



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**TOZ NOHUT MAYASI KULLANIMININ YÜZEY YANIT METODUYLA
OPTİMİZASYONU VE EKMEK KALİTE NİTELİKLERİ ÜZERİNDEKİ
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yunus COŞKUN

**MAYIS 2017
GÜMÜŞHANE**

**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**TOZ NOHUT MAYASI KULLANIMININ YÜZEY YANIT METODUYLA
OPTİMİZASYONU VE EKMEK KALİTE NİTELİKLERİ ÜZERİNDEKİ
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yunus COŞKUN

**Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
“Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı”
Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih :28/04/2017
Tezin Sözlü Savunma Tarihi :22/05/2017**

MAYIS 2017



KABUL ve ONAY



Yrd. Doç. Dr. Müge HENDEK ERTOP danışmanlığında Yunus COŞKUN tarafından hazırlanan “Toz Nohut Mayası Kullanımının Yüzey Yanıt Metoduyla Optimizasyonu ve Ekmek Kalite Nitelikleri Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması” isimli bu çalışma jürimiz tarafından Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak Oy Birliği ile kabul edilmiştir.

Başkan :

Doç. Dr. Oktay YILDIZ

Üye (Danışman) :

Yrd. Doç. Dr. Müge HENDEK ERTOP

Üye :

Doç. Dr. Ali GÜNDOĞDU

Üye :

Doç. Dr. S. Beyza ÖZTÜRK SARIKAYA

Üye :

Doç. Dr. Bilge BAHAR

ONAY

Bu tez 16/8/17 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Ferkan SİPAHİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu çalışma GUBAP projeleri kapsamında desteklenmiştir.

Proje No: 16.F5115.02.02

TEZ BEYANNAMESİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlamış olduğum "Toz Nohut Mayası Kullanımının Yüzey Yanıt Metoduyla Optimizasyonu ve Ekmek Kalite Nitelikleri Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması" isimli tez çalışmada; bütün bilgi ve belgeleri genel akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğumu, başka kaynaklardan yararlandığım bilgileri metin ve kaynaklarda eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksi durumda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

09.02/2017

Yunus COŞKUN

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TOZ NOHUT MAYASI KULLANIMININ YÜZEY YANIT METODUYLA
OPTİMİZASYONU VE EKMEK KALİTE NİTELİKLERİ ÜZERİNDEKİ
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Yunus COŞKUN

Gümüşhane Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Bölümü

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Müge HENDEK ERTOP

2017, 74 sayfa

Bu çalışmanın amacı nohut mayasını toz formda üretmek, instant aktif kuru maya ile birlikte ekmek formülasyonundaki miktarını optimize etmek, bazı kalite parametrelerini değerlendirerek ekmek üretimindeki kullanım olanaklarını araştırmaktır. Çalışmada instant aktif kuru maya ve toz nohut mayası bağımsız faktörler olarak alınmıştır. Bu bağımsız faktörlerin hacim, kabul edilebilirlik ve gözenek faktörü üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla “Yüzey Yanıt Yöntemi” kullanılmıştır. Optimal sonuç elde edilmiş ve deneysel olarak da doğrulanmıştır. Optimize formüle göre üretilen ekmekle (OEkm), nohut mayasız üretilen kontrol ekmeği (KEkm) bazı kalite parametreleri açısından karşılaştırılmıştır. Optimizasyon sonuçlarına göre instant aktif kuru maya kullanım oranı un ağırlığı üzerinden % 0.63, toz nohut mayası kullanım oranı ise % 10.21 olarak tespit edilmiştir. Ekmeklerin gözenek yapıları imaj analizi ile incelenmiştir. Toz nohut mayası kullanımı ekmekte daha küçük ve homojen gözenek yapısının oluşumuna neden olmuş, daha iyi bir kabuk görünümü elde edilmiştir. Toz nohut mayası kullanımıyla ekmeğin antioksidan aktivitesinin, mineral madde içeriğinin ve fizikokimyasal özelliklerinin de geliştiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Antioksidan aktivite, Ekmek, İmaj analizi, Laktik asit bakterileri, Nohut mayası, Yüzey yanıt metodu



ABSTRACT

MS THESIS

OPTIMIZATION OF DRIED CHICKPEA SOURDOUGH USAGE WITH RESPONCE SURFACE METHODOLOGY AND INVESTIGATION OF EFFECTS ON THE BREAD QUALITY FEATURES

Yunus COŞKUN

Gumushane University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Asst.Prof. Müge HENDEK ERTOP

2017, 74 pages

The aim of this study was to optimize of powder chickpea sourdough and the instant active dry yeast amount in bread formulation and to evaluate of usage possibilities of powder chickpea sourdough in bread production by examining some quality parameters. The amounts of instant active dry yeast and powder chickpea sourdough were determined as independent factors. Response surface methodology was used in order to determine the effects of the variable factors on the product volume, acceptability value and pore factor of the bread. Optimal results were validated as experimentally. The bread produced according to optimized model (OEkm) was compared with control bread (KEkm) produced without chickpea sourdough in terms of some quality parameters. According to optimization results, usage rate were determined as 0.63% for instant active dry yeast and 10.21% for powder chickpea sourdough. The pore structures of bread samples were examined by image analysis. Smaller and more homogeneous pore structures were obtained by usage of powder chickpea sourdough in the bread (OEkm) texture. The improved crust appearance was obtained. Antioxidant activity, mineral content and physicochemical properties were also improved by the use of powder chickpea sourdough.

Key words: Antioxidant activity, Bread, Image analysis, Lactic acid bacteria, Chickpea sourdough, Response surface methodology,



TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Bu tez çalışmasına GUBAP/16.F5115.02.02 No'lu proje ile maddi destek sağlayan Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında bilgi, tecrübe ve önerileri ile yardımlarını esirgemeyen, ders aşamasından tez aşamasına kadar büyük emekleri olan, her anlamda beni yönlendiren ve desteğini esirgemeyen çok değerli danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Müge HENDEK ERTOP'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans Tezimin laboratuvar çalışmaları sırasında yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşım Müberra BEKTAŞ ve ilgilerini hiçbir zaman eksik etmeyen aileme çok teşekkür ederim.

Tez çalışmamın uygulama aşamasında laboratuvar imkânlarından yararlandığım Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümüne teşekkür ederim.

Bu listede son olan, ancak kalbimde her zaman ilk sırada yer alan ve uykusuz gecelerimde her zaman yanımda olan ve benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen eşim Hilal SARIÇAM COŞKUN'a içten teşekkürlerimi sunarım.

Yunus COŞKUN

Gümüşhane, 2017

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	IV
ABSTRACT	VI
TEŞEKKÜR	VIII
İÇİNDEKİLER	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
TABLolar DİZİNİ	XIII
SEMBOLER ve KISALTMALAR.....	XIV
EŞİTLİKLER.....	XV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Çalışmanın Amacı	4
1.3. Önceki Çalışmalar	5
1.3.1. Giriş	5
1.3.2. Ekmek ve Ekmek Teknolojisi	6
1.3.3. Ekşi Hamur Metodu.....	9
1.3.4. Ekşi Hamur Çeşitleri.....	11
1.3.4.1. Tip I.....	11
1.3.4.2. Tip II	11
1.3.4.3. Tip III	11
1.3.5. Ekşi Hamur Kullanımının Ekmek Kalite Özelliklerine Etkileri	12
1.3.6. Nohut ve Nohut Mayası	15
1.3.6.1. Nohut.....	15
1.3.6.2. Nohut Mayası	18

1.3.7.	Yüzey Yanıt Yöntemi (YYY)	22
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR	23
2.1.	Materyal	23
2.2.	Metot	24
2.2.1.	Nohut Mayası Fermentasyonu.....	24
2.2.2.	Nohut Mayalarının Kurutulması.....	25
2.2.3.	Mikrobiyal Sayım	26
2.2.4.	Farinograf Analizi.....	26
2.2.6.	Formül Optimizasyonu	27
2.2.7.	Gözenek Analizi	27
2.2.8.	pH ve Titrasyon Asitliği.....	28
2.2.9.	Renk	28
2.2.10.	Hacim, Ağırlık ve Spesifik Hacim.....	28
2.2.11.	Selüloz Tayini.....	28
2.2.12.	Antioksidan Aktivite	29
2.2.13.	Rutubet Miktarı ve Rutubet Kaybı (RK).....	29
2.2.14.	Mineral Madde İçeriği	30
2.2.15.	Nişasta Retrogradasyonu SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) Görüntüleme ile Mikro Yapının İncelenmesi.....	30
2.2.16.	Küf Gelişimi	30
2.2.17.	Kabul Edilebilirlik	31
2.2.18.	İstatiksel Analizler	32
3.	BULGULAR	33
3.1.	Toz Nohut Mayası Üretimi ve Kurutma Yöntemine Göre Mikrobiyotanın Canlılığı.....	33
3.2.	Optimizasyon Ön Denemeleri ve Değişken Faktör Seviyelerinin Belirlenmesi.....	33

3.3.	Toz Nohut Mayası İlavesiyle Üretilen Ekmeklerde “Hacim”, “Kabul Edilebilirlik” ve “Gözenek Faktörü” Değerlerine Ait Optimizasyon Sonuçları	34
3.4.	Optimizasyon Sonuçlarının Deneysel Doğrulanması	40
3.5.	Optimize Formül ile Elde edilen Ekmek (OEkm) ile Kontrol Ekmeği (KEkm) Arasındaki Fizikokimyasal ve Raf Ömrü Farklılıklarının Belirlenmesi.....	41
3.5.1.	Görüntü Analizi ile Gözenek Yapısının Belirlenmesi	42
3.5.2.	Ekmeklerin Bazı Fizikokimyasal Nitelikleri.....	43
3.5.3.	Ekmeklerin Renk Özellikleri.....	43
3.5.4.	Hacim, Ağırlık ve Spesifik Hacim.....	45
3.5.5.	Antioksidan Aktivite	45
3.5.6.	Mineral Madde İçeriği	46
3.5.7.	Raf Ömrü Nitelikleri.....	47
3.5.7.1.	Rutubet Miktarı ve Rutubet Kaybı (RK).....	47
3.5.7.2.	Nişasta Retrogradasyonunun Mikro Yapının SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) ile İncelenerek Belirlenmesi.....	48
3.5.7.3.	Küf Gelişimi	57
4.	TARTIŞMA	59
5.	SONUÇ ve ÖNERİLER.....	66
6.	KAYNAKLAR.....	68
	ÖZGEÇMİŞ.....	75

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 2.1.	Nohut mayası üretimi	24
Şekil 2.2.	Liyofilizatörde kurutma sırası ve sonrası toz nohut mayası	25
Şekil 2.3.	Etüvde kurutma öncesi ve sonrası toz nohut mayası.....	25
Şekil 3.1.	Deneme desenine göre üretilen 13 ekmek örneği	36
Şekil 3.2.	Instant aktif kuru maya- Toz nohut mayası kullanım oranı parametrelerinin Hacim, KE ve GF değerlerine etkisini gösteren Yüzey Yanıt grafikleri.....	39
Şekil 3.3.	Optimize formül ile üretilen ekmek (OEkm) ve Kontrol ekmeği (KEkm)....	41
Şekil 3.4.	KEkm (a) ve OEkm (b)'ye ait Image Proplus programı ile oluşturulan gözenek yapı görüntüler	43
Şekil 3.5.	Renk ölçümünde kullanılan ekmek görüntüleri	44
Şekil 3.6.	Raf ömrü süresince ekmeklerin rutubet değişimleri.....	47
Şekil 3.7.	0.gün ekmek örneklerine ait (a,b) nişasta granül görüntüleri (600KX).....	49
Şekil 3.8.	Ekmek örneklerinin 0.gün SEM görüntüleri.....	50
Şekil 3.9.	Ekmek örneklerinin (a,b) nişasta çap ölçüm görüntüleri (100KX)	52
Şekil 3.10.	KEkm (a) ve OEkm (b)'nin 0.güne ait SEM görüntüleri	53
Şekil 3.11.	KEkm (a) ve OEkm (b)'nin 3.güne ait SEM görüntüleri	54
Şekil 3.12.	KEkm (a) ve OEkm (b)'nin 5.güne ait SEM görüntüleri	55
Şekil 3.13.	KEkm (a) ve OEkm (b)'nin 8.güne ait SEM görüntüleri	57
Şekil 3.14.	OEkm ve KEkm'de 5. gün gözlemlenen küflenme düzeyi.....	58

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Ekmek ve ekmek çeşitlerinin kimyasal özellikleri.....	9
Tablo 2.1. Çalışmada kullanılan cihazlar	23
Tablo 2.2. Un örneğinin kimyasal ve teknolojik özellikleri (Tedarikçi beyanına göre).....	24
Tablo 2.3. Gözenek Faktörü (GF)’nün hesaplanması	27
Tablo 2.4. Ekmek kalite özellikleri.....	31
Tablo 2.5. Kabul edilebilirlik düzeyi için yanıt formu.....	32
Tablo 3.1. Kurutma öncesi ve sonrası laktik asit bakterisi ve maya sayım sonuçları.....	33
Tablo 3.2. YYY’a göre kullanılan değişkenler ve seviyeleri	34
Tablo 3.3. Ekmeklerin Kabul edilebilirlik sonuçları.....	35
Tablo 3.4. Deneme deseni ile elde edilen Hacim, KE ve GF değerleri	36
Tablo 3.5. Model seçimi ve model uyumsuzluğu test sonuçları.....	37
Tablo 3.6. Model ve faktörlere ait p değerleri	37
Tablo 3.7. “Quadratic fonksiyona” ait varyans analizi (ANOVA) sonuçları.....	38
Tablo 3.8. Optimizasyonu sonucunda “Desirability” fonksiyonu yaklaşımı ile belirlenen çözüm	38
Tablo 3.9. Optimum nokta doğrulama deneme sonuçları	40
Tablo 3.10. Optimum noktada ortalama deneysel değerlerin modelden tahminlenen değerler ile karşılaştırılması.....	41
Tablo 3.11. Ekmeklere ait gözenek analiz sonuçları	42
Tablo 3.12. Ekmeklerin bazı fizikokimyasal nitelikleri.....	43
Tablo 3.13. Ekmeklerin kabuk ve iç renk değerleri.....	44
Tablo 3.14. Ekmeklerin ağırlık, hacim ve spesifik hacim değerleri	45
Tablo 3.15. Ekmeklerin DPPH radikali üzerindeki % inhibisyon değerleri	46
Tablo 3.16. Ekmek örneklerine ait mineral madde içerikleri	46
Tablo 3.17. Ekmek örneklerinin günlere göre % rutubet ve % rutubet kaybı değerleri	47
Tablo 3.18. Ekmek örneklerinin 0.gün SEM görüntülerine ait nişasta granül çapları.....	51
Tablo 3.19. Toz nohut mayası kullanılan ekmeklerdeki küf sayım sonuçları.....	57

SEMBOLER ve KISALTMALAR

<u>Sembol</u>	<u>Anlamı</u>
Al	Alüminyum
B.	<i>Bacillus</i>
C.	<i>Clostridium</i>
Ca	Kalsiyum
CaCO ₃	Kalsiyum Karbonat
°C	Santigrat derece
CCRD	Merkezi Bileşen Deneme Deseni (Central Composite Rotatable Design)
Co	Kobalt
Cu	Bakır
DPPH	2,2-Difenil-1-pikrilhidrazil
Fe	Demir
GF	Gözenek faktörü
H	Hacim
Hg	Civa
HNO ₃	Nitrik Asit
H ₂ O ₂	Hidrojen Peroksit
H ₂ SO ₄	Sülfürik Asit
HPLC	Yüksek performanslı sıvı kromatografisi (High Pressure Liquid Chromatography)
K	Potasyum
KE	Kabul Edilebilirlik
KOH	Potasyum Hidroksit
µL	Mikrolitre
mL	Mililitre
mg	Miligram
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
Na	Sodyum
OEkm	Optimize formülle üretilen ekmek
P	Fosfor
RK	Rutubet Kaybı
S	Kükürt
SFS	Steril Fizyolojik Tuzlu Su
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
TEM (SEM)	Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope)
TTA	Toplam Titrasyon Asitliği
W.H.O.	Dünya Sağlık Örgütü
yy	Yüzyıl
YYY (RSM)	Yüzey Yanıt Yöntemi (Response Surface Methodology)
Zn	Çinko

EŞİTLİKLER

	<u>Sayfa No</u>
(2.1) İnhibisyon Değeri	29
(2.2) Rutubet Kaybı.....	29



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Dünyada gelmiş ve geçmiş tüm uygarlıkların bilinen kültürleri farklı olsa da tarih boyunca tahıl buğday ve ekmek kavramları tüm insanların ortak noktası olmuştur. Ekmek Türk toplumunun geçmişten günümüze en önemli gıdasıdır. Protein ve karbohidrat kaynağı olan ekmek, tahıla dayalı beslenmenin yaygın olduğu ülkemizde beslenme açısından büyük öneme sahiptir. Ülkemiz günlük tüketilen enerjinin % 60'ı tahıllardan, bunun da % 56'lık kısmı tek başına ekmekten karşılanmaktadır. Günlük diyetin önemli bölümünü oluşturan ekmek yalnız ülkemizde değil dünyanın pek çok ülkesinde de en çok üretilen ve tüketilen temel besin kaynağıdır (Kalkışım vd., 2012).

Türk Gıda Kodeksine göre, buğday ununa su, tuz, maya (*Saccharomyces cerevisiae*), gerektiğinde şeker, enzimler, enzim kaynağı olarak malt unu, vitalgluten ve izin verilen katkı maddeleri ilave edilip bu karışımın tekniğine uygun olarak yoğrulması, şekillendirilmesi, fermentasyona bırakılması ve pişirilmesi ile yapılan ürüne ekmek denir. İnsan beslenmesinde birincil öneme sahip ekmeğin, kendine özgü nötr karakterde lezzet ve aromaya sahip oluşu, dolayısıyla diğer gıdalar için iyi bir taşıyıcı özellik göstermesi, pek çok gıdaya göre daha ucuz ve kolay sağlanabilir olması ve aynı zamanda besleyici ve doyurucu olması en önemli özellikleri arasındadır (Özer vd., 2009). 2012 yılında yapılan bir araştırmaya göre ülkemizde kişi başı ekmek tüketimi günlük ortalama 319 g olarak tespit edilmiştir (TMO, 2013). Ayrıca Türkiye, yılda kişi başı 200 kg ekmek tüketimiyle, 2007 yılı Guinness Rekorlar kitabında “en çok ekmek tüketen ülke” olarak yer almıştır.

Geçmiş uzun bir tarihe dayanan ekmeğin yapım yöntemleri de zamana ve kültürlere bağlı olarak değişim göstermiştir. 19. yy.da Hollanda'da buğday kaynaklı maya keşfedilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır. Bu yüzyıldan itibaren modern tekniklerin ortaya çıktığı ve makineleşmenin başladığı görülmektedir. Ülkemizde de dünyadaki bu gelişmelere paralel olarak makineleşmiş işletmelerin sayısının giderek arttığı ve modern teknikler kullanılarak ekmek imalatı yapıldığı bilinmektedir (Kalkışım vd., 2012). Diğer taraftan modern metotlarla kapasite ve işçiliği azalması, ancak fermentasyon süresinin kısaltılmasına yönelik çalışmalar daha çabuk bayatlayan, lezzet ve aroma gelişimini tamamlamamış, kek tipi gözenek yapısına sahip ekmekleri de beraberinde getirmiştir.

Tüketicilerin artık ekmek üretiminde geleneksel metotlara dönmeye başlamasıyla daha geç bayatlayan ekmeklerin üretimi sağlanarak savurganlığın azalmasına katkı sağlanacaktır (Aydın ve Çebi, 2009).

Ekmek genellikle iki farklı mayalama tekniği ile üretilmektedir. Bilinen en eski yöntem olan ekşi hamur yönteminde, un ve su karışımından oluşan hamur kendi haline bırakılır ve doğal florasında bulunan laktik asit bakterileri ve mayaların aktiviteleriyle laktik asit, asetik asit, alkol, CO₂ ve bazı aroma bileşikleri meydana gelerek hamurun kabarması sağlanır (Aydın ve Çetin 2001; Yılmaz, 2002). Diğer yöntem ise *Saccharomyces cerevisiae* ile yani yaş veya aktif kuru formda bulunan standart ekmek mayası ile hamurun mayalanmasıdır (Elgün ve Ertugay, 2011).

Ekmek mayası kültürleri ortamda zamanla gelişebildiği gibi (nohut mayası, ekşi maya vb.), dışarıdan starter kültür ilavesiyle de istenilen kültürler elde edilmektedir (Salovaara, 1998). Bunlardan ekşi hamur mayası un ve su karışımının laktik asit bakterileri ve maya ile fermente edilmesi sonucu elde edilir ve tarihi 5000 yıl önceye dayanır (Randazzo vd., 2005; Vogel vd., 2011). Maya ve bakteriler doğal florayı meydana getirirler. Günümüzde *S.cerevisiae* artan ekmek talebini karşılamasına rağmen ekşi hamurun kullanımının azalmasına sebep olmuştur. Ancak tüketicilerin doğal, raf ömrü uzun ve katkı maddesi içermeyen ekmeklere ilgisi arttığından dolayı ekşi hamur kullanımına olan talep tekrar artmaya başlamıştır (Carnevali vd., 2007). Ekmeğin hacminin ve iç yapısının daha iyi olması, aromasının daha güçlü olması ve ekmek kalitesinin yükseltilmesi açısından ekşi hamurun oldukça önemli işlevleri vardır. Ayrıca bu sayede raf ömrünün uzatılmasıyla ekmek israfının da önüne geçilebilmektedir. Ekşi hamur bu kullanım sebebiyle doğal bir çözüm yolu olabilir (Göçmen, 2001; Kotancılar vd., 2006). Ekmeğin bayatlaması, bozulması, aromasının iyileştirilmesi, hacim ve şekil bakımından iyi olması, *Bacillus subtilis*'in gelişiminin engellenmesi, unun su tutma kapasitesinde artış gibi birçok kalite özellikleri üzerinde ekşi hamurun rolü bulunmaktadır (Crowley vd., 2002; Arendt vd., 2007; Brandt, 2007).

Günlük diyetin başlıca bakliyatlarından olan nohut, yemek yapımında kullanıldığı gibi, ekmek mayası ve şalgam suyu yapımında da kullanılan bir hammaddedir (Sıkılı, 2003; Arab vd., 2010). Nohutun fermente gıdalarda mikroflora için hammadde olarak kullanımı oldukça eskilere dayanmaktadır. Nohutun fermente edilerek, bir tür ekşi hamur hazırlanması ve nohut mayalı ekmek üretimi ise ülkemizde yaygın olarak Ege bölgesi,

Trakya bölgesi ve kısmen de iç Anadolu ve Akdeniz bölgesinin bazı bölgelerinde evlerde gerçekleştirilmektedir (Özer vd.,2009). Nohut mayası kullanılarak üretilen ekmeklerde hem nohut mayası süzöntüsünde hem de nohut mayasında gelişen mikrofloradan dolayı yaş maya ile üretilen ekmeklere göre farklı tat ve aroma maddeleri oluşmaktadır. Nohut mayası ekmeklik hamurun daha yumuşak olmasını ve kolay işlenmesini sağlarken, iç ve dış kabuk rengini, pişirme işlemini ve elde edilen ekmeğin tat ve aroması ile tekstürel özelliklerini olumlu yönde etkilemektedir (Özkaya, 1992).

Nohut mayası, hazır maya bulunmayan dönemlerde ekmek yapımında kullanılan, temel olarak nohut, buğday unu ve suyla elde edilen, kendine özgü aroma ve lezzet veren, bir tür ekşi hamur fermentasyon yöntemidir. Anadolu'nun değişik yörelerinde farklı yapım teknikleriyle evsel kullanımı devam etmekte ancak kademeli fermentasyona dayanan, zaman alan ve yoğun emek verilen bir teknik olması nedeniyle endüstriyel üretime geçirilememiş ve unlu mamüller sektöründe unutulmaya başlanan bir yöntemdir. Son yıllarda tüketici tercihlerinin doğal, sağlıklı gıdalar ve katkı maddeleri yönünde değişmesi, geleneksel ve doğal yöntemlere geri dönüş, tüketicilerin tükettikleri gıdalardan fonksiyonellik beklentisi doğal yöntemlerle üretilen katkıların araştırılması, kullanımı ve tercihini de beraberinde getirmiştir. Bu çalışmayla, yöresel olarak farklı üretim teknikleri ile bilinen, ancak evsel kullanımla sınırlı kalmış nohut mayasının kurutularak toz forma getirilmesi, ekmeğin raf ömrü, kalite ve aynı zamanda biyoaktif niteliklerini arttıracak doğal, evsel ve endüstriyel kullanıma sunulabilecek toz formunun kullanım olanaklarının araştırılması hedeflenmiştir. Böylece tamamen doğal yöntemlerle üretilmiş, kimyasal içeriği olmayan, rutubeti düşük ve kuru formda olduğu için depolanması kolay, ekmekçilik ve unlu mamüller sektöründe hazır olarak kullanılabilecek doğal bir katkı maddesinin oluşturulması sektöre katkı sağlarken yeni araştırmalara da basamak olacaktır.

Bu çalışmada; buğday unu ekmeği üretiminde doğal nohut mayası (tatlı maya)'nın mikrobiyal canlılığını yitirmeden toz forma getirilmesi hedeflenmiş, ekmek formülasyonunda instant aktif kuru maya ile birlikte optimizasyonu yapılarak, ekmek kalite özellikleri üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesiyle kullanım olanakları araştırılmıştır.

1.2. Çalışmanın Amacı

Nohut mayası eskiden kullanılan ve geleneksel olarak da bilinen bir yöntemdir. Nohut mayası geleneksel yapım tekniği itibarıyla kademeli fermentasyona dayanan, zaman alan ve yoğun emek verilen bir yöntemdir. Bu amaçla yapılan ön çalışmalarda nohut mayasının farklı yöntemlerle kurutulabildiği tespit edilmiştir. Ancak bu ürünün ekmek kalitesi üzerindeki etkilerinin kapsamlı olarak araştırılması gereklidir. Geleneksel ancak unutulmaya başlanan bu ürünün hem doğal bir katkı olarak kullanım potansiyelini araştırmak hem de ürüne katkılarını bilimsel düzeyde analiz etmek ve olası olumlu sonuçları ilgili sektörlerle paylaşmak tezin ana amacıdır. Böylece geleneksel bir ürünümüzün temelindeki inovasyon ortaya çıkartılmış, endüstriye aktarılabilir forma dönüştürülmüş olacaktır.

Çalışmanın başlangıç amacı toz nohut mayasının temel besinimiz olan ekmekte kullanım miktarını optimize etmektir. Bu nedenle çalışmada tüketici açısından önemli olan “gözenek faktörü”, “hacim” ve “kabul edilebilirlik” özellikleri üzerinde “instant aktif kuru maya/toz nohut mayası” kullanım miktarı faktörlerinin optimizasyonunun oluşturulması hedeflenmiştir.

Bu yöntemin yöresel olarak ekmeklerde kullanıldığı daha önceden bilinmektedir. Ancak çalışmanın diğer bir amacı kullanıma hazır doğal bir katkı olarak ekmeğin raf ömrüne yansıyan kalite niteliklerine etkisini incelemektir. Ekşi hamur kullanımı ile ekmeğin raf ömrü süresince bayatlama olarak algıladığımız lezzet, tekstürel ve mikrobiyal yöndeki değişimleri de etkilediğinden günlük diyetimizin en önemli parçası olan ekmeğin büyük boyutlara ulaşan israfında kimyasal katkı maddelerinden daha çok geleneksel fermentasyon yöntemlerinin doğal bir çözüm olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle toz nohut mayası kullanımının ekmekte raf ömrü süresince bayatlama nitelikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Günümüz tüketici tercihleri doğal, katkısız, besleyici ve fonksiyonel ürünler yönünde değişmekte, bu da tüketicileri doğal ve geleneksel ürünlere yönlendirmektedir. Çalışmanın diğer bir amacı tüketicilerin günlük diyetinde önemli yere sahip ekmekte toz nohut mayasının besinsel niteliklerini incelemek ve kendilerine bu taleplerini karşılayacak ürün sunmaktır. Tüketicilerin bu beklentilerinin karşılanmasında fermente gıda ürünleri önemli yer tutmaktadır. Zengin vitamin, mineral ve protein içeriği yanında diyet lifi bakımından da çok önemli bir baklagil olan nohutun fermente formunun bu talebi karşılayacağı düşünülmektedir.

1.3. Önceki Çalışmalar

1.3.1. Giriş

Ekmek, insanlık tarihinin akışı ile yakından bağlantılı bir gıda maddesidir. Kazılarda ortaya çıkarılan dünyanın en eski fırınının M.Ö. 4000 yılına ait olması, bu yıllarda Babiller tarafından ekmeğin bilindiğini göstermektedir. Ayrıca ekmeği mayalama yönteminin, M.Ö. 1800 yıllarında pişirilmeden bırakılan bir parça hamurun kendi kendine spontan mayalanması ve bu parçanın ekmek hamuruna katıldığında ekmeğin daha kabarmış ve lezzetli olmasıyla keşfedildiği rivayet edilmektedir. Ekmekçiliğin fermentasyon tekniği ile Akdeniz bölgesinde Mısır ve İsrail’de yayıldığı da bilinmektedir.(Kalkışım vd., 2012)

Ekşi hamurun kullanımı uzun bir geleneğe sahiptir ve ekmek yapımında hala önemli bir rol oynamaktadır. Geleneksel ekşi maya tahıl unu, su ve tuzdan oluşan bir karışımın spontan fermentasyonu ile üretilmekte ve ekmek hamuruna ilave edilmektedir. Günümüzde ekmek yapımında kullanımı yaygınlaşan yaş veya instant formdaki aktif kuru maya ise fermentasyonu sağlayan esas unsurdur. *Saccharomyces cerevisia* olarak bilinen ekmek mayası fermentasyon sırasında hamurda şekerlerden karbondioksit ve alkol meydana getirmektedir. Diğer taraftan ekşi hamur mikrobiyotasında ise mayaların yanı sıra baskın olarak laktik asit bakterileri yer almaktadır. Laktik asit bakterileri ise şekerleri kullanarak karbondioksit ve alkolün yanısıra temel metabolit olarak laktik asit, asetik asit gibi organik asitler ile reoterin, biyoaktif peptitler vb. farklı metabolitlerin oluşumunu da sağlamaktadırlar. Ekmek hamurunun içerisinde amilolitik enzimlerin nişastayı parçalayarak şekerlere dönüştürmesi bakteri ve maya faaliyeti sonucu oluşan diğer metabolitlerin glutenin koloidal yapısını değiştirerek karbondioksit gazını tutmaya uygun hale getirmeside ekmek kalitesi açısından oldukça önemlidir. Ayrıca bu aşamada oluşan organik asitler, aldehytler, alkoller ve ketonlar gibi pek çok bileşiğin ekmek aroma ve lezzetini etkileyerek ekmeğin yeme niteliklerini arttırdığı ve desteklediği de düşünülecek olursa, fermentasyonun ekmek teknolojisinde vazgeçilmez bir işlem olduğu anlaşılır. Ayrıca fermentasyonun diğer bir rolü de, hamurun fiziksel ve tekstürel niteliklerini değiştirmesidir ki böylece glutenin elastikiyeti artmakta ve hamur içerisinde biriken CO₂ gazı basıncına dayanan ve gazı daha iyi tutan bir yapı kazanmaktadır (Katina, 2005).

Mayanın sahip olduğu fonksiyonel yapı içerdiği enzimlerden kaynaklanmaktadır. Bu enzimlerin başlıcaları; sakkarozu parçalayan invertaz enzimi, maltozu parçalayan maltaz enzimi, glikozu ve fruktozu parçalayan zymas enzimidir. Bu enzimler olmaksızın

şekerlerin fermentasyona uğrayarak alkol ve diğer fermentasyon ürünlerinin oluşması mümkün değildir (Elgün ve Ertugay, 2011).

Mayanın fonksiyonları başlıca üç grupta toplanır;

- Mayalama (Leavening) fonksiyonu: Bu fonksiyon fermentasyon sonucu oluşan CO₂ sayesinde gerçekleşir.
- Aroma teşekkülü: Üründe aroma gelişimi fermentasyon sırasında oluşan organik asitler, alkoller, aldehitler, aminoasitler, ketonlar, diğer karbonil bileşikler sayesinde gerçekleştirilebilmektedir. Aromatik bileşiklerin önemli bir kısmı pişme sırasında kabukta cereyan eden karamelizasyon ve Maillard reaksiyonu sonucu ortaya çıkmaktadır.
- Hamurun olgunlaştırılması: Hamur fermentasyonu esnasında fizikokimyasal ve mikrobiyolojik değişimler ortaya çıkar ve hamur kendine has elastikiyet, mayalama yeteneği ve işlenebilirlik kazanmaktadır (Elgün ve Ertugay, 2011).

Ekmegin pişirilmesi sırasında kabuk oluşumu önemli safhadır. Çünkü ekmeğin renk ve aromasından birinci derece de sorumlu olan enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları kabukta meydana gelmektedir. Protein ve aminoasit olmaksızın şekerlerin yüksek sıcaklığın etkisi ile parçalanmasına karamelizasyon denir. Karamelizasyonun görevi fırın ürünlerine istenilen rengi vermek olup, bu esnada meydana gelen reaksiyon ürünleri de ekmek aromasının bir bölümünü oluşturmaktadır. Proteinlerin serbest amino grupları veya aminoasitlerle indirgen şekerler arasında oluşan kahverengileşme olayına maillard reaksiyonu denmektedir. Özellikle farklı aminoasitler farklı koku ve aromaya sahip melanoidinler oluşturur. Pişirilmiş ekmeğin kabuk renginin ve aromasının oluşmasında maillard reaksiyonu önemli rol üstlenmektedir (Elgün ve Ertugay, 2011).

1.3.2. Ekmek ve Ekmek Teknolojisi

Ekmek, ekmeklik buğday ununa içilebilir nitelikte su, tuz, maya (*Saccharomyces cerevisiae*), gerektiğinde “Türk Gıda Kodeksi” yönetmeliğinde izin verilen katkı maddeleri ile şeker, enzim ve benzeri maddeleri içeren ekmek katkı karışımları kullanılarak hazırlanan karışımın, hamurun tekniğine uygun bir şekilde yoğrulup, hazırlanıp fermentasyona bırakılması ve pişirilmesi ile elde edilen üründür (Türk Gıda Kodeksi, 2012).

Tükettiğimiz gıda maddelerinin % 66'sı tahıllardan, bunun da % 56'sı ekmekten oluşmaktadır. Ekmek özellikle Anadolu sofralarının en temel besin maddesi niteliğindedir. Kişi başına ortalama tüketim 400 g'dır ve bu miktar günlük enerji ihtiyacının yaklaşık % 40-44'ünü oluşturmaktadır (W.H.O., 2004). Ekmek üretiminde kullanılan temel hammaddeler; un, su, maya ve tuzdur. Bunlara ek olarak, ekmeğin teknolojik özellikleri üzerinde etkili olabilecek olumsuzlukları gidererek ekmek niteliklerini iyileştirmek amacıyla çeşitli katkı maddeleri de kullanılmaktadır.

Un; buğday, arpa, yulaf vb. tahılların çeşitli yöntemlerle öğütülmesi ile elde edilmiş tozlarına un denir ve yarı işlenmiş bir gıda maddesidir. Ekmeğin karakteristik özelliğinin oluşmasını sağlar ve kalitesini doğrudan etkiler (Lazsisty, 1986; Pylar, 1988). Ülkemizde ekmekçilikte en yaygın olarak buğday unu kullanılır. Buğday ununun içerdiği temel proteinler olan gliadin ve glutenin suda çözündüklerinde farklı özellikler gösterirler. Gliadin vizkos ve yapışkanımı, glutenin de lastiksi özellik göstermektedir (Ergönül, 2007). Gliadin ve glutenin proteinleri, hamurun yoğrulması esnasında özü meydana getirmektedirler (Delcour ve Hosenev, 2010). Buğday unundaki gluten proteinleri hamurun reolojisini, gaz tutma kapasitesini ve ekmek hacmini belirlemektedir (Arendt vd., 2007). Ekmek yapımında kullanılacak olan unun sert buğdaydan elde edilen yüksek oranda gluten ve protein içeren un olması ve yeterli olgunlukta olması istenmektedir. Unun olgunlaştırılması sırasında un proteinleri ve lipid maddeleri arasında oluşan bir takım kimyasal reaksiyonlar sonucunda, hamurun gaz tutma kapasitesi yükselmekte ve ekmeklik kalitesi iyileşmektedir (Coşkun, 2003; Elgün ve Ertugay, 2011). Unda bulunan karbohidratlardan en önemlisi nişasta olup, unun % 65-70'ini oluşturmakta, amilopektin ve amiloz olmak üzere iki farklı fraksiyondan oluşmaktadır. Unun içerdiği diğer karbohidratlar ise pentozanlar ve selüloz ile bazı mono ve oligosakkaritlerdir. Lipitler unda miktar olarak az bulunmalarına rağmen ekmeğin kalitesi ve hacmi yönünden önemli etkiye sahiptirler. Un lipitlerinden polar galaktolipid ve fosfolipidler hacimde yükseltici etki yaparken, monogliserid ve serbest yağ asitleri hacimde düşürücü etki yapmaktadırlar (Özer, 1998).

Ekmek mayası; hamurun içerdiği, basit şekerleri fermentasyona uğratarak, fermentasyon dolayısıyla meydana gelen CO₂ gazı ile hamurun kabarmasını, fermentasyon ürünü diğer maddelerle de hamurun olgunlaşmasını ve aroma oluşumunu sağlayan, tek hücreli mikroorganizmalar olan *Saccharomyces cerevisiae*' dir. Ekmek mayasının kendine

özgü tadı olmalı, içerisinde gözle görülebilen herhangi bir yabancı madde olmamalı, bozuşmuş veya kokuşmuş olmamalıdır (Elgün ve Ertugay, 2011).

Tuz; ekmeğe tat vermesinin yanı sıra, gluteni yumuşatıcı etkisi olan proteazların etkinliğini düşürerek glutenin yumuşamamasını sağlar. Bunun yanı sıra, fermentasyon esnasında mayanın çalışmasını dolayısıyla hamurun olgunlaşmasını ve gaz oluşumunu düzenler. Tuz, ekmekte su aktivitesini düşürerek mikrobiyolojik bozulmayı geciktirir ve küf gelişimini inhibe edici etkisinden dolayı ekmeğin bayatlama süresini uzatır (Elgün ve Ertugay, 2011). Ekmek yapımında kullanılacak tuzun temiz, uygun incelikte, beyaz ve parlak, fermentasyonu etkileyecek iyot ve benzeri mineralleri içermemesi gerekmektedir.

Su: Ekmek üretiminde, toplam hamur kitlesinin hemen hemen % 40'ını su oluşturmaktadır. Bu nedenle su, ekmek yapımında en temel bileşenlerden birisidir. Kullanılan suyun miktar ve bileşimi, hamurun kalitesine doğrudan etkide bulunur. Su, hamurda diğer bileşenlerin iyi karışmasını sağlayan hamura istenilen viskoelastik yapıyı kazandıran, fermentasyonu sağlayan ve son ürün kalitesine etkili olan temel bir bileşendir. Nişastanın ve sakarozun hidrolizi, pişme sırasında nişastanın jelatinizasyonu için de önemlidir. Hamur yapımı sırasında su, tuz, şeker ve çözünür proteinler gibi bileşenleri bir araya getirmekte ve çözünmeyen proteinleri de gluteni oluşturmak üzere hidrate etmektedir. Alkol fermentasyonunun başlaması ve yayılması için gerekli yaş ortamı su sağlar. Suyun, hamurun reolojik özellikleri ve enzim aktivitesi üzerine de önemli etkisi vardır (Ergönül, 2007).

Ekmek üretiminde önemli unsurlardan biri de kullanılan suyun sertliğidir. Suyun sertliği magnezyum ve kalsiyum gibi iyonlarının varlığıyla ilgilidir. Sularda optimum sertlik derecesi 125-250 mg/L CaCO_3 olup en uygunu orta sertlikteki sulardır. Suda bulunan mineraller hem gluteni kuvvetlendirirler, hem de maya için gerekli besin kaynağını sağlar. Bununla birlikte minerallerin yüksek miktarda bulunması da istenmeyen bir durumdur. Sert suların ekmek üzerinde çeşitli etkileri görülmektedir. Yüksek miktardaki mineraller, un glutenini sertleştirerek hamurun elastikiyetini ve işlenebilirliğini olumsuz yönde etkilerler. Sert suyla imal edilen hamurun asitliği de düşük olacağından mayanın normal olarak çalışabilmesi için gereken ortam sağlanamamış dolayısıyla maya aktivitesi de düşmüş ve fermentasyon yavaşlamış olacaktır. Sertleşen hamurda maya için gerekli besin akışı yavaşladığından mayanın hamurdaki aktivitesi de kısıtlanır. Sert suların asitliği düşürücü etkisi enzim faaliyetlerini de kısıtlayacağından, bu durum hamurun olgunlaşması ve fermentasyonunu da olumsuz etkiler.

Ekmeğin tüketiciler ve yasalar açısından da kabul edilebilir niteliklerde olması gereklidir. Ekmeğin duyuşsal nitelikleri; dışından bakıldığında iyi pişmiş ve kabarmış, kendine has görünüşte ve kokuda olmalı, kabuk renk dağılımı olabildiği kadar homojen olmalı, basık ve yanık olmamalıdır. Ekmek kesildiği zaman iç tekstürü süngerimsi yapıda olmalı, gözenekleri mümkün olduğunca homojen görünümde olmalı, büyük hava boşlukları içermemeli, iç dokusu yapışkan ve hamurumsu olmamalı, karışmamış durumda un, tuz, katkı maddeleri veya bunların topakları ve yabancı madde bulunmamalıdır. Ekmek rengi ise beyaz krem ve homojen olmalı, ekmek kendine özgü tada sahip olmalıdır. Ekmekte yabancı tat ve koku hissedilmemelidir. Ekmeğin kimyasal özellikleri ise Tablo 1.1' e uygun olmalıdır (Türk Gıda Kodeksi, 2012).

Tablo 1.1. Ekmek ve ekmek çeşitlerinin kimyasal özellikleri

Ekmek çeşiti	Rutubet (en çok) %	Kül (tuz hariç, en çok kuru maddede) %	Tuz (en çok, kuru maddede) %
Ekmek	38	0.85	1.75
Kepekli ekmek	42	2.5	1.75
Tam tane ekmeği	42	2.3	1.75
Çavdar-buğday ekmeği	42	1.2	1.75
Diğer ekmek çeşitleri	42	2.0	1.75

1.3.3. Ekşi Hamur Metodu

Ekşi hamurun kullanımı uzun bir geleneğe sahiptir ve ekmek yapımında hala önemli rol oynamaktadır. Farklı tahıl unları, su ve tuzdan oluşan bir karışımın spontan fermentasyonu ile elde edilmektedir (Torrieri vd., 2014). Ekşi hamur, laktik asit bakterileri ile fermente edilen un ve su karışımıdır.

Ekşi hamur, içeriğinde çeşitli laktik asit bakterilerini ve bazı mayaları barındıran ve bu mikroorganizmaların canlılığına bağlı olarak yeni hamur yapımında sürekli yenilenebilen ve özelliklerini bu mikrofloranın metabolik aktivitelerinden alan, düşük pH'ya (pH 4) sahip bir hamurdur (Güre, 2009). Başka bir deyişle; buğday unu veya çavdar

unu ile su karışımının maya ve laktik asit bakterileri (LAB) ile fermente edilmesiyle 'ekşi hamur' oluşur (Randazzo vd., 2005).

Ekşi hamurun yapımı en basit haliyle önceki ekmek hamurundan bir parça hamur alınıp saklanması ve bu hamurun unda alet ve ekipmanlarda bulunan LAB ve mayalarla fermente edilmesiyle oluşur. LAB ve mayalar CO₂ üretmesiyle hamur mayalanmaya başlar. M.Ö. 3000 yıllarında Mısır'daki Museviler ekmeğin nasıl yapılacağını öğrenmelerine rağmen Mısır'dan kaçarken fırınlarını yanlarına almadıkları için mayalanmamış gevrekleri yemek mecburiyetinde bulunmuşlardır (Hansen ve Schieberle, 2005).

Tarihsel olarak ekşi hamur buğday ve çavdar ekmeğinin yapımında kullanılmıştır ve önemli bir yere sahiptir. Asidifikasyonla amilaz enzimlerinin inhibe edilmesiyle pişirme sırasında nişastanın parçalanması engellenmiş ve çavdar ekmeğinde kabul edilebilir ekmek hacmi sağlanmıştır (Hansen ve Schieberle, 2005; Brandt, 2007). Ekşi hamurun kullanımı 5000 yıl önceye dayanmakta ve yıllık olarak 3 milyon tondan fazla ürünün üretilmesinde endüstriyel bakımdan hala önem taşımaktadır (Vogel vd., 2011).

Ekşi hamurda maya ve bakteriler birlikte çalışırlar ve doğal florayı meydana getirirler. Ekşi hamur florası üzerine yapılan çalışmalarda 43 tane LAB türü ve 23'den fazla maya türü saptanmıştır. Bakterilerden *Lactobacillus* cinsi, mayalardan da *Saccharomyces* ve *Candida* cinsleri baskındır (Cagno vd., 2007). Ekşi hamur fermentasyonunda laktik asit bakterileri ve mayaların sürdürdükleri simbiyotik bir yaşam neticesinde, heterofermantatif laktik asit bakterileri ve mayalar hamurun kabarmasından sorumlu olurken, laktik asit bakterileri ekmeğin elastikiyetini, asitliğini ve lezzetini etkilemektedir (Sıkılı ve Karapınar, 2002).

20. yy'da ekmek mayasının bulunmasıyla ekşi hamur kullanımı azalmıştır. Bunun nedeni ise ekmek mayasıyla mayalanmanın hızlanmış olmasıdır. Yoğun olarak kullanılan ekşi hamur, ekmek talebinin artmasıyla da yerini *S. cerevisiae*'ya bırakmıştır (Carnevali vd., 2007).

Ancak son yıllarda tüketicilerin koruyucu içermeyen, doğal, fermente olmuş, kendine özgü lezzete sahip ve raf ömrü uzun ekmeklere yönelmesiyle ekşi hamura olan ilgi artmış ve ekşi hamurun ekmek sanayindeki kullanımı artmaya başlamıştır (Carnevali vd., 2007). Ekşi hamurdan yapılan ekmeğin tercih edilme sebebi; hacminin uygun olması, aromasının güçlü olması, ekmek içi yapısının iyi olması ve raf ömrünün uzun olmasıdır. Ekmeğin

kalitesinin yükseltilmesi ve raf ömrünün uzatılmasıyla israfın önüne geçilmesinde ekşi hamurun günümüzde de kullanılması gereklidir (Göçmen, 2001; Kotancılar vd., 2006).

1.3.4. Ekşi Hamur Çeşitleri

Ekşi hamurlar, üretim teknolojisine bağlı olarak 3 grup altında toplanır.

- Tip I ekşi hamuru: Geleneksel ekşi hamur
- Tip II ekşi hamuru: Yarı akışkan özellikteki hamur ekşiticiler
- Tip III ekşi hamuru: Kurutulmuş ekşi hamur

Tip 0 hamuru ise ekşi hamur fermentasyonunun yapılmadığı ve mayalanmayı sağlamak için ekmek mayasının kullanıldığı hamurlardır (Yağmur, 2013).

1.3.4.1. Tip I

Tip I, geleneksel tekniklerle üretilen ekşi hamurdur. Bu teknikte mikroorganizmaları aktif fazda tutmak için sürekli ve günlük olarak tazeleme yapılır. *Lactobacillus sanfranciscensis* bu teknikte baskın mikroorganizmadır (Yağmur, 2013; Chawla ve Nagal, 2015). Tazeleme işleminde bir önceki fermentasyondan alınan bir parça hamur bir sonraki fermentasyon için kullanılır (Yağmur, 2013).

1.3.4.2. Tip II

Tip II ekşi hamur prosesi, Tip I'e göre daha yüksek sıcaklık, daha uzun fermentasyon süresi ve daha yüksek su içeriğiyle karakterize edilir. Tip II hamur büyük hacimlerde üretilbilir ve 1 haftaya kadar depolanabilir. *L. pontis*, *L. panis*, *L. reuteri* ve *L. fermentum* tip II hamurda yaygın olarak bulunur (Chawla ve Nagal, 2015).

Kurutulmuş ekşi hamur üretimi sırasında bazı aroma maddelerinin uçmasından dolayı bu maddeler ekmekte bulunmazlar. Bu bileşikler sıvı ekşi hamur kullanımıyla korunabilir ya da zenginleştirilebilir. Sıvı ekşi hamur ürünlerinde fermentasyon sonrası mikroorganizmaların gaz ve/veya asit üretimini durdurmak için, örneğin tuz ilavesiyle, inaktif hale getirilmesi şarttır (Yağmur, 2013).

1.3.4.3. Tip III

Tip III ekşi hamurları kurutulmuş toz halindeki ekşi hamurlardır. Bu tipteki ekşi hamurlar genellikle ortamı asitlendirici ve aroma arttırıcı olarak kullanılırlar. Kalitesinin

stabil olmasından dolayı endüstriyel fırınlarda çok sık kullanılan ekşi hamur tipidir. *L. plantarum*, *L. brevis* ve *Pediococcus pentosaceus* gibi türler, tip III mayalandırmalardan izole edilmiştir (Yağmur, 2013; Chawla ve Nagal, 2015).

Tip I dışındaki Tip II ve Tip III ekşi hamurlarında mayalanmayı sağlamak için ekmek mayası (*S. cerevisiae*) kullanılması gerekir (Yağmur, 2013).

1.3.5. Ekşi Hamur Kullanımının Ekmek Kalite Özelliklerine Etkileri

Lezzet bileşikleri, ekmekteki tüketici kabulü ve ürün tanımlaması için kilit unsurlardır. Özel ekmeklerin bir kategorisi olan ekşi hamur ekmekleri maya ve laktik asit bakterileri tarafından fermentasyon sonucu belirli lezzet özelliklerine sahiptir. Mayaların birincil rolü gaz oluşumu olmasına rağmen, homo ve heterofermentatif olan laktik asit bakterileri (LAB) önemli lezzet bileşenleri üretmektedirler. Basit tava ekmeğinden özel ürünlere doğru ilerledikçe ekşi hamurların ekmeğe kazandırdığı fonksiyonellik ve önem artmaktadır. Bununla birlikte, ekmekçilik alanında başarılı yeni ürünler geliştirme, karbohidrat metabolizmasındaki varyasyonları, endojen enzimlerin rollerini ve uçucu ve uçucu olmayan aroma bileşiklerini üretmek için mikroorganizmaların etkileşimlerini anlamayı gerektirir. Ekşi hamur metodunun potansiyeli, proses koşullarının spesifikasyonları ve optimizasyonları ile artmaya devam etmektedir (Rehman vd., 2006).

Ekşi hamur teknolojisinin, tahıl ve lif bakımından zengin ürünlerde besinsel kalite ve duyuşal özelliklerin geliştirilmesinde yararlı olduğu kanıtlanmıştır. Ayrıca ekşi hamur kan şekeri seviyesini kontrol eder ve böylece Diyabet Tip-II., kalp rahatsızlıkları, obezite gibi rahatsızlıkların riskini de azaltmaktadır (Chawla ve Nagal, 2015).

Ekşi hamurun spontan fermentasyonu mümkün olduğu gibi starter olarak uygun laktik asit bakterilerinin kullanımıyla da prosesin kontrol altına alınması istenilen tekstürel veya aromatik yapının elde edilmesi de mümkündür. Mortazavi ve Sadaghi (2011) tarafından lavaş ekmeğinde yapılan bir çalışmada ekşi hamur metoduyla üretilen ekmeklerde starter kültür olarak LAB kullanılmıştır. Ayrıca, zaman ve sıcaklık gibi uygun fermentasyon koşullarını seçerek, fermentasyonda uçucu bileşiklerin oluşumunu kontrol etmenin de mümkün olduğu belirtilmiştir. Ekşi hamur kullanımı ekmeğin aromatik yapısını zenginleştirmekte, raf ömrünü uzatmakta ve kalitesini de geliştirmektedir. Bu olumlu etkiler ekşi hamur fermentasyonu sırasında laktik asit bakterilerinin ürettiği laktik, asetik ve propiyonik asit gibi organik asitler, ekso polisakkaritler, enzimler gibi birçok metabolitin

sonucu ortaya çıkmaktadır (Hendek Ertop ve Hayta, 2016). Katina (2005) tarafından yapılan bir çalışmada ekşi hamurun ekmek kalitesi üzerindeki etkisinin asitlik oluşumu, aminoasit oluşumu ve uçucu bileşik oluşumundan kaynaklandığını belirtmiştir. Ekşi hamurda başlıca uçucu bileşikler etanol ve etil asetatdır. Alkoller en çok temsil edilen bileşik sınıfıdır. 3- Metil-1-bütanol, "mayalanmış" lezzet verir, mayanın varlığının belirgin bir işaretidir. Ekşi hamurlarda, lezzet-aktif bileşikler mayalar ve LAB'lar tarafından hem tek tek hem de etkileşimleri yoluyla üretilirler (Ripari vd., 2016). Dolayısıyla son ürün profilini etkileyen metabolitlerin oluşumu mikrobiyotaya, proses koşullarına ve aralarındaki etkileşime de bağlıdır. Ekşi hamurun kuru forma dönüştürülmesi ve etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada ise kurutulmuş ekşi hamur ile üretilen ekmek, daha maltımsı ve tereyağımsı bir karaktere sahipken yeni yapılan ekşi hamurla üretilen ekmeklerin ise daha asidik bir aromaya sahip oldukları belirtilmiştir (Brandt, 2007).

Ekşi hamur kullanımının ekmeğin besinsel ve biyoaktif yapısı üzerinde de etkili olduğu bildirilmektedir. Çünkü mayalanmış ürünler, protein, vitaminler, esansiyel aminoasitler ve yağ asitleri seviyelerini arttırıcı bir etkiye sahiptir (Tangüler, 2014). Hendek Ertop (2014) tarafından yapılan çalışmada kontrol ekmeğinin antioksidan aktivitesi, % inhibisyon olarak % 6.37 olarak bulunurken, ekşi hamur fermentasyonu ile üretilen ekmeğin %11.92, kepekli unla üretilmiş ekşi hamur kullanılan ekmeğin ise %19.51 olarak bulunmuştur. Buna göre ekşi hamur kullanımının ekmeğin antioksidan aktivitesini arttırırken ekşi hamur yapımında kepek kullanımının bu etkinliği daha fazla arttırdığı da belirlenmiştir.

Wolter (2013) tarafından yapılan bir çalışmada *Lactobacillus plantarum* kullanılarak yapılan ekşi hamur ekmeği ile kontrol ekmeği kıyaslanmış, ekşi hamurdan üretilen ekmeğin spesifik hacmi 2.79 ve kontrol ekmeğinin ise 2.62 olduğunu bulmuştur. Yine aynı çalışmada pH değerleri kontrol ekmeğinde 6.0 ve ekşi hamur ekmeğinde ise 5.2 olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca titrasyon asitliğinin kontrol ekmeğinde 3.0 ve ekşi hamur ekmeğinde ise 3.9 olduğu saptanmıştır. Ekşi maya ile yapılan Trabzon Vakfıkebir ekmeğinin Francala ekmeğe göre ekmek içi pH değeri daha düşük bulunmuştur (Kotancılar vd., 2006). Elde edilen bulgular ekşi hamur fermentasyonunun ekmeğin asitliğini ve spesifik hacmini önemli düzeyde arttırdığını, kazanılan asidik yapının tekstürel nitelikleri de etkilediğini ortaya koymaktadır. Ekşi hamurda kullanılan starter kültür ve yapılan işleme göre pH değeri 3.5-4.3 arasında değişir. Üretilen ekmekte ise ekşi hamurun kullanım

oranına göre değiştiği bildirilmiştir (Arendt vd., 2007). Ekşi hamur ile üretilen ekmeklerde arzu edilen optimal aromatik, duyuusal ve yapısal kalitenin pH 4.0-5.5 arasında elde edilebileceği bildirilmektedir (Rehman vd., 2006). Ekşi hamur kullanılarak üretilen ekmeğin dokusunun, hacminin, lezzetinin ve raf ömrünün arttığı saptanmıştır. Ancak asitliği yüksek ekşi hamurlarda glutenin parçalanması sonucu gaz tutma kapasitesinin azalacağı için hacmin de azalabileceği belirtilmiştir. Bu nedenle hacimli bir ekmek için hem ekşi hamurun hem de ekmek hamurunun kontrol altında tutulması gerekmektedir (Katina vd., 2006). Kotancılar vd., (2006) tarafından yapılan bir çalışmada, üretilen ekşi hamur katkılı beyaz tava ekmeklerinde 10-15 saat fermentasyon süresi %20-30 ekşi hamur katkısının ekmek içi yumuşaklık bakımından daha kaliteli ürünler verdiği saptanmıştır. Ayrıca fermentasyon süresi ve ekşi hamur artıkça; ekmek içi yumuşaklığında artış, hamur ve ekmek içi pH değerinde azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Ekşi hamur kullanılarak yapılan ekmeklerde hamur asitliğinin artması koloidal yapısını daha uygun hale getirmektedir. Asitliğin artışı pH'yı hamur proteinlerinin izoelektrik noktasına yaklaştırmakta, böylece proteinlerde ilave aktif gruplar meydana gelmektedir. Bu gruplar pişirme sırasında şekerle reaksiyona girerek ekmek tat ve aromasını oluşturmalarının yanı sıra protein ve ekmek için nem miktarını artırarak bayatlamayı geciktirici etki de yapmaktadır (Akgün, 2007).

Starter kültür olarak LAB eklenerek elde edilen ekşi hamur ilavesinin ekmeklerin hacmine ve ufalanmasına olumlu etki yaptığı, ayrıca nem analizi sonuçlarına göre nem kaybını azalttığı belirtilmiştir (Torrieri vd., 2014). Dekstran reten LAB suşu kullanılarak üretilen ekşi hamur ekmeklerinin ise tazeliğinin, kırıntı yapısınınve yumuşaklığının geliştirildiği bildirilmiştir (Lacaze vd., 2007). Ancak ekşi hamur ile üretilen ekmeklerde karbondioksit miktarı kullanılan starter kültür ve ekmek üretim teknolojisine göre de đeiřim göstermektedir (Arendt vd., 2007).

Ekşi hamur fermentasyon proses koşullarının ekmek nitelikleri üzerindeki etkilerinin araştırıldığı farklı çalışmalar da mevcuttur. Buğday ekmeğinin yapısını ve aromasını geliştirmek amacıyla optimum ekşi hamur işlem koşullarını belirlemek için yapılan bir çalışmada, fermentasyon sıcaklığının (16-32 C), kl içeriğinin (0.6-1.8 g/100 g) ve fermentasyon süresinin ekmeğin duyuusal özelliklerini etkileyen asıl faktörler olduğu belirtilmiştir (Katina vd., 2006). Proses koşulları ve aromatik yapı arasındaki ilişkinin incelendiği başka bir çalışmada ise gaz kromatografisinden elde edilen sonuçlar, 28 C fermentasyon sıcaklığında ve 16 saatlik fermentasyon sresinde üretilen ekşi mayanın

ekmek kabuğunda kızarmış aroma oluşumunda en güçlü etkiye sahip olduğunu göstermiştir (Mortazavi ve Sadaghi, 2011).

Ekmek bayatlaması aromatik, tekstürel ve mikrobiyolojik bir dizi değişiklik ile açıklanmaya çalışılmaktadır. Bayatlamamanın oranını belirlemede tat, aroma, sertlik, opaklık, kırılabilirlik, nişasta kristallik, emme kapasitesi, alfa amilaz ve çözünabilir nişasta içeriği gibi birtakım özellikler kullanılır. Nişasta, ekmeğin ana bileşenidir ve onun jelatinleşmesi ekmek pişirme sırasında büyük değişiklikler meydana getirir. Pişirme sırasında şişen ve kısmi olarak çözünen nişasta granülleri ekmeğin temel yapısını oluşturur. Ekmeğin soğutulması ve depolanması üzerine, jelatinizasyon ve kristalleştirme de dahil olmak üzere nişasta fraksiyonundaki bir dizi değişikliğe yol açar. Bu dönüşüme nişastanın retrogradasyonu denir ve ekmeğin bayatlamasından sorumlu olduğu düşünülür. Nişasta amiloz ve amilopektinden oluşur ve her iki bileşen de ekmeğin işlenmesinde farklı roller oynamaktadır. Amilozun doğrudan retrograde olduğu düşünülürken, amilopektin 5 gün boyunca sürekli bir şekilde retrogradlaşır (Arendt vd., 2007). Ekşi hamur fermentasyonunun ekmeğin bayatlama süreciyle de ilgili olduğu belirtilmektedir. Ekmeğin bayatlamasından nişasta retrogradasyonu sorumlu olup, amilopektin kristalizasyonu önemlidir (Özuğur ve Hayta, 2011). Nişasta molekülleri LAB tarafından üretilen enzimlerden etkilenebilir, dolayısıyla nişastanın retrogradasyon özelliklerinde bir değişikliğe neden olur. Bu da bayatlamasının oranını yavaşlatır. Bu yüzden fermentasyonda etkin olan mikroflora ve asidifikasyon derecesi ekşi hamurda bayatlamayı yavaşlatıcı etkisinin olduğunu ifade etmiştir (Arendt vd., 2007).

Ekşi hamur da LAB sayısı 1×10^9 ile 3×10^9 arasında ve maya sayısı ise 1×10^6 ile 5×10^7 arasında olduğunu belirtilmiştir (Arendt vd., 2007). Ekşi hamur kullanımıyla ekmek yapısında kadar taşınan doğal asidik profil ekmeğin raf ömrü süresince mikrobiyolojik olarak da daha stabil kalmasını sağlamaktadır. Yapılan bir çalışmada buğday ekmeğinin raf ömrünü artırmak ve fungal gelişimi önlemek için etkili miktarlarda doğal olarak propiyonik asit üreten optimum bir laktik asit ve propiyonik asit bakteri karışım kültürü geliştirilmiştir (Yakar, 2010).

1.3.6. Nohut ve Nohut Mayası

1.3.6.1. Nohut

Nohut (*Cicer arietinum* L.) yemek kültürümüzün önemli bakliyatlarından birisi olup beslenme piramidinde en fazla tüketilmesi tavsiye edilen gıda grubu içerisinde yer almaktadır. Zengin

mineral, vitamin ve protein içeriği yanında diyet lifi bakımından da çok önemli bir besindir. Yetiştirme koşulları ve çeşide bağlı olarak değişmekle birlikte, nohudun bileşiminde % 38–73 karbohidrat, % 16–31 protein, % 2–10 kül, % 2–9 selüloz ve % 1.5–6 lipid vardır. Nohut kalsiyum, fosfor, magnezyum, potasyum, vitamin-A ve özellikle çocuk beslenmesinde gerekli olan histidin aminoasidi açısından son derece zengindir (Azkan, 1999). Diğer baklagillerden daha yüksek oranda kalsiyum ve demir içerir. Nohut yüksek oranda protein ve elzem aminoasitlerden lizin içermektedir (Aydoğan vd., 2011; Evci, 2013). Bu nedenle önemli bir besin maddesidir.

Nohut (*Cicer arietinum* L.), binlerce yıldan bu yana tarımı yapılan bitkilerden biri olup, Türkiye'nin güney doğu bölgesi anavatanı olarak gösterilmektedir. Bu bölgede yaklaşık 7000-7500 yıl önce nohut yetiştirildiği kaydedilmektedir. Nohut, dünyada tüm yemeklik baklagiller arasında % 18.7 ekim alanına ve % 15.1 üretim miktarına sahiptir. Yemeklik tane baklagiller içerisinde 11556744 hektarlık ekim alanı ile dünyada ikinci önemli yere sahip olan nohut, dünya üzerinde yaklaşık 33 ülkede yetiştirilmektedir (Evci, 2013). 2002 yılı verilerine göre dünya nohut üretiminin yaklaşık % 80-85'ini Hindistan, Pakistan, Türkiye ve İran tarafından karşılanmaktadır. Ülkemiz nohudun hem üreticisi hem de ihracatçısı konumundadır (Aydoğan vd, 2011; Evci, 2013). Türkiye'de nohut üretimi 2002 yılında 580000 ton üretilmektedir ve ülkemizde yaygın nohut yetişen şehirler sırasıyla Konya, Uşak, Diyarbakır, Kütahya'dır (Encan vd., 2005). Nohut ıslatılıp pişirilmek için doğrudan yemek yapımında kullanıldığı gibi, ekmek mayası ve şalgam suyu hazırlamada da kullanılmaktadır. Fakat bazı yörelerimizde (özellikle Güney ve Doğu bölgelerimizde) kavrulup öğütülerek kahve benzeri bir içecek olarak ta tüketilmektedir. Orta Asya, Orta Doğu ve Afrika ülkelerinde nohuttan birçok fermente ürünler üretildiği bilinmektedir. Özellikle Hindistan'da, nohuttan yapılan dhokla, dosa ve idli olarak adlandırılan kızartma ve meze türündeki yiyecekler yaygın olarak tüketilmektedir (Sıkılı, 2003).

Nohut ununun eklenerek üretilen ekmeklerin genel kabul edilebilirlik değerleri arasında fark görülmemekle birlikte, kullanım oranına paralel olarak dış kabuk renklerinde artış, iç yapı renginde ise düşüş tespit edilmiştir (Hallab vd., 1974). Kimyasal analizler ise lizin içeriğinde net bir artış meydana geldiğini göstermiştir. Nohut unuyla takviye edilmiş ekmeklerin organoleptik değerlerinin %20 kullanım oranına kadar kontrol örneklerinininkiyle benzer olduğu belirtilmiştir. Yousef vd., (1976) nohut unu ile

zenginleştirilmiş (% 15'e kadar) ekmek hamurlarının reolojileri ile duyuusal nitelikleri de içeren ekmek kalite niteliklerinin geliştiğini belirtmiştir.

Başka bir araştırmada % 74 ve % 79 randımanlı buğday unları, % 5, % 10 ve % 15 nohut unuyla karışım yapılmış, nohut unu ilavesiyle karışımların protein, lif, kül ve yağ içerikleri artmış, % 15 ikame de dahi kalitede herhangi bir olumsuzluk görülmemiştir. Ayrıca karışımlardaki maltoz içeriğinin, alveograf-W değerinin ve yapılan ekmeklerin spesifik hacimlerinin arttığı tespit edilmiştir (Figuerola vd., 1987). Bhatia ve Khetarpaul (2001) yaptıkları çalışmada "Doli ki Roti" ekmeğinde nohut kullanmışlar, 35 °C ve 40 °C gibi farklı sıcaklıklarda gerçekleştirilen fermentasyonlarda, fitik asit ve tripsin inhibitörü gibi antinutrientlerin (beslenme-biyoyararlanım karşıtı) sırasıyla % 5 ve % 18 ile % 49 ve % 70 azaldığını belirlemişlerdir. Geliştirilen yeni ürünler ise duyuusal açıdan kabul edilebilir düzeyde bulunmuştur. Gomez vd., (2008) yaptıkları çalışmada kek yapımında buğday ununa ikame olarak nohut unu katmışlar ve üretmiş oldukları keklerin renginde değişimler olduğunu tespit etmişlerdir. Buğday ununa nohut unu eklenerek üretilen ekmeklerle yapılan bir başka çalışmada ise buğday ununa nohut unu eklenerek üretilen ekmeklerdeki protein ve kül miktarlarının arttığı gözlemlenmiştir. Nohut unu eklenen ekmeklerde nohut unu oranı arttıkça protein içeriğinin arttığını ve kül oranının yükseldiği bulunmuştur (Bojnanska vd., 2012). Mohammed vd., (2012) tarafından yapılan bir çalışmada buğday ununa nohut unu % 10, % 20 ve % 30 oranında eklenmiş ve nohut unu seviyesi arttıkça kolorimetre ile yapılan ölçümlerde kabuk renginin giderek koyulaştığı görülmüştür. Ayrıca nohut unu ikame edilmesinin bir sonucu olarak daha kırmızı ve daha fazla sarı kabuk rengi elde edildiğini görülmüştür. Hamurda nohut unu bulunması hacim, iç yapı ve doku bakımından ekmek kalitesini etkilemiştir. Rizzello vd., (2014) tarafından yapılan bir başka çalışmada buğday ununa % 15 oranında nohut, mercimek ve fasulye unu eklenmiş ve renk, lezzet ve aroma gibi çeşitli özelliklerin iyileştirme olduğunu belirtilmiştir. Buğday ununa nohut unu eklemenin, duyuusal bir değerlendirmede kullanılan miktara bağlı olarak, renk, doku, lezzet ve aromada etkisinin olduğu bulunmuştur (Bojnanska vd., 2012). Tangüler (2014) tarafından nohut ekmeğinde yapılan bir çalışmada karbohidrat miktarı % 47.45, % 35 nem, % 1.75 kül ve % 13.60 protein içeriği tespit edilmiştir. Aguilar vd., (2015) yaptıkları çalışmada ekmek formülasyonuna nohut unu ve kaplan fıstığı unu ekleyerek ürettikleri ekmeklerin daha koyu renkli olduğunu görmüşlerdir. Çelebi (2015) yaptığı bir çalışmada buğday ununa %10 ve % 20 oranlarında nohut unun eklemenin kül, protein, ham lif değerlerinin arttığını tespit etmiştir. Nohut unu

ilavesinin artmasıyla ekmekteki kabukların daha kalın olduğunu, ekmeklerin daha sarımsı (koyu) renk aldığını saptamıştır. Ayrıca nohut unu kullanılan ekmeklerin daha aromatik olduğunu bulmuştur. Zafar vd., (2015) tarafından yapılan bir çalışmada ise beyaz ekmek, tam tahıl ekmeği, % 25 ve % 35 nohut unu eklenerek üretilen ekmeklerin tekstürel özellikleri karşılaştırılmıştır. Spesifik hacimleri beyaz ekmeğin 2.59 tam tahıl ekmeğinin 2.20 (cc/g), % 25 nohut unu eklenen ekmeğin 1.87 (cc/g) ve % 35 nohut unu eklenen ekmeğin ise 1.56 (cc/g) olarak bulunmuştur. Renk, doku, lezzet ve ağızda bıraktığı his gibi parametrelerde, % 35 nohut unu eklenen ekmek hariç, tam tahıllı ve % 25 nohut unu eklenen ekmeklerde önemli farklılıklar olmadığı saptanmıştır.

1.3.6.2. Nohut Mayası

Orta Asya, Orta Doğu ve Afrika ülkelerinde nohuttan çeşitli fermente ürünler üretildiği bilinmektedir. Özellikle Hindistan'da, nohuttan yapılan *dhokla*, *dosa* ve *idli* olarak bilinen kızartma ve meze türündeki yiyecekler yaygın olarak tüketilmektedir (Baykara, 2006). Tatlı maya olarak da bilinen nohut mayası ve bundan yapılan ekmek çeşitleri ülkemizde yaygın olarak Ege bölgesi, Trakya bölgesi ve kısmen de iç Anadolu ve Akdeniz bölgesinin bazı kesimlerinde evlerde üretilmektedir. Ege bölgesinin bazı illerinde ticari olarak nohut mayasından ekmek, peksimet ve simit üretimi yapılmaktadır (Özer vd., 2009). Ayrıca bu ekmek Yunanistan ve Makedonya' da da yapılmakta ve "nohut ekmeği" olarak bilinmekte olup daha çok "eftazymo" (bir şeyin kendi kendine fermente etmesi) olarak adlandırılmaktadır (Hatzikamari vd., 2007).

Genellikle Akdeniz bölgesinde yapılan nohut mayasının yapılışında yöresel farklılıklar olabilmektedir. Nohut mayası; tuz, kaynamış su ve nohut'un 37-40 °C'de 16-18 saat fermentasyona tabi tutulması ve elde edilen karışımın filtrasyonu ile elde edilen bir süzüntüdür. Tatlı nohut mayası hamuru ise fermente olmuş süzüntünün, buğday unu ve tuz ile karıştırılıp başlangıçtaki hacme ulaşması ile elde edilen mayalı hamur olarak tanımlanmaktadır. Bu karışımdan elde edilen ekmek nohut ekmeği veya tatlı mayalı ekmek olarak adlandırılmaktadır. Tatlı maya olarak bilinen nohut mayası çok hassas bir mayadır ve tutturulması biraz güçtür. Sadece nohut kırıkları, un, tuz ve suyla hazırlandığından mayanın tutması biraz uzun sürmektedir (Erginkaya vd., 2016).

Özkaya (1992) tarafından yapılan bir çalışmada, nohut, su (sıcak su) ve tuz karışımı sıcak ortamda (ort. 35 °C) bir gün bekletildikten sonra elde edilen nohut süzüntüsüne yaklaşık 0.9 kg un ilave edilip 4 saat sıcak ortamda (yaklaşık 35 °C) fermentasyona

bırakılmıştır. Elde edilen ön maya 5 kg un, 2.5 L su ile yenilenip 4 saat sıcak ortamda (ort 35 °C) fermentasyona bırakılmıştır. Bu süre sonunda, 18 kg un, 9 L su ile son yenileme yapılarak 12 saat sıcak ortamda (24-25 °C) tutularak maya oluşumu tamamlanmıştır.

Ekmek yapımında kullanılan nohut mayası hamurun yumuşak olmasını ve kolay işlenmesini sağlarken, iç ve dış kabuk rengini, pişirme işlemini ve elde edilen ekmeğin tat ve aroması ile tekstürel özelliklerini olumlu yönde etkilemektedir. Nohut mayası kullanılarak elde edilen ekmeklerde hem nohut mayası süzöntüsünde hem de nohut mayasında gelişen mikrofloradan dolayı yaş maya ile yapılan ekmeklere göre farklı tat ve aroma maddeleri oluşmaktadır (Özkaya, 1992).

Nohut mayası ile yapılan ekmeklerde karbonil bileşiklerden propionaldehit, n-bütiraldehit, etilbütilketon uçucu organik asitlerden de asetik asit, propionik asit, ivalerik asit, krotonik asit gibi aroma maddeleri oluşmaktadır. Söz konusu bu aroma maddelerinin konsantrasyonları, gerek ekşi maya gerekse ticari (yaş-pres) maya ile hazırlanan ekmeklerden daha yüksek olup nohut ekmeğinin karakteristik tat ve aromasını kazanmasında etkili olmaktadır (Sıkılı, 2003). Hamur proteinlerinin mikrobiyal faaliyetler sonucunda proteolizi sırasında ortaya çıkan aminoasitler fırında pişme sırasında meydana gelen Maillard Reaksiyonunu (Esmerleşme reaksiyonu) arttırmakta ve böylece daha güzel renkte ekmek kabuğu oluşmaktadır (Elgün ve Ertugay, 2011).

Ülkemizde ekmek yapımında kullanılan nohut mayası, geleneksel bir ürün olup evlerde ve küçük fırınlarda hazırlanmaktadır. Ekmek fermentasyonu sırasında farklı organizmaların ürettikleri lezzet bileşenlerinin ekmekteki lezzetin oluşmasında etkisinin olduğu saptanmıştır. Bunun nedeni de, oluşan lezzet maddelerinin uçucu olmasına ve pişme sırasında kaybolmalarına bağlanmaktadır. Ayrıca, ekmek kabuğu oluşumu sırasında meydana gelen diğer lezzet bileşenlerine mikrobiyal faaliyetin dolaylı yoldan etkisinin olduğu saptanmıştır. Ekmek üretiminde nohudun eklenmesinin yararından bir tanesi de hamurun reolojik özelliklerini ve ayrıca üretilen ekmeğin özelliklerini iyileştirmesidir (Mohammed vd., 2012). Nohut proteinleri ekmek hacmini iyileştiren iyi emülsifiye edici özelliklere sahiptir (Aguilar vd., 2015).

Baykara (2006) tarafından yapılan bir çalışmada ticari pres mayası, nohut mayası (% 100) ve pres maya (% 0.5) + nohut mayası ile yapılan ekmekler karşılaştırılmıştır. Pres mayası kullanılarak üretilen ekmeğin pH'sı 5.45, pres maya (% 0.5) + nohut mayası ile yapılan ekmeklerin pH'sı 4.18 ve nohut mayası (%100) ile kullanılarak üretilen ekmeğin ise 4.00 pH'ya sahip olduğu bulunmuştur. Nohut mayasının kullanılan ekmeklerin daha

yoğun içyapı ve sert/kalın kabuğa sahip olduğunu; ayrıca nohut mayası kullanılan ekmeklerin daha parlak ve koyu kabuk rengine ve ekmek içi rengin ise hafif sarımsı olduğunu tespit edilmiştir.

Narlıoğlu (2011) tarafından yapılan bir çalışmada ticari maya, nohut mayası (% 100) ve ticari maya + nohut mayası ile yapılan poğaçalar karşılaştırılmıştır. Nohut mayası kullanımı artıkça pH değerinin düştüğünü ve nohut mayalı (% 100) poğaçanın daha sert yapıya sahip olduğunu bulmuştur. Nohut Mayalı poğaçalarda mat, koyu renkli bir kabuk yapısı olduğunu gözlemlemiştir. Nohut mayalı (% 100) poğaçanın depolama sırasında nem değerindeki kayıp diğer poğaçalara göre daha azdır. Ayrıca ticari maya+nohut mayası kullanılarak üretilen poğaçanın karakteristik bir tada sahip olması ve ağızda dağılması açısından yapılan duyuşal değerlendirmede daha fazla beğenildiğini tespit edilmiştir.

Fitik asit, tahıl, baklagil ve yağlı tohumlarda fosforun ana depo formudur. Tanedeki toplam fosforun % 50-80'nini oluşturur. Fitat, fitik asidin potasyum, magnezyum ve kalsiyum tuzların karışımıdır. Fitat tohum çimlenmesi için fosfor ve enerji kaynağı olarak görev yapmaktadır (Hendek Ertop ve Hayta, 2016). Fitik asit, doğrudan veya dolaylı olarak minerallerin bağlanması, çözünürlüğünü, işlevselliğini, sindirilebilirliğini ve emilimini değiştirerek biyoyararlanmasını etkileyen bir antinutrient olarak kabul edilir (Magala vd., 2015). Tahıllarda bulunan fitatlar fitaz enziminin insan vücudunda bulunmaması nedeniyle sindirim sisteminde parçalanmamaktadır (Yakar, 2010). Bu yüzden yüksek negatif yüklerden dolayı, fitik asitler protein ve minerallerle kompleks oluşturabilir ve protein çözünürlüğünde ve minerallerin bulunabilirliğini azaltabilir (Osman ve Gasseem, 2013). Fitatlar, fermentasyon sırasında maya ve buğday unu yapısında doğal olarak bulunan fitaz enzimi ile hidrolize edilmektedir (Yazar, 2010). Bu nedenle fermentasyon işlemi fitik asit içeriğini de önemli ölçüde düşürdüğü çeşitli kaynaklarda bildirilmiştir (Osman ve Gasseem, 2013). Laktik asit bakterilerini kullanarak tahıl bazlı ürünlerin fermentasyonunun belirgin fitik asit bozunumuna yol açtığını teyit etmektedir. Fitik asit bozunumunun bir sonucu olarak, fermentasyon süresi ile Ca ve Mg konsantrasyonunda artış meydana geldiği bu sebeple, laktik asit bakterileri kullanarak yapılan fermentasyon ile tahıllardan fitik asidin yok edilmesi için uygun bir yöntem olduğunu belirtilmiştir (Magala vd., 2015).

Ekmeğin tazeliği tüketici kabulündeki en önemli faktörlerden biridir. Üretim teknolojisindeki değişiklikler ve hamurun içine yeni katkı maddeleri eklenmesi, pişirme ürünlerinin kalitesinin geliştirilmesiyle bağlantılıdır. Ancak ekmeğin besin değerini de etkileyebilir. Diyet lifi (inulin, yulaf lifi) ve ekşi hamur gibi bazı maddelerin eklenmesiyle

reçetenin modifikasyonu, nihai ürünün besin değeri (bazı minerallerin glisemik indeksi, protein kalitesi ve biyoyararlanımı) etkilenebilir (Kopec vd., 2011). Ekşi hamur fermentasyon yöntemlerine dayanan nohut mayasının da ekmeğin biyoaktif ve besinsel niteliklerini olumlu yönde etkilediği düşünülmektedir.

Nohut mayası mikrobiyotası üzerine yapılan çalışmalar farklı laktik asit bakteri türlerinin tespit edildiğini göstermiştir. Yapılan çalışmalarda, farklı yörelerden alınan nohut mayası süzöntüsü ve nohut mayası hamurlarında farklı mikrofloralar tespit edilmiştir (Sıkılı, 2003). Nohut mayasının farklı yörelerde değişik yöntemlerle hazırlanması ve nohut mayası ile ilgili bir standardizasyonun olmaması sebebiyle nohut mayasının mikroflorası ile ilgili bir araştırmada; nohut mayası süzöntüsünde *Enterococcus mundit*, *Enterococcus gallinorum*, *Lactobacillus bifermantans*, *Streptococcus thermophilus*, *Enterococcus casseliflavus*, *Sacchaomyces cerevisiae*, nohut mayası hamurunda ise *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus pentosus*, *Lactobacillus sanfrancisco*, *Enterococcus mundtii*, *Enterococcus gallinarum*, *Pediococcus urinae-equi*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus viridencens*, *Streptococcus thermophilus* gibi çeşitli mikroorganizmalar belirlenmiştir (Sıkılı, 2003). Hatzikamari vd., (2007) yaptıkları bir çalışmada nohut fermentasyonu sırasında *Bacillus* ve *Clostridium* türlerinin bir takım enzimatik ve kimyasal olayları meydana getirdiğini ve fermentasyonun ilk 8-12 saatlerinde *Bacillus* türleri daha sonra da 18 saate kadar olan kısmında ise *Clostridium* türleri gelişim gösterdiğini belirtilmiştir. Ayrıca fermentasyon sırasında gelişen *B. cereus* ve *C. perfringens*'in toksin oluşturmadığı ve düzgün pişmiş ekmek tüketildiğinde tüketiminden sonra herhangi bir sağlık tehlikesi taşımadığı belirtmiştir. Nohut mayası üzerine yapılan bir çalışmada da nohut mayasında baskın mikroorganizma olarak *Clostridium* ve *Bacillus* türlerinin bulunduğu ve ortamdaki gaz oluşumunun fermentasyon sonucunda bütirik asit ve karbondioksit gazının oluşmasından kaynaklandığı bildirilmiştir (Özer vd., 2009; Erginkaya vd., 2016). Nohut mayası üzerine yapılan başka bir çalışmada ise fermente nohut mayasının kötü kokusu pişirme işleminin ardından güzel ekmek kokusunu aldığı belirtmiştir (Erginkaya vd., 2016). Çebi (2009) tarafından yapılan bir çalışmada ise nohut mayası ve nohut mayası hamurunda baskın türün *Lactococcus lactis* ssp *lactis* olduğu saptanmış ve bu bakterinin Nisin ürettiği için nohut mayası hamuru ile hazırlanan ekmeklerin raf ömürlerinin uzun olabileceği, laktik asit bakterileri antimikrobiyal maddeler ürettiğinden dolayı tüketici sağlığı açısından doğal, sağlıklı, kaliteli ve yararlı gıdalar üretmenin mümkün olabileceği belirtilmiştir. Ayrıca fermentasyon sırasında nohut

mayası ve nohut mayası hamurunda Laktik asit bakterilerinin pH'yı düşürdüğü de gözlemlenmiştir.

1.3.7. Yüzey Yanıt Yöntemi (YYY)

YYY, sistemin yanıtını etkileyen çok sayıda değişkeni bir arada ve eşzamanlı olarak inceleyen, bu sayede, prosesin işlem parametrelerindeki değişime verdiği yanıtı en az sayıda deneme yaparak en iyi şekilde tanımlayabilen bir yöntemdir. 1951 yılında Box ve Wilson tarafından geliştirilmiş ve “Denemelerin Optimum Koşullara Ulaşması” olarak tanımlanmıştır. İlk olarak kimya endüstrisine uygulandığı bilinmekte, son yıllarda ise mühendislik, biyoteknoloji ve gıda endüstrisi gibi çeşitli dallarda da uygulanmaya başlanmıştır. Ürün ve proses tasarımı, tanımlanmasında, geliştirilmesinde ve optimizasyonunda, belirsizlik analizlerinde, kalitenin iyileştirilmesinde sıkça kullanılan bir metottur. YYY, gıda bilimi ve teknolojisi alanında yaygın olarak kullanılmaya başlanmış fırında pişirme, kurutma, fırında kavurma, pastörizasyon, ekstrüzyon, ekstraksiyon ve biyoteknolojik işlemler, fermentasyon ve enzim üretimi gibi çeşitli alanlarda, proses koşullarının ve formülasyonların bileşen optimizasyonunda pek çok araştırmacı tarafından başarılı bir şekilde kullanılmıştır (Eren ve Kaymak-Ertekin 2007; Gao vd., 2007; Mundra vd., 2007).

Deneme dizaynının oluşturulması, uygun modelin seçimi ve geliştirilmesi, modelin istatistiksel olarak doğrulanması ve optimizasyon, yöntemin başlıca kısımlarını oluşturmaktadır. Buna göre yöntem genel olarak 3 aşamadan meydana gelmektedir. Başlangıçta yapılan eleme denemeleri, daha az sayıda ve daha verimli esas deneme yapılmasına olanak sağlamaktadır. Genellikle faktörlerin minimum ve maksimum seviyeleri bu aşamada belirlenir. İkinci aşamada, eleme denemeleri ile belirlenen bağımsız değişkenlerin sistemin yanıtında oluşturdukları değerlerin, optimum noktaya yakın sonuçlar verip vermediği belirlenir. Üçüncü aşama, işlem optimum noktaya yaklaşıldığında başlamaktadır. Gerçek yanıt fonksiyonu optimum nokta etrafında önemli bir eğrilik göstermektedir ve bu eğriliğin tahmin edilmesinde genellikle ikinci dereceden polinomiyal modeller, üstel modeller, doğrusal olmayan modeller veya eksponensiyel modeller kullanılır. Uygun bir model elde edilmesinin ardından, bu model optimum noktanın araştırılmasında kullanılır (Koç ve Kaymak-Ertekin, 2009)

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

Ekmeklerin yapımında, tip 650 buğday unu, tuzu ve instant aktif kuru maya kullanılmıştır (Tablo 2.1). Buğday unu “Cesur Un” (Trabzon) Darıca Un Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti’den, diğer materyaller yerel bir marketten temin edilmiştir. Ekmek yapımında kabartıcı olarak aynı partiye ait instant aktif kuru maya kullanılmıştır. Nohut, Çorum ilinden yemeklik nohut cinsi (Koçbaş) olarak alınmış, analizlerde kullanılacak kimyasallar Merck (Almanya), DPPH• radikali Sigma (Almanya)’dan temin edilmiştir.

Tablo 2. 1 Çalışmada kullanılan cihazlar

Cihaz	Marka	Ülke
Renk Ölçüm Cihazı	Konica-Minolta, CR400	Japonya
Etüv	Nüve	Türkiye
İnkübatör	Jsr	Kore
Santrifüj Cihazı	Hettich-320	Almanya
Manyetik Karıştırıcı	Heidolph	Almanya
Vorteks Karıştırıcı	Heidolph	Almanya
Spektrofotometre	Optizen	Kore
Hassas Terazı	Ohaus, DV314C	İsviçre
Homojenizatör (ultra-turaks)	IKA, T25	Almanya
pH metre	Heidolph	Almanya
Fırın	Arçelik	Türkiye
Ekmek Yapma Makinası	Arçelik	Türkiye
Kül Fırını	Nüve	Türkiye
Sedimentasyon Cihazı	Yücebaş Makine	Türkiye

Tablo 2. 2 Un örneğinin kimyasal ve teknolojik özellikleri (Tedarikçi beyanına göre)

Rutubet (%)	Kül (%)	Protein (Nx5.7,%)	Sedimentasyon* (ml)	Yaş gluten (%)	Kuru gluten (%)	İndeks değeri (%)	Su abs. (%)
14.4	0.62	11.3	43	29.5	10	86	59.2

* %14 rutubet esasına göre

2.2. Metot

2.2.1. Nohut Mayası Fermentasyonu

Doğu Karadeniz Bölgesinde de kullanılan geleneksel yöntem, yani spontan fermentasyon yöntemi laboratuvarında kontrollü koşullar altında (steril ortamda karıştırma, 26 °C’de inkübatörde üretim) gerçekleştirilmiş, kademeli fermentasyon yöntemi uygulanmıştır. 100 g nohut, ılık su ile ıslatılarak yaklaşık 26 °C’de 20 saat bekletildikten sonra öğütülmüş ve yaş kırma elde edilmiştir. 2 g tuz, 10 g şeker, 50 g un ve 220 g ılık su ilave edilerek 12 saat 26 °C’de bekletildikten sonra oluşan son ürünün süzöntüsü alınarak (pH 4.5, 245 g) üzerine 140 g daha un ilâve edilmiş ve 6 saat fermentasyona bırakılmıştır. Üretim sonunda nohut mayalarının pH’ları ölçülmüş ve 4-4.5 aralığına kadar fermentasyona devam edilmiştir (Şekil 2.1).



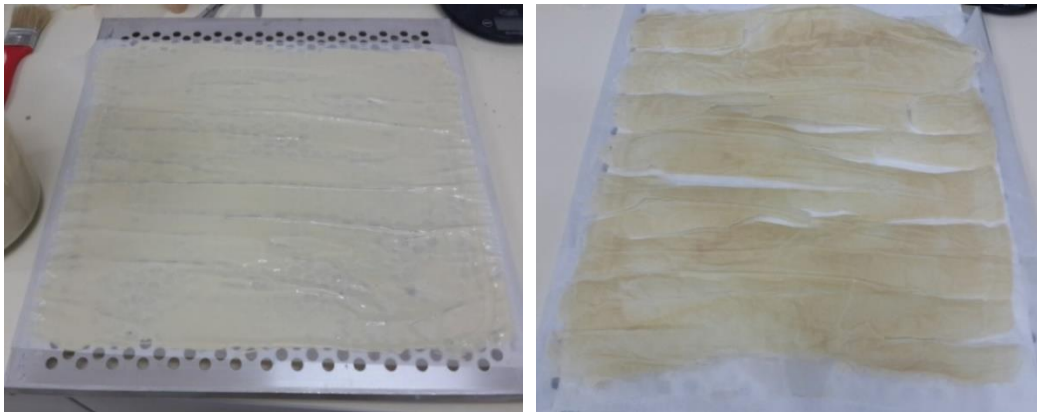
Şekil 2.1. Nohut mayası üretimi

2.2.2. Nohut Mayalarının Kurutulması

Nohut mayasının kurutulması için ön denemeler Liyofilizatörde ve Etüvde gerçekleştirilmiş ve kurutulabildikleri belirlenmiştir. Liyofilizatör kabinlerine ince tabaka halinde yerleştirilen nohut mayası $-68\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de vakum altında (0.001 mm Hg) dondurarak kurutma işlemine tabi tutulmuş, proses süresince alınan numunelerin rutubetleri kontrol edilerek % 4-5 rutubet içeriğine ulaştıklarında prosese son verilmiştir (Şekil 2.2). Plaka halinde kurutulan ürün, öğütücüden geçirilerek toz forma getirilmiştir. Etüv de kurutma için $35\pm0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklık aralığı uygulanmıştır. Ekşi maya, etüv raflarına pişirme kâğıdı serilerek, ince plakalar halinde yerleştirilmiştir. Belirli peryotlarla numune alınarak nem içeriği kontrol edilmiş, % 4-5 rutubet içeriğine erişildiği noktada prosese son verilmiştir. Kuruyan parçalar öğütücüden geçirilerek toz haline getirilmiştir (Şekil 2.3).



Şekil 2.2. Liyofilizatörde kurutma sırası ve sonrası toz nohut mayası



Şekil 2.3. Etüvde kurutma öncesi ve sonrası toz nohut mayası

2.2.3. Mikrobiyal Sayım

Üretilen nohut mayalarında hamura katılmadan önce LAB ve maya sayımı yapılmıştır. Ekşi hamurlar katıldıkları ortamda hâkim florayı oluşturmak zorunda olduklarından, ürüne katılmadan önce min 10^6 kob/g sayısına ulaşmış olmaları gerekmektedir. Bu nedenle LAB sayımı yapılmıştır. Ekşi hamur mikrobiyotasının $100/1=\text{Laktik asit bakterisi/Maya oranına}$ sahip olduğu bilindiğinden içerikte maya sayımı da gerçekleştirilmiştir.

LAB sayımı için 10 g örnek 90 mL steril fizyolojik tuzlu suda (SFS) homojenize edilmiş, bu şekilde hazırlanan 10^{-1} 'lik seyreltiden 1'er mL 9 mL'lik SFS'lere aktararak diğer seyreltmeler yapılmıştır. Uygun dilüsyonlardan 1 mL örnek, önceden otoklavlanarak sterilize edildi ve 45-50 °C'ye kadar soğutulmuş ve steril petri kutularına dökülmüş MRS Agar besiyeri üzerine, aseptik şartlar altında 0.1'er mL yüzeye yayma yöntemiyle ekim yapılmıştır. Petri kutuları anaerobik kavanoza yerleştirilerek Anaerocult C ile oluşturulan anaerobik koşullarda 36 °C'de 2 gün süreyle inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda petri kutularındaki koloniler sayılmıştır (Gürgün ve Halkman, 1990). Aynı dilüsyonlar maya-sayımı için de kullanılmış ve aerobik ortamda inkübasyon gerçekleştirilmiştir.

2.2.4. Farinograf Analizi

300 g un örneği tartılmış ve büretten su verilerek unun hamur halini almasıyla kurvenin 500 Farinograf Unit çizgisini ortalayınca kadar su verilmiştir. Böylece otomatik büretten unun su kaldırma kapasitesi % olarak tespit edilmiştir (Elgün vd., 2012).

2.2.5. Ekmek Üretimi

Hammadde olarak özel amaçlı buğday un, su, tuz, instant aktif kuru maya ve nohut mayası kullanılmıştır. Ekmek pişirme denemeleri direkt hamur metodu ile yapılmıştır (Elgün ve Ertugay, 2000). Denemelerde ekmek makinesi kullanıldığından dolayı bu metodu temsil edecek program ayarlanmıştır. Farinograf analizi ile tespit edilen su (un miktarı üzerinden, %), daha sonra tuz (kuru madde üzerinden % 1.5), maya, un ve nohut mayası yoğurucu haznesine ilave edilmiştir. Ön karıştırma, yoğurma, 40 dak ana fermentasyon, havalandırma, 25 dak fermentasyon, şekil verme, 50 dak son fermentasyon ve 180 °C'de pişirme aşamaları uygulanmıştır.

2.2.6. Formül Optimizasyonu

Ekmekte kullanılacak instant aktif kuru maya oranı ile nohut mayası değişken faktörler olarak belirlenmiştir. Bu faktörlerin ürün hacmi (H) ve kabul edilebilirlik (KE) düzeyi üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla Response Surface Methodology (RSM)-Yüzey Yanıt Metoduna (YYM) bağlı olarak Central Composite Rotatable Design (CCRD)-Merkezi Bileşen Deneme Desenine göre hazırlanan deneme deseni kullanılmıştır. CCRD, Design Expert 7.0.0 paket programı kullanılarak oluşturulmuştur.

2.2.7. Gözenek Analizi

Bu çalışmada örneklerin gözenek analizi için “Image Pro Plus 6.0 programı kullanılarak gözenek görüntüleri incelenmiş, birim alandaki gözenek sayısı tespit edilmiştir. Gözenek alanlarının oransal dağılımı belirlenmiştir.

Bunun için, numuneden 10 mm kalınlığında düzgün kesit alınıp, yatay tarayıcıda uygun çözünürlükte ve gri tonlama ayarında görüntü elde edilmiştir. Bu görüntü Image ProPlus 6.0 programına aktararak, uygun filtreleme ve kontrast ayarları yapılmıştır. Elde edilen görüntüde gözenekler siyah bölge, taban alanı ise beyaz bölge olarak algılanmaktadır. Her bir alanın toplam alandaki oransal yüzdeleri, gözeneklerin alanları ve sayıları program ile hesaplanmıştır. Bu yöntemle elde edilen gözenek alanları ve sayıları Microsoft Excell programı ile sınıflandırılarak değerlendirilmiştir (Bianchia vd., 2008).

Tablo 2.3. Gözenek faktörü (GF)’nün hesaplanması

Gözenek sınıfları	Gözenek sayısı (GS)	Sınıf katsayısı (SK)	GSxSK
Sınıf 1 = 0.05–0.49 mm ²	445	1	445
Sınıf 2 = 0.50–0.99 mm ²	139	0.8	111.2
Sınıf 3 = 1.00–4.99 mm ²	178	0.6	106.8
Sınıf 4 = 5.00–9.99 mm ²	17	0.4	6.8
Sınıf 4 = 10.00–49.99 mm ²	10	0.2	2
Sınıf 5 = >50 mm ²	0	0	0
Toplam	789		671.8

2.2.8. pH ve Titrasyon Asitliği

Nohut mayası üretiminde, maya fermentasyonunun takibi için pH ölçümleri yapılmalıdır. Bunun için pH metre elektrodu hamura batırılarak ölçüm yapılmıştır.

Nihai ürünlerdeki titrasyon asitliği tayini için 10 g örnek erlen içine tartılarak, üzerine 100 mL saf su ilave edilmiş ve homojen bir karışım elde edilinceye kadar karıştırılmıştır. Üzerine etil alkolde %3'lük hazırlanmış fenolftalein indikatöründen 3-4 damla damlatılarak 0.1 N NaOH ile açık kırmızı/pembe renk 1 dak sabit kalıncaya kadar ve pH 8.6 limit olarak kabul edilerek titre edilmiştir. Titrasyon sonucunda sarfedilen 0.1 N NaOH miktarı belirlenerek % titrasyon asitliği laktik asit cinsinden hesaplanmıştır (Elgün vd., 2012).

2.2.9. Renk

Örneklerin kabuk ve iç renk yoğunluğu kolorimetrik olarak belirlenmiştir. Bu renk ölçüm cihazı üç boyutlu renk ölçümünü esas almakta olup, Y eksenindeki L^* (lightness); 0=siyahtan, 100=beyaza kadar olan örneğin açıklık-koyuluk, X eksenindeki a^* ; yeşil (-a), kırmızı (+a), Z eksenindeki b^* ; sarı(+b), mavi (-b) renk boyutunu göstermektedir. Örneklerden keskin bir bıçakla 25 mm kalınlığında 4 dilim kesilip, L^* , a^* ve b^* değerleri numune içinden ve dış kabuğunda belirlenmiş ve her ölçüm 3 defa tekrarlanmıştır (Elgün vd., 2012).

2.2.10. Hacim, Ağırlık ve Spesifik Hacim

Piştirme sonrası 1 saat oda koşullarında soğutulan örneklerin önce ağırlıkları, daha sonra kolza tohumuyla yer değiştirme esasına dayalı yöntem kullanılarak hacimleri belirlenmiştir (AACC, 2001).

2.2.11. Selüloz Tayini

1 g numune 150 ml % 1.25 H_2SO_4 ile 30 dk kaynatılmış ve süzölmüştür. Sıcak su ile yıkanarak tekrar süzme yapılmıştır. 150 ml %1.25 KOH ile 30 dk kaynatılmış ve tekrar süzölmüştür. Sıcak su ile tekrar yıkama yapılmış ardından aseton ile yıkanmıştır. 130 °C'de 2 saat etüvde kurutulmuş ve tartım yapılarak 550 °C'de kül fırınında 2 saat sabit tartıma gelinceye kadar yakılarak aralarındaki farktan selüloz hesaplanmıştır.

2.2.12. Antioksidan Aktivite

Ekstraksiyon amacıyla beher içerisine 5 g numune tartılarak üzerine 50 mL % 80'lik metanol solüsyonu ilave edilmiş ve ağzı film ile kapatılarak beher 2 saat 37 °C'de manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Örnekler 10000 rpm'de 15 dak santrüfjlenmiş ve supernatant kısımları alınarak filtre kâğıdından süzölmüş ve antioksidatif aktivite tayininde kullanılmak üzere cam şişelere alınmıştır. Antioksidan aktivite, serbest radikallerin giderilmesine dayanan DPPH metodu kullanılarak, elde edilen ekstrakt ile yapılmıştır.

Ekstrakt içerisindeki fenolik bileşiklerin DPPH· radikali üzerindeki giderici etkisini tespit etmek amacıyla, 1000 µL ekstrakt, 600 µL DPPH· çözeltisi (0.00197 g DPPH· radikali 50 mL %80'lik alkol de çözölerek hazırlanmış) ile 4400 µL % 80'lik metanolden oluşan karışım 15 s vortekste karıştırılıp ve 30 dk oda sıcaklığında bekletilmiştir. Süre sonunda UV-VIS spektrofotometrede 517 nm'de absorbansları okutuldu ve % inhibisyon değerleri aşağıdaki formöl ile tespit edilmiştir (Karamac vd., 2002);

$$\% \text{ inhibisyon değeri} = [1 - (A_S/A_0)] \times 100 \quad (2.1)$$

A_S : Örnek ekstraktına ait absorbans değeri

A_0 : Şahit DPPH çözeltisinin absorbans değeri

2.2.13. Rutubet Miktarı ve Rutubet Kaybı (RK)

Örnekler piştikten 3 saat sonra ölçüm yapmak amacıyla numunenin kabuk, kabuğa yakın bölgelerinden ve orta merkezinden 5 g tartılarak önceden 130 °C'de kurutularak darası alınan kaplara konulmuştur. Etövde 105 °C'de 8 saat kurutulduktan sonra, kurumadan önceki ve sonraki değerler kullanılarak nem miktarı hesaplanmıştır. Rutubet kaybı, numunenin başlangıç ağırlığının yüzdesi olarak ağırlık kaybı olarak belirlenmiştir.

Raf ömrü süresince ekmek örneklerindeki zamana bağılı rutubet kaybını tespit etmek amacıyla RK hesaplanmıştır. Bu amaçla RK aşağıdaki formöle göre hesaplanmıştır (İlk güne göre bağılı rutubet kaybı);

$$RK = \frac{(R_0 - R_{3,5,8})}{R_0} \times 100 \quad (2.2)$$

2.2.14. Mineral Madde İçeriği

Milestone cihazında (MLS 1200) numuneler yakılmıştır. Mikrodalga kaplarına, homojenize edilmiş numuneden 0.5 g alınmış, üzerine 9 mL 10 M HNO₃ ve 3 mL 10 M HCl eklenmiştir. Yakma işlemine ait iki aşamalı sıcaklık programı şu şekildedir. İlk aşamada, 15 dakikada mikrodalga cihazının sıcaklığı 110 °C'ye çıkmıştır. İkinci aşamada, 110 °C'lik sıcaklıkta 15 dakika beklenmiştir (Saltan ve Seçilmiş Canbay, 2015). Daha sonra ekmeklerde mineral içeriğinin tespiti indüksiyon birleştirilmiş plazma kütle spektroskopisinde (Agilent 7700 ICP-MS) gerçekleştirilmiştir.

2.2.15. Nişasta Retrogradasyonu SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) Görüntüleme ile Mikro Yapının İncelenmesi

Raf ömrü olarak belirlenen 8 günlük süreçte aynı ortam koşullarında bekletilen ürünlerden pişme sonrası, 0, 3, 5, ve 8. günlerde örnek alınarak taramalı elektron mikroskobunda (SEM) incelenmiştir. Aseton içerisinde dehidre edilen örnekler yine aseton içerisinde Polaran E3100 Critical Point Dryer cihazı ile kiritik noktada kurutulmuştur. Kurutulan örnekler çift taraflı bant yardımıyla numune tutucu üzerine yapıştırıldıktan sonra SC 7620 mini Sputter Coater cihazı yardımıyla yaklaşık 135 Angstrom Au/Pd ile kaplanmış (cihaz kaplama hızı 3 Å/s), kaplanan örnekler SEM ile incelenmiştir. Raf ömrü süresince örneklerin nişasta ve protein matriksindeki değişim ve retrogradasyon durumları incelenmiş ve görüntüler Image Proplus yazılım programı ile yorumlanmıştır.

2.2.16. Küf Gelişimi

Raf ömrü olarak belirlenen 8 günlük süreçte aynı ortam koşullarında bekletilen ekmeklerden fırınlama sonrası, 0, 3, 5, ve 8. günlerde alınan örneklerde küf gelişimi olup olmadığı mikrobiyolojik olarak tespit edilmiştir. Yöntem olarak Dal Bello et al.'nın kullandıkları metot modifiye edilerek uygulanmıştır (Dal Bello vd., 2007). Ekmekler fırılandıktan sonra steril bir bıçakla 20 mm kalınlığında dilimlere ayrılmıştır. Dilimler buzdolabı poşeti içerisinde ağızları kapatılmamış ve hava alacak şekilde oda koşullarında ve aynı ortamda 8 gün bekletilmiştir. 0, 3, 5 ve 8. günlerde ekmek dilimlerinden 10 g alınarak 90 mL steril FTS içerisinde homojenize edilmiş, homojenizattan 1 g alınarak 9 mL FTS içerisinde çözündürülerek farklı konsantrasyonda dilüsyonları hazırlanmıştır. Küf sayımı için kullanılacak besiyerlerinde refakatçi mikroorganizmaların gelişmemesi için besiyerinin asitlendirilmesi veya antibiyotik kullanılması tavsiye edilmektedir (Gürgün ve

Halkman, 1990). Bu nedenle hazırlanan dilüsyonlar, içeriğinde kloramfenikol bulunan Yeast ekstrakt Glucose Chloramphenicol agara yayma yöntemi ile ekim yapılmıştır. Hazırlanan besiyerleri 25- 28 °C’de aerobik inkübasyona bırakılmıştır.

2.2.17. Kabul Edilebilirlik

Ekmek kabul edilebilirlik değerinin belirlenmesinde ekmeğin iç ve dış özellikleri bir arada değerlendirilmiştir. Bu özellikler ve ekmeğin ideal kalitede kabul edilebilmesi için olması gereken nitelikler Tablo 2.4’te verilmiştir (Özkaya, 1998).

Tablo 2.4. Ekmek kalite özellikleri

Dış özellikler	Ekmeğin kabuk rengi	Her tarafı aynı renkte olmalı, açık, koyulu, benekli olmamalıdır
	Şekilde simetrisi	Düzgün ve simetrik olmalı, basıklık ve çökme olmamalı
	Pişme düzgünlüğü	Tüm yüzeyler düzgün ve eşit kızarmış olmalı
	Kabuk özellikleri	İnce ve kolay parçalanabilir olmalı
İç özellikler	Gözenek yapısı	Küçük, ince, homojen olmalı
	İç rengi	Kendine özgü ve uniform renkte olmalı
	Aroma ve tat	Kendine özgü olmalı, aşırı ekşi, mayalanmış, yavan veya yabancı tat ve kokuya sahip olmamalı
	Çiğneme özellikleri	Hamurumsu ve yapışkan olmamalı
	Yapı	Hamurumsu, ıslak, çok kuru, ufalanan yapıda olmamalı, yumuşak ve kadifemsi olmalı

Tablo 2.4’te verilen özellikleri göz önünde bulundurarak panelistlerden ekmek kabul edilebilirliğini değerlendirmeleri istenmiştir. Bu amaçla Tablo 2.5’te verilen yanıt formu kullanılmıştır (Altuğ ve Elmacı, 2005).

Tablo 2.5. Kabul edilebilirlik düzeyi için yanıt formu

DIŞ ÖZELLİKLER		EN YÜKSEK PUAN	VERİLEN PUAN
RENK VE GÖRÜNÜŞ	ÜST RENK	10	
	ALT RENK	10	
	ÜST ŞEKİL	10	
	ALT ŞEKİL	10	
İÇ ÖZELLİKLER	İÇ RENK	10	
	İÇ TEKSTÜR	10	
DUYUSAL ÖZELLİK	TAT	10	
	KOKU	10	
	ELASTİKİYET	10	
	GENEL YEME HİSSİ	10	
TOPLAM		100	

2.2.18. İstatiksel Analizler

Formül Optimizasyonu Yüzey Yanıt Yöntemine bağlı olarak CCRD Design-Expert 7.0 programı kullanılarak oluşturulmuştur. Elde edilen veriler SPSS-17.0.1 istatistik programı ile değerlendirilmiş, ANOVA ve *t*-testi ile sonuçlar kıyaslanmıştır ($p<0.05$). Ayrıca grafiklerin elde edilmesinde Design-Expert 7.0 programı ve Image ProPlus 6.0 programları kullanılmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Toz Nohut Mayası Üretimi ve Kurutma Yöntemine Göre Mikrobiyotanın Canlılığı

Nohut mayasının kurutulması için ön denemeler liyofilizatörde ve etüvde gerçekleştirilmiştir. Kurutulan mayalar toz forma getirilmek üzere öğütücüden geçirilerek toz forma getirilmiştir. İki farklı yöntemle kurutulan toz mayaların hangisinde Laktik asit bakterileri ve maya açısından mikroflora canlılığının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu amaçla mikrobiyal sayım yapılmış, en yüksek canlılığı sağlayan kurutma yöntemi tercih edilerek çalışmaya bu yöntemle devam edilmesi amaçlanmıştır.

Tablo 3.1. Kurutma öncesi ve sonrası laktik asit bakterisi ve maya sayım sonuçları

		Laktik asit bakterisi (kob/g)	Maya (kob/g)
Yaş nohut mayası		3×10^9	2×10^5
Toz nohut mayası	Liyofilizatör	2.9×10^7	1.2×10^1
	Etüv	1.8×10^8	2×10^1

3.2. Optimizasyon Ön Denemeleri ve Değişken Faktör Seviyelerinin Belirlenmesi

“Instant aktif kuru maya kullanım oranı” ve “Toz Nohut mayası kullanım oranı” olmak üzere 2 bağımsız değişken (faktör) ve merkezi bileşen deneme desenine göre 5 merkez nokta belirlenmiştir. Yapılan ön çalışmalar ve literatür bilgileri ile faktör seviyeleri tespit edilmiştir. Instant aktif kuru maya kullanım oranı ve toz nohut mayası oranları un ağırlığı esas alınarak kullanılmıştır.

Programın önerdiği deneme desenine göre 13 ekmek örneği üretilerek, ekmeklerde Hacim, Kabul Edilebilirlik ve Gözenek Faktörü açısından elde edilen sonuçlar Merkezi Bileşen Deneme Deseni (CCRD) Overall Desirability fonksiyonu kullanılarak bir arada değerlendirilmiş ve optimize model elde edilmiştir.

Tablo 3.2. YYY’a göre kullanılan değişkenler ve seviyeleri

Seviye no	Instant aktif kuru maya kullanım		Toz nohut mayası kullanım	
	Miktarı	Oranı	Miktarı	Oranı
	(g)	(%)	(g)	(%)
-1.68	0	0	15.00	5.00
-1	0.90	0.30	24.00	8.00
0	3.00	1.00	45.00	15.00
1	5.12	1.70	66.00	22.00
1.68	6.00	2.00	75.00	25.00

3.3. Toz Nohut Mayası İlavesiyle Üretilen Ekmeklerde “Hacim”, “Kabul Edilebilirlik” ve “Gözenek Faktörü” Değerlerine Ait Optimizasyon Sonuçları

Yazılım programı tarafından önerilen (Tablo 3.2) deneysel dizayna göre denemeler gerçekleştirilerek (Şekil 3.1) elde edilen “Hacim”, “Kabul edilebilirlik (KE)” ve “Gözenek faktörü (GF)” değerleri Tablo 3.4’te verilmiştir.

Tablo 3.3. Ekmeklerin Kabul edilebilirlik sonuçları

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Renk ve görünüş	Üst renk	6.50	8.33	7.17	8.33	9.17	8.33	8.50	6.83	8.00	9.33	7.00	7.33	8.83
	Alt renk	7.00	8.67	7.00	8.33	9.00	8.67	9.00	7.67	8.33	8.67	7.33	8.17	8.83
	Üst şekil	6.00	8.17	7.67	8.67	9.67	8.33	9.33	7.50	7.50	9.33	7.33	8.33	7.35
	Alt şekil	8.50	8.50	7.00	8.83	6.83	8.17	8.17	7.67	7.33	7.00	8.67	8.00	8.33
İç özellikler	İç renk	8.00	7.33	7.67	8.67	8.67	8.33	8.67	7.67	7.67	8.67	7.67	7.68	8.33
	İç tekstür	8.00	6.50	8.17	7.67	8.50	8.54	9.00	7.33	7.67	10.00	7.83	6.33	8.00
Duyusal özellikler	Elastikiyet	7.00	8.17	7.67	8.50	9.33	8.63	8.33	8.17	7.33	9.50	8.67	5.83	8.00
	Genel yeme hissi	7.50	8.50	7.16	8.33	8.50	8.00	9.00	7.50	8.00	9.67	7.00	5.33	8.33
	Tat	8.00	8.00	8.00	9.00	8.50	9.00	9.00	8.00	8.00	9.50	8.50	7.50	9.00
	Koku	8.00	9.00	8.00	9.00	8.00	9.00	9.00	8.00	7.50	9.00	8.00	8.00	8.50
	TOPLAM	74.50	81.17	75.50	85.33	86.17	85.00	88.00	76.33	77.33	90.67	78.00	72.50	83.50

*10 panelistin puanlarının ortalamalarıdır

Tablo 3.4. Deneme deseni ile elde edilen Hacim, KE ve GF değerleri

Deneme	Faktör 1	Faktör 2	Yanıt		
	A (%)	B (%)	Hacim (cm ³)	KE	GF
1	2.000	15.000	1040	74.50	580
2	1.000	15.000	1140	81.17	859
3	1.000	25.007	1045	75.50	669
4	1.000	15.000	1160	85.33	818
5	0.300	8.000	1134	86.17	580
6	1.000	15.000	1174	83.50	789
7	1.000	5.000	1209	85.00	683
8	1.000	15.000	1100	88.00	685
9	0.300	22.000	1020	76.33	590
10	1.700	22.076	1116	77.33	841
11	1.000	15.000	1130	90.67	777
12	1.700	8.000	1215	78.00	774
13	0.000	15.000	910	72.50	490

A, Instant aktif kuru maya oranı; B, Toz nohut mayası oranı



Şekil 3.1. Deneme desenine göre üretilen 13 ekmek örneği

Daha sonra yazılım programına veriler analiz ettirilerek hangi fonksiyonun önerildiğibelirlenmiştir. Bu belirleme yapılırken; Hacim, KE ve GF değerleri için “Model

uyumsuzluğu (Lack of fit) testi de yapılmış (Tablo 3.5) ve her bir fonksiyon için standart sapma R^2 (R-squared), düzeltilmiş R^2 (adjusted R-squared) değerleri göz önünde bulundurulmuştur. Bu değerler yazılım programı tarafından karşılaştırılarak önerilen fonksiyon program tarafından belirlemiştir.

Tablo 3.5. Model seçimi ve model uyumsuzluğu test sonuçları

	<i>p</i> değeri		
	Hacim	KE	GF
Quadratic	0.0131	0.0103	0.0346
Model uyumsuzluğu	0.1044	0.6248	0.2060

KE, Kabul edilebilirlik; GF, Gözenek Faktörü

Hacim, KE ve GF özellikleri açısından Quadratic (2.dereceden) fonksiyon uygun bulunmuştur ($p < 0.05$). Model uyumsuzluğu ise her üç özellik açısından $p > 0.05$ yani önemsizdir.

Tablo 3.6. Model ve faktörlere ait *p* değerleri

	<i>p</i> değeri		
	Hacim	KE	GF
Model	0.0088	0.0239	0.0657
A	0.0217	0.6683	0.0427
B	0.0084	0.0430	0.8120

A, Instant aktif kuru maya oranı; B, Toz nohut mayası oranı; KE, Kabul edilebilirlik; GF, Gözenek Faktörü

Tablo 3.7. “Quadratic fonksiyona” ait varyans analizi (ANOVA) sonuçları

	Hacim	KE	GF
R ²	0.85	0.80	0.72
Düzeltilmiş R ²	0.75	0.65	0.51
Intercept	1140.80	85.73	785.6
A	45.11	-0.54	71.53
B	-55.62	-2.99	7.15
AB	3.75	2.29	14.25
A ²	-65.34	-5.47	-102.61
B ²	10.66	-2.10	-32.11

A, Instant aktif kuru maya oranı; B, Toz nohut mayası oranı KE, Kabul edilebilirlik; GF, Gözenek Faktörü

Tablo 3.7’e göre kodlanmış faktörlerle final denklemi;

$$\text{Hacim} = 1140.80 + 45.11 \times A - 55.62 \times B + 3.75 \times A \times B - 65.34 \times A^2 + 10.66 \times B^2$$

$$\text{KE} = 85.73 - 0.54 \times A - 2.99 \times B + 2.29 \times A \times B - 5.47 \times A^2 - 2.10 \times B^2$$

$$\text{GF} = 785.6 + 71.53 \times A + 7.15 \times B + 14.25 \times A \times B - 102.61 \times A^2 - 32.11 \times B^2$$

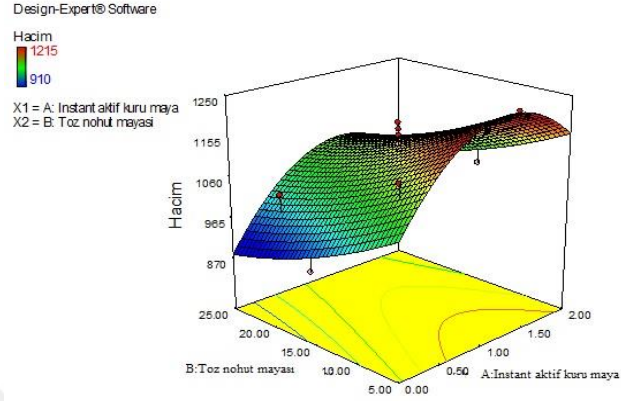
Optimizasyonun amacı, istenilen cevabın elde edilmesini sağlayacak parametrelerin kesin değerlerinin belirlenmesini sağlamaktır. Yapılan çalışmada “sayısal optimizasyon” kullanılmış ve optimizasyon limit değerleri hem faktörler (insant aktif kuru maya, toz nohut mayası) hem de yanıtlar için (Hacim, KE ve GF) için minimum ve maksimum değer aralığında seçilmiş ve çözümler istenmiştir. Program tarafından Hacim, KE ve GF değerleri bir arada değerlendirilmiş, toplam 30 çözüm sunulmuştur. Belirlenen çözümler içinde “İstenirlik=1” (Desirability=1) olan 30 çözümden 1.çözüm program tarafından önerilmiş ve kullanılmasına karar verilmiştir.

Tablo 3.8. Optimizasyonu sonucunda “Desirability” fonksiyonu yaklaşımı ile belirlenen çözüm

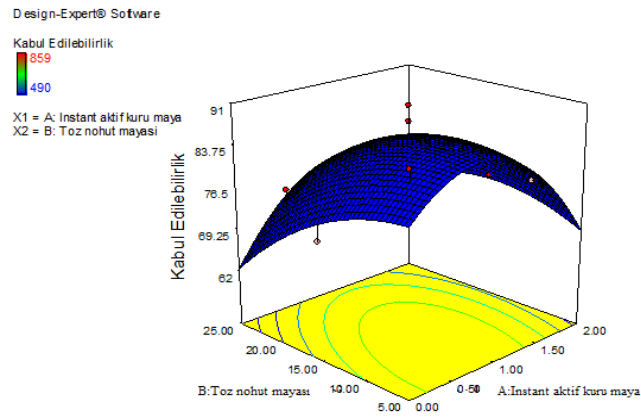
Çözümler						
No	A (%)	B (%)	Hacim	KE	GF	Desirability
1	0.63	10.21	1142.91	86.39	705.072	1 Seçilen

A, Instant aktif kuru maya oranı; B, Toz nohut mayası oranı; KE, Kabul edilebilirlik; GF, Gözenek faktörü

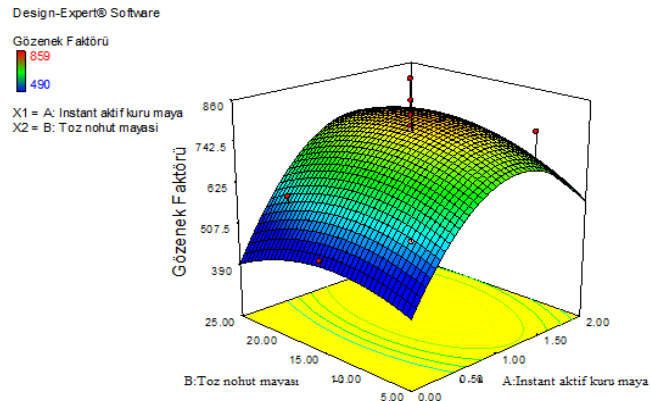
Instant aktif kuru maya- Toz nohut mayası kullanım oranı parametrelerinin Hacim, KE ve GF değerlerine etkisini gösteren Yüzey Yanıt grafikleri Şekil 3.2’de verilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.2. Instant aktif kuru maya- Toz nohut mayası kullanım oranı parametrelerinin Hacim, KE ve GF değerlerine etkisini gösteren Yüzey Yanıt grafikleri

Şekil 3.2 Hacim, KE ve GF yanıtları için toz nohut mayası ve instant aktif kuru maya faktörlerinin farklı kullanım seviyeleri arasındaki etkileşimi göstermektedir. A ve B faktör seviyelerinin artışı ile ekmek hacminde artış olduğu görülmektedir (Şekil 3.2a). Ayrıca KE de A ve B faktörlerinin seviyeleri ile artış göstermiştir. Ancak KE yanıtı merkezi noktadan sonra A ve B bağımsız faktörlerinin artışı ile düşme eğilimine girmiştir. Aynı durum GF yanıtı için de geçerlidir. Grafiklerde merkezi nokta çevresinde oluşan bu eğilim merkezi noktanın belirlenebildiğini göstermektedir. Bunun yanı sıra grafik tabanlarındaki sirküler kurveler A ve B faktör seviyeleri arasında internal interaksyonun önemsiz olduğunu da göstermektedir.

3.4. Optimizasyon Sonuçlarının Deneysel Doğrulanması

Optimizasyon sonucu önerilen % 10.21 nohut mayalı, % 0.63 toz maya kullanım oranları ile ekmek üretimi gerçekleştirilmiştir. Ekmeğe ait hacim, KE ve GF düzeyleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler Tablo 3.9’da verilmiştir.

Tablo 3.9. Optimum nokta doğrulama deneme sonuçları

Deneme No	Instant aktif kuru maya oranı	Toz nohut mayası kullanım oranı	Hacim	KE	GF
1	0.63	10.21	1182.00	82.00	716.0
2	0.63	10.21	1159.00	79.80	683.5
3	0.63	10.21	1198.00	86.50	695.0
Ortalama			1179.66	82.77	698.2
Modelden Tahminlenen			1142.91	86.39	705.072

GE, Gözenek faktörü; KE, Kabul edilebilirlik

Her bir yanıt için, optimum nokta doğrulama denemelerinden elde edilen ortalama sonuçlar ile modelden tahminlenen değerler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olup olmadığı tek örnek *T*-testi uygulanarak belirlenmiştir. Tek örnek *T*-testi için SPSS 17.0.1 programı kullanılmıştır. Her bir yanıt için belirlenen tek örnek *T*-testi sonuçları Tablo 3.10’da verilmiştir.

Tablo 3.10. Optimum noktada ortalama deneysel değerlerin modelden tahminlenen değerler ile karşılaştırılması

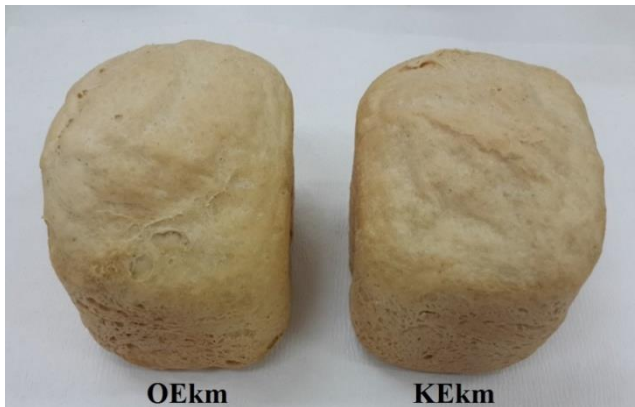
Yanıt	Tahminlenen değer	Ortalama deneysel sonuç (±SS)	Fark	p-değeri*
Hacim	1142.91	1179.66 ± 19.60	36.75	0.083
KE	86.39	82.77±3.42	3.62	0.208
GF	705.072	698.2±16.48	6.87	0.543

* $p < 0.05$ istatistiksel olarak önemli bir fark olduğunu göstermektedir.

Hacim, KE ve GF değeri için doğrulama denemelerinden elde edilen sonuçlar ile modelden tahminlenen değerler arasında, istatistiksel olarak önemli bir farkın olmadığı ($p > 0.05$) belirlenmiştir.

3.5. Optimize Formül ile Elde edilen Ekmek (OEkm) ile Kontrol Ekmeği (KEkm) Arasındaki Fizikokimyasal ve Raf mr Farklılıklarının Belirlenmesi

Optimize forml ile elde edilen ekmek (OEkm) ile Toz nohut mayasız Kontrol Ekmeği (KEkm) retimleri yapılarak (şekil 3.3) ekmekler arasındaki farklılıklar bazı fizikokimyasal ve raf ömrü nitelikleri açısından karşılaştırılmışlardır.



şekil 3.3. Optimize forml ile üretilen ekmek (OEkm) ve Kontrol ekmeği (KEkm)

3.5.1. Görüntü Analizi ile Gözenek Yapısının Belirlenmesi

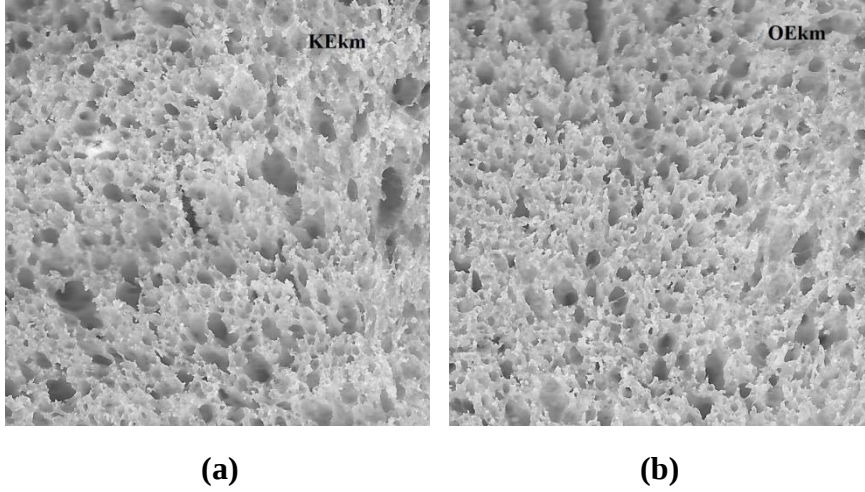
KEkm ve OEkm'ye ait gözenek görüntüleri Şekil 3.4'de, gözenek analiz sonuçları ise Tablo 3.11'de verilmiştir.

Tablo 3.11. Ekmeklere ait gözenek analiz sonuçları

Gözenek sınıfları	KEkm			OEkm		
	Sayı	Faktör	Sayı*Faktör	Sayı	Faktör	Sayı*Faktör
Sınıf 1 = 0.05–0.49 mm ²	451	1	451	585	1	585
Sınıf 2 = 0.50–0.99 mm ²	52	0.8	41.6	68	0.8	54.4
Sınıf 3 = 1.00–4.99 mm ²	107	0.6	64.2	81	0.6	48.6
Sınıf 4 = 5.00–9.99 mm ²	35	0.4	14	23	0.4	9.2
Sınıf 5 = 10.00–49.99 mm ²	26	0.2	5.2	5	0.2	1
Sınıf 6 = >50 mm ²	0	0	0	0	0	0
Toplam	645			762		
Gözenek faktörü			567.6			698.2

KEkm, Kontrol ekmeği; OEkm, Toz nohut mayası ile üretilmiş optimize ekmeği

Gözenek analizi sonuçlarına göre birim alanda OEkm 762 gözeneğe sahipken. KEkm 645 gözeneğe sahiptir. Nohut mayası kullanımı birim alandaki gözenek sayısını arttırmıştır. Birim alanda gözenek sayısının artması aynı zamanda daha küçük gözeneklerin oluşması anlamına gelmektedir. OEkm'e ait özellikle 1. ve 2. sınıf gözeneklerin sayısı KEkm'e göre daha yüksekken, 3. 4. ve 5. sınıf daha büyük gözeneklerin sayısı KEkm'de daha yüksektir. Gözenek sınıflarına verilen Faktör katsayıları ile sınıflara ait gözenek sayıları çarpıldığında ve toplamı alındığında her iki örneğe ait gözenek faktörleri hesaplanmıştır. Tablo 3.11'de görüldüğü gibi OEkm'in gözenek faktörü (698.2), KEkm'den daha yüksek (567.6) bulunmuştur.



Şekil 3.4. KEkm (a) ve OEkm (b)'ye ait Image Proplus programı ile oluşturulan gözenek yapı görüntüleri

3.5.2. Ekmeklerin Bazı Fizikokimyasal Nitelikleri

Tablo 3.12. Ekmeklerin bazı fizikokimyasal nitelikleri

Ekmek	pH	Titrasyon asitliği %	Selüloz %	Kül %
OEkm	5.12±0.10	5.38 ±0.05	0.73	0.89
KEkm	6.10±0.08	2.94 ±0.16	0.73	0.75

Ortalama ± standart sapma

KEkm, Kontrol ekmeği; OEkm, Toz nohut mayası ile üretilmiş optimize ekmeği

Tablo 3.12'deki verilere göre KEkm 6.10 iken OEkm 5.12 olarak tespit edilmiştir. Titrasyon asitliği ise OEkm % 5.38 ve KEkm % 2.94 olarak belirlenmiştir. Toz nohut mayası kullanımı ekmeğin pH'sını düşürürken, toplam titrasyon asitliğinde artış meydana gelmiştir. Ekmeklerin selüloz değerlerinde bir farklılık tespit edilmezken, toz nohut mayası kullanımı ekmeklerin kül değerlerinde artış meydana gelmiştir.

3.5.3. Ekmeklerin Renk Özellikleri

Ekmeklerin kabuk ve iç bölgelerine ait renk parametreleri Tablo 3.13'te, ölçümlerde kullanılmak üzere hazırlanan ekmeğin görünümü ise Şekil 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3.5. Renk ölçümünde kullanılan ekmek görüntüleri

Tablo 3.13. Ekmeklerin kabuk ve iç renk değerleri

	Kabuk				İç			
	L^*	a^*	b^*	ΔE	L^*	a^*	b^*	ΔE
KEkm	63.47±3.63	6.69±1.85	27.25±1.81	23.09±0.93	70.48±1.28	-0.16±0.04	15.53±0.19	11.06±1.20
OEkm	64.69±4.58	7.82±1.44	29.87±1.60	23.15±2.03	68.88±1.36	0.17±0.05	15.93±0.39	12.58±1.33
p^*	0.584	0.154	0.006	0.954	0.100	0.001	0.131	0.106

* $p < 0.05$ istatistiksel olarak önemli bir fark olduğunu göstermektedir.

Ortalama ± standart sapma

KEkm, Kontrol ekmeği; OEkm, Toz nohut mayası ile üretilmiş optimize ekmek

Kolorimetrik ölçümlerde L değeri 0-100 arasında koyuluk ve açıklığı/parlaklığı ifade etmekte olup 0'a yaklaştıkça koyuluk, 100'e yaklaştıkça da açıklık/parlaklık artmaktadır. KEkm ve OEkm'lerin Tablo 3.13'teki verilerine göre ekmeklerin kabuk ve iç renklerin birbirlerine yakın değerler verdiği görülmektedir ki, nohut mayası kullanımının ekmeğin kabuk iç L^* ve ΔE değerleri üzerindeki etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$).

a^* değerinin kırmızılığı ifade etmekte olup, toz nohut mayası kullanımının ekmeğin iç renginde meydana getirdiği bu artış istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

b^* değeri ise sarılığı ifade etmektedir. Tablo 3.13'e göre OEkm'in iç renginin b^* değerinde meydana gelen değişim önemli bulunmazken ($p > 0.05$), kabukta meydana gelen değişim istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

3.5.4. Hacim, Ağırlık ve Spesifik Hacim

Ekmeklere ait hacim, ağırlık ve spesifik hacim değerleri Tablo 3.14'te verilmiştir.

Tablo 3.14. Ekmeklerin ağırlık, hacim ve spesifik hacim değerleri

Ekmek	Ağırlık (g)	Hacim (cm ³)	Spesifik hacim (cm ³ /g)
OEkm	411.66±6.34	1179.66	2.87
KEkm	398.79±9.21	1131.52	2.83

KEkm, Kontrol ekmeği; OEkm, Toz nohut mayası ile üretilmiş optimize ekmek

Ekmeklerin 300 g un üzerinden yapılmış olmaları ancak OEkm yapımında formülasyona toz nohut mayası da ilave edilmiş olması nedeniyle OEkm'nin ağırlık ve hacmi daha yüksek çıkmıştır. Ancak formülasyondan gelen bu farklılığı ortadan kaldırarak nohut mayası kullanımının hacim üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla Spesifik Hacim değerleri hesaplanmış ve OEkm'nin spesifik hacmi daha yüksek bulunmuştur.

3.5.5. Antioksidan Aktivite

Toz nohut mayası kullanılan optimize ekmek (OEkm) ve kontrol ekmeğin (KEkm), DPPH radikali üzerindeki % inhibisyon etkisi belirlenmiştir. Ekmeklerin DPPH radikali üzerindeki %inhibisyon değerleri karşılaştırıldığında OEkm (% 80.54)'in KEkm (%32.26)'e göre daha yüksek inhibisyona sahip olduğu tespit edilmiştir. OEkm'deki bu yüksek etkinlik % 10.21 toz nohut mayası ilave edilmiş olmasından kaynaklandığı gibi yaklaşık 2 saat süren toz nohut mayası kaynaklı fermentasyondan da kaynaklanmış olabilir. Ancak direkt toz nohut mayası kullanımının da antioksidan aktiviteyi arttırabileceği varsayımını görmek amacıyla toz nohut mayasının kendisinde de antioksidan aktivite ölçümü yapılmış ve Tablo 3.15'te görüleceği üzere % inhibisyon değeri % 88.71 olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.15. Ekmeklerin DPPH radikali üzerindeki % inhibisyon değerleri

Ekmek	İnhibisyon (%)
OEkm	80.64 ^b
KEkm	32.26 ^c
Toz nohut mayası	88.71 ^a

OEkm: Toz nohut mayası ile üretilmiş optimize ekmek.

KEkm: Kontrol ekmeği

a-c: Aynı sütundaki birbirinden farklı harfler veriler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark ($p<0.05$) olduğunu göstermektedir.

3.5.6. Mineral Madde İçeriği

Ekmek örneklerine ait mineral madde içerikleri Tablo 3.16’da verilmiştir.

Tablo 3.16. Ekmek örneklerine ait mineral madde içerikleri

Ekmek	Na (%)	Mg (%)	K (%)	P (%)	S (%)	Fe (ppm)
OEkm	57.53	3.25	15.56	11.03	6.78	243
KEkm	37.73	2.30	12.09	7.59	4.86	158

(a)

Ekmek	Al (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Co (ppb)	Ca (ppm)
OEkm	151	107	70	22	0.17	300
KEkm	101	71	51	15	0.14	215

(b)

KEkm, Kontrol ekmeği; OEkm, Toz nohut mayası ile üretilmiş optimize ekmek

Ekmeklere ait mineral madde içeriği analiz sonuçlarına göre OEkm’ye ait tüm mineral madde düzeyleri KEkm’e göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

3.5.7. Raf Ömrü Nitelikleri

3.5.7.1. Rutubet Miktarı ve Rutubet Kaybı (RK)

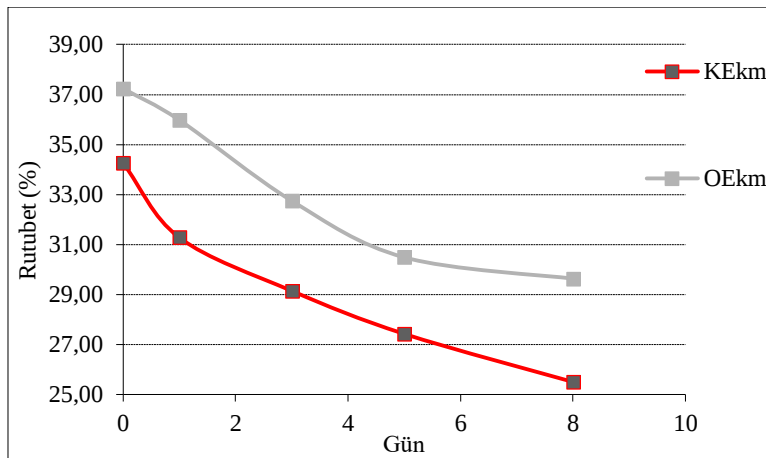
Ekmek örneklerinin raf ömrü süresince 0. 1. 3. 5. ve 8. günlere ait rutubet değerleri ile % RK değerleri Tablo 3.17’de verilmiştir. Ayrıca rutubet değerlerinin günlere göre değişimini gösteren grafik Şekil 3.6’da verilmiştir.

Tablo 3.17. Ekmek örneklerinin günlere göre % rutubet ve % rutubet kaybı değerleri

Gün	KEkm	OEkm	%RK (KEkm)	% RK (OEkm)
0	34.26	37.24	0.00	0.00
1	31.28	35.98	8.70	3.38
3	29.15	32.75	14.92	12.06
5	27.43	30.49	19.94	18.13
8	25.51	29.64	25.54	20.41

KEkm, Kontrol ekmeği; OEkm, Toz nohut mayası ile üretilmiş optimize ekmek

Üretimden 3 saat sonra yapılan rutubet ölçümüne göre KEkm ve OEkm numuneleri arasında yaklaşık % 3’lük bir fark belirlenmiştir. OEkm’in rutubetindeki bu yükseklik raf ömrü süresince de devam etmiştir. Buna bağlı olarak KEkm’nin % RK değerleri OEkm’e göre raf ömrü süresince yüksek olmuştur. 8. gün yapılan son ölçümlere göre aradaki rutubet farkı ortalama % 4 seviyesinde bulunurken, OEkm’in raf ömrü süresince kaybettiği rutubet yüzdesi % 20.41, KEkm’ninki ise % 25.54 olarak bulunmuştur.



KEkm, Kontrol ekmeği; OEkm, Toz nohut mayası ile üretilmiş optimize ekmek

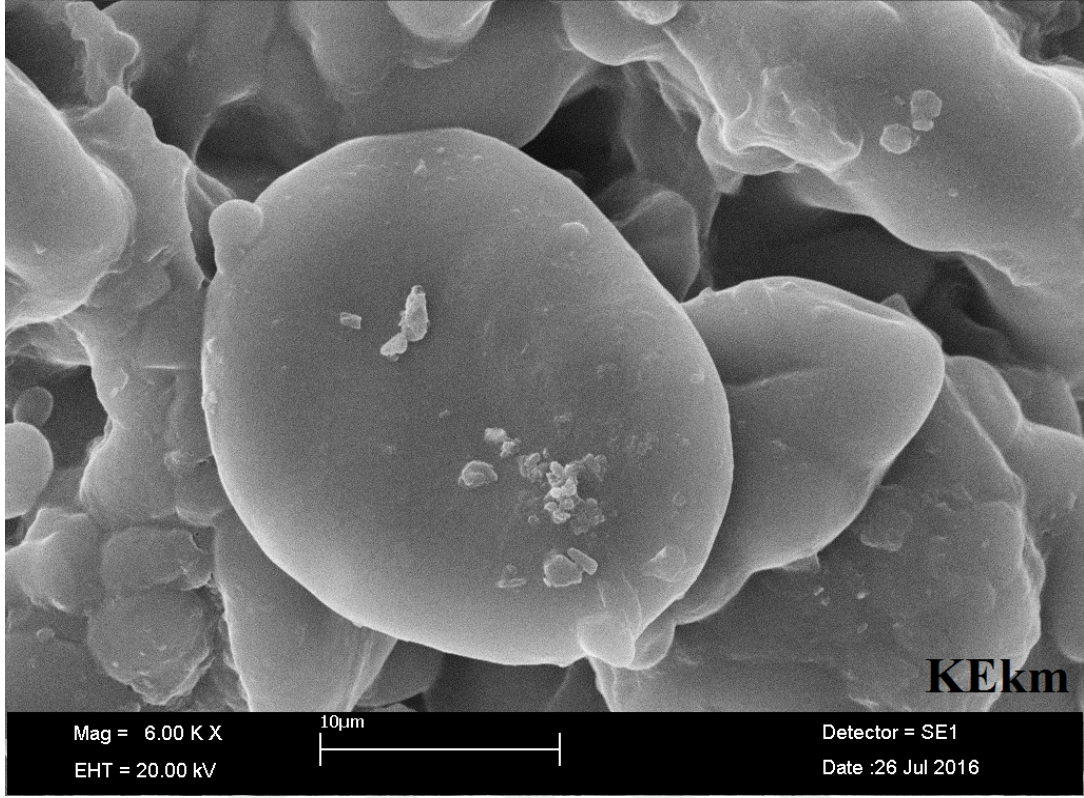
Şekil 3.6. Raf ömrü süresince ekmeklerin rutubet değişimleri

KEkm’inde ilk gün önemli bir rutubet kaybı meydana gelirken (% 8.70), OEkm’de daha düşük (% 3.38) rutubet kaybı meydana gelmiştir. 3. ve 5. günlere ait rutubet verilerine göre OEkm’in rutubeti daha yüksek seyretmekle birlikte, % RK değerleri benzer niteliktedir. 5. ve 8. günler arasındaki rutubet kaybı ise farklı bir seyir izlemiştir. Şekil 3.6’da görüleceği üzere KEkm’i hızla rutubetini kaybetmeye devam ederken, OEkm’de % RK daha yavaş seyretmiştir.

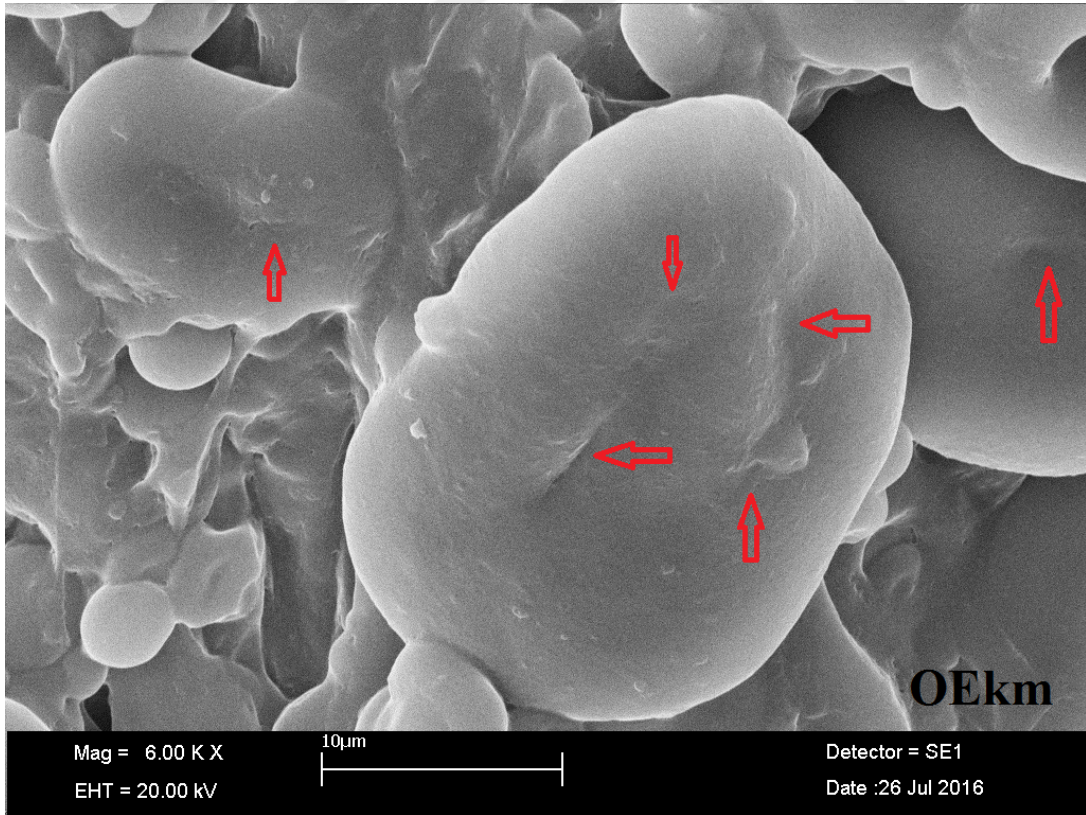
3.5.7.2. Nişasta Retrogradasyonunun Mikro Yapının SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) ile İncelenerek Belirlenmesi

Raf ömrü olarak belirlenen 8 günlük süreçte aynı ortam koşullarında bekletilen ürünlerden pişme sonrası. 0. 3. 5. ve 8. günlerde örnek alınarak taramalı elektron mikroskobunda (SEM) incelenmiştir. Raf ömrü süresince örneklerin nişasta ve protein matriksindeki değişim ve retrogradasyon durumları gözlemlenmiş ve görüntüler Image Proplus yazılım programı ile yorumlanmıştır.

Ekmek örneklerinin ilk günlük nişasta granül görüntüleri (600KX) incelendiğinde, KEkm granülünün üst yüzeyinin düzgün yapısı ayırt edilebilmektedir. OEkm granül yüzeyinde deformasyon (yassılaşma, yuvarlak yapısını kaybetme, içeriye çökme), çok daha belirgin olarak görülmektedir (Şekil 3.7).

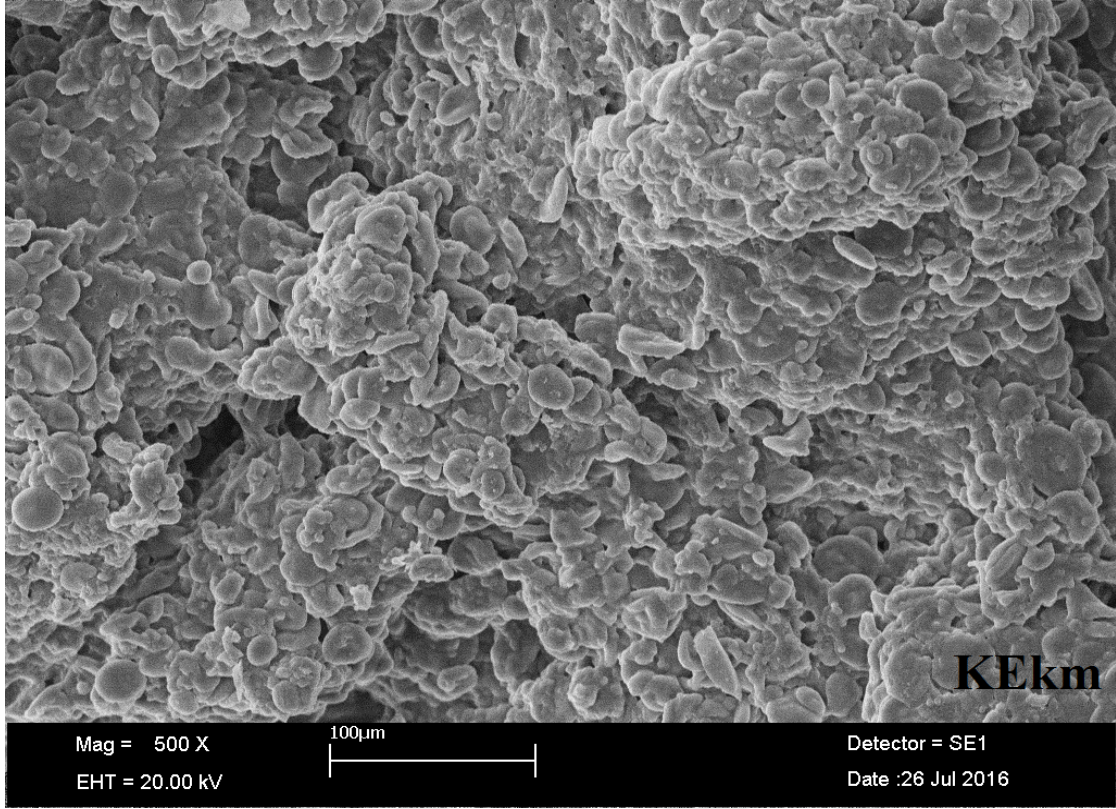


(a)

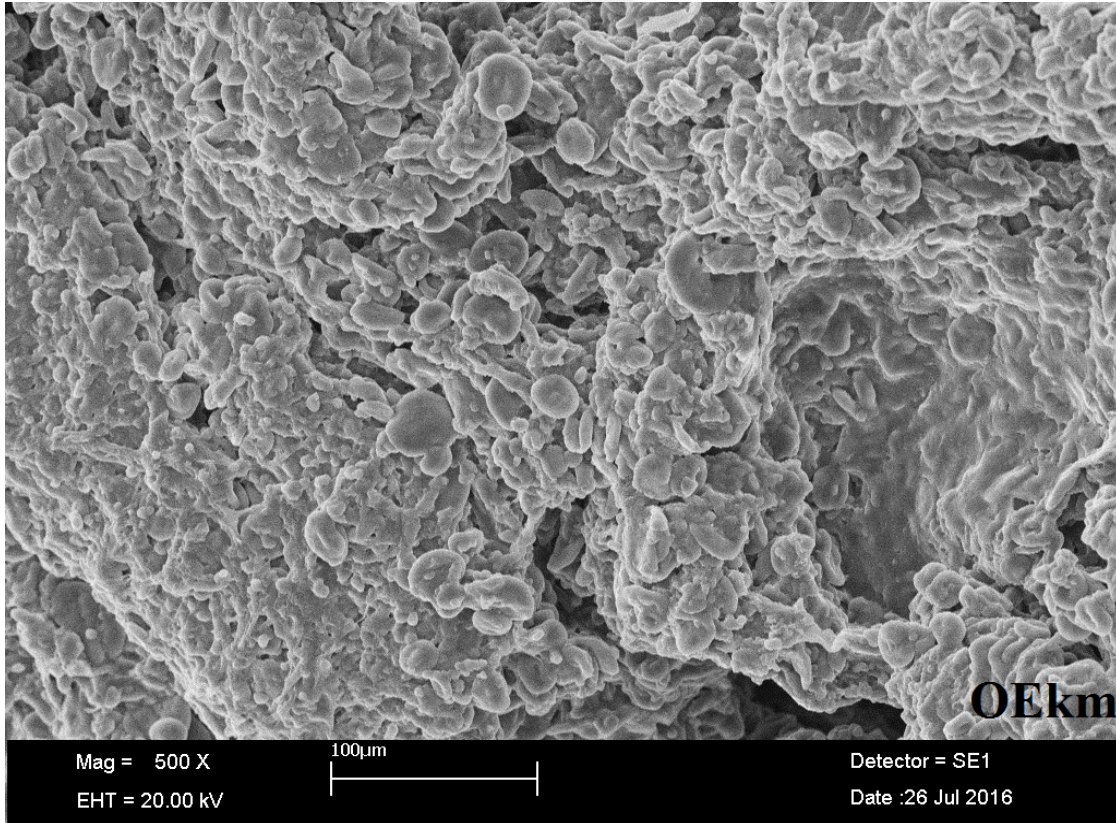


(b)

Şekil 3.7. 0.gün ekmek örneklerine ait (a,b) nişasta granül görüntüleri (600KX)



(a)



(b)

Şekil 3.8. Ekmek örneklerinin 0.gün SEM görüntüleri

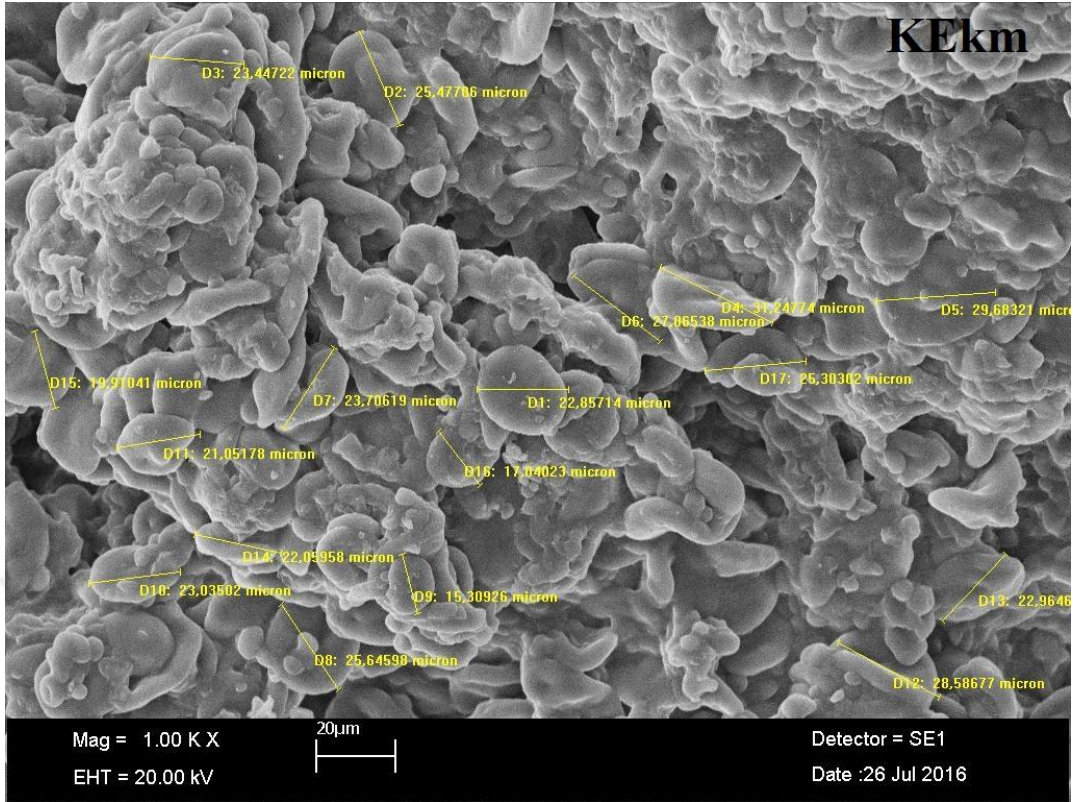
İlk güne ait SEM görüntüleri (500X) karşılaştırıldığında KEkm'in protein matriks yapısının daha sıkı, parçalanmamış olduğu görülmektedir (Şekil 3.8). Matriks yapı içerisinde nişasta granüllerinin oval veya yuvarlak yapılarını muhafaza ettikleri, yüzeylerinin düzgün olduğu ve yapı içerisinde genel olarak homojen dağılmış kürecikler halinde bulundukları görülmektedir. OEkm'e ait görüntülerde (b) protein matriks yapısı daha gevşek ve parçalanmış formda görülürken, nişasta granüllerinin ise KEkm'deki nişasta yapısına göre yuvarlak/oval yapısını kaybetmiş, düzgün nişasta granüllerinin sayısının daha az olduğu, protein matriks yapısı ile girift halde bulunduğu gözlenmiştir. OEkm'in protein yapısının daha fazla parçalanmış olduğu, nişasta granüllerinin yapı içerisinde çok dağınık bulunduğu, KEkm'de ise nişasta granüllerinin daha homojen olduğu, nişastayı taşıyan protein matriksi daha az deforme olduğundan yapının bir araya gelmiş kümeler halinde bulunduğu belirlenmiştir.

Görüntülerdeki nişasta moleküllerinin ebatlarının görsel olarak da farklı olduğu dikkat çekicidir. Bu nedenle her iki görüntü de Image ProPlus programında değerlendirilmiş, görüntü kalibrasyonu fotoğrafların elde edildiği ölçek olan 20 mμ'a göre ayarlanmış ve nişasta moleküllerinin çapları ölçülmüştür (Tablo 3.18) (Şekil 3.9).

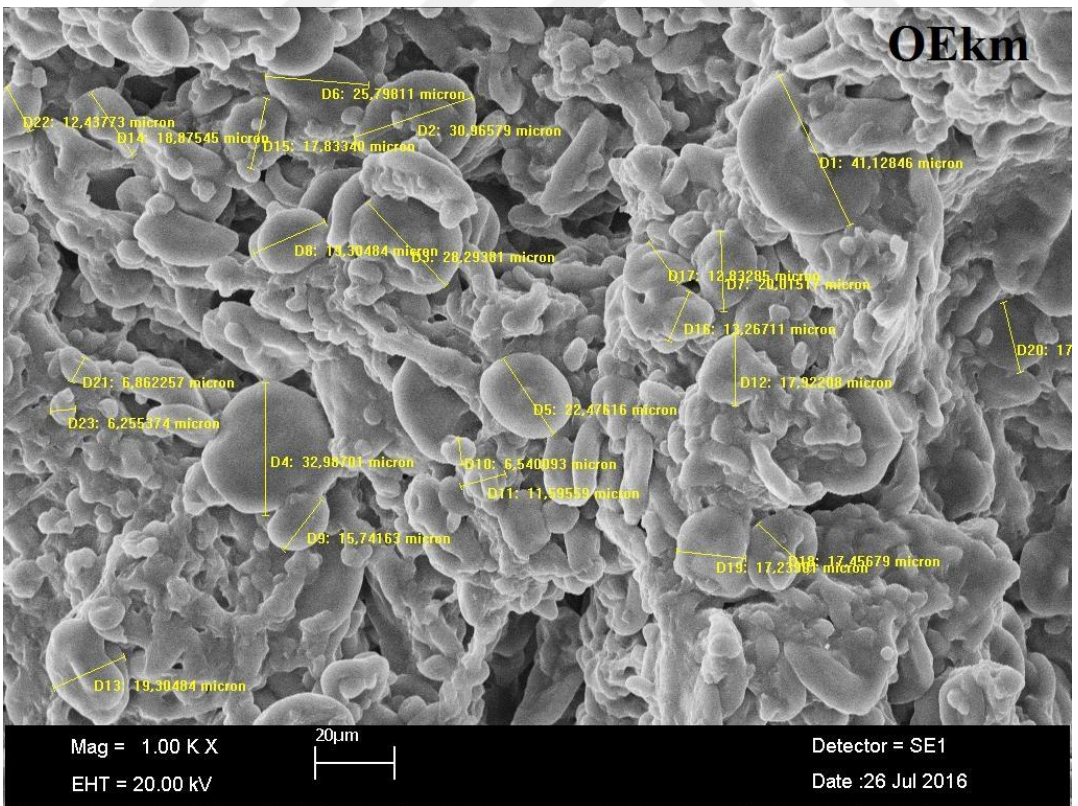
Tablo 3.18. Ekmek örneklerinin 0.gün SEM görüntülerine ait nişasta granül çapları

Ekmek	Çap (mμ)/1000
KEkm	23.2±4.25
OEkm	18.91±8.80

KEkm, Kontrol ekmeği;, OEkm, Optimize formüle göre üretilmiş ekmek

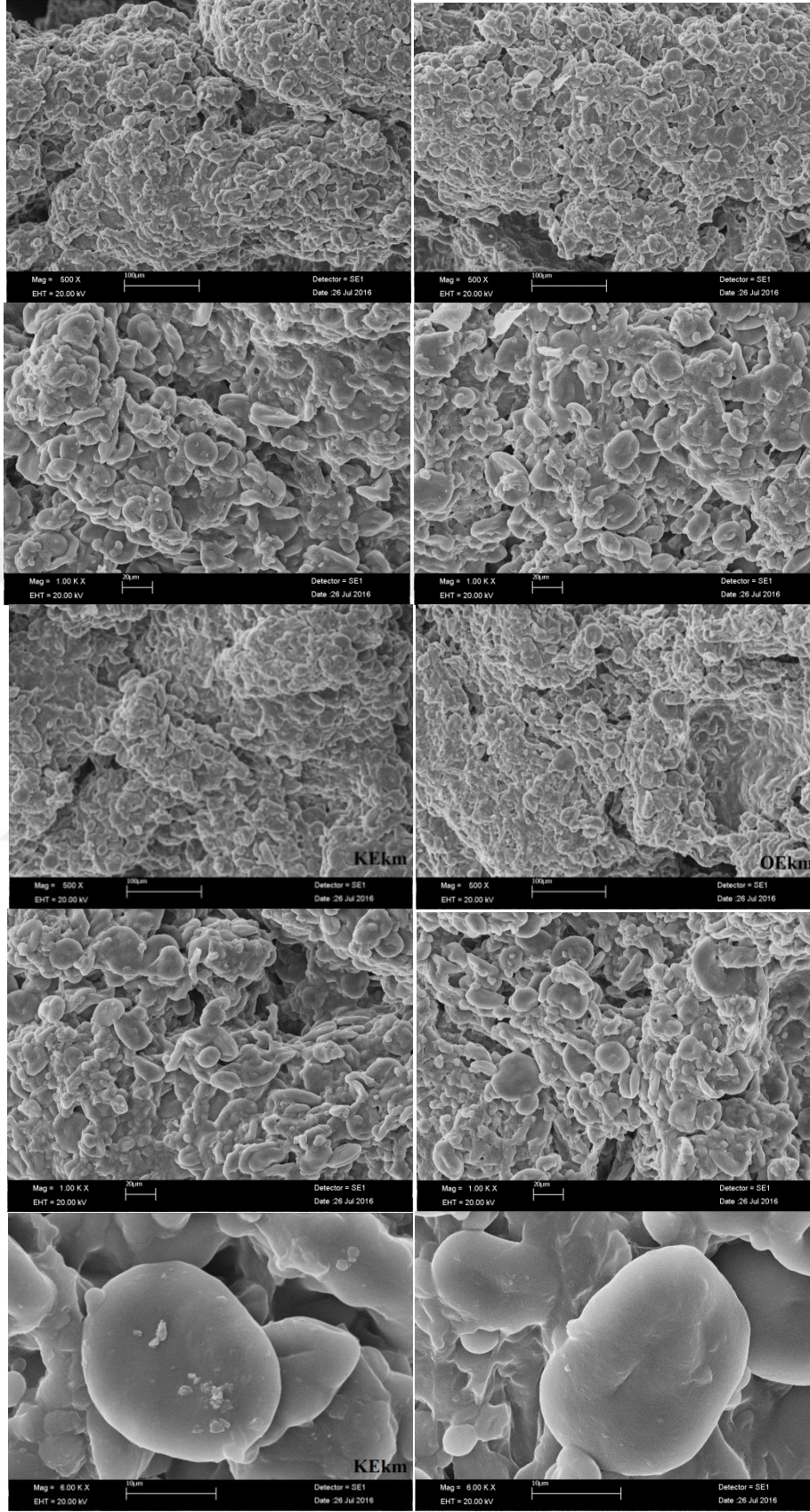


(a)



(b)

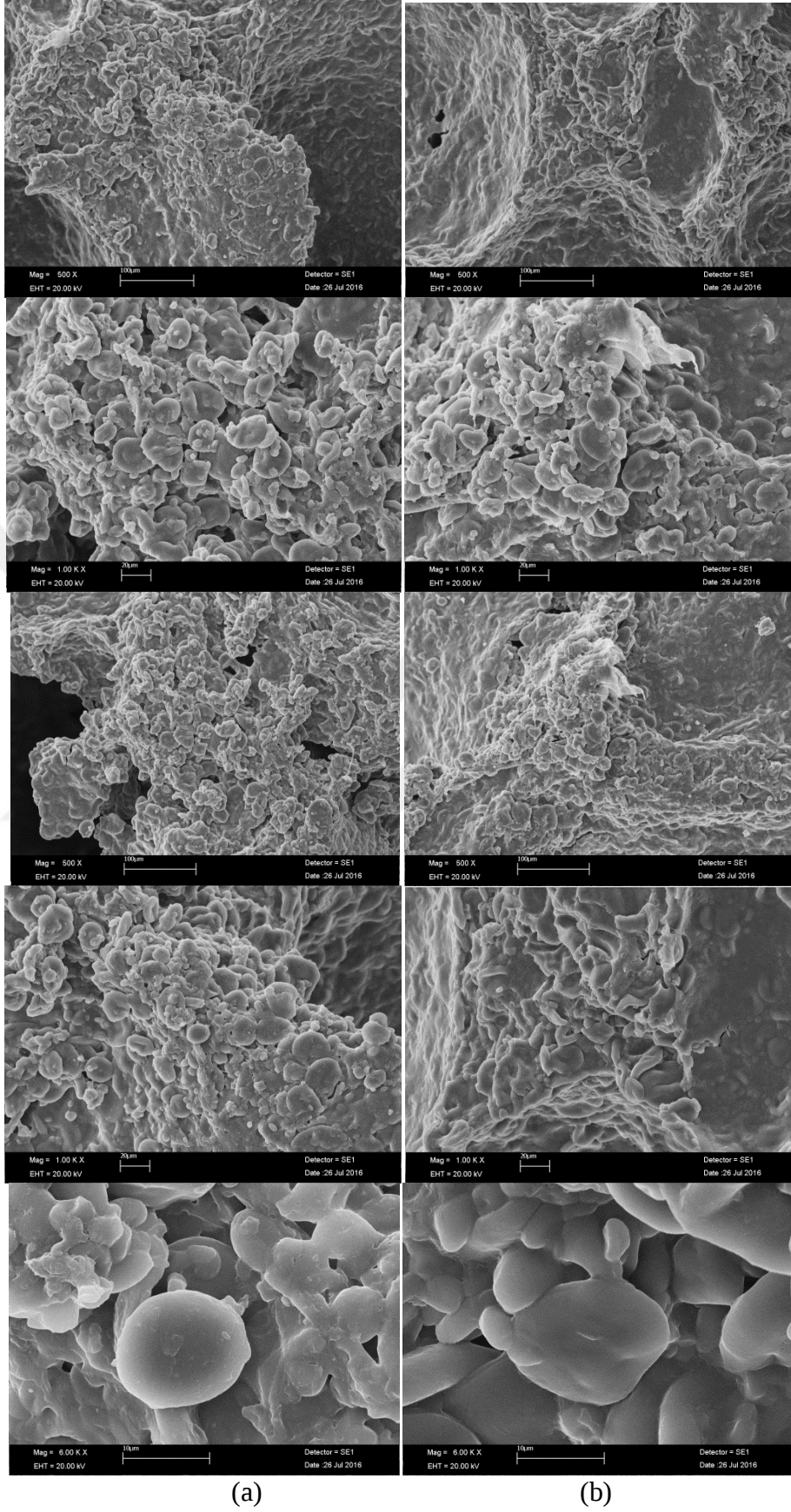
Şekil 3.9. Ekmek örneklerinin (a,b) nişasta çap ölçüm görüntüleri (100KX)



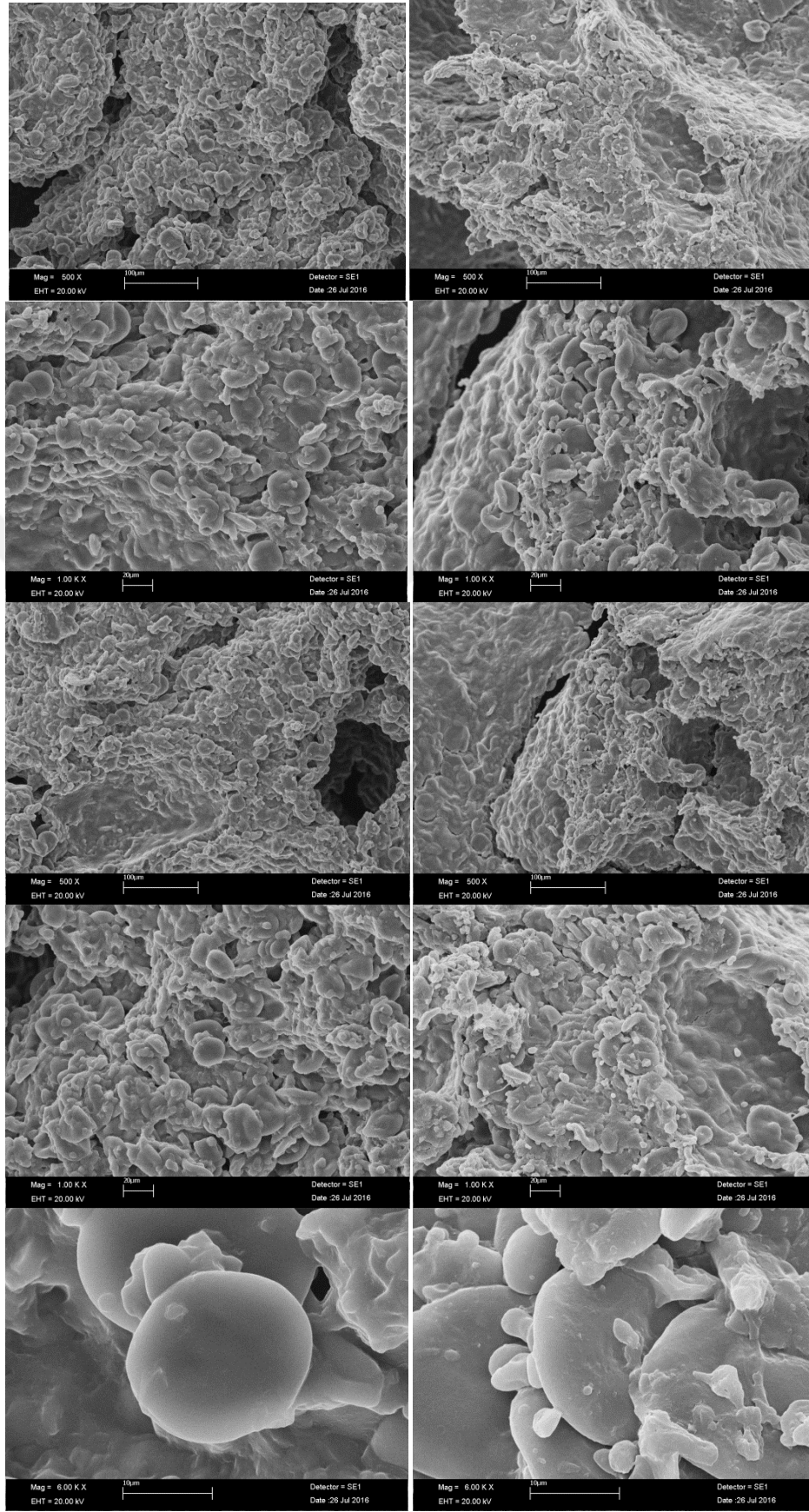
(a)

(b)

Şekil 3.10. KEkm (a) ve OEkm (b)'nin 0.güne ait SEM görüntüleri



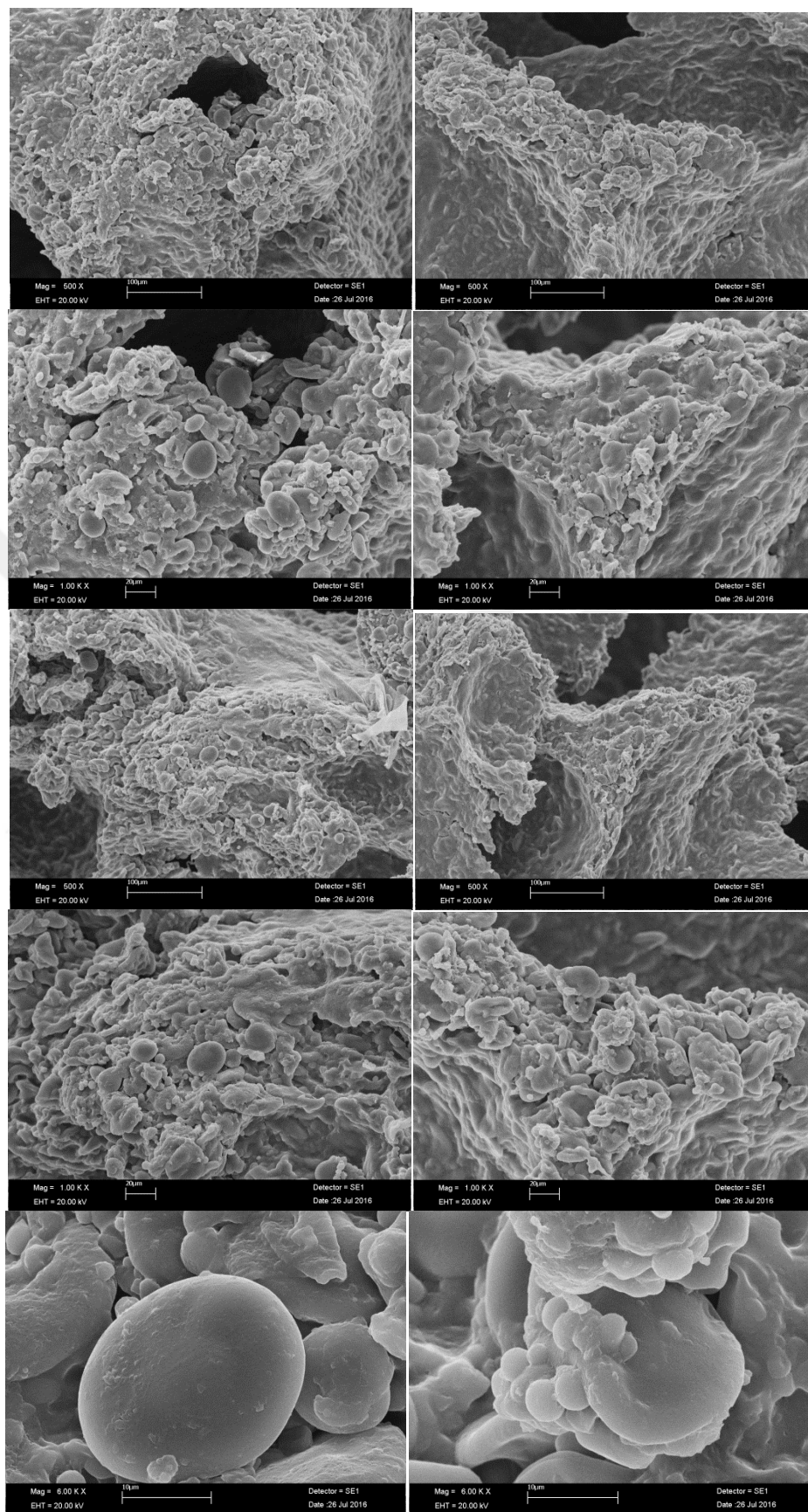
Şekil 3.11. KEkm (a) ve OEkm (b)'nin 3.güne ait SEM görüntüleri



(a)

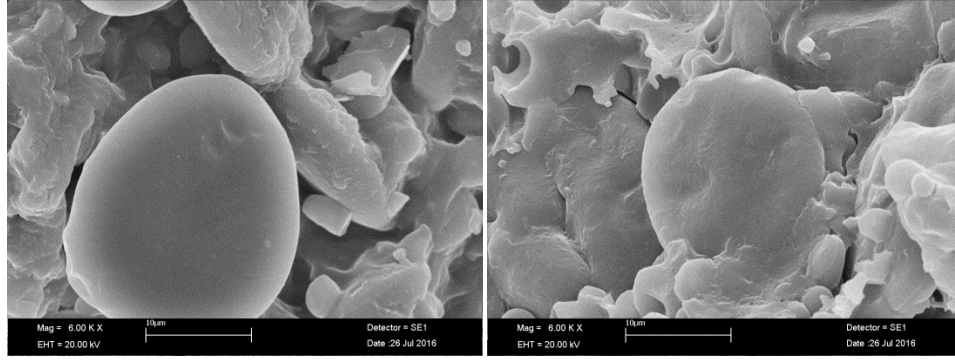
(b)

Şekil 3.12. KEkm (a) ve OEkm (b)'nin 5.güne ait SEM görüntüleri



(a)

(b)



(a) (b)
Şekil 3.13. KEkm (a) ve OEkm (b)'nin 8.güne ait SEM görüntüleri

Ekmek örneklerinin raf ömrü süresince yapısal değişimini belirlemek amacıyla her bir ekmeğin 0. 3. 5. ve 8. günlere ait SEM görüntüleri karşılaştırılmıştır (Şekil 3.10, Şekil 3.11, Şekil 3.12, Şekil 3.13).

3.5.7.3. Küf Gelişimi

Raf ömrü olarak belirlenen 8 günlük süreçte aynı ortam koşullarında bekletilen numunelerden fırınlama sonrası 0. 3. 5. ve 8. günlerde numune alınması planlanmıştı. Ancak ara analizler de yapılarak 0. 1. 3. 4. 5. 7 ve 8. günlerde alınan örneklerde küf gelişimi olup olmadığı mikrobiyolojik olarak tespit edilmiştir.

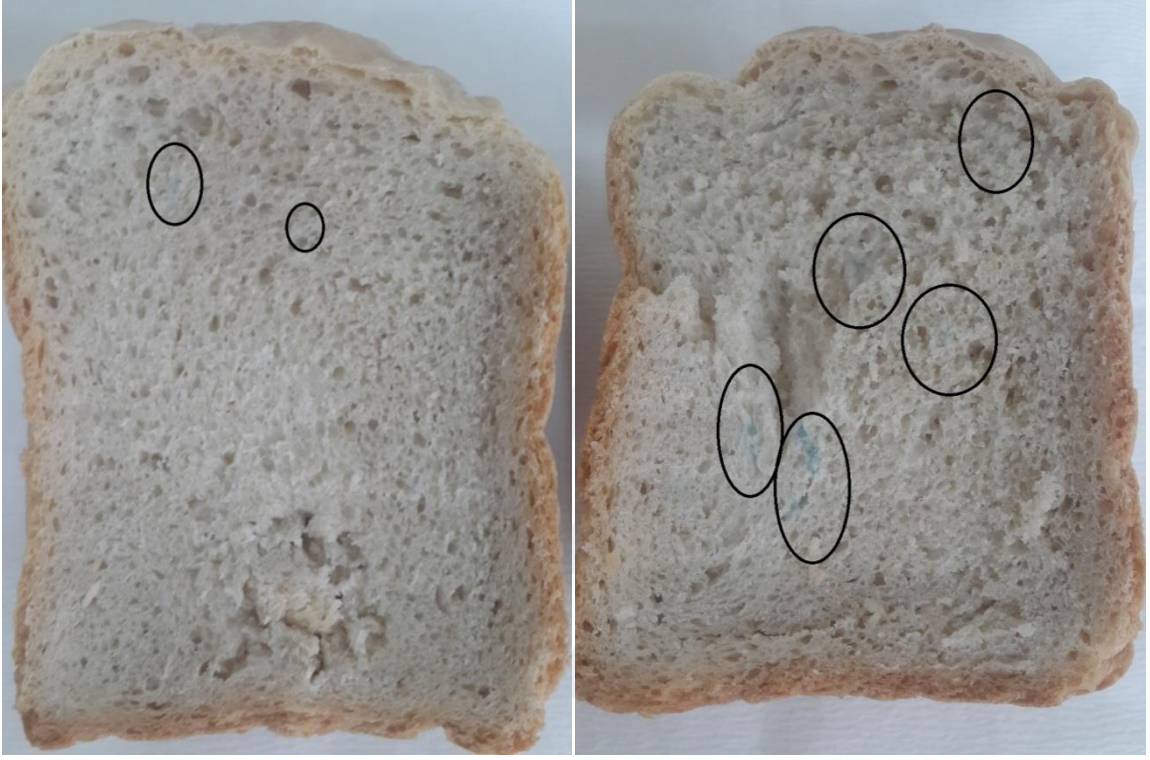
Tablo 3.19. Toz nohut mayası kullanılan ekmeklerdeki küf sayım sonuçları

Ekmek	Gün						
	0	1	3	4	5	7	8
OEkm	—	—	—	—	6.5×10^1	$>10^2$	$>10^2$
KEkm	—	—	—	$>10^2$	$>10^2$	$>10^2$	$>10^2$

KEkm, Kontrol ekmeği; OEkm, Toz nohut mayası ile üretilmiş optimize ekmek

Tablo 3.19’da toz nohut mayası kullanımının etkileri belirgin olarak görülmektedir. İlk 3 günde ekmeklerde küf üremesi tespit edilememiştir. Kontrol ekmeğinde 4. gün alınan numunede $>10^2$ düzeyinde küf belirlenirken, OEkm’de herhangi bir küf üremesi tespit edilememiştir. 5. gün alınan numunelerde OEkm’de 6.5×10^1 düzeyinde küflenme başlangıcı belirlenirken. KEkm’de küf düzeyi oldukça yükselmiş, petri kutusunda

sayılamayacak düzeye gelmiş, bu durum ekmekte görsel olarak da gözlemlenmiştir (Şekil 3.14). 7. ve 8. gün alınan numunelerde küf sayısı $>10^2$ olarak verilmekle birlikte görsel olarak KEkm'deki küflenmenin OEkm'e göre çok daha ileri düzeyde olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.14. OEkm ve KEkm'de 5. gün gözlemlenen küflenme düzeyi

4. TARTIŞMA

Bu çalışmanın ilk aşaması olan geleneksel nohut mayasının toz forma getirilebilmesi için iki farklı kurutma yöntemi uygulanmış, nohut mayasının mikrobiyal canlılığını devam ettirebilecek en iyi yöntem tespit edilmeye çalışılmıştır. Kurutma öncesi yapılan sayıma göre mikrobiyotanın büyük bölümünün laktik asit bakterilerinden oluştuğu (3×10^9 kob/g) maya sayımının buna göre daha düşük olduğu 2×10^5 kob/g belirlenmiştir. Kurutma sonrası laktik asit bakterilerinin liyofilizatörle kurutuma ile 10^2 düzeyinde düştüğü ve 2.9×10^7 kob/g olduğu, etüvle kurutmada ise 1.8×10^8 kob/g olduğu belirlenmiştir. Yani etüvle kurutma işlemi laktik asit bakteri sayısını daha az etkilemiştir. Kurutma yöntemine göre maya sayısında ise önemli bir farklılık tespit edilememiştir. Ancak laktik asit bakterileri ve mayalar açısından kurutma işleminin etkisi değerlendirildiğinde mayaların 10^4 düzeyinde azaldığı ve bakterilere göre kurutma işleminden çok daha fazla etkilendiği söylenebilir. Sayım sonuçlarına göre mikrobiyotadaki canlılığın etüv ile kurutmada daha yüksek olduğu tespit edildiğinden tez çalışmasının bundan sonraki aşamalarına etüvde kurutularak üretilmiş toz nohut mayası ile devam edilmiştir. Ayrıca literatüre göre ekşi hamur mikrobiyotasında LAB/maya oranı 1/100 iken bu tez çalışmasında yapılan sayım sonuçlarına göre bu oran 1/10 olarak tespit edilmiştir. Yani nohut mayası bir tür ekşi hamur olmasına rağmen mikrobiyotası maya popülasyonu açısından daha zengindir.

“Instant aktif kuru maya kullanım oranı” ve “Toz Nohut mayası kullanım oranı” olmak üzere 2 bağımsız değişken (faktör) ve merkezi bileşen deneme desenine göre 5 merkez nokta belirlenmiştir. Yapılan ön çalışmalar ve literatür bilgileri ile faktör seviyeleri tespit edilmiştir. Instant aktif kuru maya kullanım oranı ve toz nohut mayası oranları un ağırlığı esas alınarak kullanılmıştır. Programın önerdiği deneme desenine göre 13 ekmek örneği üretilerek, ekmeklerde hacim, kabul edilebilirlik ve gözenek faktörü açısından elde edilen sonuçlar Merkezi Bileşen Deneme Deseni (CCRD) Overall Desirability fonksiyonu kullanılarak bir arada değerlendirilmiş ve optimize model elde edilmiştir. Yapılan optimizasyon sonucu ekmek formülasyonunda instant aktif kuru maya kullanım oranı %0.63, toz nohut mayası kullanım oranı % 10.21 olarak belirlenmiştir. Optimizasyon sonucu elde edilen kullanım oranlarına göre ekmek üretimi gerçekleştirilmiş (OEkm), modelden tahminlenen hacim, kabul edilebilirlik ve gözenek faktörü değerleri deneysel doğrulama yapılmıştır.

Tezin ikinci aşamasında OEkm ile toz nohut maya kullanılmadan üretilen kontrol ekmeği (KEkm) bazı fizkokimyasal, biyoaktivite ve raf ömrü nitelikleri açısından karşılaştırılarak, toz nohut mayası kullanımının ekmeğe olası katkıları tespit edilmeye çalışılmıştır.

Gözenek analizi sonuçlarına göre birim alanda OEkm 762 gözeneğe sahipken, KEkm 645 gözeneğe sahiptir. Nohut mayası kullanımı birim alandaki gözenek sayısını arttırmıştır. Birim alanda gözenek sayısının artması aynı zamanda daha küçük gözeneklerin oluşması anlamına gelmektedir. OEkm'e ait özellikle 1. ve 2. sınıf gözeneklerin sayısı KEkm'e göre daha yüksekken, 3. 4. ve 5. sınıf daha büyük gözeneklerin sayısı KEkm'de daha yüksektir. Gözenek sınıflarına verilen Faktör katsayıları ile sınıflara ait gözenek sayıları çarpıldığında ve toplamı alındığında her iki örneğe ait gözenek faktörleri hesaplanmıştır. OEkm'in gözenek faktörü (698.2), KEkm'den daha yüksek (567.6) bulunmuştur. Toz nohut mayası kullanımı ekmekte daha küçük ve homojen gözenek yapısının oluşumuna neden olmuştur. Bu yapının oluşumunda nohut mayasının mikroflorasında bulunan heterofermentatif laktik asit bakterilerinin etkili olduğu düşünülmektedir. Çünkü heterofermentatif laktik asit bakterilerinin metabolitlerinden birisi de CO₂'dir.

OEkm ile KEkm'nin pH ve titrasyon asitliği değerleri arasındaki farklılık tespit edilmiştir. Toz nohut mayası kullanımı ekmeğin pH'sını düşürürken, toplam titrasyon asitliğinde artış meydana getirmiştir. LAB, heksozlardan homofermentasyon yoluyla laktik asit; heterofermentasyon yoluyla laktik asit, asetik asit, etanol ve CO₂ sentezlemektedir (Schnürer ve Magnusson, 2005). Dolayısıyla mikroflorasında yüksek miktarda laktik asit bakterisi içeren nohut mayasının kullanımı ve ekmek hamurundaki fermentasyonu ekmek pH'sının düşmesine neden olmuştur. Ortam pH'sının düşmesi, tahıl proteazlarının aktivitelerinde artış meydana getirmekte bununla birlikte LAB'nin kendi enzim aktiviteleri ile birlikte proteinlerde parçalanma sonucu ortamda serbest aminoasit varlığında artış olmaktadır (Hansen ve Schieberle, 2005). Bu artışın da TTA üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir.

Ekmeklerin selüloz değerlerinde bir farklılık tespit edilmezken, toz nohut mayası kullanımıyla ekmeklerin kül değerlerinde artış meydana gelmiştir. Nohut mayası üretimi sırasında fermente olan kütlenin süzülmesi sırasında nohut kabuğundan gelen selülozik

yapılar uzaklaştırıldığından ekmekler arasında fark tespit edilememiştir. Ancak nohut mineral açıdan zengin bir bakliyat olduğundan kül miktarında artış belirlenmiştir.

Toz nohut mayası kullanımı ekmeğin (OEkm) hacminde ve ağırlığında artışa neden olmuştur. Ekmeğin daha fazla su bağlaması nedeniyle daha ağır olduğu düşünülmektedir ki OEkm'nin rutubetinin hem başlangıçta hem de raf ömrü süresince daha yüksek olması bu görüşümüzü destekler niteliktedir. Ayrıca nohut mayasından gelen heterofermentatif laktik asit bakterilerinin CO₂ üretme yeteneklerinin de hacim üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca laktik asit bakterilerin fermentasyon sırasında üretmiş olduğu organik asitlerin sekonder etkisi olarak enzimatik aktivitenin artışı nişasta, dekstrin, maltoz ve glikoza parçalanma reaksiyonlarını arttırmakta, böylece dolaylı yoldan maya gelişimi buna bağlı gaz üretimi teşvik edilmektedir. Yapılan çalışmalar maya ve ekşi hamurun bir arada kullanımının ekmek hacmini, tek başlarına kullanılan kontrol ekmeklerine göre arttırdığını göstermektedir. Bu durum maya ve laktik asit bakterilerinin pozitif interaksyonu şeklinde açıklanabilir. Ekmekler 300 g un üzerinden yapılmış olmaları ancak OEkm yapımında formülasyona toz nohut mayası da ilave edilmiş olması nedeniyle OEkm'nin ağırlık ve hacmi daha yüksek çıkmıştır. Ancak formülasyondan gelen bu farklılığı ortadan kaldırarak nohut mayası kullanımının hacim üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla Spesifik Hacim değerleri hesaplanmış ve OEkm'nin spesifik hacmi daha yüksek bulunmuştur.

Renk ekmek kalitesini ve tüketici beğenisini yansıtan en önemli niteliklerden bir tanesidir. Ekmeklerin kabuk bölgesinde yapılan renk ölçümlerinde nohut mayası kullanımının kontrol ekmeğine göre *L** parlaklık ve *b** sarılık parlaklık değeri açısından önemli bir değişim meydana getirmediği belirlenmiştir. En belirgin değişim *a** kırmızılık değerinde meydana gelmiş, toz nohut mayası kullanımı ekmeğin kabuk ve iç renginde artış meydana getirmiştir. Ekşi hamur fermentasyonu sırasında mikrofloranın metabolit olarak basit şekerleri üretmesi bunların da kimyasal esmerleşme reaksiyonlarına katılmalarının, *a** değerinde artışa neden olduğu düşünülmektedir. Fermentasyon süresince pH'nın düşmesi kahverengileşme reaksiyonlarını pozitif yönde etkiler. Çünkü amadori düzenlenmesi için H⁺'e ihtiyaç duyulduğu sanılmaktadır. Fermentasyon düzeyinin renk oluşumunu etkilediği, fermentasyona bırakılmış hamurlardan elde edilen ekmeklerde fermentasyona bırakılmamış hamurlardan elde edilen ekmeklere göre daha fazla ara ürün ve kahverengi bileşik oluştuğu bildirilmiştir (Martinez Anaya, 1996).

Ekmeklerin DPPH radikali üzerindeki % inhibisyon değerleri karşılaştırıldığında OEkm (% 80.54)'in KEkm (% 32.26)'e göre daha yüksek inhibisyona sahip olduğu tespit edilmiştir. OEkm'deki bu yüksek etkinlik % 10.21 toz nohut mayası ilave edilmiş olmasından kaynaklandığı gibi yaklaşık 2 saat süren toz nohut mayası kaynaklı fermentasyondan da kaynaklanmış olabilir. Ancak direkt toz nohut mayası kullanımının da antioksidan aktiviteyi arttırabileceği varsayımını görmek amacıyla toz nohut mayasının kendisinde de antioksidan aktivite ölçümü yapılmış ve % inhibisyon değeri % 88.71 gibi oldukça yüksek bir değer belirlenmiştir. Fırıncılık ürünlerinde antioksidant kapasitenin çeşitli faktörlerden olumlu veya olumsuz yönde etkilendiği bilinmektedir. Ekşi hamur fermentasyonunun antioksidatif aktivitede artışa neden olması farklı biyokimyasal ve metabolik olaylarla açıklanabilir. Ekşi hamurdaki LAB'lerinin metabolizması, fermentasyon süresince lipid oksidasyonu yapabilir veya kuvvetli antioksidatif etki oluşturabilir. Homofermentatif laktobasillerin lipid oksidasyonunu arttırdığı bilinmektedir (Vermeulen vd., 2007). Diğer bir yaklaşım da, ekşi hamur fermentasyonu ile meydana gelen asidifikasyon ve proteoliz arasındaki etkileşimin sonucunda biyoaktif peptitlerin oluşumudur (Rizzello vd., 2008; Coda vd., 2012). Biyoaktif peptitler insan vücut fonksiyonlarını ve kondüsyonunu direkt etkileyen spesifik protein fragmentleridir. Genellikle, biyoaktif peptitler bitkisel proteolitik enzimler ile mikrobiyal ve sindirim enzimlerinin bazı doğal proteinleri hidrolizi sonucunda meydana gelirler ve çoğunlukla gıdaların fermentasyonu sürecinde miktarları artar. Bu peptitlerin mineral bağlama, antioksidatif, antihipertansif etkileri vardır. Seçilmiş bazı LAB'lerinin ekşi hamur fermentasyonu süresince antioksidan peptitler ürettikleri tespit edilmiştir (Coda vd., 2012).

Ekmekler genel olarak tüm mineral madde içeriği açısından karşılaştırıldığında OEkm'in içeriği KEkm'e göre daha yüksek bulunmuştur. Nohutun, kalsiyum, fosfor, magnezyum ve potasyum açısından son derece zengin bir yapıya sahip olduğu bilinmektedir. Fermente nohut ekmekte besin kalitesini artırmaktadır (Özer vd., 2009). Mineral madde sonuçlarından görüleceği üzere optimizasyon sonucu tavsiye edilen %10.21'lik nohut mayası kullanımı ekmeği mineral içerik açısından kontrol ekmeğine göre üst seviyelere taşımıştır.

Raf ömrü olarak belirlenen 8 günlük süreçte aynı ortam koşullarında bekletilen ürünlerden pişme sonrası. 0. 3. 5. ve 8. günlerde örnek alınarak taramalı elektron mikroskopunda (SEM) incelenmiştir. Raf ömrü süresince örneklerin protein matriksi ve nişasta granüllerindeki değişim ve ayrıca retrogradasyon durumları gözlemlenmiştir. Elde

edilen görüntüler Image Proplus yazılımı ile yorumlanmıştır. Ekmek örneklerinin ilk günkü nişasta granül görüntüleri (600KX) incelendiğinde, KEkm granülünün üst yüzeyinin düzgün yapısı ayırt edici niteliktedir. OEkm granül yüzeyinde yassılaşıma, içe çökme, yuvarlak yapısını kaybetme şeklindeki deformasyon belirgin olarak görülmektedir. Deckardt vd., (2014) tarafından organik asit uygulamasının nişasta granülü üzerindeki etkileri incelenmiş ve laktik asit uygulamasının nişasta granüllerinde modifikasyona yol açabileceği belirtilmiştir. Bu çalışmada da asitliğin artışıyla nişasta granüllerinin fiziksel yapısının etkilendiği ve üst yüzeylerinin deforme olduğu, mikrotekstürel olarak tespit edilmiştir.

Ekmeklerin ilk günkü SEM görüntüleri incelendiğinde, nişasta moleküllerinin çapları ölçülmüş ve çalışmada uygulanan formül optimizasyonunun ekşi hamur kullanımından kaynaklanan etkisi tespit edilmeye çalışılmıştır. Normalde buğday nişasta granülleri literatüre göre bimodel dağılım göstermekte, A-tip:20-35 µm ve B-tip:2-10 µm olarak sınıflandırılmaktadır (Delcour ve Hoseneey, 2010). İlk güne ait görüntülerdeki nişasta granülleri incelendiğinde KEkm’de daha büyük çaplı granüller (23.2 ± 4.25) bulunurken, OEkm’de daha küçük (18.91 ± 8.80) çaplı granüller bulunduğu belirlenmiştir.

Ekmeklerin raf ömrü süresince değişen ve özellikle 8.gün görüntülerinde bayatlama olayının mikro tekstürel açıdan görseli tespit edilebilmektedir. Bayatlama olgusu ekmek tipi fırıncılık ürünlerinde, fırınlamadan sonra raf ömrü süresince meydana gelen kimyasal ve fiziksel değişimlerin bir kombinasyonudur. Protein matriksi ve nişasta arasındaki interaksiyon ve nişasta granüllerinin retrogradasyonundan dolayı iç tekstür yapısının sıkılaşması dökülgen hal alması, iç yapıdan kabuğa nem transferinden dolayı kabuğun yumuşaması olaylarıyla ile karakterize edilmektedir. Bu tez çalışmasında ekmeklerin günlere göre, görüntüleri karşılaştırıldığında 3. günden itibaren yapının düzgün formunu yitirdiği, şeklini yitirmiş mikro yapının agregat formunda yığınlara dönüştüğü, nişasta granüllerinin protein matriksi içerisinde net olarak seçilemediği, özellikle içi boşalmış, dış yüzey gerginliğini kaybetmiş nişasta granülleri ile sıkı ağısı yapısını yitiren protein matriksinin girift hale gelerek, amorf yapılara dönüştüğü belirgin olarak tespit edilmiştir.

Ekmeklerin rutubet kaybı (RK) değerleri raf ömrü süresince değerlerinde de buna benzer sonuçlar elde edilmiştir. RK’nın büyük bölümü ilk 3 günde meydana gelirken, ilerleyen günlerde RK yavaşladığı belirlenmiştir. Nişasta-nişasta interaksiyonundan oluşan agregat formundaki yığınlar KEkm görüntülerinde daha net olarak gözlemlenebilmektedir.

Oysa OEkm'de özellikle 8. gün görüntülerinde nişasta-protein ağı interaksyonun daha yoğun olduğu, nişasta granüllerinin protein matriksi içerisinde neredeyse tamamen dağılarak formlarını kaybettikleri görülmektedir. Bu durum OEkm'de nişasta protein interaksyonunun ekmek içi rutubetin tutulmasında etkili olduğu, nişasta-nişasta interaksyonunu engelleyerek retrogradasyonu yavaşlattığı, KEkm'de ise retrogradasyonun daha yoğun meydana geldiği ve yapının retrogradasyona daha meyilli olduğu şeklinde yorumlanmıştır.

Toz nohut mayası kullanımının ekmek küflenmesi üzerindeki etkileri incelendiğinde ilk 3 günde ekmeklerde küf üremesi tespit edilememiştir. Kontrol ekmeğinde 4. gün alınan numunede $>10^2$ düzeyinde küf belirlenirken. OEkm'de herhangi bir küf üremesi tespit edilememiştir. 5. gün alınan numunelerde OEkm'de 6.5×10^1 düzeyinde küflenme başlangıcı belirlenirken. KEkm'de küf düzeyi oldukça yükselmiş, petri kutusunda sayılamayacak düzeye gelmiş, bu durum ekmekte görsel olarak da gözlemlenmiştir. 7. ve 8. gün alınan numunelerde küf sayısı $>10^2$ olarak verilmekle birlikte görsel olarak KEkm'deki küflenmenin OEkm'e göre çok daha ileri düzeyde olduğu belirlenmiştir. Genel olarak ekmeklerin en fazla ilk 5 günlük süreçte tüketileceği göz önünde bulundurulursa toz nohut mayası kullanımının küflenmeyi geciktirme konusunda etkili olduğu söylenebilir. Starter olarak laktik asit bakterisi kullanımının veya spontan ekşi hamur ilavesinin ekmeklerde küf gelişimini yavaşlatarak mikrobiyal raf ömrünü uzattığı daha önceki çalışmalarda da belirlenmiştir (Dal Bello vd., 2007). Yapılan çalışmalar ekşi hamur kullanım oranının küfe karşı dirençte en etkili faktör olduğunu ve % 50 kullanımın etkili oran olduğunu göstermektedir. Bu durumda ekmek final pH'sının 4.3-5.2 ekmeğin küfe dayanım süresinin de 12-8 gün arasında olduğu belirtilmektedir (Plessas vd., 2008). Bu çalışmada da bir tür ekşi maya olan toz nohut mayası kullanımı ekmeğin pH'sını literatürde belirtilen düzeye düşürememekle birlikte kontrol ekmeğine göre tespit edilebilir düzeyde düşürmüştür. Ayrıca LAB, homofermentasyon yoluyla laktik asit; heterofermentasyon yoluyla laktik asit, asetik asit, etanol ve CO₂ gibi metabolitleri sentezlemektedir. Dolayısıyla hem pH'ın düşmesi hemde LAB ürettikleri metabolitlere bağlı olarak küf üremesine karşı ekmeğin raf ömrünü uzatmıştır.

Üretimden 3 saat sonra yapılan rutubet ölçümüne göre KEkm ve OEkm numuneleri arasında yaklaşık % 3'lük bir fark belirlenmiştir. OEkm'in rutubetindeki bu yükseklik raf ömrü süresince de devam etmiştir. Buna bağlı olarak KEkm'nin % RK değerleri OEkm'e göre raf ömrü süresince yüksek olmuştur. 8. gün yapılan son ölçümlere göre OEkm'in

rutubeti % 29.14 olarak bulunurken. raf ömrü süresince kaybettiği rutubet yüzdesi (%21.75) KEkm'e göre daha düşük bulunmuştur. KEkm'inde ilk gün önemli bir rutubet kaybı meydana gelirken (% 8.70). OEkm'de daha düşük (% 3.38) rutubet kaybı meydana gelmiştir. 3. ve 5. günlere ait rutubet verilerine göre OEkm'in rutubeti daha yüksek seyretmekle birlikte % RK değerleri benzer niteliktedir. 5 ve 8. günler arasındaki rutubet kaybı ise farklı bir seyir izlemiştir. Şekil 4.6'dan görüleceği üzere KEkm'i hızla rutubetini kaybetmeye devam ederken. OEkm'de % RK daha yavaş seyretmiştir.



5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Spontan fermentasyon yöntemi günümüz ekmek endüstrisinde hala kullanılan geleneksel bir üretim tekniğidir. Ülkemizde yüksek üretimi bulunan nohut ise sofralık ve çerezlik tüketimi ile günlük diyetimizde önemli bir bakliyat olarak yer almaktadır. Nohutun mikroorganizmalar için karbohidrat kaynağı olarak fermente ürünlerde kullanımı ise geçmişte eski tarihlere dayanan bir yöntemdir. Bu çalışmada geleneksel spontan fermentasyon yöntemiyle nohut fermente edilerek bir tür ekşi hamur üretilmiş, pH 4-4.5 düzeyinde ve ort 10^9 kob/g mikroorganizma içeriğinde maya ve laktik asit bakterilerince zengin bir yapı elde edilmiştir. Elde edilen biyokütle mikrobiyal canlılığı en az düzeyde zarar görecektir şekilde kurutulmuş, öğütülmüş ve kullanıma hazır toz forma getirilmiştir.

Çalışmanın ilk aşamasında yapılan optimizasyon ile ekmek yapımında un ağırlığı üzerinden % 0.63 instant aktif kuru maya % 10.21 toz nohut mayası kullanımı optimal kullanım miktarları olarak tespit edilmiştir. Optimizasyon doğrulaması deneysel olarak da yapılmıştır.

Elde edilen optimize formüle göre üretilen ekmek (OEkm) ile nohut mayası kullanılmadan üretilen kontrol ekmeği (KEkm) biyoaktif, fizikokimyasal ve raf ömrü nitelikleri açısından karşılaştırılmıştır. Toz nohut mayası kullanımının ekmeğin antioksidan aktivitesini arttırdığı, mineral içeriğini zenginleştirdiği arttırdığı tespit edilmiştir.

Ayrıca raf ömrü süresince nişasta-protein interaksyonunu arttırdığı, retrogradasyonu düşürdüğü, asitliği artırarak buna bağlı küf gelişimini azalttığı, daha fazla su bağlanmasına yardımcı olduğu, rutubet kaybını azalttığı ve böylelikle ekmeğin raf ömrünü arttırdığı tespit edilmiştir. Geleneksel bir yöntem olan “nohut mayası” veya diğer ismiyle “tatlı maya”nın geleneksel kullanım nedenleri arasında ekmeğin “geç bayatlaması” olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada elde edilen bilimsel verilerle “geç bayatlama” olarak ifade edilen oldu aydınlatılmıştır.

Toz nohut mayası kullanımıyla yüksek rutubet içeriğine sahip ekmek üretimi gerçekleştirilmiştir. Buna karşın küflenme düzeyinde de azalma meydana geldiği tespit edilmiştir.

Ekmek kalitesinin hacim, tekstür ve iç gözenek açısından bir arada değerlendirilmesini sağlayan EDS'nin hesaplanmasında "iç gözenek" yapısı Dallman skalasına göre görsel olarak kullanılmaktayken, bu çalışmada görüntü analizi (image analyse) yöntemiyle Image ProPlus yazılımı kullanılarak gözenek sınıflandırması yapılarak belirlenmiştir.

Toz nohut mayası kullanımı ekmekte daha küçük çaplı nişasta granüllerinin oluşmasına ve nişasta granüllerinde deformasyona neden olduğu görülmektedir. Ayrıca nişasta protein ile grift hale gelerek retrogradasyonu geciktirici etki yaptığı tespit edilmiştir.

Çalışma sonunda ortaya konulan bu niteliklerin ekmek sanayiine kazandırılması gerekli görülmekle birlikte, günümüz ekmek sektörünün % 70'lik bölümünün küçük fırınlardan oluştuğu göz önünde bulundurulduğunda starter kullanımının fırıncılık sektörüne aktarımı yöntemlerinin araştırılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Günümüz tüketicilerinin ekmek tercihleri sağlıklı ve katkısız, lif oranı yüksek ürünler yönünde değişmektedir. Bu tez çalışması kapsamında yapılan çalışmaların farklı tahıl ve fraksiyonlarını içeren ekmekler için de uygulanması yönündeki farklı ve kapsamlı çalışmalar, özellikle tüketiciler ve ekmek sektörü için veri oluşturacaktır. Ayrıca çalışma sonucu, toz nohut mayası kullanımının kontrol ekmeğine göre belirgin farklılıklar ortaya koyması, bu yöntemin maya ile kabartılmayan diğer fırıncılık ürünlerinde kullanımının da olumlu katkı sağlayacağını düşündürmektedir.

6. KAYNAKLAR

- AACC, 2001. Metod 10-05.01. 11th edition. American Association of Cereal Chemists, Inc, St. Paul, Minnesota, USA.
- Aguilar, N., Albanell, E., Minarro, B. and Capellas, M., 2015. Chickpea and Tiger Nut Flours as Alternatives to Emulsifier and Shortening in Gluten-Free Bread, LWT-Food Science and Technology, 62: 225-232.
- Akgün, F.B., 2007, Ekşi Hamur Tozu Eldesi Ve Ekmek Üretiminde Kullanılabilme Olanakları, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 68s.
- Altuğ T., Elmacı Y., 2005, Gıdalarda Duyusal Değerlendirme, Meta Basım, İzmir, 130s.
- Arab, E.A., Helmy, I.M.F. and Bareh, G.F., 2010. Nutritional Evaluation and Functional Properties of Chickpea (*Cicer arietinum*) Flour and the Improvement of Spaghetti Produced from Its, Journal of American Science, 6(10); 1055-1070.
- Aydın, F., Çetin, B., 2001, Ekşi Hamur Metodu ve Seçilmiş Mikroorganizmaların Ekmek Üretiminde Kullanılması, XII. Biyoteknoloji Kongresi- Balıkesir.
- Arendt, E.K., Ryan, L.A.M., Dal Bello, F., 2007. Impact of Sourdough on the Texture of Bread, Food Microbiology, 24:165-174.
- Aydın, F. ve Çebi, K., 2009, Nohut Mayası Hamurunun Ekmek Yapımında Kullanılması, II. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 27-29 Mayıs 2009, Van, 278-280s.
- Aydoğan, A., Gürbüz, A., Kaplan Evlice, A. ve Karaca, K., 2011, Nohut(*Cicer arietinum* L.) Çeşitlerinde Yaprak ve Un Rengi ile Bazı Karakterler Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 2011, 20 (2): 17-23.
- Azkan, N., 1999, Yemeklik Tane Baklagiller, U.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Notları No: 40, Bursa, 107 s.
- Baykara, P., 2006, Geleneksel Nohut Mayasının Endüstriyel Beyaz Buğday Unu Ekmeği Üretiminde Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 90s.
- Bianchia, F., Careria, M., Chiavarob, E., Muscia, M. and Vittadinib E., 2008. Gas Chromatographic–Mass Spectrometric Characterisation of the Italian Protected Designation of Origin “Altamura” Bread Volatile Profile, Food Chemistry, 110; 787–793.
- Bhatia, A. and Khetarpaul, N., 2001. Development, Acceptability and Nutritional Evaluation Of 'Doli Ki Roti'—an İndigenously Fermented Bread, Nutrition and Health 15(2), 113- 20.
- Bojnanská, T., Frančáková, H., Líšková, M. And Tokár, M., 2012. Legumes – The Alternative Raw Materials for Bread Production, Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences, 876-886.

- Brandt, M.J., 2007. Sourdough Products for Convenient Use in Baking, Food Microbiology, 24; 161-164.
- Cagno, R.D., Angelis, M.D., Gallo, G., Settanni, L., Berloco, M.G., Siragusa, S., Parente, E., Corsetti, A. and Gobbetti, M., 2007. Genotypic and Phenotypic Diversity of *Lactobacillus rossiae* Strains Isolated From Sourdough, Journal Of Applied Microbiology, 1364-5072
- Carnevali, P., Ciati, R., Leporati, A. and Paese, M., 2007. Liquid Sourdough Fermentation: Industrial Application Perspectives, Food Microbiology, 24: 150-154
- Chawla, S. and Nagal, S., 2015. Sourdough in Bread-Making: An Ancient Technology to Solve Modern Issues, Journalspub, 1-10.
- Coda, R., Rizzello, C.G., Pinto, D. and Gobbetti, M., 2012. Selected Lactic Acid Bacteria Synthesize Antioxidant Peptides During Sourdough Fermentation of Cereal Flours, Applied Environmental Microbiology, 78; 1087–1096.
- Coşkuner, Y., 2003, Çukurova Bölgesinde Yetiştirilen Bazı Buğday Çeşitlerinin Tek ve İki Katlı Yassı Ekmek Üretimine Uygunluğu ile Ekşi Hamurun Kalite Üzerine Etkisinin Araştırılması, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 149 s.
- Crowley, P., Schober, T.J., Clarke, C.I. and Arendt, E.K., 2002. The Effect of Storage Time on Textural and Crumb Grain Characteristics of Sourdough Wheat Bread, European Food Research and Technology, 214: 489-496.
- Çebi, K., 2009, Nohut Mayası ve Hamurundan Laktik Asit Bakterilerinin İzolasyonu ve İdentifikasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 72s.
- Çelebi, N., 2015, Nohut Unu Kullanımının Siverek Tırnaklı Ekmek Kalitesine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, 82s.
- Dal Bello, F., Clarke, C.I., Ryan, L.A.M., Ulmera, H., Schober, T.J., Strom, K., Sjogrend J., Sinderen, D., Schnurer, J. and Arendt, E.K., 2007. Improvement of the Quality and Shelf Life of Wheat Bread by Fermentation with the Antifungal Strain *Lactobacillus plantarum* FST 1.7. Journal of Cereal Science, 45; 309–318.
- Deckardt, K., Khiaosaard, R., Grausgruber, H. and Zebeli, Q., 2014. Evaluation of Various Chemical and Thermal Feed Processing Methods for Their Potential to Enhance Resistant Starch Content in Barley Grain, Starch/Stärke, 66; 558–565.
- Delcour, J. A. and Hoseney, R. C., 2010. Chapter 2: Starch. Principles of Cereal Science and Technology, AACC International, Inc.: 23-51.
- Elgün, A., Ertugay, Z., 2011. Tahıl İşleme Teknolojisi. A. Ü. Yayınları No:78 Ziraat Fakültesi No:297, Ders Kitapları Serisi No: 52, Erzurum.
- Elgün, A., Ertugay, Z., Certel, M. ve Kotancılar H.G., 2012, Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü ve Laboratuar Uygulama Klavuzu, A. Ü. Yayınları No:867 Ziraat Fakültesi No:335, Ders Kitapları Serisi No: 82, Erzurum.

- Encan, G., Kaya, M. ve Çiftçi, C.Y., 2005, Nohudun Dünya ve Türkiye Ekonomisindeki Yeri, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 9-1(2005), 19-29.
- Eren, İ. ve Kaymak-Ertekin, F., 2007. Optimization of Osmotic Dehydration of Potato Using Response Surface Methodology, Journal of Food Engineering, 79,344-352
- Erginkaya, Z., Ünal Turhan, E.ve Özer, E.A., 2016, Nohut Mayalı Ekmek Üretimi ve Hakim Mikroflora, U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 2016 Cilt 30, Sayı 1, 89-99 s.
- Ergönül, B., 2007, Ekmek Üretiminde Kritik Kontrol ve Kalite Kontrol Noktalarının Belirlenmesi, Dünya Gıda Dergisi, 12(1); 62-65.
- Evci, T., 2013, Nohuttan Çerez Gıda Üretiminde Kontrollü Ani Basınç Farkı Oluşturulması Tekniğinin Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karaman, 90s.
- Figuerola, F. E., Estevez, A. M., and Castillo, E., 1987. Supplementation of Wheat Flour With Chickpea (*Cicer arietinum*) Flour. I. Preparation of Flours And Their Properties For Bread Making, Archivos Latinoamericanos De Nutricion, 37(2), 378-387.
- Gao, Y.L., Xing-Rong, J., Qiu, W. and Jiang, H., 2007. Investigation of the Effects of Food Constituent on *Bacillus subtilis* Reduction During High Pressure and Moderate Temperature, Food Control, 18; 1250–1257.
- Gomez, M., Oliete, B., M. Rosell, C., Pando, V. and Fernández E., 2008. Studies on Cake Quality Made of Wheat-Chickpea Flour Blends, LWT-Food Science and Technology, 41: 1701–1709.
- Göçmen, D., 2001, Ekşi Hamur ve Laktik Starter Kullanımının Ekmekte Aroma Oluşumu Üzerine Etkileri, Gıda, 26:13-16.
- Güre S., 2009, Ekşihamurlardan İzole Edilen Laktik Asit Bakterilerinin Gluten Üzerine Proteolitik Etkilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 65s.
- Gürgün, V. ve Halkman, K., 1990, Mikrobiyolojide Sayım Yöntemleri, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:7, Ankara.
- Hallab, A. H., Khatchadourian, H. A. and Jabr, I., 1974. Nutritive Value and Organoleptic Properties of White Arabic Bread Supplemented with Soybean and Chickpea, Cereal Chemistry 51, 106-112.
- Hansen, A. and Schieberle, P., 2005. Generation of Aroma Compounds During Sourdough Fermentation: Applied and Fundamental Aspects, Trends in Food Science and Technology, 16: 85-94
- Hatzikamari, M., Yiangou, M., Tzanetakis N. and Litopoulou-Tzanetaki, E., 2007. Changes in Numbers and Kinds of Bacteria During a Chickpea Submerged Fermentation Used as a Agent For Bread Production, International Journal of Food Microbiology, 116: 37-43.
- Hendek Ertop, M., 2014, Ekşi Hamur Formül Optimizasyonunun Ekmeğin Aromatik Profili, Biyoaktif Nitelikleri ve Raf Ömrü Üzerine Etkileri, Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 249 s.

- Hendek Ertop M. ve Hayta M., 2016, Ekşi Hamur Fermentasyonunun Ekmeğin Biyoaktif Bileşenleri ve Biyoyararlanımı Üzerindeki Etkileri, *Gıda* (2016) 41 (2): 115-122.
- Kalkışım, Ö., Özdemir, M. ve Bayram, O., 2012, Ekmek Yapım Teknolojisi, Sage Yayıncılık Rek. Mat. San. Tic. Ltd. Şti. Ankara.
- Karamach, M., Amarowicz, R., Weidner, S., Abe, S. and Shahidi, F., 2002. Antioxidant Activity of Rye Caryopses and Embryos Extracts, *Czech Journal of Food Science*, 20; 209–214.
- Katina, K., 2005. Sourdough: A Tool For The Improved Flavour, Texture and Shelf-Life of Wheat Bread, *VTT Publications* 569, 92 p .81 p
- Katina, K., Hemio, R.L., Autio, K. and Poutanen, K., 2006. Optimization of Sourdough Process for Improved Sensory Profile and Texture of Wheat Bread, *LWT-Food Science and Technology*, 39:1189-1202.
- Koç, B. ve Kaymak-Ertekin F., 2009, Yanıt Yüzey Yöntemi ve Gıda İşleme Uygulamaları, GD08060.
- Kopec, A., Pysz, M., Borczak, B., Sikora, E., Rosell, C.M., Collar, C. and Sikora, M., 2011. Effects of Sourdough and Dietary Fibers on the Nutritional Quality of Breads Produced by Bake-Off Technology, *Journal of Cereal Science* 54 (2011) 499-505.
- Kotancılar, H.G, Karaoğlu, M.M. ve Gerçekaslan, K.E., 2006, Ekşi Hamur Katkısının Beyaz Tava Ekmeğinin Bayatlaması Üzerine Etkisi, *A.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37 (1), 103-110, 2006.
- Lacaze, G., Wick, M., Cappelle, S., 2007. Emerging Fermentation Technologies: Development of Novel Sourdoughs, *Food Microbiology*, 24:155-160.
- Lazsisty, R., 1986. The Chemistry of Cereal Proteins, CRC Press, U.S.A. p:203.
- Magala, M., Kohajdova, Z. and Karovicova, J., 2015. Degradation of Phytic Acid During Fermentation of Cereal Substrates, *Journal of Cereal Science*, 61, 94-96.
- Martinez Anaya, M.A., 1996. Enzymes and Bread Flavour, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 44; 2470-2480.
- Mohammed, I., Ahmed, A.R. and Senge, B., 2012. Dough Rheology and Bread Quality of Wheat–Chickpea Flour Blends, *Industrial Crops and Products*, 36: 196–202.
- Mortazavi, S.A. and Sadaghi, A., 2011. Investigating the Sourdough Potential for Enhancemicrobiological Shelf Life and Roasty Aroma of Traditional Lavash Bread, *African Journal of Biotechnology* Vol. 10(47), pp. 9668-9672.
- Mundra, P., Desai, K. and Lele S.S., 2007. Application of Response Surface Methodology to Cell Immobilization for the Production of Palatinose, *Bioresource Technology* Volume 98, Issue 15, November 2007, Pages 2892–2896.
- Narlıoğlu, G., 2013, Geleneksel Nohut Mayasının ve Üretiminde Kullanıldığı Poğaçaların Bazı Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, 70s.

- Osman, M.A. and Gassem, M., 2013. Effects of Domestic Processing on Trypsin İnhibitor, Phytic, Acid, Tannins and İn-Vitro Protein Digestibility of Three Sorghum Varieties, Journal of Agricultural Technology, 9(5), 1187-1198.
- Özer, M.S., 1998, Kepekli Ekmeklerin Bazı Niteliklerinin İncelenmesi ve Kalitelerinin İyileştirilmesi Olanakları, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 152 s.
- Özer, E.A., Erginkaya, Z. ve Özer, M.S., 2009, Nohut Mayalı Ekmeğin Yapılışı ve Fermantasyonunda Rol Alan Mikroorganizmalar, II. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 27-29 Mayıs 2009, Van, 47-51s.
- Özkaya, B., 1992, Starter Kültür Olarak Paket Mayası Eksi Hamur Mayası ve Nohut Mayasının Hamurun Reolojik Özellikleri ve Ekmegin Kalitesine Etkileri, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 90 s.
- Özkaya, H., 1998. Analitik Gıda Kalite Kontrolü, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları:1086, 137s., Ankara.
- Özüğür, G. ve Hayta, M., 2011, Tahıl Esaslı Glutensiz Ürünlerin Besinsel ve Teknolojik Özelliklerinin İyileştirilmesi, Gıda (2011) 36 (5): 287-294.
- Plessas, P., Bekatorou, A., Gallanagh, J., Nigam, P., Koutinas, A.A. and Psarianos, C., 2008. Evolution of Aroma Volatiles During Storage of Sourdough Breads Made by Mixed Cultures of *Kluyveromyces marxianus* and *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus* or *Lactobacillus helveticus*, Food Chemistry, 107; 883–889.
- Pyler, E. J., 1988. Baking Science and Technology, Sosland Publishing Co. U.S.A. 1345-s.
- Randazzo, C.L., Heilig, H., Resestuccia, C., Giudici, P. and Caggia, C., 2005. Bacterial Population in Traditional Sourdough Evaluated by Molecular Methods, Journal of Applied Microbiology, 99:251-258.
- Rehman, S., Paterson, A., and Piggott, J. R., 2006. Flavour in Sourdough Breads: A Review, Trends in Food Science and Technology, 17(10), 557–566.
- Ripari V., Cecchi T. and Berardi E., 2016. Microbiological Characterisation and Volatiles Profile of Model, Ex-Novo, and Traditional Italian White Wheat Sourdoughs, Food Chemistry 205 (2016) 297–307.
- Rizzello, C.G., Cassone, A., Di Cagno, R. and Gobbetti, M., 2008. Synthesis of Angiotensin-Converting Enzyme (ACE)-İnhibitory Peptides and G-aminobutyric Acid (GABA) During Sourdough Fermentation by Selected Lactic Acid Bakteria, Journal of Agricultural and Food Chemistry 56: 6936-6943.
- Rizzello, C.G., Calasso, M., Campanella, D., De Angelis M. and Gobbetti, M., 2014. Use of Sourdough Fermentation and Mixture of Wheat, Chickpea, Lentil and Bean Flours for Enhancing the Nutritional, Texture and Sensory Characteristics of White Bread, International Journal of Food Microbiology 180 (2014) 78–87.
- Rollan G., Gerez, C.L., Dallagnol, A.M., Torino, M.I. and Font, G., 2010. Update in Bread Fermentation by Lactic Acid Bacteria. Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology. V; 1168-1174.

- Salovaara, H., 1998. Lacticacid Bacteria İn Cereal - Based Pruducts, İn” Lacticacid Bacteria, Microbiology and Functional Aspects” Second Edition, (Ed. Salminen And Wright), Marcel Dekker, Inc. Newyork Basel, 115-137 pp.
- Saltan, F.Z. ve Seçilmiş Canbay, H., 2015, Eskişehir’de Halk Arasında Kullanılan Bazı Bitkilerdeki Ağır Metal ve Besin Elementlerinin Belirlenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 19 (1), 83-90.
- Schnürer, J. and Magnusson, J., 2005. Antifungal Lactic Acid Bacteria As Biopreservatives, Trends in Food Science & Technology, Volume 16, Issues 1–3, January–March 2005, Pages 70–78.
- Sıkılı, Ö.H. ve Karapınar, M., 2002, Ekşi Maya Ekmeğinin Mikroflorası ve Aromatik Karakteristikleri, Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Sergisi, 3-4 Ekim 2002, Gaziantep, 165-175.
- Sıkılı, Ö.H., 2003, Nohut Mayasının Mikrobiyolojik ve Lezzet Karakteristiklerinin Araştırılması, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 203 s.
- Tangüler, H., 2014. Traditional Turkish Fermented Cereal Based Products: Tarhana, Boza and Chickpea Bread, Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 2(3): 144-149, 2014.
- TMO, 2013, Ekmek Tüketimiyle İlgili Tutum ve Davranışlar ile Ekmek İsrafi ve İsraf Üzerinde Etkili Olan Faktörler Araştırması, 2013. 2. Baskı, Ankara.
- Torrieri, E., Pepe, O., Ventorino, V., Masi, P. and Cavella S., 2014. Effect of Sourdough at Different Concentrations on Quality and Shelf Life of Bread, LWT-Food Science and Teknology, 56 (2014) 508-516
- Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği (Tebliğ No: 2012/2), 2012. Resmî Gazete, Sayı: 28163.
- Vermeulen, N., Czerny, M., Ganzle, M.G., Schieberle P. and Vogel R.F., 2007. Reduction of (E)-2-Nonenal and (E, E)-2,4-Decadienal During Sourdough Fermentation, Journal of Cereal Science, 45:78-87.
- Vogel, RF., Pavlovic, M., Ehrmann, MA., Wiezer, A., Liesegang, H., Offschanka, S., Voget, S., Angelov, A., Bocker, G. and Liebl, W., 2011. Genomic Analysis Reveals *Lactobacillus sanfranciscensis* as a Stable Element in Traditional Sourdoughs, Microbial Cell Factories, 10 (1), 1-11.
- Wolter, A., 2013, Impact of *Lactobacillus plantarum* FST1.7 As Sourdough Starter on Baking Properties of Gluten-Free Breads, PhD in Food Science and Technology, University College Cork, Ireland.
- Yağmur, G., 2013, Ekşi Hamur Fermantasyonunda Etkili Olan Laktik Asit Bakterilerinin ve Mayaların Belirlenmesi ve Bunlardan Elde Edilen Sıvı Ekşi Hamurun Ekmek Kalitesi Üzerine Etkisinin Araştırılması, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 178s.
- Yakar, T., 2010, Ekşi Hamur, Buğday, Çavdar, Yulaf Tam Unu Katkılı Ekmeklerin Kalitatif Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 135s.

- Yazar, G., 2010, Farklı Piyasa Unlarının Zedelenmiş Nişasta Miktarı ve Fermantasyon Gücünün Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 97s.
- Yılmaz, M., 2002, Ekşi Hamur ile Ekmek Yapımı ve Ekşi Hamur Mikroflorası, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 94 s.
- Yousseff, S.A.M., Salem, A., and Abdel-Rahman, A.H.Y., 1976. Supplementation of Bread with Soybean and Chickpea Flours, Journal of Food Technology, 11 (6) 599-605.
- Zafar, T.A., Al-Hassawi, F., Al-Khulaifi, F., Al-Rayyes, G., Waslien, C. and G. Huffman, F., 2015. Organoleptic and Glycemic Properties of Chickpea-Wheat Composite Breads, Journal of Food Science and Technology (April 2015) 52(4):2256–2263.



ÖZGEÇMİŞ

1988 yılında Çorum Merkez’e bağlı İsmailköy Köyünde doğdu. İlköğretimini Çorum Merkez Toprak Sanayi-1 İlköğretim okulunda tamamladıktan sonra Çorum Anadolu Lisesini kazandı. Daha sonra 2011 yılında Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği bölümünde eğitimini tamamlayarak mezun oldu. 2011-2013 yılları arasında Termatek Termal Gıda Teknolojileri Ltd. Şti. Ar-Ge Mühendisi olarak çalıştı. Daha sonra askerlik görevini tamamladıktan sonra 2014 yılında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesine bilgisayar işletmeni olarak atandı. Orta düzeyde ingilizce bilmektedir. Evlidir.

Yayınlar

1-Palazoğlu, T.K., Coşkun, Y., Kocadağlı, T. And Gökmen V., 2012. Effect of Radio Frequency Postdrying of Partially Baked Cookies on Acrylamide Content, Texture, and Color of the Final Product. . Journal of Food Science. May 2012, Vol. 77 Issue 5, pE113-E117. 5p. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2012.02664.x.

2-Palazoğlu, T.K., Coşkun, Y., Tuta, S., Mogol, B. and Gökmen, V., 2015. Effect of Vacuum-Combined Baking of Cookies on Acrylamide Content, Texture and Color. European Food Research & Technology. Jan 2015, Vol. 240 Issue 1, p243-249. 7p. DOI: 10.1007/s00217-014-2324-7.