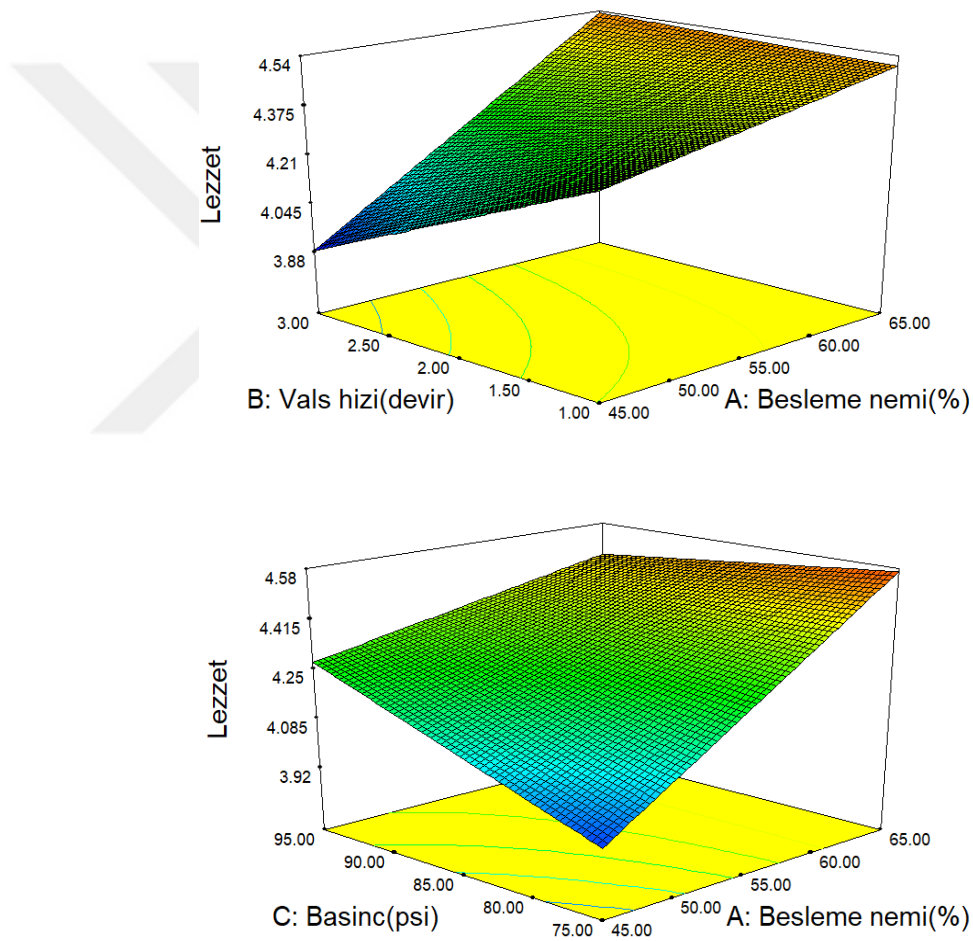
$$\text{Lezzet} = +4.32 + 0.31A + 0.053AB - 0.15AC$$

(4.15)

Duncan çoklu karşılaştırma testine göre %45 nemli çorbalar ile %65 nemli çorbaların lezzet puanları (4 nolu deneme hariç) istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). En yüksek lezzet puanı (4.69) en yüksek besleme nemi- en düşük vals hızı ve ortalama basınç kombinasyonundaki (%65 nem-3 vals hızı-85 psi basınç) 16 nolu denemede gözlenmiştir. Çorbaların lezzeti ile su absorpsiyon indeksi (SAİ) arasında ($r=0.77$, $p<0.01$) ve jelatinizasyon derecesi (JD) arasında ($r= 0.72$, $p<0.01$) önemli korelasyonlar tespit edilmiştir (EK C). Çorbaların JD ve SAK değerlerindeki artış prejelatinizasyonun ve pişmişliğin bir göstergesidir [31,32,51]. Bu değerlerdeki artış pişmiş tadı öne çıkabileceği için lezzet puanlarının da bu yönde arttığı düşünülebilir. Ayrıca düşük besleme nemleri ve yüksek sıcaklık koşullarında oluşabilecek dekstrinizasyon ile ortaya çıkabilecek lezzet ve renk bileşenleri de etkili

olabilir. Nitekim lezzet ile *b* renk değeri arasında da önemli ilişki vardır ($r=0.82$, $p<0.01$). Sonuç olarak lezzet puanlarındaki değişimin çorbaların pişmişlik dereceleri, pişirme işlemi sonucunda oluşan aroma ve koku bileşenlerindeki değişimle ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Diğer yandan; duyuşal değeriendirmede lezzet puanları ile renk ($r= 0.724$), kıvam ($r=0,653$) ve genel kabul edilebilirlik ($r=0.688$) arasında $p<0.01$ düzeyinde önemli korelasyonlar tespit edilmiştir (EK C). Buradan duyuşal değeriendirme özelliklerinin birbirileri ile de ilişkili olduğu görülmektedir.



Şekil 4.24 Lezzet üzerine besleme nemi, vals hızı ve basıncın etkisi (85 psi basınç, 2 devir vals hızı sabitinde)

4.3.10.3 Kıvam

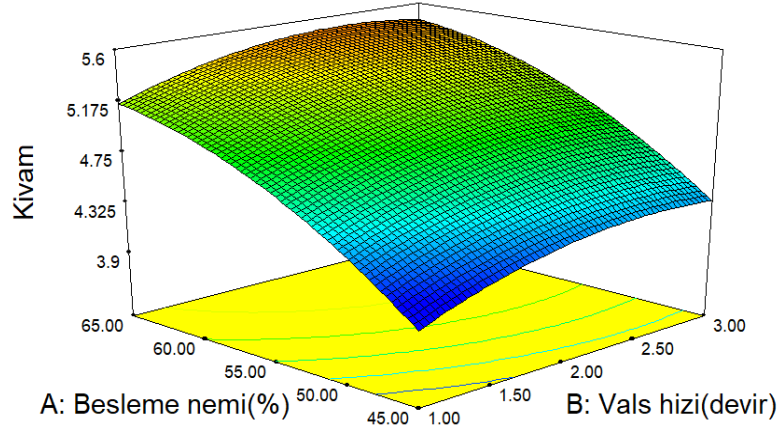
Tüketime hazır çorbalar için yeterli kıvam tüketici tatmini açısından önemlidir. Toz çorba örnekleri 1-7 arasındaki hedonik skalada duyuşal kıvam kriteri açısından

4.08 -5.71 arasında (ortalama 4.91 ± 0.61) puanlandırılmışlardır (Tablo 4.11). Varyans analizine göre ürünlerin duyuusal kıvam puanı üzerine besleme neminin(A) pozitif lineer ile negatif kuadratik (A^2) etkisi ve vals hızının (B) pozitif lineer etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Basıncın kıvam üzerine herhangi bir etkisi olmamıştır ($p < 0.05$). Varyans analizi ve model istatistik analiz sonuçları EK B’de verilmiştir. Bağımsız değişkenlerin kıvam puanı üzerine etkisini gösteren polinomial regresyon denklemi ($Adj R^2=0.91$) kodlanmış faktörler cinsinden aşağıda verilmiştir.

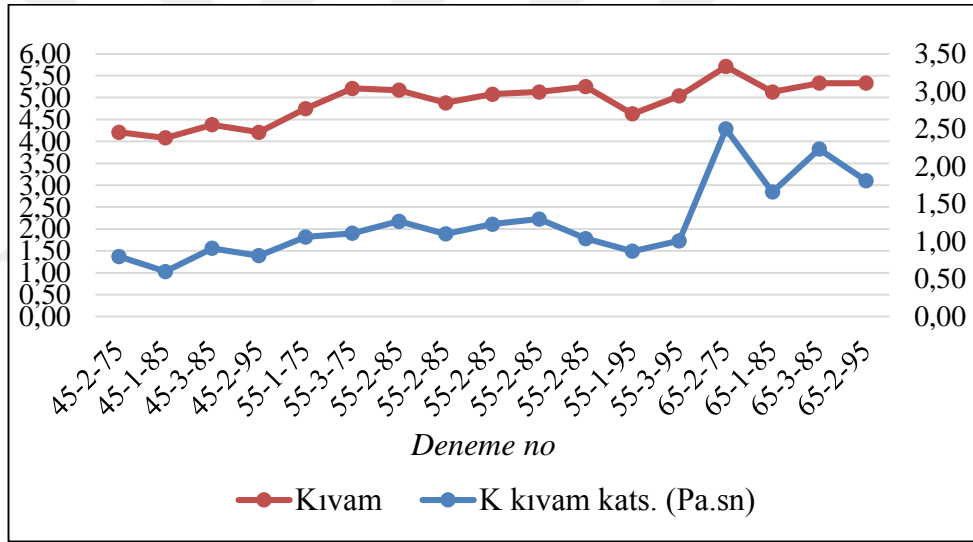
$$Kıvam = +5.10 + 0.58A + 0.17B - 0.21A^2 \quad (4.16)$$

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucuna göre; %45 besleme nemine sahip çorbalara verilen kıvam puanları ile %55–%65 nemli çorbalara ait puanlar arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$). En düşük kıvam puanı (4.08) en düşük besleme nemindeki %45 besleme nemi-1 vals hızı-85 psi basınç koşuluna sahip 2 nolu denemede; en yüksek kıvam puanı (5.71) ise en yüksek besleme nemindeki %65 besleme nemi-2 vals hızı-85 psi basınç koşuluna sahip 16 nolu denemede gözlenmiştir.

Kıvam puanları besleme neminden öncelikli olarak etkilenmiş, nem arttıkça kıvam puanı kuadratik artış göstermiştir (Şekil 4.24). Kıvam ile besleme nemi arasında istatistiksel olarak önemli, pozitif ilişki ($r=0.88$, $p < 0.01$) vardır. Çalışmamızda önceki bölümlerde viskozimetre cihazı ile ölçülen ve kıvamın göstergesi olan kıvam katsayısının (K), su absorblama yetenekleri olan SAK ve SAİ değerleri ile pozitif yönde ilişkili olduğu raporlanmıştı. Besleme nemi artışıyla artan SAK ve SAİ yetenekleri kıvamın artmasını sağlamıştır. Benzer artış çorbaların duyuusal kıvam skorları ile sırasıyla SAK ($r= 0.941$, $p < 0.01$) ve SAİ ($r=0.932$, $p < 0.01$) arasında da saptanmıştır. Çorbalarda besleme nemi arttığında tespit edilen viskozitedeki artış, panelistler tarafından duyuusal olarak kıvam özelliği değerlendirilirken de fark edilmiştir. Nitekim çorbaların cihazla ölçülen K kıvam katsayıları ile duyuusal kıvam puanları arasında da yüksek pozitif korelasyon mevcuttur ($r= 0.804$, $p < 0.01$) (EK C). Şekil 4.25’te çorbaların kıvam katsayıları ile kıvam puanlarının birlikte değişimi görülmektedir. Diğer yandan vals hızı arttığında çorbalara verilen kıvam puanları da artmış, panelistler yüksek vals hızlarında üretilen çorbaları daha kıvamlı bulmuşlardır. Bu bulgular kıvam katsayısı (K) değerinin vals hızı ile değişimiyle örtüşmektedir.



Şekil 4.25 Kıvam üzerine besleme nemi ve vals hızının etkisi (85 psi basınç sabitinde)



Şekil 4.26 Çorbaların kıvam katsayıları (K) ile kıvam puanlarının birlikte değişimi

Ayrıca çorbaların kıvam puanları ile genel kabul edilebilirlik puanları arasında oldukça yüksek düzeyde ($r=0.955$) ($p<0.01$) önemli bir korelasyon tespit edilmiştir (EK C). Bu durum glutensiz çorba örneklerinin genel kabul edilebilirliğinin kıvamlarından büyük ölçüde etkilendiğini göstermektedir.

4.3.10.4 Ağız Hissi

Çorba örneklerinin ağız hissi puanları ortalama 5.03 ± 0.74 olup 4.85 -5.13 arasında değişmiştir (Tablo 4.11). Duncan çoklu değerlendirme test sonuçlarına bakıldığında, deneme desenine göre üretilen çorbaların ağız hissi puanları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamaktadır ($p < 0.05$) (Tablo 4.11). Bu durum uygulanan proses koşullarının bu değerlendirme kriteri üzerinde önemli bir fark yaratmadığını göstermektedir. Bağımsız değişkenlerin ağız hissi puanına etkisini gösteren varyans analizi (ANOVA) tablosuna göre modelin lack of fit (model uyumsuzluğu) önemli çıkmıştır ($p < 0.05$). Ayrıca Adeq precision değeri =5.4 gibi 4'e çok yakın ve düşük ve Adj R^2 –Pred R^2 arasında büyük bir fark olduğundan ($> \%20$), elde edilen modelin ağız hissi yanıtını tahminlemede yeterli olmadığı görülmüştür. Varyans analizi istatistik sonuçları EK B' de verilmiştir.

4.3.10.5 Genel Kabul Edilebilirlik

Genel kabul edilebilirlik (GK) için yapılan değerlendirme neticesinde çorbaların GK puanları 4.04-5.92 arasında ve ortalama 5.10 ± 0.63 olarak belirlenmiştir (Tablo 4.11). Duyusal genel kabul edilebilirlik tarhana üretiminin optimizasyonu için seçilen yanıtlar arasındadır.

Varyans analizi sonucuna göre örneklerin genel kabul edilebilirliği üzerine besleme neminin (A) ve vals hızının (B) pozitif lineer ile negatif kuadratik (A^2 ve B^2) etkileri önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Ayrıca besleme neminin basınç ile interaksyonu GK değerini negatif yönde etkilemiştir ($p < 0.05$). Genel kabul edilebilirlik üzerine en büyük etkiyi besleme nemi yaratırken, genel kabul edilebilirlik ve nem arasında önemli pozitif korelasyon saptanmıştır ($r = 0.89$, $p < 0.01$) (EK C). İstatistiksel testlerin geçerliliğinin analizinde kullanılan diagnostik varsayım grafikleri Şekil 4.27' de verilmiştir. Bu grafiklerden model tahminlerinin deneysel verilerle uyum içerisinde olduğu görülmektedir. Varyans analizi ve model istatistik analiz sonuçları Tablo 4.7'de ve EK B'de verilmiştir. Bağımsız değişkenlerin çorbaların genel kabul edilebilirliği üzerine etkisini gösteren polinomiyal regresyon denklemi (Adj $R^2 = 0.94$) kodlanmış faktörler cinsinden aşağıda verilmiştir.

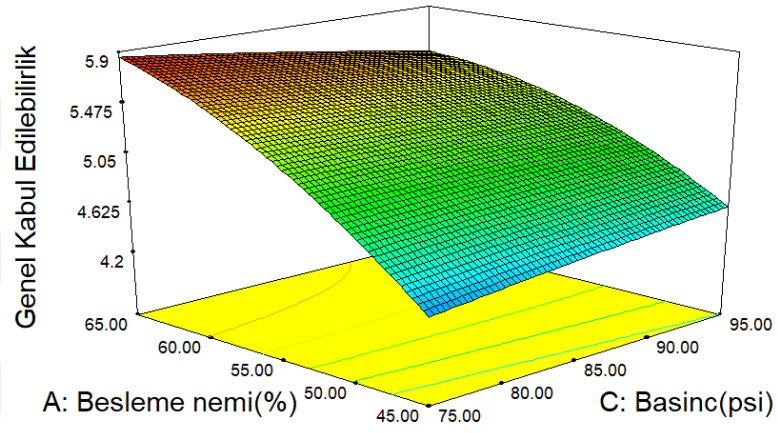
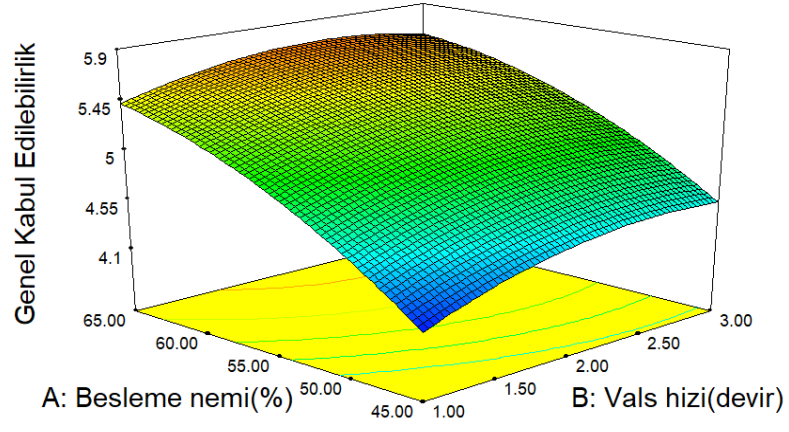
$$\text{Genel Kabul Edilebilirlik} = +5.28 + 0.60A + 0.15B - 0.16AC - 0.19A^2 - 0.17B^2 \quad (4.17)$$

Tablo 4.11 Duncan çoklu karşılaştırma testine göre; çorbalar arasında en çok beğenilen (GK=5.92) maksimum besleme nemi - ortalama vals hızı ve minimum basınç kombinasyonundaki (%65 nem-2 vals hızı-75 psi basınç) 14 nolu çorba olmuştur. En az beğenilen (GK=4.04) çorba ise minimum besleme nemi - maksimum vals hızı ve ortalama basınç kombinasyonundaki (%45 besleme nemi-1 vals hızı-85 psi basınç) 2 nolu çorbadır.

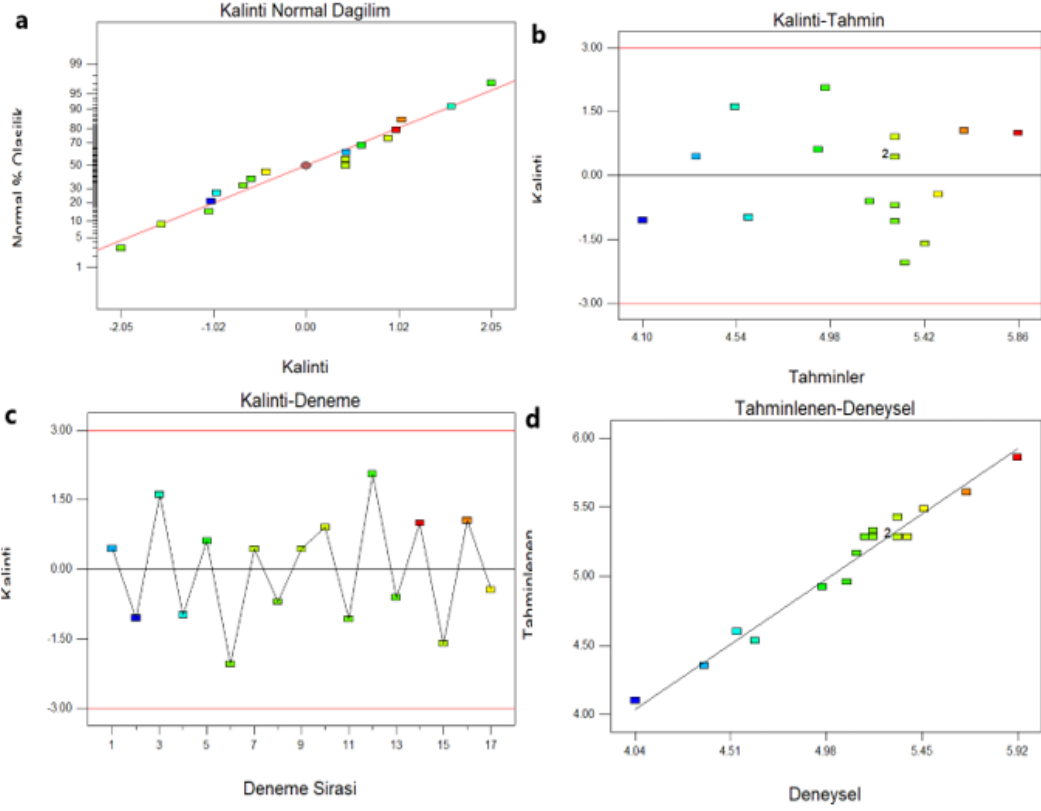
Şekil 4.26'da görüldüğü üzere besleme nemi ve vals hızı arttıkça genel kabul edilebilirlik kuadratik artış göstermiştir. Öte yandan besleme neminin basınç ile interaksyonu (AC) bu yanıt üzerinde lineer azaltıcı etki yaratmıştır. Görüldüğü gibi yüksek besleme seviyelerinde artan basınç ile GK puanı azalmıştır.

Çorbaların genel kabul edilebilirliği ile diğer duyuşal değerlendirme parametreleri olan; kıvam ($r=0.95$, $p<0.01$), renk ($r=0.85$, $p<0.01$), lezzet ($r=0.68$, $p<0.01$) ve ağız hissi ($r=0.56$, $p<0.05$) arasında önemli korelasyonlar tespit edilmiştir (EK C). Bu korelasyon verileri çorbaların genel kabul edilebilirlik değerlerinin incelenen diğer duyuşal kriterlerle ilişkilili olduğunu ve en çok da kıvamdan ($r=0.95$) etkilendiğini göstermektedir. Elde edilen sonuçlar instant çorbalar için yapı/kıvam, renk ve lezzetin genel tüketici tercihini etkileyen en önemli parametreler olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada maş fasulyesi ve pirinç unu kullanılarak valsli kurutucuda yeni bir glutensiz instant çorba üretilmiştir. Gerçekleştirilen duyuşal analiz sonuçları (1-7 puanlık skalaya göre) toplamda ortalama 4.98 ± 0.63 puan ile maş fasulyesi ve pirinç unu kullanımının ve valsli kurutucuda pişirme işleminin, incelenen duyuşal özelliklerin çoğunda kabul edilebilir çorba özelliklerini sağladığını göstermiştir. Hiçbir glutensiz çorbanın genel kabul edilebilirlik puanının 4.00 puanın altında olmaması (ne beğendim ne beğenmedim) panelistlerin beğenmediği bir son ürünün olmadığını göstermektedir.



Şekil 4.27 Genel kabul edilebilirlik üzerine besleme nemi, vals hızı ve basıncın etkisi (85 psi basınç, 2 devir vals hızı sabitinde)



Şekil 4.28 Genel kabul edilebilirlik için seçilen modele ait diagnostik grafikler

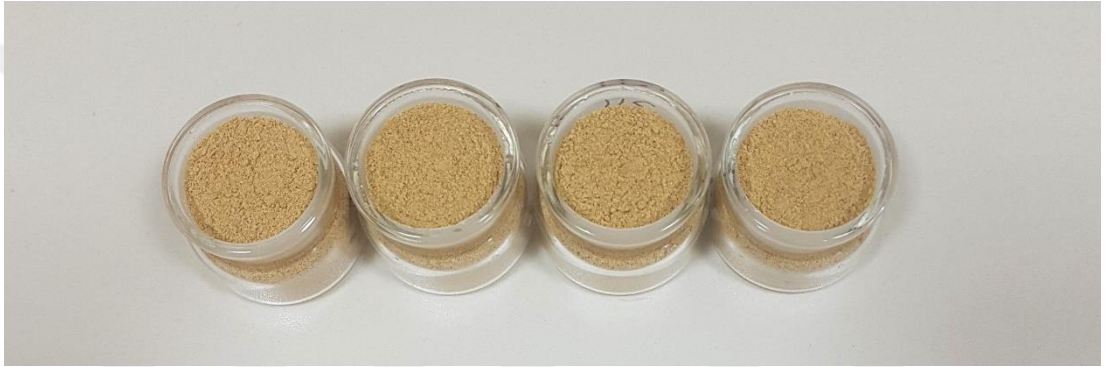
Üretilen çorba tozlarına ait görseller Şekil 4.29, Şekil 4.30, Şekil 4.31 ve Şekil 4.32’de; çorba tozlarından hazırlanan tüketilebilir haldeki çorbalara ait bazı görseller Şekil 4.33’de verilmiştir.



Şekil 4.29 Çorba tozu fotoğrafları soldan sağa doğru; %45-2 devir-75psi, %45-1 devir-85psi, %45-3 devir-85psi, %45-2 devir-95psi



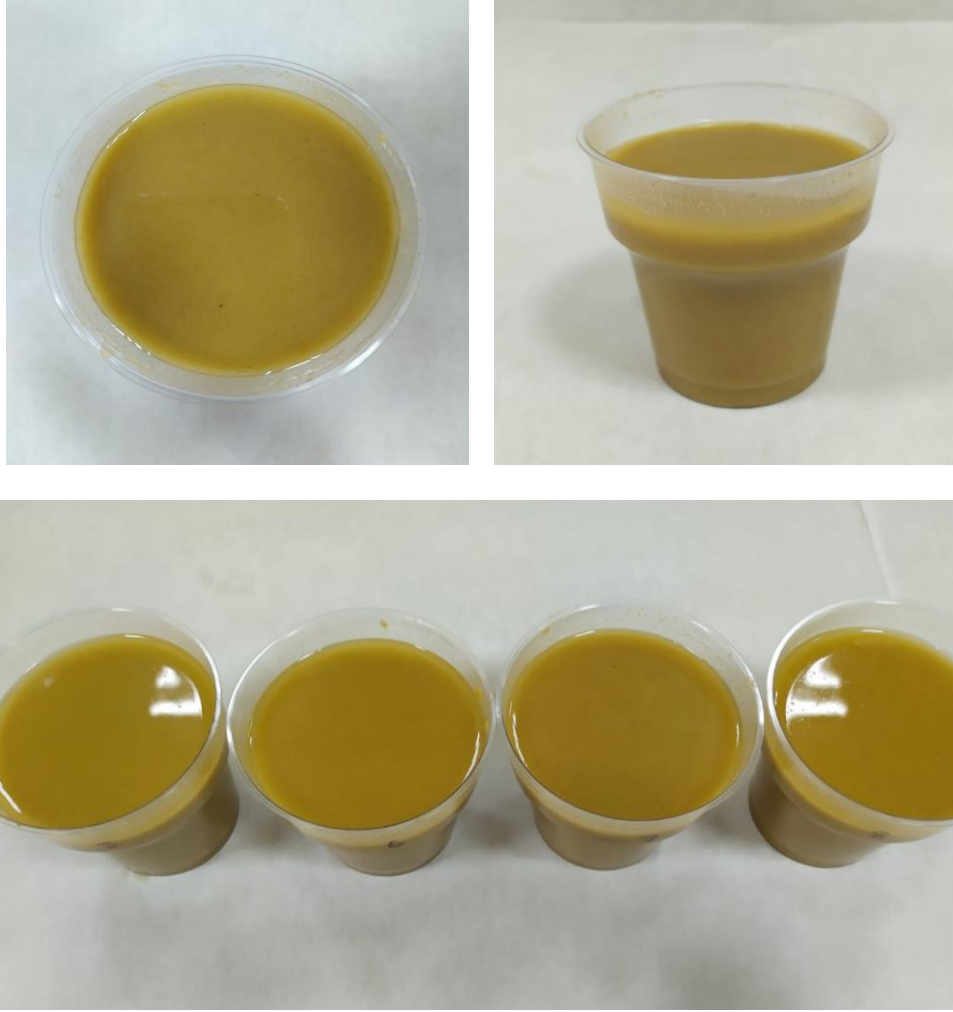
Şekil 4.30 Çorba tozu fotoğrafları soldan sağa doğru; %55-1 devir-75 psi, %55-3 devir-75psi, %55-2 devir-85psi, %55-2 devir-85psi (a)



Şekil 4.31 Çorba tozu fotoğrafları soldan sağa doğru; %55-2 devir-85psi (b), %55-2 devir-85psi (c), %55-2 devir-85psi (d), %55-1 devir-95psi



Şekil 4.32 Çorba tozu fotoğrafları soldan sağa doğru; %65-2 devir-75psi, %65-1 devir-85psi, %65-3 devir-85psi, %65-2 devir-95psi



Şekil 4.33 Tüketime hazır haldeki glutensiz çorbaların görüntüleri

4.3.11 Toplam Fenolik Madde Miktarı (TFM)

Fenolik bileşikler antioksidan aktiviteye en büyük katkıda bulunan bileşenler olarak kabul edilmektedir [41]. Fenoliklerin antipksidan aktivitesi çoklukla serbest radikali süpürme, hidrojen bağışlama ve tekli oksijen bağlamayı içeren redoks özelliklerinden gelmektedir [211].

Üretilen tüketime hazır çorba tozlarının toplam fenolik madde miktarları (TFM) kuru madde bazında ortalama 3.11 mg GAE/g olup 2.57 ile 3.64 mg GAE/g arasında değişmektedir (Tablo 4.12). Maş fasulyesi ununda başlıca bulunan fenolik bileşenlerden bazıları rutin, kafeik asit, p-kumarik asit, kateşin, ferulik asit, rezveratrol [42], vitexin ve izovitexindir [41,44]. Maş fasulyesi tanelerinin TFM miktarı 2.21-10.4

mg GAE/g arasında [25,33,40,212] olup beklenildiği gibi pirinç unundan (0.28-0.5 mg GAE/g) [16,213] oldukça yüksektir. Çorbaların toplam fenolik içeriğinin çoklukla bileşiminde kütüce en fazla bulunan maş fasulyesi unundan ve daha sonra diğer bileşenlerden geldiği söylenebilir.

Tablo 4.12 Box Behnken deneme desenine göre toplam fenolik madde, FRAP ve DPPH antioksidan aktivitesine ait sonuçlar

Deney no		Toplam fenolik (mg GAE/g)*	FRAP (µmol/g)	DPPH (µmol TE/g)
1	45-2-75	2.71±0.020 ^{fg}	29.98±1.070 ^h	7.03 ±0.473 ^{efg}
2	45-1-85	2.96±0.060 ^{def}	36.34±0.629 ^{cd}	8.54 ±0.237 ^{bc}
3	45-3-85	2.57±0.143 ^g	26.02±0.504 ⁱ	6.28 ±0.355 ^g
4	45-2-95	3.04±0.201 ^{cde}	30.91±0.000 ^{gh}	7.28 ±0.355 ^{ef}
5	55-1-75	3.40±0.040 ^{ab}	39.41±0.189 ^{bcd}	9.21 ±0.237 ^a
6	55-3-75	3.10±0.172 ^{bcd}	35.45±1.007 ^{cde}	8.45 ±0.355 ^{bc}
7	55-2-85	3.11±0.060 ^{bcd}	39.46±0.252 ^b	8.87 ±0.473 ^b
8	55-2-85	3.13±0.130 ^{bcd}	35.81±0.378 ^{cd}	8.70 ±0.237 ^b
9	55-2-85	3.31±0.110 ^{bc}	36.74±0.315 ^{cd}	8.79 ±0.118 ^b
10	55-2-85	3.32±0.130 ^{bc}	35.27±1.006 ^{cde}	8.45 ±0.118 ^{bc}
11	55-2-85	3.22±0.180 ^{bcd}	35.76±0.818 ^{cd}	8.37 ±0.710 ^{bcd}
12	55-1-95	3.64±0.080 ^a	42.88±3.839 ^a	9.96 ±0.355 ^a
13	55-3-95	3.15±0.131 ^{bcd}	37.19±0.692 ^{bc}	8.87 ±0.237 ^b
14	65-2-75	3.23±0.040 ^{bcd}	31.85±0.189 ^{fgh}	7.53 ±0.473 ^{def}
15	65-1-85	3.36±0.206 ^{abc}	36.39±0.944 ^{cd}	7.78 ±0.592 ^{cde}
16	65-3-85	2.79±0.178 ^{efg}	34.16±0.818 ^{def}	6.70 ±0.237 ^{fg}
17	65-2-95	2.92±0.206 ^{def}	33.00±0.190 ^{efg}	7.45 ±0.355 ^{ef}

Aynı sütun içerisinde farklı üstel harfe sahip değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$). Sonuçlar, standart sapmaları ile birlikte verilmiştir. (45,55,65: besleme nemi(%), 1,2,3: vals hızı(devir), 75,85,95:basınç(psi)).

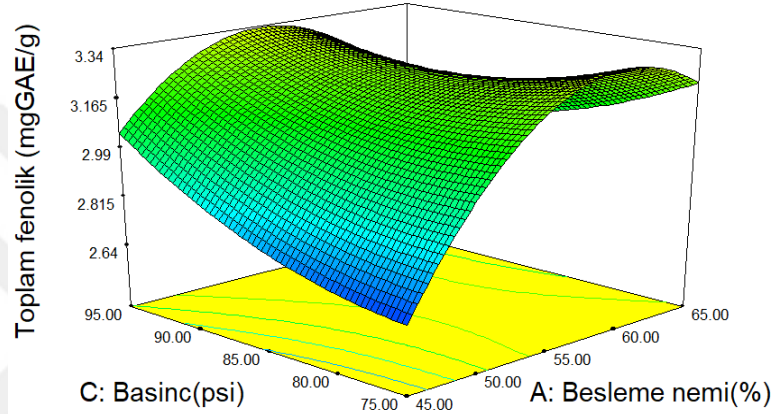
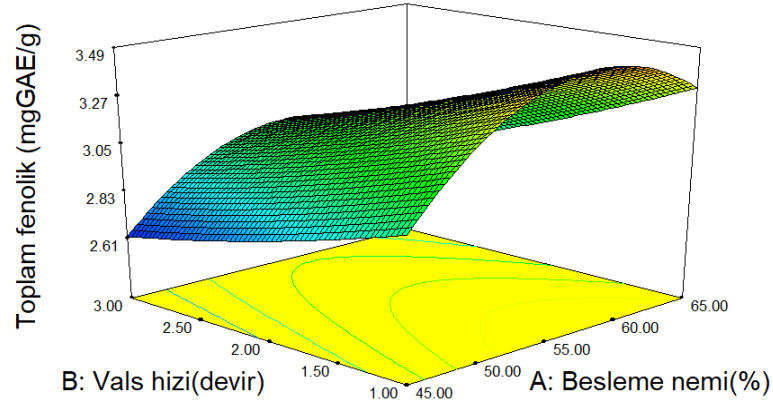
Nitekim Özmen [16] glutensiz tarhana çalışmasında baklagil katkılı tarhanaların (3.41 mg GAE/g, %40 katkı oranı) pirinç tarhanasından (2.68 mg GAE/g) daha yüksek TFM içerdiğini ve baklagil unlarının miktarı arttıkça TFM içeriğinin arttığını saptamıştır. TFM içeriği yulaf unu katkılı tarhanada 122.49-217.40 mg GAE/100g, kızılıcak püresi ve karayemiş katkılı tarhanalarda 598.65-557.89 mg GAE/100g ve 902.7-1339.09 mg GAE/kg tespit edilmiştir. Çalışmamızdaki TFM miktarları belirtilen çalışmalardaki veriler ile yüksek benzerlik arz etmektedir.

Toplam fenolik madde miktarı üzerine besleme neminin (A) pozitif lineer ve negatif kuadratik, vals hızının (B) negatif lineer etkileri önemlidir ($p<0.05$). Basıncın

tek başına etkisi önemsiz iken, besleme nemi*basınç interaksyonu bu değeri azaltıcı yönde etkilemiştir ($p<0.05$). Varyans analizi ve model istatistik analiz sonuçları EK B'de verilmiştir. Bağımsız değişkenler ile TFM arasındaki ilişkiyi gösteren polinomiyal regresyon model denklemi ($Adj R^2=0.88$) kodlanmış faktörler cinsinden aşağıda mevcuttur.

$$\text{Toplam fenolik madde miktarı(TFM)} = +3.22+0.13A-0.22B-0.16AC-0.32A^2 \quad (4.18)$$

Vals hızı ile toplam fenolik madde miktarı arasında düşük ama önemli negatif bir korelasyon vardır ($r= -0.575$, $p<0.05$) (EK C). Azalan vals hızı (dolayısıyla artan sıcaklık etkisi) TFM içeriğinde artışa neden olmuştur (Şekil 4.34). Isıl işlemin serbest fenolik miktarını artırdığı bildirilmiştir [214]. Azalan vals hızlarında gözlenen toplam fenolik içeriğindeki artışa, yükselen sıcaklıkla matriks hücre yapılarından fenolik bileşiklerin salınarak açığa çıkması veya endojen enzimlerin inaktivasyonu neden olabilir. İşlem sırasında antioksidanların tahribatına yol açan hidrolitik ve oksidatif enzimlerin termal inaktivasyonu fenolik kaybını önleyebilir ve böylece TFM artabilir [94,215]. Uygulanan ısıl işlem çeşitli fenolik bileşenler üzerinde farklı etkiler yaratabilmektedir. Gan ve ark.[43] sıcak hava kurutma işleminde maş fasulyesinde yüksek sıcaklıklarda kafeik asit miktarında artış gözlerken, p-kumarik asitte azalma kaydetmiştir. Pek çok araştırmada valsli kurutmada termal degradasyon ile TFM içeriğinin azaldığı bildirildiği gibi [60,68]; bazı çalışmalarda TFM miktarı korunmuş [94,216] veya çalışmamızdaki gibi artış göstermiştir [91]. Örneğin Soison ve ark. [91] da patates ununda 120°C 'dan 140°C 'a artan vals sıcaklıklarında TFM içeriğinin arttığını ve son miktarın kontrol unundan daha yüksek olduğunu saptamıştır. Diğer bazı araştırmalarda valsli kurutmada nar [94] ve dragon meyvesi kabuklarının [217] ve mango meyvesinin [208] TFM içeriğinin neredeyse tamamı korunmuştur.



Şekil 4.34 Toplam fenolik madde üzerine besleme nemi, vals hızı ve basıncın etkisi (85 psi basınç, 2 devir vals hızı sabitinde)

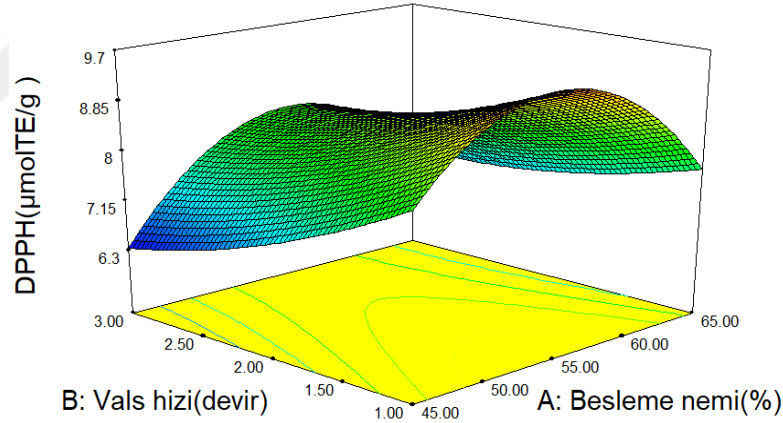
Diğer yandan fenolik madde içeriği besleme nemi arttığında artmış ancak %55'den sonraki yüksek nemlerde kuadratik etkisi baskın gelerek azalışa geçmiştir. Besleme nemi ile birlikte gözlenen artış yüksek nemlerde suyun koruyucu etkisinin fenolik moleküller üzerinde daha ılımlı proses koşulları yaratması ve fenoliklerin korunması olabilir. Daha ileri nemlerdeki fenolik içeriğindeki azalma, bu moleküllerin kimyasal ve/veya enzimatik oksidasyonlarının yanı sıra enzimatik olmayan ve yüksek sıcaklıkların neden olduğu antioksidan moleküllerin transformasyon veya polimerizasyonundan kaynaklanabilir [60,94].

4.3.12 DPPH (2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl) Serbest Radikali İndirgeme Aktivitesi Tayini

DPPH serbest radikalini indirgeme aktivitesi antioksidan aktiviteyi belirlemede sıklıkla tercih edilen yöntemlerden biridir [107]. Glutensiz çorbalarda

DPPH serbest radikalini indirgeme aktivitesi değerleri 6.28 ile 9.96 $\mu\text{mol TE/g}$ arasında değerler almıştır (Tablo 4.12). Farklı yulaf katkısı oranları ve kurutma işlemleriyle (güneşte, fırında, mikrodalgada) üretilen tarhanalarda DPPH değeri 2.74-9.87 $\mu\text{mol TE/g}$ arasında değişmiş, en yüksek seviyesi mikrodalga ile kurutmada kaydedilmiştir. Sonuçlarımız bu çalışma verileri ile yüksek uyum göstermektedir. Farklı oranlarda salça üretimi artıklarından üretilen tarhanalarda depolamanın ilk ayında bu değer değişen katkı oranlarına göre 10.8-87.1 $\mu\text{mol TE/g}$ aralığında olup verilerimizle kısmen uyumludur. Farklı olarak kızılılık püresi katkılı tarhanalarda DPPH indirgeme aktivitesi 50.54-40.03 $\mu\text{mol TE/g}$ saptanmıştır. Sonuçlardaki farklılıklar bileşimde kullanılan hammadde ve tespit yöntemlerinden kaynaklanabilir.

Çeşitli maş fasulyesi türlerinin DPPH aktivitesi 11.33-35.68 $\mu\text{mol TE/g}$ [25,41,218] arasında raporlandığından, maş fasulyesinden ürettiğimiz instant glutensiz çorbaların saptanan ortalama 8.13 ± 0.362 $\mu\text{mol TE/g}$ DPPH değerleri anlamlıdır.



Şekil 4.35 DPPH üzerine besleme nemi ve vals hızının etkisi (85 psi basınç sabitinde)

Besleme neminin(A) pozitif lineer ve negatif kuadratik (A^2), vals hızının (B) negatif lineer etkisi DPPH indirgeme aktivitesini önemli derecede etkilemiştir ($p < 0.05$). DPPH basınçtaki değişimden etkilenmemiştir ($p < 0.05$). Varyans analizi ve model istatistik analiz sonuçları EK B’de verilmiştir. Bağımsız değişkenler ile DPPH arasındaki ilişkiyi gösteren polinomiyal regresyon model denklemi ($\text{Adj } R^2 = 0.89$) kodlanmış faktörler cinsinden aşağıda mevcuttur.

$$\text{DPPH} = +8.64 + 0.041A - 0.65B - 1.56A^2 \quad (4.19)$$

Şekil 4.35' e göre azalan vals hızı (dolayısıyla artan sıcaklık etkisi) DPPH indirgeme aktivitesinde artışa neden olmuştur. DPPH besleme nemi arttığında artmış, %55'den sonra kuadratik etkisi baskın gelerek azalışa geçmiştir. Birçok araştırmacı uygulanan işlemlerin antioksidanların termal degradasyonu, enzimatik ve kimyasal oksidasyonu nedeniyle antioksidan miktarında kayba yol açtığını raporlamıştır. Bununla birlikte ve aksine çalışmamızda olduğu gibi çeşitli ısıl işlemlerin antioksidan aktiviteyi koruduğu ve artırdığı da bildirilmiştir [40,215,216]. Çalışmada elde edilen sonuçlara paralel olarak, Soison ve ark.[91] tatlı patates ununda 120°C'dan 140°C'a artan vals sıcaklığının DPPH indirgeyici antioksidan aktiviteyi arttırdığını, bu artışa işlem sırasında serbest kalan ve ekstrakte edilebilen fenolik bileşikler ve antisiyaninin neden olabileceğini bildirmiştir. Valsli kurutma sonrasında mangonun [208] ve artan vals sıcaklıklarında (100-120 °C) nar kabuğunun [94] hem TFM miktarı hem DPPH içeriği büyük oranda (>%90) korunmuştur. Öte yandan dragon meyvesinin azalan DPPH değeri fitokimyasalların termal tahribatı ile açıklanmıştır [217]. Zhang ve ark. [41] maş fasulyesinde, Tarakçı ve ark. [81], Değirmencioğlu ve ark. [80] tarhanada ve diğer birçok çalışmada [215] DPPH ile toplam fenolik içeriği arasında önemli korelasyon olduğu bildirilmiştir. Çorba tozlarımızda da TFM-DPPH arasında saptanan yüksek korelasyon ($r=0.81$) (EK C), DPPH aktivitesindeki artışın önemli oranda TFM'deki artıştan etkilendiğine işaret etmektedir. Ancak elbette antioksidan aktivitenin fenolikler dışında proteinler gibi diğer başka bileşenlerden de etkilendiği bilinmektedir. Isıl işlem sırasındaki yükselen sıcaklıklarda serbest kalan fenolik bileşenlerin yanı sıra karamelizasyon ve Maillard reaksiyonları sonucu oluşan melanoidin gibi esmerleşme pigmentleri antioksidan aktiviteyi (DPPH indirgeme gibi) koruyabilmekte ve artırabilmektedir [43,91,216,219]. Nitekim çalışmamızda DPPH antioksidan aktivitesi ile *a* renk değeri arasında tespit edilen pozitif korelasyon ($r=0.61$, $p<0.01$) (EK C) bunu destekler niteliktedir. Vals hızı azaldığında artan yükselen *a* değeri genellikle esmerleşme reaksiyon ürünleri nedeni ile olmaktadır. Soison ve ark. [91] da mor renkli patatesin ekstrüzyonunda antioksidan aktivite ile *a* ve *b* renk değerleri arasında benzer bir ilişkiden bahsetmiştir.

DPPH sabit sıcaklıkta besleme nemi ile artış göstermiş ancak yüksek nemlerde özellikle %65 civarında azalmıştır (Şekil 4.35). Besleme nemi arttığında suyun proses şiddetine karşı koruyucu etkisiyle antosiyanin ve β -karoten gibi antioksidatif etki

yaratan renk pigmentleri korunmuş ve öne çıkmış olabilir. En yüksek nem seviyelerinde DPPH değerindeki azalmanın olası bir sebebi ise, bu seviyelerde nemden dolayı esmerleşme reaksiyonu meydana gelmediği için oluşmayan veya miktarı çok azalan esmerleşme reaksiyon ürünlerinin antioksidatif etkisinin ortadan kalkması olabilir. Ayrıca yüksek neme bağlı artan enzimatik aktivite ile de antioksidatif kayıplar gerçekleşebilir.

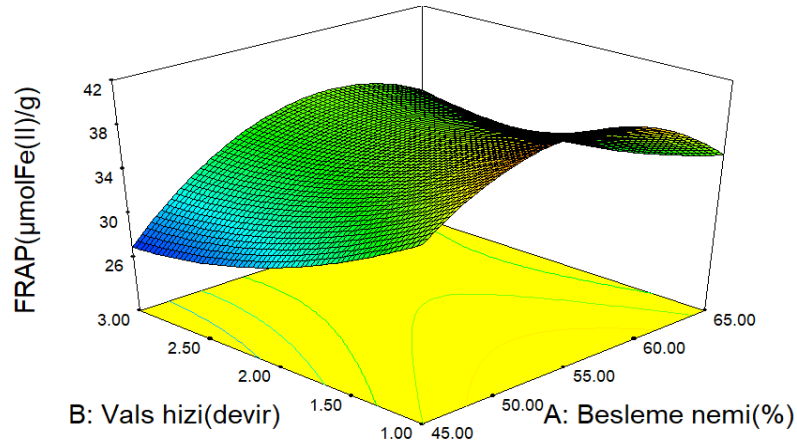
4.3.13 FRAP / Demir İyonu-İndirgeyici Antioksidan Güç

Çorbaların FRAP değerleri kuru maddede ortalama $35.10 \mu\text{molFe(II)/g} \pm 0.76$ olup en düşük ve en yüksek 26.02 ve $42.88 \mu\text{molFe(II)/g}$ değerlerini almıştır. FRAP değerini Kılıcı ve Göçmen [220] yulaf katkılı tarhanada $2.01-3.92 \mu\text{mol}$ troloks/g, Tarakçı ve ark. [81] karayemiş katkılı tarhanada $4673.33-8504.17 \mu\text{mol/g}$, Esimek [123] kinoa katkılı glutensiz tarhanada $2.06-6.21\text{mmol/g}$ olarak raporlamıştır. Görüldüğü üzere farklı materyallerde ve farklı birimlerde değişen FRAP değerleri raporlandığından aralarında kıyaslama yapmak pek mümkün olmamıştır. Sonuçlar arasındaki farklılıkların ayrıca uygulanan ekstraksiyon ve test yöntemindeki modifikasyonlardan da gelebileceği göz ardı edilmemiştir. Çalışmalarda FRAP değeri maş fasulyesinde $31.85-50.43 \mu\text{molFe(II)/g}$ [212,218] ve $0.88 \text{mmol Fe}/100\text{g}$ [45], pirinç ununda ise $0.04 \text{mmol}/100 \text{g}$ [221] bulunmuştur. Bir çalışmada maş fasulyesi çorbasında maş fasulyesi konsantrasyonu arttıkça DPPH ve FRAP indirgeme aktiviteleri artmış ve maş fasulyesi çorbası özellikle viteksin ve izoviteksin flavonoidleri ile iyi bir antioksidan potansiyeli sergilemiştir [44].

Besleme neminin(A) pozitif lineer ve negatif kuadratik (A^2), vals hızının (B) negatif lineer ve pozitif kuadratik (B^2) etkisi ve besleme nemi*vals hızı interaksiyonunun (AB) pozitif lineer etkisi DPPH indirgeme aktivitesini önemli derecede etkilemiştir ($p<0.05$). DPPH basınçtaki değişimden etkilenmemiştir ($p<0.05$). Varyans analizi ve model istatistik analiz sonuçları EK B'de verilmiştir. Bağımsız değişkenler ile FRAP arasındaki ilişkiyi gösteren polinomiyal regresyon model denklemi ($\text{Adj } R^2=0.86$) kodlanmış faktörler cinsinden aşağıda mevcuttur.

$$\text{FRAP} = +36.61+1.52A-2.78B+2.02AB-5.34A^2+1.96B^2 \quad (4.20)$$

Şekil 4.36' e göre azalan vals hızı FRAP indirgeme gücü aktivitesinde artış sağlamıştır. FRAP besleme nemi ile önce artmış daha sonra yüksek nemlerde azalış göstermiştir. Besleme nemi ile vals hızının ortak etkisi antioksidan aktiviteyi artırıcı yönde olmuştur ($p<0.05$). Tablo 4.12 Duncan çoklu karşılaştırma testine göre en düşük FRAP değeri %45 besleme nemi-3 vals hızı-85 psi basınç koşulunda; en yüksek FRAP değeri %55 besleme nemi-1 vals hızı-95 psi basınç koşulunda gözlenmiş ve bu değerler diğer tüm denemelerden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. Görüldüğü gibi FRAP indirgeme gücü üzerine basınç parametresinin etkisi önemsiz de olsa ($p>0.05$) en yüksek FRAP değeri %55 nemdeki etkisi en sert olan proses koşulunda (1 vals hızı ve 95 psi basınç) elde edilmiştir. Buradan çalışmamızda termal proses koşulları arttığında FRAP antioksidan aktivite değerinin arttığı sonucuna ulaşılabilir. Gan ve ark. [43] filizlenmiş maş fasulyesinin sıcak hava kurutma işleminde FRAP antioksidan gücünün 70-80 °C lara çıkarılan sıcaklık artışıyla birlikte arttığını ve bu antioksidan kapasitenin çoklukla oluşan koyu renkli melanoidinlerden ve polifenollerden kaynaklandığını saptamıştır. Araştırmacılar ayrıca FRAP antioksidan gücü ile esmerleşme indeksi arasında önemli korelasyon olduğunu ($r=0.98$, $p<0.05$) ortaya koymuştur. Özellikle bitkisel gıdalarda termal işlem ile artan antiokasidan aktivite diğer birçok çalışmada da bildirilmiştir [91,214,215,222].



Şekil 4.36 FRAP üzerine besleme nemi ve vals hızının etkisi (85 psi basınç sabitinde)

Çalışmada DPPH'da olduğu gibi FRAP ile toplam fenolik madde içeriği arasında önemli pozitif korelasyon mevcuttur ($r=0.80$, $p<0.01$) (EK C). Maş fasulyesinde de FRAP ile TFM arasında yüksek korelasyonlar raporlanmıştır [41]. Bu

durum, toplam fenolik içeriğin örneklerin DPPH ve FRAP yöntemleriyle belirlenen antioksidan aktivitesinde etken bir rol aldığıının göstergesidir.

Valsli kurutucularda toplam fenolik madde ve antioksidan bileşenlerin korunması ve artması çorba hamurlarının yüksek sıcaklıklara maruz kalmasının sadece birkaç saniye ile sınırlı kalmasından kaynaklanabilir [94], bu da valsli kurutucuları ısıya duyarlı ürünlerin işlenmesi için cazip hale getirmektedir.

Sonuçlar uygulanan valsli pişirme ve kurutma işleminin besinsel ve antioksidatif özellikleri gelişmiş glutensiz instant tarhana çorbası elde edilmesini sağladığını göstermiştir. Bu çalışma ayrıca uygulanan ısı işlem ile antioksidanların miktarının artırılarak belli seviyede antioksidatif yarar elde edilebileceğini göstermiştir. Özellikle hidrotermal etki ile arttığı düşünülen fenolik ve antioksidan kapasitenin çölyaklı bireylerin sağlığı için olumlu katkı sağlayacağı ortaya konmuştur.

4.3.14 Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DTK) ile Nişasta Jelatinizasyonu Analizi

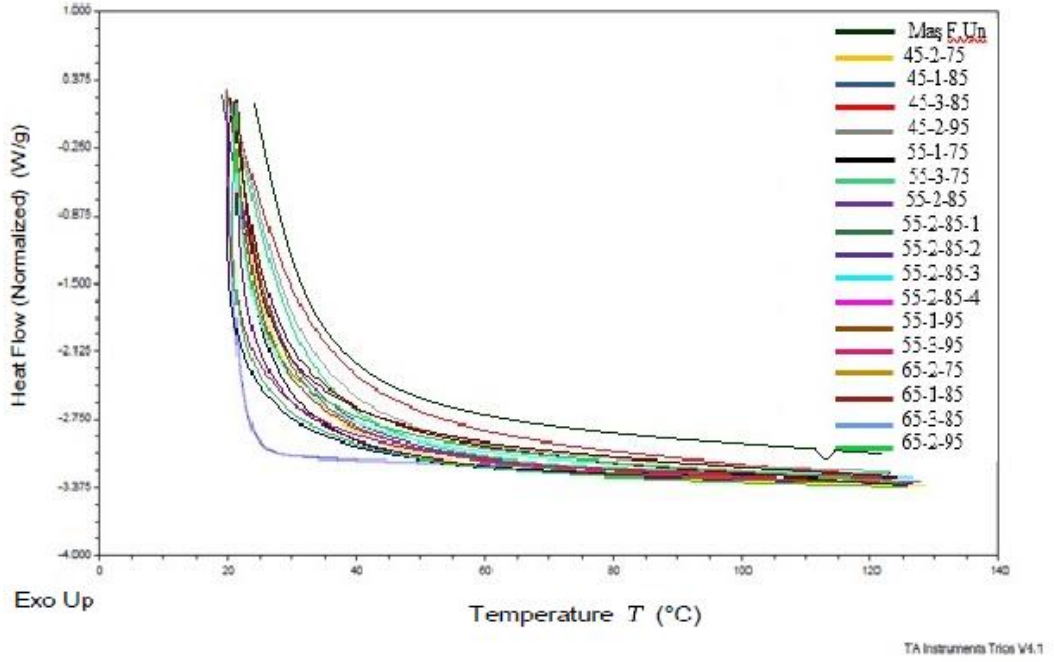
DTK (Diferansiyel Taramalı Kalorimetre) nişasta jelatinizasyonunda nişastanın termal özelliklerini incelemek için en sık kullanılan tekniklerden biridir [28,68]. DTK bir ürün ve ilgili referans materyaline olan enerji girişindeki farklılığı her iki malzeme de programlanmış ısıtma veya soğutmaya tabi tutulurken sıcaklığın bir fonksiyonu olarak ölçen bir tekniktir. Nişastanın jelatinizasyonunda, DTK termogramları, nişasta içindeki kristalin (ya da çift sarmal) yapının erimesi sırasında meydana gelen geçiş entalpilerinin (ΔH) yanı sıra geçiş sıcaklıklarının (T_g) ölçülebilmesini sağlar. Bu entalpi değişiminin gözlemlendiği sıcaklık nişastanın jelatinize olduğu sıcaklığı, entalpi pikinin altında kalan alan ise jelatinizasyonun boyutunu ifade eder. Nişastanın jelatinizasyon sıcaklığı nişasta çeşidine bağlı spesifik bir özelliktir, gözlenen endoterm ve entalpinin sayısı amiloz/amilopektin, nem ve lipid miktarından etkilenir [223]. Yüksek jelatinizasyon sıcaklıkları daha sağlam/büyük kristal yapı veya daha uzun zincir yapıda meydana gelmekteyken; yüksek ΔH çift sarmal yapının daha fazla tahrip olmasından meydana gelmektedir [224].

Jelatinizasyonda ilk olarak camsı geçiş sıcaklığında amorf bölge faz değişimine uğrar ve camsı yapı elastik yapıya dönüşür. Daha sonra jelatinizasyon iç kısımlara

ilerler ve kristalin yapı eriyerek faz değiştirir. Camsı geçiş ve kristal yapı erimesi işlemlerinin her ikisinde de enerji absorpsiyonu olduğu için DTK termogramında bu değişimler, endotermik pik olarak görülmektedir. Amorf bölgedeki camsı geçişin, kristal erimesi geçişine çok yakın bir sıcaklıkta gerçekleşmesi ve çok daha düşük enerji gerektirmesi nedeniyle her iki işlem termogramda tek bir pik şeklinde görülebilmektedir. Dolayısıyla bu pikin alanı nişasta jelatinizasyonu geçiş entalpisi olarak alınmaktadır [225].

Çalışmamızda valsli kurutma uygulaması ile elde edilen tüketime hazır glutensiz çorba tozlarının ve formulasyonda kullanılan prejelatinize maş fasulyesi ununun cihazda 10°C/dk ısıtma hızıyla 20°C'dan 120°C'a ısıtılmasıyla DTK termogramları hazırlanmıştır. Tüm DTK termogramları EK D' de verilmiştir. Şekil 4.37'deki toplam termogram gösteriminde görüldüğü gibi, denemelerde elde edilen toz çorbalarda entalpi değişim grafiklerinde belirtilen sıcaklıklar arasında herhangi bir jelatinizasyon piki saptanmamıştır. Sadece jelatinize olmamış nişasta granülleri, jelatinizasyon için enerjiye ihtiyaç duyarak endotermik pik oluştururlar. Analiz edilen çorba tozlarının termogramlarında endotermik pik görülmemesi nişasta granüllerindeki tüm kristal yapının eridiğini veya nişastanın tamamının jelatinize olduğunu göstermektedir [55]. Yıldırım ve Ercan [186] ekstrüzyonla elde ettiği instant tarhana tozlarının hiçbirinde endoterm piki elde edememiş olup bu durum tam bir jelatinizasyonun göstergesidir. Benzer şekilde riceberry (koyu renkli pirinç)'nin valsli kurutmadaki prejelatinizasyonu [68] ve mısır nişastasının ekstrüzyonu [55] sonrasında DTK termogramında herhangi bir pike rastlanmadığı için tam bir jelatinizasyonun gerçekleştiği ifade edilmiştir. Verilerimiz bu çalışmalarla uyumludur. Uygulanan işlem koşullarının (%45-65 besleme nemi, 1-3 vals hızı, 75-95 psi basınç) maş fasulyesi ve pirinç nişastasının jelatinizasyon sıcaklıklarının (58-82 °C [28] ve 57-78 °C [46,226]) zerinde olmasının yanı sıra valsli kurutucuda yeterli bir etki yaratarak çorba tozlarında etkin bir jelatinizasyon sağlandığı düşünülmektedir. Ancak, DTK'da herhangi bir pikin görülmediği ve tam bir jelatinizasyonun (%100) gerçekleştiği sonucuna varılan tüm denemelerde (Şekil 4.37) iyotla kompleks oluşturma metoduna göre elde edilen jelatinizasyon dereceleri genellikle %100'n altında kalmıştır (Tablo 4.6). Dolayısıyla termogramda jelatinizasyon pikinin saptanmaması nişastanın granüler ve kristal yapısının tamamını kaybettiğini garanti etmemektedir. Benzer tespitler diğer çalışmalarda da (Gomez ve Aguilera [138], Blanche ve Sun [227],

Navarro ve ark.[228]) gözlenmiştir. Bu durum minimal düzeydeki jelatinize olmadan kalan nişasta miktarının uygulanan DTK prosedürü tarafından tespit edilemediğini, cihaz ölçümünün o derece hassas olmadığını göstermektedir [138,210]. İlave olarak; çorba yapımında hammadde olarak kullanılan prejelatinize maş fasulyesi ununda jelatinizasyon sıcaklığının oldukça üzerinde gözlenen endotermik pik ($T_0=113.85\text{ }^\circ\text{C}$) (Şekil 4.37 ve EK D.18) ise jelatinize olmamış ve ancak daha yüksek sıcaklıklarda erime gösteren amiloz-lipid kompleksine ait geçiş pikidir. Hagenimana ve ark. [202] da pirinç unu ekstrüdatında DTK'da 103°C ' de amiloz-lipid kompleksi gözlemiştir. DTK'daki jelatinizasyon sıcaklıklarının üzerindeki geçiş pikinin genellikle işlem sırasında jelatinize olmadan kalan amiloz-lipid gibi kompleks oluşumlarına ait olduğu diğer araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir [210,227,229].



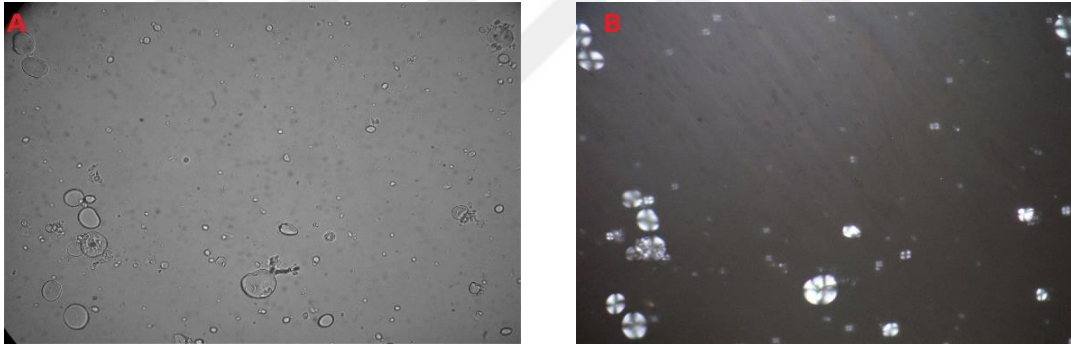
Şekil 4.37 Çorba tozlarının DTK diyagramında bir arada görünümü.

4.3.15 Nişastanın Çift Kırınım (Birefringence) Görüntüsü

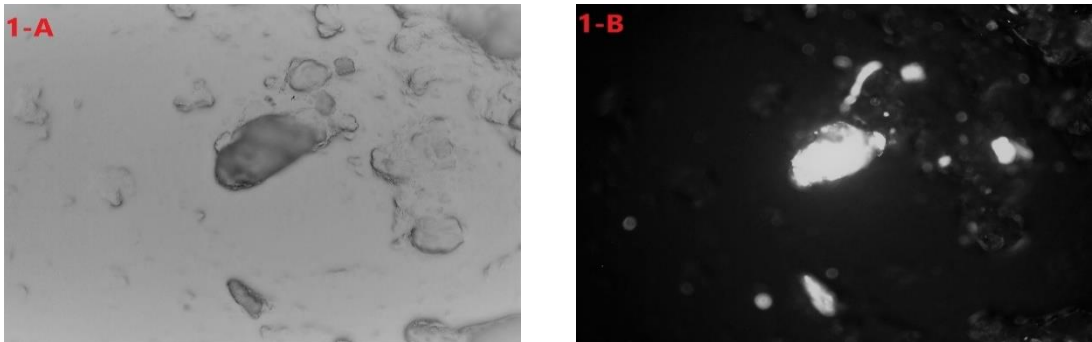
Nişasta jelatinizasyonunun tespitinde kullanılan bir diğer yöntem polarize ışık mikroskopunda jelatinize nişastada çift kırınım görüntüsünün kaybolmasının görüntülenmesidir. Heterojen yapıdaki doğal nişasta granüllerinde kristal ve amorf fazlar mevcuttur ve granüller %15 ile %45 arasında değişen kristaliteye sahiptirler. Mikroskopta polarize ışık altında incelendiklerinde tipik malta haçı görüntüsü verirler. Bu özellik nişasta granülünün çok düzenli bir yapıya sahip olmasından kaynaklanır.

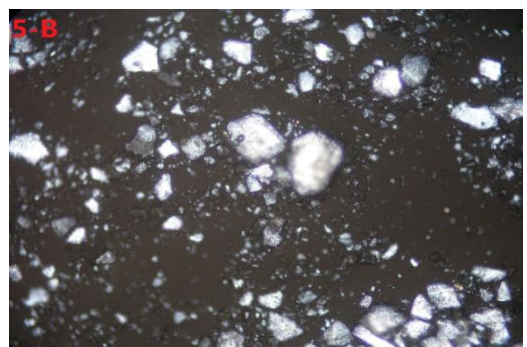
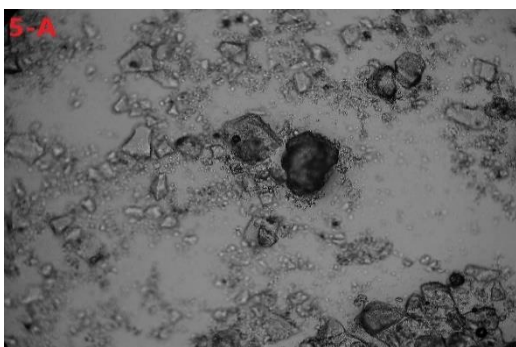
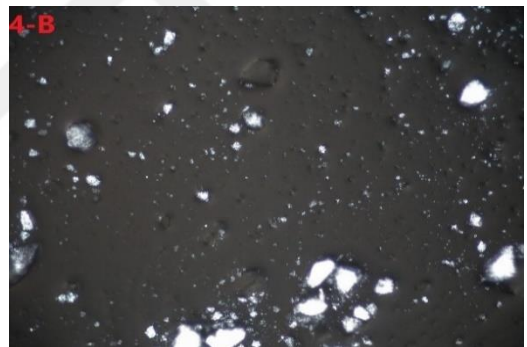
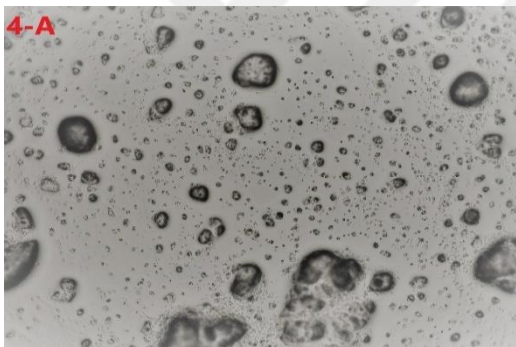
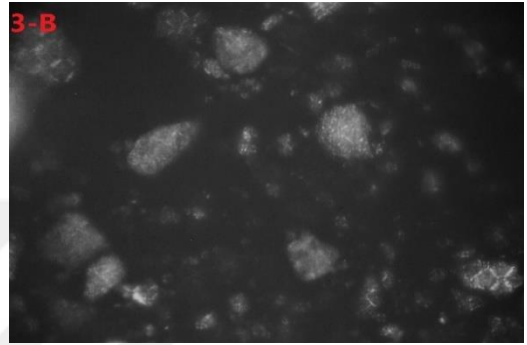
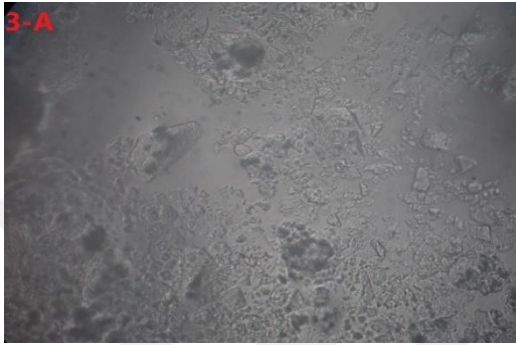
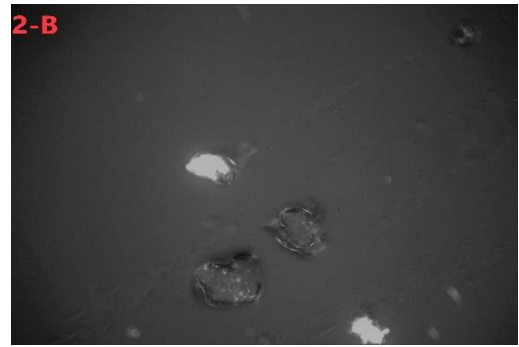
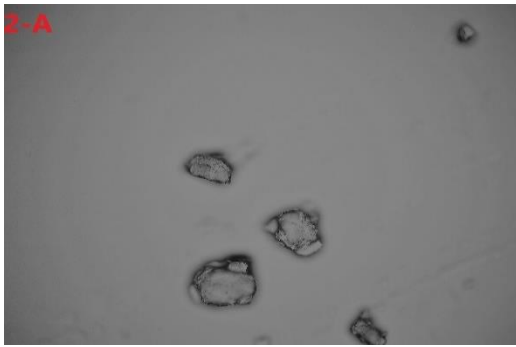
Polarize ışık altında malta haçı görüntüsü verme özelliği kristalitlerin granülde yarıçap yönünde konumlandığını göstermektedir [53]. Granüller soğuk suda çözünmez. Suyun varlığında ısıtmaya maruz kaldığında, granüller geri dönüşsüz olarak su alarak şişer, iç kristal yapı tahrip olur ve malta hacı görünümündeki çift kırınım kaybolur. Bu dönüşüm jelatinizasyon olarak adlandırılır [230].

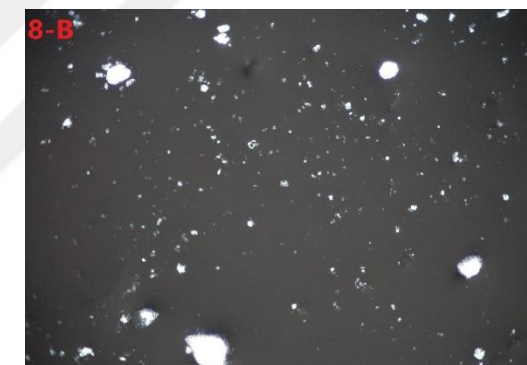
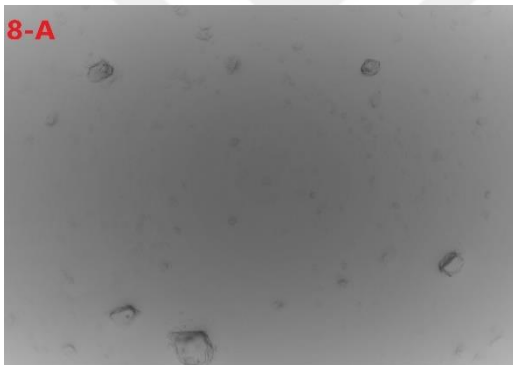
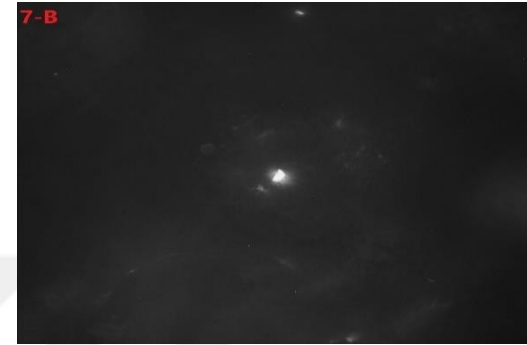
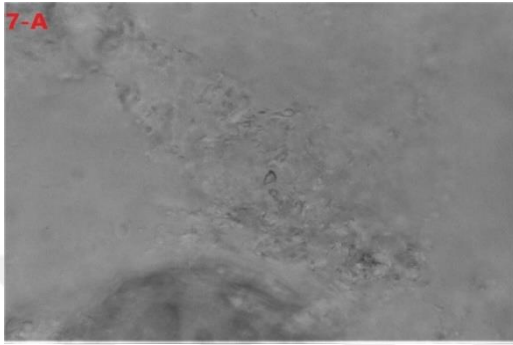
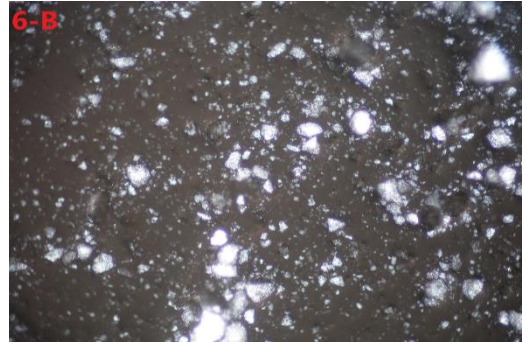
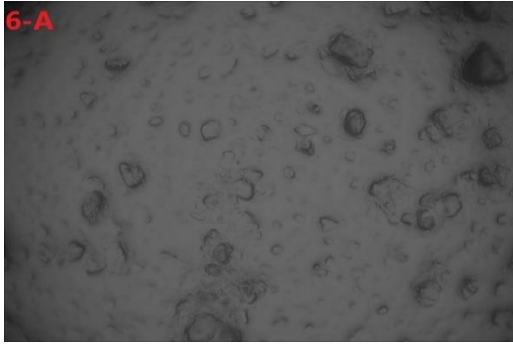
Valsli pişirme işlemiyle uyguladığımız hidrotermal proses, çorba tozlarının nişasta yapısında çift kırınım (birefringence) görüntüsünün kaybolmasına neden olmuştur. Bu nişastanın düzenli moleküler yapısının bozularak jeatinize olduğunu göstermektedir. Çorba denemelerine ait malta haçının kaybolduğu ve su alarak şişmiş/dağılmış olan granüllerin normal ve polarize ışık altındaki mikroskobik görüntüleri Şekil 4.39’de verilmiştir. Karşılaştırma yapılabilmesi için işlem görmemiş pirinç unundan alınmış polarize ışık mikroskobu altındaki tipik birefringence (çift kırınım) görünümü Şekil 4.38’ de sunulmuştur.

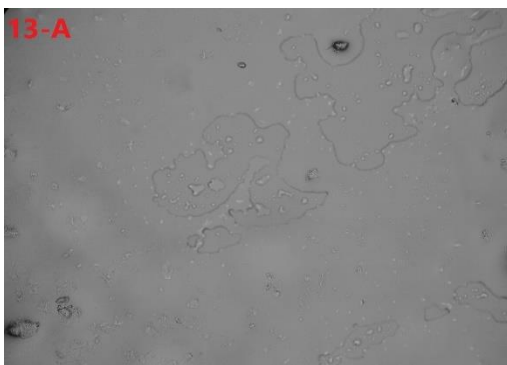
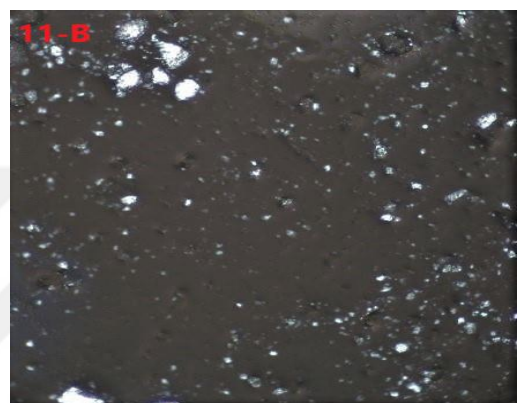
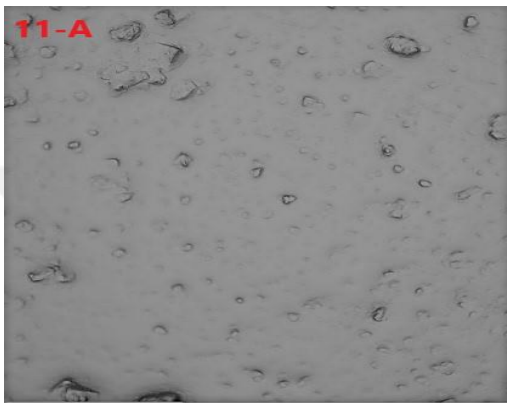
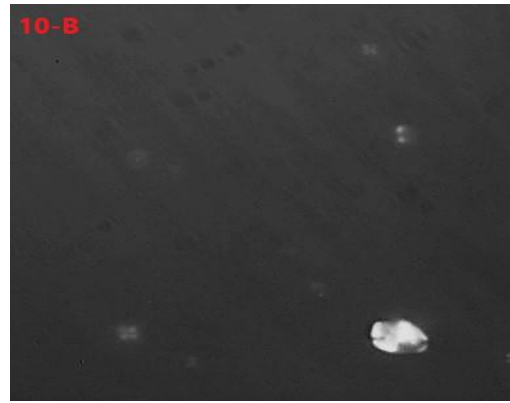
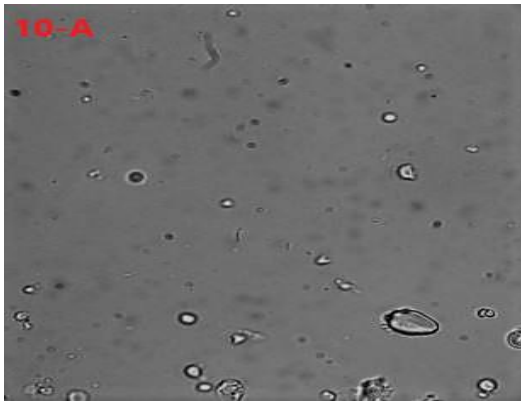


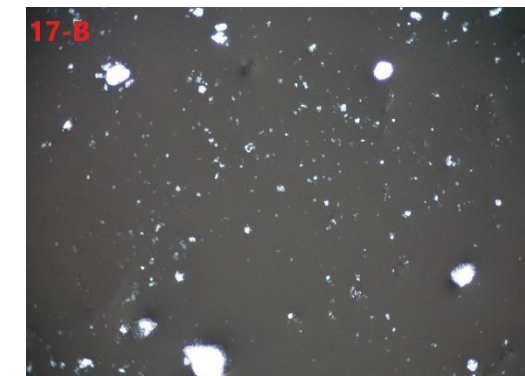
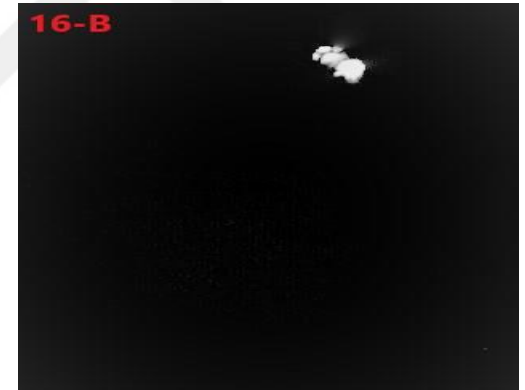
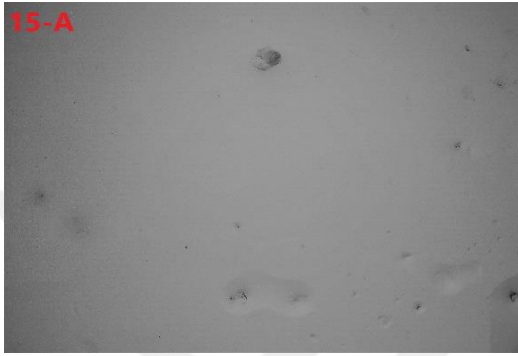
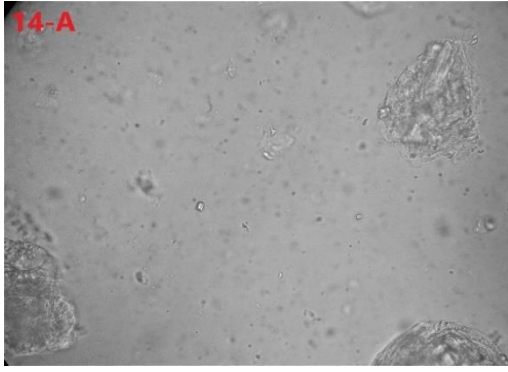
Şekil 4.38 İşlem görmemiş pirinç ununun polarize ışık mikroskobunda normal(A) ve polarize ışık (B) altındaki görünümü











Şekil 4.39 Çorba tozlarının polarize ışık mikroskopunda (40X) normal(A) ve polarize ışık (B) altındaki görünümü (1-17: Deneme numaraları)

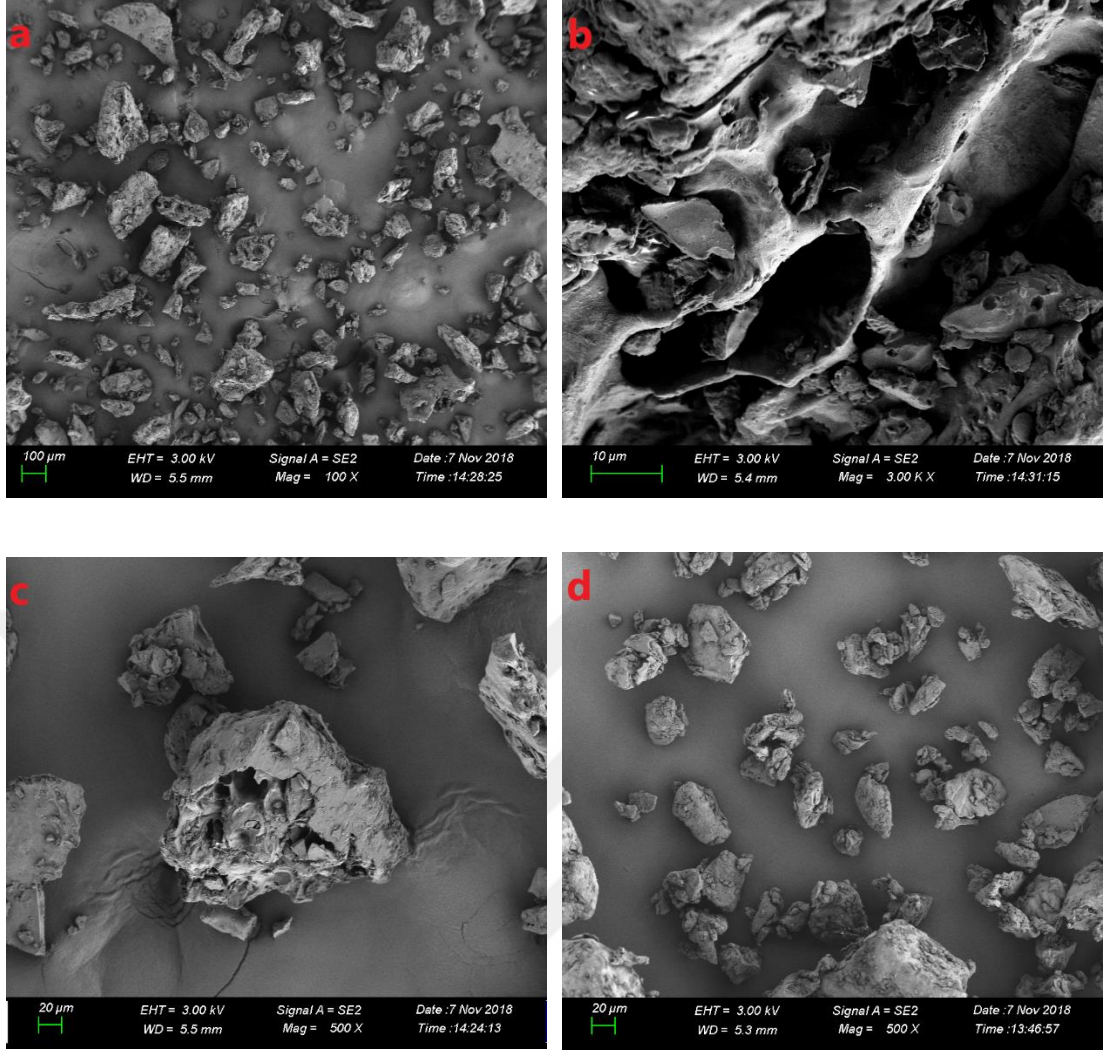
4.3.16 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile Mikroyapı Görüntüsü

SEM görüntüleme modifiye nişastaların granül yapısının anlaşılmasında önemli bir rol oynar [231]. Mikroyapı analizleri valsli kurutma gibi instanizasyon proseslerinden sonra moleküler yapı düzenini tanımlamak için kullanılabilir. Valsli kurutucuda elde edilmiş tüketime hazır glutensiz çorba tozlarının bazılarının SEM görüntüleri Şekil 4.40'da sunulmuş ve yorumlanmıştır. Tüm denemelere ait diğer çorbaların SEM görüntüleri EK E'de sunulmuştur.

Şekil 4.40a'da valsli kurutma ile jelatinizasyonun tozlardaki nişastanın oval-yuvarlak granüler şeklini ve düzenli yapısını tamamen yok ettiği görülmektedir. Elde edilen görüntülerde genelde dağılmış ve yayılmış haldeki granül partikülleri mevcuttur. Bu granüller üzerinde oyuk ve çatlakların bulunduğu yer yer gözenekli tabaka benzeri bir yapıdan oluşmaktadır (Şekil 4.40b). Proses esnasında amilozun yapı dışına sızması, evapore olan suyun dışarı çıkması ve hapsedilen hava kabarcıkları özellikle flakelerin valslerede degen yüzeyinde gözenekli bir yapının oluşmasına neden olmaktadır [61,232]. Majzoobi ve ark.[92] valsli kurutmada elde ettiği prejelatinize buğday nişastasında sürekli katı faz içinde hava kabarcıklarının rastgele dağıldığını, tabaka benzeri bir yapının gözlendiğini ortaya koymuştur. Bu, kurutma esnasında tüm nişasta granüllerinin jelatinize olduğunu işaret etmektedir. Benzer gözlemler valslerde üretilen prejelatinize mısır ve pirinç nişastasında da [54,66] yapılmıştır.

Elde ettiğimiz görüntülerde kesikli ve üzerinde çıkıntılar bulunan partiküller mevcuttur (Şekil 4.40c). HTST uygulanan tahıl nişastasının dış yüzeyinde oyuntu ve çatlaklar tespit eden Kaur ve ark.'na [231] göre işlenmiş tahıl unlarının kesikli yapısı büyük olasılıkla nişasta granüllerinin yapısında daha fazla düzensizliğe neden olan yüksek sıcaklıktaki jelatinizasyondan kaynaklanmıştır. Bu araştırmacılar da pirinç ununun dış yüzeyinde çıkıntılı görüntüler elde etmişlerdir. Öte yandan proses esnasında valsler arasında oluşan kesme kuvvetinin granüllerde kenarları kesikli bir yapı oluşturduğu görülebilir.

Bunun yanı sıra, çorba tozlarının SEM görüntülerinde kimi yerlerde parçalanmış küçük nişasta granüllerinin oluşturduğu aglomerasyon da görülmektedir (Şekil 4.40d) Valsli kurutmanın aglomere partiküller meydana getirdiği daha önce de patates ununda raporlanmıştır [61].



Şekil 4.40 Çorba tozlarının SEM görünümü (a: 65-2-75,100X; b: 65-2-75, 3.00 KX, c:65-2-95, 500X, d:45-2-75, 500X) (45,65:%45,%65 besleme nemi, 2: vals hızı, 75: basınç psi)

4.4 Optimizasyon

İnstant nişasta karışımlarında ana etken özellikler soğuk suda dağılma ve su absorpsiyonu ve suda çözünürlüğün artmasıdır [69]. Jelatinizasyon pişme kalitesini etkileyen önemli bir kriterdir [32,51,89]. İnstant çorbanın sıcak su ile karıştığında kolayca çözünmesi, su alarak ıslanabilmesiyle yeterli viskoziteyi sağlaması ve kısa sürede pişmiş özellik kazanarak içime hazır olması için yüksek su absorpsiyonu, suda çözünürlük ve jelatinizasyon derecesine sahip olması beklenir [51,68,119,186]. Ayrıca yeni geliştirilmiş yenilebilir bir ürünün özellikle de çölyak hastaları gibi hassas bir kitle tarafından kabul edilip tüketilebilmesi için duyu kriterlerinin öncelikli bir önemi vardır. Bu nedenle çalışmamızda optimum proses koşulları için; maksimum su

absorbsiyon indeksi (SAİ), maksimum suda çözünürlük indeksi (SÇİ), maksimum jelatinizasyon derecesi (JD) ve maksimum duyuşsal genel kabul edilebilirlik (GK) değerleri hedef alınmıştır. Optimum koşulun belirlenmesi için regresyon analizi sonucunda elde edilen modeller kullanılarak çizilen izohips ve yanıt yüzey eğrilerinden ve yanıt yüzey metodunun “desirability (istenebilirlik)” fonksiyonundan yararlanılmıştır. Desirability fonksiyonunun 1’e en yakın sonuç verdiği koşul optimum koşul olarak seğilmiştir.

Optimizasyonda modelin belirlenmesi için seçilen değerler Tablo 4.13’te verilmiştir. Ürünün endüstriyelletirilmesi olasığı düşünöldüğünde tüketici beğenisi belirleyici olacağından, kriterler belirlenirken ürünün genel kabul edilebilirliğinin (GK) önem seviyesi diğerlerinden yüksek seğilmiştir.

Tablo 4.13 Optimizasyonun belirlenmesinde seçilen değerler

Değişken	Hedef	Minimum	Maksimum
Besleme nemi (A)		45	65
Vals hızı (B)		1	3
Basınç (C)		75	95
Su absorbsiyon indeksi(SAİ)	Maksimum	3.2	4.2
Suda çözünürlük indeksi(SÇİ)	Maksimum	17.93	23.14
Jelatinizasyon derecesi(JD)	Maksimum	79.01	97.60
Genel kabul edilebilirlik(GK)	Maksimum	4.04	5.92

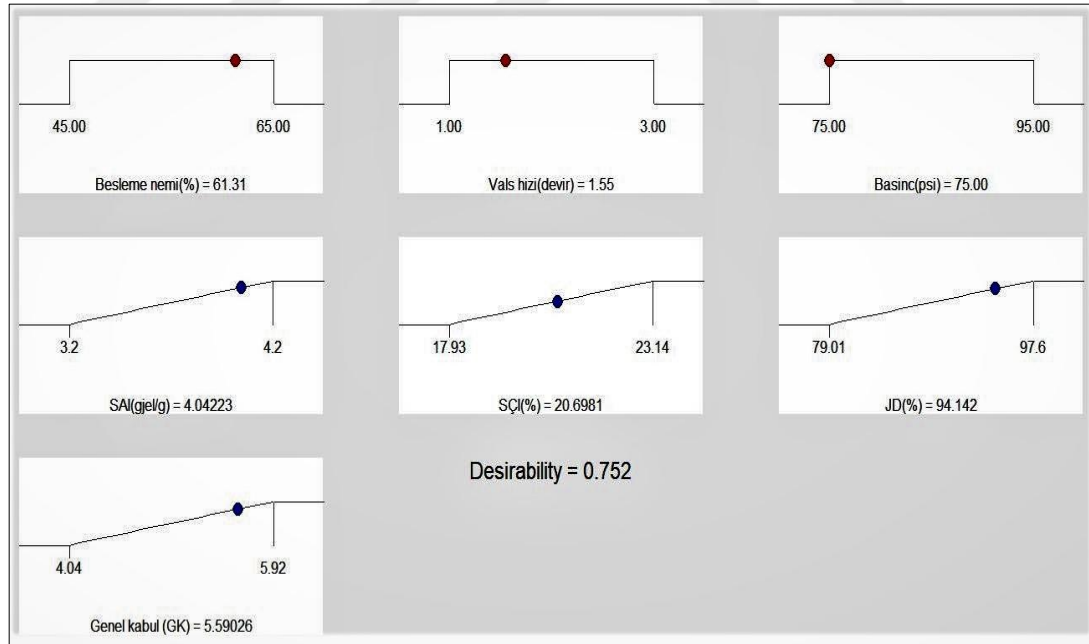
Buna göre desirability fonksiyonu uygulandığında optimum nokta için 5 çözüm önerisi elde edilmiştir. Önerilen çözüm önerileri Tablo 4.15’de listelenmiştir. Bunlar arasından desirability değeri en yüksek olan (0.752) üç tanesinden birinci sıradaki koşul; **%61.31 besleme nemi, 1.55 devir vals hızı, 75 psi basınç** optimum nokta olarak seğilmiştir. Seçilen optimum noktaya ait çözüm rampa işlevi grafikleri ile Şekil 4.41’de şematize edilmiştir. Sonuç olarak; **0.752** desirability değeri ile optimum nokta olarak seçilen bu koşullarda yapılan üretimde hesaplanan su absorbsiyon indeksi 4.04 g jel/g, suda çözünürlük indeksi %20.70, jelatinizasyon derecesi %94.14 ve genel kabul edilebilirlik 5.59 puan olarak elde edilebilecektir (Tablo 4.14).

Tablo 4.14 Optimizasyonda elde edilen optimum işlem koşulları

Değişkenler	Besleme nemi(%)	Vals hızı(devir)	Basınç(psi)
	61.30	1.55	75
Su absorpsiyon ind.(SAİ)(gjel/g)	4.04		
Suda çözünürlük in.(SÇİ)(%)	20.70		
Jelatinizasyon derecesi(JD)(%)	94.14		
Genel kabul edilebilirlik(GK)	5.59		

Tablo 4.15 Optimizasyonda önerilen çözümler

No	Besleme nemi (%)	Vals hızı (devir)	Basınç (psi)	SAİ (gjel/g)	SÇİ (%)	JD(%)	GK	Desirability
1	61.31	1.55	75	4,042	20.698	94.142	5.590	0.752
2	61.31	1.57	75	4.045	20.675	94.112	5.597	0.752
3	61.21	1.58	75	4.044	20.690	94.073	5.595	0.752
4	61.26	1.48	75	4.029	20.803	94.237	5.563	0.751
5	60.27	2.75	75	4.094	20.140	91.305	5.675	0.707



Şekil 4.41 Optimum noktaya ait çözümün rampa işlevi grafikleri ile gösterilmesi

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Valsli kurutma koşullarının ürünlerin yapısı üzerine etkisini inceleyen çeşitli araştırmalar mevcuttur. Ancak literatürde valsli kurutma işlemi ile çölyak hastaları için tüketime hazır glutensiz çorba üretimi üzerine çalışmalar sınırlıdır.

Bu çalışmada, maş fasulyesi ve pirinç unu kullanımı ile formüle edilip, valsli kurutucuda kurutulmuş pişirmeye gerek kalmadan tüketime hazır hale getirilen, besleyici değeri yüksek, yeni bir glutensiz çorba üretimi optimize edilmiş, ayrıca prosesin kalite ve diğer özellikler üzerine etkisi incelenmiştir. Elde edilen çorbalar %20.52-22.62 protein, %2.63- 3.94 arasında toplam diyet lifi, %7.03- 7.46 arasında kül, 3.20-4.20 g jel/g arasında SAİ, %17.93-23.14 arasında SÇİ ve %79.01-97.60 arasında JD'ne sahiptir. Üretilen çorba tozları dağılmış bir nişasta granülü yapısına, iyi su absorblama ve suda çözünürlük yeteneğine, karşılaştırılabilir toplam fenolik ve antioksidan aktivite kapasitesine, yüksek jelatinizasyon derecesi ile uygun kıvamda kabul edilebilir duyu özelliklere sahiptir. Bu sonuçlar, valsli kurutma prosesi ile başlıca maş fasulyesi ve pirinç unu karışımından elde edilen, doğrudan tüketime hazır glutensiz bir çorba üretiminin mümkün olduğunu göstermektedir.

Valsli kurutucuda elde edilen tüketime hazır çorba tozları kabul edilebilir fiziksel ve duyu özelliklere sahiptir. Her bağımsız değişkenin sistem parametreleri ve ürün özellikleri üzerindeki etkisini tanımlamak için farklı polinom modelleri geliştirilmiştir. Sistem parametreleri ile yanıt tepkileri arasındaki korelasyonlar ve duyu değerlendirme, bağımsız değişkenlerin toz örneklerin özellikleri üzerindeki etkisinin daha iyi anlaşılmasını sağlamıştır. Yanıt yüzey metodu maksimum su absorpsiyon ve suda çözünürlük indeksleri, jelatinizasyon derecesi ve genel kabul edilebilirliği sağlayan optimum işlem koşullarını belirlemek için kullanılmıştır. Valsli kurutma ile kabul edilebilir çorba tozlarının üretimi için işlem değişkenlerinin optimum kombinasyonu %61.31 besleme nemi, 1.55 vals hızı ve 75 psi basınç olarak saptanmıştır.

Gerçekleştirilen duyu analiz sonuçları (1-7 puanlık skalaya göre) toplamda ortalama 4.98 ± 0.63 puan ile maş fasulyesi ile pirinç unu kullanımının ve valsli

kurutmada pişirme işleminin, incelenen duyuşsal özelliklerin tamamında kabul edilebilir çorba özelliklerini sağladığını göstermiştir. Bununla birlikte, bazı kriterlerdeki nispeten düşük kabul edilebilirlik seviyeleri çölyak hastalarına sağladığı sağlık yararları ve pratik kullanım ile telafi edilebilir ve hazırlanan çorbaların duyuşsal kalitesi daha ileri çalışmalar ile geliştirilebilir. Maş fasulyesinin kullanılması çölyaklıların tüketimine sunulacak hazır çorbanın özellikle protein ve mineral açısından besinsel değerini zenginleştirmek ve fonksiyonelliğini geliştirmek için uygun bir araçtır. Çorbanın tüketimi aynı zamanda tüketicilerin diyet lifi, antioksidan ve fenolik madde alımını da desteklemektedir. Çölyak hastalarının yanı sıra diğer tüketicilerin de glutensiz gıdalara yönelik mevcut eğilimleri göz önüne alındığında, bu alanda sınırlı olan beslenme seçeneklerinin zenginleştirilmesi onlara kaliteli bir yaşam desteği sağlayacaktır. Geliştirilen ürün kullanımının kolay olmasından dolayı, evde olduğu kadar, hastane ve okul kantinleri ile restoran, kafeterya gibi diğer sosyal alanlarda da tercih edilebilir, böylece sosyalleşmekte zorluk çeken çölyak hastaları için iyi bir alternatif olabilir.

Elde edilen ürünün sağlıklı ve besleyici olması, karışımı oluşturan hammaddelerin nispeten ekonomik olmaları ve valsli kurutucu kullanımının avantajlı olması nedeniyle endüstriyelendirilebileceği düşünülmektedir. Bu nedenle, kısıtlı bir ürün portföyüne sahip glutensiz gıda pazarı için ilgi çekici bir seçenek niteliğindedir.

Geliştirilen ürünün besin öğelerinin biyoerişilebilirliklerinin belirlenmesi amacıyla *in vitro* çalışmaların yapılması, ayrıca valsli kurutma sırasında muhtemel protein-nişasta ağının incelenmesi ve nişasta sindirilebilirliğinin ortaya konması da yarar sağlayacaktır.

Maş fasulyesinin diğer baklagillere oranla düşük antibesinsel madde içermesinden yola çıkılarak mineral ve vitamin eksikliği sorunu yaşayan çölyaklılar için üretilen bu çorbanın anti besinsel içeriğinin incelenmesi ve bu etkisinin avantajının ortaya konulması faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Fasano, A., Catassi, C. Celiac Disease. *The New England Journal of Medicine*. 2012, 367(25), 2419–2426.
2. Catassi, C., Fasano, A. Celiac disease. In: Arendt EK, Dalbello F, editors. *Gluten-free cereal products and beverages*, London: Academic Press Inc. (London) Limited; 2008.
3. Türksoy, S. Gluten ve Çölyak Hastalığı. *Türkiye 9 Gıda Kongresi*. 2006, Bolu, 807–810.
4. Sağlık Bakanlığı. *Erişkin Bazı Metabolizma Hastalıkları (Tiroid, Osteoporoz, Gut) ve Çölyak Hastalığı Kontrol Programı 2019-2023 Ankara – 2019*.
5. Dalgic, B., Sari, S., Basturk, B., Ensari, A., Egritas, O., Bukulmez, A., Baris, Z. Prevalence of celiac disease in healthy Turkish school children. *American Journal of Gastroenterology*. 2011, 106(8), 1512–1517. DOI: 10.1038/ajg.2011.183.
6. Karaaslan, H., Bektaş, M., Bozyaka, H., Soykan, İ., Bahar, K., Özden, A. Gönüllü kan donörlerinde glüten enteropatisi seroprevalansı. *Türk J Gastroenterol, Ulusal Gastroenteroloji Haftası, Kuşadası*. 2003, 14(18).
7. Sezgin, O., Saritaş, B., Aydın, I., Şaşmaz, T., Linke, E.S. Celiac disease prevalence in Turkey: A population based cross-sectional study. *Acta Medica Mediterranea*. 2016, 32(3), 719–727. DOI: 10.19193/0393-6384_2016_3_80.
8. İşleroğlu, H., Dirim, S.N., Ertekin, F.K. Gluten İçermeyen, Hububat Esaslı Alternatif Ürün Formülasyonları ve Üretim Teknolojileri. *Gıda*. 2009, 34(1), 29–36.
9. Serin, Y. Yetişkin Çölyak Hastalarında Beslenme Durumunun Sağlıkla İlişkili Yaşam Kalitesi Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi. *Gazi Üniveristesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı, Ankara*, 2016, 161s. (Doktora Tezi).
10. FAO/WHO. Standard for foods for special dietary use for persons intolerant to gluten. Codex Standard 118-1979. Adopted in 1979. Revision: 2008. Codex Alimentarius, International Food Standards. 2008, 118–1979.
11. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği “Gluten İntoleransı Olan Bireylere Uygun Gıdalar Tebliği”. *Türk Gıda Kodeksi*. 2012, Tebliğ No: 2012/4, RG: 28163.
12. Pellegrini, N., Agostoni, C. Nutritional aspects of gluten-free products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2015, 95(12), 2380–2385. DOI: 10.1002/jsfa.7101.
13. Alvarez-Jubete, L., Arendt, E.K., Gallagher, E. Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. *Trends in Food Science and Technology*. 2010, 21(2), 106–113. DOI: 10.1016/j.tifs.2009.10.014.
14. Yalcin, E., Celik, S., Koksel, H. Chemical and sensory properties of new gluten-free food products: Rice and corn tarhana. *Food Science and Biotechnology*. 2008, 17(4), 728–733.
15. Bilgiçli, N. Enrichment of gluten-free tarhana with buckwheat flour. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 2009, 60(SUPPL.4), 1–8. DOI: 10.1080/09637480802112546.
16. Özmen, F.H. Çölyak Hastaları İçin Baklagil Unları İle Zenginleştirilmiş Pirinç Tarhanası, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 2011, 93s. (Yüksek Lisans Tezi).
17. Foschia, M., Horstmann, S.W., Arendt, E.K., Zannini, E. Legumes as

- Functional Ingredients in Gluten-Free Bakery and Pasta Products. Annual Review of Food Science and Technology. 2017, 8(1), 75–96.
18. Pekşen, E., Artık, C. Antibesinsel Maddeler ve Yemeklik Baklagillerin Besleyici Değerleri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 2005, 20(2), 110–120.
 19. Kaur, M., Sandhu, K.S., Singh, N., Lim, S.T. Amylose content, molecular structure, physicochemical properties and in vitro digestibility of starches from different mung bean (*Vigna radiata* L.) cultivars. Starch/Staerke. 2011, 63(11), 709–716. DOI: 10.1002/star.201100053.
 20. Dalkılıç, M. Konya Ekolojik Şartlarında Farklı Zamanlarda Ekilen Maş Fasulyesi [(*Vigna radiata* L.)Wilczek] Genotiplerinin Verim ve Bazı Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi. Selçuk Üniv. Fen Bilimleri Ens., Tarla Bitkileri Anabilim Dalı,Konya,2009, 51s.(Yüksek Lisans).
 21. Akgündüz, M. Maş Fasulyesi (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) Genotiplerinin Kuraklık Hassasiyetlerinin Belirlenmesi, 19 Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens., Tarla Bitkileri Anabilimdalı, Samsun, 2016, 76 s. (Yüksek Lisans Tezi).
 22. Dahiya, P.K., Linnemann, A.R., Van Boekel, M.A.J.S., Khetarpaul, N., Grewal, R.B., Nout, M.J.R. Mung Bean: Technological and Nutritional Potential. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2015, 55(5), 670–688. DOI: 10.1080/10408398.2012.671202.
 23. Du, S., Jiang, H., Yu, X., Jane, J. Physicochemical and functional properties of whole legume flour. LWT - Food Science and Technology. 2014, 55(1), 308–313. DOI: 10.1016/j.lwt.2013.06.001.
 24. Nair, R.M., Yang, R.Y., Easdown, W.J., Thavarajah, D., Thavarajah, P., Hughes, J. d. A., *et al.* Biofortification of mungbean (*Vigna radiata*) as a whole food to enhance human health. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2013, 93(8), 1805–1813. DOI: 10.1002/jsfa.6110.
 25. Shi, Z., Yao, Y., Zhu, Y., Ren, G. Nutritional composition and antioxidant activity of twenty mung bean cultivars in China. Crop Journal. 2016, 4(5), 398–406. DOI: 10.1016/j.cj.2016.06.011.
 26. Yi-Shen, Z., Shuai, S., Fitzgerald, R. Mung bean proteins and peptides: Nutritional, functional and bioactive properties. Food and Nutrition Research. 2018, 62, 1–12. DOI: 10.29219/fnr.v62.1290.
 27. Sirikong, P., Weerawatanakorn, M., Chittrakorn, S. Physico-Chemical Properties of Pregelatinized Mung Bean Flour By Drum and Extrusion Process, Proceedings of The IRES 30th International Conference, 18 february,2016, Tokyo, 55-60s.
 28. Hoover, R., Li, Y.X., Hynes, G., Senanayake, N. Physicochemical characterization of mung bean starch. Food Hydrocolloids. 1997, 11(4), 401–408. DOI: 10.1016/S0268-005X(97)80037-9.
 29. Wadchararat, C., Thongngam, M., Naivikul, O. Characterization of pregelatinized and heat moisture treated rice flours. Kasetsart Journal - Natural Science. 2006, 40(SUPPL.), 144–153.
 30. Liu, W., Shen, Q. Studies on the physicochemical properties of mung bean starch from sour liquid processing and centrifugation. Journal of Food Engineering. 2007, 79(1), 358–363. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2006.01.065.
 31. Sharma, C., Singh, B., Hussain, S.Z., Sharma, S. Investigation of process and product parameters for physicochemical properties of rice and mung bean (*Vigna radiata*) flour based extruded snacks. Journal of Food Science and Technology. 2017, 54(6), 1711–1720. DOI: 10.1007/s13197-017-2606-8.

32. Wu, F., Meng, Y., Yang, N., Tao, H., Xu, X. Effects of mung bean starch on quality of rice noodles made by direct dry flour extrusion. *LWT - Food Science and Technology*. 2015, 63(2), 1199–1205.
33. Anwar, F., Latif, S., Przybylski, R., Sultana, B., Ashraf, M. Chemical composition and antioxidant activity of seeds of different cultivars of mungbean. *Journal of Food Science*. 2007, 72(7), 503–510. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2007.00462.x.
34. Onwurafor, E.U., Onweluzo, J.C., Ezeoke, A.M. Effect of Fermentation Methods on Chemical and Microbial Properties of Mung Bean (*Vigna radiata*) Flour. *Nigerian Food Journal*. 2014, 32(1), 89–96. DOI: 10.1016/S0189-7241(15)30100-4.
35. Thompson, T., Dennis, M., Higgins, L.A., Lee, A.R., Sharrett, M.K. Gluten-free diet survey: are Americans with coeliac disease consuming recommended amounts of fibre, iron, calcium and grain foods? *Journal of Human Nutrition and Dietetics*. 2005, 18(3), 163–169. DOI: 10.1111/j.1365-277X.2005.00607.x.
36. Zia-Ul-Haq, M., Ahmad, M., Iqbal, S. Characteristics of Oil from Seeds of 4 Mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] Cultivars Grown in Pakistan. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2008, 85(9), 851–856. DOI: 10.1007/s11746-008-1269-z.
37. Gopala Krishna, A.G., Prabhakar, J. V., Aitzetmüller, K. Tocopherol and fatty acid composition of some Indian pulses. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 1997, 74(12), 1603–1606. DOI: 10.1007/s11746-997-0084-2.
38. Sabanis, D., Lebesi, D., Tzia, C. Effect of dietary fibre enrichment on selected properties of gluten-free bread. *LWT - Food Science and Technology*. 2009, 42(8), 1380–1389. DOI: 10.1016/j.lwt.2009.03.010.
39. Kritchevsky, D., Bonfield, C. (eds). *Dietary Fiber in Health & Disease*. Minnesota, MN: Eagan Press., 1995, Pp. 467–474.
40. Chandrasiri, S.D., Liyanage, R., Vidanarachchi, J.K., Weththasinghe, P., Jayawardana, B.C. Does processing have a considerable effect on the nutritional and functional properties of mung bean (*Vigna radiata*)? *Procedia Food Science*. 2016, 6, 352–355. DOI: 10.1016/j.profoo.2016.02.071.
41. Zhang, X., Shang, P., Qin, F., Zhou, Q., Gao, B., Huang, H., *et al.* Chemical composition and antioxidative and anti-inflammatory properties of ten commercial mung bean samples. *LWT - Food Science and Technology*. 2013, 54(1), 171–178. DOI: 10.1016/j.lwt.2013.05.034.
42. Kim, J.K., Kim, E.H., Lee, O.K., Park, S.Y., Lee, B., Kim, S.H., *et al.* Variation and correlation analysis of phenolic compounds in mungbean (*Vigna radiata* L.) varieties. *Food Chemistry*. 2013, 141(3), 2988–2997. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.05.060.
43. Gan, R.Y., Lui, W.Y., Chan, C.L., Corke, H. Hot Air Drying Induces Browning and Enhances Phenolic Content and Antioxidant Capacity in Mung Bean (*Vigna radiata* L.) Sprouts. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2017, 41(1). DOI: 10.1111/jfpp.12846.
44. Li, H., Cao, D., Yi, J., Cao, J., Jiang, W. Identification of the flavonoids in mungbean (*Phaseolus radiatus* L.) soup and their antioxidant activities. *Food Chemistry*. 2012, 135(4), 2942–2946. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.07.048.
45. Luo, J., Cai, W., Wu, T., Xu, B. Phytochemical distribution in hull and cotyledon of adzuki bean (*Vigna angularis* L.) and mung bean (*Vigna radiata* L.), and their contribution to antioxidant, anti-inflammatory and anti-diabetic activities. *Food Chemistry*. 2016, 201, 350–360. DOI:

- 10.1016/j.foodchem.2016.01.101.
46. Chandra, S. Assessment of functional properties of different flours. *African Journal of Agricultural Research*. 2013, 8(38), 4849–4852. DOI: 10.5897/AJAR2013.6905.
 47. Du, M., Xie, J., Gong, B., Xu, X., Tang, W., Li, X., *et al.* Extraction, physicochemical characteristics and functional properties of Mung bean protein. *Food Hydrocolloids*. 2018, 76, 131–140. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2017.01.003.
 48. Bhattacharya, S. Twin-screw Extrusion of Rice-Green Gram Blend: Extrusion and Extrudate Characteristics. *Journal of Food Engineering*. 1997, 32(1), 83–99. DOI: 10.1016/S0260-8774(97)00004-6.
 49. Bhattacharya, S., Sivakumar, V., Chakraborty, D. Changes in CIELab Colour Parameters Due to Extrusion of Rice-green gram Blend: A Response Surface Approach. *Journal of Food Engineering*. 1997, 32(2), 125–131. DOI: 10.1016/S0260-8774(97)00008-3.
 50. Sindawal, S., Bhattacharya, S. Instantization and Agglomeration of Foods. *Conventional and Advanced Food Processing Technologies*, Ed: Suwendu Bhattacharya, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK 2014, 313-336. DOI: 10.1002/9781118406281.ch13.
 51. Ibanoglu, S., Ainsworth, P., Hayes, G.D. Extrusion of tarhana: Effect of operating variables on starch gelatinization. *Food Chemistry*. 1996, 57(4), 541–544. DOI: 10.1016/S0308-8146(96)00047-7.
 52. Schubert, H. Instantization of powdered food products. *International Chemical Engineering*. 1993, 33(1), 28–45.
 53. Köksel, H. Karbonhidratlar, In: *Gıda Kimyası*, Ed: İ.Saldamlı, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 2005, 49-129s.
 54. Nakorn, K.N., Tongdang, T., Sirivongpaisal, P. Crystallinity and rheological properties of pregelatinized rice starches differing in amylose content. *Starch/Staerke*. 2009, 61(2), 101–108. DOI: 10.1002/star.200800008.
 55. Chinnaswamy, R., Hanna, M.A. Macromolecular and Functional Properties of Native and Extrusion-Cooked Corn Starch. *Cereal Chemistry*. 1990, 67(5), 490–499.
 56. Mudgil, D., Barak, S., Khatkar, B.S. Guar gum: Processing, properties and food applications - A Review. *Journal of Food Science and Technology*. 2014, 51(3), 409–418.
 57. Durmuş, Y. Glutensiz tarhana üretiminde hidrokolloid kullanımının kalite üzerine etkisi. *Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ordu, 2015, 105s.*(Yüksek Lisans Tezi).
 58. Parija, S., Misra, M., Mohanty, A.K. Studies of Natural Gum Adhesive Extracts: An Overview. *Journal of Macromolecular Science, Part C: Polymer Reviews*. 2001, 41(3), 175–197. DOI: 10.1081/MC-100107775.
 59. Collona, P., Buleo, A., Mercier, C. Physically modified starches. In: T.Gaillard, editor. *Starch: properties and potential, critical reports on applied chemistry.*, New York: Wiley; 1987.
 60. Henríquez, C., Córdova, A., Almonacid, S., Saavedra, J. Kinetic modeling of phenolic compound degradation during drum-drying of apple peel by-products. *Journal of Food Engineering*. 2014, 143, 146–153. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2014.06.037.
 61. Yadav, A.R., Guha, M., Tharanathan, R.N., Ramteke, R.S. Influence of drying conditions on functional properties of potato flour. *European Food Research*

- and Technology. 2006, 223(4), 553–560. DOI: 10.1007/s00217-005-0237-1.
62. Pua, C.K., Hamid, N.S.A., Tan, C.P., Mirhosseini, H., Rahman, R.B.A., Rusul, G. Optimization of drum drying processing parameters for production of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) powder using response surface methodology. *LWT - Food Science and Technology*. 2010, 43(2), 343–349. DOI: 10.1016/j.lwt.2009.08.011.
 63. Bonau, C., Dumoulin, E., Raoult-Wack, A.L., Berk, Z., Bimbenet, J.J., Courtois, F., *et al.* Food Drying and Dewatering. *Drying Technology*. 1996, 14(9), 2135–2170. DOI: 10.1080/07373939608917199.
 64. Islam, M.R., Thaker, K.S., Mujumdar, A.S. A diffusion model for a drum dryer subjected to conduction, convection, and radiant heat input. *Drying Technology*. 2007, 25(6), 1033–1043. DOI: 10.1080/07373930701397467.
 65. Vallous, N.A., Gavrielidou, M.A., Karapantsios, T.D., Kostoglou, M. Performance of a double drum dryer for producing pregelatinized maize starches. *Journal of Food Engineering*. 2002, 51(3), 171–183. DOI: 10.1016/S0260-8774(01)00041-3.
 66. Anastasiades, A., Thanou, S., Loulis, D., Staporis, A., Karapantsios, T.D. Rheological and physical characterization of pregelatinized maize starches. 2002, 52, 57–66.
 67. Kalogianni, E.P., Xynogalos, V.A., Karapantsios, T.D., Kostoglou, M. Effect of feed concentration on the production of pregelatinized starch in a double drum dryer. *LWT - Food Science and Technology*. 2002, 35(8), 703–714. DOI: 10.1006/fstl.2002.0925.
 68. Wiriyawattana, P., Suwonsichon, S., Suwonsichon, T. Effects of drum drying on physical and antioxidant properties of riceberry flour. *Agriculture and Natural Resources*. 2018, 52, 445–450. DOI: 10.1016/J.ANRES.2018.11.008.
 69. Colonna, P., Doublier, J., Melcion, J.P., Monderon, F., Mercier, C. Extrusion cooking and drum drying of wheat starch. I. Physical and macromolecular modifications. *Cereal Chemistry*. 1984, 61(6).
 70. Doublier, J., Colonna, P., Mercier, C. Extrusion cooking and drum drying of wheat starch. II. rheological characterization of starch pastes. *Cereal Chemistry*. 1986, 63(3), 240–246.
 71. Bencini, M.C. Functional Properties of Drum-Dried Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Flours 1986, 51(6), 1518–1521.
 72. Ibanoglu, S., Ainsworth, P., Wilson, G., Hayes, G.D. Effect of formulation on protein breakdown, in vitro digestibility, rheological properties and acceptability of tarhana, a traditional Turkish cereal food. *International Journal of Food Science & Technology*. 1995, 30(5), 579–585. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1995.tb01405.x.
 73. Daglioglu, O. Tarhana as a traditional Turkish fermented cereal food. *Nahrung*. 2000, 44(2), 85–88. DOI: 10.1107/S1600536814001536.
 74. Siyamoğlu, B. Türk Tarhanalarının Yapılışı ve Terkibi Üzerinde Araştırma. *Ege Üniv Press İzmir*. 1961, (44).
 75. Tamer, C.E., Kumral, A., Aşan, M., Şahin, I. Chemical compositions of traditional Tarhana having different formulations. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2007, 31(1), 116–126. DOI: 10.1111/j.1745-4549.2007.00113.x.
 76. Göçmen, D., Gürbüz, O., Şahin, İ. Hazır tarhana çorbaları üzerine bir araştırma. *Gıda*. 2003, 1, 13–18.
 77. Erbaş, M., Kemal Uslu, M., Ozgun Erbaş, M., Certel, M. Effects of fermentation

- and storage on the organic and fatty acid contents of tarhana, a Turkish fermented cereal food. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2006, 19(4), 294–301. DOI: 10.1016/j.jfca.2004.12.002.
78. Demir, M.K., Kutlu, G., Yilmaz, M.T. Steady, dynamic and structural deformation (three interval thixotropy test) characteristics of gluten-free Tarhana soup prepared with different concentrations of quinoa flour. *Journal of Texture Studies*. 2017, 48(2), 95–102. DOI: 10.1111/jtxs.12214.
 79. Bilgiçli, N., Elgün, A., Herken, E.N., Türker, S., Ertaş, N., Ibanoglu, Ş. Effect of wheat germ/bran addition on the chemical, nutritional and sensory quality of tarhana, a fermented wheat flour-yoghurt product. *Journal of Food Engineering*. 2006, 77(3), 680–686. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2005.07.030.
 80. Degirmencioglu, N., Gürbüz, O., Herken, E.N., Yildiz, A.Y. The impact of drying techniques on phenolic compound, total phenolic content and antioxidant capacity of oat flour tarhana. *Food Chemistry*. 2016, 194, 587–594. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.08.065.
 81. Tarakci, Z., Anil, M., Koca, I., Islam, A. Effects of adding cherry laurel (*Laurocerasus officinalis*) on some physicochemical and functional properties and sensorial quality of tarhana. *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*. 2013, 5(4), 347–355. DOI: 10.3920/QAS2012.0155.
 82. Koç, S., Hayta, M., Alpaslan, M. Soya yoğurtlu tarhana: fonksiyonel ve duyuşal özellikler. *Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Sergisi, Gaziantep*. 2002, 433–440.
 83. Erkan, H., Çelik, S., Bilgi, B., Köksel, H. A new approach for the utilization of barley in food products: Barley tarhana. *Food Chemistry*. 2006, 97(1), 12–18. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.03.018.
 84. Bilgiçli, N. Effect of buckwheat flour on chemical and functional properties of tarhana. *LWT - Food Science and Technology*. 2009, 42(2), 514–518. DOI: 10.1016/j.lwt.2008.09.006.
 85. Demir, M.K. Use of Quinoa Flour in The Production of Gluten-Free Tarhana. *Food Science and Technology Research*. 2014, 20(5), 1087–1092. DOI: 10.3136/fstr.20.1087.
 86. Öney, A. Bayat ekmeklerin instant tarhana çorbası üretiminde kullanılması. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 2015, 76s, (Yüksek Lisans Tezi).
 87. Yurddaş, Ö. Instant tarhana çorbası üretimi üzerine bir araştırma. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 2003, 39s (Yüksek Lisans Tezi).
 88. Hayta, M., Alpaslan, M., Baysar, A. Effect of drying methods on functional properties of tarhana: A wheat flour-yogurt mixture. *Journal of Food Science*. 2002, 67(2), 740–744. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2002.tb10669.x.
 89. Ibanoglu, Ş., Ainsworth, P. Effect of canning on the starch gelatinization and protein in vitro digestibility of tarhana, a wheat flour-based mixture. *Journal of Food Engineering*. 2004, 64(2), 243–247. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2003.10.004.
 90. Ibanoglu, Ş. Functional Properties of Spray Dried Tarhana. *Drying Technology*. 1999, 17(1–2), 237–333. DOI: 10.1080/07373939908917533.
 91. Soison, B., Jangchud, K., Jangchud, A., Harnsilawat, T., Piyachomkwan, K., Charunuch, C., *et al.* Physico-functional and antioxidant properties of purple-flesh sweet potato flours as affected by extrusion and drum-drying treatments. *International Journal of Food Science and Technology*. 2014, 49(9), 2067–

2075. DOI: 10.1111/ijfs.12515.
92. Majzoobi, M., Radi, M., Farahnaky, A., Jamalian, J., Tongdang, T., Mesbahi, G. Physicochemical Properties of Pre-gelatinized Wheat Starch Produced by a Twin Drum Drier. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2011, 16(4), 468–478.
 93. Supprung, P., Noomhorm, A. Optimization of drum drying parameters for low amylose rice (KDML105) starch and flour. *Drying Technology*. 2003, 21(9), 1781–1795. DOI: 10.1081/DRT-120025508.
 94. Galaz, P., Valdenegro, M., Ramírez, C., Nuñez, H., Almonacid, S., Simpson, R. Effect of drum drying temperature on drying kinetic and polyphenol contents in pomegranate peel. *Journal of Food Engineering*. 2017, 208, 19–27. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2017.04.002.
 95. Ainsworth, P., Fuller, D., Plunkett, A., Ibanoglu, Ş. Influence of extrusion variables on the protein in vitro digestibility and protein solubility of extruded soy tarhana. *Journal of the Science of Food and Agriculture (J Sci Food Agric)*. 1999, 79(September), 675–678.
 96. Anderson, R.A. Water absorption and solubility and amylograph characteristics of roll-cooked small grain products. *Cereal Chemistry*. 1982, 59(4), 265–269.
 97. Ibanoglu, Ş., Ibanoglu, E. Rheological properties of cooked tarhana, a cereal-based soup. *Food Research International*. 1999, 32(1), 29–33. DOI: 10.1016/S0963-9969(99)00069-1.
 98. Watts, B. M., Ylimaki, G. L., Jeffery, L.E. Basic sensory methods for food evaluation. International Development Research Centre, Ottawa, Canada. 1989.
 99. AOAC (1980). Official methods of analysis of the AOAC (13th ed.). Published by: Association of Official Analytical Chemists, Washington, 1980, 211s.
 100. AACC (2000). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th ed., The Association: St Paul, MN, 2000.
 101. Ibanoglu, Ş., Ibanoglu, E., Ainsworth, P. Effect of different ingredients on the fermentation activity in tarhana. *Food Chemistry*. 1999, 64, 103–106. DOI: 10.1016/S0308-8146(98)00071-5.
 102. Bradford, M.M., A rapid and sensitive for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*. 1976, 72, 248-254.
 103. Birch, G.G., Priestly, R.J. Degree of Gelatinization of Cooked Rice. *Starch*. 1973, 25, 98-102.
 104. Aksoylu, Z. Bisküvinin Fonksiyonel Özellik Taşıyan Bazı Bitkisel Ürünlerce Zenginleştirilmesi. Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa, 2012, 144 s. (Yüksek Lisans Tezi).
 105. Li, Y., Guo, C., Yang, J., Wei, J., Xu, J., Cheng, S. Evaluation of antioxidant properties of pomegranate peel extract in comparison with pomegranate pulp extract. *Food Chemistry*. 2006, 96, 254–260.
 106. Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., Berset, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*. 1995, 28 (1), 25–30.
 107. Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., Bryne, D. H. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2006, 19, 669–675.
 108. Liu, H.Y., Qiu, N.X., Ding, H.H., & Yao, R.Q. Polyphenols contents and antioxidant capacity of Chinese herbals suitable for medical or food uses. *Food*

- Research International. 2008, 41, 363-370.
109. Wang, Y., Zhang, M., Mujumdar, A.S. Influence of green banana flour substitution for cassava starch on the nutrition, color, texture and sensory quality in two types of snacks. *LWT - Food Science and Technology.*, 2012, 47, 175-182.
 110. Myers, R.H., Montgomery, D.C. *Response Surface Methodology, Process and Product Optimization Using Designed Experiments* 2nd ed. John Wiley and Sons, New York, 1995.
 111. AACC (2001). *The Definition of Dietary Fiber*, AACC Report, *Cereal Foods World*. 2001, 46, 112-126.
 112. Fernandez-Gines, J.M., Fernandez-Lopez, J., Sayas-Barbera, E., Sendra, E., Perez- Alvarez, J.A., Lemon albedo as a new source of dietary fiber: Application to Bologna sausages. *Meat Science*. 2004, 67, 7-13.
 113. Tian, Q., Zhang W., Li, Q., Van, T., Li, N., Dai, S., Pu, V., Ding, H. Research Progress of Quality Characteristics and Comprehensive Utilization of Mung Beans. *Agricultural Science & Technology*. 2017, 18(1), 127–133.
 114. Ramsden, L., Grains other than cereals nonstrach polysacarides. In *Encyclopedia of Grain Science*. Ed: Colin Wrigley, Harold Corke, Charles E.Walker. Australia, 2004, 55-61 s.
 115. Chen, J.J., Lu, S., Lii, C.Y. Effects of Milling on the Physicochemical Characteristics of Waxy Rice in Taiwan. *Cereal Chemistry Journal*. 1999, 76(5), 796–799. DOI: 10.1094/CCHEM.1999.76.5.796.
 116. Işık, F. *Salça Üretim Artıklarının Tarhana Üretiminde Kullanımı*. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, 2013, 159s. (Doktora Tezi).
 117. Kitan, S. *Glutensiz Tarhana Üretiminde Kinoa*. Ondokuz Mayıs Üniveristesi, Fen Bilimleri Ens., Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Samsun, 2017, 89s. (Yüksek Lisans Tezi).
 118. Yıldırım, Z. *Ekstrüzyon ile pişirme koşullarının tarhana özelliklerine etkileri*. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Inst., Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 2002, 199s. (Doktora Tezi).
 119. Carvalho, A.V., Bassinello, P.Z., Mattietto, R. de A., Rios, A. de O., Lima, A.C.P., S. N. Koakuzu, R.N.C. Physicochemical , technological and sensory characteristics of a rice (*Oryza sativa* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) soup prepared by extrusion. *Int J of F Sci and Tech.*, 2013, 48, 2057–2063.
 120. Dhiman, A.K., Attri, S., Negi, V., Ramachandran, P. Development and Standardization of Instant Food Mixes from Dehydrated Pumpkin and Pumpkin Seed Powder (*Cucurbita moschata* Duch ex Poir). *Int Journal of Bio-Resource and Stress Management*. 2017, 8(2), 213–219. DOI: 10.23910/ijbsm/2017.8.2.1792.
 121. Rahman, M.A., Saifullah, M., Islam, M.N. Fish powder in instant fish soup mix. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*. 2012, 10(1), 145–148. DOI: 10.3329/jbau.v10i1.12106.
 122. Sathe, S.K. *Protein Solubility and Functionality*, In: *Food Proteins and Peptides*. Ed: Navam Hettiarachchy, CRC Press, USA, 2012, 421p.
 123. Esimek, H. *Tarhananın Besinsel Lif İçeriği ve Antioksidatif Özelliklerinin Belirlenmesi*. İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Malatya, 2010, 57s. (Yüksek Lisans Tezi).
 124. Kilci, A.Y. *Yulaf Katkısının Tarhana Kalitesine Etkisi*. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, 2012, 66s.

- (Yüksek Lisans Tezi).
125. Uygur, A. Infrared (Kızılötesi) Uygulamasının Keten Tohumunun Kimyasal ve Duyusal Özellikleri ile Siyanojenik Glukozid İçeriğine Etkisi ve İşlenmiş Keten Tohumunun Tarhanada Kullanımı, Çanakkale Üniv., Fen Bil.Ens.,Gıda Müh. A.D., Çanakkale, 2012, 126s.(Yüksek L.T.).
 126. Herken, E.N., Aydın, N. Use of Carob Flour in the Production of Tarhana. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. 2015, 65(3), 167–174. DOI: 10.1515/pjfn-2015-0010.
 127. Hager, A.S., Wolter, A., Jacob, F., Zannini, E., Arendt, E.K. Nutritional properties and ultra-structure of commercial gluten free flours from different botanical sources compared to wheat flours. Journal of Cereal Science. 2012, 56(2), 239–247. DOI: 10.1016/j.jcs.2012.06.005.
 128. Özbilgin, S. The chemical and biological evaluation of tarhana supplemented with chickpea and lentil. Cornell University, New York, 1983, Doktora Tezi.
 129. Türker, S., Elgün, A. Sağlam, Pişirilmiş ve Çimlendirilmiş Kuru Baklagiller Eklenerek, Mayasız ve Mayalı (*Saccharomyces cerevisiae*) şartlarında Üretilen Tarhanaların Besin Değeri, Selçuk Üniv. Zir. Fak. Dergisi, 1995, 6(8):32-45.
 130. Bilgiçli, N., Elgün, A. Changes in some physical and nutritional properties of tarhana, a Turkish fermented cereal food, added various phytase sources. Food Science and Technology International. 2005, 11(5), 383–389. DOI: 10.1177/1082013205058602.
 131. Aktaş, K., Demirci, T., Akin, N. Chemical Composition and Microbiological Properties of Tarhana Enriched with Immature Wheat Grain. Journal of Food Processing and Preservation. 2015, 39(6), 3014–3021.
 132. Çelik, İ., Fatma, I., Yılmaz, Y. Chemical , Rheological and Sensory Properties of Tarhana with Wheat Bran as a Functional Constituent. Akademik Gıda. 2010, 8(3), 11–17.
 133. Ibanoglu, S., Ainsworth, P., Wilson, G., Hayes, G.D. The effect of fermentation conditions on the nutrients and acceptability of tarhana. Food Chemistry. 1995, 53(2), 143–147. DOI: 10.1016/0308-8146(95)90779-7.
 134. Tonin, I.P., Ferrari, C.C., da Silva, M.G., de Oliveira, K.L., Berto, M.I., da Silva, V.M., *et al.* Performance of different process additives on the properties of mango powder obtained by drum drying. Drying Technology. 2018, 36(3), 355–365. DOI: 10.1080/07373937.2017.1334000.
 135. Eser, M. Domates tozu üretiminde farklı yöntem ve işlem koşullarının toz ürün özellikleri üzerine etkisi. Ege Üniversitesi. Fen Bilimleri Enst., Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir,2014, 191s.(Yüksek Lisans Tezi).
 136. Dao, V.T.T. Optimization of Drum Drying Process Parameters for Pumpkin Powder Production and Its Substitution in Rice Noodles. Journal of Science. 2015, 3(3), 149–160. DOI: 10.1098/rspb.2005.3288.
 137. Fennema, O.R. Food Chemistry, 3rd edition, Ed: Owen R. Fennema, University of Wisconsin-Madison, Marcel Dekker, Newyork, 1996, 1262s.
 138. Gomez, M.H., Aguilera, J.M. A Physicochemical Model for Extrusion of Corn Starch. Journal of Food Science. 1984, 49(1), 40–43. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1984.tb13664.x.
 139. Singh, U. Functional properties of grain legume flours. Journal of Food Science and Technology, 2001, 38(3), 191–199.
 140. Narayana, K., Narasinga Rao, M.S. Functional properties of raw heat processed winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) flour. J. Food Sci. 1982, 47: 1534.
 141. Ai, Y., Cichy, K.A., Harte, J.B., Kelly, J.D., Ng, P.K.W. Effects of extrusion

- cooking on the chemical composition and functional properties of dry common bean powders. *Food Chemistry*. 2016, 211, 538–545. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.05.095.
142. Del Rosario, R.R., Flores, D.M. Functional properties of four types of mung bean flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1981, 32(2), 175–180. DOI: 10.1002/jsfa.2740320213.
 143. Fritze, H. Dry Gelatinized Starch Produced on Different Types of Drum Dryers. *Ind End Chem Process Des Develop.* 1973, 12(2), 142–148.
 144. Takahashi, R., Ojima, T. Pregelatinization of Wheat Starch in a Drum Drier. *Die Starke*. 1969, 12, 318–321.
 145. Ghumman, A., Kaur, A., Singh, N., Singh, B. LWT - Food Science and Technology Effect of feed moisture and extrusion temperature on protein digestibility and extrusion behaviour of lentil and horsegram. *LWT - Food Science and Technology*. 2016, 70, 349–357. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.02.032.
 146. Bansal, A. Effect of extrusion temperature on the color and functional properties of full fat pinto bean flour (Master's thesis). 1993., 669 s.
 147. Liu, Y., Xu, M., Wu, H., Jing, L., Gong, B., Gou, M., *et al.* The compositional, physicochemical and functional properties of germinated mung bean flour and its addition on quality of wheat flour noodle. *Journal of Food Science and Technology*. 2018, 55(12), 5142–5152. DOI: 10.1007/s13197-018-3460-z.
 148. Dzudie, T., Hardy, J. Physicochemical and Functional Properties of Flours Prepared from Common Beans and Green Mung Beans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1996, 44(10), 3029–3032. DOI: 10.1021/jf9504632.
 149. Çağlar, A., Erol, N., Elgün, M.S. Effect of carob flour substitution on chemical and functional properties of tarhana. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2013, 37(5), 670–675. DOI: 10.1111/j.1745-4549.2012.00708.x.
 150. Sathe, S. K., Deshpande, S. S., Salunkhe, D. K. Functional properties of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*, L.) proteins. *Journal of Food Science*, 1982, 47, 503-508.
 151. Kinsella, J. E., Melachouris, N. Functional properties of proteins in foods: A survey. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1976, 7(3), 219–280.
 152. Ertaş, N., Sert, D., Demir, M.K. Functional properties of tarhana enriched with whey concentrate. *Agronomy Research*. 2015, 13(4), 919–928.
 153. Magala, M., Kohajdová, Z., Karovičová, J. Preparation of lactic acid bacteria fermented wheat-yoghurt mixtures. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*. 2013, 12(3), 295–302.
 154. Chau, C.F., Cheung, P. C. K., & Wong, Y.S. Functional properties of protein concentrates from three Chinese indigenous legume seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1997, 45, 2500-2503.
 155. Valim, M. F. C. F. A., Batistuti, J. P. Functional properties of defatted chick pea (*Cicer arietinum*, L.) flour as influenced by thermoplastic extrusion. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, 1998, 9,65-75.
 156. Ma, Z., Boye, J.I., Simpson, B.K., Prasher, S.O., Monpetit, D., Malcolmson, L. Thermal processing effects on the functional properties and microstructure of lentil, chickpea, and pea flours. *Food Research International*. 2011, 44(8), 2534–2544. DOI: 10.1016/j.foodres.2010.12.017.
 157. Dickinson, E. Protein adsorption at liquid interfaces and the relationship to foam stability. In *Foams: Physics, Chemistry and Structure*, Ed: A. J. Wilson, Springer-Verlag, London, 1989, 39-54.
 158. Ibanoglu, E., Ibanoglu, Ş. The effect of heat treatment on the foaming properties

- of tarhana, a traditional Turkish cereal food. *Food Research International*. 1997, 30(10), 799–802. DOI: 10.1016/S0963-9969(98)00048-9.
159. İbanoğlu, E., İbanoğlu, Ş. Foaming properties of white wheat flour-yoghurt mixture as affected by fermentation. *Journal of Cereal Science*, 1999, 30: 71–77.
 160. Çelik I., Işık F., Simsek O., Gursoy, O., The effects of the addition of bakers yeast on the functional properties and quality of tarhana and traditional fermented food. *Czech J. Food Technol.* 2005, 23 (5), 190-195.
 161. Sreerama, N. Y., Sasikala, B. V., Pratape, M. V. Nutritional implications and flour functionality of popped/expanded horse gram. *Food Chemistry*, 2008, 108, 891-899.
 162. Martinez, M. M., Rosell, M. C., & Manuel, G. Modification of wheat flour functionality and digestibility through different extrusion conditions. *Journal of Food Engineering*, 2014, 143, 74-79.
 163. Liu, H., Liu, H., Yan, L., Cheng, X., Kang, Y. Functional properties of 8S globulin fractions from 15 mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) cultivars. *International Journal of Food Science and Technology*. 2015, 50(5), 1206–1214. DOI: 10.1111/ijfs.12761.
 164. Adebawale, Y.A., Adeyemi, I.A., Oshodi, A.A. Functional and physicochemical properties of flours of six *Mucuna* species. *African Journal of Biotechnology*. 2005, 4(12), 1461–1468. DOI: 10.1016/j.neuropharm.2011.10.006.
 165. Chen, F. L., Y. M. Wei, B. Zhang, and A. O. Ojokoh. System parameters and product properties response of soybean protein extruded at wide moisture range. *J. Food Eng.* 2010, 96, 208–213.
 166. Swanson BG. Pea and lentil protein extraction and functionality, *J Am Oil Chem Soc.*, 1990, 67,276-280.
 167. Pelembe, L.A.M., Erasmus, C., Taylor, J.R.N. Development of a protein-rich composite sorghum - Cowpea instant porridge by extrusion cooking process. *LWT - Food Science and Technology*. 2002, 35(2), 120–127. DOI: 10.1006/fstl.2001.0812.
 168. SILVA, R.F. da., ASCHERI, J.L.R. Extrusão de quirera de arroz para uso como ingrediente alimentar. *Brazilian Journal of Food Technology*. 2010, 12(03), 190–199. DOI: 10.4260/bjft2009800900012.
 169. Xie, Z.J., Kim, J.M., Jin, Z.Y., Wang, J.P., An, H.Z., Zhuang, H.N. Emulsifiers and thickeners on extrusion-cooked instant rice product. *Journal of Food Science and Technology*. 2011, 50(4), 655–666. DOI: 10.1007/s13197-011-0400-6.
 170. Reyes-Moreno, C., Milán-Carrillo, J., Gutiérrez-Dorado, R., Paredes-López, O., Cuevas-Rodríguez, E.O., Garzón-Tiznado, J.A. Instant flour from quality protein maize (*Zea mays* L). Optimization of extrusion process. *LWT - Food Science and Technology*. 2003, 36(7), 685–695.
 171. Adegunwa, M.O., Adebawale, A.A., Bakare, H.A. 1., Ovie, S.G. Compositional characteristics and functional properties of instant plantain-breadfruit flour. *Ijfr*. 2014, 1, 1–7.
 172. Ruales, J., Valencia, S., Nair, B. Processing on the Physico-Chemical Characteristics of Quinoa Flour 1993, 13–19.
 173. Mason, W.R., Hosney, R.C. Factors affecting the viscosity of extrusioncooked wheat starch. *Cereal Chemistry*, 1982, 63, 436-441.
 174. Colonna, P., Tayeb, J., and Mercier, F. Extrusion Cooking. In: *Extrusion*

- cooking of starch and starchy products. Ed: C. Mercier, P. Linko and J.M. Harper, St. Paul, MN: American Ass. of Cereal Chemists Inc.,1989, 247-319.
175. Ding, Q.B., Ainsworth, P., Plunkett, A., Tucker, G., and Marson, H. The effect of extrusion conditions on the functional and physical properties of wheatbased expanded snacks. *J. of Food Eng.*, 2006, 73, 142-148.
 176. Rayas-Duarte, P., Majewska, K. And Doetkott, C., Effect of Extrusion Process Parameters on the Quality of Buckwheat Flour Mixes. *Cereal Chemistry*,1998, 75, 338-345.
 177. Nkame, I., Filli, K.B. Development and Characterization of Extruded Fura From Mixtures of pearl millet and grain Legumes Flour. *Int. J. of Food Properties*, 2006, 9:157-165.
 178. Gomez, M.H., Aguilera, J.M. Changes in the Starch Fraction During Extrusion- cooking of Corn. *Journal of Food Science*. 1983, 48(2), 378–381. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1983.tb10747.x.
 179. Guha, M., Ali, S.Z., Bhattacharya, S. Twin-screw extrusion of rice flour without die: Effect of barrel temperature and screw speed on extrusion and extrudate characteristics. *Journal of Food Engineering*, 1997, 32, 251-267.
 180. Zhu, L.J., Shukri, R., De Mesa-Stonestreet, N.J., Dogan, H., Shi, Y.C., Alavi, S. Mechanical and Microstructural Properties of Soy Protein-High Amylose Corn Starch Extrudates in Relation to Physicochemical Changes of Starch During Extrusion, *J. of Food Eng.*
 181. Doğan, Faruk. Nohut Bazlı Ekstrüde Ürünlerin Geliştirilmesi, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Mersin,2014, 112 s, (Yüksek Lisans Tezi).
 182. Lai, H.M. Effects of hydrothermal treatment on the physicochemical properties of pregelatinized rice flour. *Food Chemistry*. 2001, 72(4), 455–463. DOI: 10.1016/S0308-8146(00)00261-2.
 183. Mársico, E.T., Conte-Júnior, C.A., Lázaro, C.A., Monteiro, M.L.G., Jesus, R.S., Ribeiro, R.O.R. Flours and Instant Soup from Tilapia Wastes as Healthy Alternatives to the Food Industry. *Food Science and Technology Research*. 2014, 20(3), 571–581. DOI: 10.3136/fstr.20.571.
 184. Sriburi, P., and Hill, S. E. Extrusion of cassava starch with either variations in ascorbic acid concentration or pH. *Int. J. of Food Sci. and Tech.*, 2000, 35, 141-154.
 185. Cai, W. and Diosady, L. L. Model for gelatinization of wheat starch in twin-screw extruder. *J. Food Sci*. 1993,58, 872-875.
 186. Yıldırım, Z., Ercan, R. Ekstrüzyon koşullarının farklı buğday unları kullanılarak üretilen tarhanaların çözünürlüğüne ve su absorpsiyonuna etkileri. *Tarım Bilimleri Degisi*. 2004, 10(4), 428–434.
 187. Dogan, H., Gueven, A., Hicsasmaz, Z. Extrusion cooking of lentil flour (*Lens Culinaris-Red*)-corn starch-corn oil mixtures. *International Journal of Food Properties*. 2013, 16(2), 341–358. DOI: 10.1080/10942912.2011.551866.
 188. Anderson, R.A., Conway, H.F., Peplinski, A.J. Gelatinization of Corn Grits by Roll Cooking, Extrusion Cooking and Steaming. *Starch - Stärke*. 1970, 22(4), 130–135. DOI: 10.1002/star.19700220408.
 189. Seth, D., Badwaik, S. L., & Ganapathy, V. Effect of feed composition, moisture content and extrusion temperature on extrudate characteristics of yam-cornrice based snack food. *J. of Food Sci. and Tech*. 2015, 52(3), 1830-1838.
 190. Kaur, K., Singh, N. Amylose-lipid complex formation during cooking of rice flour. *Food Chemistry*. 2000, 71(4), 511–517.

191. Dalbhat, C.G., Mahato, D.K., Mishra, H.N. Effect of extrusion processing on physicochemical, functional and nutritional characteristics of rice and rice-based products: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2019. DOI: 10.1016/j.tifs.2019.01.001.
192. Mouquet, C., Salvignol, B., Van Hoan, N., Monvois, J., Trèche, S. Ability of a “very low-cost extruder” to produce instant infant flours at a small scale in Vietnam. *Food Chemistry*. 2003, 82(2), 249–255.
193. Burt, D., Russel, P. Gelatinization of Low Water Content Wheat-Starch Mixtures. *Starch*. 1983, 35(10), 354–360.
194. Lai, L.S., and Kokini, J.L. Physicochemical changes and rheological properties of starch during extrusion (A Review). *Biotechnology Progress*. 1991, 7, 251-266.
195. Harper, M.J. Extrusion Processing of Starch. R.J. Alexander and H.F. Zobel (Eds), *Developments in Carbohydrate chemistry*, 37-64. American Association of Cereal Chemists, MN USA, 1992, 378 p.
196. Atkinson, B., & Mavituna, F. *Biochemical engineering and biotechnology handbook*. Basingstone: Macmillan., Stockton Press, New York, 1991. 1271s.
197. Guha, M., Ali, S.Z., Bhattacharya, S. Effect of barrel temperature and screw speed on rapid viscoanalyser pasting behaviour of rice extrudate. *Int. J. of Food Science of Tech*, 1998, 33, 259-266.
198. Nwabueze, T.U. Gelatinization and viscosity behavior of single-screw extruded African breadfruit (*Treculia Africana*) mixtures. *J. of Food Processing and Preservation*, 2006, 30, 717-731.
199. Yılmaz, M.T., Sert, D., Demir, M.K. Rheological properties of tarhana soup enriched with whey concentrate as a function of concentration and temperature. *Journal of Texture Studies*. 2010, 41(6), 863–879. DOI: 10.1111/j.1745-4603.2010.00259.x.
200. Steffe, J.F. Rheological methods. In *Food Process Engineering*. 2nd ed., Freeman Press., 1996, USA, 20-33.
201. Işık, F., Çelik, İ., Yılmaz, Y. Effect of Cornelian Cherry Use on Physical and Chemical Properties of Tarhana 2014, 12(2), 34–40.
202. Hagenimana, A., Ding, X., Fang, T. Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking. *Journal of Cereal Science*, 2006, 43, 38–46.
203. Hernandez-Diaz, J. R., Quintero-Ramos, A., Barnard, J., Balandran-Quintana, R. R. Functional Properties of Extrudates Prepared with Blends of Wheat Flour/Pinto Bean Meal with Added Wheat Bran. *Food Sci. and Tech. Int.*, 2007, 13(4), 301–308.
204. Erbaş, M., Certel, M., Kemal Uslu, M. Microbiological and chemical properties of Tarhana during fermentation and storage as wet - Sensorial properties of Tarhana soup. *LWT - Food Science and Technology*. 2005, 38(4), 409–416. DOI: 10.1016/j.lwt.2004.06.009.
205. Bilgiçli, N., Ibanoglu, Ş. Effect of wheat germ and wheat bran on the fermentation activity, phytic acid content and colour of tarhana, a wheat flour-yoghurt mixture. *Journal of Food Engineering*. 2007, 78(2), 681–686. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2005.11.012.
206. Caparino, O.A., Tang, J., Nindo, C.I., Sablani, S.S., Powers, J.R., Fellman, J.K. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine “Carabao” var.) powder. *Journal of Food Engineering*. 2012, 111(1), 135–148. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2012.01.010.
207. Yu, L., Ramaswamy, H. S., Boye, J. Protein-rich extruded products prepared

- from soy protein isolate-corn flour blends. *LWT Food Science and Tech.*, 2013,50, 279-289.
208. Germer, S.P.M., Tonin, I.P., de Aguirre, J.M., Alvim, I.D., Ferrari, C.C. Influence of process variables on the drum drying of mango pulp. *Drying Technology*. 2018, 36(12), 1488–1500. DOI: 10.1080/07373937.2017.1410707.
 209. DOE FAQ Alert Stat-Ease, Inc. <http://www.statease.com/news/news0405.pdf>. Son erişim tarihi 13 nisan 2019.
 210. Altan,A. Production and Properties of Snack Foods Developed by Extrusion from Composite of Barley, and Tomato and Grape Pomaces. *Gaziantep Ün. Fen Bilimleri Enst. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gaziantep*, 2008, Doktora Tezi, 208 s.
 211. Mayachiew, P., Devahastin, S. Antimicrobial and antioxidant activities of Indian gooseberry and galangal extracts. *J. of Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 2008, 41: 1153-1159.
 212. Orak, H.H. Karamac, M., Orak, A., Amarowicz, R., Janiak, M. Phenolics Content and Antioxidant Capacity of Mung Bean (*Vigna radiata* L .) Seed. *Yüzüncü Yıl Ün. Tarım Bilimleri Dergisi (YYU J AGR SCI)*. 2018(April 2019), 199–207.
 213. Butsat, S., Siriamornpun, S. Antioxidant capacities and phenolic compounds of the husk, bran and endosperm of Thai rice. *Food Chemistry*, 2009, 119; 606–613.
 214. Dewanto, V., Wu, X., Adom, K.K., Liu, R.H. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.* 2002, 50, 3010-3014.
 215. Chang, C. hui. Comparisons on the antioxidant properties of fresh , freeze-dried and hot-air-dried tomatoes 2006, 77, 478–485. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2005.06.061.
 216. Nayak, B., Berrios, J.D.E.J., Powers, J.R., Tang, J., Ji, Y. Colored potatoes (*Solanum Tuberosum* L.) dried for antioxidant-rich value-added foods. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2011, 35, 571–580.
 217. Chia, S.L., Chong, G.H. Effect of Drum Drying on Physico-chemical Characteristics of Dragon Fruit Peel (*Hylocereus polyrhizus*). *International Journal of Food Engineering*. 2015, 11(2), 285–293. DOI: 10.1515/ijfe-2014-0198.
 218. Lee, J.H., Jeon, J.K., Kim, S.G., Kim, S.H., Chun, T., Imm, J.Y. Comparative analyses of total phenols, flavonoids, saponins and antioxidant activity in yellow soy beans and mung beans. *International Journal of Food Science and Technology*. 2011, 46(12), 2513–2519. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2011.02775.x.
 219. Wang, H.Y., Qian, H. and Yao, W.R. Melanoidins produced by the Maillard reaction: Structure and biological activity. *Food Chem.* 2011,128, 573–584.
 220. Kilci, A., Gocmen, D. Phenolic acid composition, antioxidant activity and phenolic content of tarhana supplemented with oat flour. *Food Chemistry*. 2014, 151, 547–553. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.11.038.
 221. Halvorsen,B.L., Holte, K., Myhrstad, M.C.W., Barikmo, I., Hvattum, E., Remberg, S.F., Wold, A.B., Haffner,K., Baugerød,H.,Andersen,L. F., Moskaug,Ø.,Jacobs,D.R.and Blomhoff,R., A systematic screening of total antioxidants in dietary plants,*J. Nutr.* 2002,1.
 222. Sharma, P., Gujral, H.S., Singh, B. Antioxidant activity of barley as affected by

- extrusion cooking. *Food Chemistry*. 2012, 131(4), 1406–1413. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.10.009.
223. Xie, F., Liu, H., Chen, P., Xue, T., Chen, L., Yu, L., *et al.* Starch Gelatinization under Shearless and Shear Conditions. *International Journal of Food Engineering*. 2007, 2(5). DOI: 10.2202/1556-3758.1162.
 224. Miao, M., Jiang, B. Zhang, T. Effect of pullulanase debranching and recrystallization on structure and digestibility of waxy maize starch. *Carbohydrat Polymer*,2009,76, 214–221.
 225. Sayar, S. Nohutta (*Cicer arietinum* L.) Su Absorpsiyonunun Analizi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara,2003, 143s. Doktora Tezi.
 226. Puncha-Arnon, S., Uttapap, D. Rice starch vs. rice flour: Differences in their properties when modified by heat-moisture treatment. *Carbohydrate Polymers*. 2013, 91(1), 85–91. DOI: 10.1016/j.carbpol.2012.08.006.
 227. Blanche, S., and Sun, X. Physical characterization of starch extrudates as a function of melting transitions and extrusion conditions. *Advances in Polymer Technology*, 2004,23, 277-290.
 228. Navarro-Cortez. R.O., Aguilar-Palazuelos, E., Zazueta-Morales, J.J., Castro-Rosas, J., Hernández-Ávila, J., Gómez-Aldapa, C.A., Aguirre-Tostado, F.S., Microstructure Of An Extruded Third-Generation Snack Made From A Whole Blue Corn And Corn Starch Mixtur. *International Journal Of Food Processing Technology*. 2014, 1, 10–17.
 229. Czuchajowska, Z., Klamczynski, A., Paszczynska, B., and Baik, B.-K. Structure and functionality of barley starches. *Cereal Chemistry*, 1998, 75, 747-754.
 230. Holm, J., Lundquist, M.D., Björck, I., Eliasson, A.C., Asp, N.G. Degree of starch gelatinization, digestion rate of starch in vitro, and metabolic response in rats. *American Journal of Clinical Nutrition*,1988, 47,1010-1016.
 231. Kaur, G., Sharma, S., Singh, B., Dar, B.N. Comparative Study on Functional, Rheological, Thermal, and Morphological Properties of Native and Modified Cereal Flours. *International Journal of Food Properties*. 2016, 19(9), 1949–1961. DOI: 10.1080/10942912.2015.1089892.
 232. Kalogianni, E.P., Savopoulos, T., Karapantsios, T.D., Raphaelides, S.N. A dynamic wicking technique for determining the effective pore radius of pregelatinized starch sheets. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 2004, 35(3–4), 159–167. DOI: 10.1016/j.colsurfb.2004.03.008.

EKLER

EK A. Duncan Testi Analiz sonuçlarına ait ANOVA tabloları

Tablo EK A. 1 pH değerine ait Anova Tablosu (Duncan testi)

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	Pr> F
Model	0.449 ^a	16	0.028	8.53	.000
Hata	0.112	34	0.003		
Toplam	0.561	50			

a.R² = 0.801

Tablo EK A. 2 Protein içeriğine ait Anova Tablosu (Duncan testi)

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	Pr> F
Model	20.137 ^a	16	1.259	19.18	.000
Hata	1.115	17	0.066		
Toplam	21.253	33			

a.R² = 0.948

Tablo EK A. 3 Diyet lifi içeriğine ait Anova Tablosu (Duncan testi)

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	Pr> F
Model	5.700 ^a	16	0.356	105.88	.000
Hata	0.057	17	0.003		
Toplam	5.757	33			

a.R² = 0.990

Tablo EK A. 4 Kül içeriğine ait Anova Tablosu (Duncan testi)

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	Pr> F
Model	1.295 ^a	16	0.081	1.81	0.071
Hata	1.517	34	0.045		
Toplam	2.812	50			

a.R² = 0.45

Tablo EK A. 5 Nem içeriğine ait Anova Tablosu(Duncan testi)

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	Pr> F
Model	45.485 ^a	16	2.843	590.1	.000
Hata	0.164	34	0.049		
Toplam	45.649	50			

a.R² = 0.996

Tablo EK A. 6 Su absorpsiyon indeksine ait Anova Tablosu (Duncan testi)

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	Pr> F
Model	4.241 ^a	16	0.266	9.99	.000
Hata	0.902	34	0.266		
Toplam	5.144	50			

a.R² = 0.825

Tablo EK A. 7 Suda çözünürlük indeksine ait Anova Tablosu (Duncan testi)

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	Pr> F
Model	120.279 ^a	16	7.517	11.31	.000
Hata	22.609	34	0.665		
Toplam	142.888	50			

a.R² = 0.842

Tablo EK A. 8 Jelatinizasyon derecesine ait Anova Tablosu (Duncan testi)

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	Pr> F
Model	716.752 ^a	16	44.797	16.73	.000
Hata	45.523	17	2.678		
Toplam	762.275	33			

a.R² = 0.940

Tablo EK A. 9 Su absorpsiyonu kapasitesine ait Anova Tablosu (Duncan testi)

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	Pr> F
Model	3.809 ^a	16	0.238	31.57	.000
Hata	0.256	34	0.008		
Toplam	4.065	50			

a.R² = 0.937

Tablo EK A.10 Yağ absorpsiyon kapasitesine ait Anova Tablosu(Duncan testi)

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	Pr> F
Model	0.348 ^a	16	0.022	8.67	.000
Hata	0.085	34	0.003		
Toplam	0.433	50			

a.R² = 0.803**Tablo EK A. 11** Renk-L değerine ait Anova Tablosu (Duncan testi)

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	Pr> F
Model	81.499 ^a	16	5.094	234.5	.000
Hata	0.739	34	0.022		
Toplam	82.238	50			

a.R² = 0.99**Tablo EK A. 12** Renk-a değerine ait Anova Tablosu (Duncan testi)

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	Pr> F
Model	0.139 ^a	16	0.009	3.95	.0004
Hata	0.075	34	0.002		
Toplam	0.214	50			

a.R² = 0.650**Tablo EK A. 13** Renk-b değerine ait Anova Tablosu (Duncan testi)

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	Pr> F
Model	2.921 ^a	16	0.183	19.10	.0001
Hata	0.325	34	0.010		
Toplam	3.246	50			

a.R² = 0.899**Tablo EK A. 14** Köpük kapasitesine ait Anova Tablosu (Duncan testi)

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	Pr> F
Model	0.003 ^a	16	0.0010	1.46	.1745
Hata	0.001	34	0.0000		
Toplam	0.004	50			

a.R² = 0.430

Tablo EK A. 15 Köpük stabilitesine ait Anova Tablosu (Duncan testi)

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	Pr> F
Model	97.501 ^a	16	6.094	3.36	0.0014
Hata	61.609	34	1.812		
Toplam	159.109	50			

a.R² = 0.613

Tablo EK A. 16 Viskozite K kıvam katsayısına ait Anova Tablosu (Duncan testi)

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	Pr> F
Model	8.507 ^a	16	0.532	26.46	0.0001
Hata	0.342	17	0.020		
Toplam	8.850	33			

a.R² = 0.961

Tablo EK A. 17 Viskozite n akış davranışı indisi Anova Tablosu (Duncan testi)

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	Pr> F
Model	0.066 ^a	16	0.0042	11.86	0.0001
Hata	0.006	17	0.0035		
Toplam	0.073	33			

a.R² = 0.917

Tablo EK A. 18 Protein çözünürlüğüne ait Anova Tablosu (Duncan testi)

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	Pr> F
Model	0.928 ^a	16	0.058	10.90	0.0001
Hata	0.090	17	0.005		
Toplam	1.018	33			

a.R² = 0.911

Tablo EK A. 19 Toplam fenolik madde miktarına ait Anova Tablosu (Duncan testi)

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	Pr> F
Model	2.338 ^a	16	0.146	7.79	0.0001
Hata	0.319	17	0.019		
Toplam	2.657	33			

a.R² = 0.880

Tablo EK A. 20 FRAP kapasitesine ait Anova Tablosu (Duncan testi)

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	Pr> F
Model	503.612 ^a	16	31.476	24.68	0.0001
Hata	21.683	17	1.275		
Toplam	525.295	33			

a.R² = 0.959

Tablo EK A. 21 DPPH kapasitesine ait Anova Tablosu (Duncan testi)

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	Pr> F
Model	71.526 ^a	16	4.470	28.11	0.0001
Hata	2.704	17	0.159		
Toplam	74.230	33			

a.R² = 0.956

Tablo EK A. 22 Duyusal renk değerine ait Anova Tablosu (Duncan testi)

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	Pr> F
Model	0.629 ^a	16	0.039	2.49	0.0351
Hata	0.268	17	0.016		
Toplam	0.897	33			

a.R² = 0.701

Tablo EK A. 23 Duyusal lezzet değerine ait Anova Tablosu (Duncan testi)

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	Pr> F
Model	2.197 ^a	16	0.137	8.41	0.000
Hata	0.277	17	0.016		
Toplam	2.475	33			

a.R² = 0.888

Tablo EK A. 24 Duyusal kıvam değerine ait Anova Tablosu (Duncan testi)

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	Pr> F
Model	6.933 ^a	16	0.433	30.50	0.0001
Hata	0.241	17	0.014		
Toplam	7.175	33			

a.R² = 0.966

Tablo EK A. 25 Duyusal ağız hissi değerine ait Anova Tablosu (Duncan testi)

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	Pr> F
Model	0.315 ^a	16	0.020	1.33	0.2843
Hata	0.253	17	0.015		
Toplam	0.568	33			

a.R² = 0.555**Tablo EK A. 26** Duyusal genel kabuledilebilirlik Anova Tablosu(Duncan test)

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	Pr> F
Model	7.183 ^a	16	0.449	26.29	0.0001
Hata	0.290	17	0.017		
Toplam	7.473	33			

a.R² = 0.961**EK B.** Yanıt Yüzey Yöntemi Varyans Analizi Ve Model İstatistikleri**Tablo EK B. 1** Nem değeri için varyans analizi tablosu (RSM)

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Model	15.00	9	1.67	57.35	< 0.0001	önemli
A-nem	10.67	1	10.67	367.34	< 0.0001	
B-devir	1.07	1	1.07	36.68	0.0005	
C-basinc	1.02	1	1.02	35.19	0.0006	
AB	4.00E-04	1	4.00E-04	0.01	0.9099	
AC	9.00E-04	1	9.00E-04	0.03	0.8653	
BC	0.11	1	0.11	3.75	0.0941	
A^2	1.27	1	1.27	43.76	0.0003	
B^2	0.64	1	0.64	22.10	0.0022	
C^2	0.32	1	0.32	11.00	0.0128	
Residual	0.20	7	0.03			
Lack of Fit	0.14	3	0.05	2.91	0.1645	önemsiz
Pure Error	0.06	4	0.02			
Cor Total	15.20	16				
Std. Dev.	0.17		R ²	0.9866		
Mean	5.76		Adj R ²	0.9694		
C.V. %	2.96		Pred R ²	0.8466		
PRESS	2.33		Adeq Prec.	24.0384		

Tablo EK B. 2 Nem değeri için model istatistikleri tablosu (RSM)

Ardışık model kareler toplamı

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Ortalama	563.79	1	563.79			
Lineer	12.76	3	4.25	22.67942	< 0.0001	
2FI	0.11	3	0.04	0.157794	0.9223	
Kuadratik	2.12	3	0.71	24.37576	0.0004	önerilen
Kübik	0.14	3	0.05	2.908844	0.1645	
Kalıntı	0.06	4	0.02			
Toplam	578.99	17	34.06			

Lack of fit testleri

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Lineer	2.37420647	9	0.26380072	16.50818	0.0080	
2FI	2.26400647	6	0.37733441	23.61292	0.0044	
Kuadratik	0.13945	3	0.04648333	2.908844	0.1645	önerilen
Kübik	0	0				
Saf hata	0.06392	4	0.01598			

Model istatistikleri

Varyasyon kaynağı	Standart Sapma	R ²	Adj R ²	Pred R ²	PRESS	
Lineer	0.43	0.8396	0.8026	0.6692	5.03	
2FI	0.48	0.8468	0.7549	0.2339	1.64	
Kuadratik	0.17	0.9866	0.9694	0.8466	2.33	önerilen
Kübik	0.13	0.9958	0.9832		+	

Tablo EK B. 3 Su absorpsiyonu kapasitesi için varyans analizi tablosu (RSM)

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Model	1.26	9	0.14	72.27	< 0.0001	önemli
A-nem	1.16	1	1.16	577.00	< 0.0001	
B-devir	0.014	1	0.014	13.10	0.0316	
C-basinc	0.013	1	0.013	7.82	0.0355	
AB	1.000E-004	1	1.000E-004	0.05	0.8249	
AC	4.900E-003	1	4.900E-003	2.65	0.9118	
BC	0.000	1	0.00	0.00	0.2470	
A^2	0.044	1	0.044	42.47	0.0019	
B^2	0.012	1	0.012	1.60	0.0463	
C^2	3.789E-003	1	3.71E-03	3.04	0.2009	
Kalıntı	0.013	7	1.89E-03			
Lack of fit	8.25E-03	3	2.82E-03	2.35	0.2132	önemsiz
Saf hata	4.68E-03	4	1.20E-03			
Toplam	1.27	16				
Std. Dev.	0.04		R ²	0.9896		
Ortalama	2.91		Adj R ²	0.9761		
C.V. %	1.49		Pred R ²	0.8874		
PRESS	0.14		Adeq Prec.	25.861		

Tablo EK B. 4 Su absorpsiyonu kapasitesi için model istatistiği tablosu (RSM)

Ardışık model kareler toplamı

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Ortalama	144.25	1	144.25			
Lineer	1.10	3	0.40	63.52	< 0.0001	
2FI	5.00E-03	3	0.00	0.13	0.9371	
Kuadratik	0.065	3	0.022	11.37	0.0044	önerilen
Kübik	9.25E-03	3	0.00	2.35	0.2132	
Kalıntı	3.68E-03	4	0.00			
Toplam	145.52	17	8.56			

Lack of fit testleri

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Lineer	0.076	9	8.481E-002	7.07	0.0328	
2FI	0.073	6	0.012	10.16	0.0270	
Kuadratik	9.25E-03	3	3.08E-03	2.35	0.2132	önerilen
Kübik	0.000	0				
Saf hata	3.68E-03	4	2.820E-04			

Model istatistikleri

Varyasyon kaynağı	Standart Sapma	R ²	Adj R ²	Pred R ²	PRESS	
Lineer	0.079	0,9361	0.9214	0,8987	0.13	
2FI	0.088	0,9386	0.9018	0,8194	0.23	
Kuadratik	0.044	0,9896	0.9761	0,8874	0.14	önerilen
Kübik	0.035	0,9962	0.9849		+	

Tablo EK B. 5 Yağ absorpsiyonu kapasitesi için varyans analizi tablosu (RSM)

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Model	0.106	6	0.018	15.03	0.0002	önemli
A-nem	0.058	1	0.058	49.25	< 0.0001	
B-devir	0.017	1	0.017	14.58	0.0034	
C-basinc	0.011	1	0.011	8.96	0.0135	
AB	3.03E-03	1	3.03E-03	2.58	0.1395	
AC	0.011	1	0.011025	9.39	0.0119	
BC	6.40E-03	1	6.40E-03	5.45	0.0417	
Kalıntı	0.012	10	1.17E-03			
Lack of fit	7.62E-03	6	1.27E-03	1.23	0.4389	önemsiz
Saf hata	4.12E-03	4	1.03E-03			
Toplam	0.12	16				
Std. Dev.	0.034		R ²	0.9002		
Ortalama	0.554		Adj R ²	0.8403		
C.V. %	6.183		Pred R ²	0.6444		
PRESS	0.042		Adeq Prec.	15.1249		

Tablo EK B. 6 Yağ absorpsiyonu kapasitesi için model istatistiği tablosu (RSM)

Ardışık model kareler toplamı

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Ortalama	5.220	1	5.220			
Lineer	0.085	3	0.028	11.50	0.0006	
2FI	0.020	3	6.82E-03	5.81	0.0146	önerilen
Kuadratik	6.54E-03	3	2.18E-03	2.94	0.1086	
Kübik	1.08E-03	3	3.58E-04	0.35	0.7939	
Kalıntı	4.12E-03	4	1.03E-03			
Toplam	5.34	17	0.31			

Lack of fit testleri

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Lineer	0.03	9	0.003	3.03	0.1491	
2FI	0.01	6	0.001	1.23	0.4389	önerilen
Kuadratik	1.08E-03	3	3.58E-04	0.35	0.7939	
Kübik	0.000	0				
Saf hata	4.12E-03	4	1.03E-03			

Model istatistikleri

Varyasyon kaynağı	Standart Sapma	R ²	Adj R ²	Pred R ²	PRESS	
Lineer	0.050	0.7263	0.6632	0.4649	0.06	
2FI	0.034	0.9002	0.8403	0.6444	0.04	önerilen
Kuadratik	0.027	0.9558	0.8990	0.7990	0.02	
Kübik	0.032	0.9650	0.8599		+	

Tablo EK B. 7 Köpük kapasitesi için varyans analizi tablosu (RSM)

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Model	5.70E-04	9	6.34E-05	5.28	0.0196	önemli
A-nem	1.20E-04	1	1.20E-04	10.00	0.0159	
B-devir	2.00E-04	1	2.00E-04	16.66	0.0047	
C-basinc	2.11E-05	1	2.11E-05	1.76	0.2263	
AB	9.00E-06	1	9.00E-06	0.75	0.4153	
AC	2.50E-07	1	2.50E-07	0.02	0.8893	
BC	1.60E-05	1	1.60E-05	1.33	0.2862	
A^2	1.66E-04	1	1.66E-04	13.81	0.0075	
B^2	4.00E-06	1	4.00E-06	0.33	0.5818	
C^2	4.38E-05	1	4.38E-05	3.65	0.0978	
Kalıntı	8.41E-05	7	1.20E-05			
Lack of fit	3.25E-06	3	1.08E-06	0.05	0.9814	önemsiz
Saf hata	8.08E-05	4	2.02E-05			
Toplam	6.54E-04	16				
Std. Dev.	3.47E-03		R ²	0.8716		
Ortalama	0.06		Adj R ²	0.7065		
C.V. %	5.79		Pred R ²	0.7276		
PRESS	1.78E-04		Adeq Prec.	9.5950		

Tablo EK B. 8 Köpük kapasitesi için model istatistikleri tablosu (RSM)

Ardışık model kareler toplamı

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Ortalama	0.06	1	0.062			
Lineer	2.72E-04	3	9.06E-05	3.93	0.0338	
2FI	1.15E-05	3	3.83E-06	0.13	0.9382	
Kuadratik	2.16E-04	3	7.19E-05	6.95	0.0275	önerilen
Kübik	1.13E-05	3	3.75E-06	0.25	0.8613	
Kalıntı	6.12E-05	4	1.53E-05			
Toplam	0.06	17	3.67E-03			

Lack of fit testleri

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Lineer	2.39E-04	9	2.65E-05	1.28	0.3133	
2FI	2.27E-04	6	3.78E-05	1.71	0.2000	
Kuadratik	1.13E-05	3	3.75E-06	0.054	0.9814	önerilen
Kübik	0.00E+00	0				
Saf hata	6.12E-05	4	2.03E-05			

Model istatistikleri

Varyasyon kaynağı	Standart Sapma	R ²	Adj R ²	Pred R ²	PRESS	
Lineer	0.005	0.5214	0.4110	0.1241	5.68E-04	
2FI	0.005	0.5600	0.2960	-0.7365	1.23E-03	
Kuadratik	0.003	0.8716	0.7065	0.7277	1.78E-04	önerilen
Kübik	0.004	0.8929	0.5717		+	

Tablo EK B. 9 Köpük stabilitesi için varyans analizi tablosu (RSM)

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Model	30.66	9	3.41	13.22	0.0013	önemli
A-nem	5.85	1	5.85	22.70	0.0020	
B-devir	13.60	1	13.60	52.77	0.0002	
C-basinc	2.59	1	2.59	10.04	0.0157	
AB	1.54	1	1.54	5.97	0.0446	
AC	0.14	1	0.14	0.53	0.4897	
BC	0.17	1	0.17	0.67	0.4405	
A ²	3.33	1	3.33	12.92	0.0088	
B ²	0.53	1	0.53	2.04	0.1964	
C ²	3.25	1	3.25	12.60	0.0093	
Kalıntı	1.80	7	0.26			
Lack of fit	0.69	3	0.23	0.82	0.5449	önemsiz
Saf hata	1.11	4	0.28			
Toplam	32.46	16				
Std. Dev.	0.51		R ²	0.9444		
Ortalama	13.10		Adj R ²	0.8730		
C.V. %	3.88		Pred R ²	0.6067		
PRESS	12.77		Adeq Prec.	13.8352		

Tablo EK B. 10 Köpük stabilitesi için model istatistikleri tablosu (RSM)

Ardışık model kareler toplamı

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Ortalama	2916.06	1.00	2916.06			
Lineer	22.03	3.00	7.34	9.16	0.0016	
2FI	1.85	3.00	0.62	0.72	0.5638	
Kuadratik	6.78	3.00	2.26	8.76	0.0091	önerilen
Kübik	0.69	3.00	0.23	0.82	0.5449	
Kalıntı	1.11	4.00	0.28			
Toplam	2948.52	17.00	173.44			

Lack of fit testleri

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Lineer	9.31	9.00	1.03	3.71	0.1095	
2FI	7.46	6.00	1.24	4.46	0.0846	
Kuadratik	0.69	3.00	0.23	0.82	0.5449	önerilen
Kübik	0.00	0.00				Aliased
Saf hata	1.11	4.00	0.28			

Model istatistikleri

Varyasyon kaynağı	Standart Sapma	R ²	Adj R ²	Pred R ²	PRESS	
Lineer	0.90	0.679	0.605	0.365	20.62	
2FI	0.93	0.736	0.577	-0.204	39.09	
Kuadratik	0.51	0.944	0.873	0.607	12.77	önerilen
Kübik	0.53	0.966	0.863		+	

Tablo EK B. 11 Su absorpsiyon indeksi için varyans analizi tablosu (RSM)

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Model	1.40	9	0.16	69.94	< 0.0001	önemli
A-nem	1.30	1	1.30	586.87	< 0.0001	
B-devir	0.03	1	0.03	12.43	0.0097	
C-basinc	0.03	1	0.03	14.06	0.0072	
AB	3.03E-03	1	3.03E-03	1.36	0.2815	
AC	0.00	1	0.00	0.00	1.0000	
BC	9.00E-04	1	9.00E-04	0.41	0.5448	
A^2	0.01	1	0.01	6.21	0.0415	
B^2	0.02	1	0.02	7.34	0.0302	
C^2	4.42E-04	1	4.42E-04	0.20	0.6689	
Kalıntı	0.02	7	2.22E-03			
Lack of fit	8.48E-03	3	2.83E-03	1.60	0.3233	önemsiz
Saf hata	7.08E-03	4	1.77E-03			
Toplam	1.41	16				
Std. Dev.	0.047		R ²	0.9890		
Ortalama	3.74		Adj R ²	0.9749		
C.V. %	1.26		Pred R ²	0.8963		
PRESS	0.15		Adeq Prec.	26.9331		

Tablo EK B. 12 Su absorpsiyon indeksi için model istatistikleri tablosu (RSM)

Ardışık model kareler toplamı

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Ortalama	237.86	1	237.86			
Lineer	1.36	3	0.45	115.09	< 0.0001	önemli
2FI	3.93E-03	3	1.31E-03	0.28	0.8414	
Kuadratik	0.03	3	0.01	4.78	0.0407	önemli
Kübik	8.48E-03	3	2.83E-03	1.60	0.3233	
Kalıntı	7.08E-03	4	1.77E-03			
Toplam	239.28	17	14.08			

Lack of fit testleri

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Lineer	0.04	9	4.92E-03	2.78	0.1690	önerilen
2FI	0.04	6	6.72E-03	3.80	0.1087	
Kuadratik	8.48E-03	3	2.83E-03	1.60	0.3233	önerilen
Kübik	0.00	0				
Saf hata	7.08E-03	4	1.77E-03			

Model istatistikleri

Varyasyon kaynağı	Standart Sapma	R ²	Adj R ²	Pred R ²	PRESS	
Lineer	0.063	0.9637	0.9553	0.9379	0.088	önerilen
2FI	0.069	0.9665	0.9464	0.8854	0.162	
Kuadratik	0.047	0.9890	0.9749	0.8963	0.147	önerilen
Kübik	0.042	0.9950	0.9800		+	

Tablo EK B. 13 Suda çözünürlük indeksi için varyans analizi tablosu (RSM)

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Model	39.70	9	4.41	87.96	< 0.0001	önemli
A-nem	0.36	1	0.36	7.20	0.0314	
B-devir	11.91	1	11.91	237.43	< 0.0001	
C-basinc	0.01	1	0.01	0.22	0.6502	
AB	0.05	1	0.05	0.92	0.3690	
AC	0.43	1	0.43	8.55	0.0222	
BC	0.46	1	0.46	9.09	0.0195	
A ²	26.08	1	26.08	520.03	< 0.0001	
B ²	0.66	1	0.66	13.18	0.0084	
C ²	0.01	1	0.01	0.20	0.6686	
Kalıntı	0.35	7	0.05			
Lack of fit	0.12	3	0.04	0.67	0.6133	önemsiz
Saf hata	0.23	4	0.06			
Toplam	40.05	16				
Std. Dev.	0.22		R ²	0.9912		
Ortalama	20.17		Adj R ²	0.9800		
C.V. %	1.11		Pred R ²	0.9440		
PRESS	2.24		Adeq Prec.	30.770		

Tablo EK B. 14 Suda çözünürlük indeksi için model istatistikleri tablosu (RSM)

Ardışık model kareler toplamı

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Ortalama	6917.70	1	6917.70			
Lineer	12.28	3	4.09	1.92	0.1769	
2FI	0.93	3	0.31	0.12	0.9489	
Kuadratik	26.49	3	8.83	176.08	< 0.0001	önerilen
Kübik	0.12	3	0.04	0.67	0.6133	
Kalıntı	0.23	4	0.06			
Toplam	6957.76	17	409.28			

Lack of fit testleri

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Lineer	27.54	9	3.06	52.40	0.0009	
2FI	26.61	6	4.43	75.94	0.0004	
Kuadratik	0.12	3	0.04	0.67	0.6133	önerilen
Kübik	0.00	0				
Saf hata	0.23	4	0.06			

Model istatistikleri

Varyasyon kaynağı	Standart Sapma	R ²	Adj R ²	Pred R ²	PRESS	
Lineer	1.46	0.3066	0.1466	-0.3236	53.017	
2FI	1.64	0.3298	-0.0723	-1.9117	116.624	
Kuadratik	0.22	0.9912	0.9800	0.9440	2.244	önerilen
Kübik	0.24	0.9942	0.9767		+	

Tablo EK B. 15 Jelatinizasyon derecesi için varyans analizi tablosu (RSM)

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Model	351.14	9	39.02	38.82	< 0.0001	önemli
A-nem	148.78	1	148.78	148.05	< 0.0001	
B-devir	151.64	1	151.64	150.89	< 0.0001	
C-basinc	6.94	1	6.94	6.90	0.0340	
AB	6.60	1	6.60	6.57	0.0374	
AC	5.62	1	5.62	5.59	0.0500	
BC	11.59	1	11.59	11.54	0.0115	
A^2	18.59	1	18.59	18.50	0.0036	
B^2	0.81	1	0.81	0.81	0.3990	
C^2	7.96E-04	1	7.96E-04	7.92E-04	0.9783	
Kalıntı	7.03	7	1.00			
Lack of fit	2.08	3	0.69	0.56	0.6685	önemsiz
Saf hata	4.95	4	1.24			
Toplam	358.18	16				
Std. Dev.	1.00		R ²	0.9804		
Ortalama	90.50		Adj R ²	0.9551		
C.V. %	1.11		Pred R ²	0.8853		
PRESS	41.08		Adeq Prec.	24.746		

Tablo EK B. 16 Jelatinizasyon derecesi için model istatistikleri tablosu (RSM)

Ardışık model kareler toplamı

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Ortalama	1.39E+05	1	1.39E+05			
Lineer	307.36	3	102.45	26.21	< 0.0001	
2FI	23.82	3	7.94	2.94	0.0854	
Kuadratik	19.97	3	6.66	6.62	0.0188	önerilen
Kübik	2.08	3	0.69	0.56	0.6685	
Kalıntı	4.95	4	1.24			
Toplam	1.40E+05	17	8211.00			

Lack of fit testleri

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Lineer	45.87	9	5.10	4.12	0.0931	
2FI	22.05	6	3.68	2.97	0.1558	
Kuadratik	2.08	3	0.69	0.56	0.6685	önerilen
Kübik	0.00	0				
Saf hata	4.95	4	1.24			

Model istatistikleri

Varyasyon kaynağı	Standart Sapma	R ²	Adj R ²	Pred R ²	PRESS
Lineer	1.98	0.8581	0.8254	0.7358	94.635
2FI	1.64	0.9246	0.8794	0.7489	89.930
Kuadratik	1.00	0.9804	0.9551	0.8853	41.082 önerilen
Kübik	1.11	0.9862	0.9447		+

Tablo EK B. 17 Çözünür protein miktarı için varyans analizi tablosu (RSM)

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Model	0.45	9	0.05	14.23	0.0010	önemli
A-nem	0.06	1	0.06	16.58	0.0047	
B-devir	0.10	1	0.10	28.40	0.0011	
C-basinc	0.02	1	0.02	6.63	0.0368	
AB	0.02	1	0.02	5.62	0.0495	
AC	4.00E-04	1	4.00E-04	0.11	0.7448	
BC	7.23E-03	1	7.23E-03	2.07	0.1932	
A ²	0.23	1	0.23	66.55	< 0.0001	
B ²	2.08E-03	1	2.08E-03	0.60	0.4647	
C ²	6.00E-03	1	6.00E-03	1.72E+00	0.2309	
Kalıntı	0.02	7	3.49E-03			
Lack of fit	7.33E-03	3	2.44E-03	0.57	0.6629	önemsiz
Saf hata	0.02	4	4.27E-03			
Toplam	0.47	16				
Std. Dev.	0.06		R ²	0.9482		
Ortalama	2.50		Adj R ²	0.8816		
C.V. %	2.36		Pred R ²	0.6945		
PRESS	0.14		Adeq Prec.	16.479		

Tablo EK B. 18 Çözünür protein miktarı için model istatistikleri tablosu (RSM)

Ardışık model kareler toplamı

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Ortalama	106.15	1	106.15			
Lineer	0.18	3	0.06	2.68	0.0904	
2FI	0.03	3	9.07E-03	0.34	0.7943	
Kuadratik	0.24	3	0.08	22.89	0.0005	önerilen
Kübik	7.33E-03	3	2.44E-03	0.57	0.6629	
Kalıntı	0.02	4	4.27E-03			
Toplam	106.62	17	6.27			

Lack of fit testleri

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Lineer	0.27	9	0.03	7.13	0.0371	
2FI	0.25	6	0.04	9.63	0.0230	
Kuadratik	7.33E-03	3	2.44E-03	0.57	0.6629	önerilen
Kübik	0.00	0				
Saf hata	0.02	4	4.27E-03			

Model istatistikleri

Varyasyon kaynağı	Standart Sapma	R ²	Adj R ²	Pred R ²	PRESS	
Lineer	0.15	0.3820	0.2394	-0.1496	0.54	
2FI	0.16	0.4398	0.1037	-1.2796	1.07	
Kuadratik	0.06	0.9482	0.8816	0.6945	0.14	önerilen
Kübik	0.07	0.9637	0.8549		+	

Tablo EK B. 19 Renk-L değeri için varyans analizi tablosu (RSM)

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Model	23.06	9	7.69	24.39	< 0.0001	önemli
A-nem	18.06	1	18.06	57.30	< 0.0001	
B-devir	3.380	1	3.98	10.72	< 0.006	
C-basinc	1.62	1	1.62	5.14	0.0411	
Kalıntı	4.10	7	0.32			
Lack of fit	3.73	3	0.41	4.47	0.0816	önemsiz
Saf hata	0.37	4	0.09			
Toplam	27.16	16				
Std. Dev.	0.56		R ²	0.8491		
Ortalama	40.90		Adj R ²	0.8143		
C.V. %	1.37		Pred R ²	0.7210		
PRESS	7.58		Adeq Prec.	15.801		

Tablo EK B. 20 Renk-L değeri için model istatistikleri tablosu (RSM)

Ardışık model kareler toplamı

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Ortalama	28490.86	1	28441.86			
Lineer	23.06	3	7.69	24.39	<0.0001	önerilen
2FI	1.23	3	0.41	1.43	0.2905	
Kuadratik	4.84	3	0.38	1.52	0.2916	
Kübik	1.37	3	0.46	4.91	0.0791	
Kalıntı	0.37	4	0.09			
Toplam	28469.025	17	1674.65			

Lack of fit testleri

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Lineer	3.74	9	0.41	4.47	0.0816	önerilen
2FI	2.49	6	0.42	4.49	0.0839	
Kuadratik	1.37	3	0.46	4.91	0.0791	
Kübik	0.00	0				
Saf hata	0.37	4	0.09			

Model istatistikleri

Varyasyon kaynağı	Standart Sapma	R ²	Adj R ²	Pred R ²	PRESS	
Lineer	0.56	0.8491	0.8143	0.7210	7.58	
2FI	0.54	0.8445	0.8312	0.6110	10.56	
Kuadratik	0.50	0.9361	0.8539	0.1735	22.42	önerilen
Kübik	0.30	0.9864	0.9454		+	

Tablo EK B. 21 Renk-a değeri için varyans analizi tablosu (RSM)

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Model	0.04	6	0.007	15.67	0.0001	önemli
A-nem	2.45E-03	1	0.002	5.44	0.0418	
B-devir	0.03	1	0.030	66.69	< 0.0001	
C-basinc	3.13E-04	1	0.000	0.69	0.4241	
AB	4.90E-03	1	4.90E-03	10.89	0.0080	
AC	4.00E-04	1	0.0004	0.89	0.3680	
BC	4.23E-03	1	4.23E-03	9.39	0.0120	
Kalıntı	4.50E-03	10	4.50E-04			
Lack of fit	3.38E-03	6	5.63E-04	2.01	0.2598	önemsiz
Saf hata	1.12E-03	4	2.80E-04			
Toplam	0.05	16				
Std. Dev.	0.021		R ²	0.9038		
Ortalama	7.380		Adj R ²	0.8462		
C.V. %	0.287		Pred R ²	0.6173		
PRESS	0.018		Adeq Prec.	15.7027		

Tablo EK B. 22 Renk-a değeri için model istatistikleri tablosu (RSM)

Ardışık model kareler toplamı

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Ortalama	925.89	1	925.89			
Lineer	0.03	3	0.01	10.13	0.0010	
2FI	0.01	3	3.18E-03	7.06	0.0079	önerilen
Kuadratik	1.81E-03	3	6.02E-04	1.56	0.2816	
Kübik	1.58E-03	3	5.25E-04	1.87	0.2747	
Kalıntı	1.12E-03	4	2.80E-04			
Toplam	925.94	17	54.47			

Lack of fit testleri

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Lineer	0.01	9	1.43E-03	5.12	0.0653	
2FI	3.38E-03	6	5.63E-04	2.01	0.2598	önerilen
Kuadratik	1.58E-03	3	5.25E-04	1.88	0.2747	
Kübik	0.00	0				
Saf hata	1.12E-03	4	2.80E-04			

Model istatistikleri

Varyasyon kaynağı	Standart Sapma	R ²	Adj R ²	Pred R ²	PRESS	
Lineer	0.033	0.7003	0.6312	0.3995	0.028	
2FI	0.021	0.9038	0.8462	0.6173	0.018	önerilen
Kuadratik	0.020	0.9424	0.8684	0.4241	0.027	
Kübik	0.017	0.9761	0.9043		+	

Tablo EK B. 23 Renk-b değeri için varyans analizi tablosu (RSM)

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Model	0.80	3	0.27	19.41	< 0.0001	önemli
A-nem	0.73	1	0.73	52.92	< 0.0001	
B-devir	0.072	1	0.07	5.26	0.0391	
C-basinc	0.00061	1	0.000613	0.04	0.8359	
Kalıntı	0.18	13	0.01			
Lack of fit	0.17	9	0.02	6.71	0.0412	önemli
Saf hata	0.011	4	0.0028			
Toplam	0.98	16				
Std. Dev.	0.12		R ²	0.8175		
Ortalama	16.57		Adj R ²	0.7754		
C.V. %	0.71		Pred R ²	0.6435		
PRESS	0.35		Adeq Prec.	13.9480		

Tablo EK B. 24 Renk-b değeri için model istatistikleri tablosu (RSM)

Ardışık model kareler toplamı

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Ortalama	4669.59	1	4669.59			
Lineer	0.80	3	0.27	19.41	< 0.0001	önerilen
2FI	0.02	3	7.11E-03	0.45	0.7211	
Kuadratik	0.081	3	0.027	2.48	0.1459	
Kübik	0.065	3	0.022	7.84	0.0377	
Kalıntı	0.011	4	2.77E-03			
Toplam	4670.57	17	274.74			

Lack of fit testleri

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Lineer	0.17	9	0.019	6.71	0.0412	önerilen
2FI	0.15	6	0.024	8.78	0.0271	
Kuadratik	0.065	3	0.022	7.84	0.0377	
Kübik	0.000	0				
Saf hata	0.011	4	2.77E-03			

Model istatistikleri

Varyasyon kaynağı	Standart Sapma	R ²	Adj R ²	Pred R ²	PRESS	
Lineer	0.12	0.8175	0.7754	0.6435	0.35	önerilen
2FI	0.13	0.8393	0.7429	0.2807	0.70	
Kuadratik	0.10	0.9220	0.8218	-0.0840	1.06	
Kübik	0.05	0.9887	0.9546		+	

Tablo EK B. 25 Viskozite- k değeri için varyans analizi tablosu (RSM)

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Model	4.14	9	0.46	22.67	0.0002	önemli
A-nem	3.24	1	3.24	159.81	< 0.0001	
B-devir	0.14	1	0.14	7.06	0.0326	
C-basinc	0.12	1	0.12	5.68	0.0486	
AB	0.02	1	0.02	0.83	0.3915	
AC	0.12	1	0.12	5.87	0.0459	
BC	2.03E-03	1	2.03E-03	0.10	0.7611	
A^2	0.42	1	0.42	20.75	0.0026	
B^2	0.10	1	0.10	4.93	0.0619	
C^2	1.95E-03	1	1.95E-03	0.096	0.7657	
Kalıntı	0.14	7	0.02			
Lack of fit	0.091	3	0.03	2.40	0.2086	önemsiz
Saf hata	0.051	4	0.01			
Toplam	4.277	16				
Std. Dev.	0.14		R ²	0.9668		
Ortalama	1.25		Adj R ²	0.9242		
C.V. %	11.35		Pred R ²	0.6404		
PRESS	1.54		Adeq Prec.	16.177		

Tablo EK B. 26 Viskozite- k değeri için model istatistikleri tablosu (RSM)

Ardışık model kareler toplamı

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Ortalama	26.74	1	26.74			
Lineer	3.50	3	1.17	19.41	< 0.0001	
2FI	0.14	3	0.046	0.72	0.5649	
Kuadratik	0.501	3	0.167	8.24	0.0107	önerilen
Kübik	0.091	3	0.030	2.40	0.2086	
Kalıntı	0.051	4	0.013			
Toplam	31.02	17	1.82			

Lack of fit testleri

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Lineer	0.73	9	0.08	6.40	0.0447	
2FI	0.59	6	0.10	7.79	0.0335	
Kuadratik	0.091	3	0.030	2.40	0.2086	önerilen
Kübik	0.000	0				
Saf hata	0.05	4	0.013			

Model istatistikleri

Varyasyon kaynağı	Standart Sapma	R ²	Adj R ²	Pred R ²	PRESS	
Lineer	0.25	0.8175	0.7754	0.6344	1.56	
2FI	0.25	0.8498	0.7596	0.2961	3.01	
Kuadratik	0.14	0.9668	0.9242	0.6404	1.54	önerilen
Kübik	0.11	0.9882	0.9526		+	

Tablo EK B. 27 Viskozite- n değeri için varyans analizi tablosu (RSM)

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Model	0.03	9	0.00	8.54	0.0049	önemli
A-nem	0.02	1	0.02	39.86	0.0004	
B-devir	3.61E-03	1	3.61E-03	8.89	0.0205	
C-basinc	1.01E-03	1	1.01E-03	2.49	0.1585	
AB	2.50E-03	1	2.50E-03	6.15	0.0422	
AC	9.00E-04	1	9.00E-04	2.21	0.1803	
BC	6.25E-04	1	6.25E-04	1.54	0.2549	
A^2	2.37E-06	1	2.37E-06	0.006	0.9413	
B^2	4.66E-03	1	4.66E-03	11.45	0.0117	
C^2	1.40E-03	1	1.40E-03	3.450	0.1056	
Kalıntı	2.85E-03	7	4.06E-04			
Lack of fit	0.002	3	0.00	2.05	0.2491	önemsiz
Saf hata	0.001	4	0.00			
Toplam	0.034	16				
Std. Dev.	0.02		R ²	0.9166		
Ortalama	0.44		Adj R ²	0.8093		
C.V. %	4.58		Pred R ²	0.1391		
PRESS	0.03		Adeq Prec.	11.480		

Tablo EK B. 28 Viskozite- n değeri için model istatistikleri tablosu (RSM)

Ardışık model kareler toplamı

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Ortalama	3.30	1	3.30			
Lineer	0.021	3	0.007	6.80	0.0054	önerilen
2FI	0.004	3	0.001	1.45	0.2859	
Kuadratik	0.006	3	0.002	5.25	0.0328	önerilen
Kübik	0.002	3	0.001	2.05	0.2491	
Kalıntı	0.001	4	2.80E-04			
Toplam	3.33	17	0.20			

Lack of fit testleri

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Lineer	0.01	9	1.35E-03	4.82	0.0721	önerilen
2FI	8.12E-03	6	1.35E-03	4.84	0.0745	
Kuadratik	1.73E-03	3	5.75E-04	2.05	0.2491	önerilen
Saf hata	1.12E-03	4	2.80E-04			

Model istatistikleri

Varyasyon kaynağı	Standart Sapma	R ²	Adj R ²	Pred R ²	PRESS	
Lineer	0.03	0.6108	0.5210	0.3025	0.02	önerilen
2FI	0.03	0.7289	0.5662	0.0941	0.03	
Kuadratik	0.02	0.9166	0.8093	0.1391	0.03	önerilen
Kübik	0.02	0.9671	0.8686		+	

Tablo EK B. 29 Duyusal-Renk değeri için varyans analizi tablosu (RSM)

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Model	0.27	3	0.089	25.75	< 0.0001	önemli
A-nem	0.24	1	0.24	69.77	< 0.0001	
B-devir	0.018	1	0.018	5.21	0.0399	
C-basinc	7.81E-003	1	7.81E-003	2.26	0.1269	
Kalıntı	0.045	13	3.46E-003			
Lack of fit	0.019	9	2.111E-003	0.32	0.9256	önemsiz
Saf hata	0.026	4	6500E-003			
Toplam	0.31	16				
Std. Dev.	0.06		R ²	0.8559		
Ortalama	5.51		Adj R ²	0.8227		
C.V. %	1.07		Pred R ²	0.7787		
PRESS	0.069		Adeq Prec.	15.505		

Tablo EK B. 30 Duyusal-Renk değeri için model istatistikleri tablosu (RSM)

Ardışık model kareler toplamı

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Ortalama	515.90	1	515.90			
Lineer	0.27	3	0.089	25.75	< 0.0001	önerilen
2FI	4.650E-003	3	1.550E-003	0.38	0.7668	
Kuadratik	0.014	3	4.609E-003	1.22	0.3724	
Kübik	5.250E-004	3	1.750E-004	0.027	0.9931	
Kalıntı	0.026	4	6.500E-03			
Toplam	516.23	17	30.37			

Lack of fit testleri

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Lineer	0.019	9	2.111E-003	0.32	0.9256	önerilen
2FI	0.014	6	2.391E-003	0.37	0.8680	
Kuadratik	5.250E-004	3	1.750E-004	0.027	0.9931	
Kübik	0.000	0				
Saf hata	0.026	4	6.500E-03			

Model istatistikleri

Varyasyon kaynağı	Standart Sapma	R ²	Adj R ²	Pred R ²	PRESS	
Lineer	0.059	0.8559	0.8227	0.7787	0.069	önerilen
2FI	0.064	0.8708	0.7933	0.6701	0.10	
Kuadratik	0.062	0.9151	0.8059	0.8431	0.049	
Kübik	0.081	0.9168	0.6671		+	

Tablo EK B. 31 Duyusal-Lezzet değeri için varyans analizi tablosu (RSM)

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Model	0.567	6	0.094	18.43	< 0.0001	önemli
A-nem	0.349	1	0.349	68.03	< 0.0001	
B-devir	0.084	1	0.084	16.40	0.0023	
C-basinc	0.030	1	0.030	5.86	0.0361	
AB	0.053	1	0.053	10.32	0.0093	
AC	0.051	1	0.051	9.88	0.0105	
BC	0.000	1	0.000	0.08	0.7856	
Kalıntı	0.051	10	0.005			
Lack of fit	0.047	6	0.0078	6.96	0.0407	önemli
Saf hata	0.004	4	0.0011			
Toplam	0.618	16				
Std. Dev.	0.07		R ²	0.9171		
Ortalama	4.31		Adj R ²	0.8673		
C.V. %	1.66		Pred R ²	0.6317		
PRESS	0.23		Adeq Prec.	14.939		

Tablo EK B. 32 Duyusal-Lezzet değeri için model istatistikleri tablosu (RSM)

Ardışık model kareler toplamı

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Ortalama	316.05	1	316.05			
Lineer	0.463	3	0.154	12.92	0.0003	
2FI	0.104	3	0.035	6.76	0.0091	önerilen
Kuadratik	0.016	3	0.005	1.09	0.4149	
Kübik	0.030	3	0.010	9.07	0.0295	
Kalıntı	0.004	4	1.12E-03			
Toplam	316.67	17	18.63			

Lack of fit testleri

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Lineer	0.15	9	0.0167	14.95	0.0096	
2FI	0.04677	6	0.0078	6.96	0.0407	önerilen
Kuadratik	0.03048	3	0.0102	9.07	0.0295	
Kübik	0.000	0				
Saf hata	0.00448	4	0.0011			

Model istatistikleri

Varyasyon kaynağı	Standart Sapma	R ²	Adj R ²	Pred R ²	PRESS	
Lineer	0.11	0.7489	0.6909	0.4882	0.32	
2FI	0.07	0.9171	0.8673	0.6317	0.23	önerilen
Kuadratik	0.07	0.9434	0.8707	0.1995	0.49	
Kübik	0.03	0.9927	0.9710		+	

Tablo EK B. 33 Duyusal-Kıvam değeri için varyans analizi tablosu (RSM)

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Model	3.32	9	0.37	18.02	0.0005	önemli
A-nem	2.67	1	2.67	130.37	< 0.0001	
B-devir	0.23	1	0.23	11.46	0.0117	
C-basinc	0.06	1	0.06	2.74	0.1417	
AB	0.002	1	0.0025	0.12	0.7370	
AC	0.04	1	0.04	1.76	0.2258	
BC	0.001	1	0.0006	0.03	0.8662	
A ²	0.18	1	0.18	8.84	0.0207	
B ²	0.11	1	0.11	5.58	0.0501	
C ²	0.0037	1	0.0037	0.182	0.6824	
Kalıntı	0.14	7	0.02			
Lack of fit	0.07	3	0.02	1.14	0.4326	önemsiz
Saf hata	0.08	4	0.02			
Toplam	3.46	16				
Std. Dev.	0.14		R ²	0.9586		
Ortalama	4.91		Adj R ²	0.9055		
C.V. %	2.91		Pred R ²	0.6595		
PRESS	1.18		Adeq Prec.	15.175		

Tablo EK B. 34 Duyusal-Kıvam değeri için model istatistikleri tablosu (RSM)

Ardışık model kareler toplamı

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Ortalama	410.33	1	410.33			
Lineer	2.96	3	0.99	25.42	< 0.0001	önerilen
2FI	0.04	3	0.01	0.28	0.8379	
Kuadratik	0.32	3	0.11	5.24	0.0329	önerilen
Kübik	0.07	3	0.02	1.14	0.4326	
Kalıntı	0.08	4	0.02			
Toplam	413.79	17	24.34			

Lack of fit testleri

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Lineer	0.43	9	0.05	2.46	0.1998	önerilen
2FI	0.39	6	0.06	3.36	0.1306	
Kuadratik	0.07	3	0.02	1.14	0.4326	önerilen
Kübik	0.00	0				
Saf hata	0.08	4	0.02			

Model istatistikleri

Varyasyon kaynağı	Standart Sapma	R ²	Adj R ²	Pred R ²	PRESS	
Lineer	0.20	0.8544	0.8207	0.7664	0.809	önerilen
2FI	0.22	0.8657	0.7851	0.6060	1.364	
Kuadratik	0.14	0.9586	0.9055	0.6595	1.179	önerilen
Kübik	0.14	0.9777	0.9110		+	

Tablo EK B. 35 Duyusal-Ağız hissi değeri için varyans analizi tablosu (RSM)

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Model	0.118	9	0.013	2.68	0.1034	önemsiz
A-nem	0.023	1	0.023	4.75	0.0658	
B-devir	0.024	1	0.024	4.97	0.0611	
C-basinc	3.13E-04	1	3.13E-04	0.06	0.8073	
AB	0.013	1	0.0132	2.72	0.1434	
AC	0.006	1	0.006	1.31	0.2893	
BC	0.004	1	0.004	0.87	0.3827	
A^2	0.004	1	0.004	0.80	0.3996	
B^2	0.029	1	0.029	5.96	0.0447	
C^2	0.0149	1	0.0149	3.06	0.1237	
Kalıntı	0.03	7	0.0049			
Lack of fit	0.03	3	0.010	7.55	0.0401	önemli
Saf hata	0.01	4	0.0013			
Toplam	0.15	16				
Std. Dev.	0.07		R ²	0.7752		
Ortalama	5.03		Adj R ²	0.4863		
C.V. %	1.39		Pred R ²	-2.1089		
PRESS	0.47		Adeq Prec.	5.394		

Tablo EK B. 36 Duyusal-Ağız hissi değeri için model istatistiği tablosu (RSM)
Ardışık model kareler toplamı

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Ortalama	430.22	1	430.22			önerilen
Lineer	0.048	3	0.016	1.98	0.1664	
2FI	0.024	3	0.008	0.99	0.4360	
Kuadratik	0.046	3	0.015	3.16	0.0952	önerilen
Kübik	0.029	3	0.010	7.55	0.0401	
Kalıntı	0.005	4	0.001			
Toplam	430.37	17	25.32			

Lack of fit testleri

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Lineer	0.099	9	0.011	8.59	0.0267	
2FI	0.075	6	0.013	9.78	0.0224	
Kuadratik	0.029	3	0.010	7.55	0.0401	önerilen
Kübik	0.000	0				
Saf hata	0.005	4	0.001			

Model istatistikleri

Varyasyon kaynağı	Standart Sapma	R ²	Adj R ²	Pred R ²	PRESS	
Lineer	0.09	0.3140	0.1556	-0.3830	0.210	
2FI	0.09	0.4712	0.1539	-1.4963	0.379	
Kuadratik	0.07	0.7752	0.4863	-2.1089	0.472	önerilen
Kübik	0.04	0.9662	0.8650		+	

Tablo EK B. 37 Duyusal-Genel kabul edilebilirlik varyans analizi tablosu(RSM)

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Model	3.492	9	0.388	27.69	0.0001	önemli
A-nem	2.868	1	2.868	204.66	< 0.0001	
B-devir	0.189	1	0.189	13.49	0.0079	
C-basinc	8.45E-03	1	8.45E-03	0.60	0.4629	
AB	0.016	1	0.0156	1.11	0.3261	
AC	0.096	1	0.096	6.86	0.0345	
BC	0.010	1	0.010	0.71	0.4262	
A^2	0.157	1	0.157	11.22	0.0123	
B^2	0.126	1	0.126	9.02	0.0199	
C^2	0.0010	1	0.0010	0.07	0.7927	
Kalıntı	0.10	7	0.0140			
Lack of fit	0.07	3	0.022	2.76	0.1755	önemsiz
Saf hata	0.03	4	0.0080			
Toplam	3.59	16				
Std. Dev.	0.12		R ²	0.9727		
Ortalama	5.10		Adj R ²	0.9375		
C.V. %	2.32		Pred R ²	0.6912		
PRESS	1.11		Adeq Prec.	19.371		

Tablo EK B.38 Duyusal-Genel kabuledilebilirlik için model istatistikleri (RSM)
Ardışık model kareler toplamı

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Ortalama	442.88	1	442.88			
Lineer	3.066	3	1.022	25.32	< 0.0001	
2FI	0.122	3	0.041	1.01	0.4295	
Kuadratik	0.305	3	0.102	7.25	0.0149	önerilen
Kübik	0.066	3	0.022	2.76	0.1755	
Kalıntı	0.032	4	0.008			
Toplam	446.47	17	26.26			

Lack of fit testleri

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Lineer	0.493	9	0.055	6.86	0.0397	
2FI	0.371	6	0.062	7.75	0.0338	
Kuadratik	0.066	3	0.022	2.76	0.1755	önerilen
Kübik	0.000	0				
Saf hata	0.032	4	0.008			

Model istatistikleri

Varyasyon kaynağı	Standart Sapma	R ²	Adj R ²	Pred R ²	PRESS	
Lineer	0.20	0.8539	0.8201	0.7461	0.911	
2FI	0.20	0.8878	0.8204	0.6397	1.294	
Kuadratik	0.12	0.9727	0.9375	0.6912	1.109	önerilen
Kübik	0.09	0.9911	0.9644		+	

Tablo EK B. 39 FRAP değeri için varyans analizi tablosu (RSM)

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Model	235.727	9	26.192	11.60	0.0019	önemli
A-nem	18.453	1	18.453	8.17	0.0244	
B-devir	61.605	1	61.605	27.28	0.0012	
C-basinc	6.643	1	6.643	2.94	0.1301	
AB	16.362	1	16.3620	7.24	0.0310	
AC	0.012	1	0.012	0.01	0.9437	
BC	0.748	1	0.748	0.33	0.5829	
A ²	120.021	1	120.021	53.14	0.0002	
B ²	16.150	1	16.150	7.15	0.0318	
C ²	0.1160	1	0.1160	0.05	0.8272	
Kalıntı	15.81	7	2.2586			
Lack of fit	4.51	3	1.504	0.53	0.6841	önemsiz
Saf hata	11.30	4	2.8244			
Toplam	251.54	16				
Std. Dev.	1.50		R ²	0.9371		
Ortalama	35.10		Adj R ²	0.8563		
C.V. %	4.28		Pred R ²	0.6428		
PRESS	89.85		Adeq Prec.	13.829		

Tablo EK B. 40 FRAP değeri için model istatistikleri tablosu (RSM)

Ardışık model kareler toplamı

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Ortalama	20938.55	1	20938.55			
Lineer	86.701	3	28.900	2.28	0.1276	
2FI	17.122	3	5.707	0.39	0.7653	
Kuadratik	131.904	3	43.968	19.47	0.0009	önerilen
Kübik	4.512	3	1.504	0.53	0.6841	
Kalıntı	11.297	4	2.824			
Toplam	21190.09	17	1246.48			

Lack of fit testleri

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Lineer	153.539	9	17.060	6.04	0.0494	
2FI	136.417	6	22.736	8.05	0.0316	
Kuadratik	4.512	3	1.504	0.53	0.6841	önerilen
Kübik	0.000	0				
Saf hata	11.297	4	2.824			

Model istatistikleri

Varyasyon kaynağı	Standart Sapma	R ²	Adj R ²	Pred R ²	PRESS	
Lineer	3.56	0.3447	0.1935	-0.2846	323.116	
2FI	3.84	0.4128	0.0604	-1.6547	667.765	
Kuadratik	1.50	0.9371	0.8563	0.6428	89.852	önerilen
Kübik	1.68	0.9551	0.8203		+	

Tablo EK B. 41 Toplam fenolik değeri için varyans analizi tablosu (RSM)

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Model	1.098	9	0.122	14.50	0.0010	önemli
A-nem	0.130	1	0.130	15.46	0.0057	
B-devir	0.383	1	0.383	45.50	0.0003	
C-basinc	0.012	1	0.012	1.43	0.2710	
AB	0.008	1	0.0081	0.96	0.3592	
AC	0.102	1	0.102	12.17	0.0101	
BC	0.009	1	0.009	1.07	0.3348	
A ²	0.436	1	0.436	51.81	0.0002	
B ²	0.003	1	0.003	0.33	0.5826	
C ²	0.0275	1	0.0275	3.26	0.1138	
Kalıntı	0.06	7	0.0084			
Lack of fit	0.02	3	0.006	0.62	0.6361	önemsiz
Saf hata	0.04	4	0.0100			
Toplam	1.16	16				
Std. Dev.	0.09		R ²	0.9491		
Ortalama	3.11		Adj R ²	0.8837		
C.V. %	2.94		Pred R ²	0.6862		
PRESS	0.36		Adeq Prec.	14.339		

Tablo EK B. 42 Toplam fenolik değeri için model istatistikleri tablosu (RSM)

Ardışık model kareler toplamı

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Ortalama	164.92	1	164.92			
Lineer	0.525	3	0.175	3.60	0.0433	
2FI	0.120	3	0.040	0.78	0.5330	
Kuadratik	0.454	3	0.151	17.98	0.0011	önerilen
Kübik	0.019	3	0.006	0.62	0.6361	
Kalıntı	0.040	4	0.010			
Toplam	166.08	17	9.77			

Lack of fit testleri

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Lineer	0.592	9	0.066	6.56	0.0429	
2FI	0.473	6	0.079	7.85	0.0330	
Kuadratik	0.019	3	0.006	0.62	0.6361	önerilen
Kübik	0.000	0				
Saf hata	0.040	4	0.010			

Model istatistikleri

Varyasyon kaynağı	Standart Sapma	R ²	Adj R ²	Pred R ²	PRESS	
Lineer	0.22	0.4536	0.3276	-0.0675	1.235	
2FI	0.23	0.5569	0.2911	-0.9595	2.267	
Kuadratik	0.09	0.9491	0.8837	0.6862	0.363	önerilen
Kübik	0.10	0.9653	0.8613		+	

Tablo EK B. 43 DPPH değeri için varyans analizi tablosu (RSM)

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Model	14.428	9	1.603	15.63	0.0008	önemli
A-nem	0.014	1	0.014	0.13	0.7264	
B-devir	3.367	1	3.367	32.83	0.0007	
C-basinc	0.224	1	0.224	2.19	0.1826	
AB	0.348	1	0.3451	3.29	0.1080	
AC	0.027	1	0.027	0.27	0.6223	
BC	0.027	1	0.027	0.27	0.6223	
A^2	10.188	1	10.188	99.33	< 0.0001	
B^2	0.252	1	0.252	2.45	0.1612	
C^2	0.2466	1	0.2466	2.40	0.1649	
Kalıntı	0.72	7	0.1016			
Lack of fit	0.53	3	0.177	3.76	0.1166	önemsiz
Saf hata	0.19	4	0.0470			
Toplam	15.15	16				
Std. Dev.	0.32		R ²	0.9526		
Ortalama	8.13		Adj R ²	0.8917		
C.V. %	3.97		Pred R ²	0.4207		
PRESS	8.77		Adeq Prec.	14.987		

Tablo EK B. 44 DPPH değeri için model istatistikleri tablosu (RSM)

Ardışık model kareler toplamı

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Ortalama	1124.46	1	1124.46			
Lineer	3.61	3	1.203	1.35	0.3003	
2FI	0.40	3	0.13	0.12	0.9460	
Kuadratik	10.42	3	3.47	33.87	0.0002	önerilen
Kübik	0.53	3	0.18	3.76	0.1166	
Kalıntı	0.19	4	0.0471			
Toplam	1139.61	17	67.04			

Lack of fit testleri

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Lineer	11.35	9	1.26	26.85	0.0035	
2FI	10.95	6	1.83	38.85	0.00175	
Kuadratik	0.53	3	0.18	3.76	0.1166	önerilen
Kübik	0.000	0				
Saf hata	0.19	4	0.048			

Model istatistikleri

Varyasyon kaynağı	Standart Sapma	R ²	Adj R ²	Pred R ²	PRESS	
Lineer	0.94	0.2380	-0.0622	-0.5025	22.76	
2FI	1.06	0.2680	-0.1766	-2.3937	51.40	
Kuadratik	0.32	0.9526	0.8917	0.4207	8.77	önerilen
Kübik	0.22	0.9876	0.9504		+	

EK C. Korelasyon Tablosu

Tablo EK C. 1 Tüm değişkenler arası korelasyon katsayıları

	Besleme Nemi	Basınç	Vals Hızı	Nem	Kül	Protein	Diyet Lifi	pH	SAK	YAK	KK	KS	ÇP	SAİ	SÇİ
Besleme Nemi	1	0.000 1.000	0.000 1.000	-0.838** 0.000	-0.070 0.789	0.545* 0.024	0.327 0.201	-0.341 0.180	0.957** 0.000	0.701** 0.002	-0.428 0.086	-0.424 0.089	-0.350 0.168	0.961** 0.000	-0.095 0.717
Basınç		1	0.000 1.000	-0.259 0.315	-0.022 0.934	-0.017 0.949	-0.366 0.148	-0.081 0.758	-0.100 0.701	0.299 0.244	-0.180 0.490	-0.282 0.272	-0.222 0.393	-0.146 0.577	-0.017 0.949
Vals Hızı			1	0.265 0.304	0.362 0.153	0.196 0.450	-0.173 0.507	0.117 0.655	0.104 0.693	-0.381 0.131	0.553* 0.021	0.647** 0.005	0.459 0.064	0.137 0.600	-0.545* 0.024
Nem				1	0.171 0.513	-0.195 0.453	-0.249 0.335	0.575* 0.009	-0.722** 0.001	-0.828** 0.000	0.728** 0.001	0.762** 0.000	0.661** 0.004	-0.717** 0.001	0.179 0.491
Kül					1	0.232 0.370	0.079 0.762	0.292 0.255	0.073 0.779	0.009 0.972	0.247 0.340	0.277 0.282	0.339 0.183	0.072 0.784	-0.009 0.972
Protein						1	0.202 0.438	0.538* 0.026	0.704** 0.002	0.218 0.400	0.244 0.346	0.091 0.728	0.474 0.055	-0.638** 0.006	0.504* 0.039
Diyet Lifi							1	-0.058 0.826	0.361 0.154	0.085 0.746	-0.319 0.212	-0.343 0.177	-0.018 0.944	0.392 0.119	0.055 0.833
pH								1	-0.141 0.589	-0.489* 0.047	0.749** 0.001	0.561* 0.019	-0.870** 0.000	-0.209 0.422	0.693* 0.002
SAK									1	-0.468 0.058	-0.249 0.335	-0.277 0.281	-0.113 0.666	0.990** 0.000	0.008 0.976
YAK										1	-0.734** 0.001	-0.761** 0.000	-0.651** 0.005	0.551* 0.022	0.031 0.907
KK											1	0.931** 0.000	0.868** 0.000	-0.262 0.310	0.150 0.565
KS												1	0.741** 0.001	-0.260 0.313	-0.064 0.809
ÇP													1	-0.141 0.589	0.360 0.156
SAİ														1	-0.085 0.747
SÇİ															1

*P<0.05 düzeyinde önemli, ** p<0.01 düzeyinde önemli. SAK:Su absorpsiyon kapasitesi, YAK: Yağ absorpsiyon kapasitesi, KK:Köpük kapasitesi, KS:Köpük stabilitesi, ÇP:Çözünür protein miktarı, SAİ: Su absorpsiyon indeksi, SÇİ: Suda çözünürlük indeksi, JD: Jelatinizasyon derecesi.

Tablo EK C. 1 Tüm değişkenler arası korelasyon katsayıları (devam)

	Besleme Nemi	Basınç	Vals Hızı	Nem	Kül	Protein	Diyet Lifi	pH	SAK	YAK	KK	KS	ÇP	SAİ	SÇİ
JD	0.647** 0.005	0.136 0.603	-0.650** 0.005	-0.725** 0.001	-0.181 0.486	0.421 0.092	0.336 0.188	-0.062 0.812	0.596* 0.012	0.675** 0.003	-0.545* 0.024	-0.705** 0.002	-0.361 0.154	0.553* 0.021	0.499* 0.042
L	0.815** 0.000	-0.244 0.345	0.353 0.165	-0.520* 0.032	0.277 0.281	0.555* 0.021	0.343 0.178	-0.190 0.464	0.888** 0.000	0.421 0.092	-0.124 0.636	-0.036 0.891	-0.057 0.829	0.899** 0.000	-0.236 0.361
a	0.196 0.451	0.018 0.946	-0.855** 0.000	-0.386 0.126	-0.392 0.120	0.128 0.625	0.247 0.339	0.066 0.802	0.148 0.572	0.411 0.101	-0.451 0.069	-0.654** 0.004	-0.230 0.375	0.099 0.706	0.637** 0.006
b	0.862** 0.000	0.025 0.924	-0.272 0.291	-0.735** 0.001	-0.089 0.735	0.613** 0.009	0.237 0.360	-0.051 0.846	0.864** 0.000	0.671** 0.003	-0.325 0.204	-0.415 0.097	-0.218 0.399	0.826** 0.000	0.295 0.250
Kdegeri	0.870** 0.000	-0.166 0.524	0.183 0.482	-0.741** 0.001	0.104 0.691	0.288 0.262	0.299 0.244	-0.538* 0.026	0.832** 0.000	0.597* 0.011	-0.414 0.098	-0.335 0.188	-0.366 0.148	0.880** 0.000	-0.421 0.092
n degeri	-0.689** 0.002	0.172 0.508	-0.326 0.202	0.511* 0.036	-0.415 0.098	-0.477 0.053	-0.107 0.682	0.218 0.401	-0.773** 0.000	-0.528* 0.029	0.130 0.620	0.079 0.762	0.060 0.819	-0.767** 0.000	0.249 0.335
Renk	0.879** 0.000	0.158 0.544	0.240 0.353	-0.620** 0.008	-0.029 0.913	0.652** 0.005	0.115 0.660	-0.168 0.520	0.849** 0.000	0.608** 0.010	-0.222 0.392	-0.196 0.451	-0.147 0.574	0.839** 0.000	-0.071 0.787
Lezzet	0.830** 0.000	0.121 0.642	-0.142 0.588	-0.745** 0.001	-0.090 0.731	0.414 0.098	0.320 0.211	-0.290 0.258	0.766** 0.008	0.776** 0.000	-0.492* 0.045	-0.534* 0.027	-0.337 0.185	0.774** 0.000	0.035 0.811
Kıvam	0.878** 0.000	-0.127 0.626	0.260 0.313	-0.628** 0.007	0.262 0.310	0.712** 0.001	0.323 0.206	-0.015 0.954	0.941** 0.000	0.498* 0.042	-0.085 0.745	-0.114 0.663	0.021 0.938	0.932** 0.000	-0.057 0.828
Ağız hissi	0.390 0.121	0.045 0.863	0.399 0.112	-0.238 0.357	0.573* 0.016	0.387 0.125	0.303 0.237	0.148 0.570	0.433 0.082	0.128 0.623	0.147 0.574	0.118 0.653	0.248 0.336	0.474 0.054	-0.183 0.481
Genel Kabul	0.894** 0.000	-0.049 0.853	0.230 0.376	-0.650** 0.005	0.269 0.297	0.723** 0.001	0.205 0.429	-0.081 0.756	0.956** 0.000	0.574* 0.016	-0.141 0.589	-0.166 0.524	-0.025 0.925	0.948** 0.000	-0.030 0.909
Toplam Fenolik	0.335 0.188	0.102 0.697	-0.575* 0.016	-0.278 0.281	-0.024 0.926	0.562* 0.019	-0.011 0.967	0.396 0.115	0.354 0.164	0.506* 0.038	-0.136 0.602	-0.322 0.207	0.035 0.895	0.279 0.278	0.806** 0.000
DPPH	0.030 0.909	0.122 0.642	-0.471 0.056	0.067 0.797	0.002 0.994	0.569* 0.017	0.176 0.498	0.683** 0.003	0.099 0.706	0.076 0.772	0.107 0.683	-0.108 0.681	0.329 0.197	0.022 0.932	0.924** 0.000
FRAP	0.271 0.293	0.163 0.533	-0.495* 0.043	-0.173 0.506	-0.205 0.429	0.614** 0.009	0.291 0.258	0.473 0.055	0.311 0.225	0.245 0.343	-0.059 0.821	-0.305 0.234	0.168 0.518	0.237 0.360	0.831** 0.000

*P<0.05 düzeyinde önemli, ** p<0.01 düzeyinde önemli. SAK:Su absorpsiyon kapasitesi, YAK: Yağ absorpsiyon kapasitesi, KK:Köpük kapasitesi, KS:Köpük stabilitesi, ÇP:Çözünür protein miktarı, SAİ: Su absorpsiyon indeksi, SÇİ: Suda çözünürlük indeksi, JD: Jelatinizasyon derecesi.

Tablo EK C. 1 Tüm değişkenler arası korelasyon katsayıları (devam)

	JD	L	a	b	K değeri	n değeri	Renk	Lezzet	Kıvam	Ağız hissi	Genel Kabul	Toplam Fenolik	DPPH	FRAP
Besleme nemi	0.647** 0.005	0.815** 0.000	0.196 0.451	0.862** 0.000	0.870** 0.000	-0.689** 0.002	0.879** 0.000	0.830** 0.000	0.878** 0.000	0.390 0.121	0.894** 0.000	0.335 0.188	0.030 0.909	0.271 0.293
Basınç	0.136 0.603	-0.244 0.345	0.018 0.946	0.025 0.924	-0.166 0.524	0.172 0.508	0.158 0.544	0.121 0.642	-0.127 0.626	0.045 0.863	-0.049 0.853	0.102 0.697	0.122 0.642	0.163 0.533
Vals Hızı	-0.650** 0.005	0.353 0.165	-0.855** 0.000	-0.272 0.291	0.183 0.482	-0.326 0.202	0.240 0.353	-0.142 0.588	0.260 0.313	0.399 0.112	0.230 0.376	-0.575* 0.016	-0.471 0.056	-0.495* 0.043
Nem	-0.725** 0.001	-0.520* 0.032	-0.386 0.126	-0.735** 0.001	-0.741** 0.001	0.511* 0.036	-0.620** 0.008	-0.745** 0.001	-0.628** 0.007	-0.238 0.357	-0.650** 0.005	-0.278 0.281	0.067 0.797	-0.173 0.506
Kül	-0.181 0.486	0.277 0.281	-0.392 0.120	-0.089 0.735	0.104 0.691	-0.415 0.098	-0.029 0.913	-0.090 0.731	0.262 0.310	0.573* 0.016	0.269 0.297	-0.024 0.926	0.002 0.994	-0.205 0.429
Protein	0.421 0.092	0.555* 0.021	0.128 0.625	0.613** 0.009	0.288 0.262	-0.477 0.053	0.652** 0.005	0.414 0.098	0.712** 0.001	0.387 0.125	0.723** 0.001	0.562* 0.019	0.569* 0.017	0.614** 0.009
Diyet lifi	0.336 0.188	0.343 0.178	0.247 0.339	0.237 0.360	0.299 0.244	-0.107 0.682	0.115 0.660	0.320 0.211	0.323 0.206	0.303 0.237	0.205 0.429	-0.011 0.967	0.176 0.498	0.291 0.258
pH	-0.062 0.812	-0.190 0.464	0.066 0.802	-0.051 0.846	-0.538* 0.026	0.218 0.401	-0.168 0.520	-0.290 0.258	-0.015 0.954	0.148 0.570	-0.081 0.756	0.396 0.115	0.683** 0.003	0.473 0.055
SAK	0.596* 0.012	0.888** 0.000	0.148 0.572	0.864** 0.000	0.832** 0.000	-0.773** 0.000	0.849** 0.000	0.766** 0.008	0.941** 0.000	0.433 0.082	0.956** 0.000	0.354 0.164	0.099 0.706	0.311 0.225
YAK	0.675** 0.003	0.421 0.092	0.411 0.101	0.671** 0.003	0.597* 0.011	-0.528* 0.029	0.608** 0.010	0.776** 0.000	0.498* 0.042	0.128 0.623	0.574* 0.016	0.506* 0.038	0.076 0.772	0.245 0.343
KK	-0.545* 0.024	-0.124 0.636	-0.451 0.069	-0.325 0.204	-0.414 0.098	0.130 0.620	-0.222 0.392	-0.492* 0.045	-0.085 0.745	0.147 0.574	-0.141 0.589	-0.136 0.602	0.107 0.683	-0.059 0.821
KS	-0.705** 0.002	-0.036 0.891	-0.654** 0.004	-0.415 0.097	-0.335 0.188	0.079 0.762	-0.196 0.451	-0.534* 0.027	-0.114 0.663	0.118 0.653	-0.166 0.524	-0.322 0.207	-0.108 0.681	-0.305 0.234
ÇP	-0.361 0.154	-0.057 0.829	-0.230 0.375	-0.218 0.399	-0.366 0.148	0.060 0.819	-0.147 0.574	-0.337 0.185	0.021 0.938	0.248 0.336	-0.025 0.925	0.035 0.895	0.329 0.197	0.168 0.518
SAİ	0.553* 0.021	0.899** 0.000	0.099 0.706	0.826** 0.000	0.880** 0.000	-0.767** 0.000	0.839** 0.000	0.774** 0.000	0.932** 0.000	0.474 0.054	0.948** 0.000	0.279 0.278	0.022 0.932	0.237 0.360
SÇİ	0.499* 0.042	-0.236 0.361	0.637** 0.006	0.295 0.250	-0.421 0.092	0.249 0.335	-0.071 0.787	0.035 0.811	-0.057 0.828	-0.183 0.481	-0.030 0.909	0.806** 0.000	0.924** 0.000	0.831** 0.000

*P<0.05 düzeyinde önemli, ** p<0.01 düzeyinde önemli. SAK:Su absorpsiyon kapasitesi, YAK: Yağ absorpsiyon kapasitesi, KK:Köpük kapasitesi, KS:Köpük stabilitesi, ÇP:Çözünür protein miktarı, SAİ: Su absorpsiyon indeksi, SÇİ: Suda çözünürlük indeksi, JD: Jelatinizasyon derecesi.

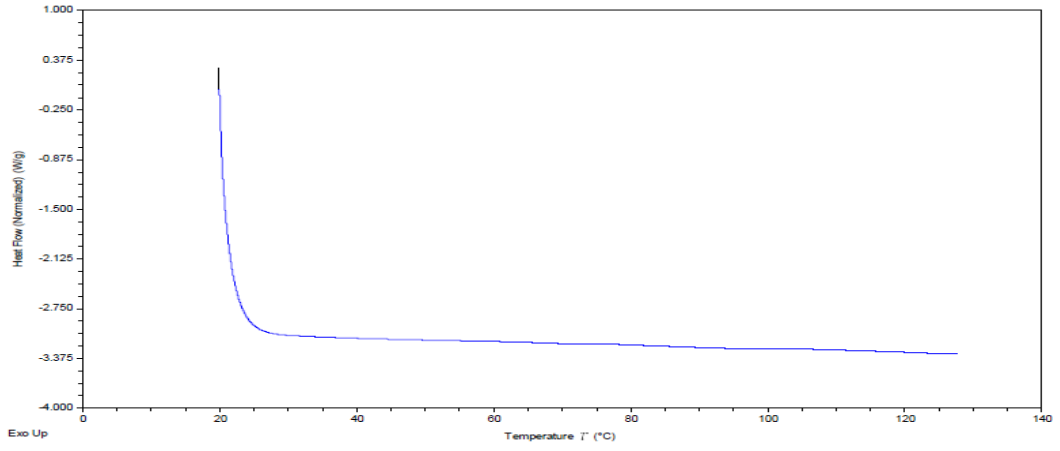
Tablo EK C. 1 Tüm değişkenler arasındaki korelasyon katsayıları (devam)

	JD	L	a	b	K değeri	n değeri	Renk	Lezzet	Kıvam	Ağız hissi	Genel Kabul	Toplam Fenolik	DPPH	FRAP
JD	1	0.244 0.346	0.811** 0.000	0.819** 0.000	0.375 0.138	-0.163 0.533	0.418 0.095	0.722** 0.001	0.468 0.058	0.118 0.652	0.492* 0.045	0.764** 0.000	0.209 0.420	0.725** 0.001
L		1	-0.214 0.410	0.657** 0.004	0.807** 0.000	-0.871** 0.000	0.769** 0.000	0.560* 0.019	0.884** 0.000	0.446 0.072	0.873** 0.000	0.056 0.832	-0.170 0.514	-0.024 0.929
a			1	0.495* 0.044	-0.030 0.909	0.211 0.416	-0.022 0.932	0.422 0.091	0.015 0.955	-0.195 0.454	0.022 0.935	0.735** 0.001	0.608** 0.010	0.698** 0.002
b				1	0.596* 0.012	-0.540* 0.025	0.715** 0.001	0.821** 0.000	0.760** 0.000	0.219 0.399	0.774** 0.000	0.656** 0.004	0.343 0.177	0.533* 0.028
K değeri					1	-0.781** 0.000	0.729** 0.001	0.711** 0.001	0.804** 0.000	0.487* 0.048	0.841** 0.000	0.019 0.944	-0.334 0.190	-0.113 0.665
n değeri						1	-0.663* 0.004	-0.409 0.103	-0.802** 0.000	-0.413 0.099	-0.853** 0.000	-0.079 0.762	0.286 0.266	0.182 0.484
Renk							1	0.724** 0.001	0.818** 0.000	0.459 0.064	0.850* 0.000	0.309 0.227	0.069 0.793	0.232 0.370
Lezzet								1	0.653** 0.004	0.234 0.205	0.688** 0.002	0.435 0.081	0.149 0.567	0.395 0.117
Kıvam									1	0.630** 0.007	0.955** 0.000	0.300 0.242	0.070 0.789	0.199 0.444
Ağız hissi										1	0.560* 0.019	0.041 0.875	0.053 0.841	-0.017 0.949
Genel Kabul											1	0.347 0.172	0.058 0.824	0.207 0.425
Toplam Fenolik												1	0.813** 0.000	0.796** 0.000
DPPH													1	0.557* 0.020
FRAP														1

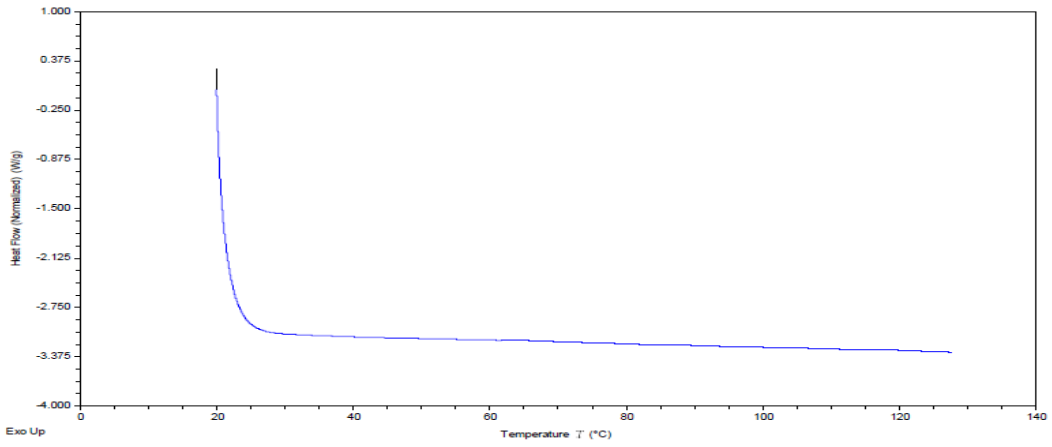
*P<0.05 düzeyinde önemli, ** p<0.01 düzeyinde önemli. JD: Jelatinizasyon derecesi.

EK D. Çorba tozlarının DTK termogramları

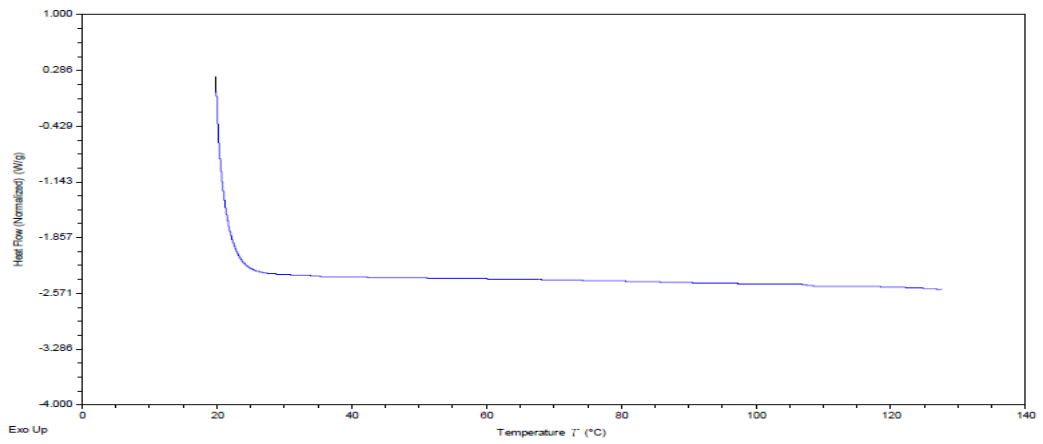
Tablo EK D. 1 1 numaralı örnek (45-2-75) için DTK termogramı



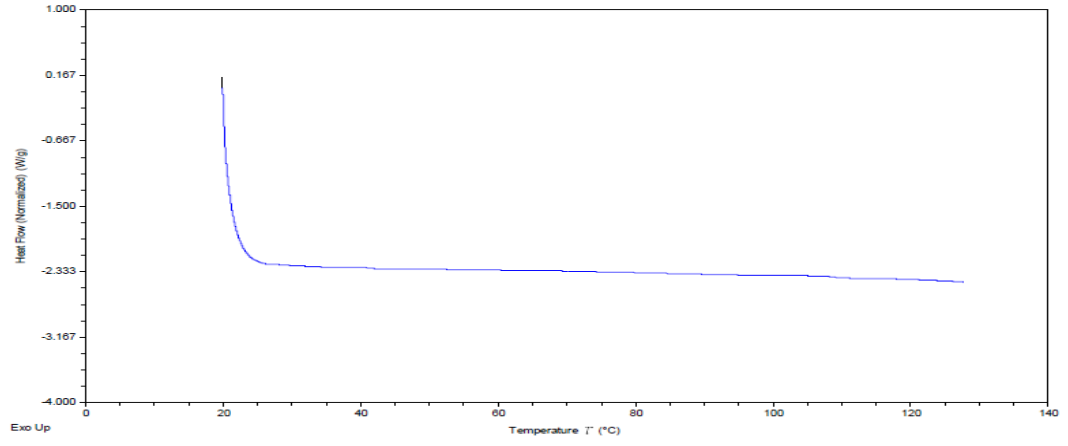
Tablo EK D. 2 2 numaralı örnek (45-1-85) için DTK termogramı



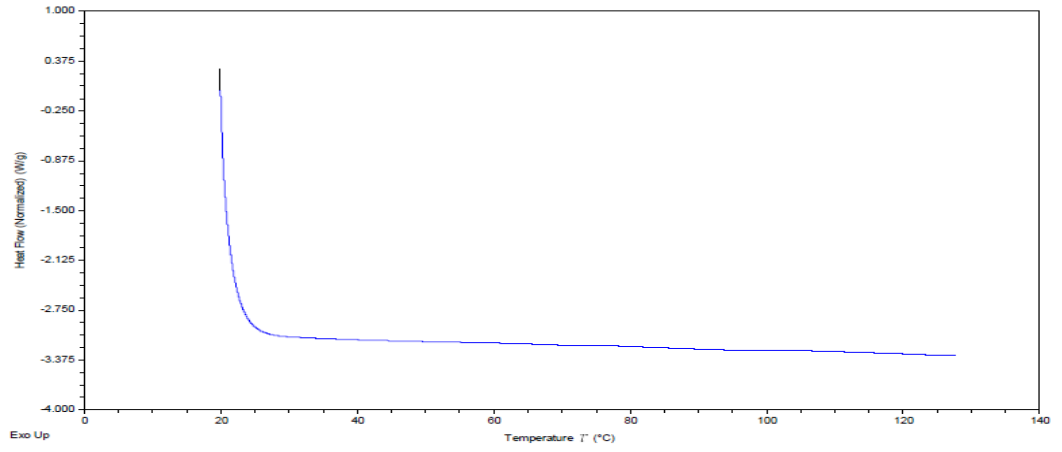
Tablo EK D. 3 3 numaralı örnek (45-3-85) için DTK termogramı



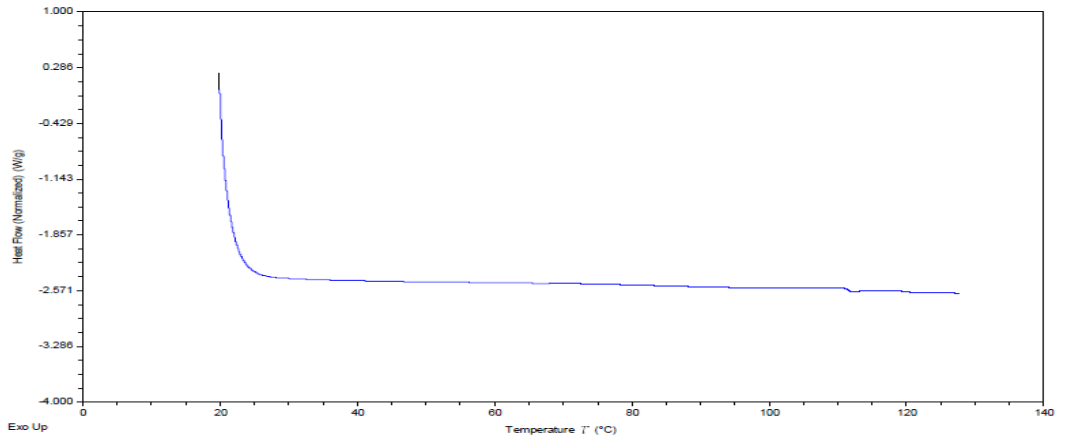
Tablo EK D. 4 4 numaralı (45-2-95) için DTK termogramı



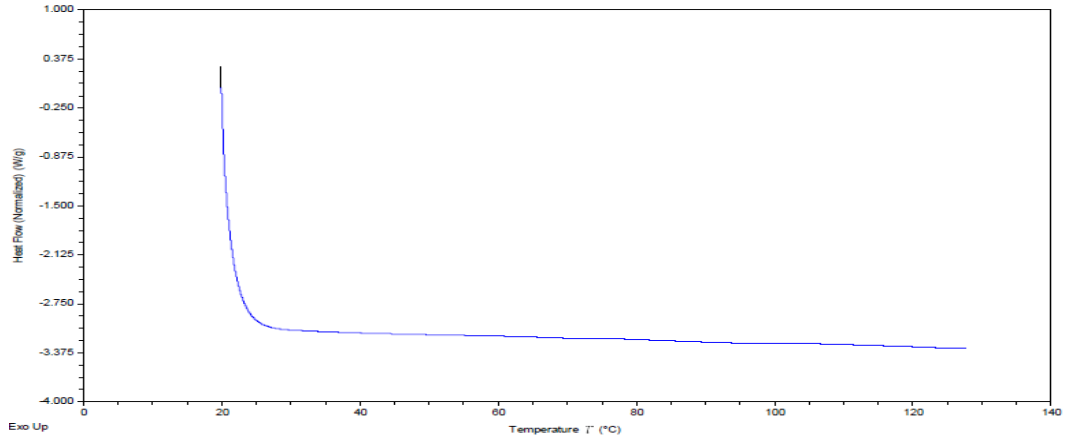
Tablo EK D. 5 5 numaralı (55-1-75) için DTK termogramı



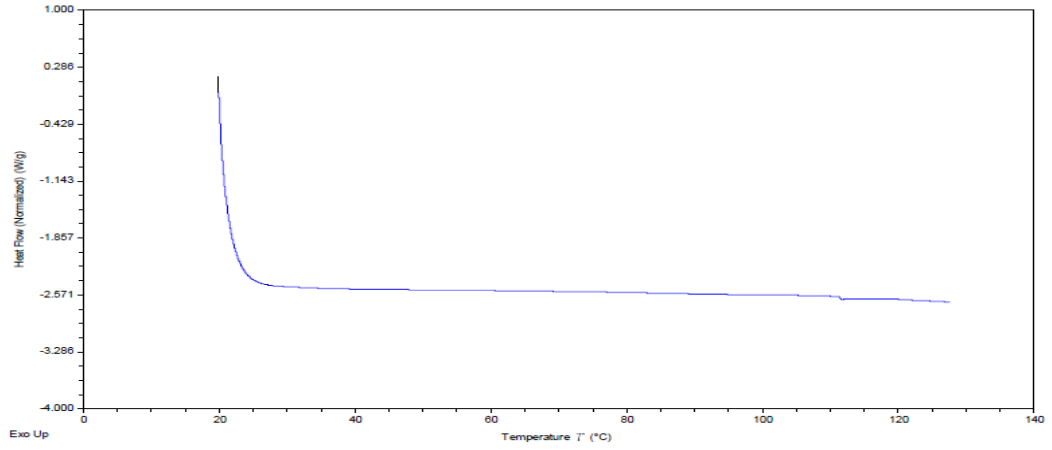
Tablo EK D. 6 6 numaralı (55-3-75) için DTK termogramı



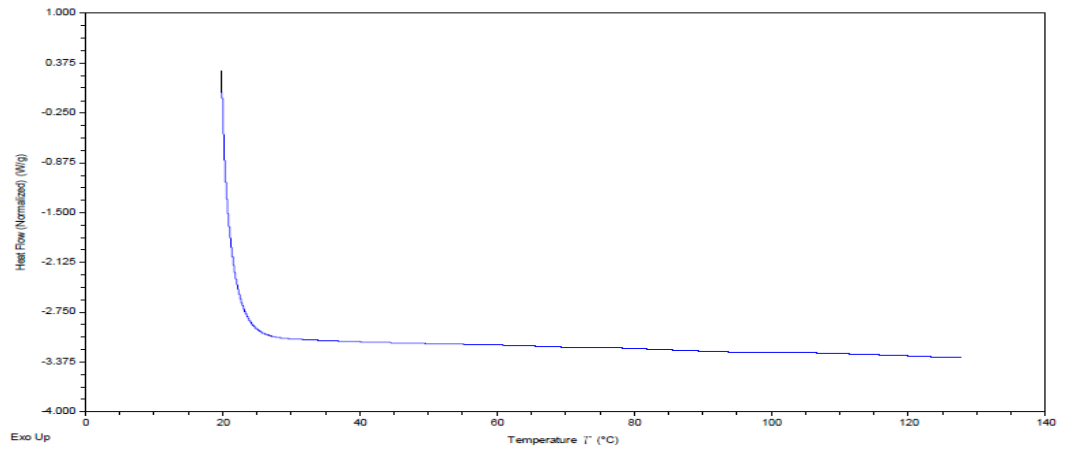
Tablo EK D. 7 7 numaralı (55-2-85) için DTK termogramı



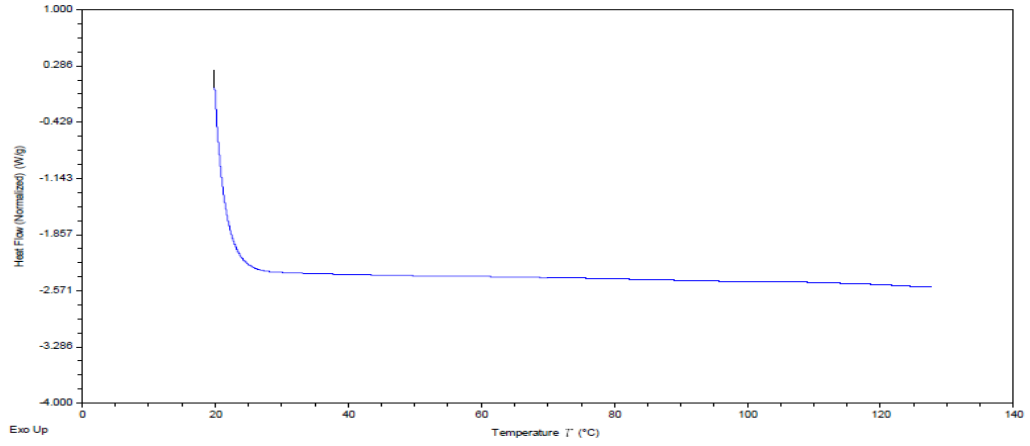
Tablo EK D. 8 8 numaralı (55-2-85-1) için DTK termogramı



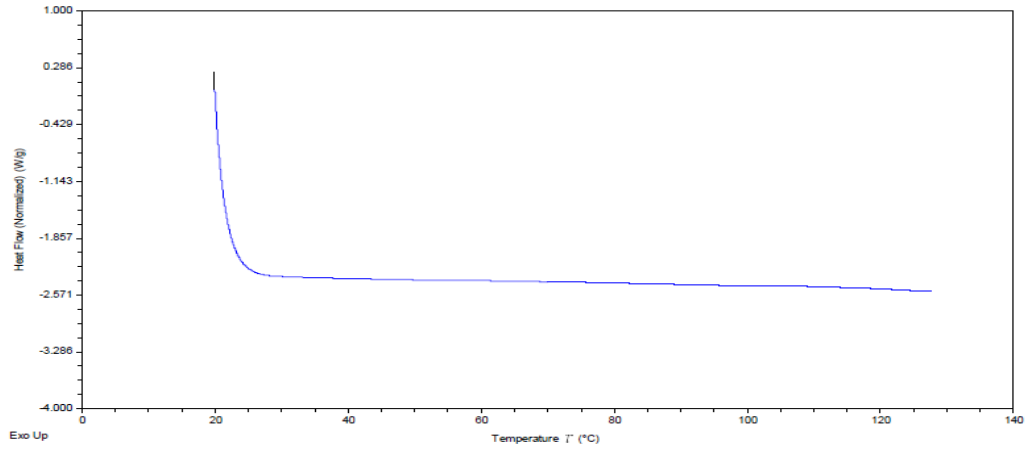
Tablo EK D. 9 9 numaralı (55-2-85-2) için DTK termogramı



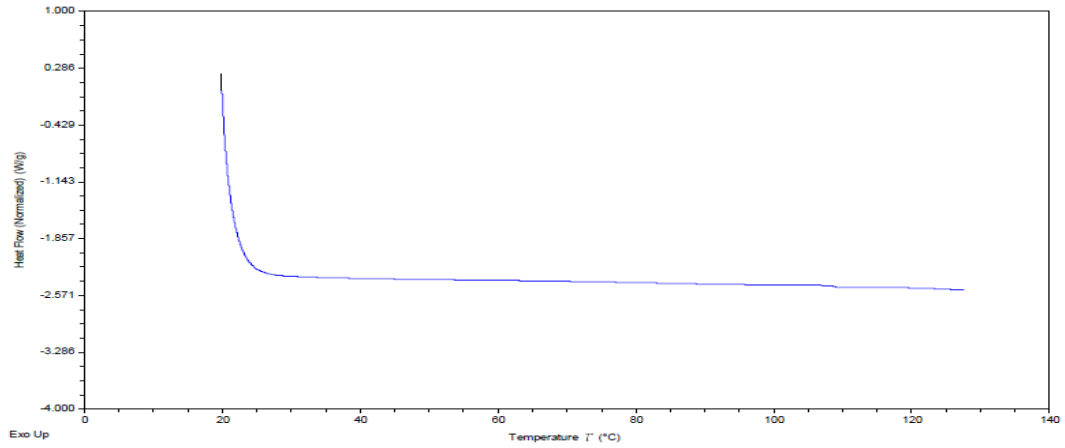
Tablo EK D. 10 10 numaralı (55-2-85-3) için DTK termogramı



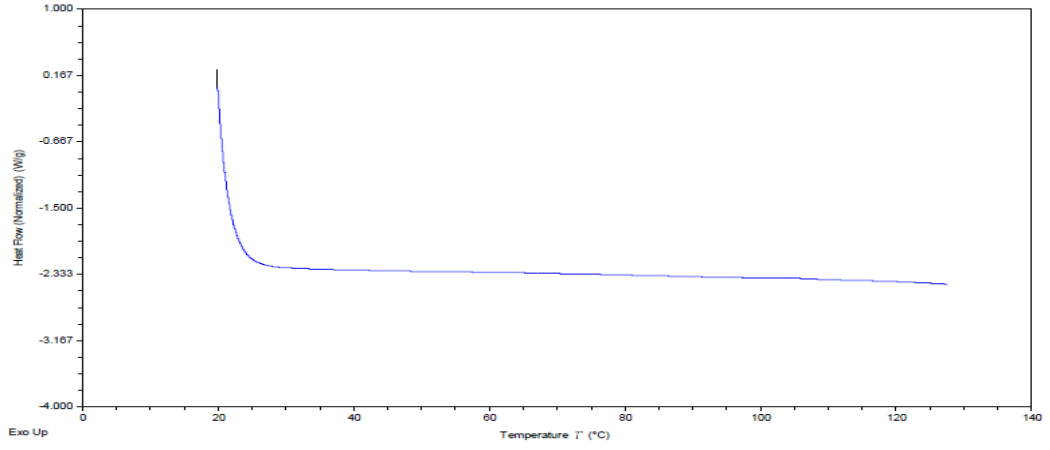
Tablo EK D. 11 11 numaralı (55-2-85-4) için DTK termogramı



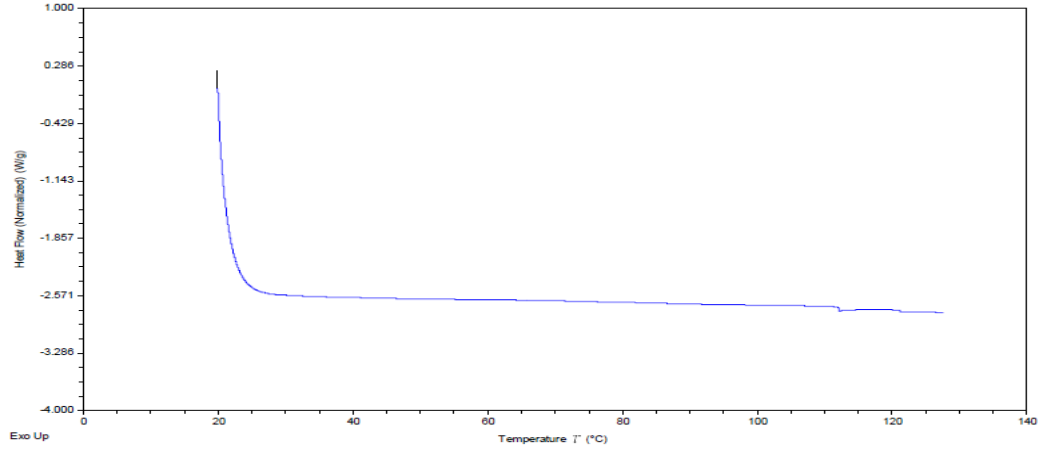
Tablo EK D. 12 12 numaralı (55-1-95) için DTK termogramı



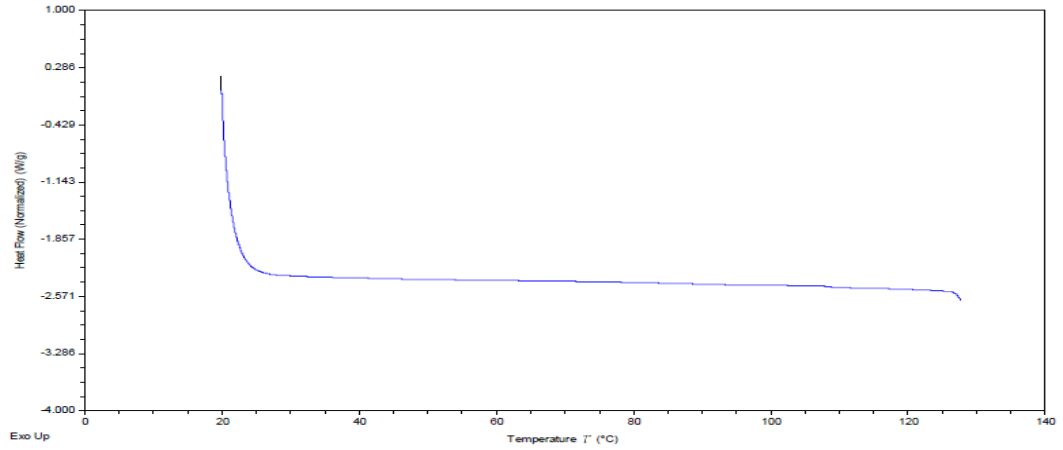
Tablo EK D. 13 13 numaralı (55-3-95) için DTK termogramı



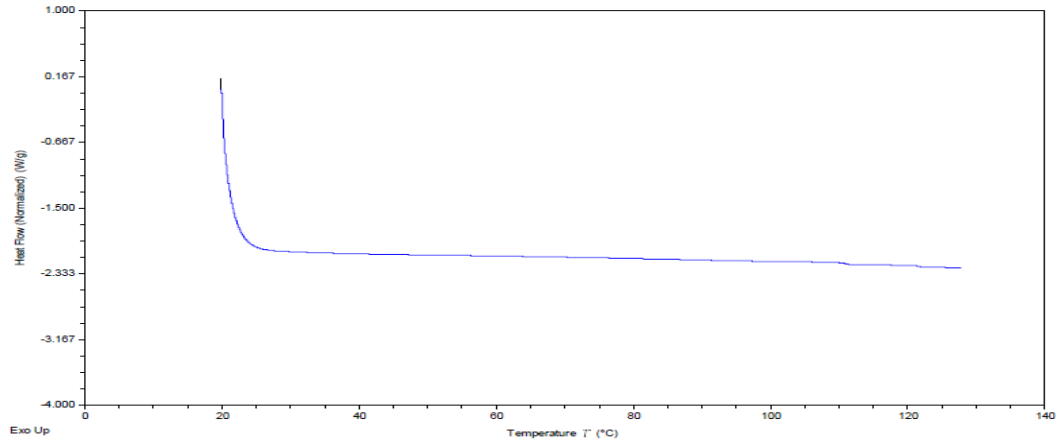
Tablo EK D. 14 14 numaralı (65-2-75) için DTK termogramı



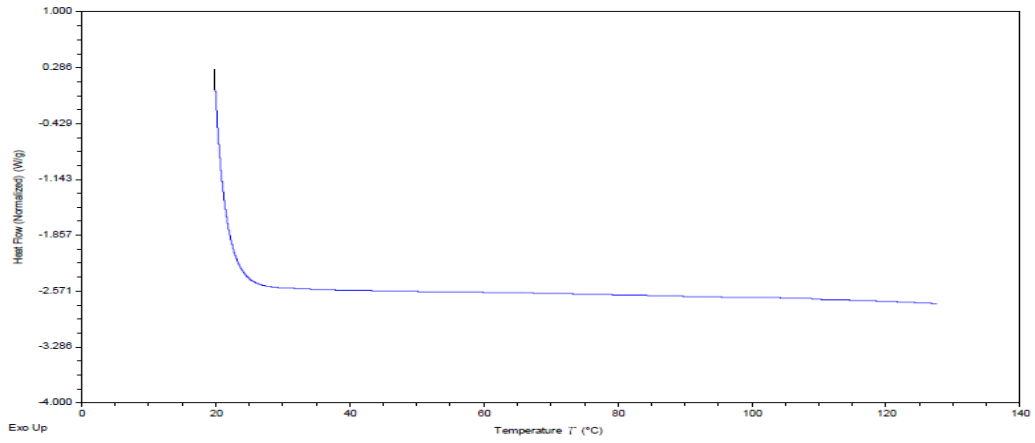
Tablo EK D. 15 15 numaralı (65-1-85) için DTK termogramı



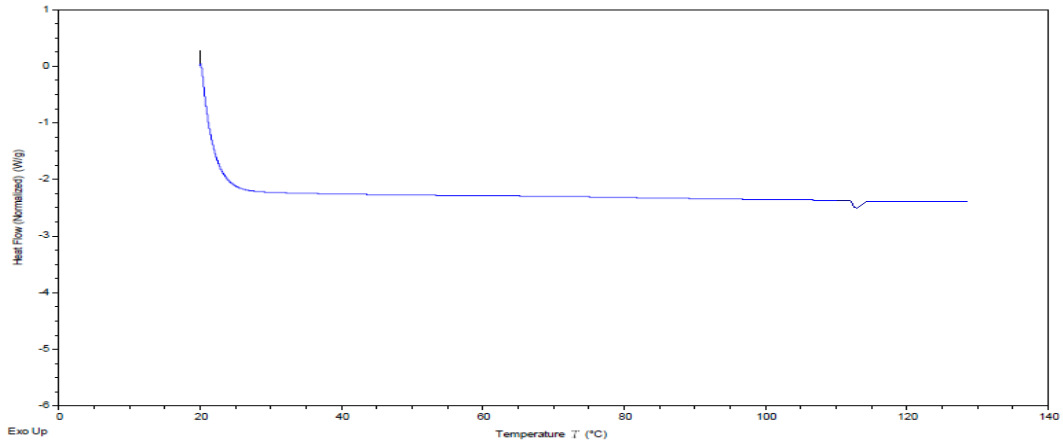
Tablo EK D. 16 16 numaralı (65-3-85) için DTK termogramı



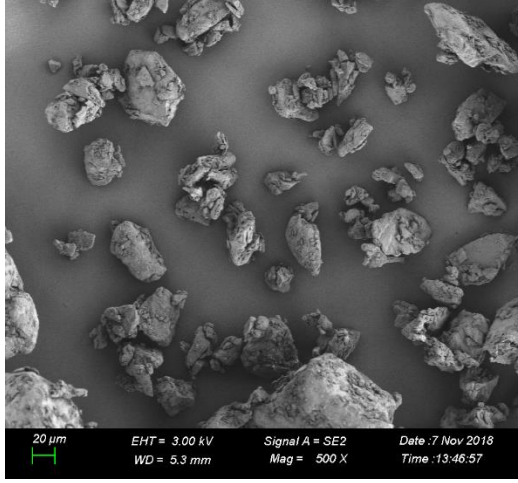
Tablo EK D. 17 17 numaralı (65-2-95) için DTK termogramı



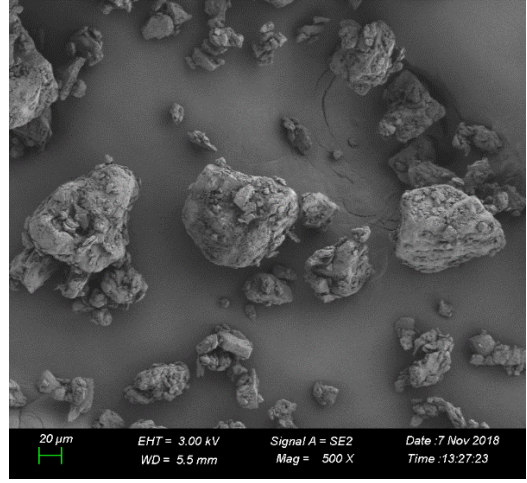
Tablo EK D. 18 Maş fasulyesi unu için DTK termogramı



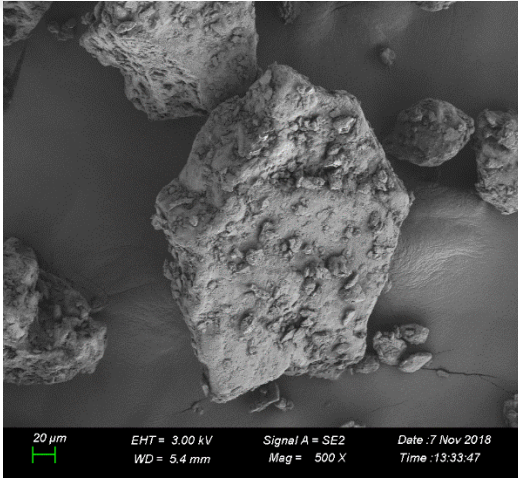
EK E. Çorba tozlarının SEM görüntüleri



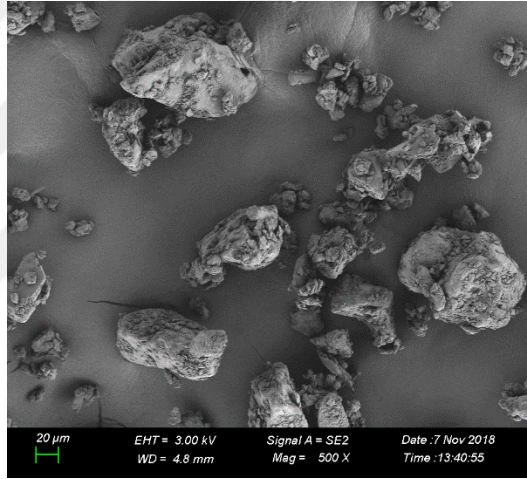
%45-2 devir-75psi



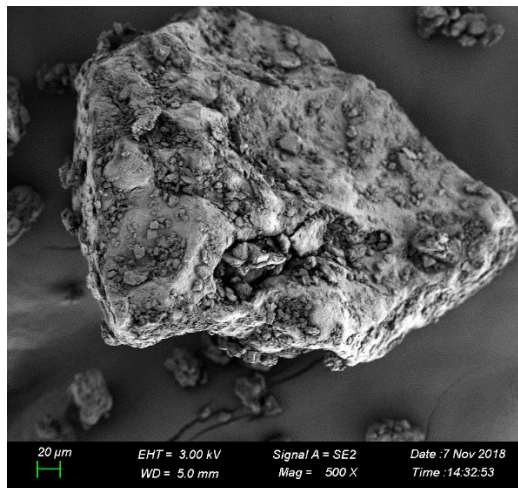
%45-1 devir-85psi



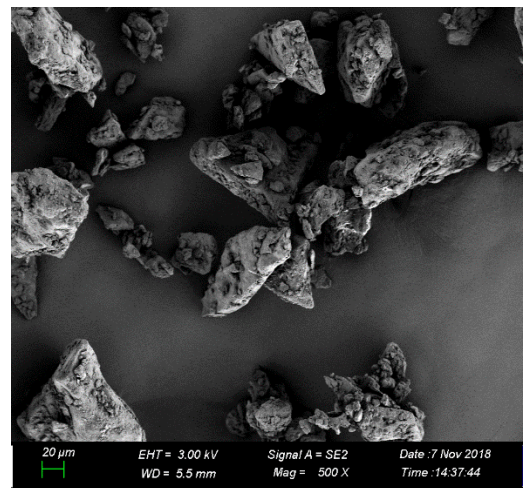
%45-3 devir-85psi



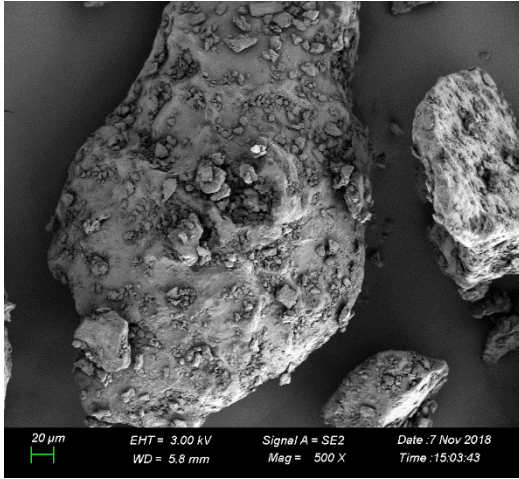
%45-2 devir-95psi



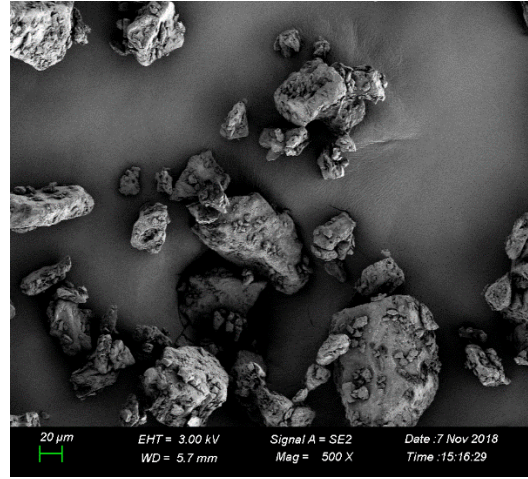
%55-1 devir-75psi



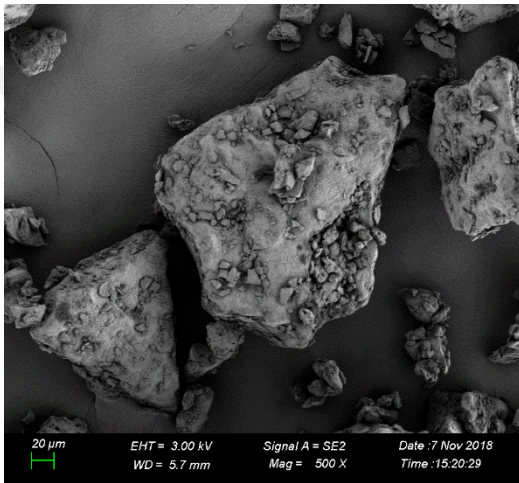
%55-3 devir-75psi



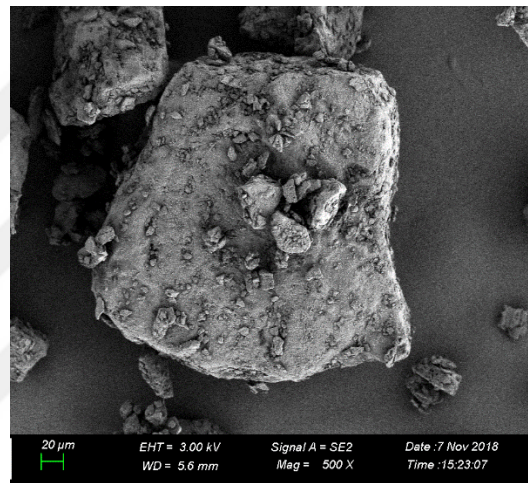
%55-2 devir-85psi



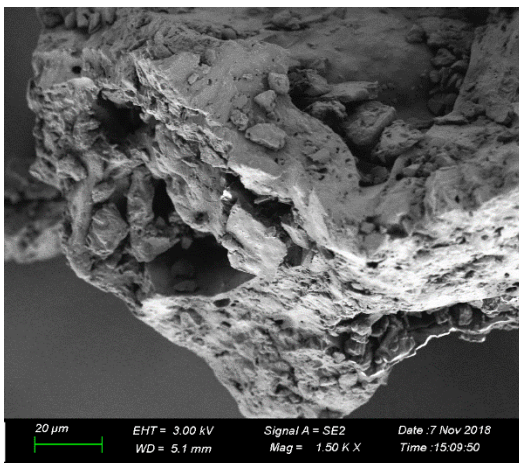
%55-2 devir-85psi(a)



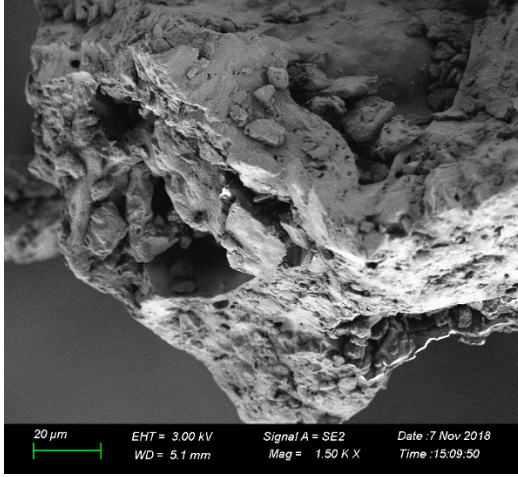
%55-2 devir-85psi(b)



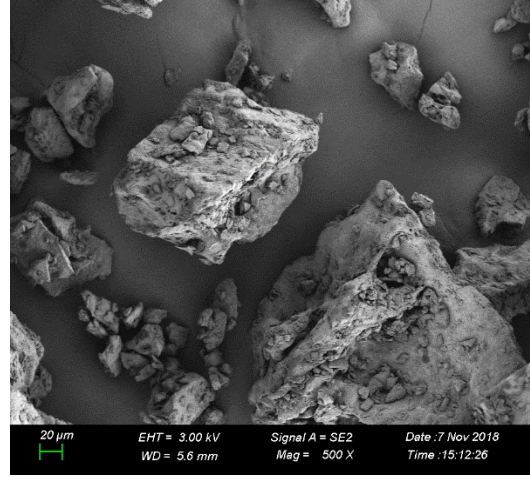
%55-2 devir-85psi(c)



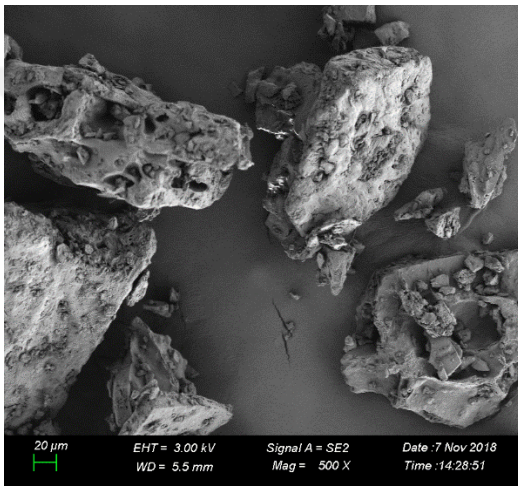
%55-2 devir-85psi(d)



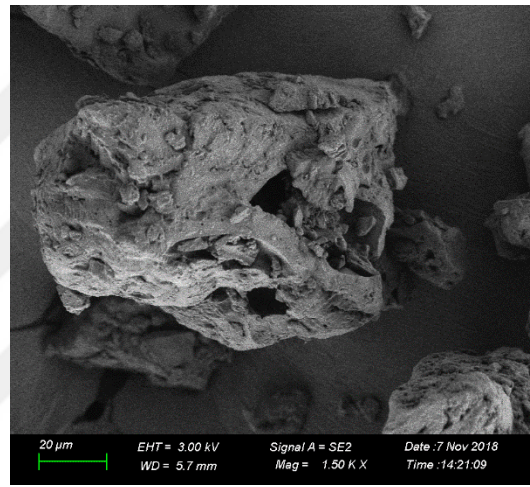
%55-1 devir-95psi



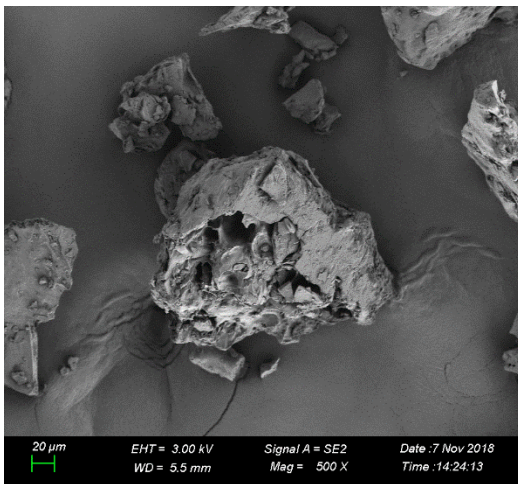
%55-3 devir-95psi



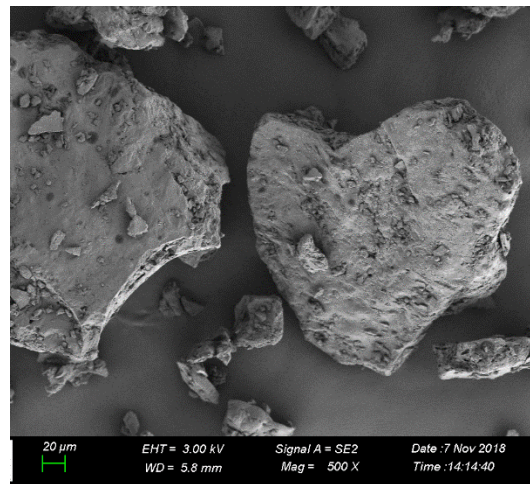
%65-2 devir-75psi



%65-1 devir-85psi



%65-3 devir-85psi

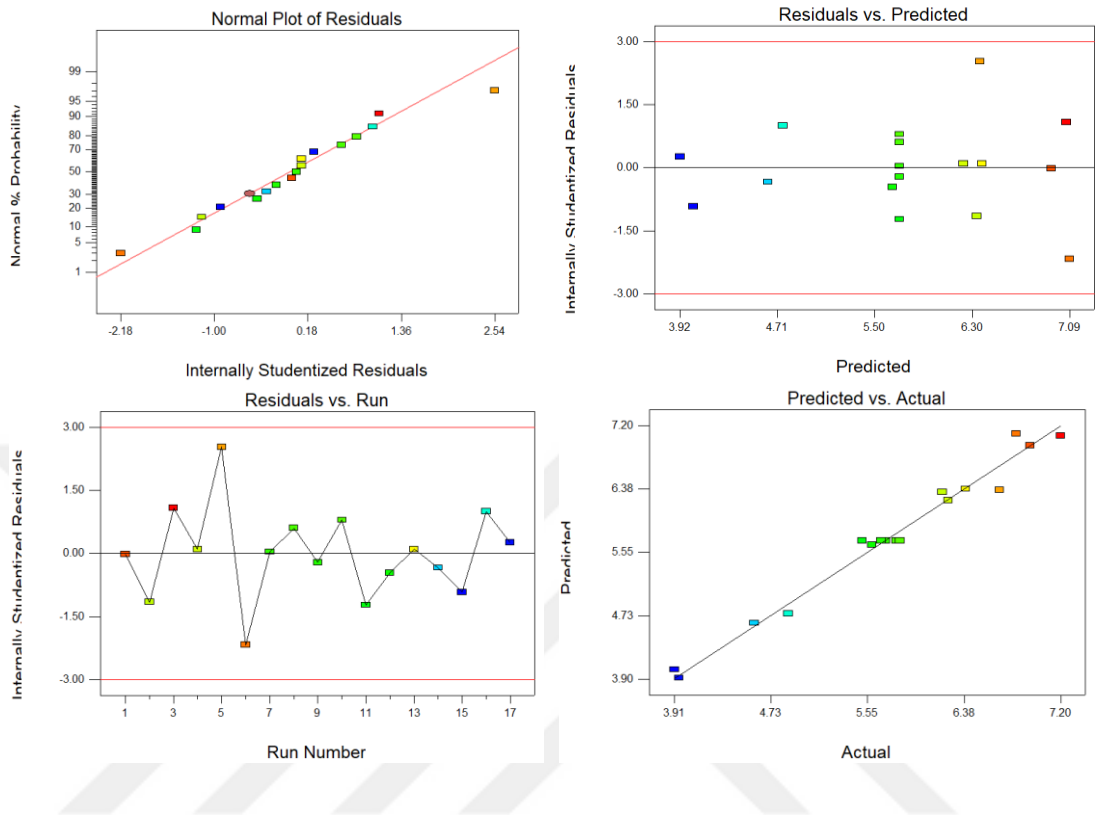


%65-2 devir-95psi

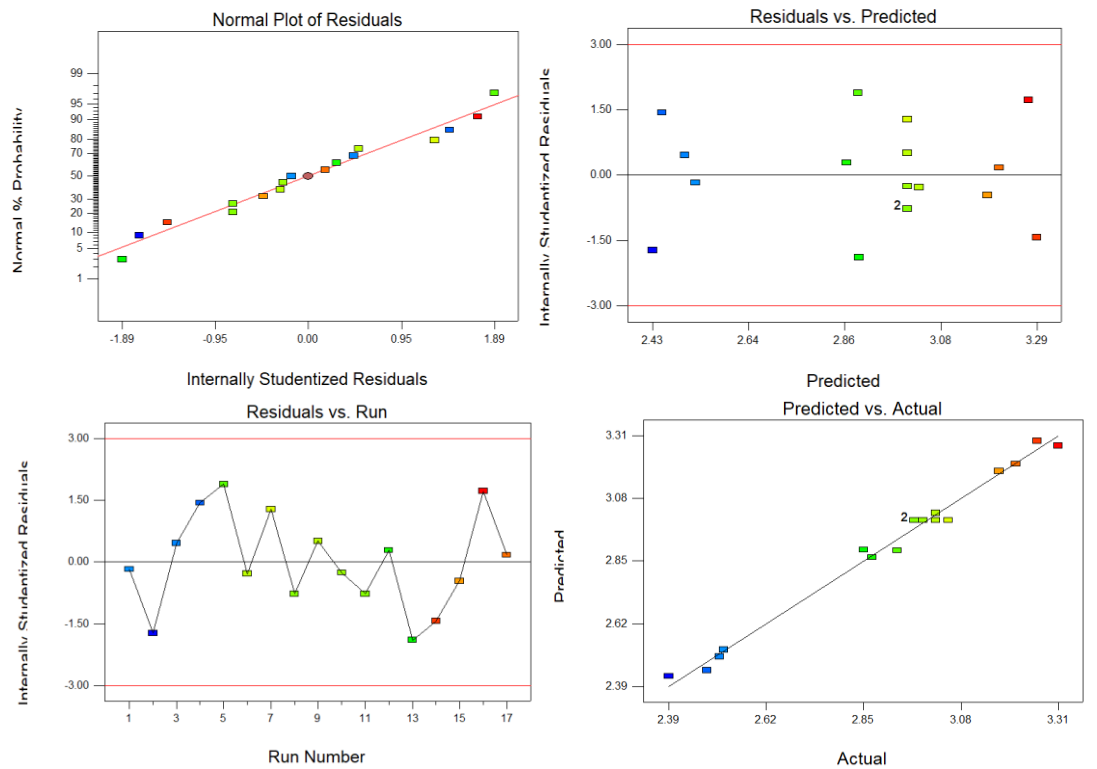
Şekil EK E. 1 Çorba tozlarının SEM görüntüleri

EK F. Optimizasyon dışındaki yanıtlara ait diagnostikler

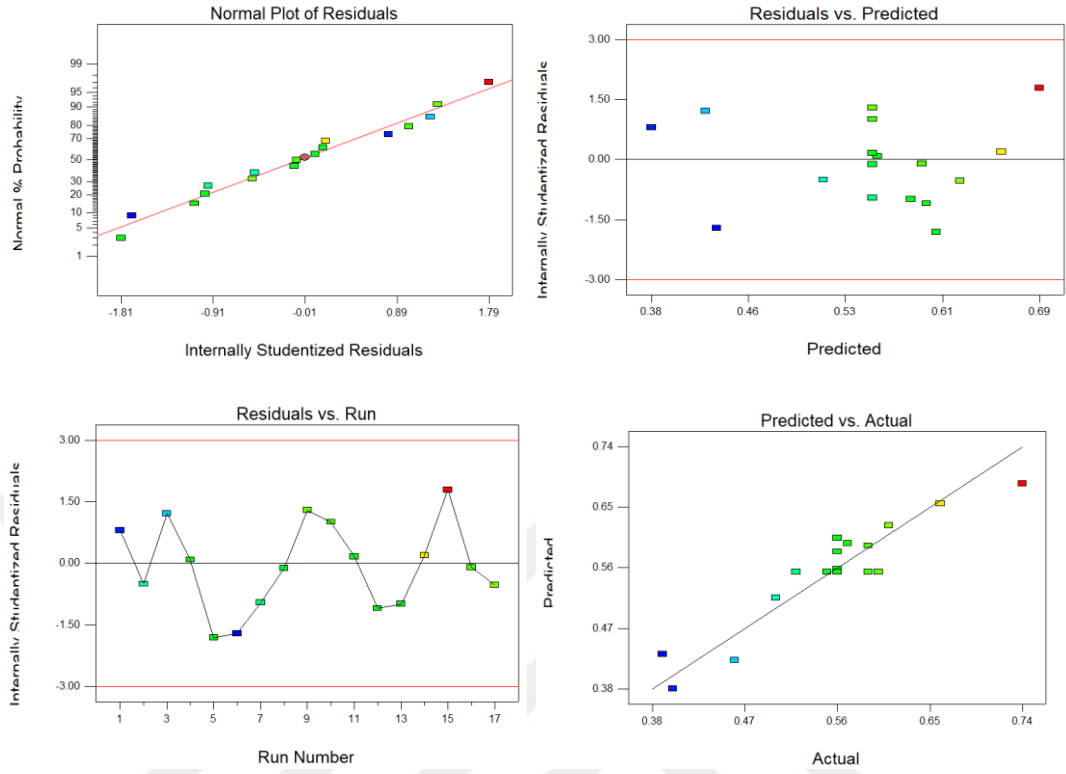
Tablo EK F. 1 Nem için diagnostikler



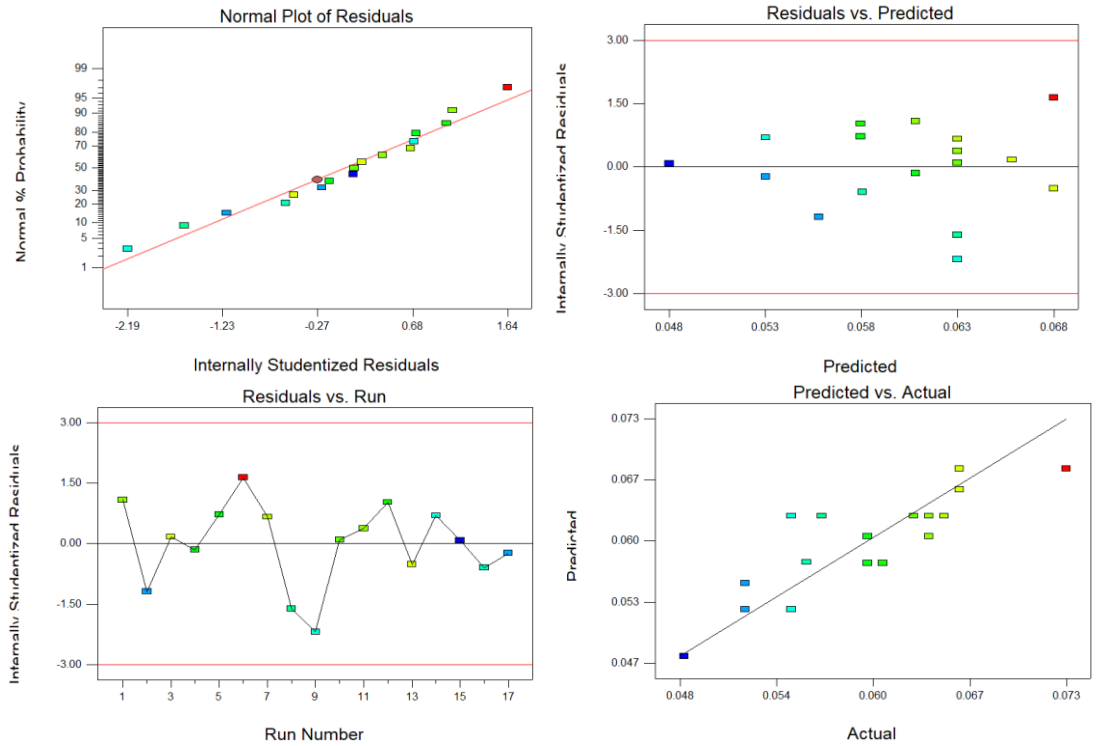
Tablo EK F. 2 Su absorpsiyon kapasitesi için diagnostikler



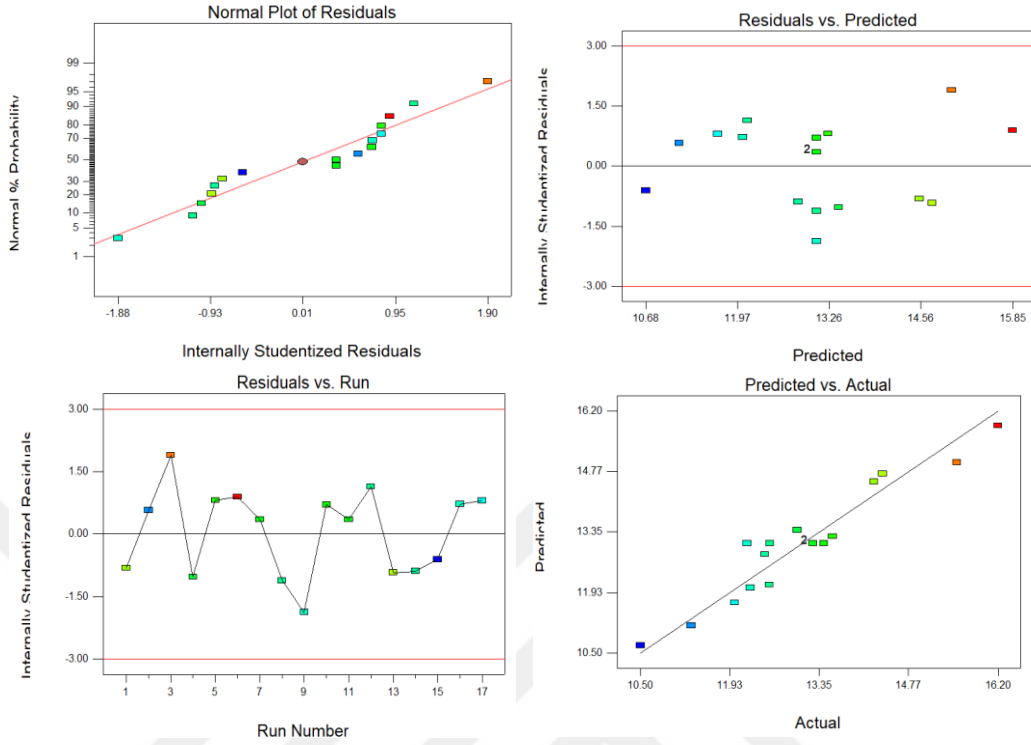
Tablo EK F. 3 Yağ absorpsiyon kapasitesi için diagnostikler



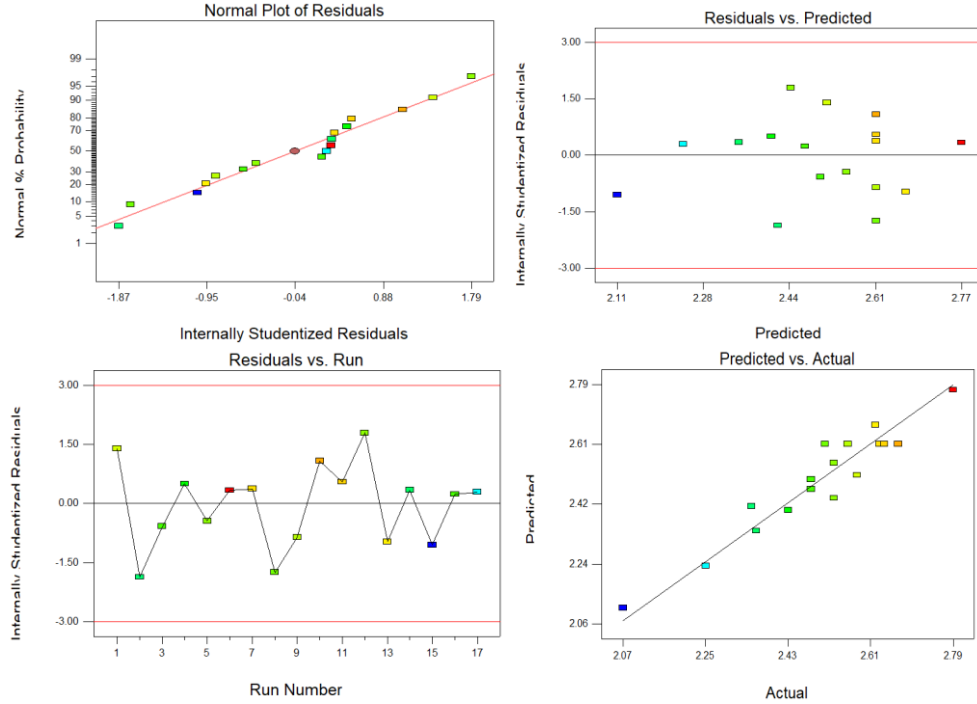
Tablo EK F. 4 Köpük kapasitesi için diagnostikler



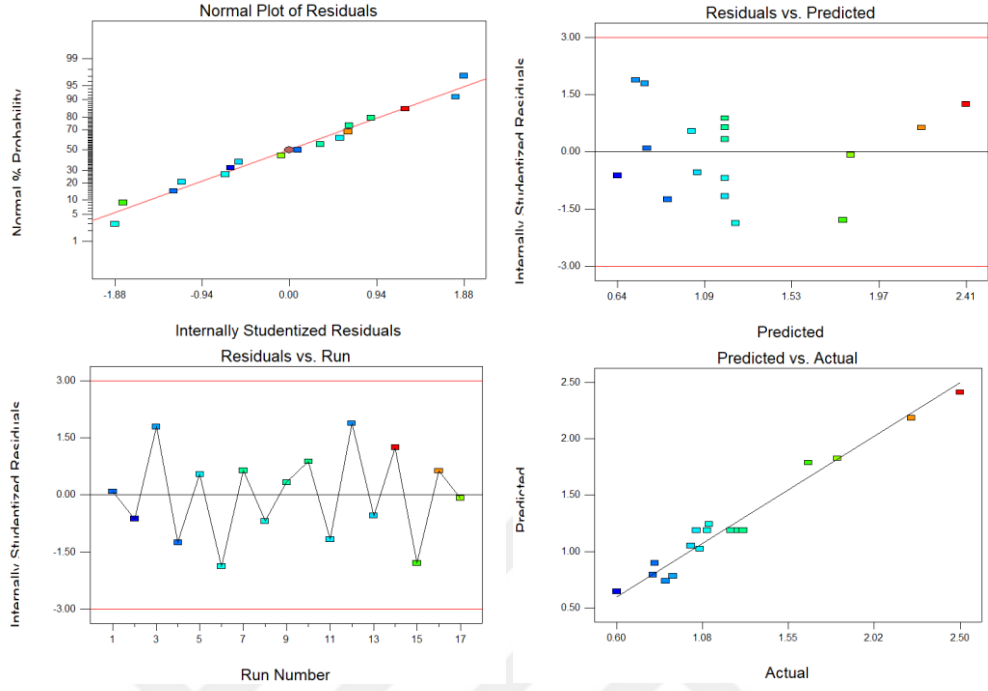
Tablo EK F. 5 Köpük stabilitesi için diagnostikler



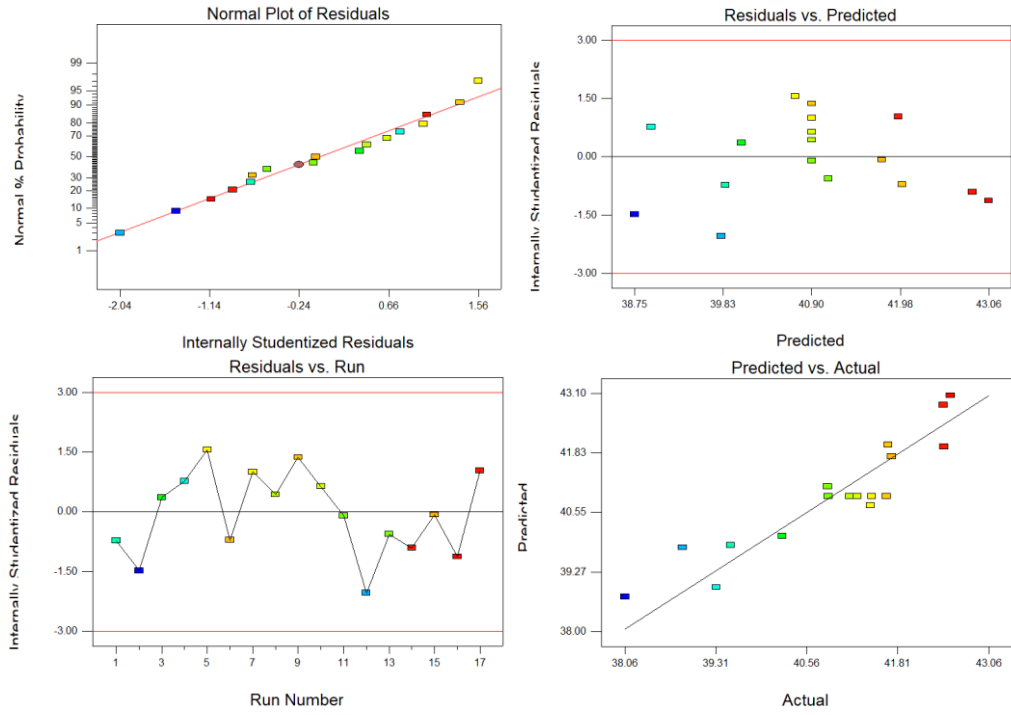
Tablo EK F. 6 Çözünür protein için diagnostikler



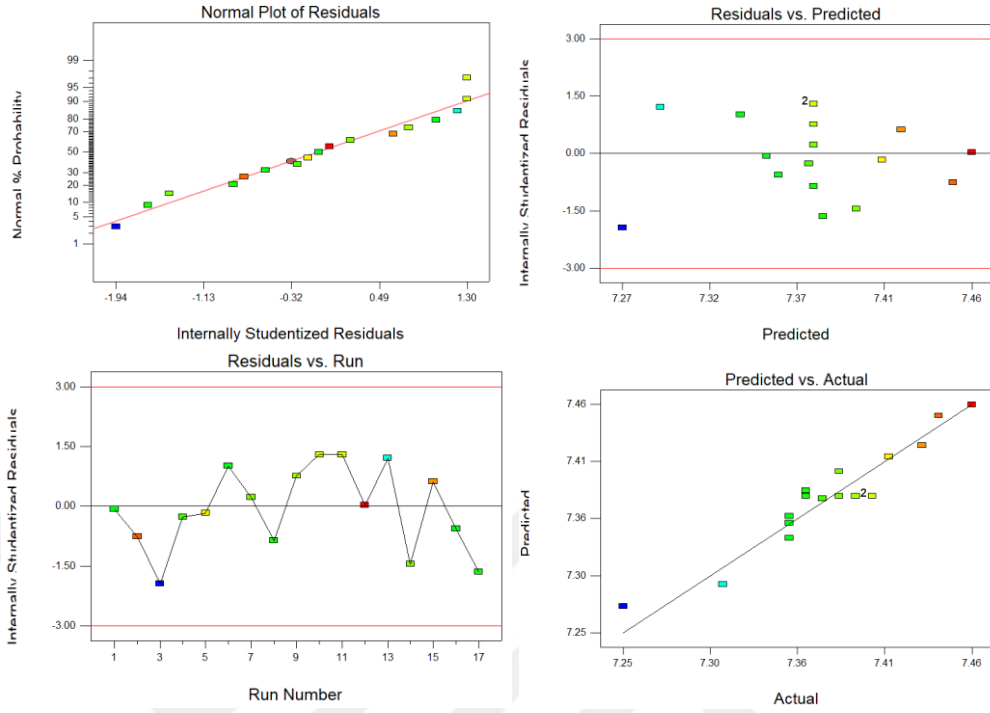
Tablo EK F. 7 Viskozite K kıvam katsayısı için diagnostikler



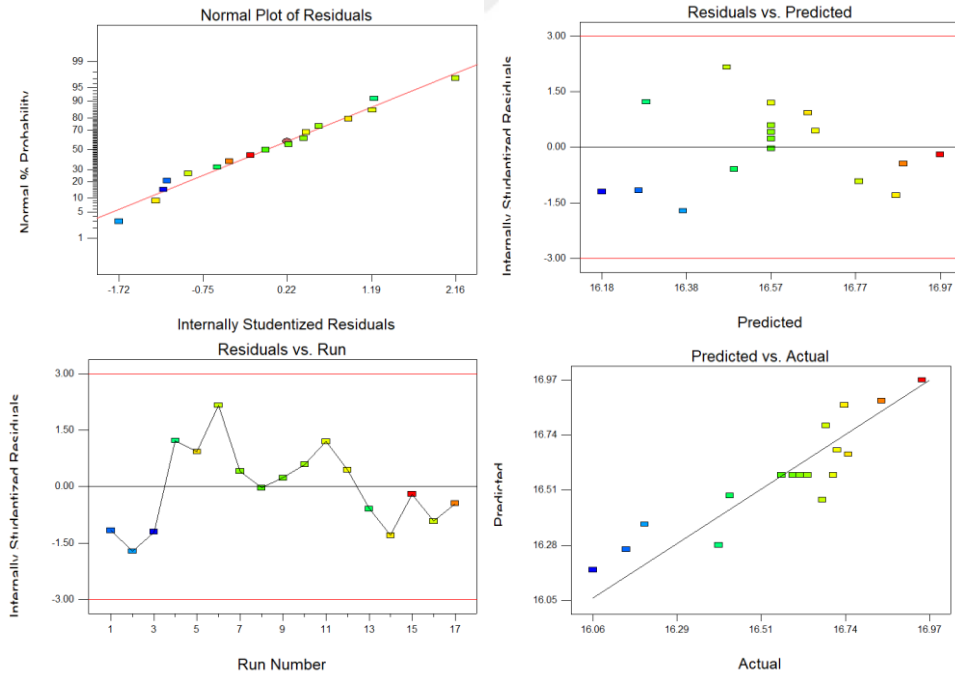
Tablo EK F. 8 Renk L değeri için diagnostikler



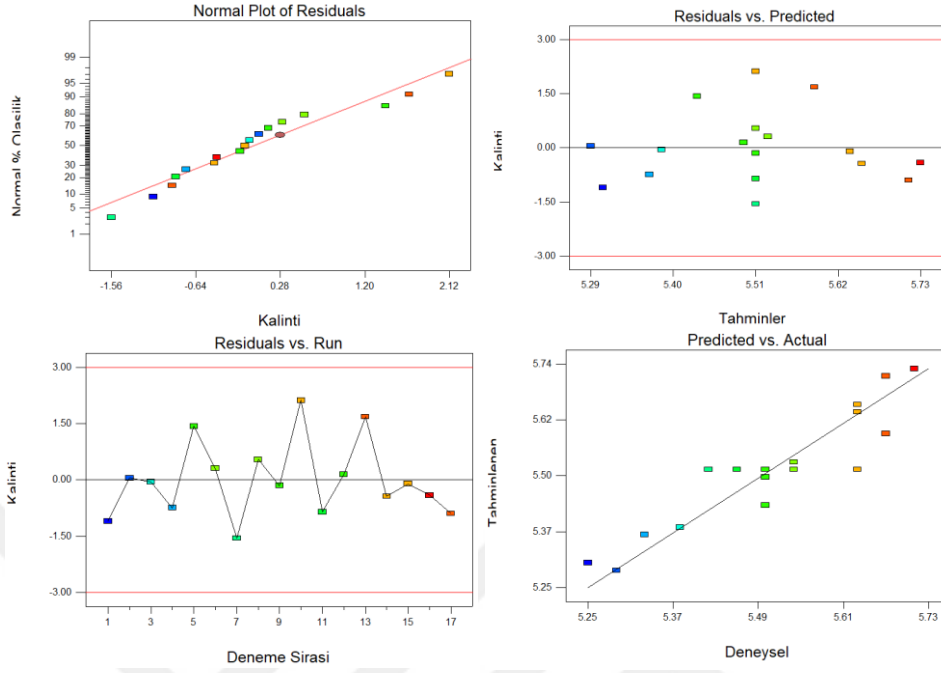
Tablo EK F. 9 Renk a değeri için diagnostikler



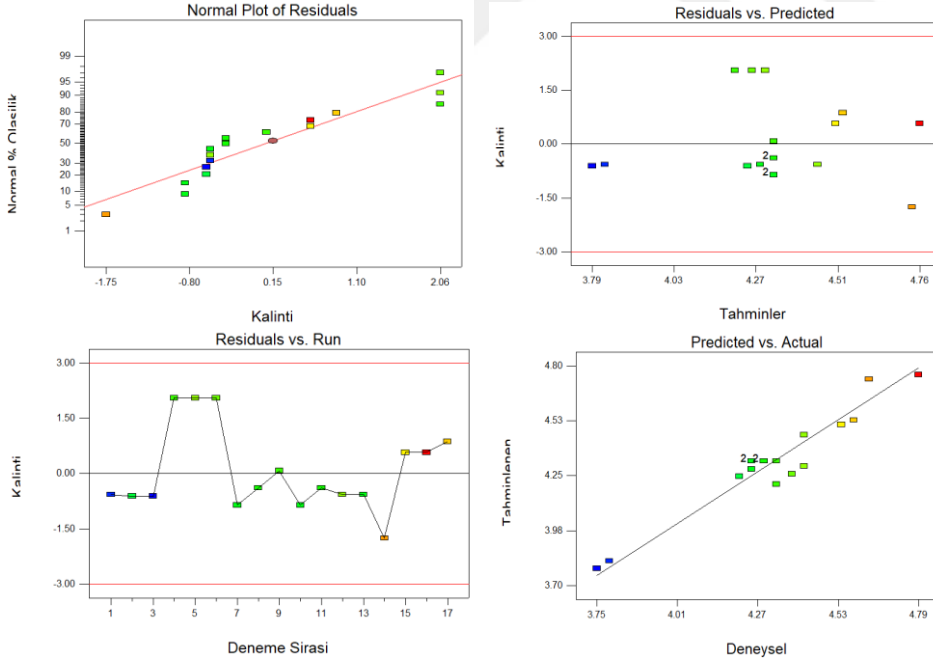
Tablo EK F. 10 Renk b değeri için diagnostikler



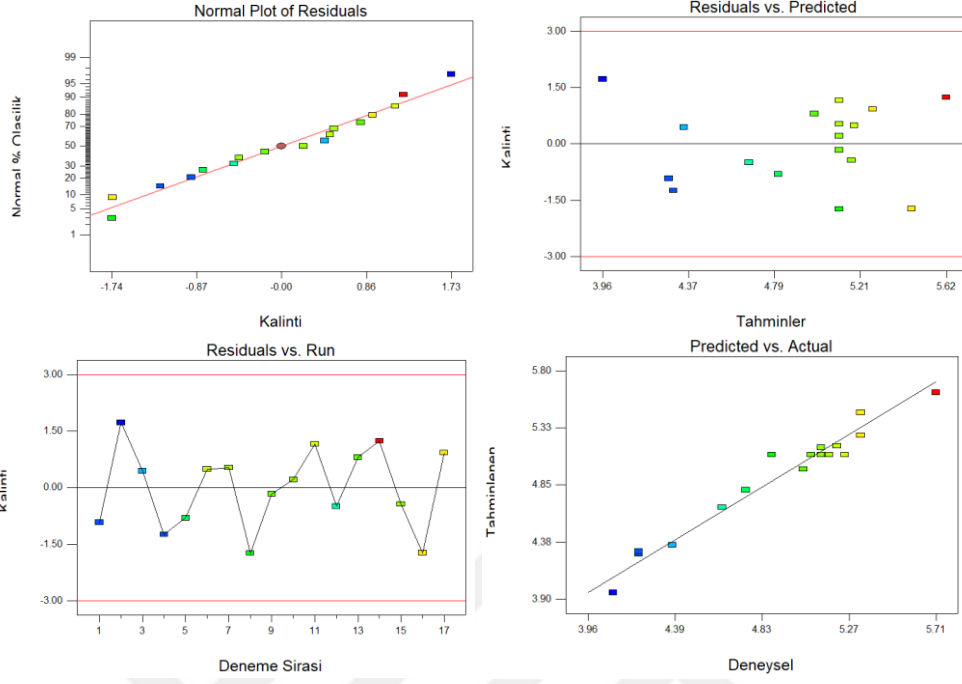
Tablo EK F. 11 Duyusal renk değeri için diagnostikler



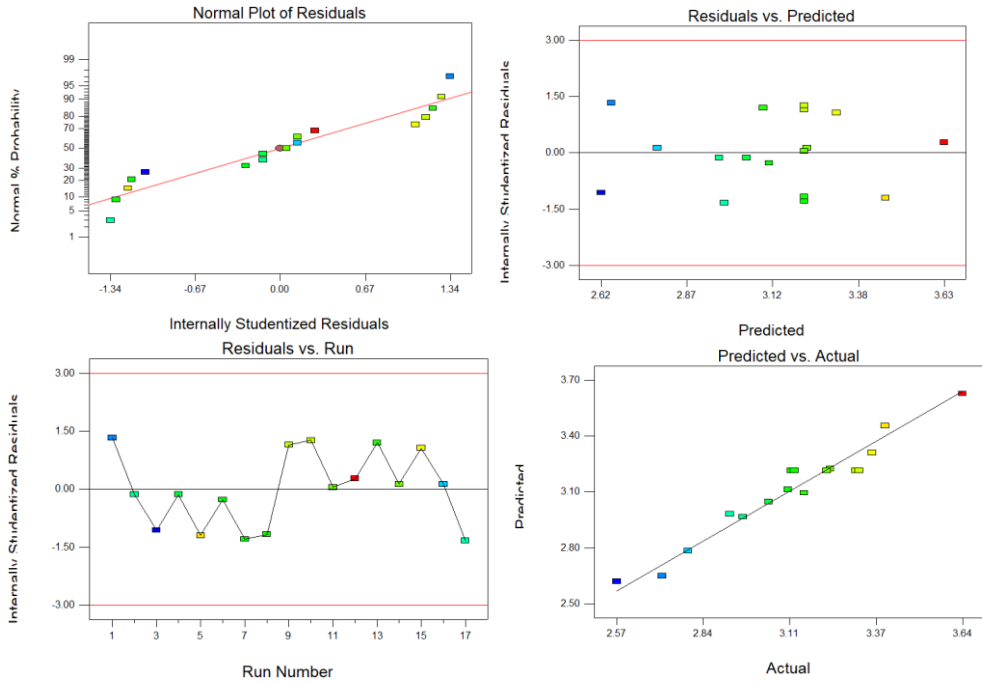
Tablo EK F. 12 Duyusal lezzet değeri için diagnostikler



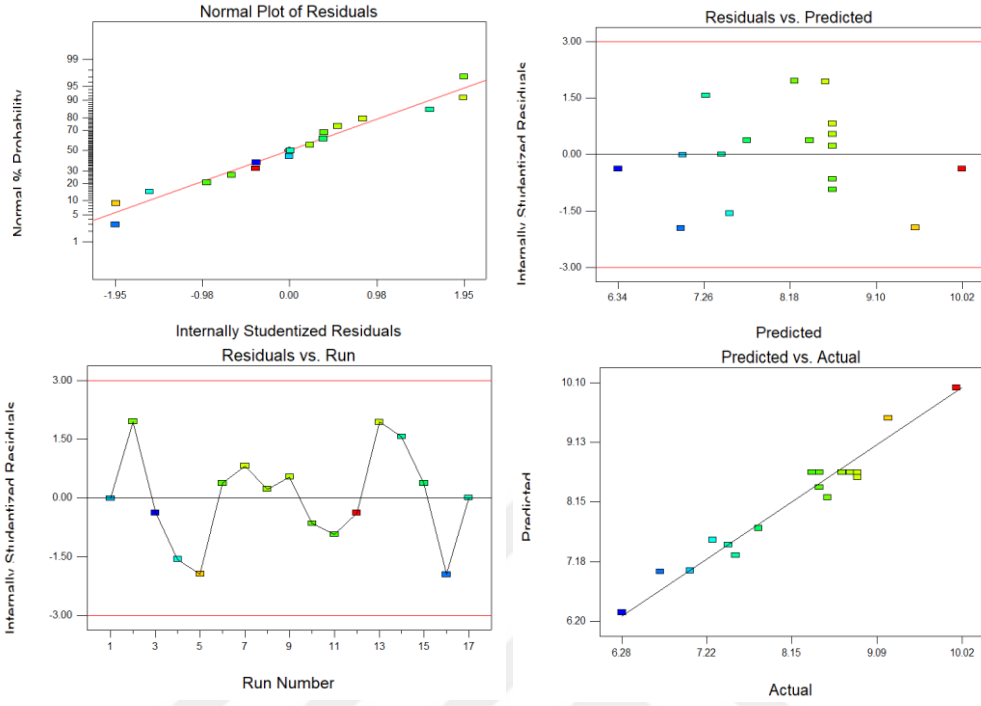
Tablo EK F. 13 Duyusal kıyım değeri için diagnostikler



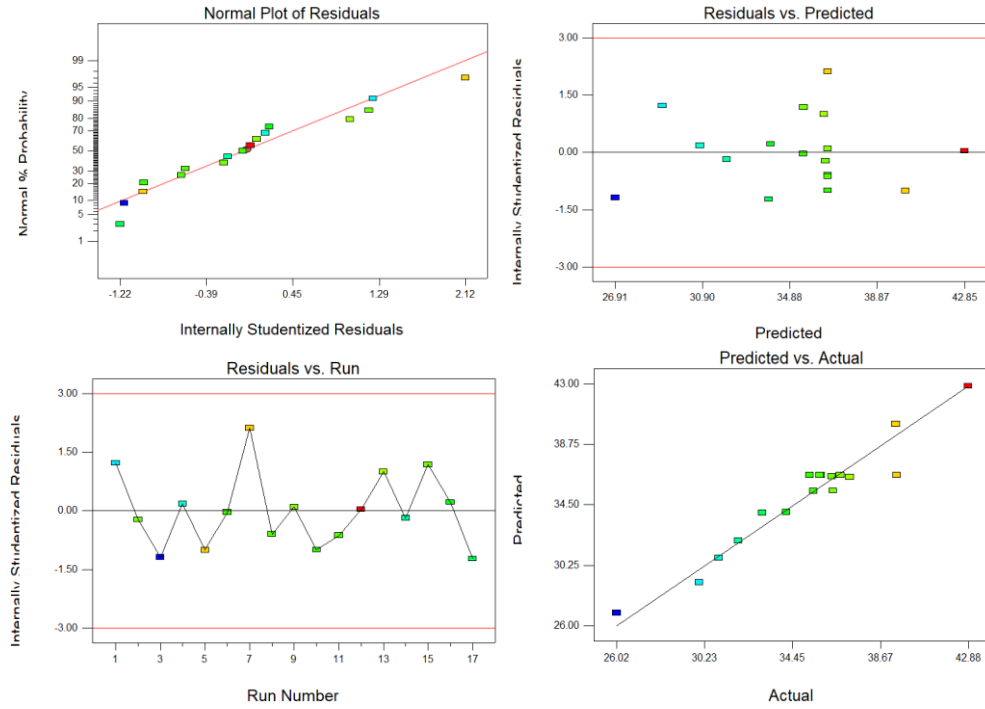
Tablo EK F. 14 Toplam fenolik değeri için diagnostikler



Tablo EK F. 15 DPPH değeri için diagnostikler



Tablo EK F. 16 FRAP değeri için diagnostikler



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Bilge TAŞKIN

Doğum Yeri ve Yılı : İzmir, 1982

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : bilgetaskin@cbu.edu.tr / bilgetaskin@gmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Konak 50.Yıl Süper Lisesi, 1996-2000

Lisans : Ege Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 2000-2004

Yüksek Lisans : Celal Bayar Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Böl., 2009-2011

Mesleki Deneyim

Özgür TARIM A.Ş. 2004-2010

DFS LTD.ŞTİ 2012-2014

Safe Spice AŞ, KÜTAŞ 2014-2015

Ülker, Örgen Gıda AŞ 2015-2017

Yayınları

SCI Expanded Dergilerde Yayımlanan Makaleler

Bagdatlioglu N.; Taskin, B.; Orman, S. The effect of irradiation on antioxidant activities of sage, oregano and basil. International Journal of Food Science and Technology, 2013, 48:2438-2440.

Ulusal Hakemli Dergilerde Yayımlanan Makaleler

Taşkın, B.; Bağdatlıoğlu, N. Süt ve fermente süt ürünlerinin antioksidan özellikleri. Akademik Gıda, 2011, 9(5):67-74.

Taşkın, B.; Yıldız, H. Ohmik Isıtmanın Gıdalardaki Enzimler ve C Vitamini Üzerine Etkisi, Akademik Gıda, 2012, 10(3)(2012) 63:69.

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında basılan bildiriler

Taşkın, B.; Bağdatlıoğlu, N.; Orman, S. The Effect of Irradiation on Antioxidant Activities of Sage, Oregano and Basil. ANPFT2012 Conference,07-10 May,2012, Kuşadası,Turkey. ORAL PRESENTATION. Proceeding Book, page 180-185. ISBN: 978-975-8628-33-9, Celal Bayar University Publishing,2012, Turkey.

Taşkın B., Tokuşoğlu Ö. High Pressure Processing on Dairy Foods Quality, Functionality, and Shelf Life. Advanced Nonthermal Processing in Food Technology:Effects of Quality and Shelf Life of Food and Beverages. ANPFT2012 Conference, 07-10 May,2012, Kuşadası, Turkey. ORAL PRESENTATION. Proceeding Book, page 149-154. ISBN: 978-975-8628-33-9, Celal Bayar University Publishing,2012, Turkey

Ulusal Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitabında Basılan Bildiriler

Taşkın, B.; Bağdatlıoğlu, N. Yoğurdun Antioksidan Aktivitesi. III. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 10-12 Mayıs 2012, Selçuk Üniv. Konya, 2012,Türkiye (Sözlü Sunum).

Taşkın, B.; Karagözlü, N. Soğuk Plazmanın Bazı Listeria Türleri Üzerine Etkisi. Türkiye 11. Gıda Kongresi, Bildiriler Kitabı, p508, 10-12 Ekim 2012, Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay, 2012,Türkiye.

Taşkın, B.; Bağdatlıoğlu, N. Süt Proteinlerinin Antioksidan Aktivitesi. Süt Endüstrisinde Yenilikçi Yaklaşımlar Sempozyumu 15-16 Kasım 2012, Denizli, Türkiye.