

NOHUT BAZLI EKSTRÜDE ÜRÜNLERİN GELİŞTİRİLMESİ

FARUK DOĞAN

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MERSİN
ARALIK-2014**

NOHUT BAZLI EKSTRÜDE ÜRÜNLERİN GELİŞTİRİLMESİ

FARUK DOĞAN

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Tez Danışmanı
Yrd. Doç. Dr. Aylin ALTAN METE**

**MERSİN
ARALIK-2014**

Faruk DOĞAN tarafından Yrd. Doç. Dr. Aylin ALTAN METE danışmanlığında hazırlanan “Nohut Bazlı Ekstrüde Ürünlerin Geliştirilmesi” başlıklı bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. H. İbrahim EKİZ

Prof. Dr. Mahir TURHAN


Doç.Dr. Sedat SAYAR

Yrd. Doç.Dr. Aylin ALTAN METE

Yrd.Doç.Dr. Sibel YAĞCI

İmza

Yukarıdaki Jüri kararı Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 07/01/2015 tarih ve 2015/01/33 sayılı kararıyla onaylanmıştır.


Doç. Dr. Mehmet KÜÇUKASLAN
Enstitü Müdürü



Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

NOHUT BAZLI EKSTRÜDE ÜRÜNLERİN GELİŞTİRİLMESİ

Faruk DOĞAN

ÖZ

Nohut unu ile tarhana formülasyonu kullanılarak fermente edilen karışımlar Rondol marka çift vidalı ekstrüder ile işlenmiştir. Ön denemeler sonucunda çalışmanın bağımsız değişkenleri olarak gam miktarı, vida hızı ve kalıp sıcaklığı seçilmiştir. Bu değişkenlerin ürünlerin fiziksel (genleşme oranı, görünür yoğunluk, gözeneklilik), fonksiyonel (su absorplama ve suda çözünme indeksleri) ve tekstürel özellikleri (sertlik, kırılabilirlik ve gevreklik) ile renk parametrelerine (L^* , a^* , b^* ve ΔE) olan etkilerini değerlendirmek için merkezi karma tasarımı ile tepki yüzey metodu kullanılmıştır. Ayrıca, bazı ürünlerde diferansiyel taramalı kalorimetre ile jelatinizasyon derecesi belirlenmiş ve taramalı elektron mikroskopu ile mikroyapı analizi yapılmıştır. Ekstrüzyon parametreleri olarak nohut unu üzerinden gam miktarı %1-4, vida hızı 300-400 rpm ve kalıp sıcaklığı 130-150°C aralıklarında uygulanmıştır. Üretim süresince kovan içi nem miktarı %17, besleme hızı 2,5 kg/saat olarak sabitlenmiştir. Ekstrüde çerez ürünlerinin üretilmesinin yanı sıra çerezlerin öğütülmesi ile elde edilen undan hazır çorba üretim potansiyeli araştırılmıştır. Ekstrüde edilen nohut çerezleri ve bu ekstrüde üründen elde edilen çorba numuneleri yarı eğitimli panelistler tarafından duyuşsal olarak tat, görünüş, tekstür ve genel kabul edilebilirlik açısından değerlendirilmiştir. Bulgular, ekstrüde ürün özelliklerinin değişkenler içinde en çok vida hızı ve daha az miktarda sıcaklık değerlerinden etkilendiğini göstermiştir. Elde edilen ürünlerin sertlik değerleri 5,71-12,78 N aralığında olmuştur. Sertlik ve yoğunluk değerleri arasında korelasyon sabiti 0,896 ($p < 0.01$) olarak bulunmuştur. Ürünlerin açıklık (L^*) değeri 30,39-40,83 arasında, kırmızılık (a^*) 5,95-11,67 arasında ve sarılık (b^*) değeri ise 10,12-16,76 arasında değişmiştir. Suda çözünme indeksi %24,44 ile 34,05 aralığında, su absorplama indeksi de 5,71 ile 7,47 g su/g kuru madde olarak belirlenmiştir. Duyusal analiz sonucu çerez numunelerinde en çok beğenilen ürün, deneysel tasarıma göre en yüksek vida hızı (434 rpm) ve merkez kalıp sıcaklığında (140°C) üretilen çerez olmuştur. Diğer duyuşsal analizde %5 gam içeriği olan karışımın merkez vida hızı (350 rpm) ve merkez kalıp sıcaklığında (140°C) ekstrüde edilip öğütülmesi ile hazırlanan numune en beğenilen çorba seçilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ekstrüzyon, Nohut, Tepki Yüzey Yöntemi, Tekstürel Özellikler

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Aylin ALTAN METE, Mersin Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

DEVELOPMENT OF CHICKPEA-BASED EXTRUDATES

Faruk DOĞAN

ABSTRACT

Mixtures that were fermented with chickpea flour using tarhana formulation were processed by means of Rondol twin-screw extruder. As a result of preliminary experiments, gum content, screw speed and die temperature were selected as independent variables. Response surface methodology using a central composite design was used to evaluate the effects of independent variables, namely physical properties (expansion ratio, apparent density, porosity), functional properties (water absorption index, water solubility index), textural properties (hardness, brittleness, crispness) and color parameters (L^* , a^* , b^* and ΔE). Degree of gelatinization of selected extrudates was determined and microstructure analysis were performed using scanning electron microscope, as well. Gum content (based on chickpea amount) 1-4%, screw speed 300-400 rpm and die temperature of 130-150°C were applied as extrusion parameters. Throughout production process, barrel moisture content and feed rate were kept as constant at a value of 17% and 2,5kg/h, respectively. The potential production of instant soup powder from the flour that had obtained via grinding of extrudates was investigated. Selected samples of extrudates were evaluated sensorially in terms of taste (legume flavor, sourness, bitterness, off-odor), appearance (color and porosity), texture (brittleness, hardness, crispness) and overall acceptability by semi-trained panelists. Results showed that most effecting variable upon the properties of extrudates is screw speed while temperature has smaller effect than those of screw speed. Obtained products have a hardness value of 5,71-12,78 N. Correlation coefficient was found as 0,896 ($p < 0.01$) among hardness and density data. Color parameters were measured as lightness (L^*), redness (a^*) and yellowness (b^*). These measurements were recorded as 30,39-40,83; 5,95-11,67; 10,12-16,76 respectively. It was determined that water solubility index of extrudates was measured as 24,44-34,05% while water absorption index was measured as 5,71-7,47 g water/g dry matter. Extrudates produced at the highest screw speed (434 rpm) and central die temperature (140°C) with respect to experimental design was much accepted product at the sensory analysis. The soup sample prepared from mixtures having 5% gum content was selected as the best product at the sensory analysis.

Keywords: Extrusion, Chickpea, Response Surface Methodology, Textural Properties

Advisor: Assist. Prof. Dr. Aylin ALTAN METE, Mersin University, Department of Food Engineering

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması sırasında en derin bilgi ve deneyimlerini sabırla paylaşan, yol gösteren, bilimsel açıdan her an desteğini ve teşviklerini gördüğüm değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Aylin ALTAN METE'ye teşekkür eder, sonsuz saygılarımı sunarım.

Laboratuvar çalışmalarım boyunca bana her zaman destek olan, üzerimde büyük emek sahibi olan sevgili hocam Yrd. Doç. Dr. Sibel YAĞCI'ya,

Çalışmamın yürütülmesine imkan tanıyan Mersin Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'ne,

Başta hocalarım olmak üzere değerli Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Mühendislik Fakültesi akademik personeline,

Bu çalışmanın 1130451 no'lu araştırma projesi olarak destek almasını sağladığı için Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurulu (TÜBİTAK) 'na,

BAP-FBE GMB (FD) 2014-1 YL kodlu araştırma projesi olarak destek sağladığı için Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne,

Lisans yıllarımdan beri bilimsel ve manevi olarak yardımlarına başvurduğum Arş. Gör. Fatih Mehmet YILMAZ'a,

Sonsuz sevgilerini her daim sabır ve güvenle bana hissettiren sevgili babam Mahmut DOĞAN, annem Nur DOĞAN, kardeşim Uğur DOĞAN ve bir ömür boyu beraber olmak için yola çıktığım eşim Seyyide DOĞAN'a desteklerinden dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
EKLER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
1.GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI	4
2.1. EKSTRÜZYON TEKNİĞİ	4
2.1.1. Ekstrüzyonla Gıda Üretimi	5
2.2. EKSTRÜDERLER.....	6
2.3. NOHUT	8
2.3.1. Nohutun Bileşimi ve Besin Değeri	11
2.3.2 Nohudun Gıda Endüstrisinde Kullanımı.....	12
2.3.2.1. Nohudun ekstrüzyon tekniğinde kullanımı	13
2.4. TARHANA.....	15
2.4.1. Tarhana Fermentasyonu.....	15
2.4.2. Tarhananın Beslenmedeki Önemi	17
2.5. ATIŞTIRMALIK ÇEREZ TİPİ GIDALAR.....	18
2.6. ÇORBA	19
2.7. KEÇİBOYNUZU GAMI.....	19
3. MATERİYAL ve YÖNTEM	22
3.1. HAMMADDE TEMİNİ ve EKSTRÜZYON ÖNCESİ KARIŞIM HAZIRLAMA	22

3.2. ÖN DENEMELER ve ANALİZ SONUÇLARI.....	24
3.3. EKSTRÜZYON PROSESİ	25
3.4. DENEYSEL TASARIM	28
3.5. HAMMADDE ve EKSTRÜDE ÜRÜN ANALİZLERİ	30
3.5.1. Kimyasal Analizler	30
3.5.1.1. Kullanılan ana hammaddelerin bileşim analizleri.....	30
3.5.1.2. Nohut tarhanasının analizleri	30
3.5.1.3. Ekstrüzyon öncesi karışımların analizleri	31
3.5.1.4. Ekstrüzyon sonrası ürünlerin analizleri.....	31
3.5.2. Fiziksel Analizler	32
3.5.2.1. Genleşme oranı.....	32
3.5.2.2. Görünür yoğunluk	32
3.5.2.3. Gerçek yoğunluk	32
3.5.2.4. Gözeneklilik	33
3.5.2.5. Tekstür analizi	33
3.5.2.6. Renk analizi.....	33
3.5.3. Fonksiyonel Analizler	34
3.5.3.1. Su absorplama ve suda çözünme indeksi.....	34
3.5.3.2. Diferansiyel taramalı kalorimetre (DTK) ile nişasta jlatinizasyonu analizi	35
3.5.4. Mikroyapı Analizi	35
3.5.5. Duyusal Analizler	36
3.5.5.1. Çerez numuneleri için yapılan duyusal analizler	36
3.5.5.2. Çorba numuneleri için yapılan duyusal analizler	36
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	38
4.1. KİMYASAL ANALİZLER.....	38
4.2. FİZİKSEL ÖZELLİKLER	39
4.2.1. Genleşme Oranı.....	40
4.2.2. Görünür Yoğunluk	42
4.2.3. Gözeneklilik	45
4.2.4. Tekstürel Özellikler.....	48

4.2.4.1. Sertlik	48
4.2.4.2. Kırılgnalık	51
4.2.4.3. Gevreklik	53
4.2.5. Renk	55
4.3. FONKSİYONEL ÖZELLİKLER.....	60
4.3.1. Su Absorplama ve Suda Çözünme İndeksi	60
4.3.2. Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DTK) ile Nişasta Jelatinizasyonu Analizi	65
4.4. MİKROYAPI ANALİZİ	67
4.5. DUYUSAL ANALİZ	70
4.5.1. Ekstrüde Çerezler	70
4.5.2. Çorba Numuneleri.....	72
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	74
KAYNAKLAR.....	75
EKLER.....	94
ÖZGEÇMİŞ ve ESERLER LİSTESİ.....	110

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Türkiye’de 2012 yılında baklagil üretim miktarları	9
Çizelge 3.1. Ekstrüzyon için hazırlanan ürün formülünde kullanılan hammadde oranları.....	24
Çizelge 3.2. Üretim esnasında cihazda kaydedilen bazı tork ve basınç değerleri.....	26
Çizelge 3.3. Vida konfigürasyonunda yer alan vida elementleri	27
Çizelge 3.4. Ekstrüzyon deneyleri için merkezi karma tasarımı ile üç değişken ve beş düzeyde yapılan deneysel tasarım	28
Çizelge 3.5. Merkezi kompozit tasarımda kullanılan proses değişkenleri.....	29
Çizelge 4.1. Ham nohut, yoğurt ve deneysel tasarıma göre hazırlanmış nohut tarhanalarının genel bileşim analizleri.....	38
Çizelge 4.2. Tarhananın pH ve titrasyon asitliği analiz sonuçları.....	39
Çizelge 4.3. Ekstrüzyon öncesi hazırlanan karışımların pH ve titrasyon asitliği analiz sonuçları.....	39
Çizelge 4.4. Farklı gam içeriklerine sahip ham nohut tarhanalarının renk değerleri.....	55
Çizelge 4.5. Ham nohut ve nohut tarhanalarının DTK analizinde elde edilen entalpi değişim değerleri.....	65
Çizelge 4.6. Bazı ekstrüde çerez numunelerinin hücre duvarı kalınlıkları.....	69
Çizelge 4.7. Farklı ekstrüzyon koşullarında üretilen ekstrüde ürünlerin duyu analizde tat testi için aldıkları ortalama puanlar.....	70

Çizelge 4.8. Farklı ekstrüzyon koşullarında üretilen ürünlerin hedonik skala sonucunda duyuusal analizde aldıkları puanlar.....	72
Çizelge 4.9. Çorba ürünlerinin duyuusal analizde aldıkları ortalama puanlar...	73



ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Tek vidalı ekstrüder.....	7
Şekil 2.2. Ham nohut.....	9
Şekil 3.1. Ekstrüde ürünlerin üretim akım şeması.....	23
Şekil 3.2. Çift-vidalı gıda ekstrüderi.....	25
Şekil 3.3. Ekstrüzyon deneyleri sırasında kullanılan 4 mm çapına sahip dairesel kalıp.....	26
Şekil 3.4. Üretimde kullanılan vidanın konfigürasyonu.....	27
Şekil 4.1 Gam miktarı ve vida hızının 140°C kalıp sıcaklığında genişleme oranına etkisinin tepki yüzey grafiği.....	41
Şekil 4.2. Gam miktarı ve sıcaklığın 350 rpm vida hızında genişleme oranına etkisinin tepki yüzey grafiği.....	41
Şekil 4.3. Vida hızı ve sıcaklığın %2,5 gam miktarında genişleme oranına etkisinin tepki yüzey grafiği.....	42
Şekil 4.4. Vida hızı ve sıcaklığın %2,5 gam miktarında görünür yoğunluğa etkisinin tepki yüzey grafiği.....	43
Şekil 4.5. Sıcaklık ve gam miktarının 350 rpm vida hızında görünür yoğunluğa etkisinin tepki yüzey grafiği.....	44
Şekil 4.6. Vida hızının ve gam miktarının 140°C kalıp sıcaklığında görünür yoğunluğa etkisinin tepki yüzey grafiği.....	44
Şekil 4.7. Sıcaklık ve gam miktarının 350 rpm vida hızında gözenekliliğe etkisinin tepki yüzey grafiği.....	46

Şekil 4.8.	Sıcaklık ve vida hızının %2,5 gam miktarında gözenekliliğe etkisinin tepki yüzey grafiği.....	47
Şekil 4.9.	Vida hızı ve gam miktarının 140°C kalıp sıcaklığında gözenekliliğe etkisinin tepki yüzey grafiği.....	47
Şekil 4.10.	Vida hızı ve sıcaklığın %2,5 gam miktarında sertliğe etkisinin tepki yüzey grafiği.....	49
Şekil 4.11.	Vida hızı ve gam miktarının 140°C kalıp sıcaklığında sertliğe etkisinin tepki yüzey grafiği.....	49
Şekil 4.12.	Sıcaklık ve gam miktarının 350 rpm vida hızında sertliğe etkisinin tepki yüzey grafiği.....	50
Şekil 4.13.	Sıcaklık ve gam miktarının 350 rpm vida hızında kırılma güçlüğüne etkisinin tepki yüzey grafiği.....	52
Şekil 4.14.	Sıcaklık ve vida hızının %2,5 gam miktarında kırılma güçlüğüne etkisinin tepki yüzey grafiği.....	52
Şekil 4.15.	Vida hızı ve sıcaklığın %2,5 gam miktarında gevrekliğe etkisinin tepki yüzey grafiği.....	53
Şekil 4.16.	Vida hızı ve gam miktarının 140°C kalıp sıcaklığında gevrekliğe etkisinin tepki yüzey grafiği.....	54
Şekil 4.17.	Gam miktarı ve sıcaklığın 350 rpm vida hızında gevrekliğe etkisinin tepki yüzey grafiği.....	55
Şekil 4.18.	Sıcaklık ve gam miktarının 350 rpm vida hızında L^* değerine etkisinin tepki yüzey grafiği.....	57
Şekil 4.19.	Vida hızı ve sıcaklığın %2,5 gam miktarında L^* değerine etkisinin tepki yüzey grafiği.....	57
Şekil 4.20.	Gam miktarı ve vida hızının 140°C kalıp sıcaklığında L^* değerine etkisinin tepki yüzey grafiği.....	58

Şekil 4.21.	Sıcaklık ve gam miktarının 350 rpm vida hızında a^* değerine etkisinin tepki yüzey grafiği.....	58
Şekil 4.22.	Gam miktarı ve sıcaklığın 350 rpm vida hızında b^* değerine etkisinin tepki yüzey grafiği.....	59
Şekil 4.23.	Vida hızı ve sıcaklığın %2,5 gam miktarında b^* değerine etkisinin tepki yüzey grafiği.....	59
Şekil 4.24.	Gam miktarı ve vida hızının 140°C kalıp sıcaklığında b^* değerine etkisinin tepki yüzey grafiği.....	60
Şekil 4.25.	Sıcaklık ve gam miktarının 350 rpm vida hızında su absorplama indeksine etkisinin tepki yüzey grafiği.....	61
Şekil 4.26.	Sıcaklık ve vida hızının %2,5 gam miktarında su absorplama indeksine etkisinin tepki yüzey grafiği.....	62
Şekil 4.27.	Gam miktarı ve vida hızının 140°C kalıp sıcaklığında su absorplama indeksine etkisinin tepki yüzey grafiği.....	62
Şekil 4.28.	Gam miktarı ve sıcaklığın 350 rpm vida hızında suda çözünme indeksine etkisinin tepki yüzey grafiği.....	63
Şekil 4.29.	Sıcaklık ve vida hızının %2,5 gam miktarında suda çözünme indeksine etkisinin tepki yüzey grafiği.....	64
Şekil 4.30.	Vida hızı ve gam miktarının 140°C kalıp sıcaklığında suda çözünme indeksine etkisinin tepki yüzey grafiği.....	64
Şekil 4.31.	Farklı koşullarda üretilen ekstrüde çerez numunesinin DTK analizinde elde edilen entalpi değişim grafiği.....	66
Şekil 4.32.	Bazı ekstrüde edilmemiş nohut tarhanası unlarının taramalı elektron mikroskobundaki görüntüleri.....	68
Şekil 4.33.	Bazı ekstrüde çerez numunelerinin taramalı elektron mikroskobundaki görüntüleri.....	69

Şekil 4.34. Bazı ekstrüde çerez numunelerinin taramalı elektron mikroskopundaki görüntüleri..... 69



EKLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
EK-1. Çerez için duyuşal analiz formu	94
EK-2. Çorba için duyuşal analiz formu	97
EK-3. Ekstrüde çerez ürünlerinin fotoğrafları	99
EK-4. Analizlerin ANOVA tabloları	102
EK-5. Taramalı elektron mikroskopundan ayrıntılı görüntüler.....	106



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

a^*	: Kırmızılık
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
b^*	: Sarılık
d	: Ekstrüde ürünün çapı (cm)
DTK	: Diferansiyel Taramalı Kalorimetre
J.e.	: Jelatinizasyon entalpisi
l	: Ekstrüde ürünün birim ağırlıktaki uzunluğu (cm.g^{-1})
L^*	: Açıklık
rpm	: Dakikadaki devir sayısı
SAİ	: Su absorplama indeksi
SÇİ	: Suda çözünme indeksi
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
T_e	: Jelatinizasyon pikinin bitiş sıcaklığı
T_o	: Jelatinizasyon pikinin başlangıç sıcaklığı
T_p	: Jelatinizasyon pikinin tepe sıcaklığı
ρ_y	: Görünür yoğunluk (g.cm^{-3})

1.GİRİŞ

Son yıllarda insan sağlığına katkı sağlayan gıda ürünlerinin geliştirilmesi önem kazanmıştır. Tüketici, gıdalarda artık sadece duysal özellikleri yeterli bulmayıp sağlık açısından da beklentiyi yükseltirken, üreticiler de ham maddeleri değerlendireceği çok yönlü, düşük maliyetli ve çevre dostu olan üretim teknikleri arayışı içerisinde. Bu nedenle, 20. yüzyılın ortalarından itibaren gıda üretiminde tercih edilen ekstrüzyon yöntemi kullanılarak, ülkemizde üretim kapasitesi yüksek olan nohuda katma değer kazandırmak bu çalışmanın ana motivasyon kaynağı olmuştur.

Bu tez çalışmasında, birçok besleyici bileşegi bünyesinde bulunduran nohut (*Cicer Arietinum* L.) yoğurt ile fermente edildikten sonra ekstrüzyon yöntemi kullanılarak yemeye hazır patlamış ekstrüde çerez ürünlerin üretilmesi ve ayrıca bu ürünün çorba olarak değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

Gıda endüstrisinin temel zorluğu tüketicilerin değişen talepleri, üreticiler arasındaki rekabet ve gelişen yeni teknolojiye uyum olarak tanımlanmaktadır [Mol, 2005]. Bu bağlamda, tüketicilerin bilinçlenmesi ile birlikte artan sağlıklı gıda farkındalığı sonucunda gıda endüstrisi, sağlıklı gıda talebi bulunan tüketicileri hedef alıp yeni ürünler geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda, istenen fonksiyonel karakteristiğe sahip yeni gıda kaynaklarının tanımlanması ve buna uygun yöntemler kullanılması gerekmektedir. Birkaç geleneksel ürün dışında işlenmiş olarak marketlerde satışı henüz pek bulunmayan, insanların evde tüketecekleri zaman uzun ön işlem gerektirmesi sebebiyle tüketim miktarı arzu edilen seviyelere ulaşamayan [Çiftçi, 2004] nohut ekstrüzyon tekniği ile işlemeye uygun gıda ham maddesi olarak düşünölmüştür. Ekstrüzyon tekniği, kullanılan ham madde açısından tahılları öncelikli olarak tercih etse de son yıllarda tüketicinin farklı sebeplerle alternatif gıdalara yönelmesinden dolayı baklagillerin de bu teknik için iyi bir kaynak olacağı düşünölmektedir.

Nohut, önemli bir protein, vitamin, karbonhidrat ve mineral madde kaynağı olarak tüketilmektedir [Borejszko ve Khan 1992; Vidal-Valverde vd., 1993; Steel vd., 1995]. Dünya ölçüsünde düşünöldüğünde insan beslenmesindeki bitkisel proteinlerin %22'sinin yemeklik baklagillerden sağlandığı belirtilmiştir [Şehirali,

1988]. Tahıl proteinleri insan vücudunda sentezlenemeyen ve “elzem amino asitler” adı verilen bazı amino asitleri sınırlı oranlarda içerdiğinden, tek başına insanın protein gereksinimini karşılayamamaktadır. Hayvansal kaynaklı besinlerin fiyatlarının yüksek oluşu ve bileşimlerinde doymuş yağlar ve kolesterolün bulunması dolayısıyla protein gereksiniminin karşılanmasında, baklagillerin değerini daha da artırmıştır. Yumurtanın protein içeriği referans kabul edilerek biyolojik değeri 100 alındığında nohut proteininin biyolojik değerinin 62 olduğu belirtilmektedir [Bayrak, 2002]. Nohudun protein içeriğinin oldukça yüksek olması, et ürünleri ile kıyaslandığında ekonomik olması ve ayrıca kimyasal yapısı açısından ekstrüzyon tekniğine uygun özellikler göstermesi, nohudun ekstrüzyon tekniğinde yaygın olarak kullanılabileceğini işaret etmektedir [Shirani ve Ganesharane, 2009; Ravindran vd., 2011].

Ekstrüzyon ile pişirmede; uygun nem içeriği ve partikül boyutuna getirilmiş nişasta ve protein içeren karışımlara, silindir bir kanal içerisinde dönen sonsuz vida yardımıyla mekanik kayma gerilimi, yüksek basınç ve sıcaklık altında şekil verilmektedir. Bunun sonucunda nişasta granülleri su absorblayarak jelatinize olurken proteinler denatüre olmakta ve maddenin yapısı tamamen değişmektedir [Thakur vd., 2000]. Ayrıca, kullanılan kısa süreli-yüksek sıcaklık mikrobiyal kontaminasyonu azaltırken, enzimleri inaktive eder ve besin öğelerinin kaybını en aza indirmektedir [Tahvonen vd., 1998]. Isıl işleminin faydalarının yanı sıra, ekstrüzyon gıda ingredientlerinin fonksiyonel özelliklerini çeşitlendirir ve/veya tekstür kazandırmaktadır [Cheffel, 1986].

Ekstrüde çerez gıdaların kalite değerlendirmesi; hepsi bir arada ürünün kabul edilirliliğini artıran duyuşal, aletsel ve mikroyapısal özellikleri ile yakından ilişkilidir [Anton ve Luciano, 2007]. Özetle; bu tez çalışmasının hayata geçirilmesi ile ana amaç olan tüketici tarafından duyuşal anlamda kabul göreceğ nohut bazlı yağ ve tuz oranı düşük atıştırmalık ürünler geliştirmek ve sonuç olarak mevcut çerez gıdalara sağlıklı ve besleyici alternatifler oluşturarak çalışmada kırık olarak kullanılan nohuda katma değeri kazandırmak fikri gerçeğe bürünmüştür. Ayrıca üretilen ürünler gluten içermediğinden dolayı çölyak hastaları için alternatif bir ürün potansiyeline sahiptir.

Sonuç olarak bu çalışmanın amacı:

- i. Geleneksel tarhana formülasyonunu ülkemizde baklagiller arasında en çok üretim miktarına sahip olan nohut ile değerlendirip ekstrüzyon tekniği kullanarak atıştırmalık çerez ve bu ekstrüde çerezden çorba üretmek,
- ii. Ekstrüzyon kalıp sıcaklığının, vida hızının ve gam miktarının ürün özellikleri (fiziksel, fonksiyonel, duyusal) üzerine etkisini incelemek,
- iii. Nohudun işlenmiş olarak tüketilebilecek bir ürün olup olmadığını araştırmak ve üreticinin farkındalığını artırmaktır.



2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI

2.1. EKSTRÜZYON TEKNİĞİ

Ekstrüzyon, bir plastiğin veya hamurumsu malzemenin yüksek sıcaklık ve/veya basınçta istenen şekli vermek için kuvvet uygulanarak kalıptan geçirme işlemi olarak tanımlanabilir. Kovan içinde, malzeme kalıba yaklaştığında ekstrüde ürünü kalıp içinden dışarı doğru itmeye yetecek sıcaklık ve basınç artışı olur [Rokey, 2000]. Ekstrüzyon mekanizması uç kısmında şekillendirmenin yapıldığı bir kalıp bulunan silindir bir gövdeden oluşan basit bir piston olarak değerlendirilebilir. Materyal silindire yüklenir, piston kalıpta bir basınç yaratmak amacıyla ileri doğru itilir ve materyal böylece kalıptan çıkar. Sonuç olarak, istenen şekilde bir ürün elde edilmektedir. Ekstrüzyon işlemi silindir içindeki pistonun yerini vidanın almasıyla sürekli hale getirilmiştir. Bu vidalı ekstrüzyonda materyal giriş oluşuna itilir ve vida ile ileri doğru taşınır. Materyal, yani ekstrudat başlığa doğru yaklaşır. Bu sırada silindir içindeki basınçta ve sıcaklıkta önemli artışlar meydana gelmektedir. Silindir sonuna yerleştirilmiş olan başlık sayesinde de istenen şekilde bir ürün elde edilmektedir [Yacu, 1994]. Kısacası, ekstrüzyonla pişirme tekniği nişastalı ve proteinli malzemeleri yüksek sıcaklık ve kısa süre içinde patlamış çerez olarak yemeye hazır ürüne dönüştüren yöntem olarak da tanımlanabilir [Choudhury vd., 2014].

Ekstrüzyon teknolojisi, atıştırılabilir çerezler ve kahvaltılık gevrekler de dahil olmak üzere çok çeşitli ürünlerin üretiminde kullanılır [Bailey vd., 1991, Wang vd., 2012]. Endüstriyel olarak üretilen gıda maddelerine ekstrüzyon tekniği ile istenen tekstürler, şekiller, yoğunluk ve rehidrasyon karakteristikleri kazandırılmaktadır. Üretiminde ekstrüzyon işleminin kullanıldığı en eski gıda maddelerinden biri olan makarna endüstrisi dışında, çerezler, kuru çorba karışımları, şekerleme mamülleri, bebek mamaları, nişasta türevleri, kahvaltılık tahıllar, et analogları, içecek tozları gibi ürünlerin de üretimi ekstrüzyon tekniği ile yapılabilmektedir. Gıda endüstrisinde nişastaları jelatinize etmek için ekonomik bir yöntem olarak geliştirilen ekstrüzyon pişiricileri özellikle son 30 yılda diğer endüstriyel pişirme metodlarının tersine; azalan üretim maliyetlerinin yanında kapasite artışı ile birlikte geniş bir gıda grubunu işlemek için geliştirilmektedir [Yıldırım ve Ercan, 1996].

Gıda ekstrüzyonunun avantajları bu tekniğin hızla gelişip yaygınlaşmasına sebep olmuştur. Bu yaygınlaşma ekstrüzyon yönteminin birçok özelliğe sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Ekstrüzyonla gıda işleme teknolojisi çok yönlü olması avantajlarının başında gelmektedir. Değişebilir parçalardaki çok küçük modifikasyonlar ile tek bir ekstrüder kullanılarak aynı hijyenik şartlarda, zenginleştirilmiş veya sade olarak, çeşitli çerezler, kahvaltılık tahıl ürünleri, çorbalıklar, bebek mamaları, tekstüre bitkisel proteinler gibi çok çeşitli ürünler üretilebilir. Bunun yanı sıra üretim kapasiteleri yüksektir. Saatte 600 kg çerez tipi gıda, 150-250 kg kahvaltılık tahıl ürünü, 7000 kg kedi-köpek maması üretebilmekte olduğu önceki çalışmalarda da kaydedilmiştir [Özer, 2007]. Üretimin her bir tonu için gerekli olan işçilik ve yakıt giderleri, diğer ısı işlemlere göre daha düşük düzeydedir. Üretim kapasiteleri karşılaştırıldığında, aynı kapasiteye karşılık daha az yere ihtiyaç duyarlar. Yöntemin mikrobiyolojik açıdan çok iyi ürünler üretebilmesi avantajlarından biridir. Bu ürünlerin diğer yöntemlerle göre işlenen gıdalara oranla raf ömürleri daha uzundur. Yağlarda acılaşmaya neden olan enzimler inaktive edilmiştir. Böcek, canlı larva ve salmonella gibi patojen mikroorganizmalara rastlanmaz. Hammaddeyi yüksek sıcaklıkta kısa sürede (HT/ST) işleyen ekstrüzyon yöntemi bitkisel proteinlere, protein kalitesine hemen hemen hiç zarar vermeden işler. Isıl işlemlerin bir çoğunun aksine, ekstrüzyonla gıda işleme teknolojisinde çevre kirlenmesine neden olacak herhangi bir atık su veya ekolojik zararlı atık meydana gelmemektedir [Harper, 1989; Riaz, 2000]. Ekstrüzyonla işleme yöntemi ile, günümüzün yemek hazırlamak için zamanı çok kıstlı tüketicisi için çabuk pişen veya hazır, besleyici değeri yüksek karışımlar, çok çeşitli gıda maddeleri üretilebilmektedir [Özer, 2007].

2.1.1. Ekstrüzyonla Gıda Üretimi

Kahvaltılık tahıl ürünleri, çerezler, şekerli ürünler, nişasta türevleri, makarna ve benzeri gıdaların üretilmesinde kullanılan ekstrüzyon sistemleri, birden fazla temel işlemi bir arada gerçekleştirebilmesi (karıştırma, pişirme, şekil ve yapı kazandırma), yüksek verimlilik, üretim maliyetlerinin düşük olması, enerji tasarrufu ve çevre kirlenmesine neden olabilecek atık su veya ekolojik zararlı madde

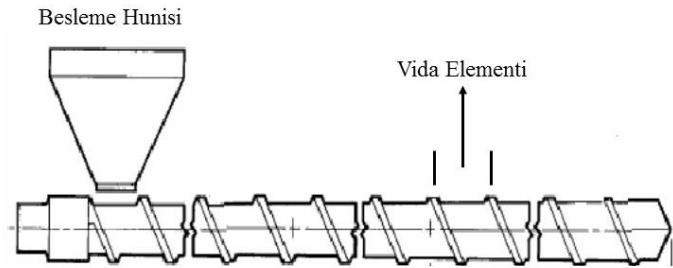
oluşturmaması gibi avantajlara sahiptir [Harper, 1989; Yeh ve Jaw, 1999]. Ekstrüzyonla pişirme yöntemi genellikle lifli gıdaların üretimi için kullanılmaktadır. Ekstrüzyon ile pişirmede; uygun nem içeriği ve partikül boyutuna getirilmiş nişasta ve protein içeren karışımlara, silindir bir kanal içerisinde dönen sonsuz vida yardımıyla mekanik kayma gerilimi, yüksek basınç ve sıcaklık altında şekil verilmektedir. Bunun sonucunda nişasta granülleri su absorblayarak jelatinize olurken proteinler denatüre olur [Thakur vd., 2000], maddenin yapısı tamamen değişir ve ürün kalıptan geçerek ip, şerit, boru gibi şekiller olarak kurutulur. Ayrıca, kullanılan kısa süreli-yüksek sıcaklık mikrobiyal kontaminasyonu azaltırken, enzimleri inaktive eder ve besin öğelerinin kaybını en aza indirir [Tahvonen vd., 1998]. Isıl işleminin faydalarının yanı sıra, ekstrüzyon gıda ingredientlerinin fonksiyonel özelliklerini çeşitlendirir ve/veya tekstür kazandırır [Cheftel, 1986].

Ekstrüde gıdaların en önemli yapısal ve duyuşal özellikleri ile gıdanın tekstürü arasında yakın bir ilişki vardır. Tekstür, ekstrüzyon prosesi esnasında gerçekleşen farklı etkileşimlerin sonucunda oluşmakta, ekstrüzyon prosesiyle tekstürizasyon üzerinde işlemeye hazır hamurun reolojisi, sıcaklığı, ekstrüder basıncı, uygulanan kesme kuvveti ve zaman etkili olmaktadır. İşlenen hammadde içerisindeki ana bileşen olan protein, lipit ve karbohidratlar ile bunlar arasındaki interaksiyonlar, ekstrüzyon prosesi ile tekstürün oluşumunda önemli rol oynamaktadır.

2.2. EKSTRÜDERLER

Bir gıda ekstrüderi gıda ingredientleri için şekillendirme ve yeniden yapılandırma prosesini sağlayan cihazdır. Gıda ekstrüderleri, kesme kuvveti altında yüksek sıcaklık ve kısa sürede, düşük nem içeriklerinde gıda karışımlarını işleyen sürekli kimyasal reaktörler olarak görülür [Cheftel, 1986]. Ticari gıda üretiminde sıklıkla kullanılan ekstrüder çeşitleri tek vidalı ve çift vidalı ekstrüderlerdir. Tek vidalı gıda ekstrüderleri gıda endüstrisinde kullanılan ilk çeşit olup makarna ve diğer tahıl ürünleri gibi kullanım alanları halen bulunmaktadır (Şekil 2.1). Kullanımları oldukça basittir. Tek vidalı ekstrüderlerin karıştırma özelliği çift vidalı ekstrüderlere göre zayıf kaldığından ham madde olarak kullanılacak gıdanın önceden karıştırılıp

besleme yapılması gerekmektedir [Harper, 1989]. Cihazın içinde bulunan vida gıda ingredientlerini taşıır, ısıtır ve kovanın içinde ilerlerken plastik hale getirir. Hammaddeyi taşıması sırasında, ekstrüderin içinde vidayı döndürmesi için gerekli olan enerji ısıya çevrilir. Bu dönüşüm hammaddenin sıcaklığının yükselmesine ve bundan dolayı granüler yapıdan plastik yapıya çevrilmesine sebep olur. Plastik hale gelmiş malzeme kalıp içerisinden geçmeye zorlanır ve bu geçiş esnasında ani basınç düşüşünden dolayı genişleme gerçekleşir [Arhaliass vd., 2003]. Tek vidalı ekstrüderlerden artan burgu çapı ile dizayn edilenler en yaygın kullanılan tiplerdir. Ancak bunlar sınırlı miktarda beslenebilir, zayıf karıştırma gücüne sahiptirler ve pişmiş ürün kurutulduğu zaman vida yüzeylerinde sertleşme eğilimindedirler. İç içe geçen çift vidalı ekstrüderler daha iyi karıştırma yaparlar. Ancak daralan konik dizayn sistemi basit vida şekline izin vermediği için bu ekstrüderler kendini temizleyen ve silindirik tipte olmalıdır. Aynı yönde dönen vidalar çok iyi karıştırma yeteneğine ve kısa zaman aralığında homojen bir ürün elde etme yeteneğindedir. [Wiedman 1986; Hauck 1994]. Çift vidalı ekstrüderler ise aynı kovana yerleştirilmiş eş uzunluğa sahip iki vidadan oluşmaktadır. Bu tipteki ekstrüderler esnek konfigürasyon tasarımına imkan sağlamasından, çok yönlülüğünden ve daha iyi proses kontrolü sağlamasından dolayı gıda endüstrisinde geniş uygulama alanına sahiptir [Ainsworth ve İbanoğlu, 2006]. Çift vidalı ekstrüderler genellikle vidanın dönme yönüne (eş yönlü ve zıt yönlü) göre sınıflandırılırlar. Zıt yönlü ekstrüderler gıda sanayisinde pek kullanılmamaktadır fakat gam ve pelte gibi viskoz olmayan malzemelerde iyi sonuç verirler [Riaz, 2000]. Aynı yönde dönen çift vidalı ekstrüderler gıda sanayisinde özellikle çerez üretiminde yüksek kapasiteleri, karıştırma yeteneği ve kendini temizleme özelliğinden dolayı tercih edilirler [Harper, 1989; Riaz, 2000].



Şekil 2.1. Tek vidalı ekstrüder

Çift vidalı ekstrüderler iç içe geçen ve geçmeyen olarak ikiye ayrılırlar. İç içe geçen eş yönlü ekstrüderler yüksek ısı transferi ihtiyacı olan uygulamalara uygundur ve çerez ürünlerin üretilmesinde kullanılırlar [Ainsworth ve İbanoğlu, 2006]. Gıda endüstrisinde pişirici ekstrüderler olarak kullanılan çift vidalı ekstrüderlerin büyük çoğunluğu iç içe geçen ve aynı yönde dönen tiplerdir. Bu çift vidalı ekstrüderler farklı yönde dönen ekstrüderlerden daha yüksek hıza sahiptirler ve mekanik enerjiyi daha iyi bir şekilde termal enerjiye dönüştürürler. Yüksek kesme hızı, iyi karıştırma kapasitesi ve esnekliğinden dolayı, aynı yönde dönen ekstrüderler genel ekstrüzyon sistemleri arasında önemli bir konum kazandırmaktadır [Fichtali ve van de Voort, 1989]. Aynı yönde dönen çift vidalı ekstrüderler akış kanalları arasındaki merkezi temastan dolayı farklı yönde dönen ekstrüderlerden daha iyi karıştırma yeteneğine sahiptirler. Farklı yönde dönen çift vidalı ekstrüderler de iç içe geçen ve ters helezonlarla oluşturulan kapalı “C” şeklindeki haznelere dolayı daha iyi pompalama yeteneğine sahiptirler [Van Zuilichem, 1994; Sutherawattananonda vd, 1994]. Aynı yönde dönen çift vidalı ekstrüderler daha yüksek kaliteli ürünler meydana getirebilirler ve farklı gıdaların üretiminde büyük bir esnekliğe sahiptirler. Farklı yönden dönen çift vidalı ekstrüderler yüksek basınç oluşturmalarından dolayı düşük viskoziteli mamullerin üretiminde kullanılmaktadır. Kesme oranı ve yoğurma kısıtlamalarından dolayı diğer genel gıda ekstrüzyon uygulamalarının kullanımında tercih edilmezler [Hauck, 1994].

2.3. NOHUT

Baklagiller, içerdikleri zengin besin maddeleriyle insan ve hayvan beslenmesinde, toprak yapısının iyileştirilmesinde büyük önem taşımaktadır. Toplam baklagil üretiminin % 20'sini nohut oluşturmaktadır. 2012 yılında [www.fao.org], dünya baklagil üretimi 63 milyon tondur. Bu üretimin 20 milyon tonunu kuru fasulye, 11 milyon tonunu bezelye ve 8 milyon tonunu nohut oluşturmaktadır. Son yıllarda üretimdeki azalmaya karşın, Türkiye halen dünya baklagiller üretiminde önemli üretici ülkeler arasında yer almaktadır. Çizelge 2.1'de ülkemizde baklagillerin üretim miktarlarının bilgileri verilmiştir.

Çizelge 2.1. Türkiye’de 2012 yılında baklagil üretim miktarları

Ürünün cinsi	Üretim Miktarı (ton)	%
Nohut	600000	38.0
Mercimek	548000	34.7
Fasulye	250000	15.9
Bakla	32000	2.0
Fiğ	135000	8.6
Diğerleri	12000	0.8
Toplam	1577000	100.0

www.fao.org

Nohut (*Cicer arietinum* L.) çok eskiden beri insanların gıda olarak tercih ettikleri, kuru tanesinde fazla miktarda sindirilebilirliği yüksek (%76-88) protein bulunduran, esansiyel aminoasitler ve bazı mineral maddeler bakımından oldukça zengin olup fiziksel olarak açık krem renkte ve oldukça sert olup (Şekil 2.2), pişirilmesi için uzun zaman gereken bir baklagil cinsidir [Akçin, 1988].



Şekil 2.2. Ham nohut

Nohut üretiminde ilk beş ülke Hindistan 4,1 milyon ton (% 58,0), Pakistan 671 bin ton (% 9,4), Türkiye 600 bin ton (% 8,4), İran 255 bin ton (% 3,6) ve Avustralya 199 bin ton (% 2,8) olup, toplam dünya nohut üretiminin % 82,2’sini bu ülkeler karşılamaktadır [Çiftçi, 2003]. FAO’nun 2010 yılında yayınladığı araştırmada baklagiller içerisinde ekim alanı bakımından dünyada ikinci önemli yere sahip olan nohut, dünya üzerinde 33 ülkede yetiştirilmektedir. Bu sıralamaya göre dünyadaki

başlıca nohut üreticileri Hindistan (7,543,700 hektar), Pakistan (1,106,800 hektar), İran (790,000 hektar), Türkiye (486,199 hektar) ve Avustralya'dır (298,000 hektar). ülkemizde toplam yemeklik tane baklagil ekim alanının yaklaşık % 47'sini nohut oluşturmaktadır. 1980'li yıllardan itibaren nohut ülkemizde tarımı yapılan yemeklik tane baklagiller içerisinde en fazla yetiştirilen bitki olup özellikle gerek ekiliş alanlarında gerekse üretim miktarında nadas alanlarının daraltılması ile önemli artışlar olmuştur. 2012 yılında 523,786 ton ürün elde edilmiş, ekim alanı başına verim 112 kg/dekar olarak gerçekleşmiştir. Bölgesel olarak gerek ekiliş alanı gerekse üretim miktarı yönünden yapılan sıralamada Orta Kuzey bölgesi birinci, Orta Güney ikinci ve Akdeniz bölgesi de üçüncü gelmektedir [DPT, 2012].

Son yirmi yıl içinde insan beslenmesinde yemeklik tane baklagillere olan ilgi artmıştır. Bunun nedeni ise artan et fiyatları ve protein kaynağı olarak yemeklik tane baklagillerin üstünlüklerinin anlaşılmasıdır [Aydın, 2002]. Proteinlerin dengeli beslenmede ne kadar önemli olduğu herkes tarafından bilinmektedir. İnsanlar ve hayvanlar, bitkiler gibi gereksinim duydukları aminoasitleri sentezleme yeteneğine sahip değildirler. Beslenmede mutlak gerekli olan bu aminoasitlerin günlük beslenmede alınması şarttır. Her ne kadar en iyi proteinin hayvansal orjinli proteinler olduğu bir gerçek ise de protein gereksinimlerimizin hepsinin hayvansal kaynaklardan sağlanmasının, doymuş yağlar ve kolestrol içermesinden dolayı sağlığımız açısından zararlı olduğu kanıtlanmıştır. Bundan dolayı dengeli beslenmede bitkisel orjinli protein içeren yiyeceklere de yer vermemiz gerekmektedir. Yemeklik tane baklagillerinin protein içeriği hayvansal besin maddelerinin protein içeriğinden fazla olduğu belirlenmiştir [Özdemir, 2002]. Yemeklik tane baklagiller, içerdikleri yüksek karbonhidrat, protein, lifli bileşen ve düşük yağ nedeniyle sağlıklı beslenmeye oldukça uygundur. Ayrıca kalsiyum ve magnezyum gibi bazı mineraller ve lizin bakımından da iyi kaynaklardır. Tahılların düşük lizin miktarını desteklerler [Aydın, 2002]. Bu yüzden tane baklagiller, hem pahalı hem de az bulunan hayvansal proteinlerin yerine, gelişmekte olan ülkelerde o yörenin ana besini olan düşük proteinli, yüksek proteinli besinlerle birlikte tüketilmektedir [Özdemir, 2002].

2.3.1. Nohutun Bileşimi ve Besin Değeri

Nohut; bileşiminde ortalama %16-21 protein, %3 kül, %3-7 yağ, %5-13 ham lif ve %59-67 karbonhidrat içeren önemli bir baklagildir [Singh vd., 2004, Costa vd., 2006]. Dünyada üretilen nohutlar iki ana tip altında toplanır: Kabuli (iri taneli koçbası şeklinde) ve Desi (küçük taneli, kalın kabuklu). Desi çeşitleri Asya, Avustralya ve Afrika'nın bazı kısımlarında hakim iken, Kabuli çeşitleri genelde Avrupa ve Amerika'da da yetişmektedir. Türkiye'de genelde Kabuli tip nohut çeşitleri yetiştirilir. Kabuli tip nohutların proteinlerinden daha fazla yararlanılabilir ve yüksek biyolojik değeri mevcuttur. Besleme değerleri dikkate alındığında nohut yüksek oranda protein ve esansiyel bir amino asit olan lizin içerir ki bu oran hemen siğir eti proteinine eşdeğerdur [Aydın, 2002].

Özellikle gelişmekte olan ülkelerde günlük beslenme düzeninde tahıllar nohut ile desteklenerek öğünlerdeki protein eksikliğine çözüm aranmaktadır. Literatürdeki çalışmalarda nohutun sağlık açısından birçok faydaya sahip olduğu belirtilmiştir. Bu araştırmalarda diyabetik hastalar için düşük glisemik indeks değerine sahip olduğu [Viswanathan vd., 1989], kanseri engellediği [Hangen ve Bemmink, 2002] ve de yüksek lif içeriğinden dolayı kardiyovasküler hastalıklara karşı koruma sağladı kaydedilmiştir [Lee vd., 1992]. Bu çalışmaların yanında nohut tüketildiğinde içeriğindeki yüksek protein, lifli bileşenler ve düşük yağ oranı sayesinde protein/kalori dengesizliğinin giderilmesine yardımcı olabilmektedir. Diyetlerinde devamlı nohut tüketenlerin serum kolesterolleri düşük ve kalp hastalıklarına yakalanma olasılıkları, tüketmeyenlere kıyasla daha zayıf olduğu kanıtlanmıştır [Jambunathan vd., 1994].

Nohut yüksek besin değerinin yanı sıra, diğer baklagil tohumlarında olduğu gibi protein ve karbonhidrat kullanımını zorlaştıran bazı kimyasal maddeleri (tripsin inhibitörleri, fitik asit, tanninler ve oligosakkaritler) içermektedir [Wang vd., 2010]. Bu faktörler ham tohumlarda daha yüksektir, pişirme ile önemli miktarda azalır. Islatma, pişirme, çimlendirme, ısıl işlemler, ultrasound teknikleri vb. işlemlerle ortadan kaldırılabilen bu antibesinsel maddeler nohutta diğer baklagillerden daha azdır. Anti besinsel bileşenlerden en önemlisi fitik asit gibi gaz yapıcıdır ve nohutta bu maddeler daha fazladır [Özkaya, 2002].

2.3.2. Nohudun Gıda Endüstrisinde Kullanımı

Nohut, geleneklere ve tat tercihlerine dayalı olarak çeşitli metotlarla işlenip pişirilmektedir. Nohut insan besini olarak tohum halinde, kabuğu soyulmuş halde, kotiledonları ayrılmış halde ve un halinde kullanılmaktadır. Ayrıca süt olum zamanında taze tohumlar çerez olarak tüketilmektedir. Bütün kuru tohumlar değişik sebze veya tahıllarla karıştırılıp kaynatılarak yemek yapılmakta, kabuğu soyulmuş ve kavrulmuş tohumlar tuz, şeker ve diğer baharatlarla yüzeyleri kaplanarak tüketilmekte veya unu pastaların yapılmasında ve kavrulmuş tohumlar bazı ülkelerde kahve yapımında kullanılmaktadır [Evcı, 2013]. Ülkemizde nohut geleneksel olarak yemeklik tüketim dışında genelde bir çerez çeşidi olan leblebi olarak tüketilmektedir [Aydın, 2002]. Nohut, kullanım alanına sahip olduğundan üreticilerin proses parametrelerini uygun olarak belirleyebilmeleri açısından nohut ununun ısı ve reolojik özelliklerini bilmeleri gerekmektedir. Bu amaçla gerçekleştirilmiş çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Nohut unu hamurunun reolojik özellikleri Yadav vd. (2006) tarafından incelenmiş ve %27-39 nem içeren hamur örneklerinin düşük elastik özelliğe sahip, tipik elastik olmayan hamur özelliği gösterdiğini belirtmiştir. Bu özelliğiyle nohut ununun, ekmek yapımı için uygun olmadığını fakat proses boyunca akıcılık gerektiren veya şekil verilip fırınlanacak, kızartılacak ürünlerin yapımı için uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Bütün kuru tohumlar değişik sebze veya tahıllarla karıştırılıp kaynatılarak yemek yapılmakta, kabuğu soyulmuş ve kavrulmuş tohumlar tuz, şeker ve diğer baharatlarla yüzeyleri kaplanarak tüketilmekte veya unu pastaların yapılmasında ve kavrulmuş tohumlar bazı ülkelerde kahve yapımında kullanılmaktadır. Ülkemizde geleneksel olarak uzun yıllardan beri leblebi olarak tüketilmektedir. Güney bölgelerimizde, kaynatılarak ezilmiş nohutlar humus olarak tüketilmektedir [Özdemir, 2002].

Nohutun sanayi ve geleneksel ölçekte işlenmesi sırasındaki ilk basamak tanelerin suda bekletilmesi (ıslatma) ve pişirme (haşlama) işlemleridir. Bu iki işlem sırasında tanede birçok fiziksel ve kimyasal değişiklikler olmaktadır. Bunların başlıcaları tane içerisine su girişı, hacim artışı, ıslatma/pişirme suyuna kuru madde geçişı ve belli bir sıcaklığın üstünde de tane yapısındaki nişastanın

jelatinizasyonudur. Jelatinizasyona ek olarak suyun yapıya girmesiyle nohut yapısındaki suda çözünen maddeler dışarıya çıkmakta ve fiziksel özelliklerinde önemli değişiklikler olmaktadır [Kon, 1979]. Kabuli tip nohutlara pişme süresini kısaltmak için genellikle ön ıslatma işlemi uygulanır. Nohuda uygun olabilecek gıda hazırlama metodlarını; ıslatma, kabuk soyma, öğütme, çimlendirme, fermente etme, kaynatma, ezme, kavurma, kavurup kurutma, kızartma, buhar ile pişirmek olarak sayabiliriz [Aydın, 2002]. ıslatma işlemi, jelatinizasyon sıcaklığının altında gerçekleşir ve geleneksel teknikte bir sonraki basamak olan pişirme işlemi için su içeriğini artırmayı amaçlar. Nişastayı jelatinize etmek, aromayı geliştirmek, nohudun kabul edilebilirliğini artırmak ve yenilebilir ürün elde etmek için pişirme işlemi jelatinizasyon sıcaklığının üzerinde gerçekleştirilir [Güzel ve Sayar, 2012].

Ülkemizde üretilen nohudun yaklaşık % 20'si leblebi imalatında kullanılmaktadır. Üretilen leblebinin önemli bir miktarı da ihraç edilmektedir [Aydın, 2002]. Türkiye'de nohut kavru olarak temelde iki tip leblebi üretilmektedir: Sarı leblebi ve beyaz leblebi. Sarı ve beyaz leblebiler farklı tahıl ve baklagil unlarından elde edilen akıcı bir hamur veya şekerlemeler ile kaplanarak kaplama leblebiler, yine değişik baharat ekstraktları veya aroma maddeleri ile süslenerek soslu leblebiler tarzında da piyasaya sunulmaktadır. Ülkemizde leblebinin büyük ölçekli endüstriyel üretimi yapılmamaktadır, genelde küçük işletmelerde üretim yapılmaktadır. [Aydın, 2002; Coşkuner ve Karababa, 2004].

2.3.2.1. Nohudun ekstrüzyon tekniğinde kullanımı

Ekstrüzyon tekniği, kullanılan ham madde açısından tahıl bazlı gıdaları öncelikli olarak tercih etse de son yıllarda tüketicinin farklı sebeplerle alternatif gıdalara yönelmesinden dolayı baklagillerin de bu teknik için iyi bir kaynak olacağı düşünülmektedir.

Nohut, pirinç ve patates unlarının karışımı için ekstrüzyon prosesini optimize etmeyi amaçlayan bir çalışmada kovan sıcaklığının, vida hızının ve besleme nem miktarının ürünün su absorpsiyon indeksi, suda çözünme indeksi, sertliği ve yoğunluğu gibi özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. En iyi ürün özellikleri

170°C kalıp sıcaklığı, 550 rpm vida hızı ve %14 nem içeriğinde elde edilmiştir [Singh, 2014].

Geetha vd. (2012) yaptığı bir çalışmada nohut ve darı unları %30-70 oranlarında karıştırılarak çift vidalı ekstrüzyon yöntemi ile çerez olarak üretilmiştir. Çalışmanın sonunda ürünlerin fiziksel (genleşme oranı, yığın yoğunluk, sertlik, gevreklik) analizi yapılmış ve arzu edilen en gevrek ürünün yüksek vida hızı (293 rpm) koşulunda üretildiği tespit edilmiştir. Proses koşullarının fonksiyonel özellikleri ve renk parametreleri üzerindeki etkisi de değerlendirilmiştir.

Kaynaklarda yer alan bir ekstrüzyon çalışmasında nohudun da aralarında bulunduğu 4 farklı baklagil çeşidinin antibesinsel ve protein sindirilebilirliği araştırılmıştır [Abd El-Hady ve Habiba, 2003]. Bu çalışmada ekstrüzyon proses koşulu olarak kalıp sıcaklığı 140°C veya 180°C, 250 rpm vida hızı kullanılmıştır. Araştırmanın bulguları 16 saatlik ön ısıtma aşaması olan nohudun ekstrüzyon işleminde besinsel özelliklerin iyileştiğini göstermiştir.

Yapılan diğer bir çalışmada; nohut unu %5 ve 10 oranlarında dondurularak kurutulmuş ve öğütülmüş sığır akciğer unu ile karıştırılarak ekstrüde edilmiş ve bir kısmı aromalandırılmamış, bir kısmı da aromalandırılmıştır. Protein oranı sırasıyla 19,8; 23,0 ve 26,6 olarak ve demir miktarı da 5,19; 7,18 ve 9,18 olarak belirlenmiştir. Ürünler 1 (hiç hoşlanmamak) - 9 (çok hoşlanmak) hedonik skalasına göre duyusal olarak değerlendirildiğinde aromalandırılmayan ürünlerin kabul edilebilirliği sırasıyla 5,9; 5,8 ve 5,5 puanlarını almış ve ürünler arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır ($P<0,05$). Ürünler aromalandırıldığında aldığı puanlar sırasıyla 7,1; 7,0 ve 6,8 olarak belirlenmiş ve aromalandırılan ürünlerin kabul edilebilirliğini yüksek olarak kabul etmişlerdir. Bu ürünün anemi ve malnutrisyon oluşumunun engellenmesinde kabul edilebileceğini belirtmişlerdir [Cardoso Santiagoa vd., 2001]. Ayrıca ekstrüde edilmiş nohutunun çok geniş çaplı tüketimi olan tahıl bazlı gıda ürünlerine eklenebileceği belirtilmiştir [Milan-Carillo vd., 2002].

2.4. TARHANA

2.4.1. Tarhana Fermentasyonu

Literatürdeki bir çalışmada fermentasyonun farklı mikroorganizmaların gıda bileşenlerini parçalayıp değiştirerek tat, koku, tekstür, dayanıklılık ve besleyici nitelikleri daha hoş olan ürünlere dönüştüren bir işlem olduğu ifade edilmiştir [Nout ve Matarjami, 1997]. Dünya genelinde fermente gıdalar; insanların beslenmesinde vazgeçilmezdir. Rastlantısal kimi olaylar ile ortaya çıkan bu gıdalar, günümüzde dünyada tüketilen tüm gıdaların yaklaşık 1/3'ünü oluşturmaktadır [Campbell-Plat, 1994; Erol, 2010]. Fermentasyon sonucu bozulma yapan faktörlerin indirgenerek raf ömrünün uzatılması, kendine has tipik tat ve aromanın oluşması, yapıldıkları hammaddeye oranla besin öğelerinin daha sindirebilir özellik kazanması, tekstürün iyileştirilmesi, ekonomik ve daha güvenilir olması gibi birçok avantajlara sahip gıdaların üretilmesi mümkün olabilmektedir. Özellikle fermentasyon sırasında bazı mikroorganizmaların çeşitli vitaminleri ve büyüme faktörlerini sentezleyerek, ürünün beslenme değerine olumlu katkıda bulunabildiği bildirilmektedir [Temiz ve Pirkul 1991; Dağlıoğlu, 2000; Erbaş vd., 2006].

Bu çalışmada ekstrüzyon tekniği uygulanmadan önce fermente edilerek üretilen tarhana, Türklerin geleneksel gıdaları arasında yer alıp besin değeri çok yüksek olan ve sevilerek tüketilen bir üründür. İçeriğindeki maddelerin çeşidi ve miktarı bölgeden bölgeye değişmektedir. Yoğurt/un oranı mevsime ve çevre bölgelerde süt bulma durumuna bağlı olarak değişmektedir [Ibanoğlu, 1999]. Türkiye dışında yakın coğrafyada yer alan ülkelerde de tarhana farklı isimlerle tüketilmektedir. Bunlara verilebilen örnekler: Finlandiya'da talkuna, Macaristan'da tahonya, Mısır'da kishk ve Irak'ta ise kishk'tir [Hafez ve Hamada, 1984; Erkan vd., 2006]. Son yıllarda ev tipi tarhana yapımının yanı sıra özellikle hazır çorba olarak sanayi ölçekli üretim de yapılmaktadır.

Tarhana laktik asit fermentasyonundan yararlanılarak üretilen, yüksek besleyici değere sahip fermente bir gıdadır. %15 protein içeriği ile yüksek proteine sahip gıdalardan sayılmaktadır. Tarhananın ekşi, asidik ve mayamsı bir tadı vardır. Bu asidik tat pH değerinin düşük olmasından ileri gelmektedir (3.8-4.2). Düşük pH

değeri ile birlikte düşük nem içeriği (%6-9) patojen ve bozulmaya sebep olan mikroorganizmaların gelişmemesine sebep olmaktadır [Ibanoğlu, 1997]. Tarhana ile ilgili yapılan çalışmalarda fermentasyon süreleri değişmektedir. Bir derleme çalışmasında da yazıldığı gibi tarhananın fermentasyon süresi 1-7 gün arasında değişmektedir [Blandino vd., 2003]. Fermentasyon sırasındaki asit üretiminden genellikle Laktik asit bakterileri sorumludur. Laktik asit fermentasyonunun gerçekleştirilmesi için, temel olarak yoğurt kullanılmaktadır ve yoğurtla bileşime giren *Streptococcus thermophilus* ile *Lactobacillus bulgaricus* bakterileri tarafından gerçekleştirilmekte ve üründe laktik asit oluşmaktadır. Ekmek mayası (*Saccharomyces cerevisiae*) diğer mikroorganizmalarla birlikte tarhananın karakteristik tadını artırmak için kullanılabilir. Maya, etil alkol fermentasyonunu gerçekleştirmekte ve üründe etil alkol ile karbondioksit oluşturmaktadır. Yoğurt bakterileri ile maya birlikte laktik asit, etil alkol, karbondioksit ile tarhanaya özđü tat ve aroma veren diğer fermentasyon ürünlerini üretirler. Bu mikroorganizmalar CO₂, alkol, organik asit, aldehit, keton ve diğer fermentasyon ürünlerinden sorumludurlar ve tarhana tadına etki ederler. Fermentasyon sonucunda oluşan organik asitler pH'yı düşürerek veya koruyucu şekilde etkileyerek, üründe istenmeyen bakteriler üzerinde bakteriyostatik etki yaratmaktadır [Tarakçı vd., 2004].

Literatürde farklı hammaddeler kullanılarak üretilen tarhanalar ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır. Erkan vd. (2006) yaptığı çalışmada buğday yerine arpa kullanılarak tarhana elde edilmiştir. Arpa unu kullanarak yüksek β -glukan içeriğine sahip gıda üretmeyi ve kimyasal özelliklerini araştırmayı amaçlayan çalışmanın sonunda duysal özellikleri kabul gören tarhanalar elde edilmiştir. Ayrıca, buğday ruşeymi ve kepeği farklı oranlarda (ağırlıkça %50'ye kadar) ilave edilerek tarhanaların kimyasal, besinsel ve duysal kaliteye etkisi araştırılmıştır [Bilgiçli, 2006]. Bilgiçli (2009)'nin yaptığı çalışmada tarhananın besinsel ve fonksiyonel özelliklerini arttırmak için farklı oranlarda (%20, %40, %60, %80, %100) karabuğday eklenmiş ve bazı fiziksel, kimyasal, fonksiyonel ve duysal özellikleri incelenmiştir. Farklı hammaddeler kullanılarak üretilen tarhanaya bir örnek de Bilgiçli'nin 2014 yılında yaptığı çalışmadır. Turunçgillerin kabuğunun beyazını

tarhana formülasyonunda %5 ve %10 kullanarak son ürün özellikleri analiz edilmiştir.

Tarhananın ekstrüzyonu ile ilgili çalışmalar 1990'ların ortalarına dayanmaktadır. Bu çalışmalardan birinde hazır tarhana tozu ev içinde tüketilebileceği ve hastane ve okul kantinlerinde satışa sunularak tüketiminin artabileceği sonucuna varılmıştır [Ibanoğlu vd., 1995; 1996; 1997]. Ayrıca, 2010 yılında yapılan çalışmada kalıp sıcaklığı olarak 60-120 °C arasında çalışılmış ve çift vidalı ekstrüder ile çerez haline getirilerek ekonomik tarhana üretimi için uygun ekstrüzyon koşulları araştırılmıştır [Ibanoğlu ve Ainsworth, 2010].

2.4.2. Tarhananın Beslenmedeki Önemi

Türkiye'de geleneksel gıdalardan biri olan ve buğday türevleri ile birlikte yoğurdun iki temel hammaddesini oluşturduğu tarhana, bitkisel ve hayvansal proteinlerin mükemmel bir kombinasyonudur. Bileşim ve besin değeri açısından zengin olan tarhananın Türk mutfağında ayrı bir yeri vardır. Yapımında bir aşama olarak başvuru fermentasyon tekniği ve yapımında kullanılan malzemelerinin bileşim bakımından zenginliği onun önemini bir kat daha arttırmaktadır. Tarhana elde edilirken gıda muhafazasında önem arz eden laktik asit fermentasyonunun gerçekleşmesi ve fermentasyon sırasında karbonhidratların, yağların ve proteinlerin hidrolizasyona uğramaları, sindirim ve muhafazada ürünün avantajlı taraflarını ortaya koymaktadır [Dayısoğlu vd. 2002].

Geleneksel buğday tarhanasının ana bileşenlerinden olan un, lizin ve treonin gibi aminoasitleri az miktarda içerdiğinden düşük kaliteli bir protein kaynağıdır. Diğer ana bileşen olan yoğurtta bu aminoasitler yüksek oranda bulunduğundan, tarhanadaki un ve yoğurt esansiyel aminoasitler açısından birbirlerini tamamlamakta ve daha yüksek kaliteli bir protein kaynağı olmaktadır [Özbilgin, 1983]. Tarhanada lizin ve threonin miktarı düşük olduğundan, protein miktarını artırmak için yoğurt katılmaktadır [Tarakçı vd., 2004].

Tarhananın insan beslenmesindeki önemli yönlerinden bir tanesi de tahıl proteinlerine süt kaynaklı proteinlerin yarıyıllığı yüksek formlarda eklenerek desteklenmesidir. Fermentasyon ile geleneksel bir Türk gıdası olan tarhananın besin

öğelerinin sindirilebilirliği, yarayırlığı artarken; tüketici tarafından istenilen tat, koku ve aromanın oluşumunun yanı sıra uzun süre bozulmadan muhafaza edilebilen bir ürün olma özelliği de kazanılmaktadır [Tamer vd., 2007].

Dayısoğlu vd. (2003) tarafından yapılan bir çalışmada tarhana yapımı sırasında bir basamak olan fermentasyon işleminde sırasında laktozun laktik asit bakterileri tarafından parçalanmasıyla tarhananın laktoz intolerans kişiler tarafından da rahatlıkla tüketilebileceği belirtilmektedir.

Yücecan vd. (1988) Türkiye'nin muhtelif yerlerinden toplanan iki tanesi göce, 13 tanesi un tarhanası olan 15 tarhana örneğini incelemişlerdir. 100 g tarhana örneğinin içeriğini ortalama olarak 10.6 g su, 15.5 g protein, 5.2 g yağ, 109 mg kalsiyum, 3.6 mg demir, 634 g sodyum, 114 mg potasyum, 78 mg magnezyum, 1.8 mg çinko, 450 mg bakır, 612 mg magnezyum olarak tespit etmişlerdir.

2.5. ATIŞTIRMALIK ÇEREZ TİPİ GIDALAR

Çerezler, bir çok tüketicinin günlük besin ve kalori alımının önemli bir kısmına katkı sağlarlar [Bhattacharyya vd., 1997]. Literatürde çerez gıdaları, genellikle ambalajından çıkarıldıktan sonra hemen yenilen gıdalar olarak tanımlayan çalışmalar da mevcuttur. Bu tür tanımlamaya bisküviler, krakerler ve kahvaltılık tahıl ürünleri de dahil edilebilir. Çerez gıdalar raf ömürlerinin uzunluğu, hafif oluşları ve depolama ile taşımaya uygun oluşları gibi özelliklere sahiptir [Gordon, 1990]. Çerez gıdalar iyi fonksiyonel özelliklerinden ve ulaşılabilirliğinin kolay olması sebebiyle nişastalı malzemeler olan mısır, buğday, pirinç ve yulaf gibi gıdalardan üretilmektedir [Bhattacharyya vd., 2006]. Tahıllar büyük oranda nişasta içermektedir. Nişasta ekstrüde ürünlerin yapı ve tekstürlerini sağlamaktadır. Tahıllar protein, yağ, diyet lif, karbohidrat, vitamin ve mineralleri içermektedir [Mulsaney ve Hsieh, 1989; Miller, 1988]. Çerez gıdaların bir kısmı ekstrüzyon yöntemi ile üretilmektedir. Ekstrüderlerin çerez gıda endüstrisindeki kullanımı 1930'lu yıllarda mısır gevreklerinin ekstrüde edilerek üretilmesiyle başlamıştır [Midden, 1989].

2.6. ÇORBA

Çalışmanın diğer kısmını oluşturan hazır çorbalar ise, çabuk ve basit bir şekilde hazırlanmaya uygun olarak üretildikleri için dünya rakamlarına paralel olarak ülkemizde de üretim miktarları giderek artmaktadır.

Son yıllarda, yemeye hazır çorbalar farklı çeşitlerde marketlerde bulunabilmektedir (konserve, torba, kuru karışım ve dondurulmuş paket) [Tolasa vd., 2012]. Ülkemizdeki hazır çorba tüketimi toplam çorba tüketiminin %17'sini oluşturmaktadır [Afyon Kocatepe Üniversitesi, Ülker Araştırma Raporu]. Büyüklüğü 150 milyon TL'ye ulaşan bu sektörün ileriki yıllarda daha da büyüyeceğini ön görmek mümkündür. Yapılan bir araştırmaya göre çorbanın 2011 yılında ABD'de 4,3 milyar dolarlık pazara sahip olduğu belirlenmiştir. Bu rakamın içinde hazır çorbaların tüketimi ise 47,8 milyon dolar olarak kaydedilmiştir [American Eating Trends Report, 2012]. Aynı çalışmada toplam çorba tüketiminin 2016 yılında 4,6 milyon dolar olacağı öngörülmüştür.

Ekstrüde ürünler için fiziksel ve özelliklerini belirleyici en önemli bileşen olan ham nişastanın, oda sıcaklığında suyu absorbe edemediği ve viskozitesinin ise sifra yakın olduğu belirtilmektedir [Mercier vd., 1989]. Ekstrüde edilmiş nişasta ise suyu kolaylıkla absorbe etmekte ve oda sıcaklığında hamur oluşturmaktadır. Nişastanın suda çözünürlüğü ekstrüzyonla pişirme sonucunda artmaktadır. Ancak nişasta çeşidine ve bileşimine bağlı olarak su absorpsiyon miktarı ve çözünürlük miktarı değişim göstermektedir [Colonna vd. 1989]. Böylelikle ekstrüde edilecek nohut tarhanasının toz hale getirildikten sonra piyasada da hazır çorba olarak satışı bulunan ürünlere benzer şekilde suda çözünme indeksinin yüksek olacağı düşünülmektedir.

2.7. KEÇİBOYNUZU GAMI

Ekstrüzyon tekniğinde gamların su tutma özelliklerinden dolayı kovan içerisinde gerçekleşen reolojik değişiklerin son ürün üzerindeki etkilerini araştıran çalışmalar bulunmaktadır [Serenio vd., 2007; Thakur vd, 2000].

Keçiboynuzu (*Ceratonia siliqua L.*), gıda endüstrisinde doğrudan veya katkı maddesi olarak insan beslenmesinde kullanılmakla birlikte diğer endüstri kollarında da değerlendirilmektedir. Keçiboynuzu meyvesinin önemli bir besin kaynağı olmasının sebebi yüksek miktarda mineral, karbonhidrat ve antioksidan aktiviteye sahip bileşenler içermesi olduğu düşünülmektedir [Aydın ve Özdemir, 2011].

Akdeniz ülkelerinde sıklıkla pekmez ve alkollü içki üretiminde kullanılmasının sebebinin fiyatının yüksek olmaması ve yüksek miktarda şeker içermesi olduğu düşünülmektedir [Merwin, 1981]. Keçiboynuzu uygun bir teknolojiyle işlenip değişik gıdalara katılabilir. Türkiye’de keçiboynuzu genellikle çerez, un, pekmez ve hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir. Son yirmi yıla kadar genelde üretildiği bölgelerde tüketilen keçiboynuzu özellikle pekmez ve un olarak işlenmeye başladıktan sonra tüm ülkede tüketilir olmuştur [Erol, 2010]. Bunun dışında özellikle yüksek düzeyde çözünür kuru madde içerdiğinden, içecek endüstrisi için de uygun bir hammadde olarak görülmektedir [Şenay, 2009]. Kakaoya benzer görünümü ve aroması nedeniyle keçiboynuzu unu; unlu mamüllerde, bazı içeceklerde ve dondurma üretiminde alternatif bir aromalandırıcı ve tatlandırıcı olarak değerlendirilmektedir. Kakaoya göre daha tatlı olan keçiboynuzunun yağ oranı ise kakaodan daha düşüktür [Yılmaz, 2009].

Keçiboynuzunun da dahil olduğu farklı gam çeşitleri koloidal jel oluşturabilen viskozite artırıcı olarak kabul edilirler. Hidrofilik yapılarından dolayı kovan içi viskoziteyi artırması başta olmak üzere ekstrüzyon koşullarını ve ekstrüde ürünlerin özelliklerini etkilerler [Lusas ve Rooney, 2001].

Aydın ve Özdemir’in (2011) yürüttüğü çalışmada keçiboynuzunun tüketiminin artırılması amacıyla söz konusu meyvenin tatlı olarak değerlendirilmesi ve bu ürünün sürülebilirliği araştırılmıştır. Tatlı üretimi için keçiboynuzu ununa krema yağı, süt tozu, soya unu, lesitin ve fındık püresi gibi ingredientler eklenmiştir. Araştırmanın bulguları ürünün duyuşal özellikleri ile sürülebilirliğinin ters orantılı olduğunu göstermiştir.

Literatürde yer alan bir tez çalışmasında keçiboynuzlu tarhana üzerine bir araştırma yapılmıştır [Erol, 2010]. Besin değeri zengin olan keçiboynuzunun

tarhanaya ilavesi ile keçiyoynuzuna yeni bir kullanım alanı oluşturmayı amaçlayan bu çalışmada keçiyoynuzu unu tarhana %3, %5 ve %8 oranında ilave edilmiştir. Çalışma sonunda elde edilen ürünlere fiziksel, kimyasal, fonksiyonel ve duyusal analizler yapılmıştır. Sonuç olarak ele alındığında mineral açıdan daha zengin ve fonksiyonel özellikleri iyileştirilmiş ürünler üretilmiştir.

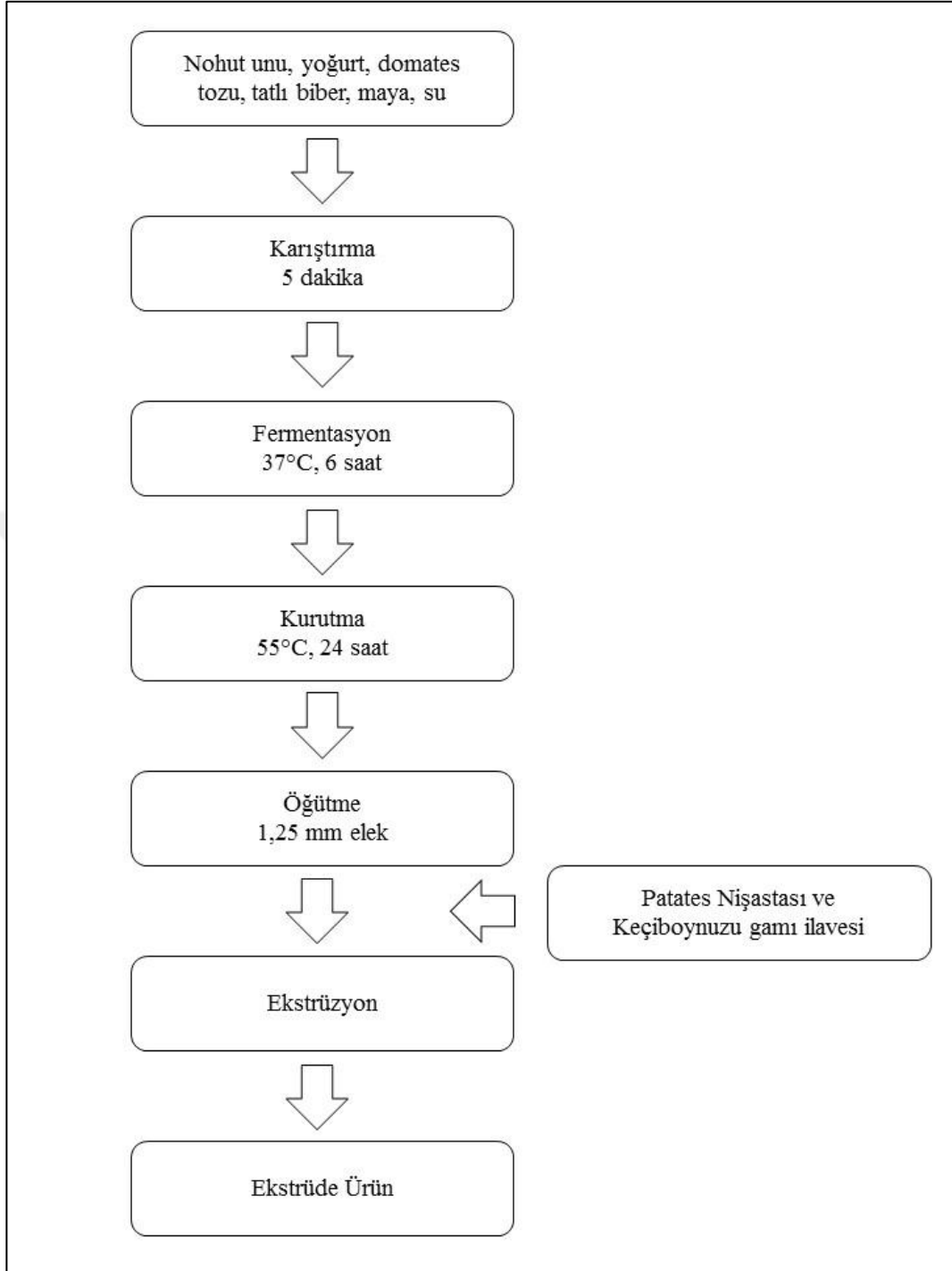


3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. HAMMADDE TEMİNİ ve EKSTRÜZYON ÖNCESİ KARIŞIM HAZIRLAMA

Bu çalışmada kullanılan nohut, Arbel A.Ş. (Mersin)'nden temin edilmiştir. Araştırma kapsamında kullanılan nohut, sınıflandırma işlemi sırasında kırık ve elek altı olarak ayrılan koçbaşı tipi nohutlardır. Elde edilen nohutlar çekiçli öğütücü değirmen kullanılarak 1,25 mm'lik göz açıklığına sahip elekten geçirilerek un haline getirilmiştir. Çalışmada kullanılan diğer ingredientler domates tozu; Mert Gıda (Mustafakemalpaşa, Bursa), patates nişastası; Emsland Nişasta (Kemalpaşa, İzmir), keçiyoynuzu gamı; Meysüt Gıda ve Mak. San. (Yenişehir, Mersin) temin edilmiştir. Fermentasyonda kullanılan diğer hammaddelerden maya (*Saccharomyces cerevisiae*), süzme yoğurt ve tatlı kırmızı toz biber marketlerden satın alınmıştır.

Nohut unundan çerez yapım aşamaları Şekil 3.1'de verilen akım şemasına göre yürütülmüştür. Fermentasyon işleminden önce nohut unu, süzme yoğurt, domates tozu, tatlı biber, maya ve 400 mL su mikser (KMC 510, Kenwood, Japonya) yardımıyla karıştırılmıştır. Hazırlanan karışımlar plastik kaplara konulup, 37°C'de 6 saat boyunca inkübatör (WIR 150, Daihan, Güney Kore) içinde fermentasyona bırakılmıştır. Fermentasyon sonunda tüm örnekler ürün nemi %10'un altına düşecek şekilde havalı kurutucu (Biyosan Kimya Laboratuvar Cihazları, Türkiye) içerisinde 55°C'de 24 saat kurutulmuş ve ardından ağzında 1,25 mm gözenek çapına sahip elek olan değirmende öğütülmüştür.



Şekil 3.1. Ekstrüde ürünlerin üretim akım şeması

Çizelge 3.1'deki belirtilen oranlar (kuru bazda) ile karıştırılarak fermente edilen tarhana unlarına %14 oranında patates nişastası ve nohut unu üzerinden %0-5 oranında keçiboynuzu gamı ilave edilip ekstrüde edilmiştir.

Çizelge 3.1. Ekstrüzyon için hazırlanan ürün formülünde kullanılan hammadde oranları

Kullanılacak ingredientler	Miktar (%)
Nohut unu	50.0
Torba yoğurdu	25.0
Patates nişastası	14.0
Domates püresi	4.0
Tatlı Kırmızı Biber	1.0
Maya	1.0
Keçiboynuzu gamı*	0-5

*Keçiboynuzu gam miktarı, nohut unu üzerinden hesaplanmıştır.

3.2. ÖN DENEMELER ve ANALİZ SONUÇLARI

Fermentasyon süresinin belirlenmesi için bazı ön deneme çalışmaları yapılmıştır. Buna göre hazırlanan hammadde 8, 12 ve 16 saatlik fermentasyona bırakılmış ve daha sonra ekstrüde edilmiştir. Fermentasyon süresinin ürünün genişmesi, tekstürü ve renk parametreleri üzerine etkisi belirlenmiştir. Fermentasyon zamanın artması, ekstrüde ürünlerin fiziksel, tekstürel ve renk parametrelerini istatistiksel olarak önemli derecede ($P<0.05$) etkilemiştir. Genleşme oranı 8 saatlik fermentasyon için 2.97, 16 saatlik fermentasyon için 1.77 olarak bulunmuştur. Artan fermentasyon süresi ürünlerin yağın yoğunluğunu önemli derecede ($P<0.05$) artırmıştır ($0.39-1.24 \text{ g/cm}^3$). Genleşme ve yağın yoğunluk değerlerine paralel olarak 16 saat fermentasyon sonunda elde edilen ekstrüde ürünlerin sertlik değeri daha yüksek bulunmuştur. 8, 12 ve 16 saatlik fermentasyon sonunda elde edilen ekstrüde ürünlerin sertlik değerleri sırası ile 6.6, 15.6 ve 19.3 N olarak bulunmuştur. Renk parametrelerinden L^* , a^* ve b^* değerleri 41.6-45.7, 11.6-14.9 ve 18.7-20.2 değerleri arasında değişmiştir. 6 saatlik fermentasyon çalışmasında ise L^* , a^* ve b^* değerleri sırası ile 30.39-40.83, 5.95-11.67, 10.12-16.76 olarak ölçülmüştür. Ölçülen diğer parametreler; genleşme oranı ve gerçek yoğunluk değerleri idi. Bu analizler sonucunda bulunan değer aralıkları sırası ile 2.16-2.49 ve $0.30-0.40 \text{ g/cm}^3$ oldu. Ekstrüde çerezlerde genel olarak düşük yağın yoğunluk, düşük sertlik değeri ve yüksek genleşme oranı kabul edilebilir ürün olarak

değerlendirilmektedir. Bu sebeple, yapılan çalışmalar sonucunda fermentasyon süresi 6 saat olarak seçilmiştir.

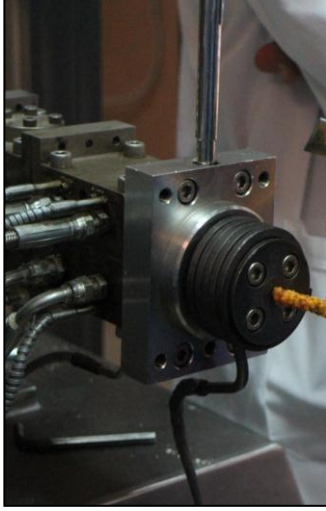
3.3. EKSTRÜZYON PROSESİ

Çalışma kapsamında ekstrüde ürünlerinin üretilmesi amacıyla Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Araştırma Geliştirme Laboratuvarında bulunan bilgisayar kontrollü laboratuvar tipi çift vidalı ekstrüder cihazı (Rondol Technology, İngiltere) (Şekil 3.2) kullanılmıştır.



Şekil 3.2. Çift-vidalı gıda ekstrüderi

Ekstrüzyon deneyleri boyunca kovanın içerisindeki her bir bölgenin ayarlanan sıcaklıkta sabit kalabilmesi için soğutucu (Smart H150-2100, Labtech, Romanya) kullanılmıştır. Ekstrüder kovanın ürün çıkış noktasında (Şekil 3.3) 4 mm çapına sahip dairesel kalıp kullanılmıştır. Kovanın gövde çapı ve kovanın uzunluğunun bu çapa oranı (L/D) sırası ile 21 mm ve 40:1'dir.



Şekil 3.3. Ekstrüzyon deneyleri sırasında kullanılan 4 mm çapına sahip dairesel kalıp

Bilgisayarlı veri algılama sistemi, cihaz reaktörü içerisindeki 5 bölgenin ve kalıp noktasının sıcaklığını ayarlamak ve tork-basınç değerlerini belirli aralıklarla kaydetmek için kullanılmıştır. Kaydedilen değerler Çizelge 3.2'dedir.

Çizelge 3.2. Üretim esnasında cihazda kaydedilen bazı tork ve basınç değerleri

Gam içeriği (%)	Sıcaklık (°C)	Vida hızı (rpm)	Tork (%)	Basınç (bar)
2.50	140.00	434.09	46	79±0.02
2.50	140.00	265.91	46	67±0.03
2.50	140.00	350.00	45	73±0.02
5.00	140.00	350.00	47	70±0.06
1.00	150.00	400.00	46	68±0.02

Kovan bölge sıcaklıkları sırası ile 40, 50, 70, 90 ve 100°C'ye ayarlanmıştır. Kalıp sıcaklığı deney tasarımına göre her bir denemede değişmiştir. Kovan içerisine verilen su, peristaltik pompa (Watson Marlow 520S, İngiltere) kullanılarak sağlanmıştır. Deney sürecinde kovanın içinde kullanılan çift vidanın konfigürasyonunun fotoğrafı Şekil 3.4'de ayrıntılı bilgisi ise Çizelge 3.3'tedir.



Şekil 3.4. Üretimde kullanılan vidanın konfigürasyonu

Çizelge 3.3. Vida konfigürasyonunda yer alan vida elementleri

Konfigürasyon	Adet	Element tipi
1	10	Besleme vidası
2	9	15° açılı yoğurma vidası
3	4	30° açılı yoğurma vidası
4	4	Besleme vidası
5	10	30° açılı yoğurma vidası
6	2	Besleme vidası
7	10	30° açılı yoğurma vidası
8	4	Besleme vidası
9	1	Boşaltma (Çıkış) vidası

Öğütülmüş nohut tarhanaları ekstrüderin içine gravimetrik besleyici (Brabender Technologie, Almanya) ile 2,5 kg/saat hızıyla beslenmiştir. Ekstrüder kovanının içerisi sabit nem seviyesine geldiğinde ve bununla beraber cihaz stabil tork (döndürme gücü), basınç ve sıcaklık koşullarına ulaştığı zaman, örnekler toplanmaya başlanmıştır. Numuneler havalı kurutucu (Biyosan Kimya Laboratuvar Cihazları, Türkiye) içerisinde 55°C’de 1 saat boyunca yaklaşık %6 nem içeriğine gelene kadar kurutulmuştur. Kurutulmuş ekstrüde numuneler ileriki analizlerde kullanılmak üzere oda sıcaklığında polietilen torbalar içerisinde depolanmıştır.

3.4. DENEYSEL TASARIM

Bu çalışmada deney tasarımı Tepki Yüzey Yöntemi kullanılarak merkezi kompozit tasarımı ile üç değişken ve beş düzeyde yapılmıştır. Bu bağımsız değişkenler ve değişkenlerin seviyeler Çizelge 3.4 ve Çizelge 3.5’de gösterilmiştir. Kullanılan bağımsız değişkenler, kalıp sıcaklığı (130-150°C), vida dönüş hızı (300-400 dev/dk) ve keçi boynuzu gum miktarıdır (%1-4). Besleme hızı (2,5 kg/saat) ve nem miktarı (%17) sabit tutulmuştur.

Çizelge 3.4. Ekstrüzyon deneyleri için merkezi karma tasarımı ile üç değişken ve beş düzeyde yapılan deneysel tasarım

Deneme	Kod değerleri			Gerçek değerler		
	A	B	C	Kalıp	Vida hızı	Gum miktarı
1	1	-1	-1	150	300	1.00
2	0	1.68	0	140	434	2.50
3	0	0	1.68	140	350	5.00
4	1.68	0	0	156.82	350	2.50
5	-1.68	0	0	123.18	350	2.50
6	0	0	-1.68	140	350	0.00
7	-1	1	1	130	400	4.00
8	-1	-1	-1	130	300	1.00
9	0	0	0	140	350	2.50
10	0	0	0	140	350	2.50
11	1	1	-1	150	400	1.00
12	1	1	1	150	400	4.00
13	1	-1	1	150	300	4.00
14	-1	-1	1	130	300	4.00
15	0	0	0	140	350	2.50
16	0	0	0	140	350	2.50
17	0	0	0	140	350	2.50
18	0	0	0	140	350	2.50
19	0	-1.68	0	140	266	2.50
20	-1	1	-1	130	400	1.00

Çizelge 3.5. Merkezi kompozit tasarımda kullanılan proses değişkenleri

	Kod	Değişken düzey kodları				
		-1.68	-1	0	1	1.68
Gam içeriği (%)	A	0	1	2.5	4	5
Kalıp sıcaklığı (°C)	B	123.18	130	140	150	156.82
Vida hızı (rpm)	C	266	300	350	400	434

Çalışma verileri tepki yüzey yöntemi kullanılarak Design Expert 9.0 (Minneapolis, USA) programıyla analiz edilmiş ve tepki yüzey grafikleri oluşturulmuştur.

DeneySEL verilerin istatistiksel analizi aynı software programı kullanılarak yapılmıştır. Sonuçlar çoklu doğrusal regresyon ile analiz edilmiş ve değişkenlerin etkisi iki faktör-etkileşimli (2FI) ve polinom modeller ile açıklanmıştır. Her bir parametre için regresyon eşitliğindeki değişkenlerin istatistiksel önemi Varyans Analizi (ANOVA) ile belirlenmiştir. DeneySEL parametreler arasındaki uyumun istatistiksel analizi SPSS 16 (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) paket programındaki Pearson korelasyon testi uygulanarak tespit edildi.

Model uyumluluğunun test edilmesinde F ve P değerleri, belirlilik katsayısı (R^2), düzeltilmiş belirlilik katsayısı (R^2 -adjusted), tahmin edilen belirlilik katsayısı değerleri (R^2 -predicted), hata oranlarını ifade eden PRESS (karelerin ön görülen hata toplamları) ve uyumluluk düzeyi (Adequate precision) gibi tanımlayıcı istatistikler dikkate alınmıştır. Modelleme programında yer alan “backward elimination” (geri eleme) seçeneği kullanılarak bazı analiz sonuçlarına ait olan (genleşme oranı, görünür yoğunluk vb.) tahmin edilen belirlilik katsayısı değerinin (R^2 -predicted) ve uyumluluk düzeyinin (Adequate precision) önemli olmayan terimleri eşitlikten çıkarılmıştır.

3.5. HAMMADDE ve EKSTRÜDE ÜRÜN ANALİZLERİ

3.5.1. Kimyasal Analizler

3.5.1.1. Kullanılan ana hammaddelerin bileşim analizleri

Nohut ununun ve yoğurdun nem, yağ, protein ve kül miktarları AOAC (2005) metodu kullanılarak belirlenmiştir. Nohut ununun kuru madde miktarı öğütülmüş örneklerin nem ölçüm cihazında (MB45, Ohaus, İsviçre) kurutulmasıyla bulunmuştur. Yağ miktarı otomatik sokshalet cihazı (Gerhardt, , Almanya) ile hekzan kullanılarak belirlenmiştir. Kül miktarı önceden kurutulmuş örneklerin 800°C'de yakılmasıyla belirlenmiştir. Protein analizleri Dumas yöntemi (AACC 46-30, 2005) kullanılarak (NDA 701, Velp, İtalya) yapılmıştır. Yaklaşık 0,1 g tartılan numuneler cihazın içerisinde yüksek sıcaklıklara ısıtılmış ve saf oksijen varlığında yakılmıştır. Deney sırasında, yanma reaksiyonu ürünleri (CO₂, H₂O, NO_x, N₂) toplandı ve dengeye gelmesi beklenmiştir. Gaz karışımı, oksijeni uzaklaştırmak ve NO_x'yi N₂'ye dönüştürmek için sıcak bakırın üzerinden geçirilmiştir. Sonrasında numune CO₂ ve H₂O'yu uzaklaştıran tuzağın içerisinde geçmiştir. Kalan nitrojen termal iletkenlik ile ölçülmüştür. Analizler en az 3 paralelli yapılmıştır.

3.5.1.2. Nohut tarhanasının analizleri

Deneme desenine göre hazırlanıp fermente edilmiş nohut tarhanalarında yağ, protein (AACC 46-30, 2005) ve kül miktarları AOAC (2005) metodu kullanılarak belirlenmiştir. Karbonhidrat miktarı ise diğer bileşenlerin toplamının 100'den çıkarılması ile bulunmuştur. Nem miktarları, nem ölçüm cihazıyla ölçülmüştür. Ayrıca pH ve titrasyon asitliği belirlenmiştir.

pH ölçümleri için 5 g örnek 100 mL saf su içerisinde çözündürülüp 3 dakika süre ile laboratuvar tipi karıştırıcıda karıştırıldıktan sonra Whatman 40 filtre kağıdından süzölmüş ve dijital pH metre kullanılarak pH metrede ölçülmüştür (İbanoğlu vd. 1995). Ayrıca, tarhana örneklerinin pH ölçümleri fermentasyon süresince de 0, 3 ve 6 saat olmak üzere periyodik olarak belli aralıklarla yapılmıştır. Titrasyon asitliği; 100 g tarhanada bulunabilen serbest asitleri 0.1 N NaOH çözeltisi ile nötrale etmek için harcanan 0.1 N sodyum hidroksit çözeltisinin hacmi olarak

tanımlanmaktadır (AOAC, 2005). Bu amaçla 10 g tarhana tartılmış, üzerine 50 mL (20°C) su ilave edildikten sonra erlenin kapağı kapatılmış 5 dakika kuvvetle çalkalanıp santrifüjlenmiştir. Berrak kısımdan 10 mL alındıktan sonra 2 mL fenolftaleyn indikatörü konularak değişmeyen pembe renk oluşana kadar 0.1 N sodyum hidroksit çözeltisi ile titre edilmiştir. Sonuçlar % laktik asit cinsinden hesaplanmıştır. 1 mL 0.1 N sodyum hidroksit 0.0090 g laktik aside eşdeğerdir. Formül, Eşitlik 3.1'de verilmiştir. Analizler bütün denemelerde üç tekrarlı olarak yapılmıştır.

$$\text{Asitlik}(\%) = \frac{V \cdot N \cdot E}{M} \times 1000 \quad (3.1)$$

Burada; *V*: Titrasyonda harcanan NaOH (ml), *N*: NaOH normalitesi, *E*: Laktik asidin miliekivalan ağırlığı, *M*: Alınan örnek miktarı (ml)

3.5.1.3. Ekstrüzyon öncesi karışımların analizleri

Fermentasyon sonunda kurutulmuş öğütülen nohut tarhanalarına kuru madde üzerinden toplam ağırlığın %14'üne denk gelecek şekilde patates nişastası ve Çizelge 3.6'da verilen deneysel tasarıma ve ürün formülasyonuna göre keçiyoynuzu gamı eklenerek ekstrüzyon öncesi karışımlar hazırlanmıştır. Bu karışımların genel bileşim analizleri (yağ, protein ve kül miktarları) ve titrasyon asitliği AOAC (2005) metoduna göre belirlenmiştir.

3.5.1.4. Ekstrüzyon sonrası ürünlerin analizleri

Deney tasarımına göre elde edilen ürünlerde genleşme özellikleri, yağın yoğunluk, tekstür analizi, renk analizi, suda çözünme ve su absorplama indeksleri ve nişasta jelatinizasyon oranı belirlenmiştir. Çerez gıda olarak tüketilecek olan ekstrüde ürünlerde kaliteyi belirleyen en önemli özellikler yağın yoğunluk, tekstür ve renk parametreleridir. Bu analizler ile beraber ekstrüde çerez ve çorbalar için duyu analizi yapılmıştır. Farklı ekstrüzyon koşullarında işlenen numunelerin görüntüleri Ek-4'de verilmiştir.

3.5.2. Fiziksel Analizler

3.5.2.1. Genleşme oranı

Ekstrüde ürünün genleşme oranı ekstrüde ürünün çapının ekstrüdere takılı olan başlık çapına bölünmesiyle (Eşitlik 3.2) bulunmuştur. Ölçümler 15 paralelli yapılmıştır.

$$\text{Genleşme Oranı} = \frac{D}{D_0} \quad (3.2)$$

Burada; D, ekstrüde ürünün çapı (cm); D₀ ise kalıp çapı (cm)'dir.

3.5.2.2. Görünür yoğunluk

Ekstrüde ürünlerin gözenekliliğini değerlendirebilmek için ürünlerin yoğunluğu, görünür yoğunluk ve gerçek yoğunluk olarak belirlenmiştir. Görünür yoğunluk ekstrüde ürünlerin boyutları ölçülüp Eşitlik 3.3. kullanılarak hesaplanmıştır [Giannini vd., 2013; Choudhury ve Gautam, 2003]. Ekstrüde ürünlerin çap ve uzunluk boyutları kumpas ile ölçülmüştür. Çerezlerin birim uzunluktaki ağırlığı (yaklaşık 1 cm) tartılarak belirlenmiştir. Ekstrüde ürünlerden rastgele 10 tane seçilerek görünür yoğunluk belirlenmiş ve ortalamaları alınmıştır.

$$\rho_y = \frac{4}{\pi d^2 l} \quad (3.3)$$

Burada; ρ_y , görünür yoğunluk (g.cm⁻³); d, ekstrüde ürünün çapı (cm); l, ürünün birim ağırlıktaki uzunluğu (cm.g⁻¹).

3.5.2.3. Gerçek yoğunluk

Ekstrüde çerez numunelerinin yoğunlukları (g/cm³) gaz piknometresi (Accupyc 1340, Micromeritics Instrument Corporation, USA) kullanılarak belirlenmiş ve sonuçlar 3 tekrarın ortalaması olarak hesaplanmıştır.

3.5.2.4. Gözeneklilik

Ekstrüde ürünlerin gözenekliliği Eşitlik 3.4'e göre görünür ve gerçek yoğunluk değerleri kullanılarak belirlenmiştir [Giannini vd., 2013; Choudhury ve Gautam, 2003].

$$Gözeneklilik = 1 - \frac{\rho_{görünür}}{\rho_{gerçek}} \quad (3.4)$$

3.5.2.5. Tekstür analizi

Ekstrüde ürünlerin tekstürel karakteristikleri penetrasyon testi temelinde analiz edilmiş olup 7500 N'luk güç kapasitesine sahip TA-XT2i Texture Analyzer (Texture Technologies Corp, scarsdale, NY/Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, UK) cihazı ve Texture Expert (version 2.03) yazılımı ile Veillard vd. (2003) metoduna göre ölçülmüştür. Cihazın kuvvet ve yükseklik kalibrasyonu yapılmadan önce 25 kg'lık yük hücresi monte edilmiştir. Üretim sonrası polietilen torbalara konularak depolanan ürünler direk olarak prob kullanılarak penetrasyona maruz kalmıştır. Numuneyi sıkıştırmak için analiz cihazının koluna bağlı olan Kramer kesme hücresi kullanılmıştır. Numune tamamen (%100) sıkıştırılmış ve cihazın çizdiği kuvvet-mesafe grafiğinde maksimum kuvvet, mesafe ve pik kuvvet sayıları gibi mekanik ifadeler analiz edilmiştir. Maksimum kuvvet değeri ürünün sertliğini belirtirken, cihazın çizdiği eğrinin maksimum kuvvet noktasma kadarki eğimi gevreklik, o noktaya kadarki mesafesi ise kırılmalık olarak kabul edilmiştir [Ding vd., 2005]. Analizi yapılan bütün numunelerin uzunluğu 10 mm olacak şekilde ayarlanmıştır ve her deneme için 10 tekrar yapılmıştır.

3.5.2.6. Renk analizi

Öğütölmüş ekstrüde ürünlerin ve ham nohut tarhanasının Hunter L^* , a^* ve b^* ölçümü olarak renk tayininde Hunter-Lab Kolorimetre kullanılmıştır (D 25-2, Hunter Associates Laboratory Inc., Reston Virginia, USA). Renk değerleri L^* =açıklık (0=siyah, 100=beyaz), a^* ($-a^*$ =yeşillik, $+a^*$ =kırmızılık) ve b^* ($-b^*$ =mavilik, $+b^*$ = sarılık) olarak kaydedilmiştir. Analize başlamadan önce kolorimetre standart beyaz plaka ile kalibre edilmiştir. Beyaz plaka için standart değerler L^* =91,97; a^* = -1,4; b^* =2,0 (Standard C2-22326). Öğütölmüş örnekler

cihazın çapı 85 mm ve yüksekliği 11 mm olan petri kutusuna (Sterilin, Teddington, Middlesex, UK) yerleştirilerek analiz edilmiştir. Her bir numune için, denemelerde 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır [Chinnawamy ve Hanna, 1988]. Toplam renk değişimi Eşitlik 3.5'te bulunan formül ile aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0)^2 + (b^* - b_0)^2 + (a^* - a_0)^2} \quad (3.5)$$

Bu formülde 'o' altsimgesi ekstrüde edilmemiş ham ürünlerin L^* , a^* ve b^* değerlerini göstermektedir.

3.5.3. Fonksiyonel Analizler

3.5.3.1. Su absorplama ve suda çözünme indeksi

Öğütülmüş ve 500µm'lik elekten geçirilmiş ekstrüde ürünler ve fermente edilmiş hammaddeler (0,5 g) santrifüj tüpüne koyulduktan sonra üzerine 10 mL 25°C'de saf su ilave edilmiştir. Hazırlanan karışım 5 dakikada bir karıştırılarak 30 dk boyunca oda sıcaklığında bekletilmiştir. Numuneler 7000 × g kuvvette 15 dakika santrifüj (5804R, Eppendorf centrifuge, Hamburg, Almanya) edildikten sonra santrifüj tüpünün üstündeki berrak kısım önceden darası alınmış alüminyum kaplara boşaltılmış ve sabit tartıma gelinceye kadar 105°C'deki etüvde kurutulmuştur. Santrifüj tüpünde kalan jel kısmının ağırlığı hassas terazide ölçülerek kaydedilmiştir [Anderson vd., 1969]. Eşitlik 3.6. ile su absorplama indeksi, Eşitlik 3.7.'le ise suda çözünme indeksi hesaplanmıştır. Analizler 3 tekerrürlü yapılmıştır.

$$\text{Su absorplama indeksi } \left(\frac{g}{g}\right) = \frac{\text{Jel ağırlığı}}{\text{Numunenin ağırlığı (kuru bazda)}} \quad (3.6)$$

$$\text{Suda çözünme indeksi (\%)} = \frac{\text{Su fazındaki çözünmüş madde ağırlığı}}{\text{Numunenin ağırlığı (kuru bazda)}} \times 100 \quad (3.7)$$

3.5.3.2. Diferansiyel taramalı kalorimetre (DTK) ile nişasta jelatinizasyonu analizi

Perkin Elmer-Intracooler soğutma sistemine sahip diferansiyel taramalı kalorimetre (DTK) (Perkin Elmer, PYRIS 6 DSC, USA) cihazı, ürünlerde nişasta jelatinizasyon seviyesini belirlemek için kullanılmıştır. Örnekler öğütülerek 250 µm'lik elekten geçirilmiş ve 10 mg (kuru bazda) numune 50 µl'lik numune kabına tartılmıştır. Örnekler su/kuru madde oranı 2,5/1 olacak şekilde distile su eklenmiş ve numune kabı hava almayacak şekilde kapatılmıştır. Kapatılan numune kabı 4°C'de bir gece boyunca homojen nem içeriğine gelmesi için bekletilmiştir. DTK kapları 30°C'den 130°C'ye sabit bir hızla (10°C/dk) ısıtılmıştır. Azot gazının akış hızı ise 20 cm³/dk'dır. Analiz sonucunda elde edilen DTK termogramından, nişasta jelatinizasyonu pikinin başlangıç (To), tepe (Tp) ve bitiş (Te) sıcaklıkları belirlenmiştir. Elde edilen pikin alanından jelatinizasyon entalpisi (mJ/mg kuru madde) hesaplanmıştır. Nişasta jelatinizasyon seviyesi 2 tekrarlı olarak belirlenmiştir.

3.5.4. Mikroyapı Analizi

Örneklerin mikroyapısında meydana gelen değişimleri analiz etmek için İkincil Elektron Görüntü (SE), in-Lens SE, Geri Yansıyan Elektron Görüntü (BSE), Katodoluminesans (CL) dedektörlerine sahip taramalı elektron mikroskobu (SEM) (Supra 55, Zeiss, Germany) kullanılmıştır. Numune tutucusu üzerine yerleştirilen örnekler platin kaplama işleminin ardından taramalı elektron mikroskobunda görüntülenmiştir. Örneklerdeki hücre yapıları ve şekilleri değerlendirilmiştir [Ryu vd., 1993]. Taramalı elektron mikroskobunda (SEM) görüntü oluşumu, 5 kV civarında bir potansiyel farkı altında hızlandırılan elektronların incelenecek numuneyi uyarması sonucunda çıkan sinyallerin algılanması ile fotoğraflanmıştır.

Farklı fiziksel özelliklere sahip ekstrüde nohut çerez örnekleri ve bahsedilen çerezlerin ekstrüzyon öncesi karışımları mikroyapı analizinde Spi-Module Sputter kaplama cihazı kullanılarak platin ile kaplanmıştır. Bunun için öncelikle, bıçak ile 1-2 mm kalınlığında kesilen temsili çerez numuneleri ve toz halde olan tarhana örnekleri pirinç çubuklar üzerine yapıştırılmış olan yapışkan karbon bant üzerine bir

spatül yardımı ile sabitlendi. Daha sonra üzerinde tarhana örnekleri bulunan pirinç çubuklar cihazdaki fanusa yerleştirildi. Vakum göstergesi 10-2 mbar'a geldiğinde, 17 mA'lık sabit akımda 5 dakika süre ile kaplama yapılmıştır. SEM incelemeleri JEOL-5600 model taramalı elektron mikroskobu kullanılarak yapılmıştır. SEM çalışmaları Mersin Üniversitesi İleri Teknoloji, Eğitim Araştırma ve Uygulama Merkezi Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

3.5.5. Duyusal Analizler

3.5.5.1. Çerez numuneleri için yapılan duyusal analizler

Fiziksel özellikler bakımından (tekstür, genleşme, yoğunluk vb.) birbirinden farklı görünen ve mikroyapı analizinde de hücre yapısı incelenen 4 numune görünüş, tat, doku ve genel kabul edilebilirlik açısından duyusal analize tabi tutulmuştur. Ekstrüde ürünleri yarı eğitilmiş olarak düşünülen farklı cinsiyet ve yaş gruplarından seçilmiş 22 panelist tarafından formun A kısmı (Tat testi) için 1 (yok) ile 7 (çok kuvvetli) puan arasında; B kısmı (görünüş, doku testi ve genel kabul edilebilirlik) için ise 1 (hiç beğenmedim) ile 7 (çok beğendim) puanlık hedonik skala ölçüsünde değerlendirilmiştir. Numuneler rastgele numaralandırılmış beyaz tabaklar içerisinde aynı nem içerisinde panelistlere sunulmuştur. Panelistler her numuneyi tattıktan sonra ağızlarını su ile çalkalamışlardır. Duyusal özelliklerinin ayrıntılı açıklaması panelistlere verilen formun içinde yer almıştır. Panelistler sertliği "gıdayı ağızda azı dişleri arasında sıkıştırarak belirli bir deformasyon sağlamak için gerekli kuvvet" olarak değerlendirirken gevreklik "ısıрма sırasında çıkan sesin derecesi" olarak puanlandırılmış ve kırılabilirlik ise "maddenin ufalanması, yarılması ve dağıtılması için gerekli kuvvet" olarak tanımlanmıştır. Formda yer alan diğer bilgi olan gözeneklilik "örnek içerisindeki birim alandaki gözenek sayısı" olarak açıklanmıştır. Çerez Numuneleri için hazırlanmış Duyusal Panelist formu Ek-1'de verilmiştir.

3.5.5.2. Çorba numuneleri için yapılan duyusal analizler

Ekstrüde çerezlerden 2 tane, ekstrüde edilmemiş nohut tarhana unlarından 1 tane olmak üzere toplam 3 un 500µm'lik eleklerden geçirilmiştir. Ekstrüde ürünler

için 50 g ürüne 500 mL, ham nohut tarhana ununa ise 700 mL su ilave edilerek orta ateşte 15 dakika boyunca kaynatılmıştır. Duyusal analizleri yapılmak üzere içim sıcaklığında (70°C) çorba numuneleri rastgele numaralandırılarak farklı yaş gruplarından oluşan 10 kişilik bir panelist grubunun değerlendirmesine sunulmuştur. Hazırlanan formda tat, renk, reoloji ve genel kabul edilebilirlik başlıklarına yer verilmiştir ve diğer testler 1'den (hiç beğenmedim) 7'e (çok beğendim) kadar puanlandırılmıştır. Çorba numuneleri için hazırlanmış "Duyusal Panelist Formu" Ek-2'de verilmiştir.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. KİMYASAL ANALİZLER

Bu çalışmada kullanılan ham nohut, yoğurt ve ekstrüde edilmek üzere formülasyona göre hazırlanan tarhana karışımlarının genel bileşim analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Literatürde yer alan çalışmalarda nohudun protein, yağ, kül ve karbonhidrat değerleri Çizelge 4.1 ile benzerlikler göstermektedir [Ma vd., 2011; Abou Arab vd., 2010].

Çizelge 4.1. Ham nohut, yoğurt ve deneysel tasarıma göre hazırlanmış nohut tarhanalarının genel bileşim analizleri

	Nem (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)	K.H. (%)
Ham nohut	8,74 ± 0.05 ¹	20,40 ± 0.04	4,21 ± 0.36	2,87 ± 0.02	63,78
Yoğurt	81,29± 0.18	7,56 ± 0.05	7,10 ± 0.02	0,71 ± 0.05	3,34
Tarhana ²	7,61 ± 0.04	16,76 ± 0.05	8,73 ± 0.10	1,57 ± 0.01	65,33
Tarhana+% 0 Gam	7,96 ± 0.03	14,77 ± 0.05	6,77 ± 0.12	1,61 ± 0.02	68,89
Tarhana+% 1 Gam	8,10 ± 0.04	14,70 ± 0.04	6,44 ± 0.16	1,69 ± 0.02	69,07
Tarhana+% 2,5 Gam	8,53 ± 0.09	14,56 ± 0.06	6,21 ± 0.08	1,74 ± 0.04	68,96
Tarhana+% 4 Gam	8,00 ± 0.06	14,43 ± 0.02	6,16 ± 0.24	1,79 ± 0.03	69,62
Tarhana+% 5 Gam	8,21 ± 0.04	14,35 ± 0.07	6,01 ± 0.14	1,84 ± 0.01	69,59

¹Ortalama±SS, ²Tarhana numunelerine formülasyona göre eşit miktarda nişasta ilave edilmiştir. n=3, K.H.: karbonhidrat

Nohut ve yoğurt kullanılarak fermente edilen karışımın protein değerinin nohuda göre az olmasının nedeni tarhana içerisinde nohut dışında geriye kalan % 50’yi oluşturan bileşenlerin (yoğurt, domates tozu, tatlı toz biber, maya) protein oranının düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ekstrüzyon öncesi karışımların, içine ilave edilen gam oranı arttıkça protein yüzdesinin azaldığı kaydedilmiştir. Bu karışımların protein değerinin 14,35-14,77 aralığında değiştiği gözükülmektedir. Aynı karışımların yağ içeriği yüzde cinsinden 6,01-6,77 arasındadır. Diğer bileşenlerden kül ve karbonhidratın değer aralığı ise yine yüzde cinsinden sırası ile 1,61-1,84 ve 68,89-69,59 arasındadır. Literatürde keçiyoynuzu gamının [USDA, 2014] tamamı diyet lif olmak üzere karbonhidrat oranının %77,3 olduğu

kaydedilmektedir. Bu bilgiyle paralel olarak karışıma ilave edilen gam miktarı artıka karbonhidrat miktarının genelde arttığı Çizelge 4.1’de de görülmektedir.

Fermente edilen karışımlarda asitlik derecesi, fermentasyon süresinin ilermesi ile arttığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.2). Asitlikteki artışa paralel olarak, pH değerlerinde düşme meydana gelmiştir.

Çizelge 4.2. Fermente edilen karışımın pH ve titrasyon asitliği analiz sonuçları

	pH			Titrasyon asitliği (%)		
	0 saat	3 saat	6 saat	0 saat	3 saat	6 saat
Tarhana	4,79±0,04	4,71±0,07	4,01±0,03	1,33±0,04	1,46±0,06	1,67±0,03

Nohut, Çizelge 3.1’de yer alan değerler esas alınarak fermente edildikten sonra nişasta ve keçiyoynuzu gamı ilave edilip ekstrüzyon öncesi karışımlar hazırlanmıştır. Deneysel tasarımda yer alan toplam 5 farklı formülasyonun ekstrüzyon öncesi pH ve titrasyon asitliği değerleri Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Ekstrüzyon öncesi hazırlanan karışımların pH ve titrasyon asitliği analiz sonuçları

Karışımlar	pH	Titrasyon Asitliği (%)
Tarhana+Nişasta+%0 Gam	4,26±0,01	1,76 ± 0,02
Tarhana+Nişasta+%1 Gam	4,36±0,02	1,70 ± 0,03
Tarhana+Nişasta+%2.5 Gam	4,39±0,02	1,62 ± 0,02
Tarhana+Nişasta+%4 Gam	4,58±0,01	1,54 ± 0,01
Tarhana+Nişasta+%5 Gam	4,74±0,05	1,37 ± 0,02

4.2. FİZİKSEL ÖZELLİKLER

Ekstrüzyon sonrası ürünlerde tüketici tarafından albeni yaratan özellikler olarak kabul edilen genişleme oranı, görünür yoğunluk ve gözeneklilik gibi özellikler ile beraber tekstürel özellikler (sertlik, kırılgenlik ve gevreklik) de incelenmiş ve sonuçlar tepki yüzey yöntemi ile modellenmiştir. Ek 3’de yer alan ürün fotoğrafları numunelerin fiziksel özellikleri (özellikle genişleme oranları) hakkında bilgi vermektedir.

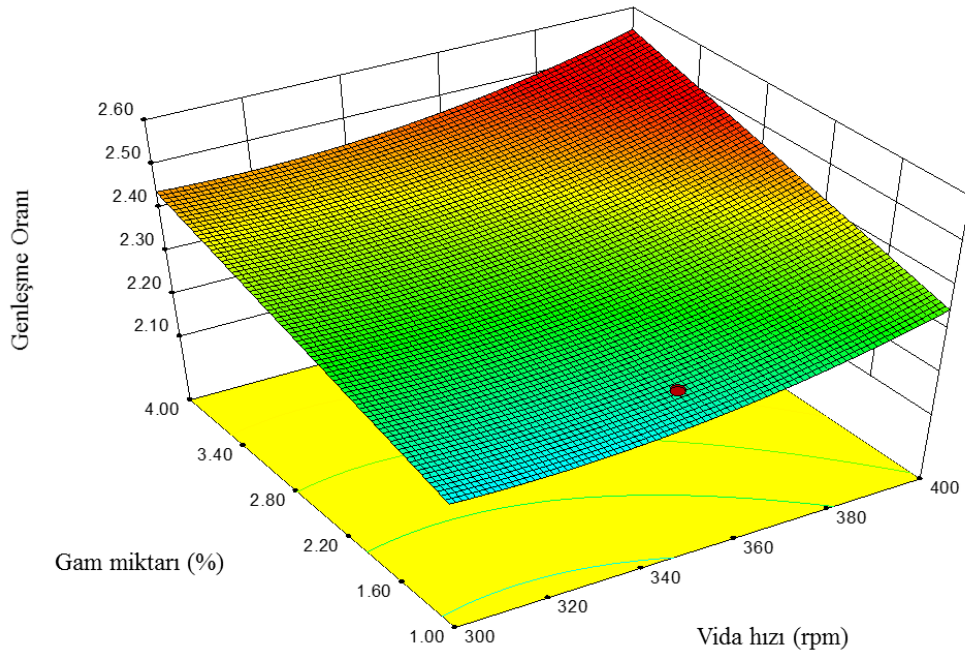
4.2.1. Genleşme Oranı

Ekstrüder cihazı içinde erimiş halde bulunan malzeme, kalıp noktasından çıkar çıkmaz yüksek basınç değerlerinden ani bir şekilde atmosferik basınca düşer. Bu basınç düşüşü ürün içi neminin kızgın buhar olarak çıkmasına ve dolayısıyla erimiş haldeki ekstrüde üründe gözenekler oluşmasına sebep olur. Bu kabarcık oluşumu fiziksel anlamda genleşme olarak tanımlanır [Arhaliass vd., 2003]. Genleşme oranı ekstrüde çerez numunelerinin ekstrüzyon işlemi sırasında ne kadar genişlediğini ifade etmek için Eşitlik 3.2'ye göre hesaplanmıştır.

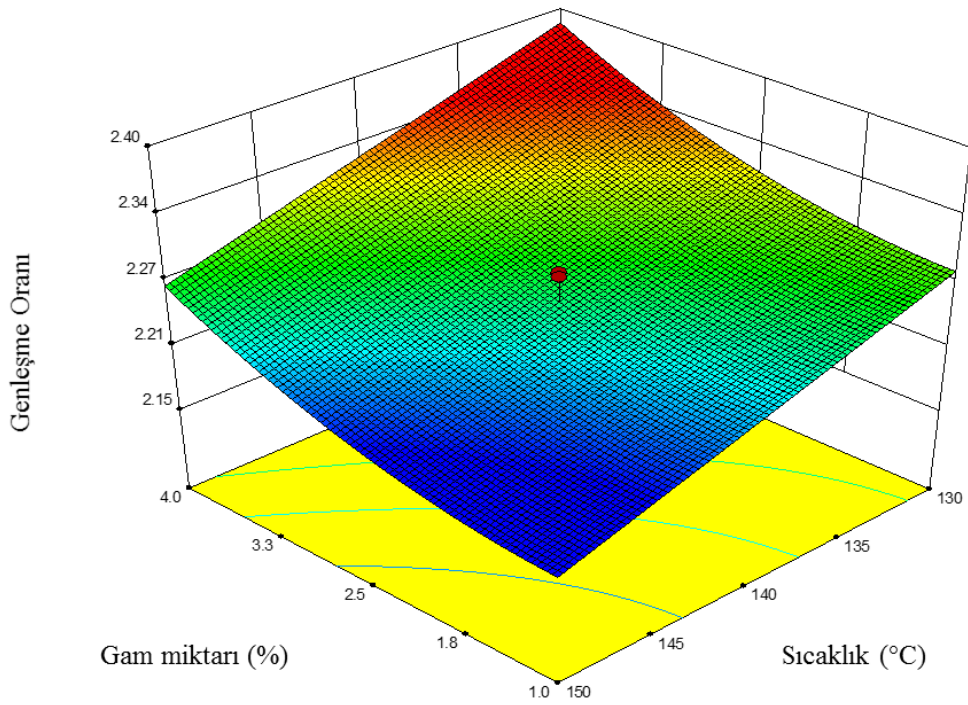
Ürünlerin genleşme oranları $2,16\pm 0,05$ ile $2,49\pm 0,12$ aralığında değişmektedir. Ek-4 (a)'da verilen istatistik verilerine göre ikinci dereceden faktör etkileşimli model genleşme verilerini önemli derecede ($P<0,05$) ifade edebilmektedir. Ürün genleşmesi üzerinde vida hızı ve sıcaklık etkileri önemli düzeyde olmakla beraber, ikinci dereceden vida hızı denklemi etkileşimli olarak ürün genleşmesini etkilemektedir.

Ürün genleşmesinin farklı ekstrüzyon işlemi şartlarındaki değişimi Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Gam miktarı ve vida hızı genleşme oranı üzerinde doğrusal pozitif etki gösterirken ($P<0,05$), sıcaklık değişkeni istatistiksel olarak önemli düzeyde negatif etkiye yol açmıştır (Ek 4 (a)). Vida hızının ikinci dereceden etkisi de model üzerinde önemli bulunmuştur.

Ekstrüde nohut bazlı çerez numunelerinin genleşme oranı, özellikle yüksek gam miktarlarında vida hızı ile doğru orantılı olarak artmıştır (Şekil 4.1). Meng vd. (2010) yapmış oldukları çalışmada elde ettiği bulgular ile bu tezin bulguları paralellik göstermektedir. Ekstrüderin vida hızı arttıkça numunenin kovan çıkışında maruz kaldığı toplam basıncın artması ve buna bağlı olarak atmosfer basıncı ile oluşan basınç farkının yükselmesinden dolayı çerez numunelerinin daha iyi genişlediği düşünülmektedir.

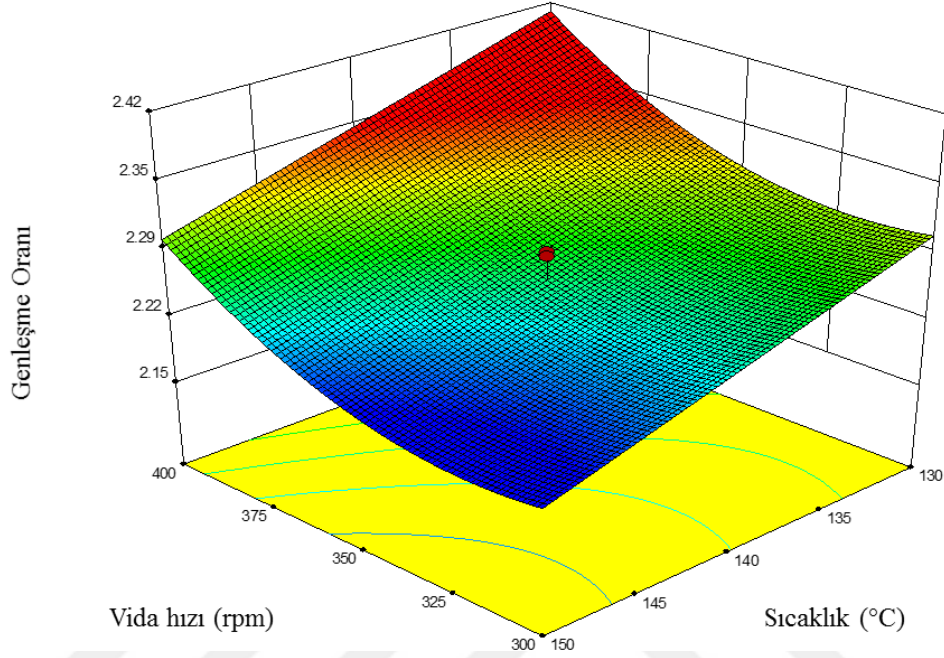


Şekil 4.1. Gam miktarı ve vida hızının 140°C kalıp sıcaklığında genleşme oranına etkisinin tepki yüzey grafiği



Şekil 4.2. Gam miktarı ve sıcaklığın 350 rpm vida hızında genleşme oranına etkisinin tepki yüzey grafiği

Ekstrüde ürünlerin gam miktarının artmasıyla genişleme oranının bir miktar arttığı çizilen grafiklerden görülebilmektedir (Şekil 4.1; Şekil 4.2). Gam miktarındaki artışın genişleme üzerindeki pozitif etkisi; eklenen gamın viskoziteyi artırması, suyu tutması ve reolojik özellikleri kontrol etmesi ile açıklanabilir [Gimeno vd., 2004].



Şekil 4.3. Vida hızı ve sıcaklığın %2,5 gam miktarında genişleme oranına etkisinin tepki yüzey grafiği

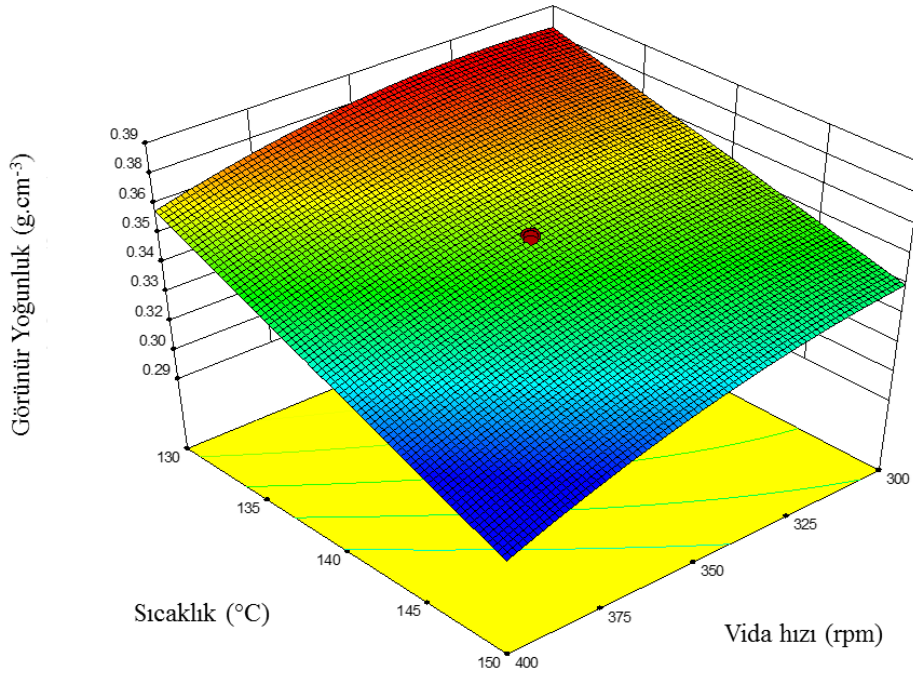
Kalıp sıcaklığının artması genişleme oranını azaltmıştır (Şekil 4.2; Şekil 4.3). Ekstrüde ürünlerden en düşük genişleme oranı deney tasarımının en yüksek sıcaklık değeri olan 156°C’de gerçekleşmiştir. Literatürde de, ekstrüde ürünlerin yapısının çok yüksek sıcaklıklar uygulandığında nişasta degradasyonu, dekstrinizasyon gibi nedenlerden dolayı zayıflayıp bozulduğu ve buna bağlı olarak üründeki genişleme oranının azaldığı kaydedilmektedir [Mendonça vd., 2000; Doğan ve Karwe, 2003].

4.2.2. Görünür Yoğunluk

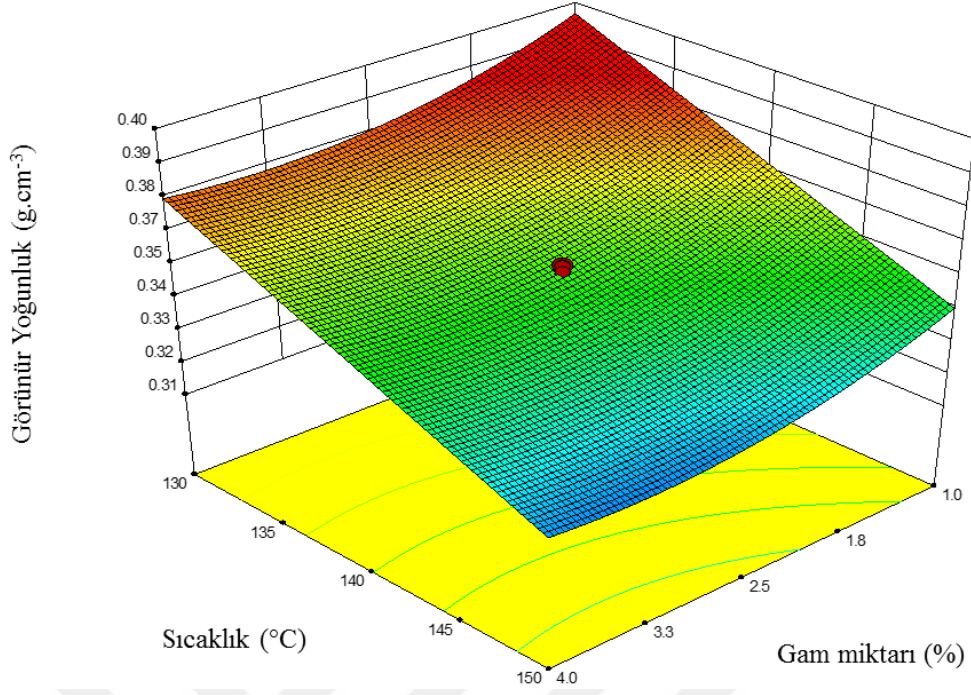
Yoğunluk, ekstrüde çerez numunelerinin birim hacminin ne kadar ağırlıkta olduğunu ifade etmek için ölçülmüştür. Diğer bir yandan yoğunluk, genişleme oranı ile birlikte ekstrüde ürünlerde genişleme derecesini ifade eden bir terimdir [Asare vd., 2004; Tacer-Caba vd., 2014]. Ekstrüde nohut çerezlerinin görünür yoğunluk

değerleri 0.3 ± 0.002 ile 0.4 ± 0.001 g/cm^3 aralığında değişmektedir. Ekstrüzyon proses değişkenlerinin ve gam miktarının görünür yoğunluk üzerine etkisinin açıklanmasında ikinci dereceden model önemli bulunmuştur (Ek-4 (a)). ANOVA sonuçlarına göre gam miktarı ve vida hızının doğrusal ve ikinci dereceden etkisi önemli bulunurken ($P < 0.05$) sıcaklığın sadece doğrusal etkisi önemli ($P < 0.05$) bulunmuştur. Görünür yoğunluk için belirlilik katsayısı (R^2) 0.9411'dir.

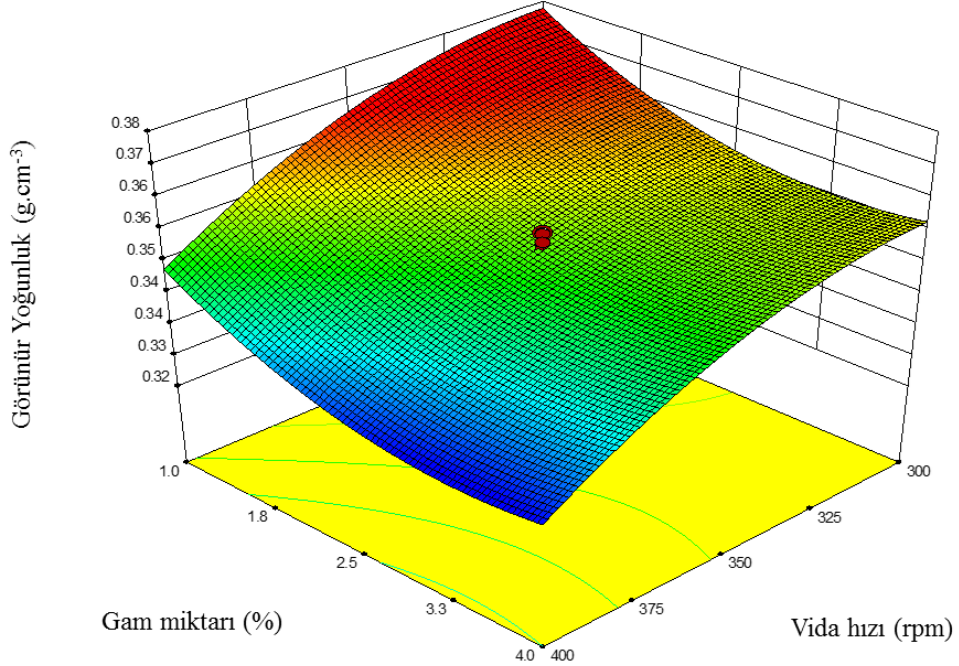
Sıcaklık, vida hızı ve gam miktarının görünür yoğunluk üzerine etkisinin tepki yüzey grafikleri Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da verilmiştir. Görünür yoğunluktaki değişim, gam miktarı, sıcaklık ve vida hızından önemli derecede etkilenmiştir ($P < 0.05$). Bu grafikler incelendiğinde, ekstrüder kalıp sıcaklığının artması nohut çerezlerinin görünür yoğunluk değerlerini önemli bir şekilde azalttığı kaydedilmiştir. Vida hızının artması, düşük kalıp sıcaklığında yoğunluk üzerinde pek etki göstermez iken, yüksek sıcaklıklarda yoğunluğu önemli ölçüde azaltmıştır (Şekil 4.4). Ekstrüzyon işleminde değişken olarak seçilen vida hızının artması nohut çerezi numunelerinin yoğunluklarında bir azalmaya neden olmuştur. Yüksek vida hızı uygulanan işlemlerde görünür yoğunluktaki azalmanın nedeninin numunenin maruz kaldığı spesifik mekanik enerjinin artması ve dolayısıyla numunenin artan kalıp basıncı değerlerinde daha fazla genleşmesi olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.4. Sıcaklık ve vida hızının %2,5 gam miktarında görünür yoğunluğa etkisinin tepki yüzey grafiği



Şekil 4.5. Sıcaklık ve gam miktarının 350 rpm vida hızında görünür yoğunluğa etkisinin tepki yüzey grafiği



Şekil 4.6. Gam miktarı ve vida hızının 140°C kalıp sıcaklığında görünür yoğunluğa etkisinin tepki yüzey grafiği

Literatürdeki çalışmalarda genleşme oranının genelde yoğunluk değerleri ile ters orantılı olduğu kaydedilmiştir [Ilo vd., 1999]. Bu çalışmada da gam içeriği %2.5, üretim koşulları ise 140°C ve 434 rpm olan ürünün görünür yoğunluğu tüm ürünler içinde en düşük değere sahip olurken, aynı ürünün genleşme oranı ise en yüksek değerler arasındadır. Genleşme oranı ve yoğunluk verilerinin arasında negatif korelasyon ($-0.781, P<0.01$) bulunan sonuçları desteklemektedir.

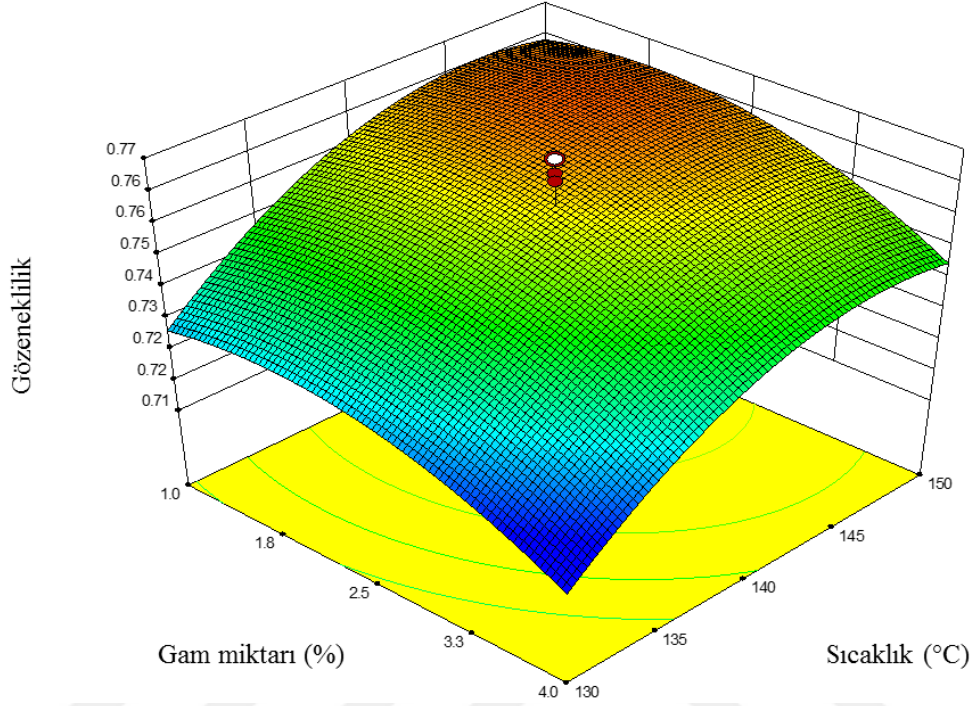
Sıcaklık, suyun buhar basıncını ve bundan dolayı da ürünün genleşme derecesini belirler. Yüksek sıcaklık ekstrüder içinde hamur kütesinin viskozitesini düşürür ve kalıp noktasındaki doğrusal hız artmış olur. Diğer bir taraftan, çözünmeyen lif varlığı elastikliği ve plastikliği düşürür [Hsieh vd.,1989]. Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da görüldüğü gibi sabit sıcaklık ve vida hızında gam miktarındaki artış yoğunluk değerini azaltmakla beraber bu değişim vida hızı ve sıcaklığın yoğunluk üzerindeki etkisine göre nispeten azdır.

4.2.3. Gözeneklilik

Ekstrüzyon tekniği sayesinde gözenek hacmi ve sayısı değişmekle beraber çerez olarak adlandırılan patlak ürünler üretilmektedir. Kalıp noktasından çıktıktan sonra basıncın ani düşmesi ile oluşan yüzlerce küçük baloncuklardan dolayı gözenekli süngerimsi bir yapı oluşmaktadır [Suknark vd., 1997]. Gıdaların ekstrüde edilmesi sırasında oluşan gözeneklilik ürünlerin genleşme özelliklerini tanımlamak için kullanılabilir [Thymi vd., 2005; Yanniotis vd., 2007]. Deney tasarımına göre üretilen ürünlerin gözeneklilik değerleri 0.67-0.81 arasında değişmektedir. Çizelge 4.4'de görüldüğü gibi bu değerler üzerinde vida hızı, sıcaklık, sıcaklık ve gam miktarının karesi değişimi etkili ($P<0.05$) olmuştur. Gam miktarı-vida hızı, sıcaklık-vida hızı etkileşimli olarak gözeneklilik üzerinde (Şekil 4.8, Şekil 4.9) önemli etki göstermemiştir ($P>0.05$). Belirlilik katsayısı (R^2) Ek-4 (a)'da görüldüğü üzere 0.7797 olarak bulunmuştur.

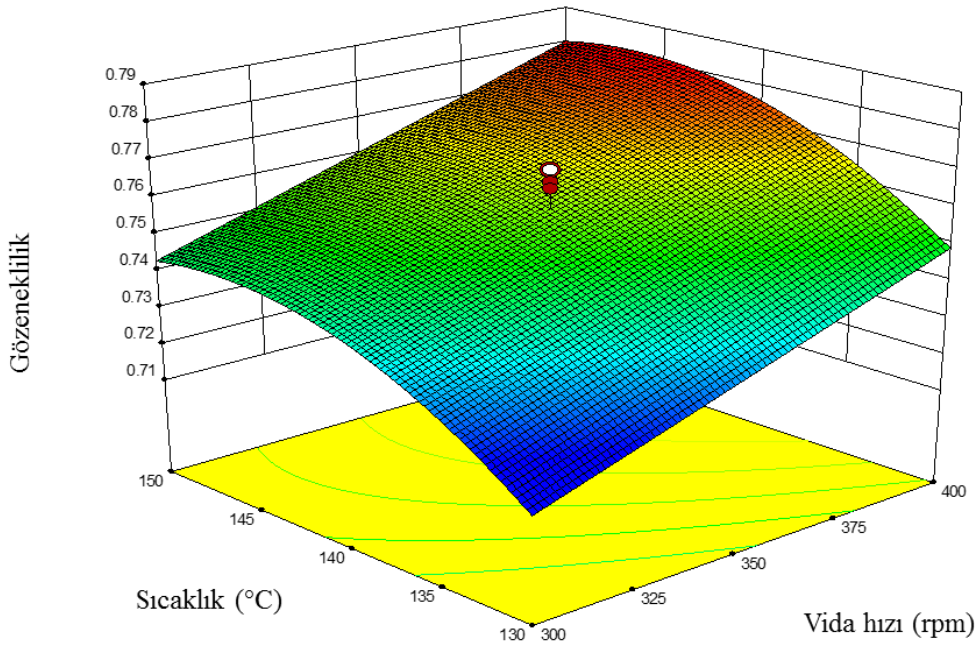
Önceki çalışmalarda yoğunluktaki artışın düşük genleşme ile ilişkili olduğu ortaya konmuştur [Suknark vd., 1997; Rayas-Duarte vd., 1998]. Bunun sebebi olarak genleşme oranı düşük olan ürünlerde öğütme işleminden sonra daha kompakt

ürünlerin ortaya çıkmasıdır. Bu sonuç daha önceki çalışmalarda da göze çarpmaktadır [Camire ve King, 1991; Suknark vd., 1997; Rayas-Duarte vd., 1998; Ilo vd., 1999, Yağcı ve Göğüş, 2008].

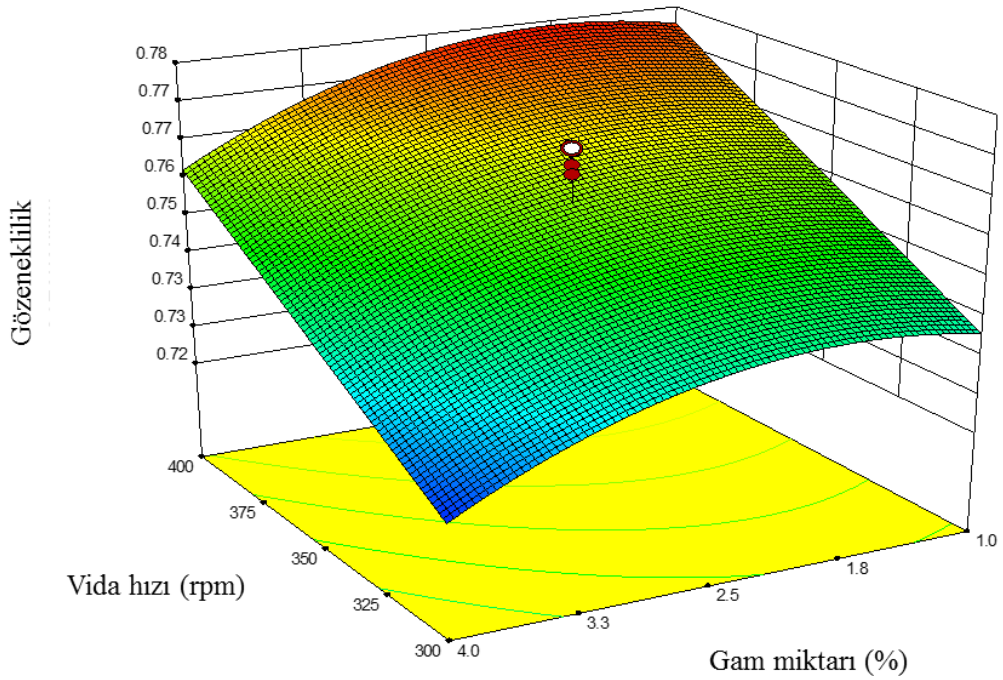


Şekil 4.7. Gam miktarı ve sıcaklığın 350 rpm vida hızında gözenekliliğe etkisinin tepki yüzey grafiği

Ekstrüder kalıp sıcaklığı 140°C olana kadar gözenekliliğin arttığı, daha yüksek değerlerde ise azaldığı görölmektedir. Mendonça vd. (2000), Yağcı ve Göğüş'ün (2008) çalışmasında benzer bir şekilde sıcaklığın deney tasarımına göre merkez değerine kadar artışı gözenekliliği arttırmış, sıcaklığın daha fazla artması düşürmüştür. Çalışmada vida hızı gözenekliliği pozitif yönde etkilemektedir (Şekil 4.8; Şekil 4.9). Şekil 4.4 ve Şekil 4.6'da göröleceği üzere vida hızı artışı görünür yoğunluğu azaltmıştır. Gözeneklilik hesaplamasının yapıldığı Eşitlik 3.4'te de gözeneklilik ile görünür yoğunluğun ters orantılı olduğu belli olmaktadır. Bu bulgu diğer araştırmacıların sonuçları ile uyumlu gözükmektedir [Camire ve King, 1991; Ilo, vd., 1999; Rayas-Duarte vd., 1998; Suknark vd., 1997; Yağcı ve Göğüş, 2008].



Şekil 4.8. Sıcaklık ve vida hızının %2,5 gam miktarında gözenekliliğe etkisinin tepki yüzey grafiği



Şekil 4.9. Vida hızı ve gam miktarının 140°C kalıp sıcaklığında gözenekliliğe etkisinin tepki yüzey grafiği

4.2.4. Tekstürel Özellikler

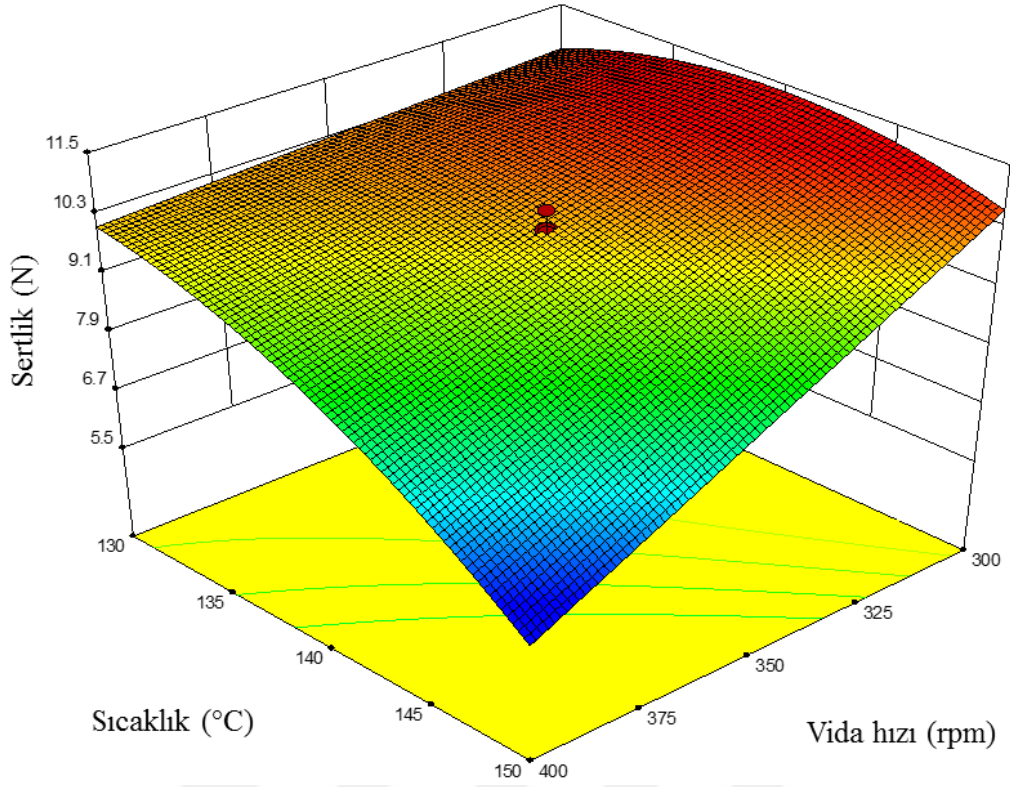
Ekstrüde ürünlerin tekstürel özellikleri genellikle sertlik, gevreklik ve kırılabilirlik olarak tanımlanır ve ürünü kırmak için gerekli olan kuvveti ölçerek belirlenir [Singh vd., 1994]. Ekstrüde ürünlerin sertlik, kırılabilirlik ve gevreklik değerleri için ANOVA sonuçları Ek-4 (b)'de verilmiştir. Elde edilen veriler üzerinde ikinci dereceden modelleme yapılmış ve belirlilik katsayısı (R^2) değeri sertlik, kırılabilirlik ve gevreklik için sırası ile 0,9357, 0,9522 ve 0,8404 olarak bulunmuştur (Ek-4 (b)).

Nohut çerezlerinin sertlik ve gevreklik değerleri ile yoğunluk değerleri arasında istatistiksel olarak bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Korelasyon sabitleri sırasıyla sertlik ve yoğunluk arasında (0.896, $p<0.01$) ve gevreklik ve yoğunluk arasında (-0.756, $p<0.01$) değerlerindedir. Bu durum yoğunluğun azalmasıyla örneklerin tekstürel özelliklerinin iyileştiğine işaret etmektedir.

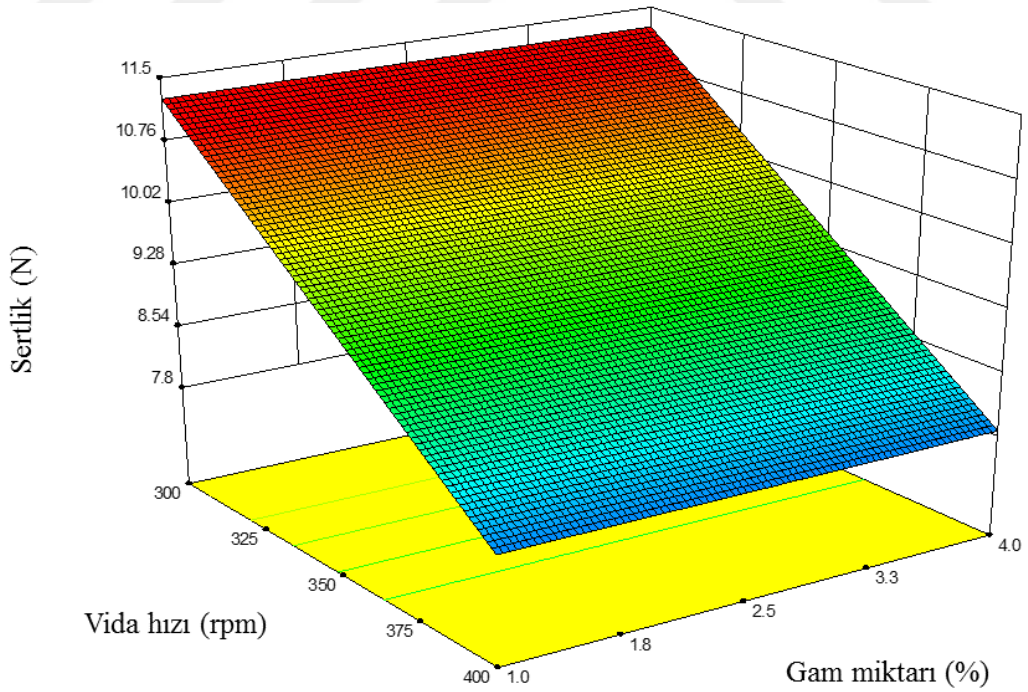
4.2.4.1. Sertlik

Ekstrüzyon tekniği ile üretilen ürünlerdeki sertlik bir insan algısıdır ve ürünün hücre yapısıyla ve genişmesi ile ilişkilidir. Tekstür analiz cihazının maksimum pik kuvveti, probun numuneye ilk penetrasyonuna karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanır ve ekstrüde ürünün sertliği olarak kabul edilir [Li vd., 2005]. Bu tez çalışmasında sertlik olarak hesaplanan maksimum kuvvet değeri 5.71-12.78 N aralığında ölçülmüştür.

Deneysel tasarımda belirtilen koşullarda yapılan çalışmalar sertlik değerinin, sıcaklığın doğrusal ve ikinci derece terimlerinden istatistiksel olarak önemli derecede etkilendiğini göstermiştir ($P<0.05$). Sıcaklığın ve vida hızının etkileşimli olarak etkisi önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Ekstrüzyon koşulların sertlik üzerindeki etkisi Şekil 4.10, 4.11 ve 4.12'de gösterilmiştir.

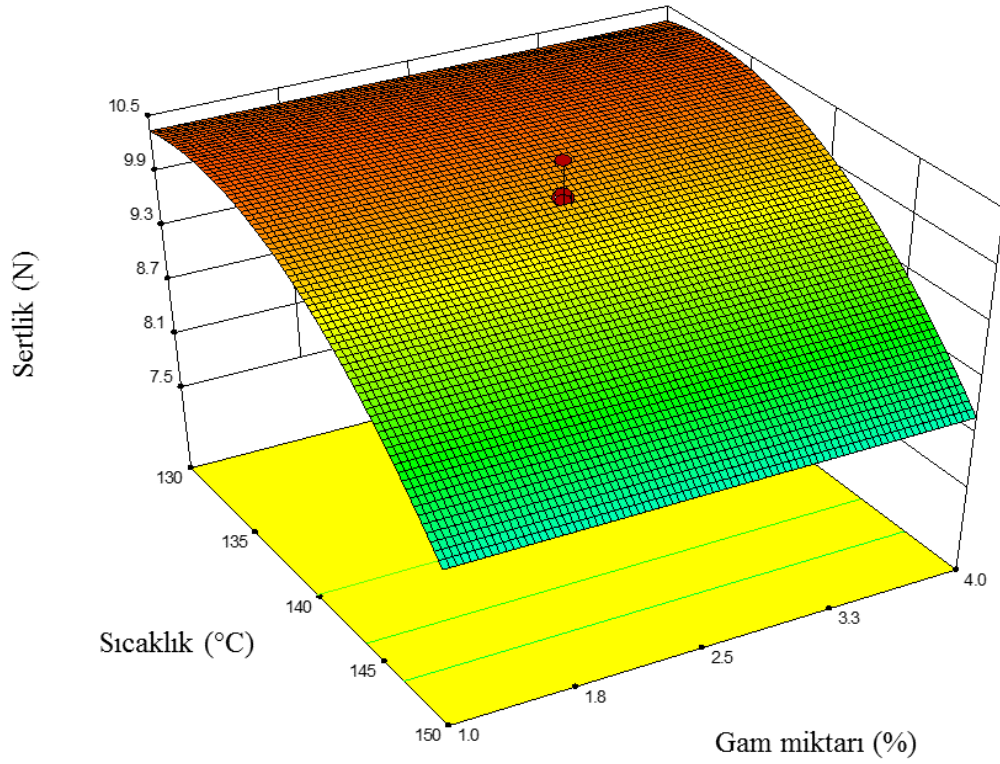


Şekil 4.10. Sıcaklık ve vida hızının %2,5 gam miktarında sertliğe etkisinin tepki yüzey grafiği



Şekil 4.11. Vida hızı ve gam miktarının 140°C kalıp sıcaklığında sertliğe etkisinin tepki yüzey grafiği

Artan vida hızı ekstrüde ürünlerin sertliği düşürmüştür (Şekil 4.10; Şekil 4.11). Stojeska vd. (2010) glutensiz ekstrüde ürünlerde bu tez çalışmasının bulguları ile benzer şekilde vida hızın sertliği düşürdüğünü gözlemlemiştir. Liu vd. (2000) ekstrüde yulaf-mısır çerez sertliğinin vida hızı azaldıkça yükseldiğini bulmuştur. Vida hızının 200'den 400 rpm'e çıkarılmasının ekstrüde ürünlerde sertliği azalttığı literatürdeki çalışmaların bulguları arasındadır [Wu vd., 2007]. Ayrıca, yüksek sıcaklıklarda vida hızının etkisinin düşük sıcaklıklara kıyasla daha fazla olduğu Şekil 4.10'da görülebilmektedir.



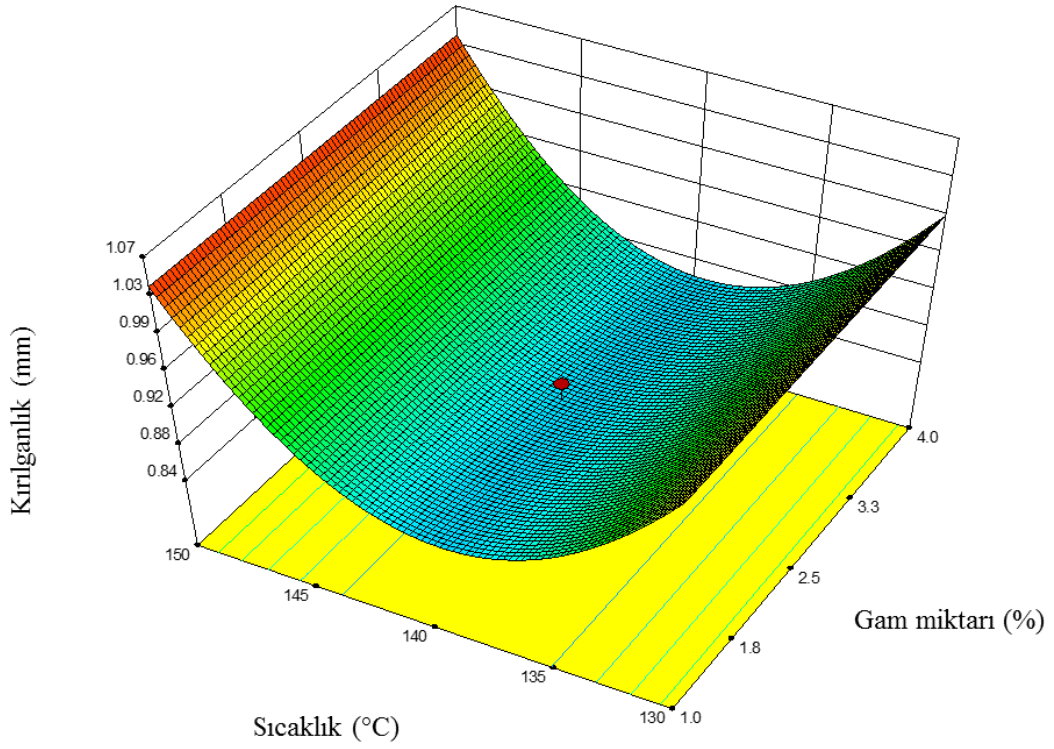
Şekil 4.12. Sıcaklık ve gam miktarınının 350 rpm vida hızında sertliğe etkisinin tepki yüzey grafiği

Sıcaklığın artması ile ürün sertliğinde azalma gözlemlenmiştir (Şekil 4.10, Şekil 4.12). Bu bulgu diğer araştırmacılar tarafından da kaydedilmiştir. Doğan ve Karwe (2003) kalıp sıcaklığının azalması ile kiona kullanılarak hazırlanan ekstrüde ürünlerinin sertliğinin arttığını belirtmiştir. Yuliani vd. (2006) artan sıcaklığın nişasta ve D-limonene karışımının sertliğini azalttığını kaydetmiştir. Meng vd. (2010) nohut

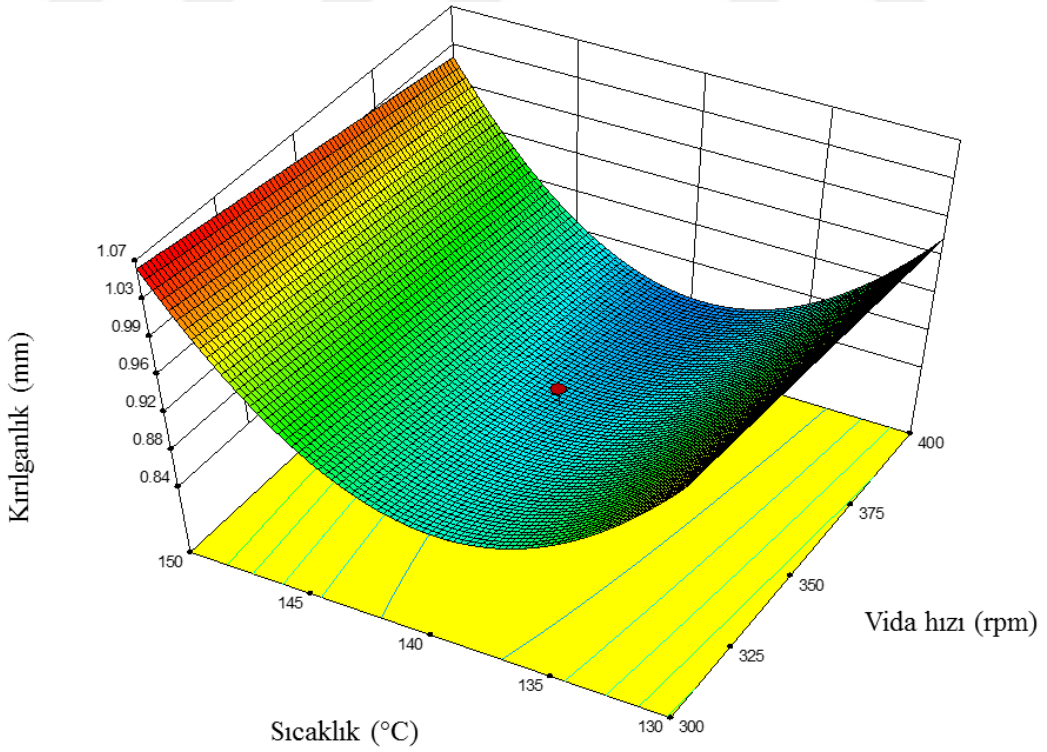
unu bazlı ekstrüde çerezlerinde en düşük sertlik değerine deney tasarımındaki en yüksek sıcaklık değerinde (177°C) ulaşmıştır. Ding vd. (2005; 2006) çalışmalarında sıcaklık yükselişinin viskoziteyi azalttığı, fakat kovan içindeki suyun buhar basıncını arttırdığı sonucuna varmışlardır. Bu durumun genleşmeye sebep olan gözenek gelişimini sağladığı, bu gelişimin de sertlik değerini düşürdüğü bulunmuştur. Ayrıca, deney tasarımının değişkenlerinden biri olan gam miktarı ekstrüde ürünlerin sertliği üzerinde anlamlı bir etki göstermemiştir.

4.2.4.2. Kırılgnalık

Kırılgnan çerezlere kuvvet uygulandığında, hücresel yapı zorlanmış olur ve çerez tüketen insanlar için tazelik hissi veren ses çıkar [Vickers ve Bourne, 1976]. Ekstrüde ürünü kırmak için gerekli olan mesafe kırılgnalık olarak ölçülmüştür. Ekstrüde ürünler için ölçülen mesafe değerleri 0.81-1.31 mm aralığındadır. Sıcaklık, gam miktarı ve vida hızının kırılgnalık üzerine etkisi Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'de gösterilmiştir. Ürünlerin kırılgnlığını etkileyen ana faktör sıcaklık olmuştur. 140°C'ye kadar sıcaklık artışı kırılgnlığı önemli ölçüde azaltırken, 140°C'nin üzerindeki değerlerde bir miktar artış olmuştur. Altan vd. (2008) yapmış oldukları çalışmada sıcaklığın belli bir dereceye kadar artışı ile kırılgnlığın düştüğünü, artan sıcaklık ile yükseldiğini bulmuşlardır.



Şekil 4.13. Sıcaklık ve gam miktarının 350 rpm vida hızında kırılmalığa etkisinin tepki yüzey grafiği

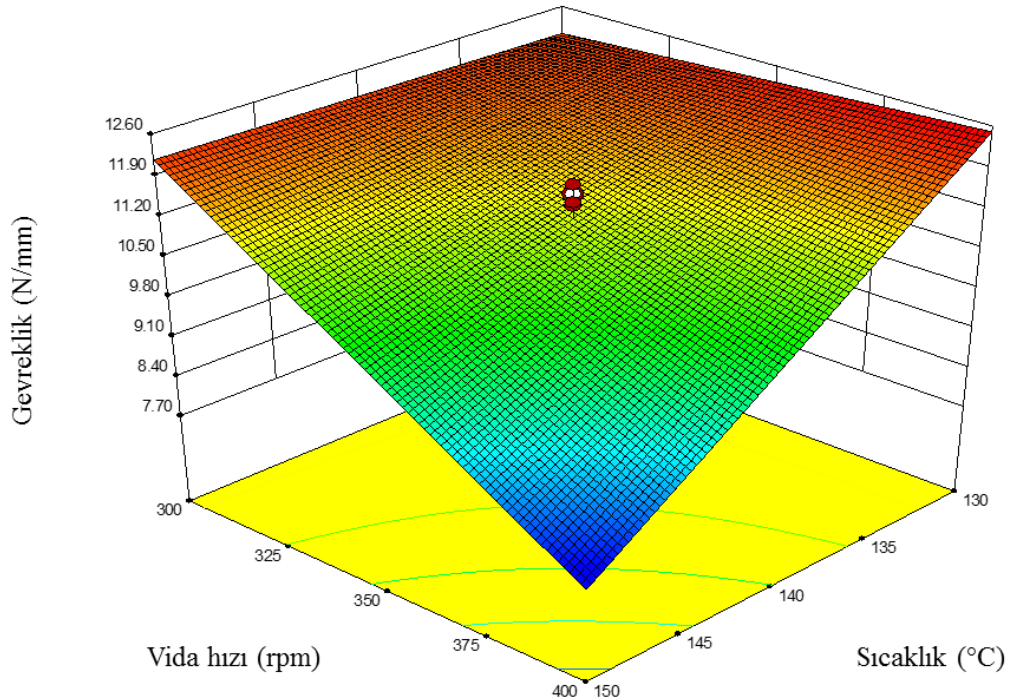


Şekil 4.14. Sıcaklık ve vida hızının %2,5 gam miktarında kırılmalığa etkisinin tepki yüzey grafiği

4.2.4.3. Gevreklik

Gevreklik, çerez gıdalar ve firm ürünleri için sıklıkla kullanılan tekstürel bir özelliktir ve kırıldığında tiz ses çıkaran düşük yoğunluklu hücreli yapı ile ilişkili olduğu bilinmektedir [Le Meste vd., 2002]. Tekstür analiz cihazının verdiği kuvvet-zaman grafiğinde maksimum kuvvet noktasına kadarki eğim gevreklik olarak tanımlanmıştır [Jackson vd., 1996]. Bu eğim ne kadar az ise, ürünün gevrekliğinin arttığı düşünülmektedir [Altan vd., 2008].

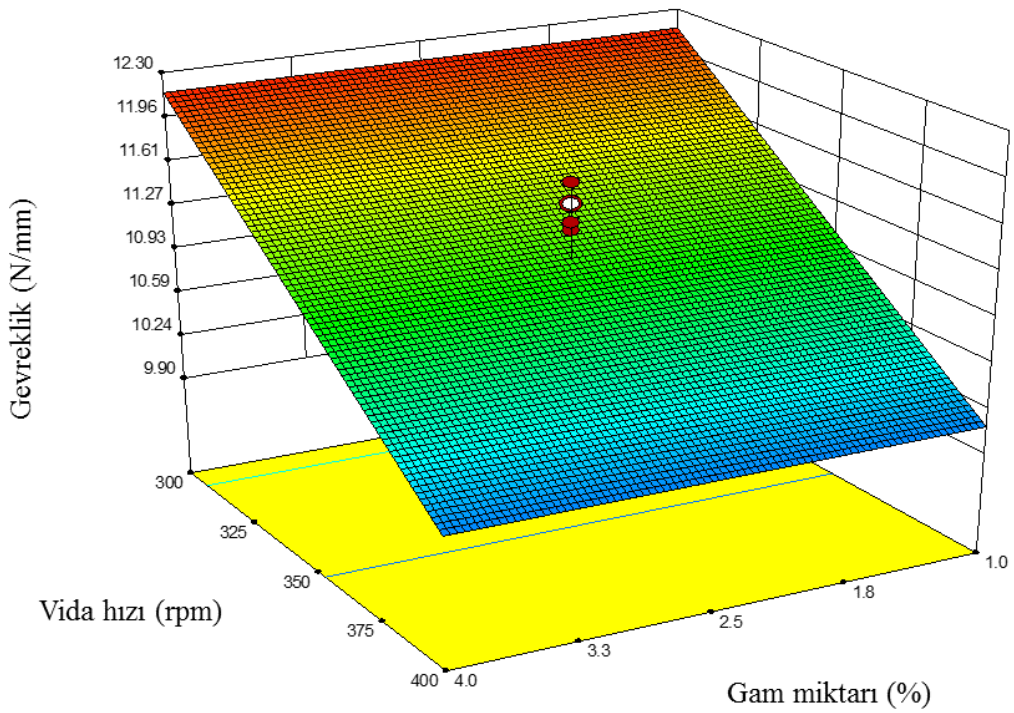
Ekstrüde ürünlerin gevreklik değerleri 7,28 N/mm ile 13,53 N/mm arasında değişmiştir. Sıcaklık, vida hızı ve de sıcaklık ile vida hızının etkileşimi gevreklik değerlerini istatistiksel olarak önemli derecede değiştirmiştir ($P<0.05$). Ancak, gam miktarı etkili bir değişime sebep olmamıştır (Ek-4 (b)). Şekil 4.15’de görüldüğü üzere, sıcaklık ve vida hızının artması eğim değerlerini önemli ölçüde düşürmüştür. Eğim değerlerinin azalması ürünün daha gevrek olduğu anlamına gelmektedir. Bir başka deyişle, deney tasarımında yüksek sıcaklık koşulunda üretilen ürünlerin daha gevrek olduğu anlaşılmaktadır. Literatürdeki bazı çalışmalar da bunu doğrulamaktadır [Duizer ve Winger; 2006; Altan vd., 2008].



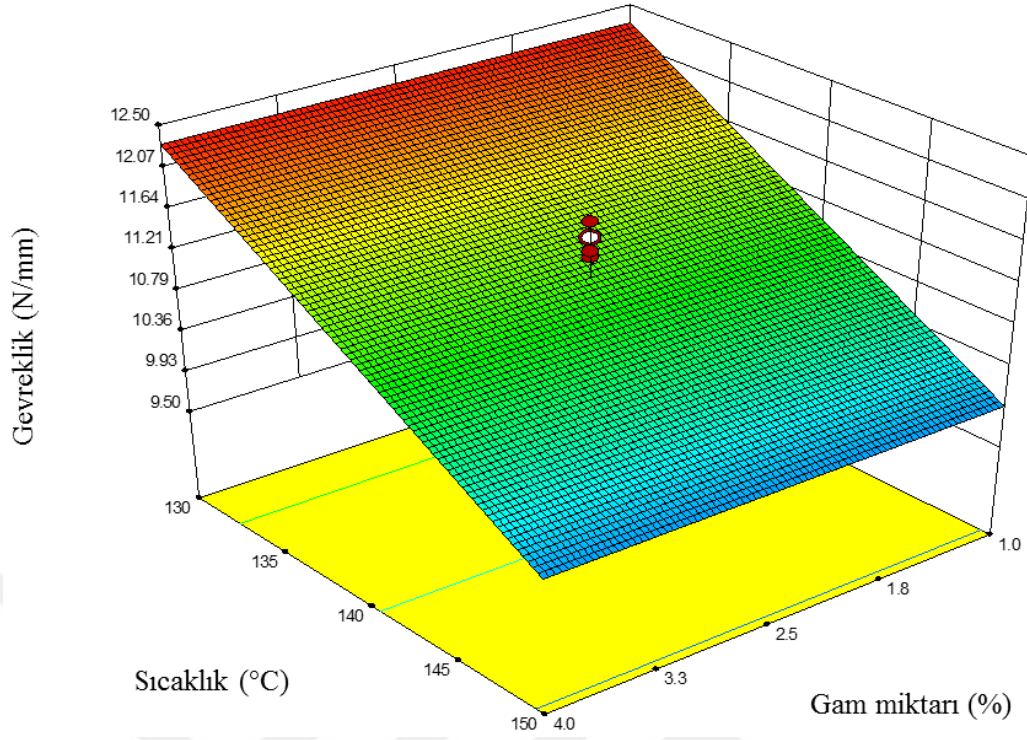
Şekil 4.15. Vida hızı ve sıcaklığın %2,5 gam miktarında gevrekliğe etkisinin tepki yüzey grafiği

Yapılan çalışmada 300 rpm'den 400 rpm'e artan vida hızı, tekstür analiz cihazının çizdiği "kuvvet-mesafe" grafiğinin eğimini azaltmış, diğer bir deyişle gevrekliği artırmıştır. Bu gidişat, sertlikteki azalma ile ilişkilendirilebilir.

Gevreklik değerleri ile sertlik verilerinin korelasyon analizi sonucu, bu iki değişken arasında negatif bir korelasyon olduğu (-0.935 , $P < 0.01$) tespit edilmiştir. Aşırı işlem şartları ürünlerin tekstürel özelliklerini geliştirmiş, daha gevrek yapıda bir ürün üretilmesini sağlamıştır.



Şekil 4.16. Vida hızı ve gam miktarının 140°C kalıp sıcaklığında gevrekliğe etkisinin tepki yüzey grafiği



Şekil 4.17. Sıcaklık ve gam miktarının 350 rpm vida hızında gevrekliğe etkisinin tepki yüzey grafiği

4.2.5. Renk

Gıda ürünleri için renk, kabul edilebilirlik açısından önemli bir kalite faktörüdür. Ekstrüde çerez numunelerinde ürün rengi açıklık (L^*), kırmızılık (a^*) ve sarılık (b^*) olmak üzere üç farklı parametre ile ifade edilmiştir. Ekstrüde edilmemiş karışımların renk değerleri Çizelge 4.4’de verilmiştir. Bu çizelgede belirtildiği üzere renk değer aralıkları: L^* : 74,24-78,59; a^* : 2,45-4,37; b^* : 16,18-18,08 ölçülmüştür. Numunelerin ΔE değerleri 38,29-47,41 arasında değişmiştir.

Çizelge 4.4. Farklı gam içeriklerine sahip ham nohut tarhanalarının renk değerleri

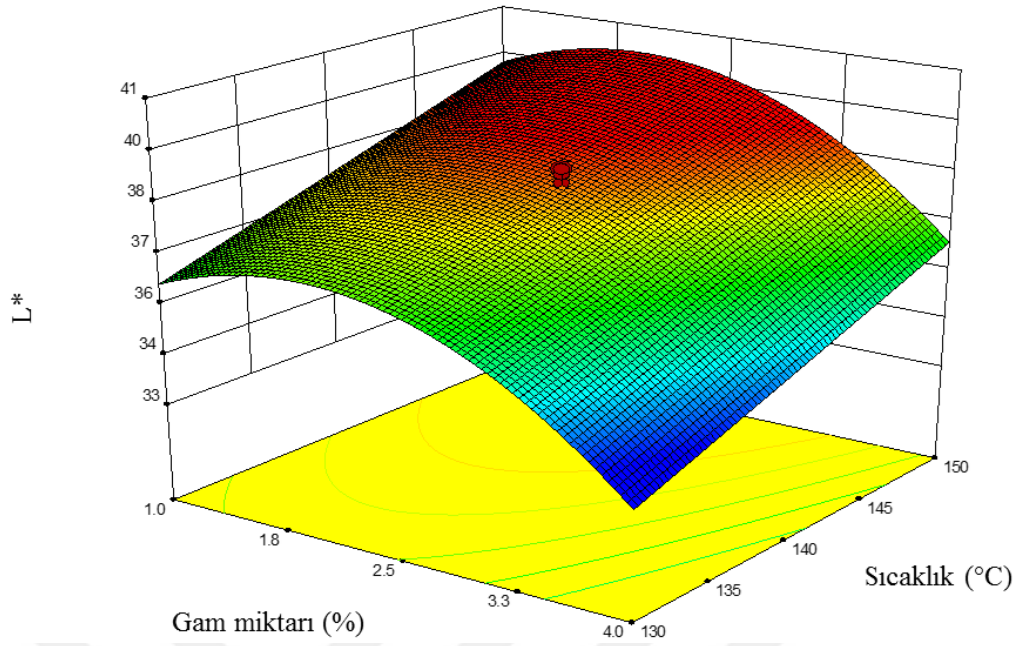
	A	B	C	D	E
L^*	77,92±1,16	78,59±0,29	78,31±0,07	78,55±0,99	74,24±0,26
a^*	2,71±0,34	4,12±0,14	4,37±0,03	2,45±0,26	3,95±0,1
b^*	16,88±0,21	16,18±0,26	16,56±0,12	16,36±0,09	18,08±0,15

A: %0 gam içerikli tarhana, B: %1 gam içerikli tarhana, C: %2,5 gam içerikli tarhana, D: %4 gam içerikli tarhana, E: %5 gam içerikli tarhana

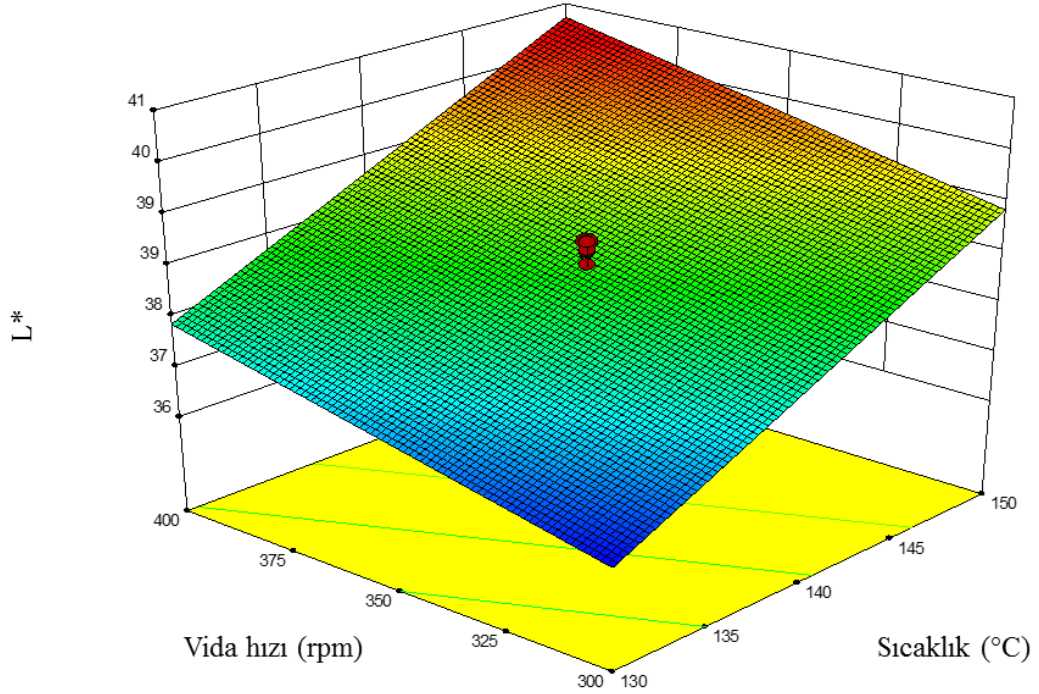
Çerez numunelerinde ölçülen renk değerleri sırasıyla; açıklık (L^*) $30,39 \pm 1,23$ ile $40,83 \pm 0,65$ arasında, kırmızılık (a^*) $5,95 \pm 0,08$ ile $11,67 \pm 0,18$ arasında ve sarılık (b^*) $10,12 \pm 0,17$ ile $16,76 \pm 0,16$ arasında değişmektedir. L^* , a^* ve b^* değerlerinin modelleri için ANOVA sonuçları Ek-4 (c)'de verilmiştir.

Çizelgedeki veriler incelendiğinde L^* ve b^* parametreleri için modelin uygun olduğu ancak a^* değeri için model uygunluğunun çok yüksek değerde olmadığı görülmektedir. Bu çizelgede L^* , a^* ve b^* renk parametrelerinin belirlilik katsayısı (R^2) sırası ile 0.8499, 0.6794, 0.9730 bulunmuştur. Ekstrüde ürünlerin L^* değerlerini gam miktarı ve sıcaklık önemli ölçüde etkilerken ($P < 0.05$); deneysel tasarımdaki 3 değişkenin doğrusal etkisiyle beraber gam miktarının ikinci dereceden etkisi b^* parametresi üzerinde önemli bulunmuştur ($P < 0.05$). Vida hızı, L^* ve b^* değeri üzerinde pozitif doğrusal etki ($P < 0.05$) göstermiş; sıcaklık etkeni ise L^* ve b^* 'yi pozitif, a^* 'yi ise negatif etkilemiştir. Renk parametrelerinin tamamı gam miktarı ilavesi ile göze çarpan bir değişim göstermiştir. Gam miktarındaki artış b^* parametresini azaltmış (Şekil 4.22, Şekil 4.24), L^* değerini belli bir miktara kadar arttırırken daha fazla ilave edilmesi azalmasına sebep olmuştur. Modellemede genişleme oranını en çok arttıran faktör olarak belirlenen vida hızı, ekstrüde ürünlerin açıklığını (L^*) da önemli ölçüde yükseltmiştir. b^* 'yi azaltan en önemli faktör sıcaklık artışı olduğu belirlenmiştir. Wang vd. (2012) yaptığı çalışmada da bezelye eriştesinin sarılık değerini deneysel tasarımdaki sıcaklık değişkeni önemli ölçüde etkilemiştir.

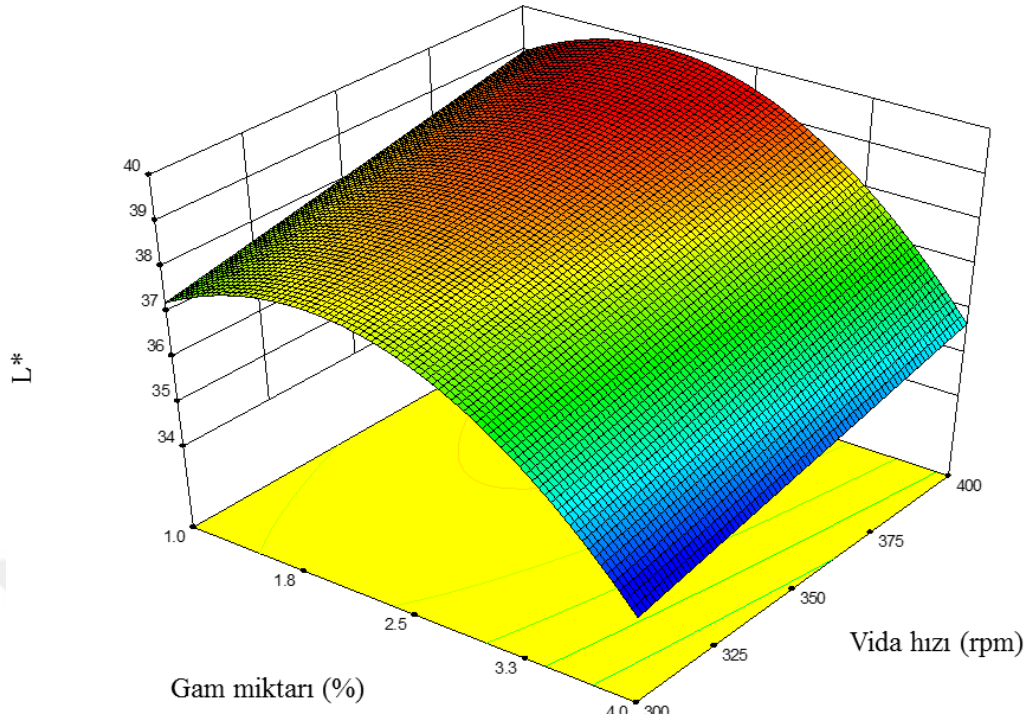
Bitkisel kaynaklı renk pigmentlerinin yüksek sıcaklıklarda zarar gördüğü bilinmektedir. Fakat, işlenen ekstrüde numunelerin sarılık değerleri artmıştır. Gıdalarda gerçekleşen esmerleşme reaksiyonlarının karakteristik bir göstergesi olan renk bileşiklerinin oluşumu belirli bir seviyeye kadara çerez gıda üretiminde istenen durumdur. Ancak bu esmerleşme reaksiyonlarının aşırı oranda gerçekleşmesi ürün renginde, kokusunda ve tadında istenmeyen sonuçların oluşmasında neden olur [Ilo ve Berghofer, 1999].



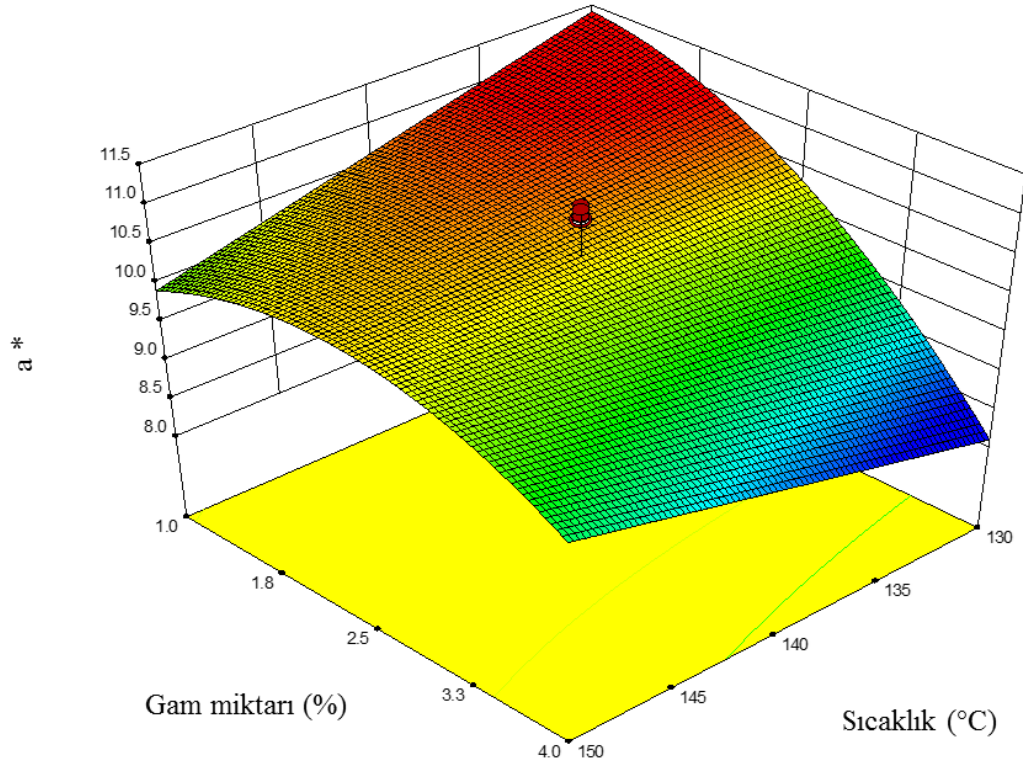
Şekil 4.18. Gam miktarı ve sıcaklığın 350 rpm vida hızında L^* değerine etkisinin tepki yüzey grafiği



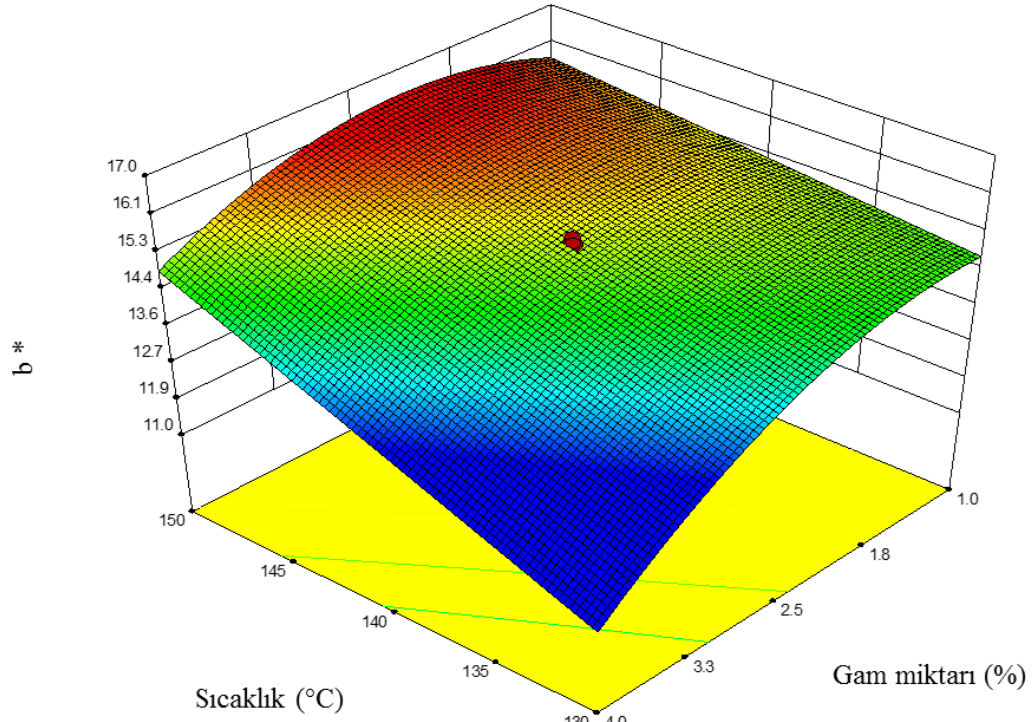
Şekil 4.19. Vida hızı ve sıcaklığın %2,5 gam miktarında L^* değerine etkisinin tepki yüzey grafiği



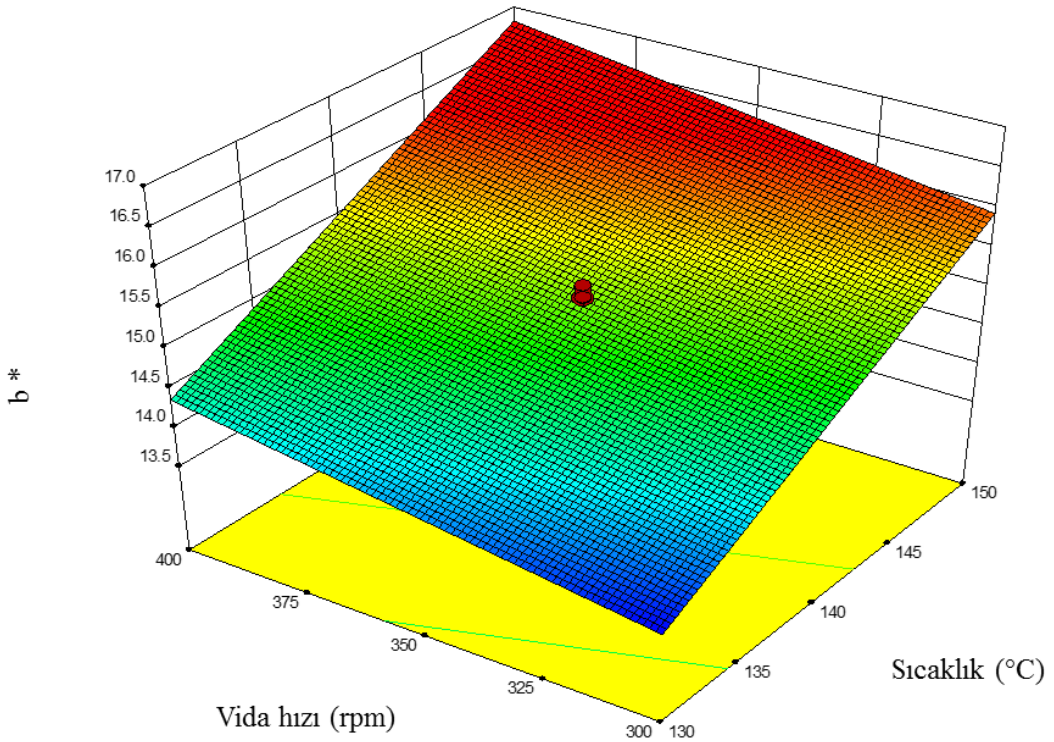
Şekil 4.20. Gam miktarı ve vida hızının 140°C kalıp sıcaklığında L^* değerine etkisinin tepki yüzey grafiği



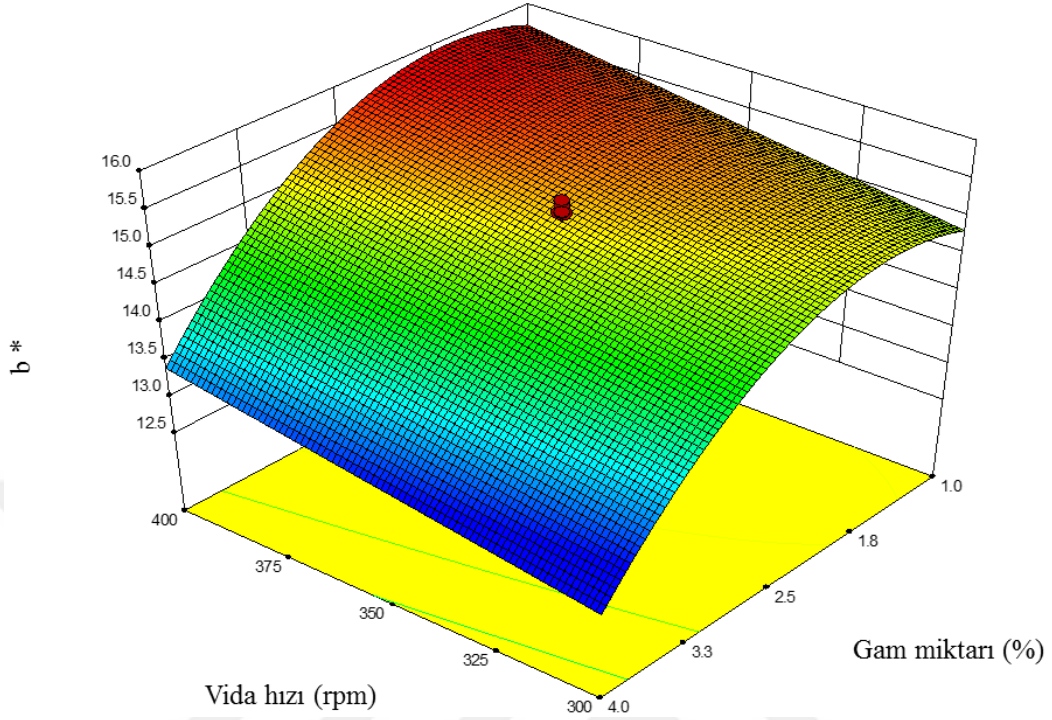
Şekil 4.21. Gam miktarı ve sıcaklığın 350 rpm vida hızında a^* değerine etkisinin tepki yüzey grafiği



Şekil 4.22. Sıcaklık ve gam miktarının 350 rpm vida hızında b^* değerine etkisinin tepki yüzey grafiği



Şekil 4.23. Vida hızı ve sıcaklığın %2,5 gam miktarında b^* değerine etkisinin tepki yüzey grafiği



Şekil 4.24. Vida hızı ve gam miktarının 140°C kalıp sıcaklığında b^* değerine etkisinin tepki yüzey grafiği

4.3. FONKSİYONEL ÖZELLİKLER

Çerez ve çorba gibi hazır ve çözünür ürünlerde önemli özellikler arasında fonksiyonel özellikler yer almaktadır [Carvalho, 2013; Silva vd., 2009].

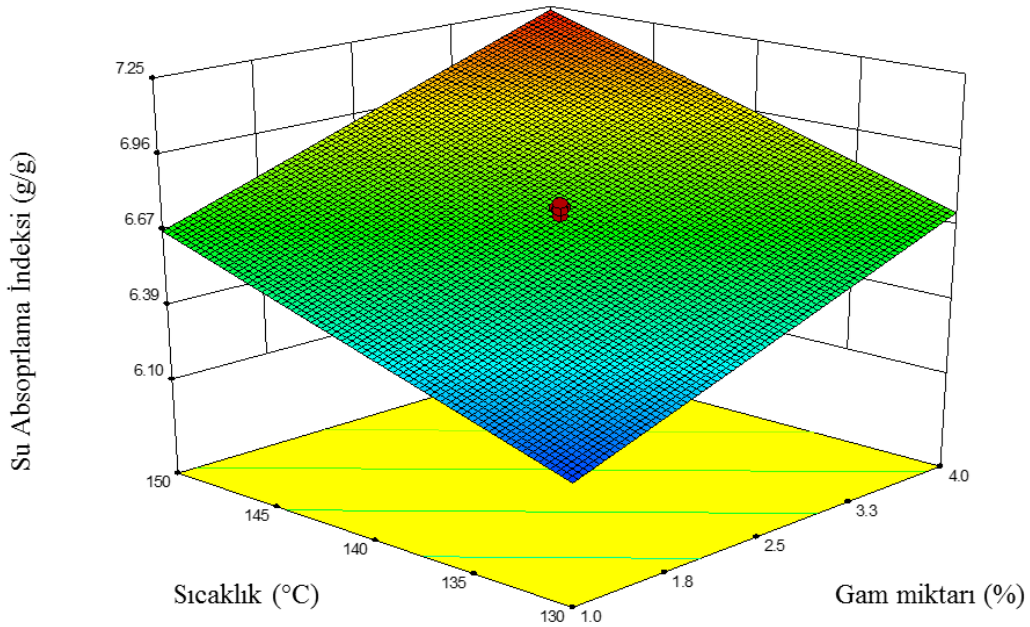
4.3.1. Su Absorplama ve Suda Çözünme İndeksi

Su absorplama ve suda çözünme indeksi, ekstrüde ürünlerin fonksiyonel karakterlerini değerlendirmek için kullanılır. SAİ, zarar görmemiş ve tamamiyle jelatinize olmuş nişasta granüllerinin ölçümünde kullanılabilir [Zhu vd., 2010]. SAİ, fazla suyun içinde nişasta dağılımına dayandırılır ve bu dağılım nişasta jelatinizasyonundan dolayı artar [Rayas-Duarte vd., 1998]. SÇİ, moleküler bileşenlerin degradasyonunu belli eden bir ifadedir [Ding vd., 2005]. Su absorpsiyon

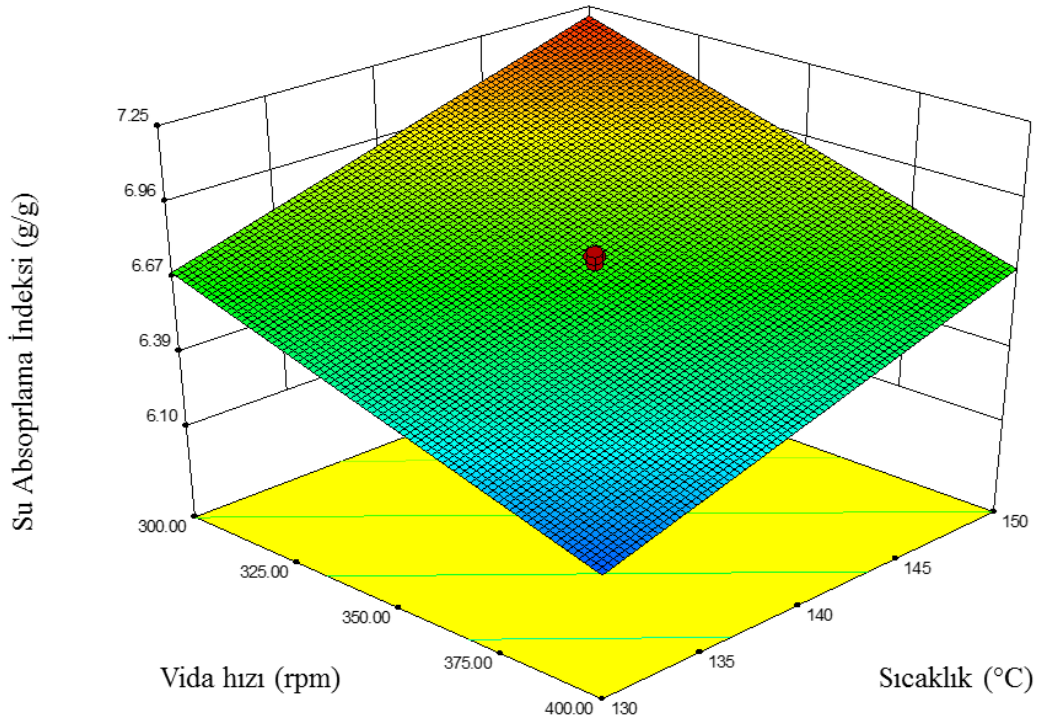
değerleri 5.71 g su/g kuru madde ile 7.47 g su/g kuru madde arasında değişim gösterirken, suda çözünme indeksi sonuçları % 24.44 ile 34.05 arasındadır. Analizler neticesinde elde edilen veriler ışığında yürütölen tepki yüzey modelleme sonuçları Ek-4 (d)'de gösterilmiştir.

SAİ için gam miktarı ve sıcaklık doğrusal pozitif etki gösterirken ($P<0.05$), vida hızı değişkeni istatistiksel olarak önemli düzeyde negatif etkiye yol açmıştır ($P<0.05$) (Ek-1 (d)). Rodge vd. (2012) yaptığı çalışmada karışımındaki gam miktarının artması ekmeğin su absorpsiyon değerini arttırmış olduğu görölmektedir. Gam miktarı artışının SAİ'ye etkisinin bundan dolayı pozitif olduğu düşünölmektedir.

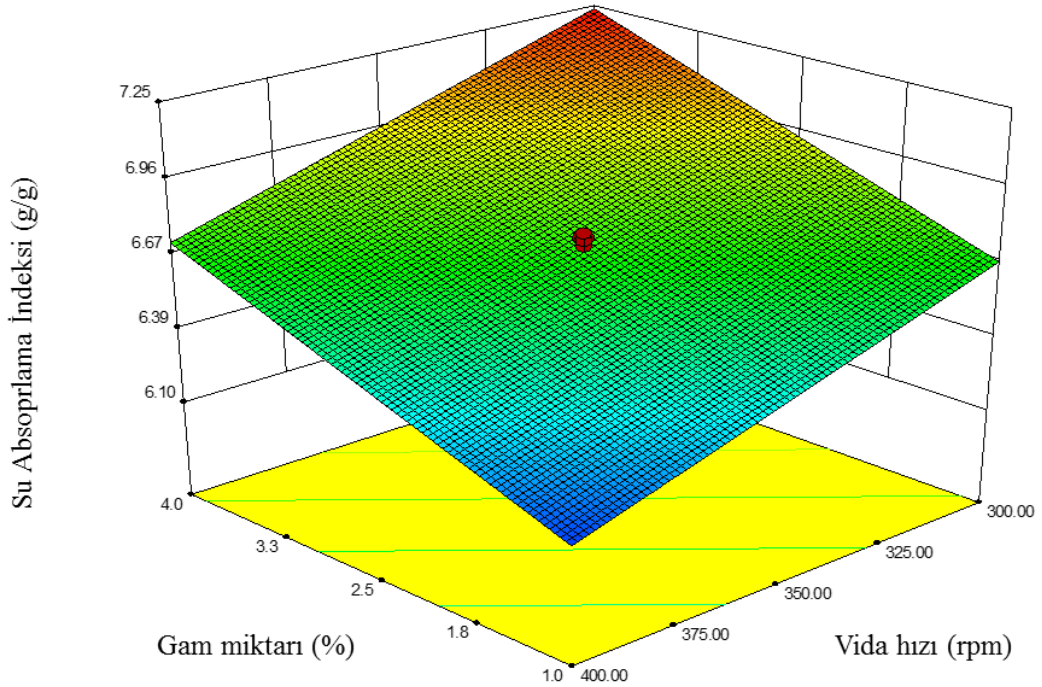
SAİ yüksek ekstrüzyon sıcaklıklarında artarken, vida hızının artması ile düşmüştür (Şekil 4.26). SAİ, artan dekstrinizasyondan dolayı sıcaklığın artması ile yükselmiştir. Diğer araştırmacıların çalışmalarında da SAİ değerlerinin yüksek sıcaklıklarda benzer şekilde arttığı kaydedilmiştir [Yağcı ve Göğüş, 2008; Singh, 1997]. Vida hızındaki azalma, karışımın ekstrüder içindeki kalış süresini uzatmaktadır ve buna bağlı olarak SAİ'yi artırmıştır.



Şekil 4.25. Sıcaklık ve gam miktarının 350 rpm vida hızında su absorplama indeksine etkisinin tepki yüzey grafiği

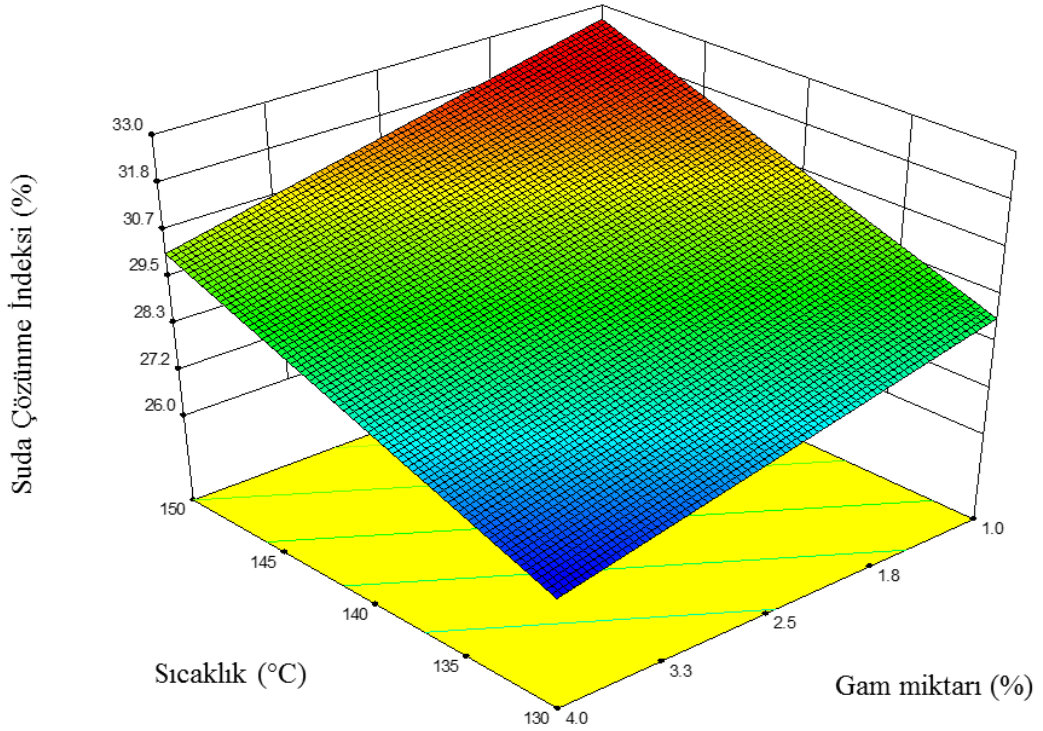


Şekil 4.26. Vida hızı ve sıcaklığın %2,5 gam miktarında su absorplama indeksine etkisinin tepki yüzey grafiği

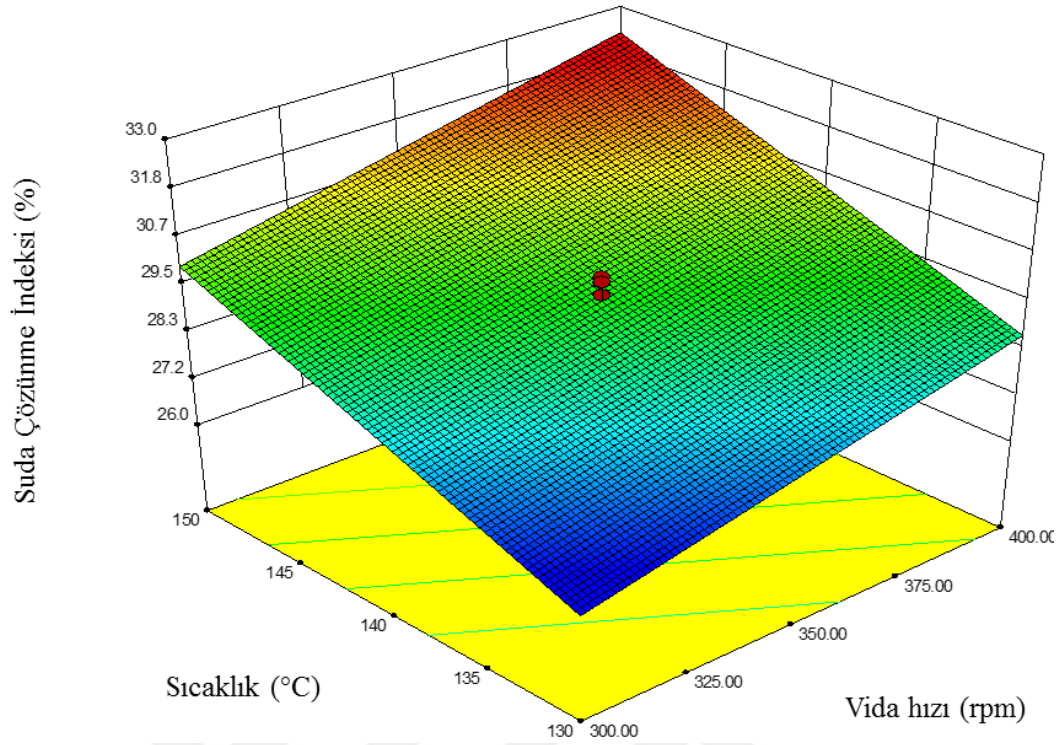


Şekil 4.27. Gam miktarı ve vida hızının 140°C kalıp sıcaklığında su absorplama indeksine etkisinin tepki yüzey grafiği

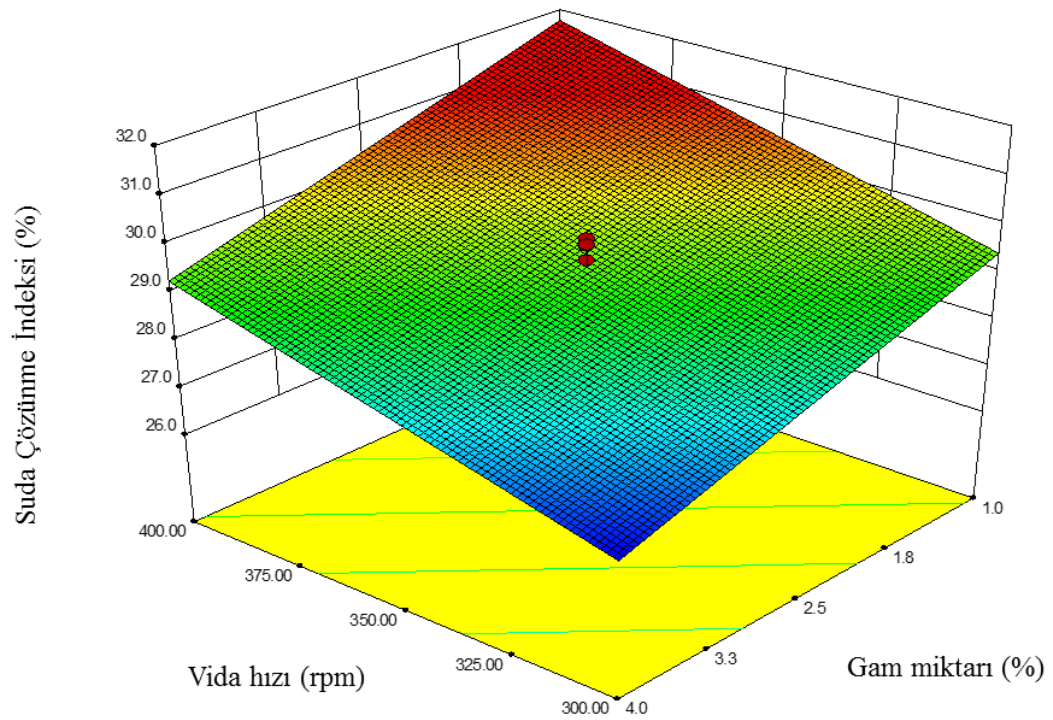
SÇİ için vida hızı ve sıcaklık doğrusal pozitif etki gösterirken ($p<0.05$), gam içeriği değişkeni istatistiksel olarak önemli düzeyde negatif etkiye yol açmıştır ($p<0.05$) (Ek-4 (d)). Vida hızı ile doğru orantılı olarak SÇİ'nin artması (Şekil 4.29 ve Şekil 4.30) diğer araştırmacıların çalışmaları ile tutarlılık göstermektedir [Sebio ve Chang, 2000; Doğan ve Karwe, 2003, Altan vd. 2008]. Guha vd. (1997) yüksek vida hızının düşük vida hızına göre daha fazla fragmentasyona sebep olduğunu ve bu yüzden pirinç ekstrüde ürünlerinin SÇİ değerlerini artırdığını kaydetmiştir. SAİ değerleri ile SÇİ değerleri arasında pozitif bir korelasyon (0.695 , $P<0.01$) olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.28. Sıcaklık ve gam miktarının 350 rpm vida hızında suda çözünme indeksine etkisinin tepki yüzey grafiği



Şekil 4.29. Sıcaklık ve vida hızının %2,5 gam miktarında suda çözünme indeksine etkisinin tepki yüzey grafiği



Şekil 4.30. Vida hızı ve gam miktarının 140°C kalıp sıcaklığında suda çözünme indeksine etkisinin tepki yüzey grafiği

4.3.2. Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DTK) ile Nişasta Jelatinizasyonu Analizi

Kalorimetrik teknikler, gıda sistemlerinde nişastada faz geçişini çalışmak ve proses sırasında ısı ve nemden dolayı değişen yapıyı tanımlamak için kullanılır [Sandoval-Aldana vd., 2005; Navarro-Cortez vd., 2014]. Kalorimetrik tekniklerden biri olan DTK, jelatinizasyon da dahil olmak üzere nişastanın termal davranışlarını çalışmak için sıklıkla kullanılan bir cihazdır [Yu ve Christie, 2001]. Ekstrüzyon işlemi sırasında nişastada meydana gelen en önemli değişiklik nişastanın düşük nem içeriğinde yüksek kayma geriliminin etkisiyle jelatinize olması ve belirli bir oranda degradasyona uğramasıdır [Özer vd., 2008]. Deney kapsamında kullanılan diferansiyel taramalı kalorimetrede gıda numunesi içerisindeki nişasta kristalleri eriyerek bir değişim entalpisi oluştururlar. Bu entalpi değişiminin miktarı ve entalpi değişim sıcaklığı sırası ile nişasta jelatinizasyonunun boyutunu ve nişastanın tam olarak jelatinize olduğu sıcaklığı ifade eder. Nişastanın jelatinizasyon sıcaklığı nişasta çeşidine bağlı spesifik bir özelliktir [Xie vd., 2006].

Ham nohut tarhanası ve de nohut ununun DTK ile analizi sonrasında elde edilen jelatinizasyon entalpi değişimi Çizelge 4.5’de verilmiştir. Çalışmada hammadde olarak kullanılan nohutun DTK cihazında endotermik piki $75.98 \pm 0.61^\circ\text{C}$ ’de çıktığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.5). Bu bulgu nişastanın herhangi bir hidrotermal işleme maruz kalmayarak yapısının bozulmadığını ve uygun koşullarda (yüksek nem ve sıcaklık) jelatinize olabileceğini göstermektedir. Kaur ve Singh (2005) nohut unundaki nişasta jelatinizasyonunun nohut çeşidine bağlı olarak 70.6 ile 73.3°C arasında gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Fermente edilen karışımların nişasta jelatinizasyonu sıcaklığı ise $70,24-71,10$ aralığında değişmiştir.

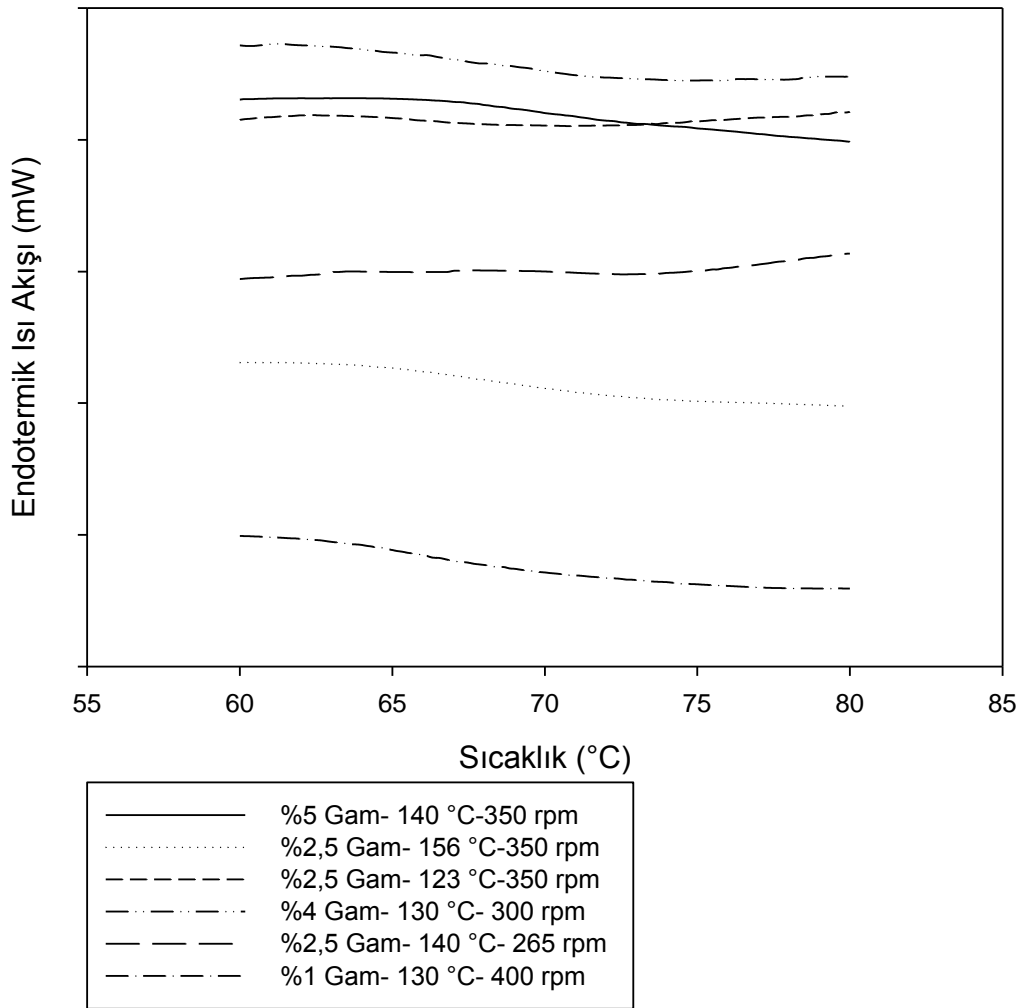
Çizelge 4.5. Ham nohut ve nohut tarhanalarının DTK analizinde elde edilen entalpi değişim değerleri

	Hamnohut	A	B	C	D	E
To	69,29±0,53	65,49±0,87	65,12±0,17	65,19±0,09	65,69±0,14	66,21±0,21
Tp	75,98±0,61	70,71±0,54	70,49±0,23	70,24±0,33	71,10±0,14	70,84±0,21
Te	83,24±0,93	80,66±0,0	80,03±0,08	78,54±0,87	80,50±0,20	78,46±1,07
J.e.	4,44±0,2	7,37±0,34	6,70±0,97	4,86±0,72	5,07±0,32	3,52±0,69

A: %0 Gamlı Ham Tarhana Unu, B: %1 Gamlı Ham Tarhana Unu, C: %2,5 Gamlı Ham Tarhana Unu,

D: %4 Gamlı Ham Tarhana Unu, E: %5 Gamlı Ham Tarhana Unu.

Termomekanik bir proses olan ekstrüzyon uyguladığı yüksek kesme kuvvetinden dolayı nişastayı tamamen jelatinize eder [Navarro-Cortez vd., 2014]. Bu sebeple, ekstrüde nohut çerezlerinin entalpi değişim grafiklerinde belirtilen sıcaklıklar arasında (70-76°C) herhangi bir jelatinizasyon pikinin varlığı saptanamamıştır (Şekil 4.31). Bu durum analiz edilen çerez ürünlerin tamamında nişasta granüllerinin çoğunun jelatinize olduğunu göstermektedir. Ancak, termogramda jelatinizasyon pikinin saptanamaması nişastanın granüler ve kristal yapısını kaybettiğini garanti etmemektedir [Gómez-Aldapa vd., 2009; Navarro-Cortez vd., 2014]. Literatürde daha önce yapılan bazı çalışmalarda da ekstrüde çerez ürünlerinde tıpkı bu çalışmada olduğu gibi DTK cihazında herhangi bir pike rastlanmadığı belirlenmiştir [Gomez ve Aguilera, 1982; Chinnaswamy ve Hanna, 1990; Lee vd., 1999; Altan vd., 2008; Navarro-Cortez vd., 2014].

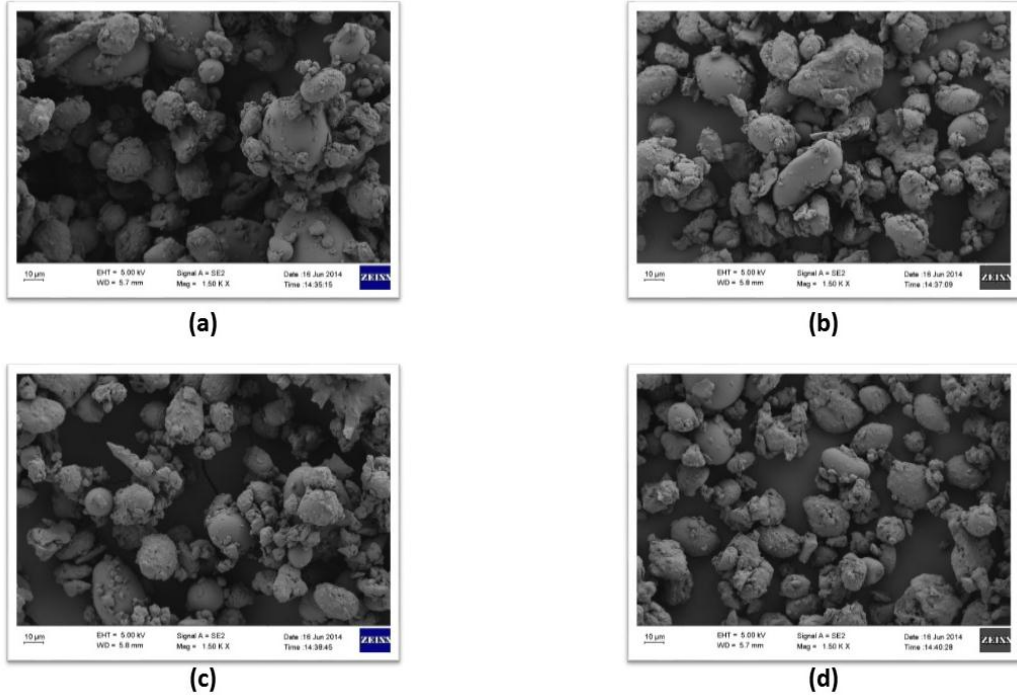


Şekil 4.31. Farklı koşullarda üretilen ekstrüde çerez numunesinin DTK analizinde elde edilen entalpi değişim grafiği

4.4. MİKROYAPI ANALİZİ

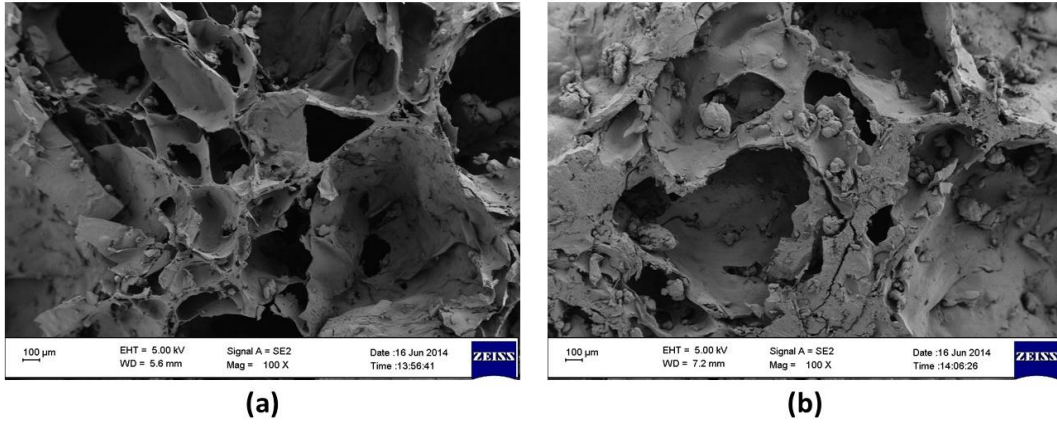
Farklı fiziksel özelliklere sahip ekstrüde nohut çerez örneklerinin hücre yapısı SEM cihazı ile yapılmıştır. Mikroyapı analizleri ekstrüzyon proseslerinden sonra moleküler yapı düzenini tanımlamak için önemlidir [Choudhury vd., 2014]. Ekstrüzyon tekniği, nişasta yapısında birçok görünür değişikliğe sebep olur. Bu değişikliğin sebebi proses sırasında gerçekleşen ve granülün şeklini bozan molekül içi bağların parçalanması, plastikleşme, jelatinizasyon gibi kimyasal değişimlerdir [Navarro-Cortez vd., 2014].

Fermente edilmiş nohut tarhanalarının SEM görüntüleri Şekil 4.32'de verilmiştir. Elde edilen görüntülerde nişasta granüllerinin yapısının bozulmadığı görülmektedir. Ekstrüde edilmiş ürünlerin yapısındaki değişim ise Şekil 4.33 ve 4.34'da gösterilmektedir. Şekil 4.33 ve 4.34'daki ekstrüde ürünlerin tüm görüntülerde nişasta granüllerinin bulunmaması jelatinizasyonu göstermektedir. Choudhury vd. (2014) yaptığı çalışmada benzer bir şekilde ekstrüde ürünlerin görüntülerinde jelatinizasyon reaksiyonundan dolayı nişastaya rastlamamıştır. Aynı şekillerde ekstrüzyon sırasında meydana gelen önemli miktarda granül zedelenmesi farkedilmektedir. Ekstrüde ürünler ile ekstrüde edilmemiş ham unlar arasındaki bu ilişki daha önceki çalışmalarda da gözlemlenmiştir [Bhattacharyya vd., 2006; Choudhury vd., 2014].

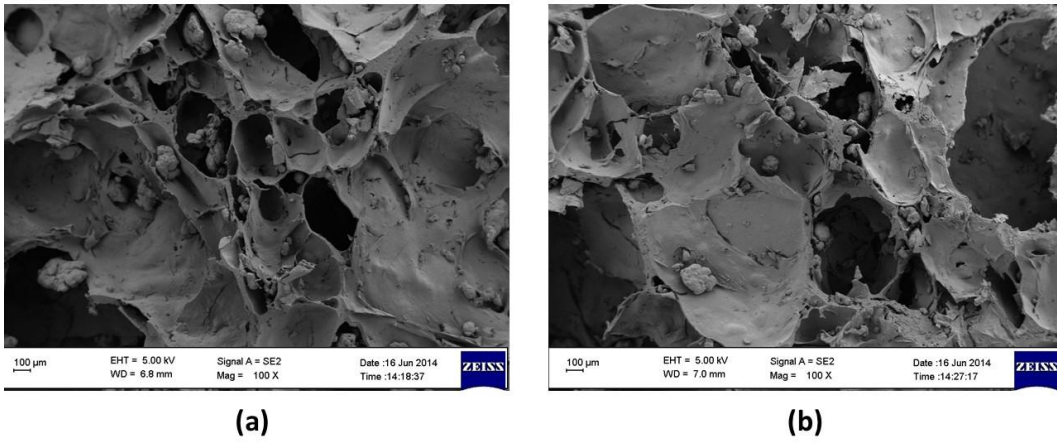


Şekil 4.32. Bazı ekstrüde edilmemiş nohut tarhanası unlarının taramalı elektron mikroskopundaki görüntüleri (a) 140°C, 434 rpm, % 2,5 gam; (b) 140°C, 350 rpm, % 5 gam; (c) 150°C, 400 rpm, % 1 gam; (d) 150°C, 400 rpm, % 4 gam.

Sertliği en düşük, gözenekliliği en yüksek ürünlerden biri olan A numunesine ait SEM görüntüsünde hücre yapısının daha boşluklu (Şekil 4.33a) ve hücre duvar kalınlığının daha ince olduğu görülmektedir (Şekil A.6, Çizelge 4.6). Gam miktarı en yüksek olan B numunesinde ise yapının daha sıkı (Şekil 4.33b) ve hücre duvarının daha kalın olduğu bulunmuştur (Şekil A.7). C ve D numunesinin SEM görüntüsü arasında belirgin bir farklılık görülmemekle birlikte gam miktarının artması hücre duvarının kalınlığında artışa sebep olmuştur (Şekil A.8 ve A.9).



Şekil 4.33. Bazı ekstrüde çerez numunelerinin taramalı elektron mikroskopundaki görüntüleri. (a) 140°C, 434 rpm, %2,5 gam (A numunesi); (b) 140°C, 350 rpm, %5 gam (B numunesi).



Şekil 4.34. Bazı ekstrüde çerez numunelerinin taramalı elektron mikroskopundaki görüntüleri. (a) 150°C, 400 rpm, %1 gam (C numunesi); (b) 150°C, 400 rpm, %4 gam (D numunesi).

Çizelge 4.6. Bazı ekstrüde çerez numunelerinin hücre duvarı kalınlıkları

	A	B	C	D
Ortalama kalınlık (μm)	3,53±0,21	20,51±0,48	7,10±0,26	10,87 ±0,14

A: 140°C, 434 rpm, % 2,5 gam; B: 140°C, 350 rpm, % 5 gam; C: 150°C, 400 rpm, % 1 gam; D: 150°C, 400 rpm, % 4 gam

4.5. DUYUSAL ANALİZ

Duyusal analiz, bir gıda ürününün kabul edilirlğini değerlendirmek için önemli bir parametredir. Bu bağlamda, çalışmada üretilen seçilmiş ekstrüde çerez ve çorba numuneleri panelistler tarafından duyusal olarak değerlendirilmiştir.

4.5.1. Ekstrüde Çerezler

Duyusal analiz için mikroyapı analizinde de hücre yapıları incelenen 4 farklı ekstrüde çerez seçilmiştir. Nohut çerezlerinin duyusal analiz sonuçları Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Formda ölçülen parametreler iki kısımdan oluşmuştur. Çizelge 4.7’de ürünler panelistler tarafından 1 ile 7 arasında (1-Yok, 7-Çok kuvvetli) puanlanmıştır. Nohut tadı başlığında panelistler 4 numune için de belirgin bir nohut tadı hissetmediklerini ifade eden puanlar (1.81-1.95) vermişlerdir. Bütün numunelerin aldıkları puanlar arasında önemli fark ($P>0.05$) bulunmamaktadır. Fermentasyon sonucunda üründe ekşilik oluşabileceği düşünülerek formda ekşilik başlığına yer verilmiştir. Bu başlıkta en düşük puanı C (1.64), en yüksek puanı ise B (2.24) almıştır.

Çizelge 4.7. Farklı ekstrüzyon koşullarında üretilen ekstrüde ürünlerin duyusal analizde tat testi için aldıkları ortalama puanlar

	Nohut Ekstrüde Ürünleri			
	A ¹	B	C	D
Nohut tadı	1,91 ^a	1,81 ^a	1,95 ^a	1,95 ^a
Ekşilik	2,14 ^a	2,24 ^a	1,64 ^b	2,00 ^a

¹ Aynı satırda farklı üstel harfler önemli ölçüde farklıdır ($P<0.05$).

A: 140°C, 434 rpm, % 2,5 gam; B: 140°C, 350 rpm, % 5 gam; C: 150°C, 400 rpm, % 1 gam; D: 150°C, 400 rpm, % 4 gam

Ekstrüde çerez numunelerinin tekstürel özellikleri incelendiğinde en düşük vida hızında işlem görmüş numune (Çizelge 4.8’de numune B) genelde bütün kategorilerde (sertlik, gevreklik ve kırılabilirlik) en düşük skoru (3, biraz sevmedim)

almıştır. Çerez numunelerinin tekstür analiz cihazı ile elde edilen veriler (sertlik, kırılabilirlik ve gevreklik) ve duyuşal doku analizinde elde edilen veriler (sertlik, gevreklik) Pearson korelasyon testi ile istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Analiz sonucunda tekstür analiz cihazından elde edilen sertlik değerleri ile duyuşal sertlik değerleri arasındaki uyum derecesi 0.865 ($P < 0.05$) olurken, duyuşal gevreklik verisi aletli analizle bulunan gevreklik sonuçları ile de pozitif bir uyum (0.905, $P < 0.05$) içindedir. Vida hızı olarak 434 rpm'de işlenen numuneler tekstürel özellikler açısından panelistler tarafından daha çok tercih edilmiştir, bu noktada çatlamış yapıdaki numunelerin ağızda hissedilen dokusal özellikler bakımından daha olumlu sonuçlar verdiği anlaşılmaktadır. Çizelge 4.8'de görüldüğü gibi A çerezi, genel kabul edilebilirliği en yüksek (4.09) ürün olmuştur. En düşük skoru önemli ölçüde farklı ($P < 0.05$) en yüksek gam miktarına sahip B numunesi almıştır (2.33). Çerez numunelerinin genel kabul edilebilirlik değerleri istatistiksel olarak farklı ($P < 0.05$) bulunmuştur. Sonuç olarak ekstrüde çerez numunelerine herhangi bir çeşni ilavesi yapılmadığı düşünülürse, endüstriyel üretim sırasında eklenebilecek aroma veya sos ilaveleri ile nohut çerezlerinin duyuşal testlerde daha iyi skorlar alma olasılığı yüksektir.

Farklı koşullarda üretilmiş ekstrüde çerezlerin taramalı elektron mikroskopunda çekilmiş fotoğrafları Ek-5'te verilmiştir. Tekstür analizinde en düşük sertliğe sahip olan ve bununla paralel olarak yoğunluğu da düşük olan numunenin (%2,5 gam içeriğı, 140 °C kalıp sıcaklığı, 434 rpm vida hızı) hücre gözenek yapısı çok daha açık konumdadır (3.53µm). Duyusal analiz sonucu ile karşılaştırıldığında da kırılabilirlik testinde en yüksek skoru yine bu ürün almıştır (Çizelge 4.8). Buna benzer şekilde, gözenekliliğı en düşük olan ürünün (%4 gam içeriğı, 150 °C kalıp sıcaklığı, 400 rpm vida hızı) kalınlığı 20.51 µm olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.8. Farklı ekstrüzyon koşullarında üretilen ürünlerin hedonik skala sonucunda duyusal analizde aldıkları puanlar

	Nohut Ekstrüde Ürünleri			
	A ¹	B	C	D
Renk	4,18 ^c	2,10 ^a	3,95 ^{ab}	4,00 ^{ab}
Gözenekli Yapı	3,82 ^{ab}	3,00 ^a	4,00 ^{ab}	4,13 ^b
Aroma	2,86 ^a	2,71 ^a	2,86 ^a	3,09 ^b
Kırılganlık	4,09 ^b	2,57 ^a	3,86 ^{ab}	3,95 ^{ab}
Sertlik	3,86 ^b	2,61 ^a	3,64 ^{ab}	4,00 ^b
Gevreklik	4,36 ^b	2,76 ^a	4,00 ^{ba}	4,09 ^{ba}
Genel Kabul Edilebilirlik	4,09 ^a	2,33 ^b	3,88 ^{ab}	3,95 ^a

¹ Aynı satırda farklı üstelharfler önemli ölçüde farklıdır ($P<0.05$).

A: 140°C, 434 rpm, % 2,5 gam; B: 140°C, 350 rpm, % 5 gam; C: 150°C, 400 rpm, % 1 gam; D: 150°C, 400 rpm, % 4 gam

4.5.2. Çorba Numuneleri

Çorbalarının duyusal analiz sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir. Numuneler arasında tat skorları bakımından önemli bir fark gözlemlenmemiştir ($P>0.05$). En iyi renk skorunu (5.06) B numunesi (140°C, 350 rpm, ve %5’lik gam miktarı) almıştır. C numunesinin renk puanı diğerlerinden (A ve B) önemli ölçüde ($P<0.05$) farklı çıkmıştır. Analizi yapılan ürünlerin tat testi genel testler içinde göreceli olarak düşük puan almıştır. Panelistlerin tat algısını artıracak baharat veya aroma artırıcı ilavesi tat puan ortalamalarını artıracak düşünülmemektedir. Bu anlamda en beğenilen ürün ham nohut tarhanası (4.35) olmuştur ve A (3.82) ve B (3.76) numunelerinin sonuçları ile arasında önemli bir fark ($P>0.05$) bulunmamıştır. B numunesi (%5 gam miktarı, 140°C, 350 rpm) reoloji analizinde en yüksek skoru “beğendim” anlamını taşıyan 6.06 ile almıştır. Genel kabul edilebilirlik puanları 3.76-5.00 aralığında değişmiştir. Reolojide en yüksek puanı alan B numunesi genel kabul edilebilirlik başlığında da en beğenilen ürün olmuştur.

Ekstrüzyon öncesi ilave edilen gam miktarının ürünün viskozitesine ve dolayısıyla çorbanın reolojik özelliklerine etki etmesi beklenmektedir. Bunla bağlantılı olarak daha fazla gam içeriğine sahip olan B (%5) numunesi A ve C’ye

göre daha fazla puan almıştır. Ekstrüzyon sonrası öğütülerek çorba yapılan A ve B numunelerinin aldığı skor ham nohut tarhanası (C) çorbasına göre önemli ölçüde ($P<0.05$) farklı olmuştur.

Çizelge 4.9. Çorba ürünlerinin duyu analizde aldıkları ortalama puanlar

ÖRNEK	Tat	Renk	Reoloji	Genel Kabul Edilebilirlik
A	3.82 ^a	4.88 ^b	5.71 ^b	4.71 ^b
B	3.76 ^a	5.06 ^b	6.06 ^b	5.00 ^b
C	4.35 ^a	3.88 ^a	3.12 ^a	3.76 ^a

Aynı harfi içeren puanlamalar istatistiksel olarak farklı ($p<0.05$ seviyesinde) değildir

A: %2.5 gam miktarı, 140°C, 434 rpm ; B: %5 gam miktarı, 140°C, 350 rpm ; C: Ham nohut tarhanası

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma, nohuttan yemeye hazır patlamış ekstrüde gıda üretimi olanaklarını araştırmıştır. Nohut unu, yoğurt, maya (*Saccharomyces cerevisiae*), tatlı kırmızı toz biber, patates nişastası ve keçiyoynuzu gamı ekstrüde gıda ürününün bileşenleri olarak değerlendirilmiştir. Sabit ekstrüzyon proses koşulları olarak nem oranı % 17, besleme oranı 2,5 (kg/s) belirlenirken değişken koşullar kalıp sıcaklığı (130-150°C), vida hızı (300-400 rpm), gam içeriği (%1-4) aralıklarında olan 20 adet ekstrüde ürün elde edilmiştir. Her bir bağımsız değişkenin ürün özellikleri üzerindeki etkisini tanımlamak için farklı polinom modelleri geliştirilmiştir.

Ekstrüde ürünlerde arzu edilen özellikler; minimum yoğunluk, düşük sertlik, yüksek gevreklik ve kırılabilirlik olmakla beraber maksimum L^* , minimum a^* , b^* ve ΔE değerleri olarak kabul görmektedir. Bu doğrultuda; duyuşal, fonksiyonel ve fiziksel özellikler göz önüne alındığında kabul edilebilir nohut ekstrüde çerezleri için proses değişkenlerinin ideal kombinasyonu kalıp sıcaklığında 140°C ve vida hızında ise 434 rpm olarak belirlenmiştir.

Çerez numunelerinin tekstür analiz cihazı (sertlik, kırılabilirlik ve gevreklik) ve duyuşal doku analizinde elde edilen veriler Pearson korelasyon testi ile istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Analiz sonucunda tekstür analiz cihazından elde edilen sertlik değerleri ile duyuşal sertlik değerleri arasındaki uyum derecesi 0.865 ($P < 0.05$) olurken, duyuşal gevreklik verisi aletli analizle bulunan gevreklik sonuçları ile de pozitif bir uyum (0.905, $P < 0.05$) içindedir.

Sonuçlar nohut unu bazlı glutensiz ekstrüde gıdaların üretilebileceğini göstermektedir. Bu çalışmanın devamında ekstrüzyon tekniği ile nohut çerezi üretiminde kovan içi modellemesinin çıkarılabileceği öngörülmektedir. Çalışmanın çıktularından olan çorbanın ise reolojik özellikleri incelenerek kalite özelliklerinin artırılabilirliği düşünülmektedir. Bununla beraber, ileride yapılacak çalışmalarda tüketicilerin sağlıklı gıdaya artan eğilimleri göz önünde tutularak nohutla benzer özellikler gösteren baklagil familyasından diğer gıdaların ekstrüzyon tekniği ile üretim potansiyelinin değerlendirilebileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

AACC, Approved Methods Of American Association of Cereal Chemists, 46-30, (2005).

Abd El-Hady, E.A., Habiba, R.A., “Effect Of Soaking And Extrusion Conditions on Antinutrients And Protein Digestibility of Legume Seeds”. 36: 285-293, (2003).

Abou Arab, E., Helmy, I.M.F., Bareh, G.F., “Nutritional Evaluation And Functional Properties Of Chickpea Flour And The Improvement of Spaghetti Produced From Its”, Journal Of American Science, 6(10): 1055-1072, (2010).

Ainsworth, P., Ibanoğlu, Ş., Hayes, G., “Influence of Process Variables On Residence Time Distribution And Flow Patterns of Tarhana in A Twin-Screw Extruder”, Journal of Food Engineering, 32: 101-108, (1997).

Akçin A, “Yemeklik Tane Baklagiller”, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 43. 377 S, Konya, (1988).

Altan , A., Mccarthy, K.L., Maskan, M., “Evaluation Of Snack Foods From Barley–Tomato Pomace Blends By Extrusion Processing”, Journal Of Food Engineering 84: 231-242, (2008).

Altan, A. Mccarthy, K. L. and Maskan, M., “Effect of Extrusion Cooking on Functional Properties and *In Vitro* Starch Digestibility of Barley Based Extrudates From Fruit and Vegetable By-Products”, Journal of Food Science, 79: 77-86, (2009).

Altan, A., Mccarthy K.L., Maskan M. “Twin-Screw Extrusion of Barley–Grape Pomace Blends: Extrudate Characteristics And Determination of Optimum Processing Conditions”, *Journal of Food Engineering*, 84; 24-32, (2008).

American Eating Trends Report, International Markets Bureau, Kanada, 6 s., (2012).

Anderson, R.A., Conway, H.F., Pfeifer, V.F. And Griffin, E.L. “Gelatinization Of Corn Grits By Roll And Extrusion Cooking” *Cereal Science Today*, 14: 4-12, (1969).

Anton, A.A., Luciano, F.B., “Instrumental Texture Evaluation Of Extruded Snack Foods: A Review”, *Ciencia Tecnologia Alimentaria*, 5(4): 245-251, (2007).

AOAC. Official Methods of Analysis (16th Ed). Association Of Official Analytical Chemists. Washington, Dc, (2005).

Arhaliass, A., Bouvier, J.M. And Legrand, J., “Melt Growth And Shrinkage At The Exit Of The Die In The Extrusion-Cooking Process”, *Journal Of Food Engineering*, 60: 185-192, (2003).

Asare, E. K., Sefa-Dedeh, S., Sakyi-Dawson, E., & Afoakwa, E. O., “Application Of Response Surface Methodology For Studying The Product Characteristics Of Extruded Rice-Cowpea-Groundnut Blends”, *Internal Journal Of Food Science and Nutrition*, 55: 431-439, (2004).

Aydın, F., “Nohudun kullanımı ve leblebi üretim”, *Hububat Kongresi Bildiri Kitabı, Gaziantep-Türkiye*, 503-513, (2002).

Aydın, S. ve Özdemir, Y., “Keçiboynuzu Tatlısı Üretiminde Sürülebilirliğin Belirlenmesi”, *7. Gıda Mühendisliği Kongresi Bildiri Özetleri Kitabı, Ankara*, 276-277, (2011).

Bahattacharya, M. And Hanna, M.A. “Effect Of Lipids On The Properties Of Extruded Products”, *Journal Of Food Science*, 53: 1230-1231, (1988).

Bailey, L.N., Hauck, B.W., Sevatson, E.S., Snger, R.E., “Systems For Manufacturing of Ready to Eat Breakfast Cereals Using Twin Screw Extrusion”, *Cereal Foods World*, 36 (10): 863-869, (1991).

Bayrak, H., “Bor Uygulamasında Nohutların (*Cicer Arietinum L.*) Verim Ve Bazı Unsurlarına Etkileri”, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 73 S., (2002).

Bhattacharyya, S., Chakraborty, P, Chatteraj D.K., Mukherjee, S. “Physico-Chemical Characteristics of Extruded Snacks Prepared From Rice and Chickpea By Single Screw Extrusion”, *Journal of Food Science Technology*, 34,: 320-323, (1997).

Bilgiçli, N., “Effect of Buckwheat Flour on Chemical and Functional Properties of Tarhana”, *Food Science And Technology*, 42: 514-518, (2009).

Bilgiçli, N., “Effect Of Wheat Germ/Bran Addition on the Chemical, Nutritional and Sensory Quality of Tarhana, A Fermented Wheat Flour-Yoghurt Product”, 77: 680-686, (2006).

Bilgiçli, N., “Utilization of Citrus Albedo in Tarhana Production”, *Journal of Food and Nutrition Research*, 53 (2): 162-170, (2014).

Bisharat, G.I., Oikonomopoulou, V.P., Panagiotou, N.M, Krokida, M.K., Maroulis, Z.B., “Effect of Extrusion Conditions on the Structural Properties Of Corn Extrudates Enriched With Dehydrated Vegetables”, *Food Research International*, 53: 1-14, (2013).

Blandino, A., Al-Aseeri, M.E., Pandiella, S.S., Cantero, D., Webb, C. “Cereal-Based Fermented Foods and Beverages”, 36: 527-543, (2003).

Borejszko, Z. ve Khan, K., “Reduction Of Flatulence Causing Sugars by High Temperature Extrusion of Pinto Bean High Starch Fractions”, Journal of Food Science., 57 (3): 771-772, (1992).

Camire, M. E., King, C. C., “Protein And Fiber Supplementation Effects on Extruded Cornmeal Snack Quality”, Journal of Food Science, 56, 760-763, (1991).

Campbell-Platt, G., “Fermented Foods: A World Perspective”, Food Research International, 27(3): 253-257, (1994).

Cardoso Santiago, R.A., Moreira-Araujo, R.S.R., Pinto e Silvae, M.E.M., Areas, J.A.G., “The potential of extruded chickpea, corn and bovine lung for malnutrition programs”, Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2: 203-209, (2001).

Carvalho, A.V., Bassinello, P.Z., Mattietto, R.A, Rios, A.O., Lima, A.C.P., Koakuzu, S.N., Carvalho, R.N., “Physicochemical, Technological And Sensory Characteristics Of A Rice (*Oryza Sativa* L.) And Bean (*Phaseolus Vulgaris* L.) Soup Prepared By Extrusion”. International Journal Of Food Science And Technology, 48(10): 2057-2063, (2013).

Cheftel, J.C., “Nutritional Effects Of Extrusion-Cooking”, Food Chemistry, 20, 263-283, (1986).

Chinnaswamy R, Hanna, Ma. “Macromolecular and Functional Properties of Native and Extrusion-Cooked Corn Starch”, Cereal Chemistry; 67(5): 490-99, (1990).

Chinnaswamy R., Hanna M.A., “Relation Between Amylose Content And Extrusion-Expansion Properties of Corn Starches”, *Cereal Chemistry*, 65: 138-143, (1988).

Choudhury, G.S. And A. Gautam, Hydrolyzed Fish Muscle As A Modifier Of Rice Flour Extrudate Characteristics. *Journal Of Food Science*, 68(5): 1713-21, (2003).

Choudhury, M.H., Chakraborty, R., Chaudhuri, U.R. “Thermal and Microstructural Property of Extruded Snack: An Overview”, *International Journal of Engineering Research And Applications*, 4(2): 09-18 (2014).

Costa, G.E. A.; Queiroz-Monici, K. S.; Reis, S. M. P. M.; Oliveira, A. C., “Chemical Composition, Dietary Fibre and Resistant Starch Contents Of Raw And Cooked Pea, Common Bean, Chickpea and Lentil Legumes”, *Food Chemistry, London*, 94:(3), 327-330, (2006).

Coşkuner Y. and Karababa E., “Leblebi: A roasted chickpea product as a traditional Turkish snack food”, *Food Reviews International*, 20: 257-274, (2004).

Çiftçi, C.Y. “Tahıllar ve Baklagiller Ders Notu”, A.Ü. Ziraat Fakültesi, 70 S, (2003).

Çiftçi, C.Y., “Dünyada ve Türkiye’de Yemeklik Tane Baklagiller Tarımı” TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Teknik Yayınlar Dizisi No:5, 200s., (2004).

Dağlıoğlu O., “Tarhana As A Traditional Turkish Fermented Cereal Food. Its Recipe, Production and Composition”, *Die Nahrung* 44 (2): 85-88, (2000).

Devlet Planlama Teşkilatı, “Bitkisel Üretim Özel İhtisas Komisyonu Raporu”. Ankara, (2007).

- Ding, Q.B., Ainsworth, P., Plunkett, A., Tucker, G. and Marson, H., “The Effect of Extrusion Conditions on The Functional And Physical Properties of Wheat-Based Expanded Snacks” *Journal of Food Engineering*, 73: 142-148, (2006).
- Ding, Q.B., Ainsworth, P., Tucker, G., And Marson, H. “The Effect of Extrusion Conditions On The Physicochemical Properties and Sensory Characteristics of Rice-Expanded Snacks” *Journal of Food Engineering*, 66: 283-289, (2005).
- Doğan, H., ve Karwe, M.V. “Physicochemical properties of quinoa extrudates”, *Food Science and Technology International*, 9: 101-114, (2003).
- Duizer, L.M., Winger, R.J., “Instrumental Measures of Bite Forces Associated With Crisp Products”, *Journal of Texture Studies*, 37:, 1-15, (2006).
- Erbaş, M., Certel, M., Uslu M. K., “Microbiological And Chemical Properties of Tarhana During Fermentation And Storage As Wet—Sensorial Properties Of Tarhana Soup”, 38: 409–416, (2005).
- Erbaş, M., Uslu, K.M., Ozgun Erbaş, M., And Certel, M., “Effect of Fermentation and Storage on the Organic Acid and Fatty Acid Contents of Tarhana, a Turkish Fermented Cereal Food”, *Journal Of Food Composition And Analysis*, 19: 294-301, (2006).
- Erkan, H., Çelik, S., Bilgi, B., Köksel, H., “A New Approach for the Utilization of Barley in Food Products: Barley Tarhana”, *Food Chemistry* 97: 12-18, (2006).
- Erol, N.I. “Keçiboynuzlu Tarhana Üzerine Bir Araştırma”. Afyon Kocatepe Üniversitesi, 78s., Yüksek Lisans Tezi. (2010).

Evcı, T., “Nohuttan Çerez Gıda Üretiminde Kontrollü Ani Basınç Farkı Oluşturulması Tekniğinin Uygulanması”, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 76 s., (2013).

Fichtali, J., van de Voort, F.R., “Fundamental and practical aspects of twin screw extrusion”, *Cereal Foods World*, 34: 921-929, (1989).

Food and Agricultural Commodities Production, “World Pulses/Chickpea Production and Harvesting Area”, [Http://Faostat.Fao.Org](http://faostat.fao.org), (10.06.2014).

Geankoplis, C. J. “Transport processes and unit operation”, 3rd ed., New Jersey: PTR Prentice-Hall, 886 s., (1983).

Geetha, R., Mishra, H.N., Srivastav, P.P., “Twin Screw Extrusion of Kodo Millet-Chickpea Blend: Process Parameter Optimization, Physico-Chemical and Functional Properties”, *Journal of Food Science and Technology*, 51(11):3144-3153, (2012).

Gimeno, E., Moraru, C.I., Kokini, J.L., “Effect of Xanthan Gum and CMC on the Structure and Texture of Corn Flour Pellets Expanded by Microwave Heating”, *Cereal Chemistry*, 81(1): 100-107, (2004).

Gomez, M.H. ve Aguilera, J.M., “A Physicochemical Model for Extrusion of Corn Starch. *Journal of Food Science*”, 49: 40-44, (1984).

Gómez-Aldapa C.A., Hernández-Hernández E, Ávila-Orta Ca, Hsiao Bs, Castro-Rosas J, Gordillo-Martínez Aj, González- Ramírez, Ca. “Influencia De La L-Lisofosfatidil Colina Sobre Las Propiedades Térmicas Y Estructurales De Almidón Demaíz”, *Cyta - Journal Of Food Engineering*, 7: 37-43, (2009).

- Goodhew, P. J. and Humphreys, F. J., “Electron Microscopy and Analysis”, Taylor and Francis, S:39-45, 106-117, London, (1988).
- Guha, M., Ali, S.Z., And 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*, 32: 251-267, (1997).
- Güzel, D., ve Sayar, S., “Effect Of Cooking Methods on Selected Physicochemical And Nutritional Properties Of Barlotto Bean, Chickpea, Faba Bean, And White Kidney Bean”, *Journal Of Food Science Technology*, 49(1): 89–95, (2012).
- Hafez, Y. S. and Hamada, A.S., “Laboratory Preparation of a New Soy-Based Kishk”, *Journal of Food Science*, 49(1): 197-198, (1984).
- Hangen, L., ve Bennink, M. R., “Consumption of Black Beans and Navy Beans (*Phaseolus Vulgaris*) Reduced Azoxymethane-Induced Colon Cancer In Rats”, *Journal of Nutrition and Cancer*, 44: 60-65, (2002).
- Hauck, B.W., “An Overview of Single Screw Cooking Extruder”, The Center for Professional Advancement, (1994).
- Mercier, P. L., and Harper, J.M., “Instrumentation for extrusion processes”, 39-55. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists Inc, (1989).
- Hsieh, F., Mulvaney, S. J., Huff, H. E., Lue, S., & Brent, J. J., “Effect of Dietary Fiber and Screw Speed on Some Extrusion Processing and Product Variables”, *Lebensm.-Wiss U.-Technology*, 22, 204–207, (1989).

- Ibanoğlu, S., Ainsworth, P., Wilson, G. and Hayes, G. D. A., “The Effect of Fermentation Conditions on The Nutrients and Acceptability of Tarhana” *Food Chemistry*, 53; 143-147, (1995).
- Ibanoğlu, Ş., Ainsworth, P., “Application of Response Surface Methodology for Studying the Viscosity Changes During Canning of Tarhana, A Cereal Based Food”, *Journal of Food Engineering*, 64: 273-275, (2004).
- Ibanoğlu, Ş., Ainsworth, P., “Energy Considerations On Extrusion of Tarhana, A Wheat Flour Based Product”, *Journal of Food Process Engineering*, 33(3): 448-465, (2010).
- Ibanoğlu, Ş., Ainsworth, P., Hayes, G.D., “Extrusion of Tarhana: Effect of Operating Variables on Starch Gelatinization”, *Food Chemistry*, 57(4): 541-544, (1996).
- Ilo S. and Berghofer, E., “Kinetics of Colour Changes During Extrusion Cooking of Maize Gritz”, *Journal of Food Engineering*, 39: 73-80, (1999).
- Ilo, S., Liu, Y., & Berghofer, E. “Extrusion Cooking of Rice Flour and Amaranth Blends”, *Food Science and Technology*, 32(2): 79-88, (1999).
- Jackson, J.C., Bourne, M.C., Barnard, J. “Optimization of Blanching for Crispness of Banana Chips Using Response Surface Methodology”, *Journal of Food Science*, 61(1): 165-166, (2006).
- Jambunathan R., Blain H.L., Dhindsa K., Hussein L.A., Kogure K., Li-Juan L. And Yuseff M.M., “Diversifying Use of Cool Season Food Legumes Through Processing”, *Current Plant Science and Biotechnology In Agriculture*, 19: 98-112, (1994).

Kaur M. and Singh, N., “Studies on Functional, Thermal and Pasting Properties of Flours From Different Chickpea (*Cicer Arietinum* L.) Cultivars”, Food Chemistry, 91: 403-411, (2005).

Kon S., “Effect of Soaking Temperature on Cooking and Nutritional Quality of Beans”, Journal of Food Science, 44: 1329-1335, (1979).

Le Meste, M., Champion, D., Roudaut, G., Blond, G., And Simatos, D., “Glass Transition and Food Technology: A Critical Appraisal”, Journal Of Food Science, 67: 2444-2458, (2002).

Lee, E.Y., Ryu, G, Lim, St., “Effects Of Processing Parameters On Physical Properties of Corn Starch Extrudates Expanded Using Supercritical CO₂ Injection”, Cereal Chemistry; 76(1): 63-9, (1999).

Lee, S. C., Prosky, L., Devires, J. W., “Determination of Total, Soluble, And Insoluble Dietary Fibre In Foods-Enzymatic-Gravimetric Method”, Mes-Tris Buffer: Collaborative Study, Journal of Aoac International, 75: 395-416, (1992).

Li, S., Zhang, H.Q., Tony Jin, Z., And Hsieh, F., Textural Modification Of Soya Bean/Corn Extrudates As Affected By Moisture Content, Screw Speed And Soya Bean Concentration. International Journal Of Food Science And Technology, 40: 731-741, (2005).

Liu, Y., Hsieh, F., Heymann, H., And Huff, H.E., “Effect of Processing Conditions on the Physical and Sensory Properties of Extruded Oat-Corn Puff”, Journal of Food Science, 65: 1253-1259, (2000).

Lusas,W.E. ve Rooney, W.L. “Snack Food Processing”, 4. Ed., 318s., (2001).

Ma, Z., J.I. Boye, B.K. Simpson, S.O. Prasher, D. Monpetit And L. Malcolmson. "Thermal Processing Effects On The Functional Properties And Microstructure Of Lentil, Chickpea And Pea Flours", Food Research International, 44(8):2534- 2544, (2011).

Martinez-Flores, H.E., Cruz, M.C., Larios, S.A., Jimenez, G.E., Figueroa, J.D.C., "Sensorial and Biological Evaluation of an Extruded Product Made From Corn Supplemented with Soybean and Safflower Pastes", International Journal of Food Science And Technology, 40: 517-524, (2005).

Mendonça, S., Grossmann, M.V.E. ve Verhé, R. "Corn bran as a fibre source in expanded snacks". LWT - Food Science and Technology, 33: 2-8, (2000).

Meng, X., Threinen, D., Hansen, M., Driedger, D. "Effects of extrusion conditions on system parameters and physical properties of a chickpea flour-based snack", Food Research International, 43:650-658, (2010).

Merwin, M.L., "The Culture of Carob (*Ceratoni Siliqua*) for Food, Fooder and Fuel in Semiarid Enviroments". International Tree Crops Institute Usa Inc., California. (1981).

Milan-Carillo, J., Reyes-Moreno, C., Camacho-Hernandez, I.L. Rouzad-Sandez, O., "Optimisation of extrusion process to transform hardened chickpeas (*Cicer arietinum* L.) into a useful product", Journal of the Science of Food and Agriculture, 82: 1718-1728, (2002).

Mitschka, P., "Simple Conversion Of Brookfield R.V.T. Readings into Viscosity Functions", Rheologica Acta, 21: 207–209, (1982).

Mol, S., "Preparation and the shelf life of ready-to-eat fish soup", European Food Research and Technology, 220: 305–308, (2005).

Navarro-Cortez. R.O., Aguilar-Palazuelos, E., Zazueta-Morales, J.J., Castro- Rosas, J., Hernández-Ávila, J. and Gómez-Aldapa, C.A., Aguirre-Tostado, F.S., “Microstructure Of An Extruded Third-Generation Snack Made From A Whole Blue Corn And Corn Starch Mixture”, *International Journal Of Food Processing Technology*, 1: 10-17, (2014).

Nout, M.J.R. and Motarjemi, Y., “Assessment Of Fermentation As A Household Technology For Improving Food Safety”, *A Joint Fao/ Who Workshop. Food Contol*, 8: 221-226, (1997).

Özer, E.A., “Ekstrüzyon Yöntemi ile Besleyici Değeri Yüksek Çerez Tipi Fonksiyonel Bir Ürün Geliştirme”, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, 222s., (2007).

Özer, E.A., Yağmur, C., İbanoğlu, Ş., Ainsworth, P., “Gıda Ekstrüzyonu, Ekstrüder Tipleri Ve Gıda Bileşenleri Üzerine Etkisi”, *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, 1143-1144, (2008).

Ravindran, G., Carr, A., Hardacre, A.A., “Comparative Study Of The Effects Of Three Galactomannans On The Functionality Of Extruded Pea-Rice Blends”, *Food Chemistry*, 124: 1620-1626, (2011).

Rayas-Duarte, P., Majewska, K. And Doetskott, C., Effect of Extrusion Process Parameters on the Quality of Buckwheat Flour Mixes. *Cereal Chemistry*, 75, 338-345, (1998).

Riaz, M.N., “Extruders in Food Applications”, Head, Extrusion Technology Program, Food Protein Research And Development Center, Texas A&M University, Technomic Publishing Co., Inc. 225s, (2000).

Rodge Ab, Sonkamble Sm, Salve Rv, Hashmi S1 “Effect Of Hydrocolloid (Guar Gum) Incorporation On The Quality Characteristics Of Bread” Journal Of Food Process Technology, 3: 136, (2012).

Rokey, G.J. (2000). “Single Screw Extruders”, In M.N. Riaz (Ed.) Extruders in Food Applications. Crc Press.

Ryu, G.H.; Neumann, P.E.; Walker, C.E., Effects On Some Baking Ingredients On Physical And Structural Properties Of Wheat Flour Extrudates. Cereal Chemistry, 70 (3): 291-297, (1993).

Sandoval-Aldana A, Rodríguez-Sandoval E, Fernández-Quintero, A. “Aplicación Del Análisis Por Calorimetría Diferencial De Barrido (Dsc) Para La Caracterización De Las Modificaciones Del Almidón”, Dyna; 72(146): 45-53, (2005).

Saravacos G.D., “Effect of Temperature on Viscosity of Fruit Juices and Purees”, Journal of Food Science, 35(2): 122-125, (1970).

Sebio, L. And Chang, Y.K., “Effects of Selected Process Parameters in Extrusion of Yam Flour (*Dioscorea Rotundata*) on Physicochemical Properties of the Extrudates”, Nahrung, 44, 96-101, (2000).

Sereno, N.M., Hill, S.E., Mitchell J.R., “Impact of the extrusion process on xanthan gum behaviour”, Carbohydrate Research, 342: 1333-1342, (2007).

Shirani, G., Ganesharane, R., “Extruded Products with Fenugreek (*Trigonella Foenum-Graecium*) Chickpea and Rice: Physical Properties, Sensory Acceptability and Glycaemic Index”, Journal of Food Engineering, 90: 44-52, (2009).

- Silva, R.F., Ascheri, J.L.R., Pereira, R.G.F.A., Modesta, R.C.D. “Aceitabilidade De Biscoitos E Bolos A Base De Arroz Com Café Extrusados”, *Ciencia E Tecnologia De Alimentos*, Campinas, 29, 815-819. Out-Dez. (2009).
- Singh, B., Rachna, Hussain, S.Z., and Sharma, S., “Response Surface Analysis and Process Optimization of Twin Screw Extrusion Cooking of Potato-Based Snacks”, *Journal of Food Processing and Preservation*, (2014).
- Singh, J., Hosney, R.C., and Faubion, J.M., “Effect Of Dough Properties on Extrusion-Formed And Baked Snacks”, *Cereal Chemistry*, 71: 417-422, (1994).
- Singh, N. And Smith, A. “A Comparison of Wheat Starch, Whole Wheat Meal and Oat Flour in The Extrusion Cooking Process”, *Journal of Food Engineering*, 34: 15-32, (1997).
- Singh, N.; Sandhu, K. S.; Kaur, M., “Characterization Of Starches Separated from Indian Chickpea (*Cicer Arietinum* L.) Cultivars”, *Journal Of Food Engineering*, Berkeley, 63(4); 441-449, (2004).
- Speers, R.A., Tung, M.A., “Concentration and Temperature Dependence of Flow Behavior of Xanthan Gum Dispersions”, *Journal of Food Science*, 51(1): 96-98, (1986).
- Steel, C. J., Sgarbieri, V. C. and Jackix, M. H., “Use of Extrusion Technology to Overcome Undesirable Properties of Hard-To-Cook Dry Beans (*Phaseolus Vulgaris* L.)”, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 43: 2487-2492, (1995).

Stojceska, V., Ainsworth, P., Plunkett, A., İbanoğlu, Ő., “The Advantage of Using Extrusion Processing for Increasing Dietary Fibre Level in Gluten-Free Products”, *Food Chemistry*, 121:156-164, (2010).

Suknark, K., R. D. Phillips, and M. S. Chinnan. “Expanded Extrudates Formulated From Partially Defatted Peanut Flour and Different Types Of Starch”, *Food Research International*, 30(8): 575-583, (1997).

Sutherawattananonda, M., Bhattacharya, M., Moore, W., and Fulcher, R.G. “Differences in Physical Properties and Microstructure of Wheat Cultivars in Extrusion Qualities”, *Cereal Chemistry* 7(16): 627-631, (1994).

Suknark, K., R. D. Phillips, And M. S. Chinnan. “Physical Properties of Directly Expanded Extrudates Formulated from Partially Defatted Peanut Flour and Different Types Of Starch”, *Abstr. Annu. Meet. Inst. Food Technol., FL, June 14-18. 73s., Orlando, (1997).*

Şehirali S., “Yemeklik Tane Baklagiller”, *Ankara Üniv. Zir. Fak, Yay. No:1089, Ders Kitabı:314, Ankara, S. 435, (1988).*

Şenay, F., "Keçiboynuzu'ndan Sıvı Şeker Üretimi", *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 74 Sayfa, (2009).*

Tacer-Caba, Z., Nilufer-Erdil, D., Boyacıoğlu, M.H., , Ng, P.K., “Evaluating the Effects of Amylose and Concord Grape Extract Powder Substitution on Physicochemical Properties of Wheat Flour Extrudates Produced at Different Temperatures”, *Food Chemistry*, 157: 476-484, (2014).

Tahvonen, R., Hietanen, A., Sankelo, T., Korteniemi, Vm., Laakso, P., Kallio, H., “Black Currant Seeds as a Nutrient Source in Breakfast Cereals Produced By Extrusion Cooking”, *Z Lebensm Unters Forsch A*, 206, 360-363, (1998).

Tamer C.E., Kumral A., Aşan M, ve Şahin, İ., “Chemical Compositions of Traditional Tarhana Having Different Formulations”, Journal of Food Processing and Preservation, 31(1): 116-126, (2007).

Tarakçı, Z., Doğan, İ., Koca, F., “A Traditional Fermented Turkish Soup, Tarhana, Formulated with Corn Flour and Whey”, International Journal of Food Science and Technology, 39: 455-458, (2004).

Temiz, A., Pirkul, T., “Farklı Bileşimlerde Üretilen Tarhanaların Kimyasal ve Duyusal Özellikleri”, Gıda 16 (1): 7-13, (1991).

Thakur, S., Saxena D.C., “Formulation of Extruded Snack Food (Gum Based Cereal-Pulse Blend): Optimization of Ingredients Levels Using Response Surface Methodology”, Lebensm-Wiss. U-Technology, 33: 354-361, (2000).

Thymi, S., Krokida, M. K., Pappa, A., & Maroulis, Z. B. “Structural Properties of Extruded Corn Starch”, Journal of Food Engineering, 68: 519-526, (2005).

Tolasa, S., Caklı, S., Kışla, D., Dinçer, T., “Quality and Shelf-Life Assessment of Pasteurized Trout Soup During Refrigerated Storage”, Journal of Aquatic Food Product Technology, 21:321–329, (2012).

Türker, S. Ve Elgün, A. “Sağlam, Pişirilmiş ve Çimlendirilmiş Kuru Baklagiller Eklenecek, Mayasız ve Mayalı (S. Cerevisia) Şartlarda Üretilen Tarhanaların Besin Değeri”, S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi 6; 32-45, (1995).

Usda, National Nutrient Database For Standard Reference, <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/>, (2014).

Van Zulichem, D.J., “Confectionery and Extrusion Cooking Technology in Heat Processing for Food Industry”, International Course on Food Processing 4th

Quality Assurance and Marketing in Food Processing Enterprises, International Agricultural Center Wageningen, The Netherlands, (1994).

Veillard, P.V., Moraru, C.I. and Kokini, J.L. “Development of Instrumental Methods for the Textural Characterization of Low Moisture Extrudates”, International Food Technologist Annual Meeting, Chicago, IL (2003).

Vickers, Z. M., Bourne, M. C., “A Psychoacoustical Theory of Crispness”, Journal of Food Science 41: 1158–1164, (1976).

Vidal-Valverde, C., Frias, J., Valverde, S., “Changes in the Carbohydrate Composition of Legumes After Soaking and Cooking”, Journal of American Dietary Association, 93: 547- 550, (1993).

Viswanathan, M., Ramachandran, A., Indira, P., Snehalatha, C., Mohan, V., & Kymal, P.K., “Responses to Legumes in Niddm Subjects-Lower Plasma-Glucose And Higher Insulin Levels”, Nutrition Reports International, 40: 803-812, (1989).

Wang, N., Maximiuk, L., Toews, R., “Pea Starch Noodles: Effect of Processing Variables on Characteristics and Optimisation of Twin-Screw Extrusion Process”, Food Chemistry, 133: 742-753, (2012).

Wang, N., Hatcher, D.W., R.T. Tyler, R.T., Toews, R., Gawalko, E.J., “Effect of Cooking on the Composition of Beans (*Phaseolus Vulgaris* L.) and Chickpeas (*Cicer Arietinum* L.)”, Food Research International, 43: 589-594, (2010).

Wiedman, W., Strobel, E., “Processing and Economic Advantages of Extrusion Cooking in Comparison with Conventional Processes in the Food Industry”, In C. O’connor Elsevier Applied Science, London and New York, 132-169, (1986).

- Wu, W., Huff, H.E., And Hsieh, F. ,“Processing and Properties of Extruded Flaxseed-Corn Puff”, *Journal of Food Processing and Preservation*, 31: 211-226, (2007).
- Xie F., Liu H., Chen P., Xue T., Chen L., Yu, L. and Corrigan, P., “Starch Gelatinization Under Shearless and Shear Conditions”, *International Journal Of Food Engineering*, 2: 1-29, (2006).
- Yacu, A.W., “Thermoplastic and Food Extrusion General Introduction”, *Apv Baker Inc.*, (1994).
- Yadav, N., Roopa, B. S., Bhattacharya, S., “ Viscoelasticity of a simulated polymer and comparison with chickpea flour doughs”, *Journal of Food Process Engineering*, 29 (3): 234-252, (2006).
- Yağcı, S., Göğüş, F. “Response Surface Methodology For Evaluation of Physical and Functional Properties Of Extruded Snack Foods Developed From Food-By-Products”, *Journal Of Food Engineering*, 86:122-132, (2008).
- Yanniots, S., Petraki, A. and Soumpasi, E. “Effect of Pectin and Wheat Fibers on Quality Attributes of Extruded Cornstarch”, *Journal of Food Engineering*, 80: 594-599, (2007).
- Yeh, A.I., Jaw, Y.M., “Predicting Residence Time Distributions in a Single-Screw Extruder from Operating Conditions”, *Journal of Food Engineering*, 39(1): 81-89, (1999).
- Yıldırım, Z., Ve Ercan, R., “Gıda Endüstrisinde Ekstrüzyonla Pişirme Tekniği”, *Gıda Dergisi*, 21(1): 9-16, (1996).

Yılmaz, M. Y., "Keçiboynuzu Suyu Üretim Teknolojilerinin Geliştirilmesi", Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 89 s., (2009).

Yu, L. ve Christie, G., "Measurement of Starch Thermal Transitions Using Differential Scanning Calorimetry", Carbohydrate Polymers. 46(2): 179-184, (2001).

Yuliani, S., Torley, P.J., D'arcy, B., Nicholson, T., And Bhandari, B., "Effect of Extrusion Parameters on Flavour Retention, Functional and Physical Properties of Mixtures of Starch and D-Limonene Encapsulated in Milk Protein", International Journal of Food Science And Technology, 41: 83-94, (2006).

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 Physiochemical Changes of Starch During Extrusion", Journal of Food Engineering, 100: 232-238, (2010).

EKLER

EK-1 Çerez için Duyusal Analiz Panelist Formu

Sevgili Panelistler,

Örnekleri değerlendirirken soldan sağa doğru bir sıra takip ediniz. Her örneği tattığınızda ağzınızı su ile çalkalayınız.

Teşekkür ederiz...

(A) Tat Testi

Nohut tadı

Örnek kodu	1	2	3	4	5	6	7

Ekşilik

Örnek kodu	1	2	3	4	5	6	7

(B) Görünüş Testi

Renk

Örnek kodu	1	2	3	4	5	6	7

Gözenekli yapı

Örnek kodu	1	2	3	4	5	6	7

Doku Testi

Kırlganlık

Örnek kodu	1	2	3	4	5	6	7

Sertlik

Örnek kodu	1	2	3	4	5	6	7

Gevreklilik

Örnek kodu	1	2	3	4	5	6	7

Genel kabul edilebilirlik

Örnek kodu	1	2	3	4	5	6	7

Duyusal testte kullanılan bazı terimler ve tanımları

Gözenekli yapı: Örnek içerisindeki birim alandaki gözenek sayısı.

Sertlik: Gıdayı ağızda azı dişleri arasında sıkıştırarak belirli bir deformasyon sağlamak için gerekli kuvvet.

Gevreklilik: Isırma sırasında çıkan sesin derecesi.

Kırlganlık: Maddenin ufalanması, yarılması ve dağıtılması için gerekli kuvvet.

(A) için değerlendirme

1-Yok

4-Orta

7-Çok kuvvetli

(B) için değerlendirme

1- Hiç beğenmedim

2- Beğenmedim

3- Biraz beğenmedim

4- Ne beğenmedim ne beğendim

5- Biraz beğendim

6- Beğendim

7- Çok beğendim

EK-2 Çorba için Duyusal Test Analiz Formu

Sevgili Panelistler,

Her örneği tattığınızda ağzınızı su ile çalkalayınız.

Teşekkür ederiz, Afiyet olsun...

(A) Tat Testi

	1	2	3	4	5	6	7

(B) Renk Testi

	1	2	3	4	5	6	7

(C) Reoloji Testi

	1	2	3	4	5	6	7

(D) Genel kabul edilebilirlik

	1	2	3	4	5	6	7

Öneriler:

Duyusal testte kullanılan bazı terimler ve tanımları

Tat : Çorbanın ağıza alındığında verdiği lezzet.

Renk : Çorbanın servis edildiği koşullarda görünen rengi.

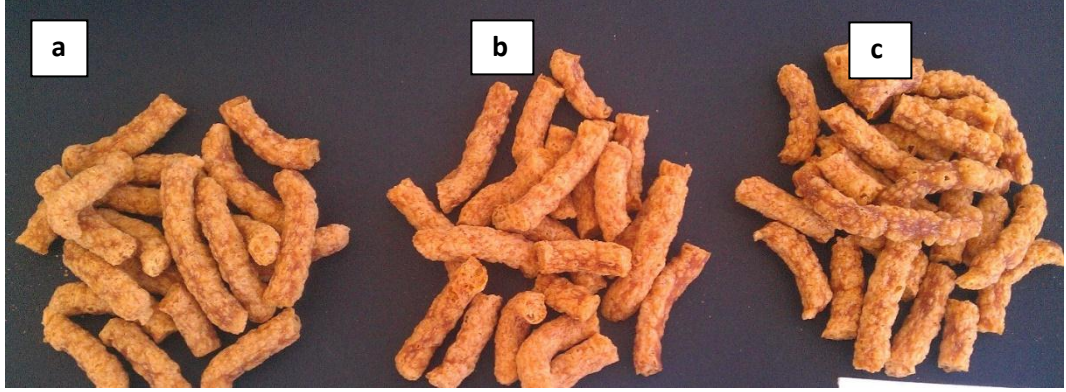
Reoloji : Çorbanın servis edildiği koşullarda kıvamı.

Değerlendirme

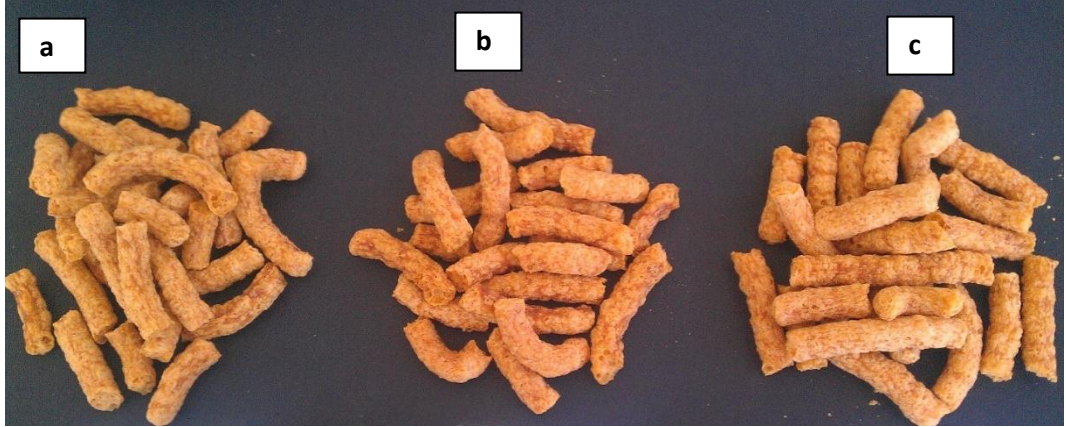
- 1- Hiç beğermedim
- 2- Beğermedim
- 3- Biraz beğermedim
- 4- Ne beğermedim ne beğerdim
- 5- Biraz beğerdim
- 6- Beğerdim
- 7- Çok beğerdim

TEŞEKKÜR EDERİZ...

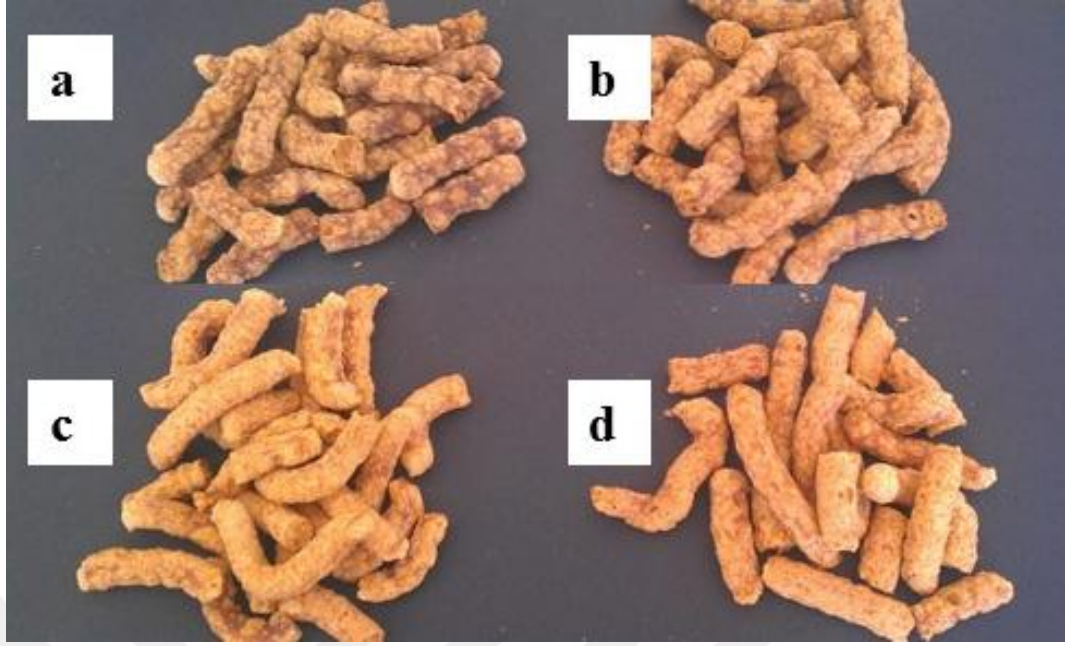
Ek-3 Ekstrüde Çerez Ürünlerinin Fotoğrafları



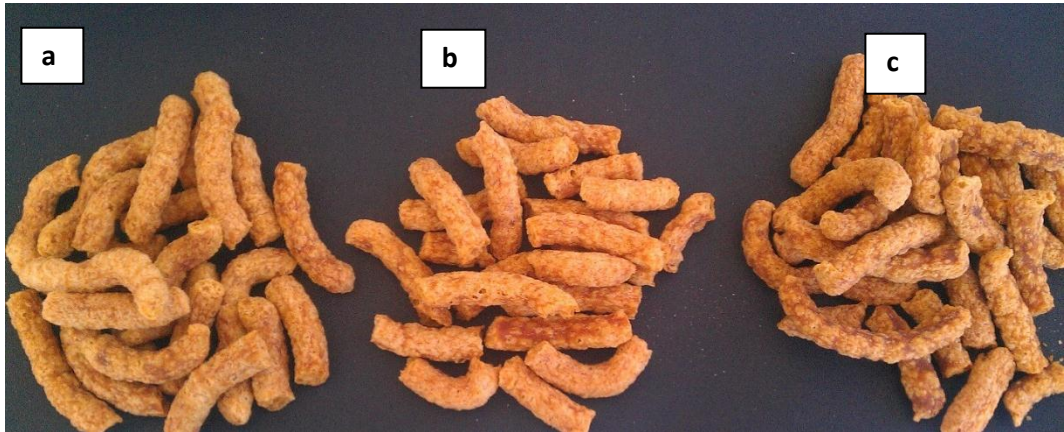
Şekil A.1. Ekstrüde ürünlerin fotoğrafları: (a) %2.5, 123°C, 350 rpm, (b) %2.5, 140°C, 350 rpm, (c) %2.5, 156°C, 350 rpm



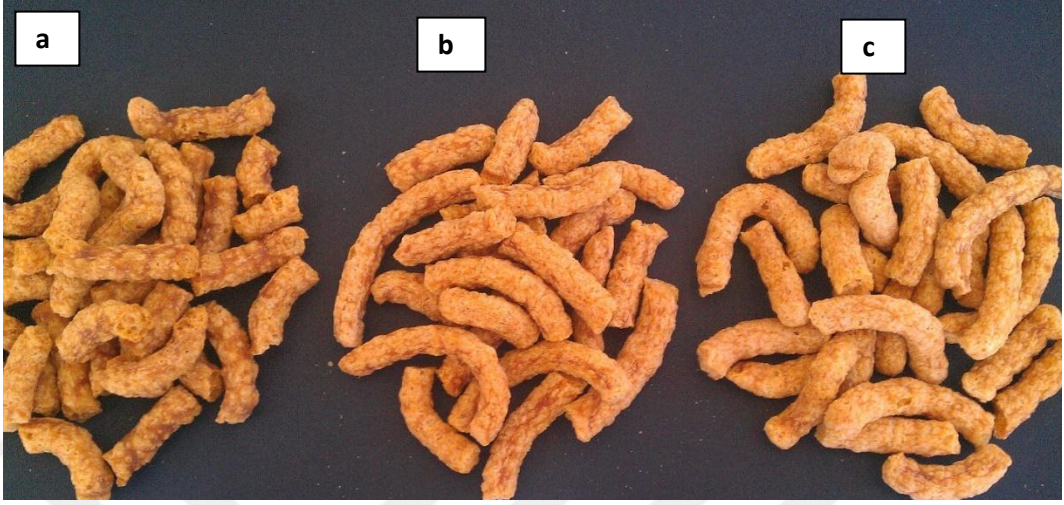
Şekil A.2. Ekstrüde ürünlerin fotoğrafları: (a) %2.5, 140°C, 265 rpm, (b) %2.5, 140°C, 350 rpm, (c) %2.5, 140°C, 434 rpm.



Şekil A.3. Ekstrüde ürünlerin fotoğrafları: (a) %4, 130°C, 300 rpm, (b) %4, 130°C, 400 rpm, (c) %4, 150°C, 300 rpm, (d) %4, 150°C, 400 rpm



Şekil A.4. Ekstrüde ürünlerin fotoğrafları: (a) %0, 140°C, 350 rpm, (b) %2.5, 140°C, 350 rpm, (c) %5, 140°C, 350 rpm



Şekil A.5. Ekstrüde ürünlerin fotoğrafları: (a) %1, 130°C, 400 rpm, (b) %1, 150°C, 300 rpm, (c) %1, 150°C, 400 rpm

EK-4 . Analizlerin ANOVA tabloları

Ek-4 (a). İkinci dereceden modelin genişleme oranı, yoğunluk ve gözeneklilik verilerine uygulanması ile elde edilen ANOVA çizelgesi

Model Terimi	Genişleme oranı		Görünür yoğunluk (g/cm ³)		Gözeneklilik	
	<i>F-değeri</i>	<i>p-değeri</i>	<i>F-değeri</i>	<i>p-değeri</i>	<i>F-değeri</i>	<i>p-değeri</i>
	14.01	0.0001**	34.62	0.0001**	9.91	0.0003**
A	15.81	0.0014**	15.92	0.0015**	4.12	0.0618 ^{ns}
B	20.99	0.0004**	123.41	0.0001**	13.47	0.0025**
C	18.69	0.0007**	40.89	0.0001**	19.11	0.0006**
AC			2.46	0.1427 ^{ns}		
BC			3.60	0.0802 ^{ns}		
A ²	3.24	0.0934 ^{ns}	12.72	0.0034**	4.85	0.0449**
B ²					9.00	0.0096**
C ²	12.20	0.0036**	9.31	0.0093**		
<i>Belirlilik katsayısı (R²):</i>	0.8334		0.9411		0.7797	
<i>Düzeltilmiş belirlilik katsayısı</i>	0.7739		0.9139		0.7010	
<i>Tahmin edilen belirlilik katsayısı</i>	0.5246		0.7649		0.5102	
<i>PRESS</i>	0.085		0.003847		0.007657	
<i>Uyumluluk düzeyi</i>	12.735		19.668		11.107	
	***		***		***	

$$\text{Genişleme Oranı} = 4.73415 - 0.015623*A - 0.0577367*B - 0.010774*C + 0.0977099*A^2 + 0.016937*C^2$$

$$\text{Görünür Yoğunluk} = -0.045943 - 0.024224*A + 0.0145573*B + 0.0324769*C - 0.00115543*B*C + 0.036302*A^2 - 0.0000275438*C^2$$

$$\text{Gözeneklilik} = -2.01686 + 0.014515*A + 0.036078*B + 0.00371081*C - 0.00405392*A^2 - 0.00123287*B^2$$

A, Gam içeriği (%); B, Sıcaklık (°C); C, Vida hızı (rpm)

p*<0.05' de önemli, *p*<0.01' de önemli, ns önemli değil, *** Uyumluluk düzeyi 4' den büyük olmalı

Ek-4 (b). İkinci dereceden iki etkileşimli modelin sertlik-kırılganlık-gevreklik verilerine uygulanması ile elde edilen ANOVA Çizelgesi

	Sertlik (N)		Kırılganlık (mm)		Gevreklik (N/mm)	
	<i>F-değeri</i>	<i>p-değeri</i>	<i>F-değeri</i>	<i>p-değeri</i>	<i>F-değeri</i>	<i>p-değeri</i>
Model Terimi	54.58	0.0001**	106.30	0.0001**	28.09	0.0001**
A	-	-	-	-	-	-
B	57.60	0.0001**	6.35	0.0227**	35.70	0.0001**
C	93.98	0.0001**	4.85	0.0426**	26.59	0.0001**
BC	35.01	0.0001**			21.97	0.0002**
B ²	31.72	0.0001**	307.71	0.0001**		
<i>Belirlilik katsayısı (R²):</i>	0.9357		0.9522		0.8404	
<i>Düzeltilmiş belirlilik katsayısı (R² adjusted):</i>	0.9186		0.9433		0.8105	
<i>Tahmin edilen belirlilik katsayısı (R² predicted)</i>	0.8064		0.9098		0.7034	
<i>PRESS</i>	11.19		0.035		15.89	
<i>Uyumluluk düzeyi</i>	25.302 ***		33.768 ***		16.522 ***	

$$\text{Sertlik} = -211.96719 + 2.67561*B + 0.26544*C - 0.0020825*B*C$$

$$\text{Kırılganlık} = +31.29481 - 0.43504*B - 0.0040672 *C + 0.00156201*B^2$$

$$\text{Gevreklik} = -83.89137 + 0.72971*B + 0.31875*C - 0.024225*B*C$$

A, Gam içeriği (%); B, Sıcaklık (°C); C, Vida hızı (rpm)

* $p < 0.05$ ' de önemli, ** $p < 0.01$ ' de önemli, ns önemli değil, *** Uyumluluk düzeyi 4'den büyük olmalı

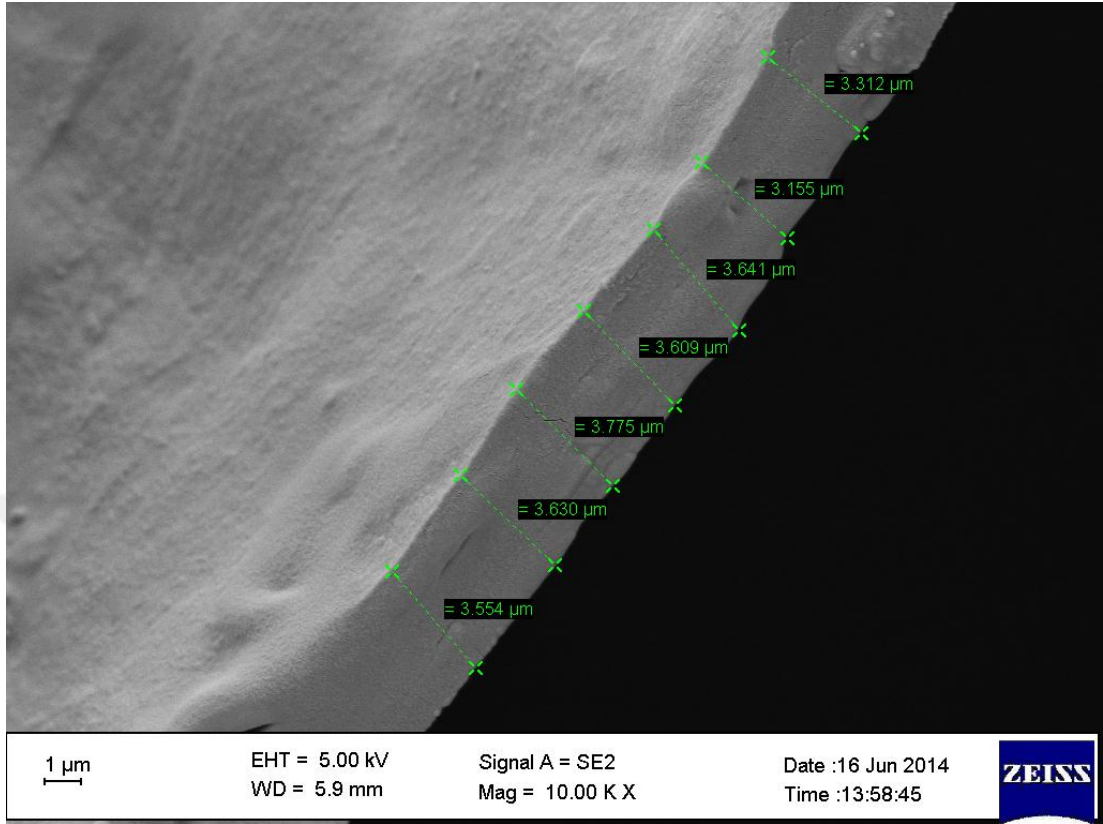
Ek-4 (c). İkinci dereceden modelin L^* , a^* ve b^* verilerine uygulanması ile elde edilen ANOVA sonuçları

Model terimi	L^*		a^*		b^*	
	F- değeri	p-değeri	F- değeri	p-değeri	F- değeri	p-değeri
Model	21.23	0.0001**	5.93	0.0038**	101.07	0.0001
A	19.16	0.0005**	13.07	0.0028*	149.31	0.0001
B	21.81	0.0001**	0.004	0.9506	169.60	0.0001
C	5.15	0.0385**	4.17	0.0605 ^{ns}	21.70	0.0004
AB			4.55	0.0512 ^{ns}	33.27	0.0001
A^2	38.35	0.0001**	7.72	0.0148**	129.15	0.0001
Belirlilik katsayısı (R^2):	0.8499		0.6794		0.9730	
Düzeltilmiş belirlilik katsayısı (R^2 -adjusted)	0.8098		0.5649		0.9634	
Tahmin edilen belirlilik katsayısı (R^2 -predicted)	0.6932		0.0736		0.9348	
PRESS	49.04		37.14		4.07	
Uyumluluk düzeyi	17.455***		9.653***		36.426***	
$L^* = +7.36269 + 3.57684*A + 0.15983*B + 0.015527*C - 0.91549*A^2$						
$a^* = +23.43869 - 5.81126*A - 0.12201*B + 0.010586*C + 0.048150*A*B - 0.31114*A^2$						
$b^* = +10.53204 - 5.06541*A + 0.00434222*B + 0.00874612*C + 0.047167*A*B - 0.46083*A^2$						
A, Gam içeriği (%); B, Sıcaklık (°C); C, Vida hızı (rpm)						
* $p < 0.05$ ' de önemli, ** $p < 0.01$ ' de önemli, ns önemli değil, *** Uyumluluk düzeyi 4'den büyük olmalı						

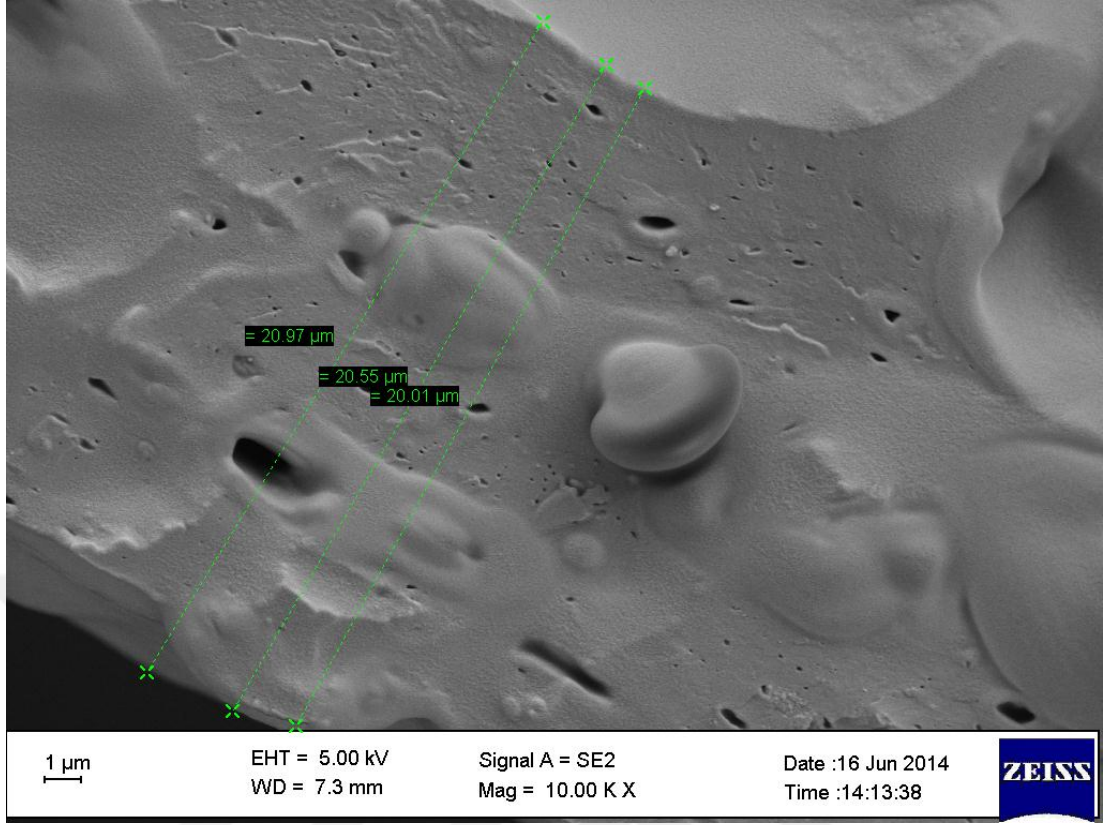
Ek-4 (d). Doğrusal modelin su absorplama ve suda çözünme verilerine uygulanması ile elde edilen ANOVA Çizelgesi

Model Terimi	Su absorplama (g/g)		Suda çözünme (%)	
	<i>F</i> -değeri	<i>p</i> -değeri	<i>F</i> -değeri	<i>p</i> -değeri
Model	17.01	0.0001**	19.93	0.0001**
A	19.08	0.0005**	14.71	0.0015**
B	15.87	0.0011**	31.91	0.0001**
C	16.07	0.0010**	13.17	0.0023**
<i>Belirlilik katsayısı (R²):</i>	0.7613		0.7889	
<i>Düzeltilmiş belirlilik katsayısı (R²-adjusted)</i>	0.7165		0.7493	
<i>Tahmin edilen belirlilik katsayısı (R²-predicted)</i>	0.5644		0.6855	
<i>PRESS</i>	1.61		34.07	
<i>Uyumluluk düzeyi</i>	14.967***		15.878***	
Su absorplama İndeksi = +4.4757 + 0.18567*A + 0.025355*B – 0.00510224*C				
Suda Çözünme İndeksi= -2.37284 – 0.82869*A + 0.18275*B + 0.023478*C				
A, Gam içeriği (%); B, Sıcaklık (°C); C, Vida hızı (rpm)				
* <i>p</i> <0.05' de önemli, ** <i>p</i> <0.01' de önemli, ns önemli değil, *** Uyumluluk düzeyi 4'den büyük olmalı				

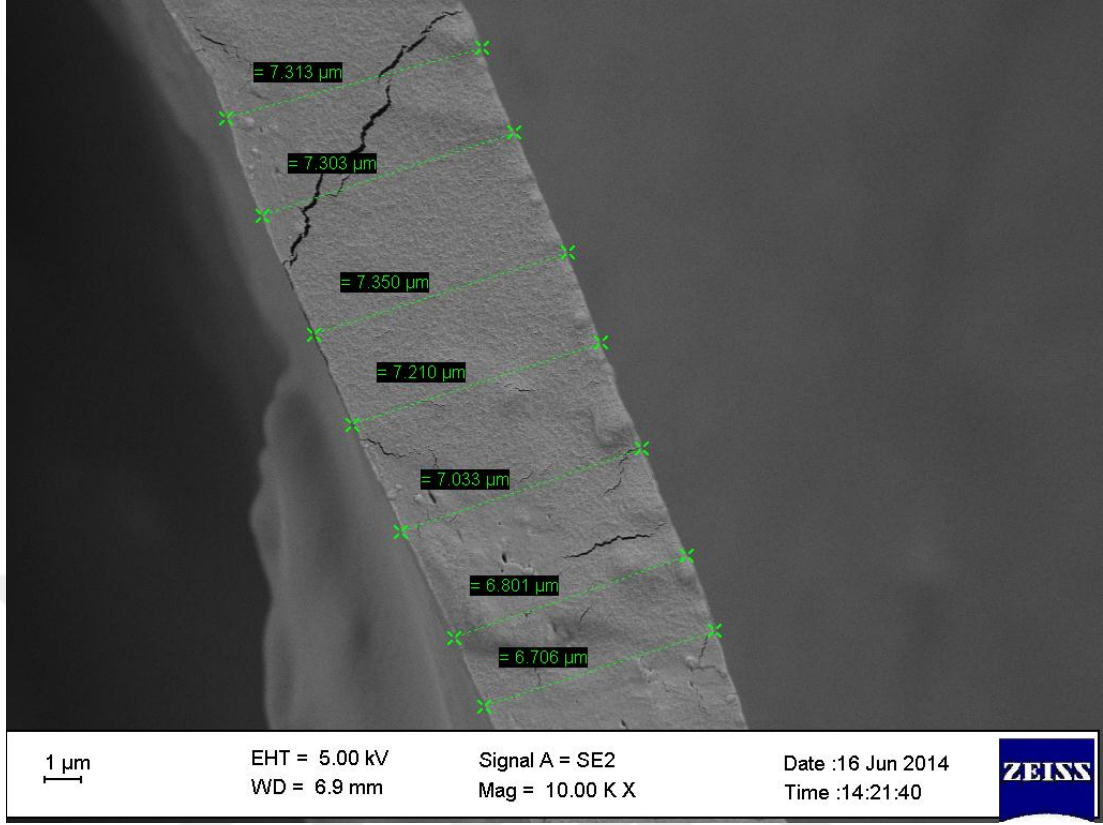
Ek-5 Taramalı Elektron Mikroskopundan Ayrıntılı Görüntüler



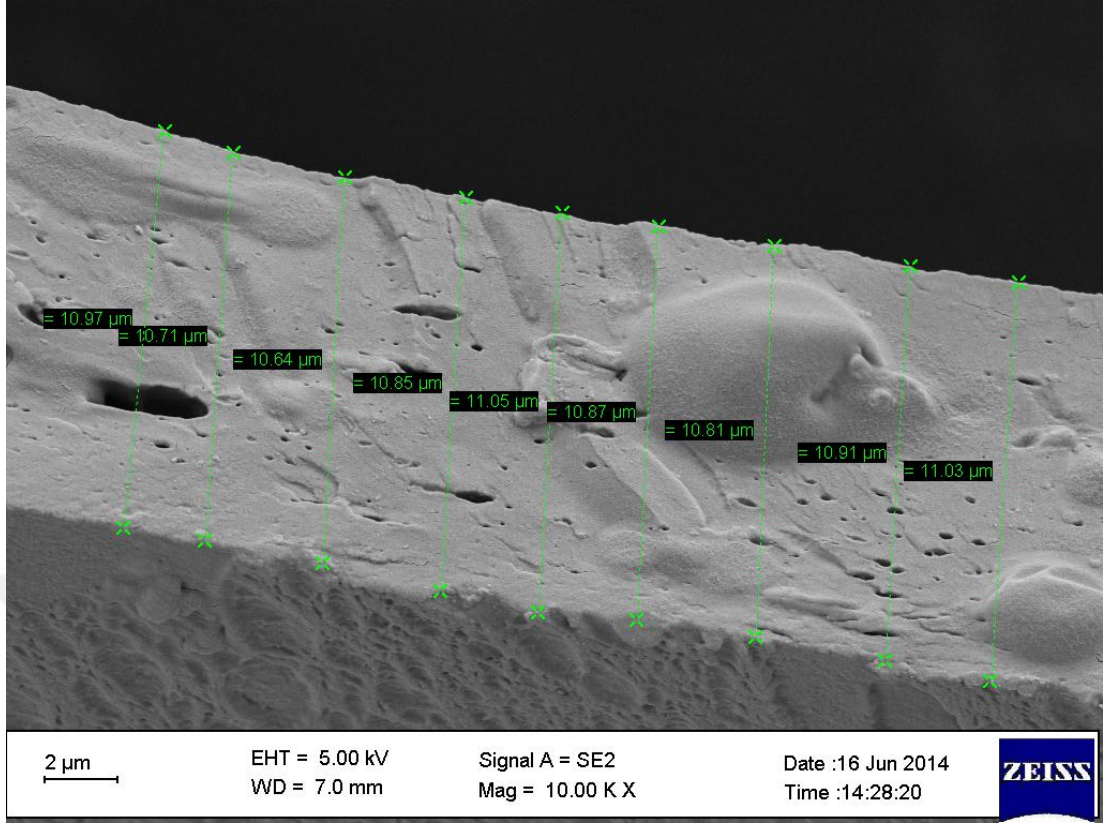
Şekil A.6. %2,5, 140°C, 434 rpm 'de üretilen ürünün taramalı elektron mikroskopundaki görüntüsü.



Şekil A.7. %5, 140°C, 350 rpm'de üretilen ürünün taramalı elektron mikroskopundaki görüntüsü.



Şekil A.8. %1, 150°C, 400 rpm 'de üretilen ürünün taramalı elektron mikroskopundaki görüntüsü.



Şekil A.9. %4, 150°C, 400 rpm'de üretilen ürünün taramalı elektron mikroskopundaki görüntüsü.

ÖZGEÇMİŞ ve ESERLER LİSTESİ

Adı Soyadı : Faruk DOĞAN

Doğum Tarihi : 08/04/1985

Öğrenim Durumu :

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Ortaöğretim	Fen Bilimleri	MTSO Anadolu Lisesi (Mersin)	1996-2003
Lisans	Gıda Mühendisliği (İngilizce)	Gaziantep Üniversitesi	2004-2009
Yüksek Lisans	Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı	Mersin Üniversitesi	2011-2014

Görevler:

Görev Unvanı	Görev Yeri	Yıl
Araştırma Görevlisi	Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Mühendislik Fakültesi - Gıda Mühendisliği Bölümü	2011-

ESERLER (Makaleler ve Bildiriler)

Araştırma Projeleri

- 1) Altan Mete, A., Yağcı, S., **Doğan, F.** ,“Ekstrüzyon yöntemiyle fermente edilmiş baklagillerden atıştırılmalık çerez ürünlerinin geliştirilmesi: Fiziksel, tekstürel, fonksiyonel, duyuşal, besinsel ve yapışal özelliklerin incelenmesi” (Proje Bursiyeri) TÜBİTAK (Proje No. 113O451), (2013- devam ediyor).

- 2) Altan Mete, A., **Doğan, F.**, “Ekstrüzyon Yöntemi ile Nohut Bazlı Farklı Ürünler Geliştirilmesi”. Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Proje Birimi, BAP-FBEGMB (FD) 2014-1YL, (2013-2014).
- 3) Yağcı, S. ve **Doğan, F.**, “Mercimek (*Lens culinaris*) türü baklagillerden glutensiz bulgur-benzeri ürün geliştirilmesi ve kalite parametrelerinin incelenmesi” (Proje araştırmacısı). Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri komisyonu tarafından desteklenen proje. (Proje No.11-M-11), (2011- 2014).

Ulusal Etkinliklerde Yayımlanan Bildiriler

- 4) **Doğan, F.**, “Ekstrüzyon Tekniği ile Tatlı Üretim”, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü 12. Ne Üretelim Etkinlikleri ve Proje Yarışması, 11-12 Eylül, İzmir, (2014).
- 5) Battal S., ve **Doğan F.**, “Pestisit Kalıntı Analizlerinde Kalite Kontrol ve Kalite Güvencesi”, 10-12 Ekim, Türkiye 11 .Gıda Kongresi, Hatay, (2012).

Uluslararası Etkinliklerde Yayımlanan Bildiriler

- 6) Altan Mete, A., Yağcı, S., **Doğan, F.**, “Effects of Twin-Screw Extrusion Processing Conditions on Some Properties of Chickpea Extrudates”. Novel Approaches in Food Industry, 26-29 Mayıs, İzmir, (2014).

- 7) Yağcı, S., **Doğan, F.**, “Development of Gluten-free Bulgur-Like Product from Lentil(Lens Culinaris) Species of Pulses and Investigation of Quality Parameters”, 2nd International Symposium on traditional foods from Adriatic to Caucas, 23-26 Ekim, Struga-Macedonia, (2013).
- 8) Altan Mete, A., Yağcı, S., **Doğan, F.**, “Potential of Legumes for the Development of a Nutritious Snack Using Extrusion Processing”, 2nd International Symposium on traditional foods from Adriatic to Caucas, 23-26 Ekim, Struga-Macedonia, (2013).
- 9) Altan Mete, A., Yağcı, S., **Doğan, F.**, “Baklagillerden Ekstrüzyon Yöntemiyle Atıştırmalık Çerez Ürünlerinin Geliştirilmesi”. Uluslararası Gıda Ar-Ge Proje Pazarı, 3-4 Haziran, İzmir, (2013).
- 10) Battal, S., **Doğan, F.**, The Usage of Pesticide in Foods. 5th International Mechanical Engineering Forum-IMEF. 20-22 Haziran, Prag, Çek Cumhuriyeti, (2012).