

**NOHUTTAN ÇEREZ GIDA ÜRETİMİNDE  
KONTROLLÜ ANİ BASINÇ FARKI  
OLUŞTURULMASI TEKNİĞİNİN  
UYGULANMASI**

**Tuba EVCİ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Biyoloji Anabilim Dalı**

**Yrd. Doç. Dr. Sibel YAĞCI**

**Kasım-2013**

**T.C**  
**KARAMANOĞLU MEHMETBEY ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**NOHUTTAN ÇEREZ GIDA ÜRETİMİNDE**  
**KONTROLLÜ ANİ BASINÇ FARKI**  
**OLUŞTURULMASI TEKNİĞİNİN UYGULANMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**Tuba EVCİ**

**Anabilim Dalı: Biyoloji**

**Programı : Yüksek Lisans**

**Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Sibel YAĞCI**

**KARAMAN-2013**

## TEZ ONAYI

Tuba Evcı tarafından hazırlanan “**Nohuttan Çerez Gıda Üretiminde Kontrollü Ani Basınç Farkı Oluşturulması Tekniğinin Uygulanması**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç.Dr.Sibel YAĞCI

Jüri Üyeleri

İmza:

Yrd. Doç. Dr.Gökhan SADİ  
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi  
Kamil Özdağ Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü

Yrd. Doç. Dr. Yalçın Coşkuner  
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi  
Gıda Mühendisliği Bölümü

Tez Savunma Tarihi: 6/11/2013

**Yukarıdaki sonucu onaylarım**

Prof. Dr. Fevzi KILIÇEL

**Enstitü Müdürü**

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

**Tuba Evcı**

## ÖZET

**Yüksek Lisans Tezi**

### **NOHUTTAN ÇEREZ GIDA ÜRETİMİNDE KONTROLLÜ ANİ BASINÇ FARKI OLUŞTURULMASI TEKNİĞİNİN UYGULANMASI**

**Tuba Evcı**

**Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Biyoloji Anabilim Dalı**

**Danışman: Yrd.Doç. Dr.Sibel YAĞCI  
Kasım, 2013, 76 sayfa**

Bu araştırma çalışmasında nohuttan kontrollü ani basınç farkı oluşturma (KABFO) süreci kullanılarak çerez gıdalar geliştirilmesi süreci araştırılmıştır. Bu amaçla, KABFO prensibine göre çalışan laboratuvar tipi entegre bir cihaz ile farklı nem içeriklerinde hazırlanan nohut örnekleri (% 20-40), farklı reaktör basınçları (3-5 bar) ve işlem sürelerinde (1-10 dakika) işlenmiştir. KABFO işlem parametrelerinin çerezlerin fiziksel (genleşme indeksi, yoğunluk), renk (L\*,a\* ve b\*), dokusal (sertlik ve gevreklik), fonksiyonel (suda çözünme ve su absorblama indeksleri), kimyasal (fenolik madde içeriği, antioksidan aktivite ve fitik asit içeriği) ve duyuşal özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Nohut çerezinin özellikleri en çok reaktör basıncı ve işlem süresindeki değişimden, daha az oranda ise nem içeriğinden etkilenmiştir. Artan reaktör basıncı nohut çerezlerinin fiziksel, dokusal ve kimyasal özelliklerini iyileştirirken, üründe renk ve suda çözünebilir madde kayıplarına neden olmuştur. İşlem süresinin uzaması genelde nohut çerezinin dokusal ve kimyasal özelliklerini geliştirirken fiziksel özelliklerini ve renk değerlerini olumsuz yönde etkilemiştir. Nem içeriğindeki değişim ise sadece dokusal, fiziksel ve fonksiyonel özellikleri etkilemiştir. Nohut çerezinden seçilmiş ürünler yarı eğitimli panelistlerden genel kabul edilebilirlik açısından olumlu puanlamalar almıştır. KABFO işlem süreci nohut çerezi üretimi için optimize edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** KABFO, çerez gıdalar, nohut, genleşme, dokusal özellikler

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **APPLICATION OF INSTANT CONTROLLED PRESSURE DROP METHOD FOR PRODUCTION OF SNACK FOODS FROM CHICKPEA**

**Tuba Evcı**

**Karamanoğlu Mehmetbey University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Biology**

**Supervisor: Asst. Prof. Dr. Sibel YAĞCI**

**October, 2013, 76 pages**

In this study, development of snack foods from chickpea using instant controlled pressure drop (ICPD) process was investigated. Different moisture content of prepared chickpea samples (20-40%) were processed using ICPD equipment at different reactor pressure (3-5 bar) and processing periods (1-10 minute). The effects of ICPD process parameters on the physical (expansion index, bulk density), color ( $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ ), textural (hardness, crispness), functional (water solubility and water absorption indexes), chemical (phenolic content, antioxidant activity and phytic acid content) and sensory properties of the snacks were investigated. Properties of the chickpea snack were most affected by changes in reactor pressure and processing period, to a lesser extent by moisture content. Increasing reactor pressure improved physical, textural and chemical properties of chickpea snacks; however it caused losses of color and water soluble substances in the product. Extending of processing period mostly developed textural and chemical properties of chickpea snack, but it negatively affected physical properties and color parameters. Changes in moisture content only affected textural, physical and functional properties. Selected products from chickpea and wheat snacks got favorable scores from the semi-trained panelists from the point of general acceptability. ICPD process was optimized for production of chickpea snack.

**Keywords:** ICPD, snack foods, chickpea, expansion, textural properties

## ÖNSÖZ

Gıda sanayinde tarım ürünlerinin dayanıklı hale getirilerek tüketicinin kullanımına uygun, yüksek güvenilirlik düzeyinde, ucuz ve kaliteli ürün sunulması düşüncesiyle mevcut teknolojiler modernize edilmekte ya da farklı uygulama alanları geliştirilmektedir. Geliştirilen bu yeni teknolojilerden birisi de kontrollü ani basınç farkı oluşturulması işlemidir. Bilinen geleneksel gıda işleme yöntemlerine göre oldukça farklı olan bu yöntemde hızlı ve maliyeti düşük olan bir üretim tekniği ile hammaddenin tamamını değerlendirerek çok çeşitli ürünler elde edilmektedir.

Beslenme alışkanlıklarının hızla değişmesi ile birlikte, temel tarım ürünlerinden olan bakliyatların da işlenmesi sırasında yeni teknolojilerin kullanılması gerekmektedir. Kontrollü ani basınç farkı oluşturma işlemi, baklagillerin işlenmesinde kullanılabilir avantajlı ve potansiyel bir yöntem olarak gözükmektedir.

Baklagiller içinde önemli bir yere sahip olan nohut ülkemizde, genellikle yemeklik veya leblebi olarak tüketilmektedir. Ürün çeşitliliği sınırlı olan nohut KABFO işlemi ile işlendiğinde kolay tüketilebilen besin değeri yüksek olan ve farklı özelliklerde ürünler elde edilmektedir.

Bu çalışma ile kontrollü ani basınç farkı oluşturulması işlemi kullanılarak birçok besleyici bileşiği bünyesinde barındıran nohuttan besin değeri yüksek, kolay tüketilebilen ve yemeye hazır patlamış çerez gıdalar üretilmiş, üretilen çerez gıdaların kalite parametreleri ve bazı kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Tez çalışmamın her aşamasında yakın ilgi ve desteğini gördüğüm; çalışmalarımın yönlendirilmesi ve sonuçlandırılmasında büyük emeği geçen tez danışmanım Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. Sibel YAĞCI'ya, çalışmalarım sırasında beni maddi açıdan destekleyen TÜBİTAK'a (Proje No:110O784), desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen sevgili eşim Sami EVCI'ye ve ailerimize teşekkür ederim.

Tuba EVCI

Kasım, 2013

# İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa</u></b>
<b>ÖZET</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>ÖNSÖZ</b> .....	iii
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	iv
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	vii
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	viii
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	x
<b>1.GİRİŞ</b> .....	1
<b>2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR</b> .....	4
2.1. KABFO yönteminin uygulama alanları.....	4
2.2. KABFO yönteminin avantajları .....	7
2.3. KABFO yönteminde kullanılan başlıca parametreler .....	9
2.3.1. Vakum tankında uygulanan vakum basıncı .....	9
2.3.2. Reaktörde uygulanan buhar basıncının ve uygulama süresinin etkisi .....	10
2.3.3. Basınç düşme süresinin etkisi .....	12
2.3.4. Numune boyutu ve numune nem içeriği .....	12
2.3.5. Reaktöre uygulanan ön vakum .....	13
2.4. KABFO yöntemi ile gıdada meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişiklikler .....	14
2.4.1. Fiziksel değişiklikler .....	14
2.4.2. Kimyasal değişiklikler .....	15
2.5. Nohut .....	17
2.5.1. Nohudun bileşimi .....	17



2.5.2. Nohudun kullanım alanları .....	18
<b>3. MATERYAL ve METOD .....</b>	<b>19</b>
3.1. KABFO Cihazı .....	19
3.2. Materyaller .....	20
3.3. Numune Hazırlama .....	22
3.3.1. Numunelerin nemlendirilmesi .....	22
3.4. KABFO Yöntemi ile Nohut Çerezi Üretimi .....	23
3.4.1. Ön Deneme Uygulamaları .....	23
3.4.2. Deney Tasarımı ve Asıl Deneme Uygulamaları .....	24
3.5. İstatistiksel analiz .....	24
3.6. Ürünlere Uygulanan Analizler .....	25
3.6.1. Yoğunluk .....	25
3.6.2. Genleşme indeksi .....	25
3.6.3. Renk analizi .....	26
3.6.4. Dokusal analiz .....	26
3.6.5. Su absorblama (SAİ) ve Suda çözünme (SÇİ) indeksleri .....	26
3.6.6. Toplam fenolik madde miktarı tayini .....	27
3.6.7. Antioksidan aktivite .....	28
3.6.8. Fitik asit miktarı tayini .....	28
3.6.9. Duyusal analiz .....	29
<b>4.BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>29</b>

4.1. KABFO Yöntemi ile Nohut Çerezi Üretiminde Yapılan Ön Deneme Çalışmaları .....	29
4.2. KABFO Yöntemi ile Üretilen Nohut Çerezlerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri .....	30
4.2.1 Genleşme indeksi ve Yoğunluk .....	30
4.2.2. Renk değerleri .....	36
4.2.3. Dokusal özellikler .....	40
4.2.4. Su absorblama ve Suda çözünme indeksleri (SAİ ve SÇİ) .....	45
4.2.5. Toplam fenolik madde içeriği ve Antioksidan aktivite .....	50
4.2.6. Fitik asit içeriği .....	55
4.2.7. Duyusal analiz .....	56
4.2. Süreç Optimizasyonu .....	58
<b>5. SONUÇLAR</b> .....	<b>59</b>
<b>6. KAYNAKLAR</b> .....	<b>60</b>
<b>7.EKLER</b>	
Ek-1. Duyusal Test Formu .....	71
Ek-2. Analiz Sonuçları .....	73
<b>8. ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>75</b>

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b><u>Çizelge</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
<b>Çizelge 1.1.</b> KABFO yöntemi öncesi hammaddeye uygulanan ön hazırlık İşlemleri.....	4
<b>Çizelge 3.2.1.</b> Ham nohudun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	21
<b>Çizelge 3.4.1.1.</b> Ön Denemede Çalışılan Şartlar.....	23
<b>Çizelge 3.4.2.1.</b> Nohut çerezi üretiminde KABFO sisteminde uygulanan değişkenler ve seviyeleri .....	24
<b>Çizelge 4.2.1.1.</b> İki faktör-etkileşimli modelin nohut çerezi numunelerinin genleşme indeksi ve yoğunluk değerlerine uygulanması ile elde edilen ANOVA tablosu .....	31
<b>Çizelge 4.2.2.1</b> İki faktör-etkileşimli modelin nohut çerezi numunelerinin renk değerlerine uygulanması ile elde edilen ANOVA tablosu .....	37
<b>Çizelge 4.2.3.1.</b> İki faktör-etkileşimli modelin nohut çerezi numunelerinin dokusal özelliklerine uygulanması ile elde edilen ANOVA tablosu .....	41
<b>Çizelge 4.2.4.1.</b> İki faktör-etkileşimli modelin nohut çerezi numunelerinin su absorblama ve suda çözünme indeksi değerlerine uygulanması ile elde edilen ANOVA tablosu.....	46
<b>Çizelge 4. 2.5.1.</b> Çerez ürünlerin kimyasal bileşenleri ve bazı besinsel özellikleri.....	52
<b>Çizelge 4.2.7.1.</b> Nohut çerezi numunelerinin duyuusal analizinde elde edilen ortalama puanlamalar .....	57

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. KABFO yönteminin şematik gösterimi.....	2
Şekil 1.2. KABFO işlemi süresince sistemde gerçekleşen basınç değişimi .....	3
Şekil 2.1.1. KABFO yöntemi ile endüstriyel bazda üretilmiş bazı meyve ve sebzeler.....	5
Şeki 2.2.1. KABFO yönteminin diğer kurutma yöntemlerine göre avantajları.....	8
Şekil 2.3.1.1. Farklı yöntemlerle tekstürize edilmiş patates parçalarının Ln (Pvi) ve Ln (Pvf) fonksiyonu olarak genişleme oranı .....	10
Şekil 2.4.1.1. Farklı yöntemlerle tekstürize edilmiş patates parçalarının taramalı elektron mikroskop ile alınmış görüntüleri .....	15
Şekil 3.1.1. KABFO cihazı .....	20
Şekil 3.3.1.1. Nohut numunelerinin su absorpsiyon grafiği .....	22
Şekil 3.4.1.1. KABFO sistemi ile nohut çerezi üretimi iş akış şeması .....	23
Şekil 3.5.2.1. Genleşme İndeksi .....	25
Şekil 4.2.1.1 Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan reaktör basıncı ve işlem zamanına göre genişleme indeksi değişimi .....	32
Şekil 4.2.1.2. Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan işlem zamanı ve nem miktarına göre genişleme indeksi değişimi .....	34
Şekil 4.2.1.3. KABFO işleminde % 20 ve 40 nem içeriğinde üretilen numunelerin görüntüleri .....	34
Şekil 4.2.1.4. Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan işlem zamanı ve nem miktarına göre yoğunluk değişimi .....	36
Şekil 4.2.1.5. Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan nem miktarı ve reaktör basıncına göre yoğunluk değişimi .....	36
Şekil 4.2.2.1. Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan reaktör basıncı ve işlem zamanına göre L* değeri değişimi .....	38
Şekil 4.2.2.2. Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan işlem zamanı ve nem miktarına göre L* değeri değişimi .....	39

<b>Şekil 4.2.2.3.</b> Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan işlem zamanı ve reaktör basıncına göre $b^*$ değeri değişimi .....	39
<b>Şekil 4.2.3.1.</b> Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan nem miktarı ve işlem zamanına göre sertlik değeri değişimi .....	43
<b>Şekil 4.2.3.2.</b> Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan reaktör basıncı ve işlem zamanına göre sertlik değeri değişimi .....	43
<b>Şekil 4.2.3.3.</b> Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan işlem zamanı ve nem miktarına göre gevreklik değeri değişimi .....	44
<b>Şekil 4.2.3.4.</b> Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan işlem zamanı ve reaktör basıncına göre gevreklik değeri değişimi .....	44
<b>Şekil 4.2.4.1.</b> Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan işlem zamanı ve reaktör basıncına göre SAI değeri değişimi .....	46
<b>Şekil 4.2.4.2.</b> Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan nem miktarı ve işlem zamanına göre SAI değeri değişimi .....	48
<b>Şekil 4.2.4.3.</b> Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan işlem zamanı ve reaktör basıncına göre SÇİ değeri değişimi .....	49
<b>Şekil 4.2.4.4.</b> Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan nem miktarı ve işlem zamanına göre SÇİ değeri değişimi .....	50
<b>Şekil 4.2.5.1.</b> Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan işlem zamanı ve reaktör basıncına göre toplam fenolik madde miktarı değişimi .....	53
<b>Şekil 4.2.5.2.</b> Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan işlem zamanı ve reaktör basıncına göre antioksidan aktive değişimi .....	54
<b>Şekil 4.2.5.3.</b> Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan nem miktarı ve işlem zamanına göre antioksidan aktive değişimi .....	54
<b>Şekil 4.2.6.1.</b> Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan işlem zamanı ve reaktör basıncına göre fitik asit içeriği değişimi .....	56
<b>Şekil 4.2.7.1.</b> Duyusal analizde değerlendirilen nohut çerezi örneklerinin görüntüleri .....	57

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

**g**

**mg**

**%**

**Pa**

### Kısaltmalar

**KABFO**

**CFU**

### Acıklama

Gram

Miligram

Yüzde Oranı

Pascal

### Acıklama

Kontrollü Ani Basınç  
Farkı Oluşturulması

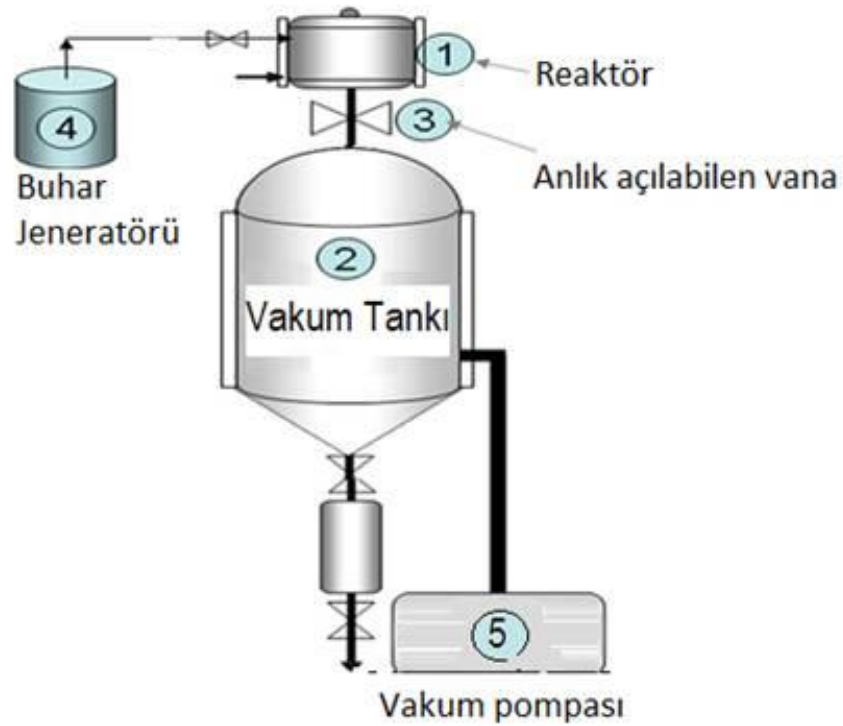
Koloni Oluşturan  
Birim

## 1. GİRİŞ

Kontrollü ani basınç farkı oluşturulması işlemi biyolojik maddelerin kısa süreli yüksek basınçlı buhara maruz bırakıldıktan sonra basıncın vakum basıncına anlık düşürülmesiyle gerçekleştirilen bir gıda işleme yöntemidir (Nouvinaire ve ark., 2008). Bu yöntemin geleneksel olarak uygulanan su içinde ısıtma gıda yöntemlerine göre ayırt edici özelliği yöntemin sıcaklık ve basınç açısından iyi kontrol edilen bir uygulama olması ve sistemde uygulanan anlık basınç düşmesinden dolayı işlenen gıda materyalinde doku, renk gibi duyuşsal özelliklerinin yanı sıra kimyasal ve mikrobiyolojik kriterler açısından avantajlı sonuçların oluşmasıdır. KABFO metodunda önceden ıslatılmış materyal yüksek sıcaklıkta ve atmosfer seviyesinin üstündeki basınçta (2-8 bar) kısa süreli (~10-600 saniye) bekletilir ve bu işlem malzemenin bulunduğu ortamın basıncının çok kısa bir sürede (anlık, ~0.1 saniye) yaklaşık 50-100 mbar vakum basıncına kadar düşürülmesiyle sonlandırılır. Bu esnada işlenen materyalin içindeki su fazı çok kısa bir sürede buharlaşarak ürününün yapısal özelliklerinin değişmesine ve gözenekli bir yapı oluşmasına sebep olmaktadır. Böylece işlenen gıda materyalinin yapısal özellikleri (su tutma kapasitesi, kuruma ve ekstraksiyon özellikleri vb.) geliştiği gibi, kullanılan kısa süreli sıcaklık-basınç uygulaması mikrobiyal kontaminasyonu azaltmakta, enzimleri inaktive etmektedir ve besin öğelerinin kaybını en aza indirmektedir (Haddad ve ark., 2006). Birkaç saniye içinde tamamlanan bu süreç sırasında ürün sıcaklığı sistemdeki basınç değişimine bağlı olarak çok hızlı bir şekilde düşmekte ve üründe yüksek ısıya maruz kalma sebebiyle oluşabilecek muhtemel kalite kayıpları en aza indirgenmektedir (Haddad ve ark., 2001).

KABFO yöntemi ilk olarak 1988 yılında La Rochelle Üniversitesinde, LMTAI (Laboratoire Maitrise des Technologies Agro-Industrielles) araştırma grubu tarafından geliştirilmiş ve 1993 yılında patenti alınmış (French patent no. 9309726, Allaf ve ark., 1993) bir teknolojidir. Yöntemin orijinal ismi Détente Instantanée Contrôlée (DIC) olarak kaydedilmiştir. Devam eden yıllar içerisinde yöntemin gıda, kozmetik ve ilaç sektörü için uygulamaları araştırılmaya başlanmıştır (Allaf ve ark., 1993). Kontrollü ani basınç farkı oluşturulması yöntemi prensibine göre çalışan laboratuvar ölçekli bir sistemin işlem süreci Şekil 1.1'de gösterilmiştir (Mounir ve ark., 2010). Bu sistem beş ana bölümden oluşmaktadır:

- Reaktör (1): Buhar basıncı 10 bara kadar çıkabilen yaklaşık 5-10 L'lik uygulama bölümü
- Vakum tankı (2): Reaktöre göre 120 kat daha fazla işlem hacmine sahip bir tank
- Anlık Açılabilen Vana (3): Vakum tankı ve reaktör arasında <0,2 sn de açılabilen, reaktör içinde basıncın "anlık" düşüşünü ve bağlantıyı sağlayan geniş çaplı (~100 mm çap) küresel vana
- Buhar Jeneratörü (4): Sisteme sabit basınçta buhar verilmesini sağlayan ekipman
- Vakum pompası (5): Sistemde vakum seviyesini 10 milibar ulaştırabilecek ve sabit tutabilecek bir vakum pompası



**Şekil 1.1.** KABFO yönteminin şematik gösterimi (Mounir ve ark., 2010)

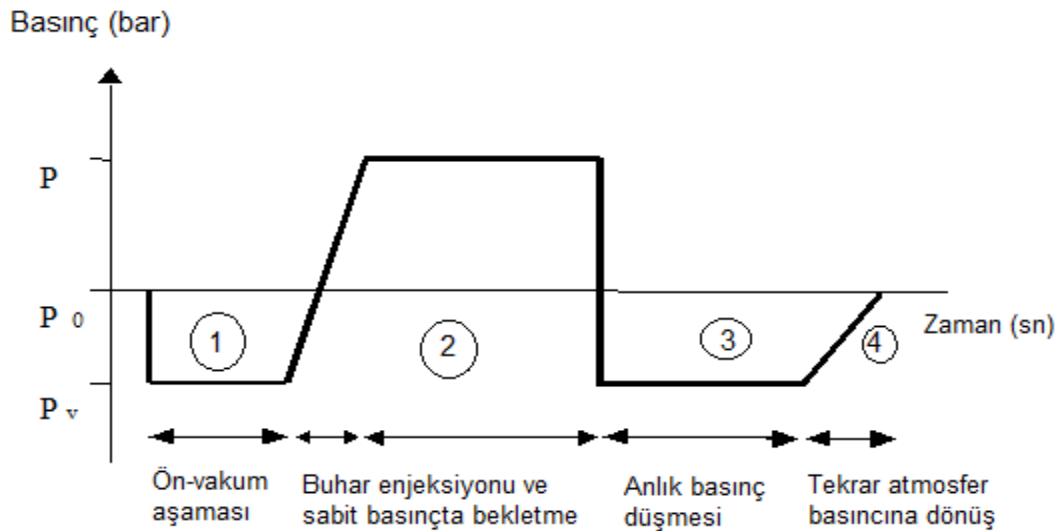
Kontrollü ani basınç farkı oluşturulması işlemi aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır. Bu yöntem sırasında ortaya çıkan basınç değişimi grafiği Şekil 1.2'de verilmiştir.

1. *Ön-vakum aşaması*: Ön-vakumlama işlemi sisteme buhar verilmesi uygulamasından önce gerçekleştirilen ve uygulanan buharın difüzyon etkisini artıran bir ön işlemdir. Bu aşamada önce vakum pompası (5) çalıştırılır, sonra reaktör (1) ile vakum tankı (2)



arasındaki vana (3) açılarak sistemde ilk vakum (~100 milibar) oluşturulur. Böylece buhar ve işlenecek numune arasında optimum ısı transferinin meydana gelmesi sağlanmaktadır.

2. *Buhar enjeksiyonu:* Bu aşamada reaktörle (1) vakum tankı (2) arasındaki vana (3) kapalı durumda tutulmakta ve reaktörde sabit basınçlı bir atmosfer oluşturmak için ortama doymuş buhar enjekte edilmektedir. Yapılan çalışmalarda sistemde  $8 \times 10^5$  Pa buhar basıncına kadar değişen farklı ortam şartları çalışılmıştır (Haddad ve Allaf, 2007; Haddad ve ark., 2007; Mounir ve Ark., 2010). Bu basınçlı ortamda gıda numuneleri farklı sürelerde (10 saniyeden 10 dakikaya kadar) tutularak işlem tamamlanmaktadır (Haddad ve ark., 2007).
3. *Anlık basınç düşmesi:* Bu aşamada reaktör (1) ile vakum tankı (2) arasındaki geniş çaplı küresel vana (3) açılmakta ve sistemdeki basınç vakuma doğru hızla düşmektedir. Böylece gıda numunesindeki su çok hızlı buharlaşarak ürünün kontrollü olarak genişmesi ve hızla soğuması sağlanmaktadır (Louka ve Allaf, 2004).
4. *Numuneyi atmosfer basıncına geri getirme:* Bu işlem KABFO yönteminin en son aşamasıdır. Vakum tankındaki vana açılarak ortam basıncının tekrar atmosferik basınca gelmesi ve ürünün daha da soğuması (~30°C) sağlanmaktadır.



**Şekil 1.2** . KABFO işlemi süresince sistemde gerçekleşen basınç değişimi (Maache-Rezzoug ve ark., 2005)

KABFO yöntemi ile bir gıda hammaddesi işlenmeden önce bazı ön işlemlerin uygulanması gerekir. Bu işlemlerin amaçları Çizelge 1.1’de gösterilmektedir.

**Çizelge 1.1** KABFO yöntemi öncesi hammaddeye uygulanan ön hazırlık işlemleri

Ön İşlem	Amaç
Kesme Eleme	- Standart boyut - Homojen ısı dağılımı
Suda Bekletme	- Farklı gıdalar için farklı nem değerlerine ayarlama - Özellikle nem içeriği düşük hammaddelerde yeterli su içeriğine ulaşmak ve KABFO yöntemi sırasında buharlaşmayla yapısal özelliklerin değişmesi ve gözenekli bir yapı oluşması
Kurutma	- KABFO yöntemi öncesi veya sonrası istenilen hammaddede istenilen su içeriğine ulaşmak
Ön vakum	Hammadde ile uygulanan buhar arasındaki ısı transferini kolaylaştırmak

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

### 2.1. KABFO yönteminin uygulama alanları

Kontrollü ani basınç farkı oluşturma yöntemi kurutma, genleştirme, sterilizasyon, ekstraksiyon, hasat sonrası tahılların ve baklagillerin işlenmesi gibi birçok tarımsal ve endüstriyel amaçlar için kullanılabilir (Louka ve Allaf, 2004; Rochova ve ark., 2008; Cong ve ark., 2008). KABFO yöntemi, 1995 yılından beri süregelen araştırmalar ile geliştirilerek günümüzde sanayileşmiştir. Bu yöntem en çok domates, kırmızı ve yeşilbiber, yeşil fasulye, bezelye, soğan, sarımsak, karnabahar, brokoli, havuç, patates, şalgam gibi farklı sebzelerin endüstriyel olarak kurutulması için kullanılmaktadır (Louka ve Allaf, 2004). Kontrollü basınç farkı yönteminin uygulandığı bazı endüstriyel gıda ürünleri aşağıda sıralanmıştır (Şekil 2.1.1.):

- Kurutulmuş, genleştirilmiş meyveler ve sebzeler
- Baharatlar ve şifalı otların kurutulması
- Et ürünleri ve balık ürünleri
- Esansiyel yağ üretimi



**Şekil 2.1.1.** KABFO yöntemi ile endüstriyel bazda üretilmiş bazı meyve ve sebzeler (Global Sunshine Biotech Sdn. Bhd., Malaysia, 2011)

Kurutma, gıdaları korumak için kullanılan en eski ve etkili yöntemdir. Meyve ve sebzeler için genelde sıcak havayla kurutma veya dondurarak kurutma yöntemleri kullanılmaktadır. Biyolojik ürünlerin kurutulması sırasında, genellikle hücresel maddelerden suyun çıkmasının esnasında ürün yapısında büzülme meydana gelmektedir. Ayrıca, kurutma sırasında uzun süre yüksek sıcaklığa maruz kaldıklarından dolayı renk kayıpları ve lezzet kayıpları ortaya çıkmaktadır. Dondurarak kurutmada ise son kurutulmuş ürün, sıcak kurutmaya göre nispeten daha kalitelidir ve su fazının ayrılması hızlıdır. Ancak dondurarak kurutma, özellikle yüksek ekipman ve işletme maliyetlerinin olması nedeniyle gıda endüstrisi tarafından daha az kullanılmaktadır. KABFO yöntemi, ısıya hassas ürünlerin organoleptik kalitesini ve besin içeriğini önemli ölçüde değiştirmeden kurutmak için kullanılabilecek bir yöntem olarak geliştirilmiştir (Allaf ve ark., 1993). Kurutma kinetiği çalışmaları, KABFO'nun sıcak hava kurutma süreci işlemi ile birlikte uygulanmasının en verimli etkiyi sağlayacağını göstermiştir. Patatesi dokusunu geliştirmek için kullanılan KABFO yönteminin konveksiyonel sıcak havayla kurutma yöntemiyle birlikte kullanılmasıyla toplam kuruma süresinin dört kat azaldığı kaydedilmiştir (Louka ve Allaf, 2002). Literatürde KABFO yönteminin standart kurutma yöntemleri ile birlikte kullanıldığında toplam ürün kalitesi açısından ne gibi ayırt edici özelliklerin ortaya çıktığını göstermek için yapılan bazı çalışmalar bulunmaktadır (Louka ve Allaf, 2004). İki farklı balık çeşidi kullanılarak yapılan bir araştırma çalışmasında birkaç farklı kurutma prosesinin sonuçları KABFO yöntemi ilave edilerek yapılan kurutma prosesi ile karşılaştırılmıştır. Uygulamada işlemler ilk önce optimize edilmiş ve ürünün fiziksel, yapısal ve fonksiyonel karakterizasyonu ile uygulama kinetikleri temel alınarak karşılaştırma yapılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda

KABFO yöntemi kullanıldığında nihai ürün kalitesi açısından daha olumlu sonuçların elde edildiği, KABFO yönteminin optimizasyonu ile ürünlerde daha iyi fonksiyonel özelliklerin elde edilebileceği belirtilmiştir. Ayrıca araştırma sonuçlarına göre, KABFO yöntemi ile işlenmiş ürünlerin dondurularak kurutulmuş ürünlere göre daha avantajlı bir şekilde rehidrate olabileceği; ayrıca vakumlu ve klasik konveksiyonlu kurutma yöntemleriyle elde edilen ürünlere göre çok daha üstün kalite özelliklerine sahip olduğu gösterilmiştir (Haddad ve ark., 2004).

KABFO yönteminin gıda hammaddelerinden çeşitli bileşenlerin ekstraksiyonu öncesinde ön işlem olarak kullanılmasının birçok avantajları olduğu belirtilmiştir (Amor ve Allaf, 2009; Kristiawan ve ark., 2008). Ekstraksiyon yapısını etkileyen özelliklerin incelendiği çalışmalarda KABFO yöntemiyle elde edilen ürünlerdeki genişleme oranının yüksek olmasının, bu ürünlerin difüzyon kabiliyetlerini artırdığı kanıtlanmıştır. Amor ve Allaf (2009) tarafından yapılan bir çalışmada bamya çiçeğine (*Hibiscus sabdariffa*) KABFO işlemi uygulanmış ve genişlemeyle birlikte antosiyanin ekstraksiyon veriminin arttığı bulunmuştur. Bu yöntem ayrıca esans yağlar, aromatik moleküller gibi uçucu moleküllerin ekstraksiyonu için de kullanılmaktadır. Uygulama, ürün bileşiminin difüzyon kabiliyetini ve ekstraksiyon işlemi için kullanılabilirliğini arttırmaktadır. Diğer bir araştırma çalışmasında kahve çekirdeklerine uygulanan KABFO işleminin kahvenin yapısını genişletirip su alma kapasitesini artırdığı ve kahvenin kavurma süresini azalttığı saptanmıştır (Kamal ve ark., 2008). Ayrıca biyoaktif haldeki uçucu olmayan moleküllerin hücre duvarları kırılarak ve genişletilerek bu maddelerin de ekstraksiyona uygun hale getirilmelerinin sağlanabileceği belirtilmektedir (Rezzoug ve ark., 1998).

Kontrollü basınç farkının uygulandığı bir başka alan da nişastayı modifiye etmektir. Nişasta, çeşitli özellikleri olduğu için kalınlaştırıcı, koloidal bir stabilizatör, kıvam artırıcı ve şişirme ajanı gibi birçok gıda endüstriyel uygulamalarında kullanılmaktadır. Ancak nişastanın, normal bir durumda termo-mekanik arıtma ve depolama kararlılığı direnci açısından gıda endüstrisi için gerekli tüm özelliklere sahip olmadığı bilinmektedir. Bu nedenle nişastalara belirli kullanımlarda spesifik özellikler kazandırmak için modifikasyonlar yapılmaktadır. Nişasta granülleri içinde ısı ve nem kontrollü uygulama ile fiziksel değişiklikler oluşturulmaktadır (Stute, 1992). Su içinde ısıtma içeren uygulamalara göre KABFO yönteminin özgünlüğü; herhangi bir hidrasyon

adımına ihtiyaç duyulmamasıdır. Ancak geleneksel yöntemlerde, fiziksel uygulama öncesinde nişasta hidrasyonu gereklidir. KABFO üretim tekniği kullanıldığında jelatinize olmuş nişastaların elastikiyet, gaz tutma özellikleri, hamur karakteristikleri ve gluten gelişimi gibi fonksiyonel özelliklerinin geliştiği kaydedilmiştir (Loisel ve ark., 2006). KABFO yöntemi pirinç gibi tahılların hasat sonrası ön işlemleri içinde kullanılabilir. Hasat sonrası KABFO uygulanmış pirinçlerin pişirme sürelerinin ve kırılgenliklarının azaldığı, doku yapılarının geliştiği ve organoleptik kalitelerinin arttığı belirlenmiştir. Ayrıca KABFO yöntemi sonrası kurutulmuş ürünler suyun yüksek oranda uzaklaşmasıyla dikkat çekmektedir. Bu yöntemle ile iki saat ya da daha az sürede endüstriyel kurutma sağlanabilmektedir (Cong ve ark., 2008).

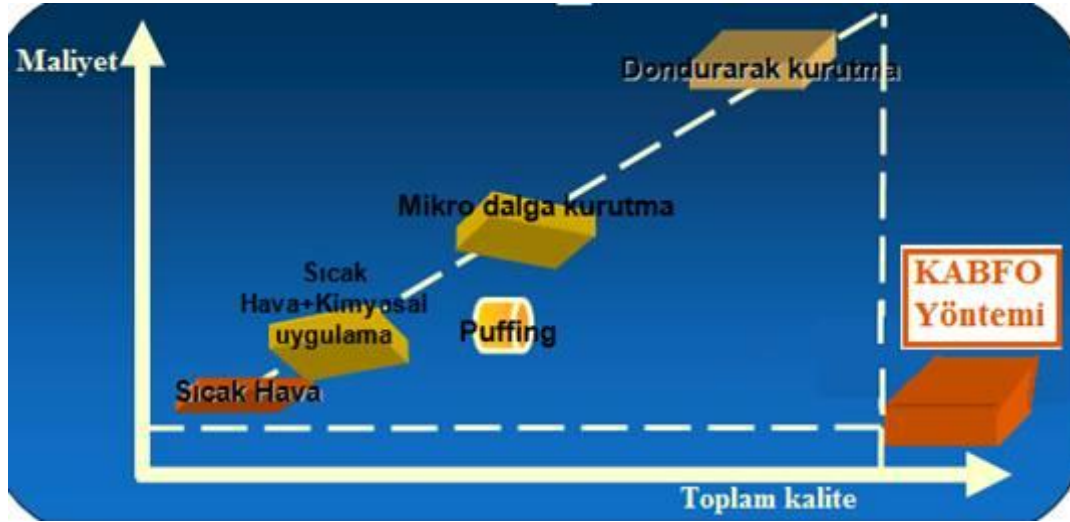
KABFO yönteminin özellikle gıda ürünlerindeki mikrobiyolojik yapılar üzerinde etkili olduğu yapılan çalışmalarda saptanmıştır. Bu yöntemin mikrobiyal azalma üzerine etkisini araştıran bir çalışmada KABFO ile dokusu geliştirilen edilen taze tapyoka kökünün (*Manihot esculenta*) bakteri içeriğinin önemli ölçüde azaldığı saptanmıştır. Bu çalışmada KABFO işlemi  $4 \times 10^5$  Pa basınç altında 12.3 saniye süresince uygulanmıştır. KABFO işlemi öncesi taze tapyokadaki bulunan 520,000 CFU/ml olan bakteri içeriği kurutma sonrasında ancak 204,500 CFU/ml'ye kadar düşürülebilmektedir. İlk ve son kurutma arasında uygulanan KABFO yöntemi, tapyokadaki toplam bakteri sayısında yaklaşık %85.7'lik bir azalmaya neden olmuştur (Setyoprato ve ark., 2009).

## **2.2 KABFO yönteminin avantajları**

KABFO yöntemi özellikle klasik kurutma yöntemleri öncesi uygulandığında birçok avantajının olduğu kanıtlanmıştır (Mounir ve ark., 2011). Bunlardan en önemlisi öncesinde KABFO yöntemi uygulanan kurutma işlemlerinde klasik kurutma yöntemlerine göre daha az zaman ve enerji tüketilmesidir. Böylece yatırım ve işletme maliyetleri açısından daha ucuz ürünlerin üretilmesi sağlanabilir (Şekil 2.2.1). KABFO yönteminde kullanılan yüksek sıcaklık ve kısa süreli işlem ile gıda numuneleri hem sterilize edilir hem de besin değeri korunmuş olur. Bu yöntemde kaliteyi arttırmak için diğer kurutma yöntemlerinde kullanılan katkı maddelerinin kullanımına gerek duyulmaz. Böylelikle daha doğal, besin değeri yüksek ve sağlıklı gıda ürünleri elde edilmiş olunur. Doğaya zararlı hiçbir atık oluşturmayan çevre dostu bir yöntem olan

KABFO, ekonomik açıdan ve kalite açısından da diğer kurutma yöntemlerine göre daha çok avantajlıdır (Mounir ve ark., 2011).

Klasik kurutma yöntemlerinde uzun süreli ısı işlem uygulanması nedeniyle özellikle kurutulmuş gıda numunesinin duyu ve besinsel özelliklerinde bazı bozulmalar (renk, doku, vitamin kayıpları vb.) meydana gelmektedir. Vakumlu kurutmada, genellikle gerekli sıcaklık belirli bir ölçüde azalır ve ilk su miktarının transferi kolaylaşmaktadır. Bununla birlikte, kurutma süresince üründen ısı transferinde bir azalma meydana gelmektedir, bu da ürün yapısında küçülmeye ve büzümeye neden olmaktadır. Bu sorunları çözmek için, KABFO doku geliştirme yöntemi geliştirilmiştir (Louka ve Allaf, 2002).



Şekil 2.2.1. KABFO yönteminin diğer kurutma yöntemlerine göre avantajları (Global Sunshine Biotech Sdn. Bhd., Malaysia, 2011).

KABFO yöntemi uygulandığında numunenin toplam kurutma süresi kısaldığından dolayı gıda ürünü ısı işlemi etkilerinden daha az zarar görmektedir (Mounir ve ark., 2010, Haddad ve ark., 2004). KABFO yöntemi kullanıldığında ürün rengi açısından oldukça iyi sonuçlar elde edilmektedir (Nouviaire ve ark., 2008). Diğer bir taraftan KABFO yönteminde ürün dokusunda meydana gelen genişleme ile gözenekli bir yapı oluşmaktadır, bu da ürünün organoleptik kalitesini artırmaktadır (Louka ve Allaf, 2002; Iguedjal ve ARK., 2008). KABFO yöntemi çok yönlü bir işlemdir ve bu yöntemde elde edilen sonuçların tekrarlanabilirliğinin oldukça yüksek olduğu belirtilmektedir. Louka

ve Allaf (2004) patates, havuç ve soğan sebzelerini KABFO yöntemi ile doku geliştirerek ürünlerde meydana gelen genişleme oranı ve renk değişimini incelemişlerdir. Sonuç olarak bu yöntemle kurutulan sebzelerin nihai renginde hammadde ile kıyaslandığında kayıpların çok düşük olduğu ve ürünlerde sıcak havayla kurutma yöntemine göre 2.2-4.5 kat daha fazla bir genişlemenin olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca reaktörde buhar enjeksiyonu öncesi ön-vakum uygulanması, kalın bir tabaka (15 cm) halindeki numune parçalarında bile KABFO yönteminin başarılı bir şekilde uygulanmasına olanak sağlamaktadır. Uygulanan ilk vakum aşaması sayesinde numuneye nüfuz eden sıcak buhar her yöne eşit şekilde nüfuz ettiğinden nihai üründe renk ve doku gelişimi homojen olmaktadır.

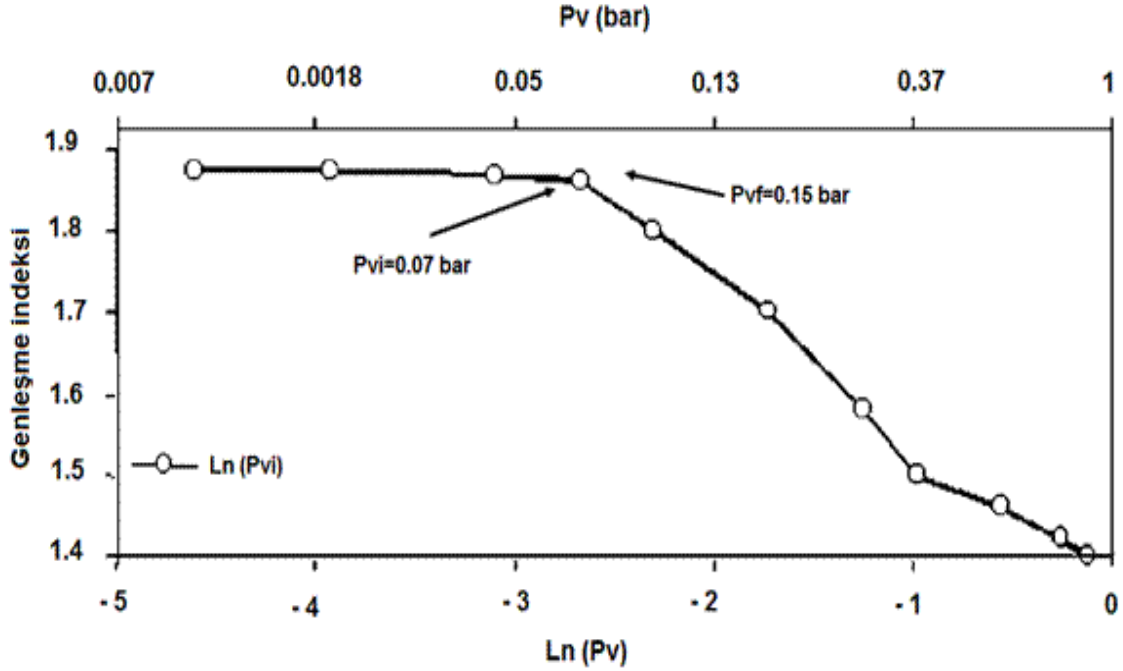
### **2.3. KABFO yönteminde kullanılan başlıca parametreler**

#### **2.3.1. Vakum tankında uygulanan vakum basıncı**

Vakum tankında uygulanan vakum basıncı reaktörde numunenin genişmesini etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Reaktördeki basıncın ara vana açıldıktan sonra düşmesi sırasında, numune içinde bulunan su ani olarak buharlaşarak hem yapısal genişmeyi hem de ürünün soğumasını sağlamaktadır. Bu soğuma sayesinde ürünün genişmiş yapısı korunabilmektedir. KABFO işlemi sonunda sistem termodinamik olarak dengeye gelmektedir ve sistemin son sıcaklığını vakum tankında uygulanan basınç belirlemektedir (Louka ve Allaf, 2002) .

Yapılan çalışmalarda vakum tankında uygulanan vakum basıncının ürünün genişleme indeksi üstüne etkisi iki farklı yönden ele alınmıştır. Bunlardan birincisi KABFO sisteminde anlık vana açılmadan önce vakum tankına uygulanan vakum basıncı ( $P_{vi}$ ) ve anlık vana açıldıktan sonra tüm sistem içinde oluşan son vakum basıncıdır ( $P_{vf}$ ). Louka ve Allaf (2002) patates parçalarının KABFO yöntemi ile geliştirilmesi üzerine yaptıkları çalışmada,  $P_{vi}$ 'nin 0.9 bardan 0.5 bara düşürülmesinin ürün genişmesi üzerine etkisinin az olduğu, fakat  $P_{vi}$ 'nin 0.4 bardan 0.07 bara düşürülmesinin ürün genişmesini önemli düzeyde artırdığını tespit etmişlerdir. Ürün genişmesinin en yüksek olduğu bu noktada  $P_{vf}$  değerinin 0.15 bar olduğu gözlenmiştir.  $P_{vi}$  değerinin daha da düşürülmesinin patates parçalarının genişleme indeksi üzerine önemli bir etkisi

olmadığı kaydedilmiştir (Şekil 2.3.1.1). Genleşme işlemi sırasında uygulanan basıncın atmosferik basınç yerine vakum basıncına ( $P_v=0.15$  bar) düşürülmesi, genleşme oranını yaklaşık 1.4 kat artırmıştır. Bu gözlemler temel alınarak, sistemin nihai basıncının 0.15 bara doğru düşürülmesiyle patates parçaları için en yüksek genleşme oranı elde edilmiştir.



Şekil 2.3.1.1. Farklı yöntemlerle dokusu geliştirilmiş patates parçalarının Ln (Pvi) ve Ln (Pvf) fonksiyonu olarak genleşme oranı (Louka ve Allaf'ın (2002) çalışmasından düzenlenmiştir).

### 2.3.2. Reaktörde uygulanan buhar basıncının ve uygulama süresinin etkisi

Reaktörde uygulanan buhar basıncı; numunenin yapısal, mekanik ve pişme özelliklerini önemli düzeyde etkilemektedir (Nouviare ve ark., 2008). KABFO yönteminde numunenin pişme işlemi reaktöre verilen doymuş buharın numune tarafından soğurulması sayesinde gerçekleşmektedir. Numune yüzeyindeki ve içindeki ısı iletimi konveksiyon ve kondüksiyon ısı iletim mekanizmalarının beraber gerçekleşmesi ile meydana gelmektedir. Klasik genleştirme teknolojileri ile kıyaslandığında KABFO yönteminde numunenin genleşebilmesi için reaktöre belli değerlerde bir ilk basınç uygulanması gerekmektedir. Ancak klasik yöntemlerle kıyaslandığında ( $\sim 250^{\circ}\text{C}$ ) işlem sıcaklığı oldukça düşük olmaktadır ( $\sim 170^{\circ}\text{C}$ ) (Mounir ve ark., 2011). Yapılan çalışmalarda reaktördeki numuneye 1-8 bar' kadar farklı basınç değerlerinde buhar



basıncı uygulanmıştır. Farklı sebzelerden genleşmiş ürünler elde etmek için 2-6 bar (Louka ve Allaf, 2004), soya fasulyesindeki tripsin inhibitörü miktarını azaltmak için 3-7 bar (Haddad ve Allaf, 2007), kahve çekirdeklerinin genişletilmesi için 4-7 bar (Kamal ve ark., 2008), acı bakladaki fitat içeriğini azaltmak için 7 bar (Haddad ve ark., 2007), yabancı çiçekten (*Hibiscus sabdariffa*) antosiyanin ekstraksiyonu için 0.7-2 bar basınç kullanılmıştır (Haddad ve Allaf, 2007; Kamal ve ark., 2008). KABFO yönteminin makarnanın pişme, su tutma ve renk gibi özellikleri üzerine etkisini inceleyen bir çalışmada, reaktörde uygulanan buhar basıncı seviyesinin en önemli işlem parametresi olduğu; ayrıca taze makarnaya uygulanan KABFO işleminin makarnanın su tutma kapasitesi, pişme süresi ve renk gibi kalite parametrelerinde iyileşme sağladığı kaydedilmiştir (Maache-Rezzoug ve Allaf, 2005).

KABFO işlem parametrelerinden birisi de uygulama süresidir. Literatürde yapılan araştırmalarda farklı numuneler için 10 ile 300 s arasında değişen sürelerde işlem süreleri kullanılmıştır (Loisel ve ark., 2006; Kamal ve ark., 2008; Amor ve Allaf, 2009; Haddad ve ark., 2007). Numunenin cinsine ve amaca göre uygulaması süresi değişmektedir. Makarnanın reolojik ve pişme özelliklerine KABFO yönteminin etkisini araştıran bir çalışmada, işlem süresinin artmasının üründeki nişasta jelatinizasyonunu artırdığı kaydedilmiştir (Nouviaire ve ark., 2008). Reaktörde uygulanan buhar basıncının uygulama süresini sınırlayan bazı etkenler bulunmaktadır (Louka ve Allaf, 2004). Bunlar:

- Numunenin termal denge şartlarına ulaşması için gerekli en düşük süre sağlanmalıdır. Numunenin merkez sıcaklığının uygulanan buhar sıcaklığına ulaşması için gerekli süre beklenmelidir.
- Numune reolojik özellikler açısından denge şartlarına ulaşmalıdır. Numunenin basınç düşüşü sırasında genleşebilmesi için viskoelastik bir yapı kazanması gerekmektedir. Bu açıdan numunenin reaktörde tutulması gereken süre önemlidir.
- Son olarak numunedeki renk kayıplarının en aza indirgenebilmesi için numunenin yüksek sıcaklığa en kısa sürede maruz bırakılması gerekmektedir.

### 2.3.3. Basınç düşme süresinin etkisi

KABFO sisteminde reaktör ve vakum tankı arasında bulunan vananın açılma çapı değiştirilerek sistemdeki basıncın düşme süresi değiştirilmektedir. Sistemdeki basınç düşme süresi gıda ürününün genleşme oranını belirleyen önemli bir faktördür. Louka ve Allaf (2002) patatesi genişletmek için KABFO yöntemini kullanmışlar, bu işlem sırasında vana açılma çapını 1 mm'den (355 s) 100 mm aralığa kadar (200 milisaniye) değiştirerek, sistemdeki toplam basınç düşme süresinin değişken olması sağlamışlardır. Sonuç olarak üründeki genleşme oranındaki değişimin basınç düşme süresi ile birinci dereceden ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Bu araştırma çalışmasının sonuçlarına göre üründe iyi bir genleşme oranı elde etmek için basınç düşme süresinin 1 saniyeyi geçmemesi gerektiği, süre 10 saniyeyi geçtikten sonra ürünün çok az genleştiği ve hatta daha sıkı bir yapıda olduğu tespit edilmiştir. Basınç düşme süresi 8 s ile 700 ms (milisaniye) arasındaki sürelerde genleşme oranında büyük artış gözlenmiştir; 400 ms altındaki sürelerde ise bu genleşme oranında önemli derecede bir artış meydana gelmemiştir. KABFO yönteminde numunede meydana gelen genleşme süreci dinamik bir süreç olup sistemdeki basıncın azalma kinetiğine direkt olarak bağlıdır. Sistemde vananın açılmasıyla birlikte ürün içinde kendi kendine oluşan buharlaşma mekanizması birden vakum basıncına düşerek bir itici güç oluşturur, bu da ürünün genleşmesini ve gözenekli bir hal almasını sağlamaktadır. Sistemde numune içinde genleşme için gerekli buhar miktarı bu itici gücün hızına bağlıdır (Louka ve Allaf, 2002). Kristiawan ve ark. (2008) *Cananga odorata* bitkisindeki esansiyel yağları KABFO yöntemi ile izole etmişler ve sistemdeki basınç düşme hızının ekstraksiyon üzerine etkilerini incelemişlerdir. Basınç düşme hızındaki artış ile ekstrakte edilen esansiyel bileşiği miktarının arttığı, klasik kloroform ekstraksiyonu ile kıyaslandığında 1.43MPa/s basınç düşme hızında elde edilen yağ miktarının daha fazla olduğu belirtilmiştir.

### 2.3.4. Numune boyutu ve numune nem içeriği

KABFO yönteminin özellikle ürün genişletme için kullanıldığı durumlarda numunenin kalınlığı, şekil ve boyut özellikleri sistemin etkinliği açısından önemlidir. KABFO işlemi öncesi büyük boyutlu sebzeler, meyveler, et ve benzeri gıdalar küçültülerek yaklaşık 0.2 cm<sup>3</sup>'lük küçük parçalara bölünürler (Louka ve Allaf, 2004), baklagil ve tahıl ürünleri de kendi boyutları ile (Haddad ve ark., 2007; Haddad ve Allaf 2007 )

KABFO işlemine maruz bırakılırlar. Zarguili ve ark. (2006), KABFO süreç koşullarının standart mısır nişastasının jelatinizasyon özellikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Farklı kalınlıktaki nişasta tabakaları için numune nem içeriği ve KABFO sıcaklık profillerinin değiştirildiği çalışmada, 0.5 cm kalınlığındaki nişasta tabakasıyla çalışılması gerektiği belirlenmiştir. Bu kalınlıkta, buharın nişasta tabakasının her yönüne eşit nüfuz ettiği yani nişasta katmanı içinde homojen ısı dağılımı ve homojen buhar difüzyonu sağlandığı kaydedilmiştir.

KABFO işlemi öncesi numune, sıcaklık ve nem içeriği açısından uygun şartlara getirilmektedir. Bunun için ya numune ıslatılır veya ön kurutma ile numune içindeki fazla su atılır. Bu işlemler yapılırken numunenin içindeki su miktarının gıdanın her yerinde homojen olması gerekmektedir. Literatürde yapılan çalışmalarda, ham maddelerinin nem miktarları yaklaşık % 5-50 aralığında çalışılmıştır. Numunenin nem miktarının ürün genleşmesi üzerine etkili olduğu bildirilmiştir. Ürünün nem içeriğinin fazla olması ürünün KABFO işlemi sırasında parçalanmasına; düşük olması da ürün genleşmesinin yetersiz olmasına neden olmaktadır (Louka ve Allaf, 2002; Louka ve Allaf, 2004; Kamal ve ark., 2008; Kristiawan ve ark., 2008).

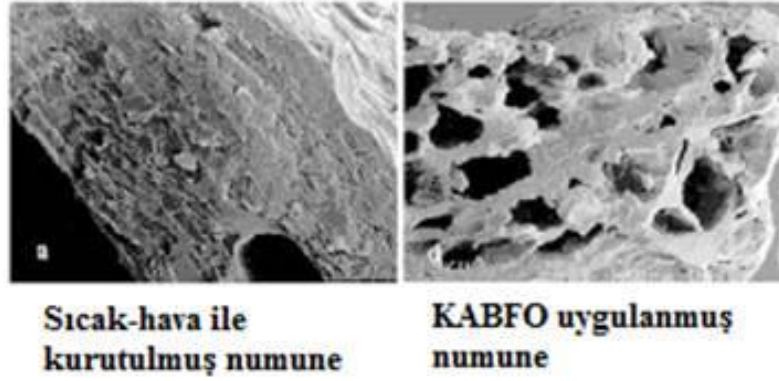
### **2.3.5. Reaktöre uygulanan ön vakum**

KABFO işlemi sırasında reaktörde mevcut olan ilk hava ürünün etrafını sararak KABFO işlemi sırasında gerçekleşen ısı transferini güçleştirmektedir. Bundan dolayı reaktörde numuneyi buharla muamele etmeden önce sistemde ön vakum uygulaması yapılmaktadır. Burada amaç buhar ve ürün arasındaki ısı transferini artırmaktır. Havanın reaktörden dışarı gönderilmesiyle uygulama için homojen bir ortam oluşturularak ürünün rengi, genleşme oranı numunenin her noktasında aynı elde edilmektedir. Bu sayede farklı kalınlıktaki ürünlere olan buharın difüzyonu da kolaylaşmaktadır (Louka ve Allaf, 2004).

## 2.4. KABFO yöntemi ile gıdada meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişiklikler

### 2.4.1. Fiziksel değişiklikler

Kontrollü basınç farkıyla üründe meydana gelen en önemli fiziksel değişiklikler genişleme, kaybedilen suyun geri alım oranı ve renk değişimidir. Gıda maddelerini genişletirmede temel amaç, üründe daha iyi fonksiyonel (suyun çıkış süresi ve kaybedilen suyun geri alım oranı) ve organoleptik özellikler (doku, renk) sağlamaktır. Günümüzde gıda maddeleri birçok farklı yöntem kullanılarak geliştirilmektedir. Bu yöntemler arasında en çok kullanılanları ekstrüzyon teknolojisi ve ısı tabancalarıyla patlatma işlemi gelmektedir. Ekstrüzyon teknolojisinde hammaddeler öğütülerek kullanıldığından hammaddeyi bütün olarak değerlendirmek mümkün değildir. Gaz brülörleri veya yüksek frekanslı elektrik sistemiyle ısıtma yapabilen ısı tabancalarında ise ürün çok yüksek sıcaklıklara maruz kaldığından (~250°C) yanma riski ile karşı karşıyadır, ayrıca ürünün besinsel değerlerinde oldukça büyük kayıplar gerçekleşebilmektedir. KABFO yönteminde genişleme olayı atmosferik basınca doğru serbest bırakılan ani bir basınç altında gıda maddesinin içerdiği nemin kendi kendine buharlaşmasına dayanmaktadır. Böylece, yüksek sıcaklıkta viskoelastik yapısıyla bir ürün, basınç düşmesi sonrası üretilen buhar baskısının etkisi altında genişler ve ürünün içinde gözenekli bir yapı oluşur (Louka ve Allaf, 2004). KABFO yöntemi ile genişletme yapılırken numune diğer yöntemlere kıyasla daha düşük sıcaklıklara maruz bırakılmaktadır. Bu nedenle bu yöntem ısıya duyarlı ürünlerin geniştilmesi için oldukça uygun bir yöntemdir. Dört temel koşul sağlanırsa ısıya duyarlı ürünlerde iyi bir genişleme elde edilmektedir: a) Uygun reolojik özelliklere sahip bir numune, b) Anlık basınç düşmesi, c) Dekompresyon öncesi ve sonrası arasında büyük bir sıcaklık farkı oluşturulması, d) Genleştirilmiş yapıdaki ürünü korumak için yeteri kadar düşük son sıcaklık (Louka, 1996). Şekil 2.4.1.1' de KABFO yöntemi ve sıcak hava kullanılarak dokusu geliştirilmiş patates numunelerinin taramalı elektron mikroskop görüntüleri verilmiştir. Sıcak hava ile kurutulan numunelerde yapının oldukça sıkı bir halde olduğu, KABFO yöntemi kullanılan numunelerde ise homojen dağılımlı gözenekli yapının sağlandığı görülmektedir (Louka ve Allaf, 2002).



**Şekil 2.4.1.1.** Farklı yöntemlerle dokusu geliştirilmiş patates parçalarının taramalı elektron mikroskop ile alınmış görüntüleri (Louka ve Allaf'ın (2002) çalışmasından düzenlenmiştir).

KABFO yönteminin bir diğer avantajı da ürünlerin su tutma kabiliyetlerinde meydana gelen artıştır. Mounir ve ark. (2010) KABFO yöntemini süt tozu kurutmak için püskürtmeli kurutma öncesinde bir ara aşama olarak kullanmışlar ve ürünlerdeki başlıca kalite kriterlerinin değişimini incelemişlerdir. Bu araştırma sonucuna göre KABFO yöntemi uygulanmış ürünlerin gözenekliliğinin, dokular arasındaki boşluk hacminin ve özgül yüzey alanının artmasının yanı sıra sıkıştırılabilirlik ve tekrar suda çözünabilirlik özelliklerinin iyileştiği ifade edilmiştir. Literatürde yer alan diğer bir çalışmada makarnaya uygulanan KABFO işleminin makarnanın su absorpsiyonu, pişme süresi ve renk gibi fiziksel özelliklerini geliştirdiği kaydedilmiştir. Ayrıca bu yöntem sayesinde renk kayıplarına neden olan enzimlerin denatüre olduğu belirtilmiştir (Kobrehel ve Abecassis, 1985). KABFO üretim tekniği kullanıldığında jelatinize olmuş nişastaların elastikiyet, gaz tutma özellikleri, hamur karakteristikleri ve gluten gelişimi gibi fonksiyonel özelliklerinin geliştiği kaydedilmiştir (Loisel ve ark., 2006).

#### **2.4.2. Kimyasal değişiklikler**

Gıdalara uygulanan su içinde ısıtma işlemleri gıdanın içeriğinde bulunan makro ve mikro molekülleri etkileyerek çeşitli kimyasal reaksiyonların gerçekleşmesine neden olmaktadır. KABFO yöntemi sırasında uygulanan yüksek basınçlı doymuş buhar uygulaması gıda hammaddelerinde bulunan proteinlerin denatürasyonuna, nişastanın jelatinizasyonuna ve lezzet bileşiklerinin oluşumunu sağlayan birçok reaksiyonlara neden olarak gıda numunesinin pişmesine olanak sağlamaktadır. Uygulanan yüksek basınç sayesinde gıdadaki protein yapıları açılarak, tekrar düzenlenir ve ortamdaki su ile

etkileşime girer, böylece gıdanın renk, doku, çözünürlük, sindirilebilirlik vb. özelliklerinin gelişmesine neden olmaktadır. Ayrıca birçok enzimatik reaksiyon da ortam çalışma koşullarına bağlı olarak inaktive olmaktadır. Yüksek basınç uygulamaları genelde monosakkarit ve oligosakkaritler üzerinde etkili değildir, ancak polisakkaritlerin jelleşmesine neden olurlar (Jung ve ark., 2010). Nişastaya KABFO yöntemi uygulandığında klasik hidrotomal süreçlere benzer şekilde etkilendiği ancak jelatinizasyon sıcaklık aralığının daraldığı kaydedilmiştir (Maache-Rezzoug ve ark., 2010). KABFO işlemi görmüş nişastaların termal özellikleri işlem zamanına ve uygulanan buhar basıncı seviyelerine göre değişmektedir, nişasta KABFO işlemi sırasında kısmi olarak jelatinize olmaktadır. Aşırı uygulanan işlem şartlarının nişastanın jelatinizasyonu sırasındaki giriş ve tepe sıcaklıklarını artırdığı ve jelatinizasyon entalpisini azalttığı belirtilmiştir (Loisel ve ark., 2006). KABFO işleminin en önemli avantajlarından biri, kısa işlem süresidir. Ayrıca reaktörde uygulanan buhar basıncının sıcaklığı da diğer genleştirme yöntemlerine göre oldukça düşüktür. Bu da ürünlerdeki besinsel öğelerin kaybını en aza indirmektedir (Haddad ve ark., 2006).

Son yıllarda gıdalardaki anti-besinsel etkilerin ortadan kaldırılması ya da bu etkilerin en aza indirilmesi için farklı işleme teknikleri uygulanmaktadır. KABFO yöntemi acı bakla tohumlarında bulunan zehirli ve alerjen bir madde olan alkaloid içeriğini azaltmak için kullanılmıştır. Haddad ve ark.'nın (2006) bu amaçla yaptıkları araştırma sonucuna göre suda ekstarksiyon işlemi sonrası kullanılan KABFO yöntemi acı bakla tohumlarındaki alkaloid miktarını % 5.5'den % 2.2'ye düşürmüştür. Diğer bir antibesinsel madde olan fitik asit tüm tahıl ürünlerinde, soya, kolza, keten, susam ve pamuk tohumu küspesi gibi yağlı tohum küspelerinde bulunmaktadır. Fitik asit çinko, kalsiyum, magnezyum, demir gibi minerallere bağlanarak bunların işlevlerini azalttığından beslenme bakımından olumsuz etkilere sahiptir (Özkaya, 2002). Ayrıca acıbaklaya uygulanan KABFO işleminin fitik asit miktarını yaklaşık %60 oranında düşürdüğü belirtilmiştir (Haddad ve ark., 2007). Soya tohumları insan beslenmesinde ciddi bir engel oluşturan başta tripsin inhibitörleri olmak üzere beslenmeyi olumsuz etkileyen faktörler içerir. Haddad ve Allaf (2007) KABFO süreci uygulanmış soya fasulyelerinde tripsin aktivitesinin %99 oranında azaldığını ifade etmişlerdir. Bu örneklerden anlaşılacağı üzere KABFO işlemi tahıl bazlı ürünlerdeki anti-besinsel etkilerin azaltılmasında çok etkilidir. Böylece ürün

yelpazesi sınırlı olan birçok tahıl ve baklagil KABFO yöntemi ile besinsel değeri artırılmış ürünlere dönüştürülebilir.

## **2.5. Nohut**

Yemelik tane baklagiller içerisinde 11,556,744 hektarlık ekim alanı ile dünyada ikinci önemli yere sahip olan nohut, dünya üzerinde yaklaşık 33 ülkede yetiştirilmektedir. Ekim alanı sıralamasına 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) (FAO, 2008). Nohut ülkemizde toplam yemelik tane baklagil ekim alanının yaklaşık % 47'sini kaplamaktadır. Nohut ülkemizde tarımı yapılan yemelik tane baklagiller içerisinde en fazla yetiştirilen bitki olup özellikle 1980'li yıllardan itibaren gerek ekiliş alanlarında gerekse üretim miktarında nadas alanlarının daraltılması ile önemli artışlar olmuştur. 2010 yılında 530,634 ton ürün elde edilmiş, ekim alanı başına verim 116 kg/dekar olarak gerçekleşmiştir. Nohut Türkiye'nin her bölgesinde yetiştirilmekte olup, kışları ılıman geçen batı bölgelerimizde kışlık, Orta Anadolu ve geçit bölgelerimizde ise yazlık olarak üretilmektedir. Gerek ekiliş alanı gerekse üretim miktarı yönünden Orta Kuzey bölgesi birinci sırada yer alırken, bunu Orta Güney ve Akdeniz bölgesi takip etmektedir (DPT, 2007).

### **2.5.1. Nohudun bileşimi**

Dünyada üretilen nohutlar iki ana tip altında toplanır: Kabuli (iri taneli koçbaşı 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 nohut çeşitleri yetiştirilir. Kabuli tip nohutların proteinlerinden daha fazla yararlanılabilir ve yüksek biyolojik değeri mevcuttur. Nohut tohumu üç farklı bölümden oluşur: kotiledon (~% 89), kabuk (~% 10) ve embiryo kısmı (~% 1). Kotiledon kısmı nohudun depo kısmıdır ve temelde protein ve karbonhidratlardan oluşur. Kotiledonu bir koruyucu bariyer gibi saran kabuk kısmı ise fenolik bileşenler açısından oldukça zengindir (Shahidil ve ark., 2001). Nohudun bileşimi yaklaşık olarak; % 38-73 karbonhidrat, % 16-31 protein, %2-9 selüloz, % 2-7 yağ ve % 2-11 külden oluşur (Encan ve ark., 2005). Besleme değerleri

dikkate alındığında nohut yüksek oranda protein ve esansiyel bir amino asit olan lizin içerir ki bu oran hemen hemen sığır eti proteinine eşdeğerdir (Aydın, 2002). Özellikle gelişmekte olan ülkelerde günlük beslenme düzeninde tahıllar nohut ile desteklenerek öğünlerdeki protein eksikliğine çözüm aranmaktadır. Nohut tüketildiğinde içeriğindeki yüksek protein, lifli bileşenler ve düşük yağ oranı sayesinde protein/kalori dengesizliğinin giderilmesine yardımcı olabilmektedir. Diyetlerinde devamlı nohut tüketenlerin serum kolesterollerini düşük ve kalp hastalıklarına yakalanma olasılıkları, tüketmeyenlere kıyasla daha zayıf olduğu kaydedilmiştir (Jambumathan ve ark.,1994).

Nohut yüksek besin değerinin yanı sıra, diğer baklagil tohumlarında olduğu gibi sindirimi zorlaştıran bazı kimyasal maddeleri içermektedir. Bu faktörler ham tohumlarda daha yüksektir, pişirme ile önemli miktarda azalır. Bu anti besinsel bileşenler arasında tripsin, kimotripsin, gibi proteaz inhibitörleri; rafinoz, staçiyoz ve verbaskoz gibi oligosakkaritler; fitik asit ve taninler gibi polifenollerdir ve lektin sayılabilmektedir. Islatma, pişirme, çimlendirme, ısı işlemler, ultrasound teknikleri vb. işlemlerle ortadan kaldırılabilen bu maddeler nohutta diğer baklagillerden daha azdır. Anti besinsel bileşenlerden en önemlisi fitik asit gibi gaz yapıcıdır ve nohutta bu maddeler daha fazladır (Özkaya, 2002).

### **2.5.2. Nohudun kullanım alanları**

Dünya üzerinde nohut geleneklere ve tat tercihlerine dayalı olarak çeşitli metotlarla işlenip pişirilmektedir. Nohut insan besini olarak bütün, kabuğu soyulmuş, kotiledonları ayrılmış ve öğütülmüş olarak 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. Ülkemizde nohut geleneksel olarak yemeklik tüketim dışında genelde bir çerez çeşidi olan leblebi olarak tüketilmektedir (Aydın, 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 içine 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).

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; Coşkun ve Karababa, 2004).

### **3. MATERYAL ve METOD**

#### **3.1. KABFO Cihazı**

KABFO cihazın ana parçaları iki ayrı bölümde toplanmıştır (Şekil 3.1.1). İlk kısım reaktöre sabit basınçta buhar vermek için gerekli olan buhar jeneratörüdür. Cihazın ikinci bölümü tekerlekli yürüyen bir tabla üzerine yerleştirilmiştir. Bu kısımda reaktör, vakum pompası, sistemde çalışılacak parametrelerin kontrol edildiği bir kontrol ünitesi ve vakum tankı bulunmaktadır. Reaktör üzerinde numune izlemek için bir gözetleme camı, aydınlatma lambası, numune tepsisi, içerideki basıncı ölçmek için bir basınç sensörü, buhar girişı ve çıkışı için boru girişı ve çıkışları bulunmaktadır.



**Şekil 3.1.1.** KABFO cihazı a) Vakum Tankı b) Reaktör c) Buhar Jeneratörü

### **3.2. Materyaller**

Çalışmada kullanılan olan nohut numunesi Duru Bulgur' dan (Karaman, Türkiye) temin edilmiştir. Kullanılan numune 9.0 mm üstü iriliğe sahip koçbaşı nohuttur. Çerez üretiminde kullanılan nohudun fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.2.1'de verilmiştir. Kullanılan hammaddelerde nem miktarı, protein miktarı, kül miktarı ve yağ miktarı AOAC (1995)' in standart yöntemlerine göre analiz edilmiştir. Karbonhidrat miktarı diğer bileşenler toplam içerikten çıkarılarak hesaplanmıştır.

**Çizelge 3.2.1.** Ham nohudun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Ham nohudun fiziksel ve kimyasal özellikleri	Değer
Nem (%)	8.71 ± 0.14
Kül (%)	1.93 ± 0.11
Yağ (%)	5.96 ± 0.26
Protein (%)	19.02 ± 0.18
Karbonhidrat	64.38
Parlaklık (L*)	55.55 ± 0.70
Kırmızılık (a*)	8.88 ± 0.20;
Sarılık (b*)	21.31 ± 0.19
Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	1.3942 ± 0.0036
Su Alma Kapasitesi (gr/adet)	0.5
Su Alma İndeksi	1.06
Şişme Kapasitesi (cm <sup>3</sup> /adet)	0.51
Şişme İndeksi	1.51

Nohudun su alma indeksi ve su Alma kapasitesi, şişme indeksi ve şişme kapasitesi gibi fiziksel özellikleri Williams ve ark. (1983) kullandığı yöntemlere göre belirlenmiştir. Öncelikle 100 tane nohudun ağırlığı hassas terazide belirlendikten sonra gaz piknometresi (Micromeritics Instrument Corporation, USA) kullanılarak yoğunlukları belirlenmiştir. Nohut numuneleri 16 saat boyunca suda bekletildikten sonra yoğunlukları tekrar ölçülmüştür. Su alma indeksi, su alma kapasitesi, şişme indeksi ve şişme kapasitesi aşağıdaki formüllerle (Eşitlik 1, 2, 3,4) hesaplanmıştır (Williams ve ark., 1983). Yapılan bütün analizlerin sonucu üç tekerrürün ortalaması olarak hesaplanmıştır.

$$HK = \frac{SBK - KA}{100} \quad (1)$$

$$HI = \frac{HK}{TTA} \quad (2)$$

$$K = \frac{IH - KH}{100} \quad (3)$$

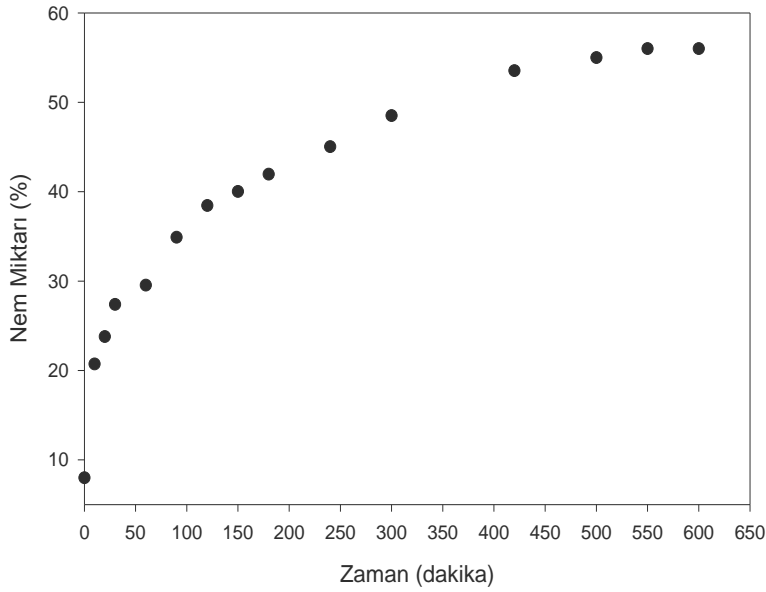
$$\text{Şİ} = \frac{\text{ŞK}}{\text{TTH}} \quad (4)$$

HK: Hidrasyon Kapasitesi; SBA: Suda bekletildikten sonraki ağırlık; KA: Kuru Ağırlık; HI: Hidrasyon İndeksi; TTA: Tek Tane Ağırlığı; ŞK: Şişme Kapasitesi; IH: Islak Hacim; KH: Kuru Hacim; Şİ: Şişme İndeksi; ŞK: Şişme Kapasitesi; TTH: Tek Tane Hacmi

### 3.3. Numune Hazırlama

#### 3.3.1. Numunelerin nemlendirilmesi

Nohut numunelerinin nemlendirilme işlemi oda sıcaklığındaki saf suda farklı sürelerde bekletilerek yapılmıştır. Bunun için yaklaşık 500 g nohut numunesi oda sıcaklığındaki 5 lt saf su içine yerleştirilmiştir ve 7 saat boyunca belirli sürelerde numune alınmıştır. Alınan numuneler nem dağılımının homojen olması için 24 saat nem ve hava geçirmez poşetlerde 4°C’de bekletilmiş ve numunelerin nem miktarı analiz edilmiştir. Alınan numunelerin nem miktarları etüv yöntemi ile 105°C’de belirlenmiştir. Ölçümler iki paralel yapılarak tekrarlanmıştır. Nohut numunesinin zamana karşı nem absorpsiyon grafiği aşağıdaki gibi çizilmiştir (Şekil 3.3.1.1). Bu değişim grafiği daha sonra nohut numunelerinin nem miktarlarını ayarlamak için referans olarak kullanılmıştır.

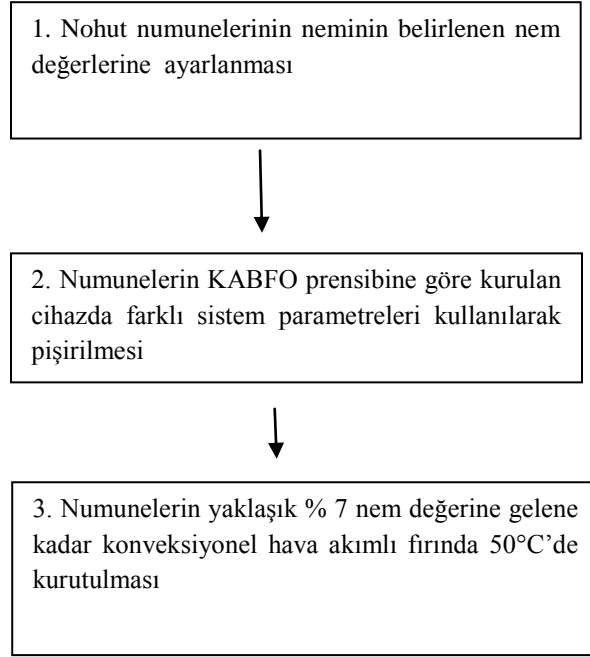


Şekil 3.3.1.1. Nohut numunelerinin oda sıcaklığındaki su absorpsiyon grafiği

### 3.4. KABFO Yöntemi ile Nohut Çerezi Üretimi

#### 3.4.1. Ön Deneme Uygulamaları

Cihazla yapılacak ön-denemeler (Çizelge 3.4.1.1) aşağıdaki iş akış şemasına (Şekil 3.4.1.1) ve şartlara göre yapılmıştır.



Şekil 3.4.1.1. KABFO sistemi ile nohut çerezi üretimi iş akış şeması

Çizelge 3.4.1.1. Ön denemede çalışılan şartlar

% Nem	Basınç (bar)	Süre (dk)	Vakum (mbar)	% Vakum Açılma Oranı
20- 45	2-5	1-10	30-130	50-100

### 3.4.2. Deney Tasarımı ve Asıl Deneme Uygulamaları

Deney tasarımı yapılırken tam faktöriyel deney tasarımı referans alınmış ve toplamda 36 farklı deney yapılarak 36 farklı ürün üretilmiştir. Asıl deneylerde uygulanan değişkenler ve seviyeleri Çizelge 3.4.2.1’de gösterilmiştir. Farklı nem içeriklerinde hazırlanan nohut numuneleri reaktöre yerleştirildikten sonra vakum pompası manüel olarak çalıştırılarak tüm sistemde 60 mbar’lık bir ön-vakum oluşturulmuştur. Sistemde uygulanan ön-vakum işleminin, doymuş buharın nohut numunesinin iç kısımlarına kadar daha iyi difüzyon olarak pişme işlemini iyileştirmesi ve ortamın ısı transferi katsayısını düşürmesi gibi faydaları vardır. Nohut çerezlerine uygulanan KABFO işlemi sırasında vakum tankına uygulanan vakum basıncı 30 mbar ve vana açılma oranı % 100 olarak sabit tutulmuştur. Üretilen ürünler için Şekil 3.4.1.1’ deki iş akış şeması uygulanmıştır.

**Çizelge 3.4.2.1.** Nohut çerezi üretiminde KABFO sisteminde uygulanan değişkenler ve seviyeleri

Değişken	Seviye			
Nohut nem miktarı (%)	20	30	40	
Reaktör basıncı (bar)	3	4	5	
İşlem süresi (dakika)	1	4	7	10
Vana açılma oranı	% 100			
Vakum tankına uygulanan vakum basıncı	30 mbar			
Reaktörde uygulanan ön-vakum basıncı	60 mbar			

### 3.5. İstatistiksel Analiz

Sonuçların istatistiksel analizi Design Expert 7.0 (Minneapolis, USA) programı kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen verilerin modellenmesinde çoklu regresyon analizi yönteminin geriye doğru eleme yöntemi uygulanmıştır. Model uyumlarında  $p < 0.05$  ve  $p < 0.01$  seviyeleri ve regresyon katsayıları ( $r^2$ , düzeltilmiş  $r^2$  ve tahmin edilen  $r^2$ ), tahmini hataların kareleri toplamı (PRESS, predicted error sum of squares), tahmin edilen değerlerle gözlenen değerler arasındaki farkları veren artık grafikleri (residual plots) dikkate alınmıştır. Deneysel parametreler arasındaki uyumun istatistiksel analizi

SPSS 16 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) paket programındaki Pearson korelasyon testi uygulanarak tespit edilmiştir.

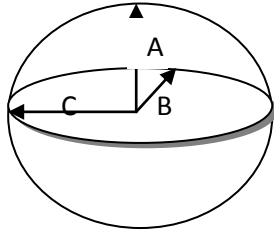
### 3.6. Ürünlere Uygulanan Analizler

#### 3.6.1. Yoğunluk

Nohut örneklerinde ve üretilen çerez numunelerinde yoğunluk değerleri ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) gaz piknometresi (Micromeritics Instrument Corporation, USA) kullanılarak belirlenmiş ve sonuçlar 3 tekrarın ortalaması olarak hesaplanmıştır.

#### 3.6.2. Genleşme İndeksi

Nohut çerezlerinin genleşme indeksinin belirlenmesi için 10 tane rastgele seçilmiş nohut tanesinin en ve boy ölçüleri dijital kumpas (Mitutoyo, Japan) kullanılarak belirlenmiştir. Nohut çerezlerinin ve işlenmemiş nohut numunelerinin hacmi aşağıdaki formülle (Eşitlik 5, 6) hesaplanmıştır.



$$V = \frac{4}{3} \pi ABC \quad (5)$$

$$GI = \frac{N\check{C}H}{HNH} \quad (6)$$

**Şekil 3.5.2.1.** A, B, C Nohutun genleşme indeksi hesaplamasında kullanılan tane boyutu ölçümleri. GI: Genleşme indeksi; NÇH: Nohut çerezi hacmi; HNH: Ham nohut hacmi

### 3.6.3. Renk Analizi

Ham maddelerin ve üretilen çerezlerinin renk değerleri ( $L^*$  (parlaklık, koyuluk),  $a^*$  (kırmızılık, yeşillik) ve  $b^*$  (sarılık, mavilik)) Hunter Lab renk ölçer (ColorFlex, USA) kullanılarak tespit edilmiştir. Ölçüm sonuçlarının ortalaması olarak hesaplanmıştır. Ölçümlerden önce Hunter Lab renk ölçer beyaz plaka ile kalibre edilmiştir ( $L = 93,90$ ,  $a = -1,05$ ,  $b = 0,26$ ).

### 3.6.4. Dokusal Analiz

Nohut çerezlerinin dokusal özellikleri TA XT plus Doku Analiz cihazı (Texture Technologies Corp, scarsdale, NY/Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, UK) kullanılarak tespit edilmiştir. Analiz sırasında cihazda 50 kg'lık yük hücresi kullanılmıştır. Test analiz yönteminde 20 tane yaklaşık aynı ağırlıktaki çerez numunesi 2 mm/s sabit hızda hareket eden 36 mm çapındaki silindirik prob kullanılarak orijinal boyutunun % 60'ına kadar sıkıştırılmıştır. Doku analiz cihazında tetikleyici kuvvet (trigger force) 5 g'dır. Bu sıkıştırma sırasında çizilen kuvvet-zaman grafiği dokusal özelliklerin hesaplanmasında kullanılmıştır. Grafikteki numunenin deformasyona karşı gösterdiği en yüksek kuvvet miktarı (g) ürün sertliği olarak kaydedilmiştir. Nohut numunesinin kırılması sırasında oluşan pik sayısı ürün gevrekliğinin hesaplanmasında kullanılmıştır. Gevreklik (g/mm) değeri kuvvet-zaman grafiğinden elde edilen pik sayısının probun numuneye girme mesafesine oranlanması ile elde edilmiştir (Doğan ve ark., 2005).

### 3.6.5. Su Absorblama (SAİ) ve Suda Çözünme (SÇİ) İndeksleri

0.5 gr öğütülmüş ve elenmiş (500  $\mu$ m) çerez numuneleri ve hammaddeler darası alınmış santrifüj tüpüne koyulduktan sonra üzerine 10 ml 25°C' de saf su ilave edilmiştir. Hazırlanan karışım süspansiyonun topaklaşmamasına dikkat edilerek her beş dakikada karıştırılmak üzere 30 dakika boyunca oda sıcaklığında bekletilmiştir. Numuneler 1800×g kuvvette 15 dakika santrifüj (Nüve, Türkiye) 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 kısmın ağırlığı hassas terazide ölçülerek kaydedilmiştir (Anderson ve ark., 1969). Sonuçlar iki ölçümün ortalaması olarak eşitlik 7 ve eşitlik 8'de olduğu gibi hesaplanmıştır.

$$SAİ (g/g) = \frac{JA}{NKA} \quad (7)$$

$$SÇİ (\%) = \frac{SÇMA}{NKA} \quad (8)$$

Burada SAİ: Su absorblama indeksi; JA: Jel ağırlığı; NKA: Numunenin kuru ağırlığı; SÇİ: Suda çözünme indeksi; SÇMA: Su fazındaki çözülmüş madde ağırlığı; NKA: Numunenin Kuru ağırlığı

### 3.6.6. Toplam Fenolik Madde Miktarı Tayini

Toplam fenolik madde miktarı tayini işlenmemiş nohutlarda ve üretilen çerezlerde yapılmıştır. Örneklerde toplam fenolik bileşikler Folin-Ciocalteou yöntemi kullanılarak belirlenmiş ve sonuçlar gallik asit cinsinden ifade edilmiştir. Numunelerdeki toplam fenol bileşikler Singleton ve ark. (1999) kullandığı yöntem modifiye edilerek belirlenmiştir. 1 gr öğütülmüş ve 355 µm elekten geçirilmiş numuneye 10 ml asitlendirilmiş metanol çözeltisi (HCl/metanol/su, 1:80:10, h/h) eklendikten sonra 2 saat boyunca karıştırılmıştır. Karışım 1000×g kuvvette 10 dakika santrifüj (Nüve, Türkiye) edilmiştir. Santrifüj edilen karışımdan alınan 500 µl berrak kısım, 500 µl taze Folin-Ciocalteou çözeltisi (Merck, Darmstadt, Germany), 7 ml su ve 2 ml % 15'lik sodyum karbonat (w/v) çözeltisi ile 30 saniye karıştırıldıktan sonra 2 saat boyunca oda sıcaklığında bekletilmiştir. Hazırlanan numunelerin absorbans değerleri asitlendirilmiş metanol kör çözelti olmak üzere 750 nm dalga boyunda spektrofotometre (Hach Company, USA) kullanılarak ölçülmüştür. 0.05-1.00 mg/ml derişim aralığında hazırlanan Gallik asit (Sigma Aldrich, China) çözeltileri standart eğriyi ( $y=4.177x-0.029$ ,  $r^2=0.998$ ) hazırlamak için kullanılmıştır. Sonuçlar iki ekstraksiyondan elde edilen dört ölçümün ortalaması olarak gallik asit cinsinden (mg/g kuru numune)

hesaplanmıştır. Numunelerin nem içerikleri hızlı nem ölçer (Ohaus, Switzerland) kullanılarak belirlenmiş etüv yöntemiyle karşılaştırılmıştır.

### 3.6.7. Antioksidan Aktivite

İşlenmemiş nohutların ve çerez numunelerinin 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH, Sigma, Germany) üzerindeki serbest radikal süpürücü etkileri Brand-Williams ve ark. (1995) ve Beta ve ark. (2005) kullandığı metotlara göre yapılmıştır. 1 gr öğütülmüş ve 355 µm elekten geçirilmiş numune 10 ml metanol çözeltisi ile 2 saat oda sıcaklığında karıştırılmıştır. Karışım 1000×g kuvvette 10 dakika santrifüj (Nüve, Türkiye) edilmiştir. Bu çözeltilerden alınan 100µl berrak kısım 3.9 ml 6 × 10<sup>-5</sup> mol/L derişimde hazırlanmış DPPH çözeltisi (1.2 mg DPPH 50 ml metanolde çözülmüş) ile karıştırıldıktan sonra 30 dakika boyunca karanlık bir yerde oda sıcaklığında bekletilmiştir. Hazırlanan numunelerin absorbans değerleri DPPH çözeltisi kontrol çözelti olmak üzere 515 nm dalga boyunda spektrofotometre (Hach Company,USA) kullanılarak ölçülmüştür. Metanol kör çözelti olarak kullanılmıştır. Antioksidan aktivite, DPPH serbest radikalinin engellenmesi (%) olarak eşitlik 9’da olduğu gibi hesaplanmıştır. Sonuçlar iki ekstraksiyondan elde edilen dört ölçümün ortalaması olarak hesaplanmıştır.

$$\% Engelleme = \left[ 100 - \left( 100 \times \left( \frac{\text{Absorbans numune}}{\text{Absorbans kontrol}} \right) \right) \right] \quad (9)$$

### 3.6.8. Fitik Asit Miktarı Tayini

Ham nohudun ve nohut çerezi numunelerindeki fitik asit miktarı modifiye edilmiş Haug ve Lantzsch (1983) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Örneklerdeki fitik asidin ekstraksiyonu için 0.1 g numune 10 ml 0.2 N’lik HCl asit çözeltisi ile 1 saat oda sıcaklığında çalkalanmış ve 4000×g’ de 15 dakika santrifüj (Nüve, Türkiye) edilmiştir. Bu karışımdan alınan 500 µl berrak ekstrakt, 1 ml Ferrik çözeltisi (0.2 gr Amonyum Demir (III) Sülfat 100 ml 2 N HCl asitte çözülüp son hacim 1000 ml’ ye tamamlanmıştır) ile karıştırılmış ve 30 dakika boyunca 100°C’ deki su banyosunda kaynatılmıştır. Sonrasında buz banyosunda hızla soğutulan numunelere 2 ml Bipyridine çözeltisi (10 gr 2,2 bipyridine, 10 ml tioglikolik asit ile karıştırılmış ve son hacim 1000 ml’ ye distile suyla tamamlanmıştır) eklenmiştir. Hazırlanan karışımın absorbans değerleri spektrofotometre (Hach Company,USA) de 519 nm’de 1 dakika içinde

ölçülmüştür. Fitik asitin sodyum tuzu (Sigma, USA) ile hazırlanan standart çözeltiler (3-45 µg/ml) kalibrasyon eğrisinin ( $y=-0.0039x+1.101$ ,  $r^2=0,991$ ) hazırlanması için kullanılmıştır. Sonuçlar iki ekstraksiyondan elde edilen dört ölçümün ortalaması olarak hesaplanmıştır.

### **3.6.9. Duyusal Analiz**

Nem, basınç, sürenin ürüne etkisi anlaşılacak şekilde KABFO işleminde uygulanan değişkenler sırasıyla sabit tutularak, nohut çerezlerinden 5 farklı numune duyusal analiz için seçilmiştir. Duyusal analiz için Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Mühendislik Fakültesi öğretim elemanları ve Karamanda bulunan özel bir bisküvi fabrikasında çalışan gıda mühendisleri panelist olarak seçilmiştir. Toplam 40 kişi olan panelistler 25-45 yaşları arasında bayan ve erkek katılımcılardan oluşmuştur. Duyusal test öncesi panelistler test sırasında kullanılacak kavramlar ile ilgili önceden eğitilmiştir. Duyusal analizde analiz edilen çerez numuneleri herhangi bir çeşni ilavesi yapılmadan panelistlere sunulmuştur. Panelistlere duyusal test tekniği olarak 7 noktalı Hedonik duyusal analiz tekniği uygulanmıştır (Ek1). Bu teknikte çerez numuneleri panelistler tarafından tat, koku, görünüş (renk ve yapı), doku (sertlik, gevreklik ve kırılabilirlik) ve genel kabul edilebilirlik özellikleri açısından 1 (kötü, hiç sevmedim) ve 7 (mükemmel, çok sevdim) olmak üzere değerlendirilmiştir. SPSS 16 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) paket programındaki Duncan çoklu karşılaştırma testi duyusal testten elde edilen verilerin analiz edilmesinde kullanılmıştır.

## **4. BULGULAR VE TARTIŞMA**

### **4.1. KABFO Yöntemi ile Nohut Çerezi Üretiminde Yapılan Ön Deneme Çalışmaları**

Reaktördeki işlem basıncı literatürde yapılan benzer çalışmalar dikkate alınarak 2-5 bar arası çalışılmıştır.

Çizelge 3.4.1.1’de verilen iş akım şemasına göre yapılan ön deneme çalışmalarında nohut numunesinin % 20 ile % 45 nem ve 2 bar 5 bar buhar basıncı arasında dağılmadan piştiği, % 20 nemin altında ve basıncın 2 bar olduğu durumda nohut numunelerinin pişmediği, 600 saniyeyi geçen işlem sürelerinde numunenin renginin oldukça koyulaştığı gözlemlenmiştir. % 45 nemde işlenen numuneler reaktörde pişerken dağılmıştır. Vakum etkisini görmek için iki vakum değeri (30 ve 130 mbar) seçilerek ön denemeler yapılmıştır.

Vakum basıncı ile ilgili literatürde yapılan çalışmalarda 70 mbar’ın altında uygulanan vakum basıncının ürün genleşmesine önemli bir etkisinin olmadığı ve 400 mbar’dan 70 mbar’a kadar düşürülen vakum basıncının ürünlerin özellikle genleşme indekslerini artırdığı tespit edilmiştir. Bundan dolayı nohuttan genleşmiş yapıda ürünler elde etmek için vakum basıncı en düşük değerde (30 mbar) sabit tutulmuştur. 130 mbarda işlenen numunelerin daha düşük genleşme oranına sahip olduğu tespit edilmiştir. Vana açıklığı (%) farklı iki seviyede çalışılmıştır (% 50 ve % 100) . Açılma oranının % 50 olduğu durumdaki basınç düşme hızı, % 100 açılma oranındaki hızın yarısıdır.

Literatürdeki bilgiler incelendiğinde basınç düşme hızı azaldıkça ürün içindeki nem hareketinin yavaşladığı ve bu nedenle ürünlerin sıkılaştığı ve genleşmenin azaldığı kaydedilmiştir. Bu nedenle patlamış görüntüde çerezler elde etmek için %100 vana açıklığının uygun olduğu saptanmıştır.

## **4.2. KABFO Yöntemi ile Üretilen Nohut Çerezlerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri**

### **4.2.1 Genleşme İndeksi ve Yoğunluk**

Genleşme, yoğunluk, doku gibi fiziksel özellikler çerez gıdalarda kabul edilebilirliği belirleyen önemli faktörlerin başında gelmektedir. Genleşme indeksi çerez numunelerinin KABFO işlemi sırasında ne kadar genleştiğini ifade etmek için ölçülmüştür. Genleşme indeksi ve yoğunluk verilerinin iki faktör-etkileşimli model ile modellenmesi sonucu elde edilen ANOVA tablosu Çizelge 4.2.1.1’de verilmiştir. Genleşme ve yoğunluk verilerinin iki faktör etkileşimli model ile ifade edilmesi

istatistik analiz verilerine göre önemli ( $p<0.01$ ) bulunmuştur. Çizelge 4.4.4.1.'de verilen tanımlayıcı istatistikler incelendiğinde kurulan matematik modelin % 99.6 ile % 99.3 oranında deneysel verileri açıklayabildiği görülmektedir. Ürün genişmesi ve yoğunluğu üzerinde nem miktarı, reaktör basıncı ve işlem zamanının etkileri önemli düzeyde ( $p<0.01$ ) olmakla beraber, nem miktarı işlem zamanı ile birlikte etkileşimli olarak ürün genişmesini ve yoğunluğunu etkilemektedir.

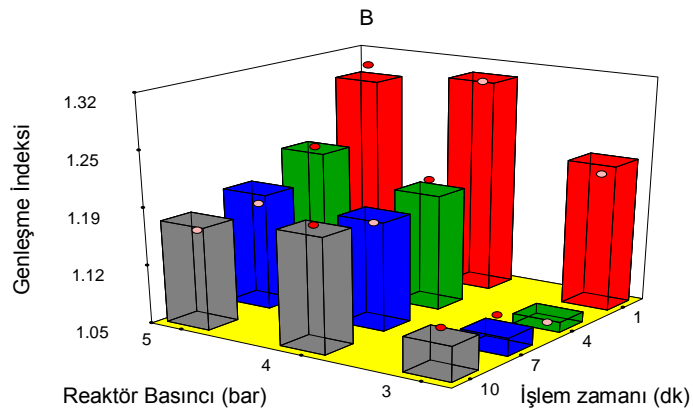
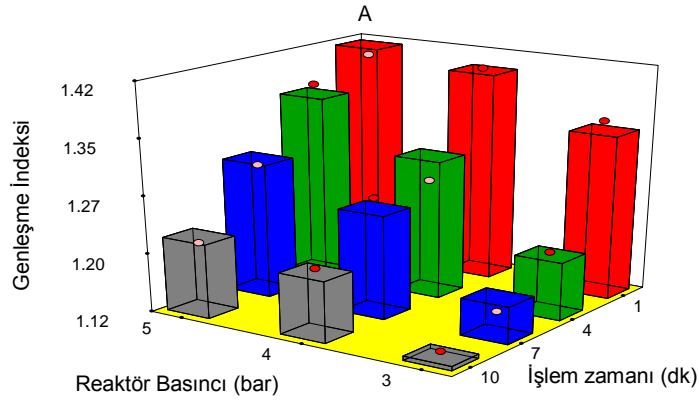
**Çizelge 4.2.1.1.** İki faktör-etkileşimli modelin nohut çerezi numunelerinin genişleme indeksi ve yoğunluk değerlerine uygulanması ile elde edilen ANOVA tablosu

Model terimi	Genleşme indeksi		Yoğunluk( $g/cm^3$ )	
	F-değeri	p-değeri	F-değeri	p-değeri
Model	15.71	0.0001**	75.35	0.0001**
A (Nem)	81.95	0.0001**	764.39	0.0001**
B (Basınç)	36.92	0.0001**	8.59	0.0048**
C (İşlem Zamanı)	19.13	0.0001**	36.45	0.0001**
AB (Nem ve Basınç)	1.62	0.2327 <sup>ns</sup>	1.54	0.2537 <sup>ns</sup>
AC (Nem ve Zaman)	8.58	0.0009**	10.25	0.0004**
BC (Basınç ve Zaman)	1.37	0.3014 <sup>ns</sup>	1.69	0.2068 <sup>ns</sup>
Belirleyicilik katsayısı ( $r^2$ ):	0.968			0.993
Düzeltilmiş belirleyicilik katsayısı ( $r^2$ adjusted):	0.906			0.980
Tahmin edilen belirleyicilik katsayısı ( $r^2$ predicted):	0.710			0.939
PRESS (Predicted error sum of squares):	0.1			$4.320 \cdot 10^{-3}$
Uyumluluk düzeyi (Adequate precision):	15.075***			24.346***

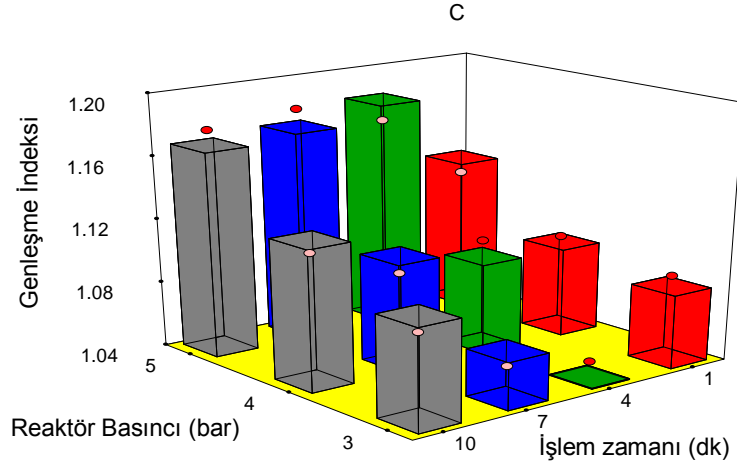
A, Nem miktarı (%); B, Basınç (bar); C, İşlem zamanı (dakika)  
 $*p<0.05$ ' de önemli,  $**p<0.01$ ' de önemli, ns önemli değil, \*\*\* Uyumluluk düzeyi 4'den büyük olmalı

Ürünlerin genişleme indeksleri  $1.05\pm 0.03$  ile  $1.40\pm 0.05$  aralığında değişmektedir. Ham nohut numunesine kıyasla çerez numuneleri KABFO işlemi sırasında yaklaşık 1.5 kat genişlemiştir. Ürün genişmesinin farklı KABFO şartlarındaki değişimi Şekil 4.2.1.1 ve 4.2.1.2 'de verilmiştir. Nohut çerezi numunelerinin genişleme indeksi değerleri reaktör basıncı ile doğru orantılı olarak tüm numune nem içeriklerinde arttığı gözlenmiştir. Benzer bir sonuç Louka ve Allaf (2004) tarafından patates, havuç ve soğanı genişletmek için uygulanan KABFO işlemi esnasında elde edilmiştir. 2 bar buhar basıncında işlenen numunelerin genişleme oranı 1.3 ile 1.5 arasında değişirken, 6 bar buhar basıncında işlenen numunelerde yaklaşık 2.5 kat bir genişleme oranı elde edilmiştir. Reaktörde uygulanan buhar basıncı; numunenin yapısal, mekanik ve pişme özelliklerini önemli düzeyde etkilemektedir (Nouviare ve ark., 2008). Reaktöre

uygulanan işlem basıncı arttıkça numunenin maruz kaldığı toplam basınç farkı arttığından dolayı çerez numunelerinin daha iyi genişlediği düşünülmektedir. Yüksek basınç altında muamele edilen ürün, basınç düşmesi sonrası üretilen buhar baskısının etkisi altında genişlemekte ve üründe gözenekli bir yapı oluşmaktadır (Louka ve Allaf, 2004). Bizim çalışmamızdaki sonuçlara benzer bir sonuç Kamal ve ark. (2008) tarafından yeşil haldeki kahve çekirdeklerine uyguladıkları KABFO işlemi sırasında elde edilmiştir; uygulanan buhar basıncının ve nem içeriğinin artması ile ürünlerdeki genişleme oranlarının arttığı belirtilmiştir. Buhar basıncı arttıkça üründe kendiliğinden oluşan buhar miktarının arttığı, bunun da genişleme indeksini artırdığı ifade edilmiştir.



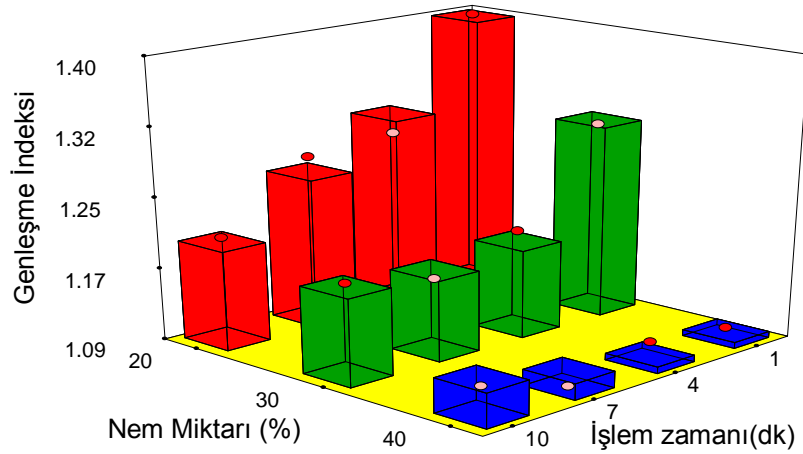
**Şekil 4.2.1.1.** Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan reaktör basıncı ve işlem zamanına göre genişleme indeksi değişimi (A: % 20 nem, B: % 30 nem, C: % 40 nem değerlerindedir, noktalar gerçek verileri, küpler model verileri göstermektedir).



Şekil 4.2.1.1.devamı.

Reaktörde uygulanan işlem süresinin uzaması ile ürünlerin genleşme oranı genelde azalmıştır ancak bu etki numunenin nem içeriğine bağlı olarak değişmektedir (Şekil 4.2.1.1 bu etki ayrıca Çizelge 4.2.1.1'deki (Nem ve Zamanın etkisi) AC'nin  $p < 0.01$ ' de önemli olmasından anlaşılabilir). % 20 nem içeriğinde işlenen numunelerde işlem süresinin uzaması genleşme oranını azaltırken, % 40 nem içeriğinde işlenen numunelerde ise genleşme oranının arttığı gözlenmiştir. Şekil 4.2.1.3' den görüleceği gibi % 40 nem içeriğinde işlenen numunelerin yapısal özellikleri hayli değişmiş ve özellikle numune yüzeyinde kırıklar ve çatlaklar oluşmuştur. Bunun da ürünün genleşme oranının artmasında etkili olduğu düşünülmektedir. Kamal ve ark. (2008) numunenin nem içeriği ne kadar yüksek olursa anlık basınç düşmesi sırasında üretilen itici gücün o kadar yüksek olacağını, bunda ürün genleşmesini artıracaklarını ifade etmişlerdir. Ancak numune nem içeriğindeki aşırı artış ise genleşmeyi azaltır. Üründeki nem içeriğinin genleşme açısından muhtemel iki temel rolü vardır: ürün içerisinde buhar üretimini sağlamak ve ürünün katılaşma sıcaklığını düşürmek. Louka ve Allaf (2004) yapmış oldukları patates, havuç ve soğan ile yapmış oldukları çalışmada nem içeriğindeki artışın ürünlerin genleşme oranlarını iki farklı şekilde etkilediğini belirtmişlerdir. Birinci fazda genleşme oranı nem içeriğindeki artış ile (yaklaşık % 15'e kadar) artarken, ikinci fazda bu değerden yukarıya çıktığında (% 50'ye kadar) ürün genleşmesi belirgin bir şekilde azalmıştır. Yazarlar bu durumu şu şekilde açıklamaktadır. Ürün genleşmesinin olduğu ilk fazda nem içeriğindeki artış ile birlikte ürün içerisinde üretilen buhar miktarı artmakta ve katılaşma sıcaklığı düşmektedir;

dolayısıyla genleşme oranı artmaktadır. İkinci fazda ise üretilen buhar miktarı ilk faza göre daha fazladır, ancak katılma sıcaklığı ürünün denge sıcaklığının altına düştüğünden ürünün büzülmesine neden olmaktadır. Bizim çalışmamızda da yapılan ön deneme çalışmalarında nohut nem içeriğinin % 50 nem içeriğine ayarlandığında reaktörde pişme işlemi sırasında numunenin parçalandığı ve şeklini kaybettiği gözlenmiştir. % 30 nem içeriğinde işlenen numunelerde işlem süresinin uzamasının 1 dakika işlem süresinden sonra belirgin bir etkisi olmamıştır. Louka ve Allaf (2004) sebzelere uyguladıkları KABFO işlemi sırasında, düşük reaktör basınçlarında (2-3 bar) işlem süresinin uzamasının ürün genleşmesini artırdığını, ancak reaktör basıncının çok yüksek olduğu durumlarda (6 bar) ürünlerdeki genleşme oranının işlem süresinin uzamasıyla azaldığını tespit etmişlerdir.



**Şekil 4.2.1.2.** Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan işlem zamanı ve nem miktarına göre genleşme indeksi değişimi (4 bar basınç değerinde gösterilmiştir, noktalar gerçek verileri, küpler model verileri göstermektedir).



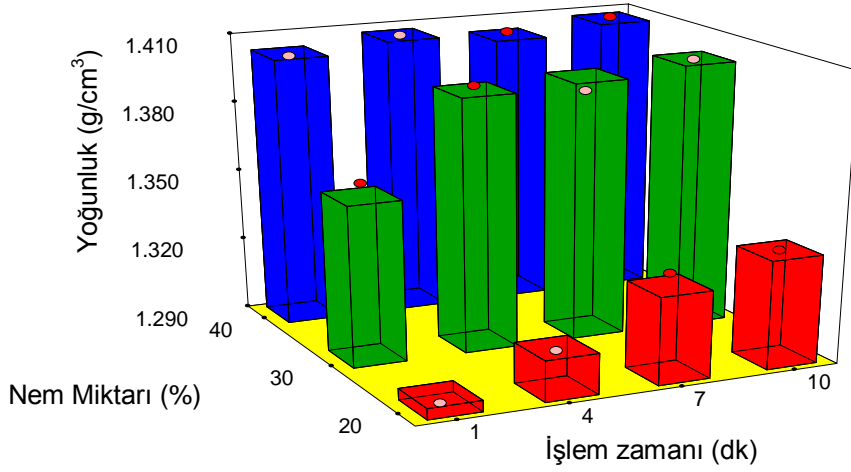
% 20 nem, 3 bar, 1 dakika      % 40 nem, 5 bar, 10 dakika

**Şekil 4.2.1.3.** KABFO işleminde % 20 ve 40 nem içeriğinde üretilen numunelerin görüntüleri

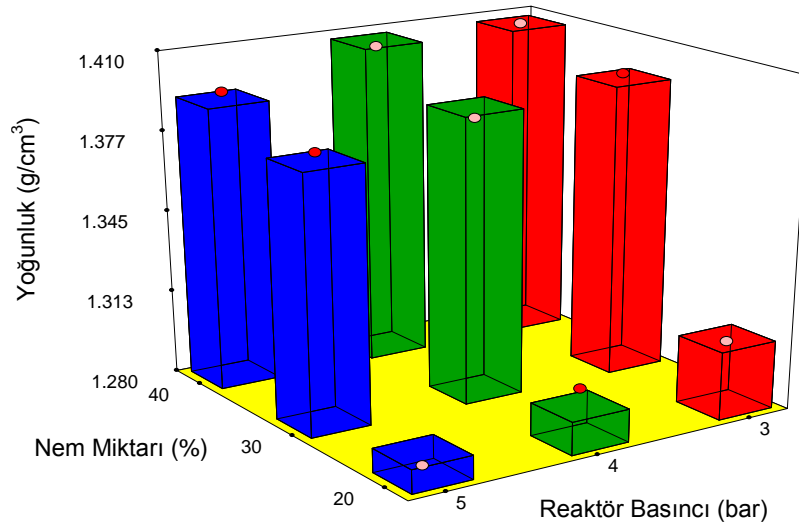


KABFO işlemi genelde nohut çerezi numunelerinin yoğunluklarında bir azalmaya neden olmuştur. Nohut çerezlerinin yoğunluk değerleri  $1.285 \pm 0.003$  ile  $1.408 \pm 0.001$  g/cm<sup>3</sup> aralığında değişmektedir. Ham nohudun yoğunluk değeri  $1.394 \pm 0.004$ 'tür. Literatürdeki çalışmalarda genişleme indeksinin genelde yoğunluluk değerleri ile ters orantılı olduğu kaydedilmiştir (Ilo ve ark., 1999). Bu çalışmada genişleme indeksi ve yoğunluk verilerinin ile korelasyon analizi sonucu, bu iki değişken arasında negatif bir korelasyon olduğu ( $-0.821$ ,  $p < 0.01$ ) tespit edilmiştir. Çizelge 4.2.1.1'de ifade edilen iki-faktör etkileşimli modeldeki ana değişkenlerin nohut çerezi numunesinin yoğunluğu üzerindeki etkileri Şekil 4.2.1.4 ve 4.2.1.5 'de grafikler halinde verilmiştir. Bu grafikler incelendiğinde, reaktörde uygulanan işlem zamanının % 20 nem içeriğinde hazırlanan nohut çerezlerinin yoğunluk değerlerini önemli bir şekilde artırdığı; % 30 ve 40 nem içeriklerinde hazırlanan nohut çerezlerinin yoğunluk değişimlerinin ise işlem süresinden çok az etkilendiği görülmektedir. Bu sonuçlar ürünlerin genişleme değerleri ile uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Nohut numunelerinin nem içeriğindeki artış, bütün reaktör basınçlarında ve işlem zamanlarında ürün yoğunluğunda artmaya neden olmuştur (Şekil 4.2.1.4). Bunun nedeni genelde yüksek nemde ve uzun sürede reaktörde işlenen numunelerin pişme oranının daha iyi olması ve dolayısıyla ürünün yapısından madde miktarı kaybına (kabuk ve nohut kısmı) daha fazla neden olmasıdır, böylelikle ürün hacminde bir azalma olmuştur. Düşük nemde işlenen numunelerde (özellikle % 20) kabuk kısmı çoğunlukla ayrılmamıştır (Şekil 4.2.1.3). Genişleme verileri ile uyumlu olarak reaktöre uygulanan basıncın artması ile genelde nohut çerezi numunelerinin yoğunluk değerleri azalmıştır (Şekil 4.2.1.5). Yoğunluktaki azalmanın nedeninin numunenin maruz kaldığı basınç farkının artması ve dolayısıyla numunenin artan reaktör basıncı değerlerinde daha fazla genişmesi olduğu düşünülmektedir. Mounir ve ark. (2010) süt tozunu dokusunu geliştirmek için kullandıkları KABFO yöntemi esnasında numuneye ne kadar yüksek basınç uygulanırsa ürünün yoğunluğunun o kadar azalacağını ifade etmişlerdir. Benzer bir sonuç Nouviaire ve ark. (2008) tarafından makarnaya uyguladıkları KABFO işlemi sonrasında elde edilmiştir. Makarnanın görünür yoğunluğunun uygulama basıncının şiddetine bağlı olarak azaldığı kaydedilmiştir.



**Şekil 4.2.1.4.** Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan işlem zamanı ve nem miktarına göre yoğunluk değişimi (3 bar basınç değerinde gösterilmiştir, noktalar gerçek verileri, küpler model verileri göstermektedir).



**Şekil 4.2.1.5.** Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan nem miktarı ve reaktör basıncına göre yoğunluk değişimi (4 dakika işlem süresinde gösterilmiştir, noktalar gerçek verileri, küpler model verileri göstermektedir).

#### 4.2.2. Renk Değerleri

Çerez gıdaların kalitesinin değerlendirilmesinde görsel çekicilik bakımından en önemli özelliklerden biri ürünün rengidir. Çerez numunelerinde ürün rengi parlaklık ( $L^*$ ), kırmızılık ( $a^*$ ) ve sarılık ( $b^*$ ) olmak üzere üç farklı parametre ile ifade edilmiştir. Çerez numunelerinde ölçülen renk değerleri sırasıyla; parlaklık ( $L^*$ )  $27.73 \pm 1.07$  ile

52.91±1.06 arasında, kırmızılık (a\*) 11.29±0.20 ile 16.01±0.84 arasında ve sarılık (b\*) 18.70± 0.74 ile 44.24±1.12 arasında değişmektedir. Ham numunenin renk değerleri ile kıyaslandığında (L\*, 55.55; a\*, 8.88; b\*, 21.31) KABFO işleminin nohut numunesinin renginde koyulaşmaya neden olmuştur. Nohut çerezi numunelerini sarılık ve kırmızılık değerleri aşırı işlem şartları dışında (4-5 bar reaktör basıncı ve 7-10 dakika işlem süresi) ham numuneye kıyasla artmıştır.

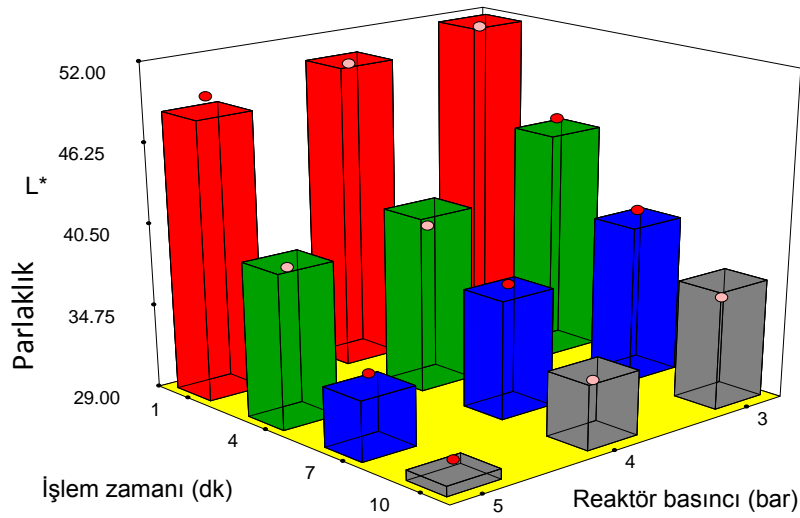
**Çizelge 4.2.2.1.** İki faktör-etkileşimli modelin nohut çerezi numunelerinin renk değerlerine uygulanması ile elde edilen ANOVA tablosu

Model terimi	L* değeri		a* değeri		b* değeri	
	F-değeri	p-değeri	F-değeri	p-değeri	F-değeri	p-değeri
Model	73.20	0.0001**	6.10	0.0002**	104.45	0.0001**
A (Nem)	3.66	0.0423*	1.41	0.260 <sup>ns</sup>	0.28	0.7569 <sup>ns</sup>
B (Basıncı)	55.94	0.0001**	6.15	0.0061**	38.29	0.0001**
C (İşlem Zamanı)	273.11	0.0001**	9.20	0.0002**	148.55	0.0001**
AB (Nem ve Basıncı)	2.13	0.1192 <sup>ns</sup>	ns	ns	0.34	0.8445 <sup>ns</sup>
AC (Nem ve İşlem Zamanı)	0.58	0.7380 <sup>ns</sup>	ns	ns	1.33	0.2836 <sup>ns</sup>
BC (Basıncı ve İşlem Zamanı)	2.19	0.0836 <sup>ns</sup>	ns	ns	0.99	0.4622 <sup>ns</sup>
Belirleyicilik katsayısı (r <sup>2</sup> ):	0.977		0.604		0.946	
Düzeltilmiş belirleyicilik katsayısı (r <sup>2</sup> adjusted):	0.964		0.505		0.937	
Tahmin edilen belirleyicilik katsayısı (r <sup>2</sup> predicted):	0.940		0.345		0.922	
PRESS (Predicted error sum of squares):	103.40		33.23		125.12	
Uyumluluk düzeyi (Adequate precision):	28.257***		9.509***		31.68***	

A, Nem miktarı (%); B, Basıncı (bar); C, İşlem zamanı (dakika)  
 \*p<0.05' de önemli, \*\*p<0.01' de önemli, ns önemli değil, \*\*\* Uyumluluk düzeyi 4'den büyük olmalı

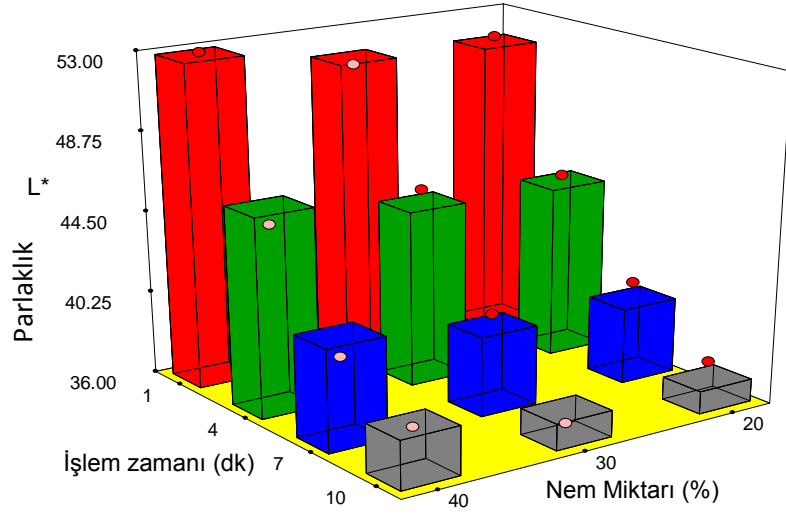
KABFO yöntemi sırasında oluşan renk kaybı özellikle ısıya karşı hassas meyve ve sebzeler işlenmesi açısından önemlidir. Diğer gıda işleme yöntemleri ile karşılaştırıldığında KABFO yönteminde kullanılan kısa süreli yüksek sıcaklık uygulamasının ürün rengine en düşük oranda kayıplara neden olduğu belirtilmiştir (Louka ve Allaf, 2004). Renk sonuçlarının iki etkileşimli model ile uyumunu gösteren istatistik verileri Çizelge 4.2.2.1'de verilmiştir. Çizelgedeki veriler incelendiğinde modelin uygun olduğu görülmektedir. Ürün parlaklığı (L\*) KABFO işleminde uygulanan bütün değişkenler (Çizelge 4.2.2.1'deki A, B ve C) ile önemli derecede değişmiştir. Reaktör basıncının artması ve işlem süresinin uzaması ile L\* değeri bütün nem içeriklerinde oldukça azalmıştır (Şekil 4.4.2.1). Aşırı reaksiyon şartlarında (yüksek

sıcaklık ve uzun işlem süresi), esmerleşme reaksiyonlarının nohut numunelerinde gerçekleşmesi ile bu renk kayıplarının oluşması muhtemeldir. Benzer sonuçlar makarnaya uygulanan KABFO işlemi sırasında Maache-Rezzoug ve Allaf (2005) tarafından kaydedilmiştir. Numunenin nem içeriğindeki artışının ise ürünlerin parlaklığı üzerine etkisi çok azdır, nem artışı ürün rengini çok az oranda koyulaştırmaktadır (Şekil 4.2.2.2). Louka ve Allaf (2004) 3 bar basınç altında 38 saniye süresince işlem gören patates parçalarının renginin taze ürünle aynı olduğunu, ancak 6 bar basınç uygulanan numunelerde renk değerinin kabul edilebilir sınırın oldukça altında olduğunu ifade etmişlerdir.

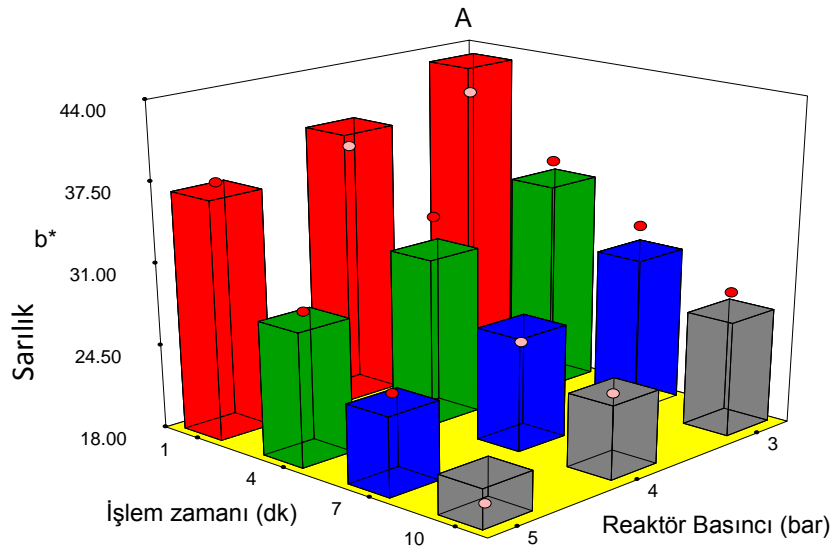


**Şekil 4.2.2.1.** Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan reaktör basıncı ve işlem zamanına göre L\* değeri değişimi (% 30 nem değerindedir, noktalar gerçek verileri, küpler model verileri göstermektedir).

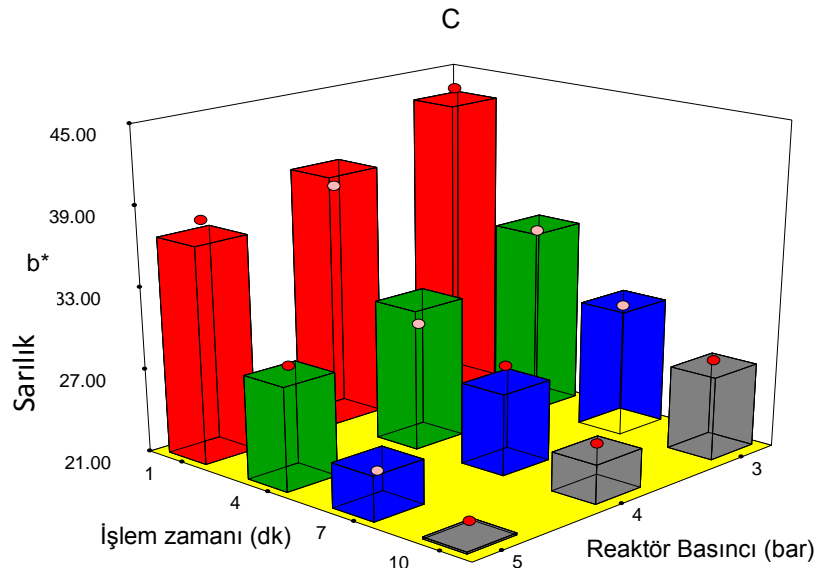
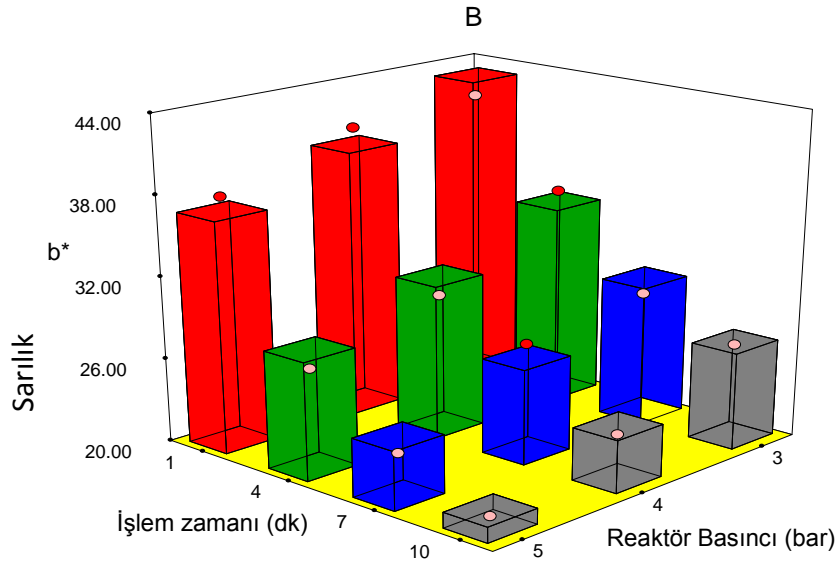
Ürün sarılığının ( $b^*$ ) reaktör basıncından ve işlem süresinden oldukça etkilendiği ( $p < 0.01$ ) ancak nem içeriğinin sarılık üzerine önemli bir etkisinin olmadığı görülmektedir. İşlem süresi ve reaktörde uygulanan basınç miktarının artmasıyla üründe sarı renk kaybı ortaya çıkmaktadır (Şekil 4.2.2.3). Bitkisel kaynaklı renk pigmentlerinin yüksek sıcaklıklarda zarar gördüğü bilinmektedir. Sonuç olarak uzun işlem süresi ve yüksek reaktör basıncı uygulamaları sırasında üründe ortaya çıkan renk kayıplarının aşırı işlem şartlarından kaynaklandığı düşünülmektedir.



**Şekil 4.2.2.2.** Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan işlem zamanı ve nem miktarına göre L\* değeri değişimi (4 bar basınç değerinde gösterilmiştir, noktalar gerçek verileri, küpler model verileri göstermektedir).



**Şekil 4.2.2.3.** Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan işlem zamanı ve reaktör basıncına göre b\* değeri değişimi (A: % 20 nem, B: % 30 nem, C: % 40 nem değerlerindedir, noktalar gerçek verileri, küpler model verileri göstermektedir).



Şekil 4.2.2.3. devamı.

#### 4.2.3. Dokusal Özellikler

Çerez ürünlerde dokusal özelliklerin tanımlanması genellikle ürün sertliği ve gevrekliği üzerinden ifade edilmektedir. Çerez ürünlerde sertliğin duyuşal olarak algısı genelde ürünlerin genleşme oranı ve gözenek yapısı ile doğrudan ilişkilidir. Bu ürünlerin dokusal özelliklerinin kabul görmesi için genelde sertlik değerinin düşük, gevreklik değerinin ise yüksek olması tercih edilmektedir (Mendonça ve ark., 2000). Çerez numunelerinde ölçülen dokusal parametreler sırasıyla; sertlik  $2.37 \pm 0.67$  ile  $18.85 \pm 1.35$

g değerleri arasında, gevreklik ise 3.89±0.68 ile 9.40±1.15 (pik sayısı/mm) değerleri arasında değişmektedir. Çerez numunelerinin dokusal özellikleri KABFO işleminde uygulanan bütün değişkenlerden önemli oranda etkilenmişlerdir (Çizelge 4.2.3.1).

**Çizelge 4.2.3.1.** İki faktör-etkileşimli modelin nohut çerezi numunelerinin dokusal özelliklerine uygulanması ile elde edilen ANOVA tablosu

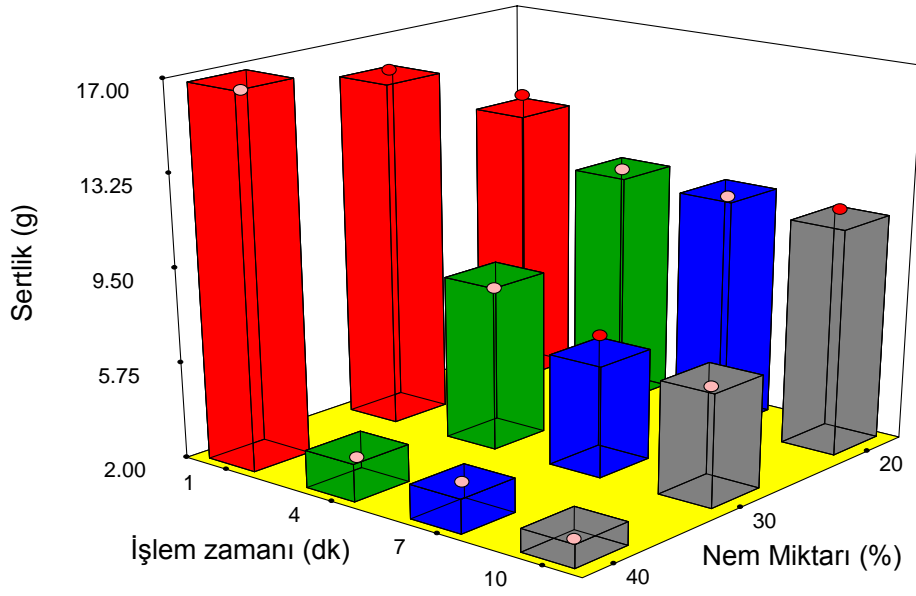
<i>Model terimi</i>	Sertlik (g)		Gevreklik (pik sayısı/mm)	
	<i>F-değeri</i>	<i>p-değeri</i>	<i>F-değeri</i>	<i>p-değeri</i>
Model	85.21	0.0001**	77.22	0.0001**
A (Nem miktarı)	112.33	0.0001**	223.29	0.0001**
B (Basınç)	13.93	0.0001**	83.95	0.0001**
C (İşlem Zamanı)	209.77	0.0001**	186.90	0.0001**
AB (Nem ve Basınç)	1.78	0.177 <sup>ns</sup>	9.46	0.0003**
AC (Nem ve İşlem Zamanı)	37.64	0.0001**	16.62	0.0001**
BC (Basınç ve İşlem Zamanı)	1.13	0.402 <sup>ns</sup>	0.47	0.819 <sup>ns</sup>
<i>Belirleyicilik katsayısı (r<sup>2</sup>):</i>	0.980		0.986	
<i>Düzeltilmiş belirleyicilik katsayısı (r<sup>2</sup> adjusted):</i>	0.969		0.974	
<i>Tahmin edilen belirleyicilik katsayısı (r<sup>2</sup> predicted):</i>	0.948		0.946	
<i>PRESS (Predicted error sum of squares):</i>	41.50		5.61	
<i>Uyumluluk düzeyi (Adequate precision):</i>	29.980***		27.873***	

A, Nem miktarı (%); B, Basınç (bar); C, İşlem zamanı (dakika)  
\*p<0.05' de önemli, \*\*p<0.01' de önemli, ns önemli değil, \*\*\* Uyumluluk düzeyi 4'den büyük olmalı

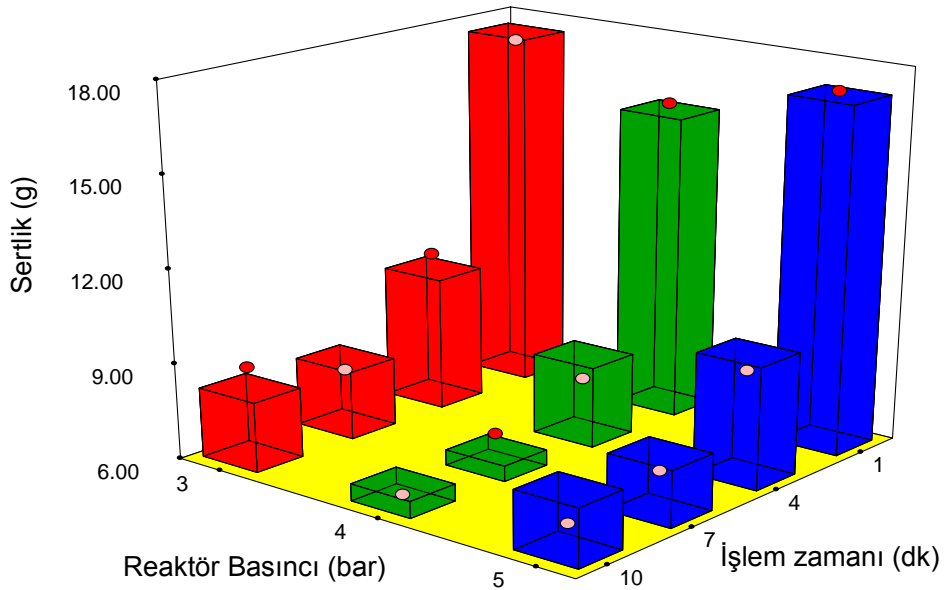
Ürün sertliği işlem süresinin ve numune nem içeriğinin artması ile önemli oranlarda azalmıştır. Özellikle % 30 ve 40 nem içeriğinde işlenen numunelerin sertlik değerleri 1 dakika işlem süresinden sonra oldukça azalmış ve işlem süresiyle genelde sabit kalmıştır (Şekil 4.2.3.1). Ancak % 20 nemde işlenen numunelerde işlem süresi benzer bir etki göstermemiştir, sertlik değerinde belirgin bir azalma kaydedilmemiştir. Reaktörde uygulanan basıncın artması ile sertlik değerlerinde çok az bir azalma olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.2.3.2). Daha önceki bölümlerde de belirtildiği gibi numunelerin reaktörde kalma süresi ve nem içeriği arttıkça ürünlerin daha iyi piştiği ve yapısal özelliklerinin oldukça değiştiği gözlenmiştir (Şekil 4.2.1.3). Bu değişim dokusal özellikler açısından olumlu sonuçlar oluşturmuştur. KABFO işlemi sırasında uygulanan buhar basıncı ve işlem süresinin kombine etkisi ile birlikte tahıl numunelerinde bulunan nişasta fazı oldukça etkilenmektedir. Bu parametrelerdeki artış numunenin KABFO işlemi sırasındaki nem içeriğini değiştirerek, nişastanın erimesini ve jelatinize olmasını sağlamaktadır. Özellikle artan buhar basıncı ve işlem süresi ile birlikte reaktörde numune tarafından tutulan su miktarı artacağından nişastanın jelatinizasyon sıcaklığı

yükselmektedir ve jelatinizasyon entalpisi düşmektedir (Maache-Rezzoug ve ark., 2008). % 20 nem içeren numunelerde işlem süresinin ürün sertliğine etkisinin az olması muhtemel olarak bu nedenden dolayıdır, çünkü numune içinde nişastanın jelatinize olmasını sağlayacak yeterlilikte nem içeriği oluşmamıştır ve dolayısıyla numune yeteri kadar genleşmemiştir. Ham haldeki nişastanın kristal yapısı KABFO ile işlenince modifikasyonlara uğrayarak amiloz-lipid kompleksinin oluşumuna yol açar (Maache-Rezzoug ve ark., 2008). Böylelikle nişastanın modifikasyonu ile beraber, reaktördeki ani basınç düşmesi sırasında numunede oluşan buharın oluşturduğu itici kuvvet ile numune genişir ve gözenekli bir yapı almaktadır. Bu da daha az sert ve daha kırılğan ürünler üretilebilmesine olanak sağlamaktadır. Panasiewicz ve ark. (2009) yulaf danelerine uygulanan su içinde ısıtma işleminin danelerdeki nem içeriği ve sıkıştırma kuvveti gibi fiziksel özellikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar su içinde ısıtma süreci sırasında uygulanan farklı işlem parametrelerinin (farklı nemlendirme süresi, nem içeriği ve buhar basıncı değerleri) ürünlerin higroskopik ve dayanıklılık özelliklerini oldukça etkilediklerini bildirmişlerdir. Çalışmamızdaki verilere paralel sonuçlar içeren bu çalışmada, danenin sıkıştırma kuvvetinin yulaf danesinin nem içeriğine ve nemlendirme süresine önemli derecede bağlı olduğu tespit edilmiştir. Yulaf danelerinin sıkışmaya karşı gösterdiği en az direnç işlem basıncının en yüksek değerde olduğu 0.28 MPa ve işlem süresinin en uzun olduğu 15 dakika nemlendirme süresi için elde edilmiştir. Ayrıca dane nem içeriğinde artışın ürünlerdeki deformasyon kuvvetlerini azalttığı kaydedilmiştir. Nouviaire ve ark. (2008) makarnaya uygulanan farklı reaktör basınçlarında uygulanan basınç KABFO işleminin makarnanın mekanik özelliklerini hayli değiştirdiğini belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada 1 bardan 4 bara artırılan reaktör basıncının makarnanın sertliliğini ifade eden en yüksek görünür kuvvet değerini 6 N'dan 3.5 N'a kadar düşürdüğü tespit edilmiştir. Makarnanın viskoelastik özelliklerini ifade eden görünür relaksasyon katsayısı ise 1 bardan 3 bara kadar azalmış ancak 4 bar basınca çıkıldığında bu değer artmıştır.



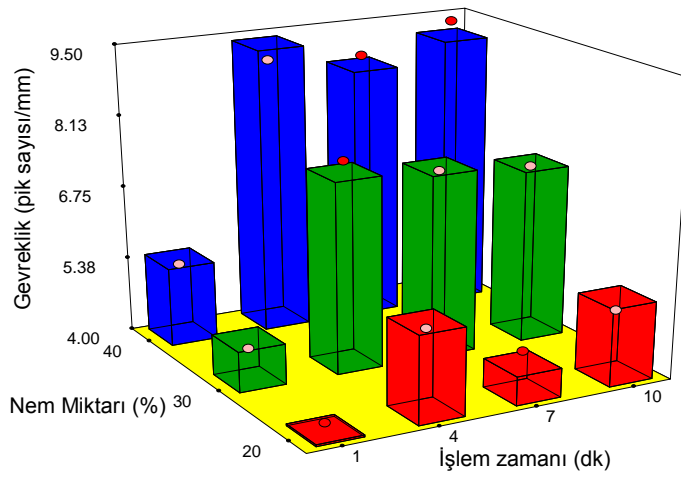


**Şekil 4.2.3.1.** Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan nem miktarı ve işlem zamanına göre sertlik değeri değişimi (4 bar basınç değerindedir, noktalar gerçek verileri, küpler model verileri göstermektedir).

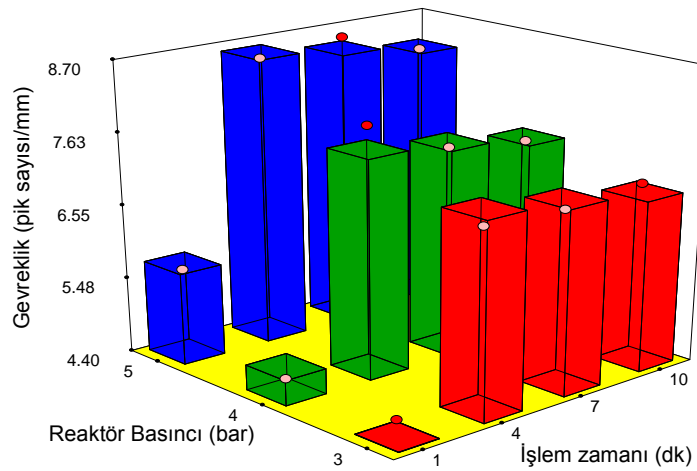


**Şekil 4.2.3.2.** Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan reaktör basıncı ve işlem zamanına göre sertlik değeri değişimi (% 30 nem değerinde gösterilmiştir, noktalar gerçek verileri, küpler model verileri göstermektedir).

Nohut çerezlerinin gevreklik değerleri KABFO işlem şartları ile doğru orantılı olarak artmıştır (Şekil 4.2.3.3 ve 4.2.3.4). Bu sonuç sertlik analizlerinde elde edilen deneysel data ile uyum içindedir. Gevreklik değerleri ile sertlik verilerinin korelasyon analizi sonucu, bu iki değişken arasında negatif bir korelasyon olduğu ( $-0.845$ ,  $p < 0.01$ ) tespit edilmiştir. Aşırı işlem şartları ürünlerin dokusal özelliklerini geliştirmiş, daha gevrek yapıda bir ürün üretilmesini sağlamıştır.



**Şekil 4.2.3.3.** Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan işlem zamanı ve nem miktarına göre gevreklik değeri değişimi (4 bar basınç değerindedir, noktalar gerçek verileri, küpler model verileri göstermektedir).



**Şekil 4.2.3.4.** Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan işlem zamanı ve reaktör basıncına göre gevreklik değeri değişimi (% 30 nem değerinde gösterilmiştir, noktalar gerçek verileri, küpler model verileri göstermektedir).

#### 4.2.4. Su Absorblama ve Suda Çözünme İndeksleri (SAİ ve SÇİ)

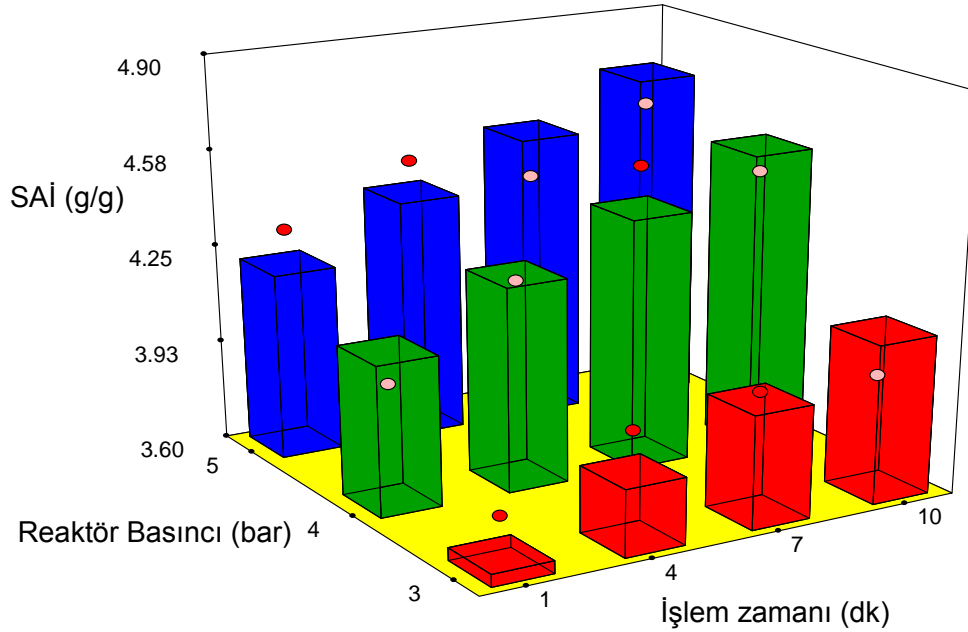
Su absorblama indeksi genelde nişastanın su fazındaki dağılım oranını gösterir, ve bu değer nişasta parçalanma ve jelleşme oranı ile doğru orantılı olarak ki, bu da artar amiloz ve amilopektinin moleküler ağırlığındaki azalamaya bağlıdır (Rayas-Duarte ve ark., 1998). Suda çözünme indeksi ise ürünlerdeki moleküler bileşenlerin degradasyonunu gösteren bir göstergedir ve nişastanın modifikasyonuna bağlı bir parametredir (Kirby ve ark., 1988). Literatürde yapılan farklı çalışmalarda, KABFO işleminin birçok üründe su tutma kapasitesini artırdığı belirtilmiştir (Iguedjtal ve ark., 2008; Kamal ve ark., 2008; Loisel ve ark., 2006). Yapılan bir çalışma da patatese uygulanan KABFO işleminin hidrofilik yapıdaki suyun tutunabileceği aktif yüzey alanını attırdığı, bunun da başlıca nedeninin işlem sırasında oluşan mikro gözenek yapı olduğu kaydedilmiştir (Iguedjtal ve ark., 2008). Kamal ve ark. (2008) kahve çekirdeklerinin KABFO uygulaması sonrası gözenekliliğinin arttığını, buna bağlı olarak da yapının çözgenlerin diffüzyonu açısından daha ulaşılabilir hale geldiğini ifade etmişlerdir.

Nohut çerezlerinde ölçülen SAİ değerleri  $3.32 \pm 0.06$  ile  $5 \pm 0.05$  (g/g numune) aralığında ve SÇİ değerleri  $15.84 \pm 1.11$  ile  $22.09 \pm 0.38$  aralığında değişmektedir. Çerez numunelerinin SAİ ve SÇİ değerleri KABFO işlem değişkenleri ile önemli derecede ( $p < 0.05$ ) değişmektedir (Çizelge 4.2.4.1). SAİ indeksi işlem süresi, reaktör basıncı ve numune nem içeriği arttıkça artmıştır (Şekil 4.2.4.1.). Ancak, numune nem miktarının SAİ üzerine olan etkisi reaktör basıncındaki değişim ile etkileşim halindedir (Çizelge 4.1.4.1, AB etkileşimi  $p < 0.01$ 'de önemli). Numune nem miktarındaki artış SAİ değerini düşük reaktör basınçlarında (3 bar) artırırken, yüksek reaktör basınçlarında (5 bar) tam tersi SAİ değerini düşürmüştür (Şekil 4.2.4.2).

**Çizelge 4.2.4.1.** İki faktör-etkileşimli modelin nohut çerezi numunelerinin su absorblama ve suda çözünme indeksi değerlerine uygulanması ile elde edilen ANOVA tablosu

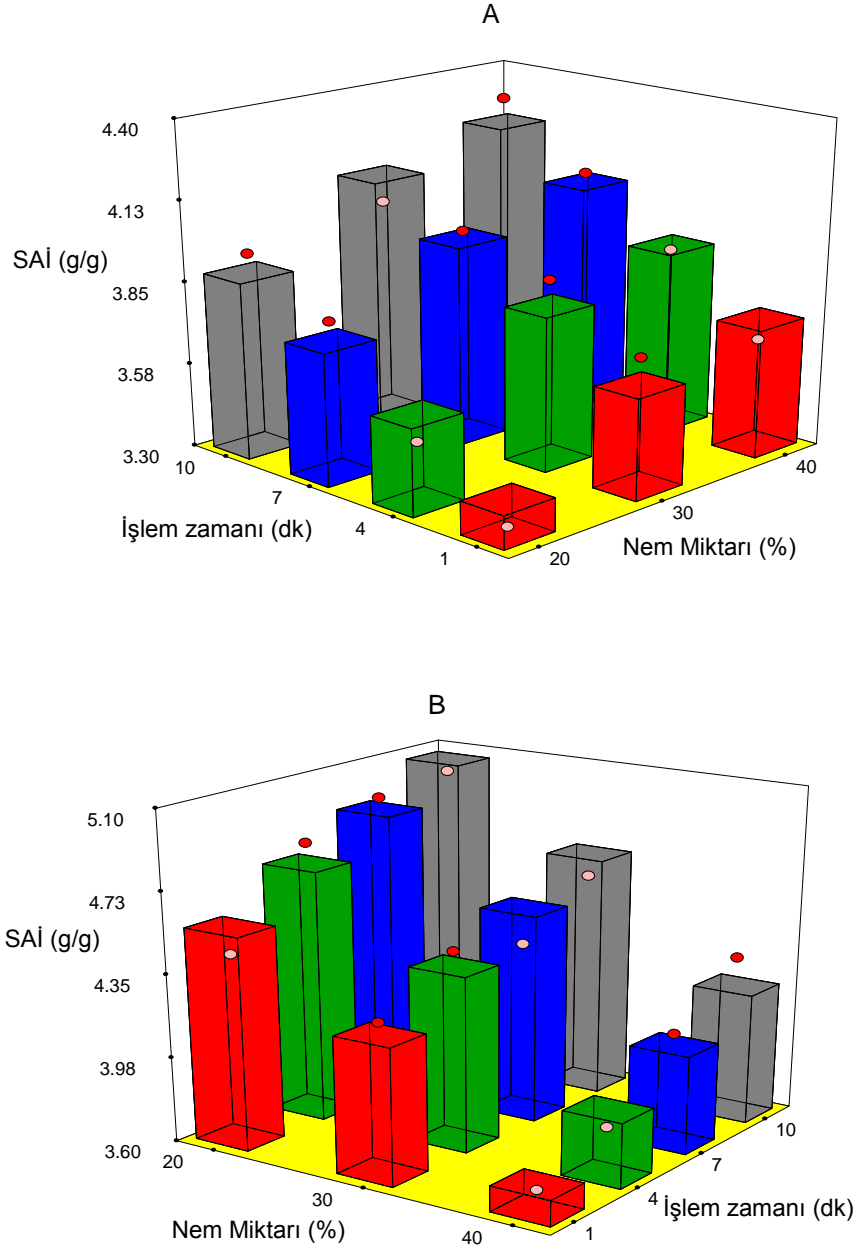
	SAİ (g/g)		SÇİ	
<i>Model terimi</i>	<i>F-değeri</i>	<i>p-değeri</i>	<i>F-değeri</i>	<i>p-değeri</i>
Model	15.76	0.0001**	27.90	0.0001**
A (Nem)	9.56	0.0009**	27.78	0.0001**
B (Basınç)	33.49	0.0001**	161.54	0.0001**
C (İşlem Zamanı)	13.03	0.0001**	65.13	0.0001**
AB (Nem ve Basınç)	12.02	0.0001**	4.17	0.0240**
AC (Nem ve İşlem Zamanı)	1.47	0.2445 <sup>ns</sup>	3.51	0.0306**
BC (Basınç ve İşlem Zamanı)	0.30	0.9225 <sup>ns</sup>	4.98	0.0088**
<i>Belirleyicilik katsayısı (r<sup>2</sup>):</i>	0.878		0.982	
<i>Düzeltilmiş belirleyicilik katsayısı (r<sup>2</sup> adjusted):</i>	0.822		0.947	
<i>Tahmin edilen belirleyicilik katsayısı (r<sup>2</sup> predicted):</i>	0.726		0.835	
<i>PRESS (Predicted error sum of squares):</i>	1.62		14.54	
<i>Uyumluluk düzeyi (Adequate precision):</i>	16.477***		21.515***	

A, Nem miktarı (%); B, Basınç (bar); C, İşlem zamanı (dakika)  
\* $p < 0.05$ ' de önemli, \*\* $p < 0.01$ ' de önemli, ns önemli değil, \*\*\* Uyumluluk düzeyi 4'den büyük olmalı



**Şekil 4.2.4.1.** Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan işlem zamanı ve reaktör basıncına göre SAİ değeri değişimi (% 30 nem değerindedir, noktalar gerçek verileri, küpler model verileri göstermektedir).

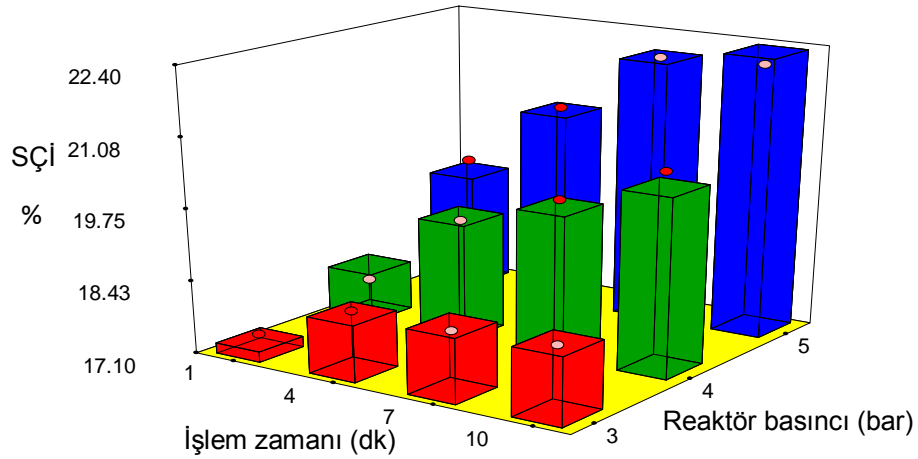
KABFO yönteminde uygulanan ortalama pişirme şartlarında numunelerin içeriğindeki nişastanın optimum oranda jelleştiği ve en iyi su tutma kapasitesi değerini verdiği söylenebilir. Nişastanın jelatinizasyon oranı arttıkça jelatinizasyon entalpisi düşer, bu durum nişastanın düzenli kristal yapısını kaybetmesinden kaynaklanmaktadır. Loisel ve ark. (2006) KABFO uygulanmış nişastaların jelatinizasyon entalpileri ve ortalama hacim artışları arasında doğru orantılı bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Ancak bu çalışmada kullanılan basınç değerleri 3 bar ile sınırlandırılmıştır. Bu şartlar altında nişastanın hacim artışının kristal yapısını kaybetmesine bağlı olduğunu, ayrıca nişasta ne kadar düzensiz bir yapıya sahip ise nişastanın o kadar fazla su tutacağı şeklinde yorumlamışlardır. Bizim çalışmamızda uygulanan basınç değeri (5 bar) düşünüldüğünde numunedeki nişastanın yapısının aşırı degradasyona uğradığı, nişastanın su tutma özelliklerinin azalması ile birlikte SAİ değerinin düştüğü düşünülmektedir. Bahrani ve ark. (2012) darı nişastasına uyguladıkları KABFO yöntemi sonrasında nişastaların sulu çözeltilerindeki viskozite değişimlerini ölçmüşlerdir. Düşük basınç seviyesinde işlenen (1 bar) nişastanın en yüksek viskozite değerine sahip olduğu, ancak uygulama basıncındaki artış ile birlikte viskozite değerlerinin önemli oranda azaldığı kaydedilmiştir. Yazarlar nişastanın akışkanlığındaki bu artışı yüksek basınç altında nişasta granüllerinin zarar görmesi ile ilişkilendirmişlerdir. Benzer bir durum makarnanın aşırı uygulanan KABFO işlemi ile pişme performansındaki kayıp için ifade edilmiştir. Bu çalışmada makarnanın şişme indeksi değerinin 2 bar basınca kadar arttığı ancak bu değer ötesinde uygulanan basınçlarda şişme indeksinin azaldığı kaydedilmiştir. Bu durumun nedeni olarak aşırı şartlar altında numune içindeki suyun bağlanabileceği aktif kısımların sayılarında bir azalma olduğu bu durumda yüksek sıcaklıklar altında numunede gerçekleşen fizikokimyasal değişimlerden kaynaklandığı belirtilmiştir (Nouvinaire ve ark., 2008).



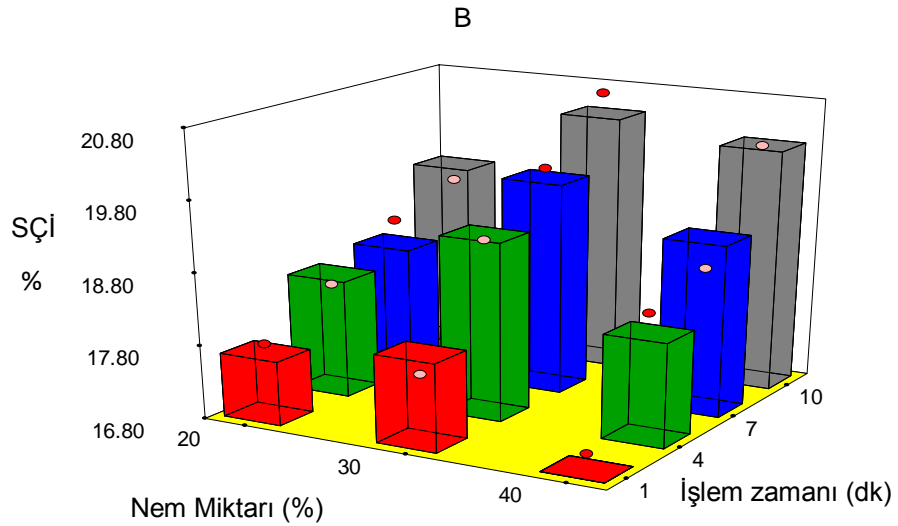
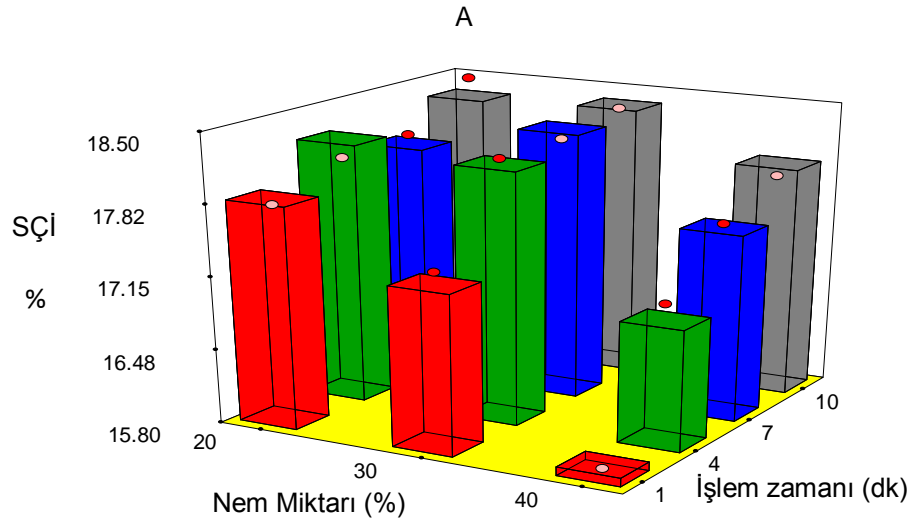
**Şekil 4.2.4.2.** Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan nem miktarı ve işlem zamanına göre SAİ değeri değişimi (A: 3 bar, B: 5 bar basınç değerlerindedir, noktalar gerçek verileri, küpler model verileri göstermektedir).

Literatürde suda çözünme indeksi değerlerinin düşük molekül ağırlığına sahip bileşenlerle ilgili olduğu, bu bileşenlerin de işlem şartlarının aşırı uygulandığı durumlarda numuneden daha kolay ayrılarak SÇİ değerlerini artırdığı vurgulanmaktadır (Colonna ve ark., 1989). Kamal ve ark. (2008) KABFO ile işlenmiş kahve çekirdeklerindeki madde kaybının (%) ham kahve çekirdeklerine yaklaşık iki kat fazla olduğunu tespit etmişlerdir. DAHA öncede belirtildiği gibi KABFO işlemi numunelerin

gözenekliliği artırmaktadır, dolayısıyla çözücülerin numune içerisine difüzyonu KABFO işlemi sonrasında daha kolay hale gelmektedir, buda çözünür madde kaybı oranını artıran önemli bir etkidir. Amor ve Allaf (2009) bamya çiçeğindeki antosiyaninlerin ekstraksiyonu için KABFO uygulandığında difüzyon verimliliğinin yaklaşık 1.5 kat arttığını vurgulamışlardır. Bu çalışmada nohut çerezlerinin SÇİ değerlerinin işlem süresi ve reaktör basıncı ile doğru orantılı olarak arttığı tespit edilmiştir (Şekil 4.2.4.3). Elde edilen sonucun literatürle uyumlu olduğu görülmektedir. SÇİ değerleri reaktörde uygulanan basınç miktarına göre değişkenlik göstermektedir (Şekil 4.2.4.4). SAİ değerleri ile SÇİ değerleri arasında pozitif bir korelasyon (0.745,  $p<0.01$ ) olduğu tespit edilmiştir.



**Şekil 4.2.4.3.** Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan işlem zamanı ve reaktör basıncına göre SÇİ değeri değişimi (% 30 nem değerindedir, noktalar gerçek verileri, küpler model verileri göstermektedir).



**Şekil 4.2.4.4.** Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan nem miktarı ve işlem zamanına göre SÇİ değeri değişimi (A: 3 bar, B: 4 bar basınç değerlerindedir, noktalar gerçek verileri, küpler model verileri göstermektedir).

#### 4.2.5. Toplam Fenolik Madde İçeriği ve Antioksidan Aktivite

Ham nohut numunesinin toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivite değeri sırasıyla 1 g örnek için  $1.60 \pm 0.07$  mg gallik asit eşdeğeri ve  $\% 5.9 \pm 1.1$  olarak bulunmuştur. Sreearma ve ark. (2010) yapmış oldukları çalışmada nohudun yapısında bulunan fenolik bileşenlerin en çok kabuk kısmında olmak üzere, kotiledon ve embryo



kısımlarında da önemli miktarlarda olduğunu tespit etmişlerdir. Nohudun en önemli antioksidan bileşenleri arasında fenolik maddelerden özellikle izoflavonlar yer almaktadır. Nohutta bulunan diğer antioksidanlar ise A vitamini ve E vitaminidir (Segev ve ark., 2011). Nohut çerezi numunelerinde ölçülen toplam fenolik madde içeriği 1.60 ile 3.26 mg gallik asit eşdeğeri/g arasında, antioksidan aktivitesi ise % 5.50 ile % 15.00 aralığında değişmektedir. Oğuz (2008) yapmış olduğu çalışmada Türkiye’de üretilen sarı ve beyaz leblebi çeşitlerinin toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivitesini farklı yöntemler kullanarak ölçmüştür. Beyaz ve sarı leblebi çeşitleri için ortalama toplam fenolik madde içeriği sırasıyla 89.3 mg gallik asit eşdeğeri/100 g örnek ve 98.5 mg gallik asit eşdeğeri/ 100 g örnek olarak tespit edilmiştir. Leblebi üretimi sırasında yüksek sıcaklıklarda uygulanan kavurma işleminin toplam fenolik madde içeriğini kavrulmamış nohuda göre kısmen düşürdüğü tespit edilmiştir. Ayrıca, sarı leblebi üretiminde sırasında nohudun kabuk tabakasının uzaklaştırılmasının sert kabuklu çerezlerden farklı olarak nohudun antioksidan kapasite ve fenolik madde içeriğini fazla etkilemediği belirtilmiştir.

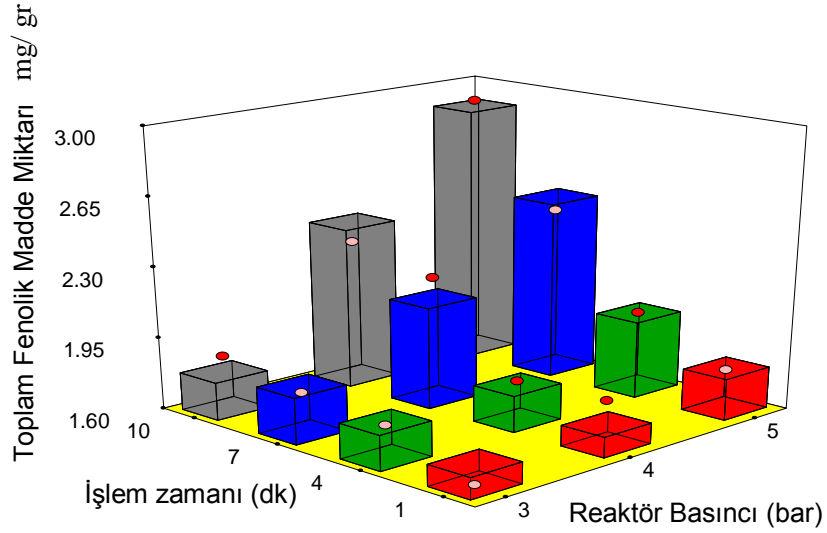
Yapılan çalışmanın sonuçlarına göre ham nohuda uygulanan KABFO işleminin toplam fenolik madde içeriğini yaklaşık 2 kat artırdığı tespit edilmiştir. Literatürde tahıllarla yapılan benzer çalışmalarda yüksek basınç işlemlerinin (ekstrüzyon, yüksek basınçta pişirme vb.) hücre duvarlarından fenolik asitleri ve bileşenlerini açığa çıkardığı ve bu fenolik asitlerin yüksek antioksidan aktivitesine katkıda bulunduğu düşünülmektedir (Zielinski ve ark., 2001; Anton ve ark., 2009). Ayrıca bu işlemler esnasında, numune içindeki fenolik bileşenlere ilave olarak bu fenoliklerin polimerleşmesi, enzimatik veya ısıl degradasyonu yolu ile yeni fenolik bileşenlerin oluştuğu ileri sürülmüştür (Beta, 2003). Çizelge 4.2.5.1’de, KABFO değişkenlerinin toplam fenolik madde ve antoksidan aktivite değerlerini nasıl etkilediği gösterilmiştir. Reaktör basıncı ve işlem süresi toplam fenolik madde içeriğini önemli derecede ( $p<0.01$ ) etkilerken, nem miktarının etkisi önemli bulunmamıştır. Çerez numunelerinin antioksidan aktivite değerleri ise bütün işlem parametrelerinden önemli derecede ( $p<0.01$ ) etkilenmektedir. Çerez numunelerinin toplam fenolik içeriği işlem süresi ve reaktör basıncı ile doğru orantılı olarak artmaktadır (Şekil 4.4.5.1). Elde edilen bu sonuç yukarıda da belirtildiği gibi literatürde yapılan çalışmalar ile uyum içindedir. KABFO işleminde yüksek basınç altında muamele edilen nohut numuneleri genleştiğinden ve daha gözenekli bir yapı

aldığından dolayı, fenolik bileşiklerin bu gözenekli yapıdan ekstraksiyonunun daha kolaylaştığı düşünülmektedir. Benzer bir durumu Amor ve Allaf (2009) antosiyenin ekstraksiyonu için kaydetmişlerdir. Mounir ve ark. (2011)'nin yaptıkları bir çalışmada elmada bulunan başlıca flavanoidlerden olan kuersetin miktarının KABFO yöntemi uygulandığında ham elmaya göre yaklaşık 7 kat arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca bu miktarın işlem süresine bağlı olarak doğru orantılı olarak arttığı, ancak 80 saniye işlem süresinden sonra kuersetin miktarında bir azalma olduğu kaydedilmiştir. Aslında fenolik bileşenler çok yüksek sıcaklıklar uygulandığında kısmen zarar görürler (Dlamini ve ark., 2007). Ancak bu çalışmada uygulanan ısı işlem süreleri sınırlı olduğundan numunelerde buna benzer bir etki görülmemiştir.

**Çizelge 4.2.5.1.** İki faktör-etkileşimli modelin nohut çerezi numunelerinin kimyasal özelliklerine uygulanması ile elde edilen ANOVA tablosu

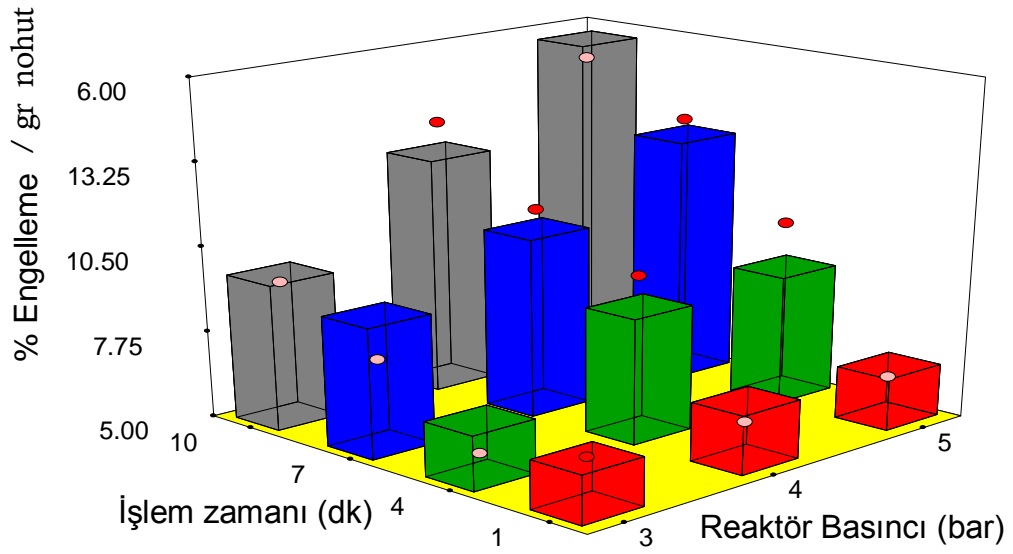
<i>Model terimi</i>	Fenolik madde miktarı (mg gallik asit eşdeğeri /g numune)		Antioksidan Aktivite (%)		Fitik asit içeriği (mg/g numune)	
	<i>F-değeri</i>	<i>p-değeri</i>	<i>F-değeri</i>	<i>p-değeri</i>	<i>F-değeri</i>	<i>p-değeri</i>
Model	34.33	0.0001**	18.60	0.0001**	27.32	0.0001**
A (Nem)	2.82	0.0891 <sup>ns</sup>	4.46	0.0236*	1.36	0.2004 <sup>ns</sup>
B (Basınç)	95.74	0.0001**	23.84	0.0001**	28.02	0.0001**
C (İşlem Zamanı)	106.93	0.0001**	53.95	0.0001**	26.85	0.0001**
AB (Nem ve Basınç)	0.64	0.6420 <sup>ns</sup>	1.22	0.3536 <sup>ns</sup>	1.62	0.2004 <sup>ns</sup>
AC (Nem ve İşlem Zamanı)	3.40	0.0235*	1.71	0.1821 <sup>ns</sup>	0.90	0.5231 <sup>ns</sup>
BC (Basınç ve İşlem Zamanı)	18.98	0.0001**	3.90	0.0084**	0.99	0.4616 <sup>ns</sup>
<i>Belirleyicilik katsayısı (r<sup>2</sup>):</i>	0.976		0.916		0.820	
<i>Düzeltilmiş belirleyicilik katsayısı (r<sup>2</sup>adjusted):</i>	0.948		0.867		0.790	
<i>Tahmin edilen belirleyicilik katsayısı (r<sup>2</sup>predicted):</i>	0.879		0.777		0.741	
<i>PRESS (Predicted error sum of squares):</i>	0.69		70.27		3.89	
<i>Uyumluluk düzeyi (Adequate precision):</i>	21.940***		15.265***		17.016***	

A, Nem miktarı (%); B, Basınç (bar); C, İşlem zamanı (dakika)  
\**p*<0.05' de önemli, \*\**p*<0.01' de önemli, ns önemli değil, \*\*\* Uyumluluk düzeyi 4'den büyük olmalı

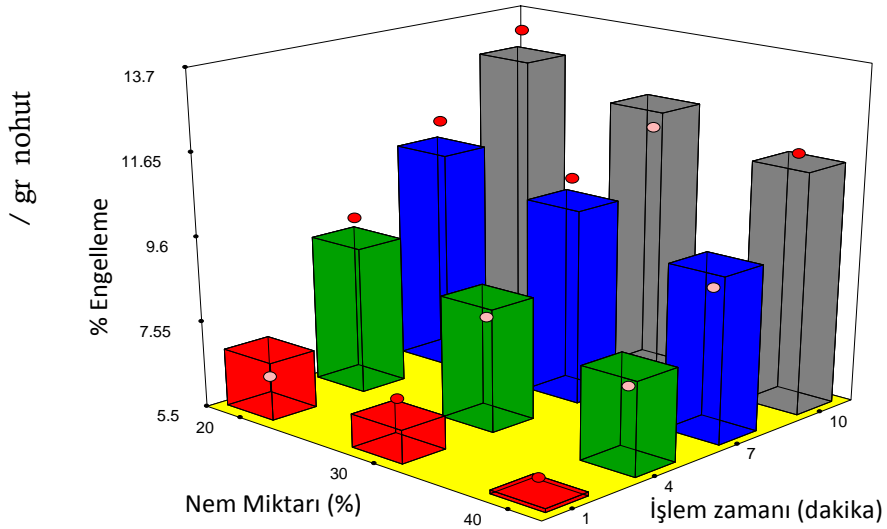


**Şekil 4.2.5.1.** Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan işlem zamanı ve reaktör basıncına göre toplam fenolik madde miktarı değişimi (% 20 nem değerindedir, noktalar gerçek verileri, küpler model verileri göstermektedir).

Nohut çerezlerinde ölçülen toplam fenolik madde miktarı ile antioksidan aktivite değerleri arasında pozitif bir korelasyon (0.874,  $p < 0.01$ ) olduğu bulunmuştur, bu da ürünlerdeki antioksidan aktivitenin çoğunlukla fenolik içeriğinden kaynaklandığını ortaya koymaktadır. Literatürde yapılan bir çok çalışmada bizim çalışmamıza benzer sonuçlar elde edilmiştir, özellikle tahıl ve baklagil ürünlerindeki fenolik bileşenlerin yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir (Repo-Carrasco-Valencia ve ark., 2009; Delgado-Licon ve ark., 2009). Üretilen ürünlerin antioksidan aktivite değerleri işlem süresi ve reaktör basıncı arttıkça artmış, nem miktarı arttıkça ise azalmıştır (Şekil 4.2.5.2 ve Şekil 4.2.5.3). Nem miktarının etkisi çok fazla olmamakla birlikte antioksidan aktiviteyi önemli ( $p < 0.05$ ) derecede azaltmıştır. Literatürde yapılan benzer çalışmalarda da yüksek nem içeriğinde yapılan işlemlerin ürünlerin antioksidan aktivite değerlerini düşürdüğü kaydedilmektedir. Yüksek nem içeriğine sahip ortamlarda fenolik ve taninlerin polimerleşme tepkimesine maruz kaldığı ve dolayısıyla fenoliklerin ekstraksiyon oranının düştüğü ve bununda antioksidan aktiviteyi azalttığı belirtilmektedir (Dlamini ve ark., 2007; Delgado-Licon ve ark., 2009).



**Şekil 4.2.5.2.** Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan işlem zamanı ve reaktör basıncına göre antioksidan aktive değişimi (% 20 nem değerindedir, noktalar gerçek verileri, küpler model verileri göstermektedir).



**Şekil 4.2.5.3.** Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan nem miktarı ve işlem zamanına göre antioksidan aktive değişimi (4 bar basınç değerinde gösterilmiştir, noktalar gerçek verileri, küpler model verileri göstermektedir).

#### 4.2.6. Fitik Asit İçeriği

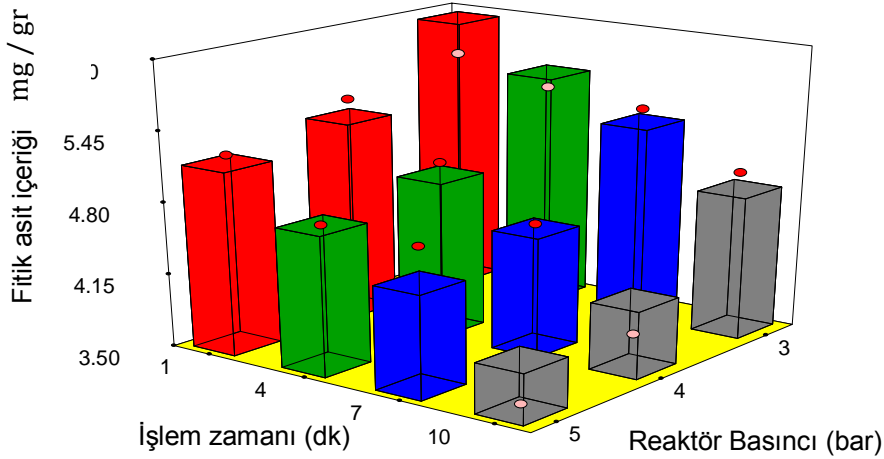
Fitik asit (myo-inositol 1,2,3,4,5,6 heksakis dihidrojen fosfat) birçok bitki hucresinde depo halinde bulunan fosforlu bir bileşiktir. Fitik asit en yuksek oranda; hububat, baklagil ve sert kabuklu yemişlerde bulunur. Fitik asit, kalsiyum, magnezyum, demir, çinko gibi önemli mineraller ile doğrudan ya da dolaylı olarak bağlanıp bunların ozunrlk, fonksiyonellik ve sindirilebilirliklerini değiştirdiğinden anti besinsel bir öge olarak tanımlanmaktadır (Akay ve Ertaş, 2008). Ham nohudun fitik asit içeriği 5.94±0.12 (mg/gr numune) olarak bulunmuştur. Nohut çerezi numunelerinde yapılan analizlerde fitik asit içeriğinin 3.56 ile 5.90 (mg/gr numune) aralığında değiştiği tespit edilmiştir. KABFO işlemi örneklerin fitik asit içeriğini uygulanan işlem parametrelerinin seviyelerine göre yaklaşık % 40 oranında azaltmıştır.

Literatürde yapılan benzer çalışmalarda KABFO yönteminin baklagil numunelerindeki birçok antibesinsel bileşenin miktarının önemli ölçülerde azalttığı kaydedilmiştir (Haddad ve ark 2006; Haddad ve ark., 2007; Haddad ve Allaf, 2007). Fitik asit içeriğini etkileyen önemli değişkenler işlem süresi ve reaktörde uygulanan basınc (p<0.01) miktarıdır (izelge 4.2.5.1). erez numunelerindeki fitik asit içeriği uygulanan işlem süresi ve reaktör basıncına bağlı olarak düşmektedir (şekil 4.2.6.1). Duhan ve ark (1989) yılında yaptıkları bir çalışmada geleneksel olarak ve otoklavda pişirilen nohut çeşitlerinin fitik asit içeriklerinin %20-26 oranlarında azaldığı tespit edilmiştir. Geleneksel pişirme yöntemlerine göre kıyasla numuneye daha yüksek basınc uygulanan KABFO işleminde fitik asit içeriği uygulanan reaktör basıncına göre azalmaktadır. Ayrıca uygulanan işlem süresi de fitik asit içeriğini azaltan önemli etkenlerden birisidir, 5 bar ve 10 dakika işlem sürelerinde pişirilen nohut numuneleri en düşük fitik asit içeriğine sahiptir (şekil 4.2.6.1). Acı baklaya uygulanan KABFO uygulaması fitat içeriğini artan işlem zamanına ve reaktör basıncına bağlı olarak % 60'a varan seviyelerde azaltmıştır (Haddad ve ark., 2007).

Yapılan bir diğer çalışma da (Haddad ve Allaf, 2007) soyada bulunan tripsin inhibitörü seviyesinin KABFO işleminin parametrelerine bağlı olarak önemli oranlarda azaldığı belirtilmiştir. Özellikle 7 bar basınc altında 60 saniye boyunca işlenen numunelerde bu

oran % 94'e ulaşmıştır. Buna ek olarak artan işlem süresi ve basınç gibi işlem parametrelerinin birbirleriyle etkileşim halinde tripsin inhibitörü seviyesini önemli derecede düşürdüğü kaydedilmiştir. Tripsin inhibitörünün ısıya karşı oldukça duyarlı bir bileşen olduğu belirtilmiştir.

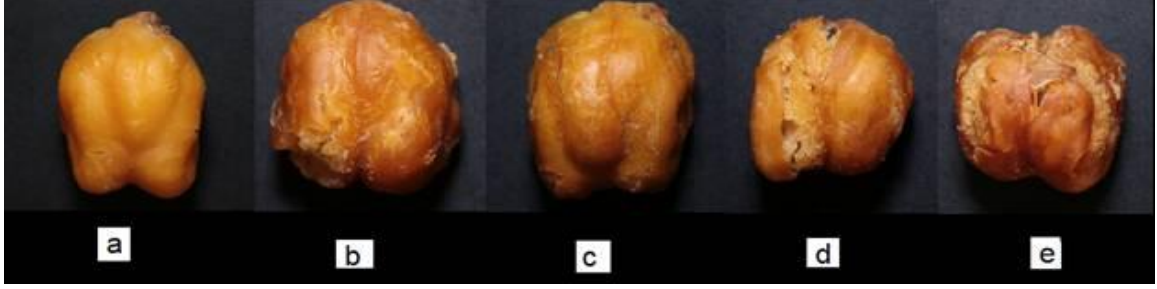
Araştırmacılar KABFO işleminin anti besinsel öğeleri çok kısa bir süre zarfında insan tüketimine uygun seviyelere düşürmesini dikkate alarak bu yöntemin antibesinsel öğeleri azaltmak için kullanılabilir başlıca yöntemlerden biri olduğunu vurgulamaktadırlar (Haddad ve ark., 2004)



**Şekil 4.2.6.1.** Nohut çerezi numunelerinin KABFO işleminde uygulanan işlem zamanı ve reaktör basıncına göre fitik asit içeriği değişimi (% 30 nem değerindedir, noktalar gerçek verileri, küpler model verileri göstermektedir)

#### 4.2.7. Duyusal Analiz

Duyusal analizde panelistlere sunulan nohut çerezi numuneleri Şekil 4.2.7.1 'de verilmiştir. Numunelere verilen tüm parametreler için puanlamalar dikkate alındığında verilen puanların 3.0 (kötü, biraz sevmedim) ile 5.6 (çok iyi, sevdim) arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.2.7.1).



**Şekil 4.2.7.1.** Duyusal analizde değerlendirilen nohut çerezi örneklerinin görüntüleri (a) % 30 nem, 3 bar, 1 dk; (b) % 30 nem, 3 bar, 7 dk; (c) % 20 nem, 4 bar, 4 dk; (d) % 40 nem, 4 bar, 4 dk; (e) % 40 nem, 4 bar, 10 dk.

Ürünlere verilen tad puanları incelendiğinde en düşük puanlamayı 3.3'lük puanlama ile en kısa süre KABFO işlemi gören çerez numunesinin (a) aldığı görülmektedir. Bu numune reaktörde çok az süre tutulduğundan, tat ve lezzet reaksiyonlarının yeterli düzeyde gerçekleşmemesi olasılığı yüksektir, bu durumun üründe ham nohut tadının hissedilmesine neden olduğu düşünülmektedir. Aynı şartlarda daha uzun işlem gören numune (b) panelistlerden 4.7 puan (iyi, biraz sevdim) almıştır. Koku açısından değerlendirildiğinde panelistler numuneler arasında belirgin bir koku farkı ( $p<0.05$ ) bulamamışlardır. Çerez numuneleri görünüş açısından iki farklı kategoride değerlendirilmişlerdir, bunlar renk ve ürün yapısıdır. Renk açısından en çok beğenilen numune 5.1'lik puan (iyi, biraz sevdim) ile 4 dakika işlem gören nohut numunesidir. Panelistlerin ürün görünüşüne verdiği puanlamaları etkileyen en önemli faktörler işlem süresi ve numune nem içeriğidir. Genel olarak uzun işlem süresi görmüş ve % 40 nemde işlenmiş nohut çerezleri görünüş testi (yapı ve renk) açısından düşük puanlar almışlardır, yani panelistler çoğunlukla çatlamış görüntüdeki ürünleri diğerlerine kıyasla beğenmemişlerdir.

**Çizelge 4.2.7.1.** Nohut çerezi numunelerinin duyusal analizinde elde edilen ortalama puanlamalar

KABFO işlem şartları (nem/bar/süre)	Duyusal testte verilen ortalama puanlamalar*							
	Tat	Koku	Görünüş		Doku			Genel kabul edilebilirlik
			Renk	Yapı	Sertlik	Gevreklik	Kırılabilirlik	
30/3/1 (a)	3.3a	3.6a	4.9b	4.7b	3.5a	3.1a	3.0a	3.3a
30/3/7 (b)	4.7cd	4.3ab	4.9b	4.8b	4.6b	5.0bc	5.1bc	4.8c
20/4/4 (c)	5.3d	4.6b	5.1b	5.4c	4.7b	4.4b	4.6b	5.0c
40/4/4 (d)	3.8ab	4.1ab	3.6a	3.5a	4.6b	5.2c	5.1bc	4.4b
40/4/10 (e)	4.1bc	3.9ab	3.1a	3.0a	4.6b	5.5c	5.6c	4.1b

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

\* 7 noktalı hedonik skalada, 1- Hiç sevmedim (Aşırı kötü), 7-Çok sevdim (Mükemmel)

Çerez numunelerinin dokusal özellikleri incelendiğinde en düşük sürede işlem görmüş numune (Çizelge 4.4.7.1 de numune a) genelde bütün kategorilerde (sertlik, gevreklik ve kırılabilirlik) en düşük skoru (3, kötü, biraz sevmedim) almıştır. Çerez numunelerinin aletli doku analizi ile elde edilen veriler (sertlik ‘g’ ve gevreklik ‘pik sayısı/mm’) ve duyuşal doku analizinde elde edilen veriler (sertlik, gevreklik) Pearson korelasyon testi ile istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Analiz sonucunda aletli analizden elde edilen sertlik değerleri ile duyuşal sertlik değerleri arasında önemli derecede bir uyum ( $p<0.05$ ) bulunmazken, duyuşal gevreklik verileri aletli analizle bulunan gevreklik sonuçları ile pozitif bir uyum (0.895,  $p<0.05$ ) içindedir. % 40 nemde işlenen çerez numuneleri dokusal özellikler açısından panelistler tarafından daha çok tercih edilmiştir, bu noktada çatlamış yapıdaki numunelerin ağızda hissedilen dokusal özellikler bakımından daha olumlu sonuçlar verdiği anlaşılmaktadır. Çerez numunelerini genel kabul edilebilirlik değerleri istatistiksel olarak farklı ( $p<0.05$ ) bulunmuştur ve puanlamalar 3.3 (kötü, biraz sevmedim) ile 5.0 (iyi, biraz sevdim) aralığında değişmektedir. KABFO işlem şartları düşünöldüğünde düşük işlem süresinin ve yüksek nem içeriğinin genel kabul edilebilirlik kriteri açısından negatif bir etki oluşturulduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak çerez numunelerine herhangi bir çeşni ilavesi yapılmadığı düşünöürse, endüstriyel üretim sırasında eklenebilecek çeşni veya sos ilaveleri ile nohut çerezlerinin duyuşal testlerde daha iyi skorlar alması ihtimali yüksektir.

### **4.3.Süreç Optimizasyonu**

Optimizasyon, hedeflenen amacı en yüksek veya en düşük oranda yapabilecek şartları bulma işlemi olarak tanımlanır. Optimizasyon duruma göre bir süreci hedef özelliklere ulaşmak için maksimize ederken bazen de minimize edebilir. Hedef özelliklere ulaşmak için gerekli proses şartları optimum şartlar olarak ifade edilir (Myers and Montgomery, 2002). Optimizasyon çalışması (Design Expert 7.0) paket programının nümerik optimizasyon tekniğı kullanılarak yapılmıştır. Bu teknikte hedeflenen özelliklere ulaşmak için ürün özelliklerinden en önemlileri için belirli kriterler belirlenir ve bu kriterlere göre tespit edilen çözümlerinin çekicilik değeri (desirability function) kıyaslanır. En optimum çözüme ulaşabilmek için çekicilik değerinin 1 değerine yaklaşması gereklidir (Myers and Montgomery, 2002). Çerez gıdalar açısından tüketici



tercihini de belirleyen en önemli özellikler yoğunluk, doku ve renk gibi fiziksel özelliklerdir. Bu çalışmada optimum özellikler seçilirken duyuşal test sonuçları dikkate alınarak hedef özellikler belirlenmiştir. Nohut çerezleri için panelistlerin tercihi doğrultusunda belirlenen hedef özellikler, ürün sertliğini ve yoğunluğunu minimize etmek ve ürün genişmesini, gevrekliğini ve parlaklığını ( $L^*$ ) maksimize etmek yönünde seçilmiştir.

Nümerik optimizasyon tekniğı kullanılarak belirlenen hedefler doğrultusunda yapılan optimizasyon analizi sonucunda nohut çerezi için çekicilik değeri 0.495'den 0.684'e varan on adet farklı çözüm tespit edildi. Çekicilik fonksiyonu 0.684 olan çözümler için optimum KABFO şartları % 40 nem içeriğı, 5 bar reaktör basıncı ve 4 dakika işlem süresidir. Bu optimum şartlar uygulandıında üretilen nohut çerezinin genişleme indeksi 1.18, parlaklık ( $L^*$ ) değeri 41.10, sertlik değeri 4.83 g ve gevreklik değeri 9.47 pik sayısı/mm olarak belirlendi. Optimum şartlar altında üretilen çerezlerin yoğunluğunun 1.286, parlaklık ( $L^*$ ) değerinin 48.89, sertlik değerinin 3.40 g ve gevreklik değerinin 8.91 pik sayısı/mm olduğı tespit edilmiştir.

## **5. SONUÇLAR**

Bu çalışma, kontrollü ani basınç farkı oluşturma yöntemini kullanarak nohuttan kolay tüketilebilen ve yemeye hazır patlamış çerez gıdalar üretmek amaçları doğrultusunda yapılmıştır. Laboratuvar ölçekli cihaz kullanılarak kabul edilebilir fiziksel ve kimyasal niteliklere sahip nohut çerezi ürünleri geliştirilmiştir. Bu ürünlerin geliştirilmesi sürecinde farklı KABFO işlem şartları çalışılarak bu işlem şartlarının ürünlerin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkileri incelenmiş; bu etkileri ortaya koyan modeller geliştirilmiştir. Nohuttan en iyi özelliklere sahip çerez ürünlerin geliştirilebilmesi için KABFO süreci her bir ürün için optimize edilmiştir

## 6. KAYNAKLAR

- Akay, A. ve Ertaş, N., 2008. Farklı Çinko Seviyelerinin Nohudun Fitik Asit Miktarına Etkisi. Türkiye 10. Gıda Kongresi, Erzurum.
- Allaf, K., Louka, N., Bouvier, J.M., Parent, F. ve Forget M., 1993. Procédé de traitement de produits biologiques en vue de la modification de leur texture, installations pour la mise en oeuvre d'un tel procédé et produits ainsi réalisés. French patent no.930,9720. International extension no PCT/FR94/00975.
- Alonso, R., Aguirre, A. ve Marzo, F., 2000. Effects of extrusion and traditional processing methods on antinutrients and in vitro digestibility of protein and starch in faba and kidney beans. *Food Chemistry*, 68, 159-165.
- Amor B.B. ve Allaf, K., 2009. Impact of texturing using instant pressure drop treatment prior to solvent extraction of anthocyanins from Malaysian Roselle (*Hibiscus sabdariffa*). *Food Chemistry*, 115, 820-825.
- Andersoni R.A., Conway, H.F., Pfeifer, V.F. ve Griffin, E.L., 1969. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. *Cereal Science Today*, 14, 4-12.
- Anton, A.A., Fulcher, R.G. ve Arntfield, S.D., 2009. Physical and nutritional impact of fortification of corn-starch-based extruded snacks with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour: Effects of bean addition and extrusion cooking. *Food Chemistry*, 113, 989-996.
- AOAC, 1995. *Official Methods of Analysis* (16th ed). Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.
- Aydın, F., 2002. Nohudun kullanımı ve leblebi üretimi. *Hububat Kongresi Bildiri Kitabı*, pp: 503-513, Gaziantep-Türkiye, .
- Bahran, S.A., Loisel, C., Rezzoug, S.A., Doublier, J.L. ve Macche-Rezzoug, Z., 2012. Role of vacuum steps added before and after steaming of maize starch. *Impact on*

- pasting, morphological and rheological properties. *Carbohydrate Polymers*, 89, 810-820.
- Beta, T., 2003. Anti-nutrients or anti-oxidants in cereal grains: an evaluation of the composition and functionality of phenolic compounds with special reference to sorghum and barley. In *Workshop on the proteins of sorghum and millet: Enhancing nutritional and functional properties for Africa*. Eds: P.S Belton and J.R.N. Taylor, Pretoria, South Africa.
- Beta, T., Nam, S., Dexter, J.E. ve Sapirstein, H.D., 2005. Phenolic content and antioxidant activity of pearled wheat and roller-milled fractions. *Cereal Chemistry*, 82, 390-393.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. ve Berset, C., 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28, 25-30.
- Colonna, P., Tayeb, J. ve Mercier, C., 1989. Extrusion coking of starch and starchy products. In *Extrusion Cooking*, eds.: Mercier, P. Linko & J.M. Harper, American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, MN.
- Cong, D.T., Haddad, M.A., Rezzoug, Z., Lefevre, L. ve Allaf, K., 2008. Dehydration by successive pressure drops for drying paddy rice treated by instant controlled pressure drop. *Drying Technology*, 26(4), 443-451.
- Coşkuner, Y. ve Karababa, E., 2004. Leblebi: A roasted chickpea product as a traditional Turkish snack food. *Food Reviews International*, 20, 257-274.
- Delgado-Licon, E., Ayala, A.L.M., Rocha-Guzman N.E. ve Gallegos- Infante J.A., 2009. Atienzo-Lazos M., Drzewiecki J., Martinez-Sanchez C.E. and Gorinstein S. Influence of extrusion on the bioactive compounds and the antioxidant capacity of the bean/corn mixtures. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 60, 522-532.

- Dlamini, N.R., Taylor, J.R.N. ve Rooney L.W., 2007. The effect of sorghum type and processing on the antioxidant properties of African sorghum-based foods. *Food Chemistry*, 105, 1412-1419.
- Doğan, H., Samuel, L. ve Kokini, J.L., 2005. Development of instrumental methods and data analysis tools for objective textural characterization of extruded food products. Annual Meeting of the Institute of Food Technologists, New Orleans, Louisiana.
- DPT, 2007. Bitkisel Üretim Özel İhtisas Komisyonu Raporu. Ankara.
- Duhan, A., Chauhan, B.M., Punia, D. ve Kapoor, A.C., 1989. Phytic acid content of chickpea (*Cicer arietinum*) and black gram (*Vigna mungo*): varietal differences and effect of domestic processing and cooking methods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 49 (4), 449-455.
- Elgün A. ve Ertugay Z., 1995. Tahıl İşleme Teknolojisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum.
- Elgün, A.M. ve Demir, K., 2008. Tam Buğday Unu ve Fonksiyonel Özellikleri, Türkiye 10. Gıda Kongresi, Erzurum, pp:49-52.
- Encan, G., Kaya, M. ve Çiftçi, C.Y., 2005. Nohudun Dünya ve Türk Ekonomisindeki Yeri. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(1),19- 29.
- FAO, 2008. Food and Agricultural Commodities Production, World pulses/chickpea production and harvesting area, <http://faostat.fao.org>.
- Garcia-Esteva, R.M., Guerra-Hernandez, E. ve Garcia-Villanova, B., 1999. Phytic acid content in milled cereal products and breads, *Food Research International*, 32, 217-221.

- Ghiasi, K. , 1982. Hosenev R.C. ve Varriano-Marston E., Gelatinization of wheat starch. III. Comparison by differential scanning calorimetry and light microscopy, *Cereal Chemistry*, 59 (4), 258-262.
- Haddad, J., Louka, N., Gadouleau, M., Juhel, F. ve Allaf, K., 2001. Application of the new process of controlled instantaneous pressure drop (DIC) to the drying/texturization of fish: Effects on physicochemical characteristics of the final product. *Sciences Des Aliments*, 21(5), 481-498.
- Haddad, J., Juhel, F., Louka, N. ve Allaf, K., 2004. A study of dehydration of fish using successive pressure drops (DDS) and controlled instantaneous pressure drop (DIC). *Drying Technology*, 22(3), 457-478.
- Haddad J., Greiner R.ve Allaf K., 2004. Changes in phytate content of *Lupinus albus* and *L. mutabilis* seed during controlled instantaneous pressure drop treatment; in Muzquiz M, Hill GD, Cuadrado C, Pedrosa MM, Burbano C (eds): *Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds and Oilseeds*. Wageningen, Wageningen Academic Publisher, , pp 333–336.
- Haddad, J., Muzquiz, M. ve Allaf, K., 2006. Treatment of lupin seed using the instantaneous controlled pressure drop technology to reduce alkaloid content. *Food Science and Technology International*, 12(5), 365-370.
- Haddad, J., Greiner, R. ve Allaf, K., 2007. Effect of instantaneous controlled pressure drop on the phytate content of lupin. *LWT - Food Science and Technology*, 40(3), 448-453.
- Haddad, J. ve Allaf, K., 2007. A study of the impact of instantaneous controlled pressure drop on the trypsin inhibitors of soybean. *Journal of Food Engineering*, 79(1), 353-357.
- Haug, W. ve Lantzsch, H.J., 1983. Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereal and cereal products. *Journal of Science and Food Agriculture*, 34, 1423–1427.

- Holm, J., Lundquist, M.D., Björck, I., Eliasson, A.C. ve Asp, N.G., 1988. Degree of starch gelatinization, digestion rate of starch in vitro, and metabolic response in rats. *American Journal of Clinical Nutrition*, 47, 1010-1016.
- Hoseney, R.C., 1994. *Principles of Cereal Science and Technology* (2nd ed.). American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
- Iguedjal, T., Louka, N. ve Allaf, K., 2008. Sorption isotherms of potato slices dried and texturized by controlled sudden decompression. *Journal of Food Engineering*, 85(2), 180-190.
- Ilo, S. ve Berghofer, E., 1999. Kinetics of colour changes during extrusion cooking of maize gritz. *Journal of Food Engineering*, 39, 73-80.
- Ilo, S., Liu, Y. ve Berghofer, E., 1999. Extrusion cooking of rice flour and amaranth blends. *LWT - Food Science and Technology*, 32, 79-88.
- Jambunathan, R., Blain, H.L., Dhindsa, K., Hussein, L.A., Kogure, K., Li-Juan, L. ve Yuseff, M.M., 1994. Diversifying use of cool season food legumes through processing. *Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture*, 19, 98-112.
- Jung, S., Sampon, C.T. ve Lamballerie, M.D., 2010. High hydrostatic pressure food processing, In *Alternatives to Conventional Food Processing*, ed: Proctor A., RSC Publishing, Cambridge, UK. Pp: 268.
- Kamal, I.M., Sobolik, V., Kristiawan, M., Mounir, S.M. ve Allaf, K., 2008. Structure expansion of green coffee beans using instantaneous controlled pressure drop process. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9, 534-541.
- Kaur, M. ve Singh, N., 2005. Studies on functional, thermal and pasting properties of flours from different chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Food Chemistry*, 91, 403-411.

- Kirby, A.R., Ollett, A.L., Parker, R. ve Smith, A.C., 1988. An experimental study of screw configuration effects in the twin-screw extrusion cooking of maize grits. *Journal of Food Engineering*, 8, 247-272.
- Kobrehel, K. ve Abecassis J., 1985. Influence de la temperature de sechage des pates alimentaires sur l'activite' et la composition des peroxydases en relation avec la couleur des produits. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 18, 277–280.
- Kon, S., 1979. Effect of soaking temperature on cooking and nutritional quality of beans. *Journal of Food Science*, 44, 1329- 1335.
- Kristiawan, M., Sobolik, V., Al-Haddad, M. ve Allaf, K., 2008. Effect of pressure-drop rate on the isolation of cananga oil using instantaneous controlled pressure-drop process. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 47 (1), 66-75.
- Loisel, C., Maache-Rezzoug, Z., Esneault, C. ve Doublier, J.L., 2006. Effect of hydrothermal treatment on the physical and rheological properties of maize starches. *Journal of Food Engineering*, 73, 45–54.
- Louka, N., 1996. Maîtrise de la qualité des produits agro-alimentaires séchés; modification texturale et réduction du coût énergétique par détente instantanée contrôlée“DIC” vers le vide. Conception et réalisation d'un nouveau procédé industriel (Phd thesis]. Univ. de Technologie de Compiègne.
- Louka, N. ve Allaf, K., 2002. New process for texturizing partially dehydrated biological products using controlled sudden decompression to the vacuum: Application on potatoes. *Journal of Food Science*, 67(8), 3033-3038.

- Louka, N. ve Allaf K., 2004. Expansion ratio and color improvement of dried vegetables texturized by a new process "controlled sudden decompression to the vacuum": Application to potatoes, carrots and onions. *Journal of Food Engineering*, 65(2), 233-243.
- Maache-Rezzoug, Z. ve Allaf, K., 2005. Study of the effect of hydrothermal process conditions on pasta quality. *Journal of Cereal Science*, 41, 267–275.
- Maache-Rezzoug, Z., Zarguili, I., Loisel, C., Queveau, D. ve Buleon, A., 2008. Structural modifications and thermal transitions of standard maize starch after DIC hydrothermal treatment. *Carbohydrate Polymers*, 74, 802-812.
- Maache-Rezzoug Z., Zarguilia, I., Loisel C. ve Doublier J.L., 2010. Study of DIC hydrothermal treatment effect on rheological properties of standard maize (SMS), waxy maize (WMS), wheat (WTS) and potato (PTS) starches, *Journal of Food Engineering*, 99, 452-458.
- Manzocco, L., Calligaris, S., Mastrocola, D., Nicoli, M.C. ve Lericci, C.R., 2001. Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. *Trends in Food Science & Technology*, 11, 340-346.
- Matz, S. A., 1991. *The chemistry and technology of cereals as food and feed* (2nd ed.). AVI Book, Springer, NY, USA , p.26.
- Mendonça, S., Grossmann, M.V.E. ve Verhé, R., 2000. Corn bran as a fibre source in expanded snacks. *LWT - Food Science and Technology*, 33, 2-8.



- Mounir S., Schuck P. ve Allaf, K., 2010. Structure and attribute modifications of spray-dried skim milk powder treated by DIC (instant controlled pressure drop) technology. *Dairy Science and Technology*, 90 (2-3), 301-320.
- Mounir S., Besombes C., Al-Bitar N. ve Allaf K., 2011. Study of instant controlled pressure drop DIC treatment in manufacturing snack and expanded granule powder of apple and onion. *Drying Technology*, 29(3), 331-341.
- Myers, R. ve Montgomery, D.C., 2002. *Response surface methodology: process and products optimization using designed experiments (2nd Ed.)*, Wiley, New York.
- Nouvinaire, A., Louka, N., Rezzoug, S.A. ve Allaf, K., 2001 Drying and texturization of strawberry by controlled instantaneous pressure drop and air drying. *Sciences des Aliments*, 21 (2), 177–192.
- Nouvinaire, A., Lancien, R. ve Maache-Rezzoug, Z., 2008. Influence of hydrothermal treatment on rheological and cooking characteristics of fresh egg pasta. *Journal of Cereal Science*, 47, 283–291.
- Oğuz, A., 2008. Bazı Çerez Gıdaların Antioksidan Kapasiteleri, (Y.Lisans Tezi), Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği ABD.
- Onyango, C., Noetzold, H., Bley, T. ve Henle, T., 2004. Proximate composition and digestibility of fermented and extruded uji from maize–finger millet blend. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 37, 827-832.
- Özkaya, B. ve Özkaya, H., 1998. Einflub der herstellungsbedin gurgun auf der phytin sauregehalt in bulgur. *Getreide Mehl und Brot.*, 52, 182-184.

Özkaya, B., Özkaya, H. ve Köksel, H., 2000. Abbau der phytinsäure in gelockerten und nicht gelockerten türkischen flachbrotten. *Getreide Mehl und Brot.*, 55, 225-227.

Özkaya, B., 2002. Fitik asit ve tahıl ürünlerindeki önemi, Hububat Kongresi Bildiri Kitabı, s: 57-65. Gaziantep-Türkiye.

Özkaya, H., 2004. Buğday kepeğinin defitinizasyonu için uygun yöntemin belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Bilimsel Arastırma Projeleri Sonuç Raporu, Ankara.

Panasiewicz, M., Gorcohowicz J. ve Sobczak, P., 2009. Influence of hydrothermal processes on selected physical properties of oat grain. *Journal of Food Engineering*, 90, 81-89.

Rayas-Duarte, P., Majewska, K. ve Doetkott, C., 1998. Effect of extrusion process parameters on the quality of buckwheat flour mixes. *Cereal Chemistry*, 75, 338-345.

Rezzoug, S.A, Baghdadi, M.W., Louka, N. ve Allaf, K., 1998. Study of a new extractionprocess; controlled instantaneous decompression. Application to the extraction of essential oil from rosemary leaves, *Flavour Fragrance J.* 13 251-258.

Repo-Carrasco-Valencia, R., Pena, J., Kallio, H. ve Salminen, S., 2009. Dietary fiber and other functional components in two varieties of crude and extruded kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Journal of Cereal Science*, 49, 219-224.

Rochova, K., Sovová H., Sobolík ,V. ve Allaf, K., 2008. Impact of seed structure modification on the rate of supercritical CO<sub>2</sub> extraction. *Journal of Supercritical Fluids*, 44(2), 211-218.

- Sayaslan, A. ve Akarçay, E., 2008. Kavru olarak Üretilen Mısır, Bugday ve Nohut Çerezlerinin Beslenme Açısından Önemli Karbonhidrat Fraksiyonlarının Belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Sonuç Raporu, Tokat.
- Segev, A., Badani, H., Galili, L., Hovav, R., Kapulnik, Y., Shomer, I. ve Galili, S., 2011. Total phenolic content and antioxidant activity of chickpea (*Cicer Arietinum* L.) as affected by soaking and cooking conditions, *Food and Nutrition Sciences*, 2, 724-730.
- Setyoprato, P., Fatmawati, A. ve Allaf, K., 2009. Texturing by instant controlled pressure drop (DIC) in the production of cassava flour: impact on dehydration kinetics, product physical properties and microbial decontamination, *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science*, San Francisco-USA, pp: 977-978.
- Shahidi, F., Chavan, U.D., Naczk, M. ve Amarowicz, R., 2001. Nutrient distribution and phenolic antioxidants in air-classified fractions of beach pea (*Lathyrus maritimus* L.), *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 926–933.
- Singleton, V.L., Orthofer, R. ve Lamuela-Raventos, R.M., 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin–Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152-178.
- Sreerama, Y.N., Sashikala, V.B. ve Pratapa, V.M., 2010. Variability in the distribution of phenolic compounds in milled fractions of chickpea and horse gram: Evaluation of their antioxidant properties, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 58 (14), 8322-8330.

- Stute, R., 1992. Hydrothermal modification of starches: the difference between annealing and heat/moisture-treatment. *Starch/ Stärke*, 44 (6), 205-214.
- Thebaudin J.Y., Lefebvre, A.C., Harrington, M. ve Bourgeois, C.M., 1997. Dietary fibers: Nutritional and technological interest, *Trends in Food Science and Technology*, 8, 41-48.
- Uppal V. ve Bains, K., 2012. Effect of germination periods and hydrothermal treatments on in vitro protein and starch digestibility of germinated legumes, *Food Science and Technology*, 49 (2), 184-191.
- Williams, P.C., Nakoul, H. ve Singh, K.B., 1983. Relationship between cooking time and some physical characteristics in chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 34, 5.
- Xie, F., Liu, H., Chen P., Xue, T., Chen, L., Yu, L. ve Corrigan, P., 2006. Starch gelatinization under shearless and shear conditions. *International Journal of Food Engineering*, 2, 1-29 .
- Zarguili, I., Maache-Rezzoug, Z., Loisel, C. ve Doublier, J.L., 2006. Influence of DIC hydrothermal process conditions on the gelatinization properties of standard maize starch. *Journal of Food Engineering*, 77 (3), 454-461.
- Zielinski, H., Kozłowska, H. ve Lewczuk, B., 2001. Bioactive compounds in the cereal grains before and after hydrothermal processing. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2, 159-169.

## Ek-1 Duyusal Test Formu

Cinsiyet : Bayan  Bay

Yaş : .....

Değerli Panelistler,

Size rasgele numaralarla kodlanmış örnekler verilecektir. Size verilen örnekler için her bir karakteristik için örnek numaralarını skalada uygun gördüğünüz yerlere kodlayınız. Her örneği tattığımızda ağzınızı su ile çalkalayınız.

### Tat Testi

1	2	3	4	5	6	7

### Koku Testi

1	2	3	4	5	6	7

### Görünüş Testi

Renk

1	2	3	4	5	6	7

Yapı

1	2	3	4	5	6	7

### Doku Testi

Sertlik

1	2	3	4	5	6	7

Gevreklik

1	2	3	4	5	6	7

Kırılabilirlik

1	2	3	4	5	6	7

## Ek.1 Devam

### Genel kabul edilebilirlik

1	2	3	4	5	6	7

### Duyusal testte kullanılan bazı terimler ve tanımları

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

**Gevreklik:** Isırma sırasında çıkan sesin derecesi

**Kırılabilirlik:** Maddenin ufalanması, yarılması ve dağıtılması için gerekli kuvvet

### Değerlendirme

1-Aşırı kötü, hiç sevmedim

2-Çok kötü, sevmedim

3-Kötü, biraz sevmedim

4-Ne iyi ne kötü, Ne sevdim ne sevmedim

5-İyi, biraz sevdim

6-Çok iyi, sevdim

7-Mükemmel, çok sevdim

## Ek-2. Analiz Sonuçları

% Nem	Basınç	Süre	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	Genleşme İndeksi	Parlaklık (L*)	Kırmızılık (a*)	Sarılık (b*)
20	4	7	1,301	1,285	35,85	13,92	25,78
30	5	1	1,347	1,32	50,09	13,53	38,94
40	5	10	1,404	1,19	32,05	12,23	22,41
20	5	1	1,287	1,401	48,83	14,21	37,66
40	4	7	1,397	1,09	39,63	13,31	28,66
20	5	10	1,34	1,21	27,73	11,29	18,7
30	4	10	1,401	1,19	32,91	11,91	23,24
40	3	7	1,405	1,06	39,3	13,64	30,04
30	5	4	1,385	1,22	39,54	12,88	27,28
40	5	4	1,395	1,15	42,71	13,61	29,72
20	4	1	1,285	1,4	49,38	14,11	38,22
40	4	10	1,411	1,12	35,26	12,09	24,81
20	5	4	1,284	1,397	38,55	13,82	29,32
30	5	7	1,386	1,17	34,11	11,65	22,34
30	4	1	1,357	1,3	50,25	16,01	42,34
20	3	10	1,336	1,13	38,71	13,8	28,69
20	3	4	1,306	1,2	45,34	14,71	36,17
40	5	1	1,402	1,12	48,21	14,4	38,19
30	3	7	1,392	1,1	40,73	13,37	28,22
40	5	7	1,383	1,2	32,9	12,53	23,58
40	4	1	1,402	1,1	52,91	12,97	38,51
20	3	1	1,291	1,35	51,79	14,51	40,52
30	3	10	1,401	1,1	36	13,47	26,95
30	4	4	1,389	1,2	40,18	13,34	28,46
20	5	7	1,304	1,29	33,73	14,07	24,97
20	4	4	1,3	1,27	41,89	14,75	34,04
20	3	7	1,332	1,15	41,47	13,83	32,37
30	3	1	1,363	1,2	51,33	15,46	41,59
40	3	4	1,407	1,05	45,49	15,09	34,3
30	5	10	1,4	1,16	30,36	11,59	20,69
40	4	4	1,405	1,12	43,21	11,3	29,62
40	3	1	1,402	1,1	53	16,01	44,24
30	3	4	1,398	1,05	45,9	13,44	35,99
20	4	10	1,315	1,205	33,57	13,3	23,71
30	4	7	1,387	1,17	37,73	13,92	29,37
40	3	10	1,408	1,09	38,4	12,84	27,57
Ortalama			1,36±0,04	1,19±0,10	41,08±6,99	13,53±1,20	30,76±6,76

**Ek-2. Devam**

Nem (%)	Basınç (bar)	Süre (dak)	Sertlik (gr)	Gevreklik (pik/mm)	Toplam Fenol (mg gallik asit/ gr örnek)	Antioksidan Aktivite% engelleme	Fitik Asit (mg/ gr örnek)
20	4	7	11,12	4,91	2,22	11,5	4,96
30	5	1	17,28	5,66	1,8	5,5	5,25
40	5	10	5,43	9,03	3,26	15	4,15
20	5	1	14,77	5,78	1,8	6,33	5,55
40	4	7	3,33	8,96	2	8,4	4,4
20	5	10	12,2	7,38	2,92	15	3,89
30	4	10	6,19	7,22	2,46	11	3,8
40	3	7	4,63	7,42	1,86	7,8	5,45
30	5	4	9,37	8,51	2,08	9,1	4,78
40	5	4	4,88	9,4	1,98	6	5,1
20	4	1	14,45	4,15	1,82	6,23	5,84
40	4	10	2,37	9,43	2,75	11,6	4,16
20	5	4	12,79	7,54	1,99	10,7	4,71
30	5	7	7,26	8,69	2,55	12,3	4,76
30	4	1	16,04	4,59	1,63	6,7	5,5
20	3	10	12,81	5,63	1,87	9,5	5,21
20	3	4	13,28	5,61	1,76	5,7	5,9
40	5	1	18,37	5,77	1,85	6,4	5,27
30	3	7	7,6	6,94	1,94	10,2	5,42
40	5	7	5,22	9	2,62	11,3	4,2
40	4	1	16,5	5,39	1,68	5,9	4,79
20	3	1	13,62	3,89	1,6	6,6	5,9
30	3	10	9,7	7,03	1,8	7,9	4,97
30	4	4	7,8	7,94	1,85	8	5,05
20	5	7	13	6,11	2,43	13,5	3,86
20	4	4	11,41	5,53	1,8	10,1	4,81
20	3	7	13,02	4,34	1,8	7,8	5,35
30	3	1	17,29	4,69	1,71	5,7	5,7
40	3	4	5,62	8,7	1,79	5,5	5,67
30	5	10	6,81	8,23	2,78	15	3,56
40	4	4	3,1	9,07	1,78	7,3	4,56
40	3	1	18,85	4,37	1,83	5,5	5,9
30	3	4	11,79	7	1,86	7,2	5,5
20	4	10	11,46	5,12	2,31	13,7	4,49
30	4	7	7,72	7,38	2,22	10,8	4,64
40	3	10	4,03	8,04	1,98	10	4,46
Ortalama			10,31±4,77	6,79±1,72	2,07±0,40	9,08±3,00	4,93±0,66



**Ek-2. Devam**

Nem (%)	Basınç (bar)	Süre (dak)	SAİ (gr/gr)	SÇİ (%)
20	4	7	4,12	18,91
30	5	1	4,4	19,51
40	5	10	4,33	21,43
20	5	1	4,45	19,32
40	4	7	4	18,78
20	5	10	5	21,84
30	4	10	4,5	20,71
40	3	7	4,1	17,59
30	5	4	4,55	20,82
40	5	4	3,75	18,51
20	4	1	4,07	17,81
40	4	10	4,2	20,19
20	5	4	4,89	20,68
30	5	7	4,35	22
30	4	1	3,99	17,73
20	3	10	3,96	18,49
20	3	4	3,5	18,06
40	5	1	3,69	17,08
30	3	7	4	18,21
40	5	7	4,1	21,04
40	4	1	3,82	17,01
20	3	1	3,32	17,82
30	3	10	3,76	18,33
30	4	4	4,26	19,22
20	5	7	4,96	20,8
20	4	4	4,04	18,3
20	3	7	3,87	18,1
30	3	1	3,81	17,4
40	3	4	3,9	17,08
30	5	10	4,6	22,09
40	4	4	3,88	18,52
40	3	1	3,59	15,84
30	3	4	4	18,21
20	4	10	4,81	19,22
30	4	7	4,66	19,91
40	3	10	4,36	17,84
Ortalama			4,16±0,41	19,01±1,59

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Tuba EVCİ  
Doğum Tarihi ve Yer : 18.02.1983 İstanbul  
Medeni Hali : Evli  
Yabancı Dili : İngilizce- Arapça  
Telefon : 0505 603 33 03  
e-mail : tuba\_batmaz83@hotmail.com

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Biyoloji	
Lisans	İlahiyat	01.07.2012
Lisans	Gıda Mühendisliği	06.06.2005
Lise	Kadıköy Süper İ.H.L	15.05.2001

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2005-2007	Üsküdar Belediyesi	Gıda Mühendisi
2007	Karaman Ticaret Odası	Eksper
2009-2011	Sabah Eğitim Kurumları	Personel
2013-...	Bilali Habeşi Kursu	Kuran Kursu Öğreticisi ve Yöneticisi

### Yayımlar

1. Evcı, T. ve Yağcı S. 2012. Kontrollü Ani Basınç Farkı Oluşturulması Yöntemi Kullanılarak Nohut Çerezi Üretimi. 10-12 Ekim, 11. Gıda Kongresi, Hatay.