

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**EKŞİ HAMUR TOZU KULLANIMININ KEKİN KALİTE ÖZELLİKLERİ VE
RAF ÖMRÜ ÜZERİNE ETKİLERİ**

**Raziye DEMİR
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

ŞUBAT 2020

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**EKŞİ HAMUR TOZU KULLANIMININ KEKİN KALİTE ÖZELLİKLERİ VE
RAF ÖMRÜ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Raziye DEMİR

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞUBAT 2020

ANTALYA

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

**EKŞİ HAMUR TOZU KULLANIMININ KEKİN KALİTE ÖZELLİKLERİ VE
RAF ÖMRÜ ÜZERİNE ETKİLERİ**

**Raziye DEMİR
GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi
tarafından FYL-2019-3886 nolu proje ile desteklenmiştir.**

ŞUBAT 2020

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EKŞİ HAMUR TOZU KULLANIMININ KEKİN KALİTE ÖZELLİKLERİ VE
RAF ÖMRÜ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Raziye DEMİR
GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 28/02/2020 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Muharrem CERTEL (Danışman)



Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ



Doç. Dr. İlyas ÇELİK



ÖZET

EKŞİ HAMUR TOZU KULLANIMININ KEKİN KALİTE ÖZELLİKLERİ VE RAF ÖMRÜ ÜZERİNE ETKİLERİ

Raziye DEMİR

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Muharrem CERTEL

Şubat 2020; 190 Sayfa

Bu çalışmada, kekta raf ömrü uzadıkça meydana gelebilecek fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik bozulmaları koruyucu madde kullanmadan kabartma tozu yerine ekşi hamur tozu ikame ederek minimize etmek amaçlanmıştır. Bu amaçlar doğrultusunda, kontrol grubu kabartma tozunun (KT) ilave edildiği kekler ile KT yerine ikame edilen ekşi hamur tozu (EHT) ve KT'nun beraber kullanıldığı kekler (EHT+KT) üretilmiştir. KT ve EHT kullanılan keklerin üretim prosesi optimizasyonu yapılmıştır.

Optimizasyonda cevap yüzey yöntemi (CYY), merkezi kompozit tasarım (MKT) kullanılmıştır. Deney deseni Design Expert® 11 yazılım programı ile yapılmıştır. EHT+KT'li kek optimizasyonunda EHT miktarı, mayalanma süresi, KT miktarı parametreleri kullanılarak program tarafından önerilen koşullara göre deneyler yapılmış, belirlenen cevap değişkenleri analiz sonuçları (kimyasal, fiziksel, mikrobiyolojik ve duyusal analizler) Design Expert programına aktarılmıştır. MKT deney tasarımında, cevap değişkeninin modellenmesi ve önerilen modelin uygunluğunun test edilmesi için ANOVA testi uygulanmış ve minimum sürede yüksek kalitede kek eldesi için optimum proses koşulları tespit edilmiştir. Optimizasyon sonucu EHT+KT'li kek üretimi için 11 g EHT miktarı, 3 sa 12 dk mayalanma süresi, 3,2 g KT miktarı optimum koşullar olarak belirlenmiştir.

Optimizasyon sonucu elde edilen kekler (EHT, EHT+KT) ile kontrol grubu kek (KT) haftada bir 2 ay boyunca raf ömrü analizlerine tabi tutulmuştur. Raf ömrü incelenmesi için kekler modifiye atmosferde (%0,0 O₂, %26,1 CO₂, %73,9 N₂) ambalajlanarak oda sıcaklığında depolanmıştır. Depolama süresince; TBA reaktifleri (µmol MDA/kg) değeri, % serbest yağ asitliği (oleik asit cinsinden) değeri, peroksit değeri (meq O₂/kg yağ), % amiloz, sünme (rop) sayımı (log kob/g), renk, sertlik ve duyusal analiz değişimleri incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda keklerin sertlik, TBA reaktifleri ve % amiloz değerlerinde artış gözlemlenmiş olup depolama sonunda en düşük sertlik değerini 4574,67 Newton KT grubu, TBA reaktifleri değerini 127,93 µmol MDA/kg EHT grubu, % amiloz değerini %1,13 EHT grubu kek örnekleri göstermiştir. % Serbest yağ asitliği değerinde depolamanın 4. haftasından itibaren azalış gözlemlenmiş olup depolama sonunda en düşük % serbest yağ asitliği değeri %1,17 EHT grubu kek örnekleri göstermiştir. Peroksit değeri ise EHT ve KT grubu keklerde artış gözlemlenirken EHT+KT kek grubunda azalış gözlemlenmiş olup depolama sonunda en düşük peroksit değerini 0,31 meq O₂/kg yağ EHT+KT grubu kek örnekleri göstermiştir. Sünme (rop) sayımında, KT grubu kek örneklerinde sürekli artış

gözlemlenirken EHT+KT grubu keklerde 6. haftadan itibaren artış gözlemlenmiş, EHT grubu keklerde ise hiç artış gözlemlenmemiştir. Depolamanın 5. haftasından itibaren kontrol grubu keklerde meydana gelen küf gelişimi sonucunda duyuşsal analize devam edilememiştir. Elde edilen sonuçlar değeriendirildiğinde, EHT'nin kullanıldığı keklerde, depolama süresince meydana gelebilecek mikrobiyolojik problemlerin büyük ölçüde giderilebileceğı belirlenmiştir.

Literatürde kek üretim prosesi incelendiğinde, kimyasal koruyucu katkı maddeleri yerine EHT'nin kekta kullanımı ile ilgili herhangi bir çalışma bulunmadığından bu yüksek lisans tezi kapsamında yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar bir sonraki çalışmalarda referans olarak kullanılabilecek değeriendir.

ANAHTAR KELİMELEK: Ekşi hamur tozu, kabartma tozu, kek, optimizasyon, raf ömrü

JÜRİ: Prof. Dr. Muharrem CERTEL

Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ

Doç. Dr. İlyas ÇELİK

ABSTRACT

THE EFFECTS ON THE CAKE QUALITY CHARACTERISTICS AND SHELF LIFE THE USE OF SOURDOUGH POWDER

Raziye Demir

M.Sc. Thesis in Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Muharrem Certel

February 2020; 190 Pages

In this study, it is aimed to minimize the physical, chemical and microbiological deterioration that may occur as a result of prolonged shelf life by adding sourdough powder without using preservatives. For these purposes, control group cakes (KT) to which baking powder was added, sourdough powder cakes (EHT) produced using sourdough powder substituted for baking powder, sourdough powder and baking powder cakes (EHT+KT) used in sourdough powder and baking powder were produced. The production process of cakes with EHT and KT used together was optimized.

In the optimization, Response Surface Method (RSM), Central Composite Design (CCD) were used. The design of the experiment was done by Design Expert® 11 software program. In EHT + KT cake optimization experiments were carried out according to the conditions proposed by the program using the parameters of fermentation time, sourdough powder and baking powder amount, determined response of the analysis results (chemical, physical, microbiology and sensory analyzes) of the variables were transferred to the Design-Expert program. In the CCD, ANOVA test was applied to model the response variable and test the suitability of the proposed model and optimum process conditions for producing high-quality cakes in minimum time were determined. As a result of optimization the formulation for the cake with EHT + KT; 11 g EHT amount, 3 h 12 min fermentation time, 3.2 g KT are determined as optimum conditions.

The optimized cake (EHT + KT), the cake with EHT and the control group cake (KT) were subjected to shelf life analyzes once a week for 2 months. For exploration shelf life, cakes was packed in a modified atmosphere (0.0% O₂, 26.1% CO₂, 73.9% N₂) and stored at room temperature. During storage TBA reagents value (μmol MDA/kg), % free fatty acid (in term of oleic acid) value, peroxide value (meq O₂/kg fat), % amylose, rope count (log cfu/g), color, changes in texture (hardness) and sensory analysis were examined. As a result of the analyzes, the hardness, TBA reagents and % amylose values of the cakes increased, and the lowest hardness value was 4574.67 Newton KT group, the TBA reagents value was 127.93 μmol MDA / kg EHT group, the % amylose value of 1.13% EHT group cake samples showed. Decrease in free fatty acid value from the 4th week of storage has been observed and the lowest free fatty acid value at the end of storage 1,17 % EHT groups showed cake samples. While the peroxide value increased in the EHT and KT cakes, decrease was observed in the EHT + KT cake group, and the lowest peroxide value at the end of storage showed 0.31 meq O₂/kg oil EHT+KT cake samples. The rope count showed a continuous increase in the KT group,

whereas EHT+KT showed an increase after from the 6th week, but in the EHT group an increase wasn't observed at all. Due to mold growth in control group cakes, sensory analysis was not continued after from the 5th week of storage. When the results obtained are evaluated, it has been determined that the microbiological problems that may occur during storage can be largely eliminated in cakes where EHT is used.

When the cake production process is examined in the literature, there is no study on sourdough powder being used in cakes which can be used instead of preservative chemical additives. As a result obtained from the studies carried out within the scope of this master's thesis can be used as a reference in subsequent studies.

KEYWORDS: Baking powder, cake, optimization, shelf life, sourdough

COMMITTEE: Prof. Dr. Muharrem CERTEL

Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ

Assoc. Prof. Dr. İlyas ÇELİK

ÖNSÖZ

Gelişen teknoloji ile birlikte hazır yemeğe ve farklı tatlılara olan talep doğrultusunda ülkemizde unlu mamuller içerisinde kek üretimi giderek artış göstermektedir. Uygun şartlarda muhafaza edilip tüketilmediği takdirde ise bozulmakta ve israf edilmektedir. Keklerde önemli parametrelerden olan bayatlama ve küflenme problemlerinin önüne geçmek için raf ömrü uzatılmış, daha kaliteli kek üretimi amaçlanmaktadır. Bu amaçla koruyucu katkı maddeleri ve ambalajlama sistemleri kullanılarak keklerin raf ömrü uzatılmaya ve kalite özellikleri iyileştirilmeye çalışılmaktadır. Ancak tüketicilerin son yıllarda katkı maddesi içermeyen ürünlere olan talepleri nedeniyle doğal maddeleri kullanılarak kek kalite özelliklerinin, raf ömrünün iyileştirilmesi yönünde yoğunlaşmaktadır.

Bu çalışmada, kekte raf ömrü uzadıkça meydana gelebilecek fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik bozulmaları koruyucu madde kullanmadan kabartma tozu yerine ekşi hamur tozu ikame ederek minimize etmek amaçlanmıştır. Amaçlar doğrultusunda, kontrol grubu kabartma tozunun ilave edildiği kekler (KT) ile kabartma tozu yerine ikame edilen ekşi hamur tozu (EHT) ve kabartma tozunun da beraber kullanıldığı kekler (EHT+KT) üretilmiştir. Ekşi hamur tozu kullanılarak elde edilen kekler ile kabartma tozu ve ekşi hamur tozu ikilisinin beraber kullanıldığı keklerin üretim prosesi optimizasyonu yapılmıştır. Optimizasyon sonucu elde edilen kekler (EHT, EHT+KT) ile kontrol grubu kek (KT) haftada bir 2 ay boyunca raf ömrü analizlerine (fiziksel, kimyasal, yapısal, mikrobiyolojik ve duyu kalite özellikleri) tabi tutulmuştur. Raf ömrü için modifiye atmosferde (%0,0 O₂, %26,1 CO₂, %73,9 N₂) ambalajlanarak oda sıcaklığında depolanmıştır. Böylelikle kalite özelliklerinin depolama süresince meydana gelen değişimlerin ortaya konulması amaçlanmıştır. Araştırma sonuçları ekşi hamur ihtiva eden keklerin uygun ambalajlama teknolojileri ile muhafaza edildiği takdirde raf ömrünün uzatılabileceğini göstermiştir.

Bu araştırma kapsamında beni yönlendiren, her türlü yardım ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Muharrem CERTEL'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim boyunca her türlü yardım ve desteği gösteren Gıda Mühendisliği Bölümü doktora öğrencisi Nisa DURAK'a, birbirimize her konuda destek olduğumuz Gıda Mühendisliği Bölümü yüksek lisans arkadaşlarıma, laboratuvar çalışmaları esnasında bilgilerini paylaşan Arş. Gör. Elif AYKIN DİNÇER'e, fen bilimleri enstitüsü değerli personellerine teşekkür ederim.

Yüksek lisans tezinin gerçekleştirilmesine FYL-2019-3886 nolu proje ile destek sağlayan Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim. Keklerin modifiye atmosferde paketlenmesini sağlayan Hastel Gıda Sanayi Ticaret Limited Şirketi'ne teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca her zaman yanımda olduklarını hissettiren, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen annem Serpil DEMİR, babam Murzemek DEMİR, ablam Öğr. Gör. Sevgi DEMİR, Kübra DEMİR ve laboratuvar çalışmaları esnasında her türlü yardımı gösteren kardeşim Devrim DEMİR'e yürekten teşekkürlerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xviii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	3
2.1. Kek	3
2.2. Kek Üretiminde Kullanılan Temel Bileşenler ve İşlevleri.....	4
2.2.1. Un	6
2.2.2. Şeker	7
2.2.3. Yumurta.....	7
2.2.4. Yağ	8
2.2.5. Süt.....	8
2.2.6. Kabartma tozu	9
2.3. Kabartma Tozlarının Kek Üretiminde Kullanımı ve Etkileri	9
2.3.1. Kabartma tozlarının kullanımına yönelik çalışmalar	16
2.4. Ekşi Hamur	18
2.5. Ekşi Hamur Fermantasyonunu Etkileyen Faktörler	20
2.6. Ekşi Hamur Mayasında Bulunan Uçucu Metabolitler	23
2.7. Laktik Asit Bakterileri ve Mayalar	26
2.7.1. Laktik asit bakterileri.....	27
2.7.1.1. Homolaktik fermantasyon	27
2.7.1.2. Heterolaktik fermantasyon.....	28
2.7.2. Mayalar.....	31
2.8. Ekşi Hamur Mikroflorası	31
2.8.1. Ekşi hamur mikroflorası üzerine yapılan araştırmalar	35
2.9. Ekşi Hamurdan Üretilen Tatlı Fırın Ürünleri Üzerine Yapılan Araştırmalar	37
3. MATERYAL VE METOT	39

3.1. Materyal	39
3.2. Metot	39
3.2.1. MKT metodu ile ekşi hamur tozu ve kabartma tozu birlikte kullanılarak üretilen kek denemelerinin planlanması ve ideal kek üretim sürecinin optimizasyonu	39
3.2.1.1. Keklerin hazırlanması	40
3.2.1.2. Kekte yapılan fiziksel analizler	41
3.2.1.3. Kekte yapılan tekstürel analizler	42
3.2.1.4. Kekte yapılan duyusal analizler	42
3.2.1.5. Kekte yapılan kimyasal analizler	43
3.2.1.6. Kekte yapılan mikrobiyolojik analizler	45
3.2.1.7. Optimum formülasyon belirlenmesi ve doğrulama	46
3.2.2. Optimizasyon sonucu belirlenen formülasyona göre üretilen keklerde yapılan içerik analizleri	47
3.2.3. Kekte raf ömrü çalışmaları	48
3.2.3.1. Serbest yağ asitliği tayini	48
3.2.3.2. Peroksit değeri tayini	48
3.2.3.3. Tiyoarbitürik asit değeri (TBA)	49
3.2.3.4. Amiloz tayini	49
3.2.3.5. Deneme planı ve istatistiksel analiz yöntemi	49
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	51
4.1. Keklerde Mayalanma Süresi, Ekşi Hamur Tozu ve Kabartma Tozu Miktarı Optimizasyonu	51
4.1.1. Kek fiziksel özellikleri	51
4.1.1.1. Spesifik hacim	54
4.1.1.2. Hacim indeksi	56
4.1.1.3. Su aktivitesi	58
4.1.1.4. Kek dış kabuk rengi	59
4.1.1.5. Kek iç kesit rengi	67
4.1.2. Kek tekstürel özelliği	72
4.1.2.1. Sertlik	73
4.1.3. Kek duyusal özellikleri	76
4.1.3.1. Dış görünüş	79
4.1.3.2. Kesit yüzeyi gözenek yapısı	79

4.1.3.3. Tekstür (duyusal sertlik).....	81
4.1.3.4. İç renk	83
4.1.3.5. Tat.....	85
4.1.3.6. Koku	86
4.1.3.7. Ağızda bıraktığı his	88
4.1.3.8. Genel beğeni	89
4.1.4. Kek hamuru kimyasal özellikleri	91
4.1.4.1. pH	94
4.1.4.2. Titrasyon asitliği	95
4.1.4.3. Malik asit	97
4.1.4.4. Tartarik asit.....	98
4.1.4.5. Serbest şeker miktarı.....	100
4.1.5. Kek hamuru mikrobiyolojik özellikleri.....	104
4.1.5.1. Toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı (TMAB)	106
4.1.5.2. Laktik asit bakteri sayısı (LAB)	106
4.1.6. Keklerde mayalanma süresi, ekşi hamur tozu ve kabartma tozu miktarı optimum formülasyon belirlenmesi	108
4.2. Optimizasyon Sonucu Belirlenen Formülasyona Göre Üretilen ve Diğer Raf Ömrü Çalışmaları Yapılan Keklerin İçerikleri	110
4.3. Optimizasyon Sonucu Belirlenen Kek Örneklerinde Depolama Süresince Meydana Gelen Değişimler	111
4.3.1. Optimum kek örneklerinin muhafazası sırasında serbest yağ asitliği (oleik asit cinsinden) değerlerinde meydana gelen değişimler.....	111
4.3.2. Optimum kek örneklerinin muhafazası sırasında peroksit değerlerinde meydana gelen değişimler	114
4.3.3. Optimum kek örneklerinin muhafazası sırasında TBA reaktifleri değerlerinde meydana gelen değişimler	117
4.3.4. Optimizasyon sonucu belirlenen kek örneklerinin depolama süresince amiloz değerlerinde meydana gelen değişimler	120
4.3.5. Optimum kek örneklerinin muhafazası sırasında sünme (rop) sporu sayımında meydana gelen değişimler	122
4.3.6. Optimum kek örneklerinin muhafazası sırasında sertlik değerlerinde meydana gelen değişimler	124
4.3.7. Optimum kek örneklerinin muhafazası sırasında renk (a^* , b^* , L^*) değerlerinde meydana gelen değişimler	126

4.3.8. Optimum kek örneklerinin muhafazası sırasında duyuşal özelliklerinde meydana gelen değışimler	134
5. SONUÇLAR.....	145
6. KAYNAKLAR	148
7. EKLER.....	156
ÖZGEÇMİŞ	



AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Ekşi Hamur Tozu Kullanımının Keki Kalite Özellikleri ve Raf Ömrü Üzerine Etkileri” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

28/02/2020

Raziye Demir

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

s :	Saniye
% :	Yüzde
°C :	Santigrat derece
cm :	Santimetre
dk :	Dakika
g :	Gram
kg :	Kilogram
L :	Litre
m :	Metre
M :	Molarite
m ³ :	Metreküp
mL :	Mililitre
mm :	Milimetre
N :	Normalite
N :	Newton
R ² :	Regresyon katsayısı
rpm :	Dakikada devir sayısı
sa :	Saat
w/v :	Birim hacimdeki kütle
w/w :	Ağırlıkça oran
µm :	Mikrometre
µL :	Mikrolitre
nm :	Nanometre
CO ₂ :	Karbondioksit

O₂ : Oksijen

meq : Miliekivalen

Bu tezde ondalık ayırıcı olarak “,” kullanılmıştır.

Kısaltmalar

kob : Koloni Oluşturan Birim

EHT : Ekşi Hamur Tozu

KT : Kabartma Tozu

MS : Mayalanma Süresi

MAP : Modifiye Atmosfer Paketleme

TMAB : Toplam Mezofilik Aerob Bakteri

TPA : Tekstür Profil Analizi

ICC : International Association For Cereal Chemistry

TS : Türk Standartları

EMS : En Muhtemel Sayı

RSM: Response Surface Method

TTA : Titre Edilebilir Asitlik

ANOVA : Varyans Analizi

CYY : Cevap Yüzey Yöntemi

HPLC : Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi

MKT : Merkezi Kompozit Tasarım

TBA : Thiobarbituric Acid

MDA : Malondialdehyde

S.S : Standart Sapma

Ö.d. : Önemli Değil

Sd : Serbestlik Derecesi

Std. : Standart

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Kek hamurunda yağ ve su fazlarının ayrımı.....	6
Şekil 2.2. Ekşi hamur mayası üretim aşamaları şematik gösterimi	20
Şekil 2.3. Ekşi hamur mayası karakteristik özellikleri ve işlevselliğine, nihai ürünün genel kalite özelliklerine etki eden iç ve dış faktörler	21
Şekil 2.4. Ekşi hamur fermentasyonu boyunca meydana gelen biyokimyasal değişimler	24
Şekil 2.5. Ekşi hamur mayası ve ekşi hamur mayası ile üretilen ekmeklerde başlıca etkili faktörler ve önemli kaynaklar	25
Şekil 2.6. Teknolojik parametrelerin ekmek aroma bileşimleri kompozisyonunu nasıl etkilediği hakkında genel bakış	26
Şekil 2.7. Homofermantatif laktik asit fermentasyonu	28
Şekil 2.8. Heterofermantatif laktik asit fermentasyonu	29
Şekil 3.1. Kek ölçüm şablonu	41
Şekil 4.1. Kabartma tozu miktarı 3,2 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak spesifik hacim değişimi grafiği	55
Şekil 4.2. Mayalanma süresi 407 dk değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu ve kabartma tozu miktarı faktörlerine bağlı olarak spesifik hacim değişimi grafiği	55
Şekil 4.3. Ekşi hamur tozu miktarı 11,1 g değerinde sabitlendiğinde kabartma tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak spesifik hacim değişimi grafiği	56
Şekil 4.4. Kabartma tozu miktarı 3,2 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak hacim indeksi değişimi grafiği	57
Şekil 4.5. Mayalanma süresi 407 dk değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu ve kabartma tozu miktarı faktörlerine bağlı olarak hacim indeksi değişimi grafiği	58
Şekil 4.6. Ekşi hamur tozu miktarı 11,1 g değerinde sabitlendiğinde kabartma tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak hacim indeksi değişimi grafiği	58
Şekil 4.7. Kabartma tozu miktarı 2 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak dış renk L* değişimi grafiği	61

Şekil 4.8. Mayalanma süresi 300 dk değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu ve kabartma tozu miktarı faktörlerine bağlı olarak dış renk L^* değişimi grafiği	61
Şekil 4.9. Ekşi hamur tozu miktarı 20 g değerinde sabitlendiğinde kabartma tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak dış renk L^* değişimi grafiği	62
Şekil 4.10. Kabartma tozu miktarı 2 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak dış renk a^* değişimi grafiği	63
Şekil 4.11. Mayalanma süresi 300 dk değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu ve kabartma tozu miktarı faktörlerine bağlı olarak dış renk a^* değişimi grafiği	64
Şekil 4.12. Ekşi hamur tozu miktarı 20 g değerinde sabitlendiğinde kabartma tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak dış renk a^* değişimi grafiği	64
Şekil 4.13. Kabartma tozu miktarı 2,0 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak dış renk b^* değişimi grafiği	66
Şekil 4.14. Mayalanma süresi 300 dk değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu ve kabartma tozu miktarı faktörlerine bağlı olarak dış renk b^* değişimi grafiği	66
Şekil 4.15. Ekşi hamur tozu miktarı 20 g değerinde sabitlendiğinde kabartma tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak dış renk b^* değişimi grafiği	67
Şekil 4.16. Kabartma tozu miktarı 2 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak iç renk L^* değişimi grafiği	68
Şekil 4.17. Mayalanma süresi 300 dk değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu ve kabartma tozu miktarı faktörlerine bağlı olarak iç renk L^* değişimi grafiği	69
Şekil 4.18. Ekşi hamur tozu miktarı 20 g değerinde sabitlendiğinde kabartma tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak iç renk L^* değişimi grafiği	69
Şekil 4.19. Kabartma tozu miktarı 2,0 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak iç renk a^* değişimi grafiği	71
Şekil 4.20. Ekşi hamur tozu miktarı 20 g değerinde sabitlendiğinde kabartma tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak iç renk b^* değişimi grafiği	72
Şekil 4.21. Kabartma tozu miktarı 3,2 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak sertlik değişimi grafiği	74
Şekil 4.22. Mayalanma süresi 407 dk değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu ve kabartma tozu miktarı faktörlerine bağlı olarak sertlik değişimi grafiği	75
Şekil 4.23. Ekşi hamur tozu miktarı 11,1 g değerinde sabitlendiğinde kabartma tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak sertlik değişimi grafiği	75

Şekil 4.24. Kabartma tozu miktarı 2,0 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak kesit yüzeyi gözenek yapısı değişimi grafiği.....	81
Şekil 4.25. Kabartma tozu miktarı 3,2 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak tekstür (sertlik) değişimi grafiği	82
Şekil 4.26. Mayalanma süresi 407 dk değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu ve kabartma tozu miktarı faktörlerine bağlı olarak tekstür (sertlik) değişimi grafiği	83
Şekil 4.27. Ekşi hamur tozu miktarı 11,1 g değerinde sabitlendiğinde kabartma tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak tekstür (sertlik) değişimi grafiği	83
Şekil 4.28. Kabartma tozu miktarı 2,0 g değerinde sabitlendiğinde kabartma tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak iç renk değişimi grafiği.....	85
Şekil 4.29. Kabartma tozu miktarı 2,0 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak tat değişimi grafiği.....	86
Şekil 4.30. Kabartma tozu miktarı 2,0 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak koku değişimi grafiği.....	88
Şekil 4.31. Kabartma tozu miktarı 2,0 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak ağızda bıraktığı his değişimi grafiği	89
Şekil 4.32. Kabartma tozu miktarı 2,0 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak genel beğeni değişimi grafiği.....	91
Şekil 4.33. Mayalanma süresi 300 dk değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve kabartma tozu miktarı faktörlerine bağlı olarak pH değişimi grafiği	95
Şekil 4.34. Mayalanma süresi 300 dk değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve kabartma tozu miktarı faktörlerine bağlı olarak titrasyon asitliği değişimi grafiği	97
Şekil 4.35. Kabartma tozu miktarı 2,0 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak malik asit değişimi grafiği.....	98
Şekil 4.36. Kabartma tozu miktarı 2,0 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak tartarik asit değişimi grafiği	100
Şekil 4.37. Kabartma tozu miktarı 2,0 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak sakkaroz değişimi grafiği.....	101

Şekil 4.38. Kabartma tozu miktarı 2,0 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak glikoz değişimi grafiği....	103
Şekil 4.39. Kabartma tozu miktarı 2,0 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak fruktoz değişimi grafiği	104
Şekil 4.40. Kabartma tozu miktarı 2,0 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak LAB değişimi grafiği.....	108
Şekil 4.41. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) % serbest yağ asitliği (oleik asit cinsinden) değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği	114
Şekil 4.42. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) peroksit değerlerinde (meq O ₂ /kg yağ) depolama süresince meydana gelen değişim grafiği	117
Şekil 4.43. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) TBA reaktifleri (µmol MDA/kg) değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği.....	119
Şekil 4.44. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) % amiloz değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği.....	122
Şekil 4.45. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) sünme (rop) sporu sayımında (log kob/g) depolama süresince meydana gelen değişim grafiği	124
Şekil 4.46. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) sertlik değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği.....	126
Şekil 4.47. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) dış renk a* değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği	130
Şekil 4.48. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) dış renk b* değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği	131
Şekil 4.49. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) dış renk L* değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği	132
Şekil 4.50. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) iç renk a* değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği.....	132

Şekil 4.51. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) iç renk b^* değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği	133
Şekil 4.52. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) iç renk L^* değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği	134
Şekil 4.53. Keklerin fiziksel görünümünde meydana gelen değişim.....	134
Şekil 4.54. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) dış görünüş değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği	139
Şekil 4.55. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) kesit yüzeyinin gözenek yapısı değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği.....	140
Şekil 4.56. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) tekstür (sertlik) değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği	141
Şekil 4.57. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) iç renk değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği.....	141
Şekil 4.58. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) tat değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği	142
Şekil 4.59. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) koku değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği.....	143
Şekil 4.60. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) ağızda bıraktığı his değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği	143
Şekil 4.61. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) genel beğeni değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği	144

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Keklerin sınıflandırılması	4
Çizelge 2.2. Maya ve kabartma tozlarının hamur mayalama üzerine etkisi	9
Çizelge 2.3. Yaygın olarak kullanılan kabartma asitlerinin nötralizasyon değerleri	12
Çizelge 2.4. Kabartma tozlarının bileşiminde bulunan asitlerin isimleri, kimyasal formülleri, gaz salma ve reaksiyon hızları	15
Çizelge 2.5. Kimyasal kabartma tozları ve kullanım yerleri	16
Çizelge 2.6. Piyasada bulunan ekşi hamur ürünleri ve hamur asitlendiriciler	18
Çizelge 2.7. Ekşi hamurlardan çoğunlukla izole edilen ve belirlenen laktik asit bakterileri	32
Çizelge 3.1. Bağımsız değişkenler ve seviyeleri	39
Çizelge 3.2. Design Expert® programı tarafından önerilen cevap yüzey tasarımı deney setleri	40
Çizelge 3.3. Kek optimizasyonu belirlenmesinde kullanılan değişken ve hedefler	47
Çizelge 3.4. İçerikleri belirlenen ve raf ömrü çalışmaları gerçekleştirilen keklerin formülasyonları	47
Çizelge 4.1. Keklerin fiziksel özellikleri; spesifik hacim, hacim indeksi, su aktivitesi değerleri	52
Çizelge 4.2. Keklerin fiziksel özellikleri; İç ve dış L*, a*, b* renk değerleri	53
Çizelge 4.3. Spesifik hacim modeli ANOVA testi sonuçları	54
Çizelge 4.4. Spesifik hacim modeli istatistiksel analiz sonuçları	54
Çizelge 4.5. Hacim indeksi ANOVA testi sonuçları	56
Çizelge 4.6. Hacim indeksi istatistiksel analiz sonuçları	57
Çizelge 4.7. Su aktivitesi ANOVA testi sonuçları	59
Çizelge 4.8. Dış renk L* ANOVA testi sonuçları	60
Çizelge 4.9. Dış renk L* istatistiksel analiz sonuçları	60
Çizelge 4.10. Dış renk a* ANOVA testi sonuçları	62

Çizelge 4.11. Dış renk a* istatistiksel analiz sonuçları.....	63
Çizelge 4.12. Dış renk b* ANOVA testi sonuçları.....	65
Çizelge 4.13. Dış renk b* istatistiksel analiz sonuçları	65
Çizelge 4.14. İç renk L* ANOVA testi sonuçları.....	67
Çizelge 4.15. İç renk L* istatistiksel analiz sonuçları	68
Çizelge 4.16. İç renk a* ANOVA testi sonuçları.....	70
Çizelge 4.17. İç renk a* istatistiksel analiz sonuçları	70
Çizelge 4.18. İç renk b* ANOVA testi sonuçları	71
Çizelge 4.19. İç renk b* istatistiksel analiz sonuçları.....	72
Çizelge 4.20. Keklerin tekstürel özelliği; sertlik değerleri	73
Çizelge 4.21. Sertlik ANOVA testi sonuçları.....	73
Çizelge 4.22. Sertlik istatistiksel analiz sonuçları	74
Çizelge 4.23. Keklerin duyuşal özellikleri; dış görünüş, kesit yüzeyinin gözenek yapısı, tekstür (sertlik), iç renk değerleri	77
Çizelge 4.24. Keklerin duyuşal özellikleri; tat, koku, ağızda bıraktığı his, genel beğeni değerleri.....	78
Çizelge 4.25. Dış görünüş ANOVA testi sonuçları	79
Çizelge 4.26. Kesit yüzeyi gözenek yapısı ANOVA testi sonuçları.....	80
Çizelge 4.27. Kesit yüzeyi gözenek yapısı istatistiksel analiz sonuçları	80
Çizelge 4.28. Tekstür ANOVA testi sonuçları	81
Çizelge 4.29. Tekstür istatistiksel analiz sonuçları.....	82
Çizelge 4.30. İç renk ANOVA testi sonuçları	84
Çizelge 4.31. İç renk istatistiksel analiz sonuçları.....	84
Çizelge 4.32. Tat ANOVA analiz sonuçları	85
Çizelge 4.33. Tat istatistiksel analiz sonuçları.....	86
Çizelge 4.34. Koku ANOVA analiz sonuçları.....	87
Çizelge 4.35. Koku istatistiksel analiz sonuçları	87

Çizelge 4.36. Ağızda bıraktığı his ANOVA analiz sonuçları	88
Çizelge 4.37. Ağızda bıraktığı his istatistiksel analiz sonuçları	89
Çizelge 4.38. Genel beğeni ANOVA analiz sonuçları	90
Çizelge 4.39. Genel beğeni istatistiksel analiz sonuçları.....	90
Çizelge 4.40. Kek hamuru kimyasal özellikleri; pH, titrasyon asitliği değerleri.....	92
Çizelge 4.41. Kek hamuru kimyasal özellikleri; sakkaroz, glukoz, fruktoz, tartarik asit, malik asit değerleri	93
Çizelge 4.42. pH modeli ANOVA testi sonuçları.....	94
Çizelge 4.43. pH modeli istatistiksel analiz sonuçları	94
Çizelge 4.44. Titrasyon asitliği (%) modeli ANOVA testi sonuçları	96
Çizelge 4.45. Titrasyon asitliği (%) modeli istatistiksel analiz sonuçları.....	96
Çizelge 4.46. Malik asit ANOVA testi sonuçları	97
Çizelge 4.47. Malik asit modeli istatistiksel analiz sonuçları.....	98
Çizelge 4.48. Tartarik asit ANOVA testi sonuçları	99
Çizelge 4.49. Tartarik asit modeli istatistiksel analiz sonuçları.....	99
Çizelge 4.50. Sakkaroz ANOVA testi sonuçları.....	100
Çizelge 4.51. Sakkaroz modeli istatistiksel analiz sonuçları	101
Çizelge 4.52. Glikoz ANOVA testi sonuçları.....	102
Çizelge 4.53. Glikoz modeli istatistiksel analiz sonuçları	102
Çizelge 4.54. Fruktoz ANOVA testi sonuçları	103
Çizelge 4.55. Fruktoz modeli istatistiksel analiz sonuçları	104
Çizelge 4.56. Kek hamuru mikrobiyolojik özellikleri; TMAB (log kob/g), LAB log kob/g)	105
Çizelge 4.57. Toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı (TMAB) ANOVA testi sonuçları	106
Çizelge 4.58. Laktik asit bakteri sayımı (LAB) ANOVA testi sonuçları	107
Çizelge 4.59. Laktik asit bakteri sayımı (LAB) modeli istatistiksel analiz sonuçları ..	107

Çizelge 4.60. Optimum kek formülü belirlenmesi için kullanılan değişkenler, model önem dereceleri ve belirlenen hedefler	109
Çizelge 4.61. Modelin doğrulanma sonuçları	110
Çizelge 4.62. Optimizasyon sonucu belirlenen formülasyona göre üretilen ve diğer raf ömrü çalışmaları yapılan keklerin besin içerikleri	111
Çizelge 4.63. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) % serbest yağ asitliği (oleik asit cinsinden) depolama süresince meydana gelen değişimlerine ait analiz sonuçları	112
Çizelge 4.64. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) % serbest yağ asitliği değerinde depolama süresince meydana gelen değişimlerine ait varyans analiz sonuçları	112
Çizelge 4.65. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) % serbest yağ asitliği (oleik asit cinsinden) değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	113
Çizelge 4.66. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) peroksit değerlerinde (meq O ₂ /kg yağ) depolama süresince meydana gelen değişimlerine ait analiz sonuçları.....	115
Çizelge 4.67. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) peroksit değerlerinde (meq O ₂ /kg yağ) depolama süresince meydana gelen değişimlerine ait varyans analiz sonuçları	115
Çizelge 4.68. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) peroksit değerlerinde (meq O ₂ /kg yağ) depolama süresince meydana gelen değişimlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	116
Çizelge 4.69. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) TBA reaktifleri (µmol MDA/kg) değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimlerine ait analiz sonuçları	118
Çizelge 4.70. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) TBA reaktifleri (µmol MDA/kg) değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimlerine ait varyans analiz sonuçları.....	118
Çizelge 4.71. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) TBA reaktifleri (µmol MDA/kg) değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	119
Çizelge 4.72. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) % amiloz değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimlerine ait analiz sonuçları	120

Çizelge 4.73. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) % amiloz değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimlerine ait varyans analiz sonuçları.....	121
Çizelge 4.74. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) % amiloz değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	121
Çizelge 4.75. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) sünme (rop) sporu sayımında (log kob/g) depolama süresince meydana gelen değişimlere ait analiz sonuçları.....	123
Çizelge 4.76. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) sertlik değerinde depolama süresince meydana gelen değişimlere ait analiz sonuçları.....	124
Çizelge 4.77. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) sertlik değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimlerine ait varyans analiz sonuçları.....	125
Çizelge 4.78. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) sertlik değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	125
Çizelge 4.79. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) depolama süresince meydana gelen renk (a^* , b^* , L^*) değeri değişimlerine ait analiz sonuçları.....	127
Çizelge 4.80. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) değerlerinde depolama süresince meydana gelen renk (a^* , b^* , L^*) değerleri değişimlerine ait varyans analiz sonuçları	128
Çizelge 4.81. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) renk (a^* , b^* , L^*) değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	129
Çizelge 4.82. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) depolama süresince meydana gelen duyuşal özellikleri değişimlerine ait analiz sonuçları.....	136
Çizelge 4.83. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) değerlerinde depolama süresince meydana gelen duyuşal özellikleri değişimlerine ait varyans analiz sonuçları.....	137
Çizelge 4.84. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) duyuşal özellikleri değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	138

1. GİRİŞ

Son yıllarda yapılan çalışmalarda organik gıda ürünlerine olan talep dünya çapında önemli ölçüde artmıştır. Doğal gıdaya olan talebin artış göstermesi tüketicilerin bilinç düzeyinin artmasına paralellik göstererek, sağlıklı gıda tüketiminin artması ile ilişkilidir. Bu sebepten dolayı günümüzde tüketiciler doğal ürünleri tercih ederken doğal olmayan katkı maddeleri ile yapılan ürünleri tercih etmemektedirler. Sonuç olarak tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de sentetik katkı maddeleri ile hazırlanmış ürünler tercih edilmezken doğal yollarla üretilen ürünleri tercih edilmesi doğal ürünlerin pazar payının artmasına neden olmuştur. Artan doğal gıda talebi içerisinde şüphesiz fırın ürünleri önemli bir yere sahiptir. Bu fırın ürünlerinden de günlük kalorisinin önemli bir kısmı %56-80 oranlarında tahıl ve tahıl ürünlerinden sağlanmaktadır ve bu tahıl ürünleri içerisinde unlu mamuller önemli bir paya sahiptir. Bunlar arasında tüketici tarafından en çok tercih edilenlere; yaş-kuru pasta, kek, kurabiye çeşitleri örnek verilebilir (Elgün ve Ertugay 1992; Karaoğlu 2007; Manley 2011).

Kek unlu mamuller endüstrisinin en önemli ürünlerinden biri olmakla beraber kimyasal ve mekaniksel olarak kabartılan, birçok çeşidi bulunan ve sevilerek tüketilen, evlerde de kolaylıkla, çok farklı şekilde ve kısa sürede hazırlanabilen bir unlu mamuldür. Keklerde çeşitlilik çoğunlukla formülasyona eklenen bileşenlerin miktarlarının ayarlamasıyla gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle formülasyondaki bileşenlerin fonksiyonlarının bilinmesi, üretimin başlangıcından sonuna kadar olan süreçte kalitenin sürekliliğinin sağlanıp devam etmesi oldukça önemlidir. Benzer şekilde, kek üretiminin tüm aşamalarının kalite üzerine olan etkilerinin bilinmesi de son ürün kalitesi açısından oldukça önemlidir. Tüm bu hususların sağlanması ile üretici arzu edilen kalitede kek üretmeyi sağlayacak ve meydana gelen problemleri daha kolay çözebilecektir. Endüstrideki kek çeşitlerinin ve kek formüllerinin fazla olması nedeniyle kekin tanımını yapmak oldukça güçtür. Genel bir ifadeyle kek; un, şeker, yağ, yumurta, kabartma tozu, su ya da süt ve tatlandırıcı ilave edilerek elde edilen hamurun pişirilmesiyle oluşan unlu mamul olarak ifade edilebilir (Mercan ve Boyacıoğlu 1999; Pyler ve Gorton 2009).

Kek üzerine yapılan araştırmalarda çoğunlukla raf ömrünün uzatılması amaçlanmaktadır. Bunun için koruyucular ve farklı ambalajlama sistemleri kullanılarak keklerin raf ömrünün uzatılması ve kalite özelliklerinin iyileştirilmesi üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Raf ömrü için küflenme ve bayatlama önemli parametrelerdendir. Son çalışmalar, küflenme ve bayatlamamanın önüne geçmek ve artan tüketici taleplerini karşılamak için daha doğal maddeler kullanarak kek kalite özelliklerinin iyileştirilmesi yönünde ağırlık kazanmaktadır (Guy 1983; Gómez vd. 2010; Uçar ve Hayta 2012).

Çeşitli tahıl unları ve su karışımının laktik asit bakterileri ile mayalardan oluşan mikrobiyotası sayesinde fermantasyon sonucu meydana gelen ekşi hamur, özellikle ekmek yapımında yaygın kullanımı olan ve diğer fırın ürünlerinde başta fiziksel karakteristiklerini iyileştirmek, raf ömrünü uzatmak, küf oluşumunu engellemek, kalitesini artırmak amacıyla kullanılan çok eski biyoteknolojik mayalama yöntemlerindendir (Messens ve De Vuyst 2002, Randazzo vd. 2005). Yaklaşık olarak 5000 yıldan beri kullanılmakta olan ekşi hamur her yıl üç milyon tondan fazla üretimi yapılmakta olup Avrupa'da kişi başına, buğday ve çavdar unu ile %20'ye kadar ekşi hamur içeren fırın ürünleri tüketimi 50-85 kg arasındadır (Vogel vd. 2011). Ekşi hamur;

İtalya’da en çok bilinen Christmas (Noel keki) ve Panettone, Fransız ekmeği, kraker, bisküvi, pizza ve ekşime işlemine dayanan buğday ve çavdar ürünlerinden elde edilen daha birçok fırın ürünlerinde kullanımı mümkündür. Bu yüzden sağlıklı, lezzetli, uygun kalitede ürünler elde edilerek tüketicilere sunulabilir (Chavan ve Chavan 2011).

Ekşi mayada (ya da ekşi hamur), laktik asit bakterileri maya ile birlikte doğal florayı oluşturmaktadır. Laktik asit bakteri fermantasyonu metabolitleri başta ekmeğin tat, koku gibi duyuşsal özellikleri olmak üzere diğerkalite özellikleri ve raf ömrü üzerine önemli katkılarda bulunmaktadır. Düşük pH ve yüksek organik asit içeriğine sahip ekşi maya ile üretilen ekmeklerde depolama boyunca bayatlama en düşük orandadır (Corsetti vd. 1998). Ayrıca ekşi hamur fermantasyonunun insan sağlığı üzerine de oldukça olumlu katkıları bulunduğubelirtilmektedir. Doğal biyokoruyucu olarak yoğurt, kefir, ekmek gibi mayalanmış ürünlerde bulunabilen, probiyotik olarak katkı maddelerine alternatif olabilecek laktik asit bakterileri, günümüzde tüketicilerin doğal, sağlıklı ve geleneksel gıda taleplerinin karşılanmasında önemli bir yere sahiptir.

Bu çalışmada, kekte raf ömrü uzadıkça meydana gelebilecek fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik bozulmaları koruyucu madde kullanmadan kabartma tozu yerine ekşi hamur tozu ikame ederek minimize etmek amaçlanmıştır. Bu amaçlar doğrultusunda, kontrol grubu kabartma tozunun ilave edildiği kekler (KT) ile kabartma tozu yerine ikame edilen ekşi hamur tozu (EHT) ve kabartma tozunun da beraber kullanıldığı kekler (EHT+KT) üretilmiştir. Ekşi hamur tozu kullanılarak elde edilen kekler ile kabartma tozu ve ekşi hamur tozu ikilisinin beraber kullanıldığı keklerin üretim prosesi optimizasyonu yapılmıştır. Optimizasyon sonucu elde edilen kekler (EHT, EHT+KT) ile kontrol grubu kek (KT) haftada bir 2 ay boyunca raf ömrü analizlerine tabi tutulmuştur. Raf ömrü için modifiye atmosferde (%0,0 O₂, %26,1 CO₂, %73,9 N₂) ambalajlanarak oda sıcaklığında depolanmıştır. Depolanan keklere raf ömrü üzerinde belirleyici olan TBA reaktifleri (µmol MDA/kg) değeri, % serbest yağ asitliği (oleik asit cinsinden) değeri, peroksit değeri (meq O₂/kg yağ), % amiloz değeri, sünme (rop) sayımı (log kob/g), renk, sertlik ve duyuşsal analiz değişimleri kek grupları ve depolama süresinin etkileri belirlenmiştir.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Kek

Organik gıda ürünlerine olan talep dünya çapında her geçen gün önemli ölçüde artış göstermektedir. Doğal gıdaya olan talebin artış göstermesi tüketicilerin bilinç düzeyinin artmasına paralellik göstermektedir. Bu sebepten günümüzde tüketiciler doğal ürünleri tercih ederken, doğal olmayan katkı maddeleri ile yapılan ürünleri dışlamaktadırlar. Sonuç olarak tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de sentetik katkı maddeleri ile hazırlanmış ürünler tercih edilmezken doğal ve katkısız üretilen ürünlerin tercih edilmesi doğal ürünlerin pazar payının artmasına neden olmuştur. Artan doğal gıda talebi içerisinde şüphesiz fırın ürünleri önemli bir yere sahiptir. Bu fırın ürünlerinden de günlük kalorinin önemli bir kısmı, %56-80 oranlarında tahıl ve tahıl ürünlerinden sağlanmaktadır ve bu tahıl ürünleri içerisinde unlu mamuller önemli bir paya sahiptir. Unlu mamuller arasında tüketici tarafından en çok tercih edilenlere; yaş ve kuru pastalar, kek ve kurabiye çeşitleri örnek verilebilir (Elgün ve Ertugay 1992; Karaoğlu 2007; Manley 2011).

Kek unlu mamuller endüstrisinin başat ürünlerinden biri olmakla beraber kimyasal ve mekaniksel olarak kabartılan, birçok çeşidi bulunan ve sevilerek tüketilen, evlerde de kolaylıkla, çok farklı şekilde ve kısa sürede hazırlanabilen bir unlu mamuldür. Keklerde çeşitlilik çoğunlukla formülasyona eklenen bileşenlerin çeşitlerinin ve miktarlarının ayarlanmasıyla gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle formülasyondaki bileşenlerin fonksiyonlarının bilinmesi, üretimin başlangıcından sonuna kadar olan süreçte kalitenin sürekliliğinin sağlanıp devam etmesi açısından oldukça önemlidir. Benzer şekilde, kek üretiminin tüm aşamalarının kalite üzerine olan etkilerinin bilinmesi de son ürün kalitesi açısından oldukça önem arz etmektedir. Tüm bu hususların sağlanması halinde üretici arzu edilen kalitede kek üretmeyi başaracak ve meydana gelmesi olası problemleri daha kolay çözebilecektir. Endüstrideki kek çeşitlerinin ve kek formüllerinin fazla olması nedeniyle kekin standart bir tanımını yapmanın güçlükleri vardır. Genel bir ifadeyle kek; un, şeker, yağ, yumurta, kabartma tozu, su ya da süt ve tatlandırıcı ilave edilerek elde edilen hamurun pişirilmesiyle oluşan unlu mamul olarak ifade edilebilir (Mercan ve Boyacıoğlu 1999; Pyler ve Gorton 2009). Başka bir tanıma göre kek; %8-9 protein değerine sahip ince çekilmiş, orta kuvvette kaliteye sahip yumuşak buğday ununa şeker, yumurta, yağ ilave edilmesi ile hazırlanan hamurun usulüne göre pişirilmesi sonucu elde edilen hazır gıda maddesidir (Elgün and Ertugay 1992).

Kek üretimi; hammadde bileşenlerinin temini ve miktarının ayarlanması, karıştırma, pişirme ve soğutma olmak üzere dört aşamadan oluşmaktadır. Keklerde sınıflandırma yaparken, kek formülasyonunda yer alan bileşenlerine (Çizelge 2.1), şekillerine ve üretim metotlarına göre yapılmaktadır. Şekillerine göre genelde piyasada bulunan kekler; pasta altı, bar, dilim, top, baton, kalıp olmak üzere altı şekilde sınıflandırılabilir. Ayrıca bileşenlerine göre; zencefil, hindistan cevizi, tarçın gibi baharatların kullanılmasıyla elde edildiği baharatlı kekler, peynir çeşitlerinin kullanılarak elde edildiği peynirli kekler veya kakao, çikolata sosunun kullanılarak elde edildiği çikolatalı kekler de bulunmaktadır (Wilderjans vd. 2013; Mercan ve Boyacıoğlu 1999; Pyler ve Gorton 2009).

Çizelge 2.1. Keklerin sınıflandırılması (Dizlek 2002)

Sınıflandırma Kriterleri	Özellikleri	Örnek Ürünler
<i>1. Yağ Kullanımı ve Yağ Miktarı</i>		
Köpük Tipi Kekler	Yağ yoktur.	Pandispanya, Melek Kek (Angel Food Cake)
Çok Kabaran Kekler	Yağ oranı düşüktür.	Şifon (Chiffon Cake) Kek
Sulu Hamur Kekleri	Yağ oranı yüksektir.	Beyaz, Sarı, Meyveli Kekler ve Kapkek
<i>2. Yağ Tipi</i>		
Normal Kekler	Normal hidrojene yağ kullanılmıştır.	Normal Hidrojene Yağ ile Yapılan Tüm Kekler
Yüksek Absorbsiyonlu Kekler	Yüzey aktif maddeli hidrojene yağ kullanılmıştır.	Yüzey Aktif Madde İçeren Hidrojene Yağ ile Yapılan Tüm Kekler
<i>3. Yumurta Kullanımı</i>		
Sarı Kekler	Tüm yumurta kullanılmıştır.	Pandispanya, Çikolatalı Kek (Devil's Food Cake)
Beyaz Kekler	Yumurta akı kullanılmıştır.	Melek Kek (Angel Food Cake)
<i>4. Un Şeker ve Toplam Sıvı Oranları</i>		
Yüksek Şeker İçerikli Kekler	Un 100, Yağ 30-60, Şeker 100, Toplam Sıvı 100-110	(1)
Sıvı Oranı Yüksek Olan Kekler	Un 100, Yağ 30-60, Şeker 60-100, Toplam Sıvı 100- 130	(1)
Şeker ve Sıvı Oranı Yüksek Olan Kekler	Un 100, Yüzey Aktif Maddeli Yağ 30-60, Şeker 120-140, Toplam Sıvı 125-150	(1)

(1): Çizelgede özellikler bölümündeki formül (birim olarak) esas alınarak yapılan tüm kekler

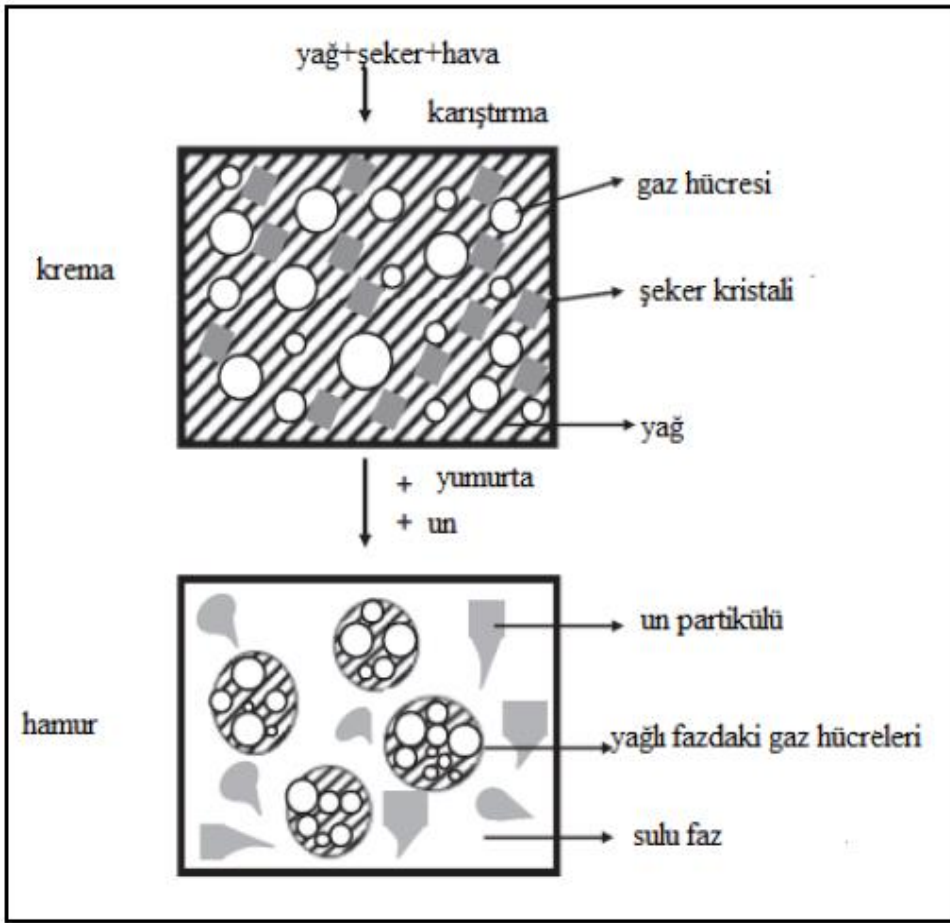
2.2. Kek Üretiminde Kullanılan Temel Bileşenler ve İşlevleri

Kek üretiminde yaygın olarak kullanılan başlıca bileşenler; un, su, süt, yumurta, şeker, yağ, kabartma tozu, vanilya, tuz ve yüzey aktif maddelerdir. Bu kek bileşenleri üründe tatlandırma, yapı oluşturma ve düzenleme, nemlendirme, kurutma, lezzet sağlama, gevrekleştirme, yumuşatma gibi işlevlerden birini veya birkaçını üstlenmektedirler. Örneğin kek hamurunda; yumurta ve un yapı düzenleyicisi, şeker tatlandırıcı ve gevrekleştirici, su ve süt nemlendirici, kabartma maddesi gaz üreticisi,

yüzey aktif maddeler sulu faz içerisinde yağlı maddelerle homojen olarak karışımı sağlama gibi görevleri yapmaktadırlar. Ayrıca hazırlanan kek hamurunda gevrekleştirici ve katılaştırıcı maddelerin emülsiyonu son üründe arzu edilen tekstür, tat ve hacmin oluşmasına olanak sağlamaktadır (Lawson 1995).

Kek hamuru yağ ve su emülsiyonu olarak görülebilir. Şeker, un, tuz ve kabartma tozu gibi kuru bileşenler sıvı faza dâhil edilir, ancak yağ veya yağ fazı sürekli ya da sıvı faz boyunca öbekler içinde dağılmaya devam eder. Dağılan yağ fazı, sıvı fazın bir parçası olarak görülmez. Şekil 2.1’de yağ ve su fazlarının ayrımı gösterilmiştir. Yağ içerisinde hava hücreleri sıkışır. Bazen organik maddelerle temas halinde meydana gelebilecek lekelenmede hava hücreleri sadece siyah noktalar olarak görünür. Bazı nişasta granülleri, sıvı fazda Malta haçı görünümü ile de tanımlanabilmektedir. Hava hücreleri yağ içinde tutulduğundan, yağ fazı hamurun havalandırılması işlevine sahiptir. Pişirme esnasında hava hücreleri, gelişen su buharına yerleşim olanağı sağlar. Suyun buhar basıncı sıcaklıkla arttığında ve oluşan karbondioksit gaz miktarı yükseldiğinde kek hamuru içinde bulunan hava gözeneklerinin dağılması genişlemeye neden olur (Painter 1981). Sonuç olarak hamurun hazırlanması esnasında, kekin tekstürünü oluşturan bütün hava gözenekleri hamurun içerisinde dağılır. Şeker, yağ ile çırpılarak hava içeren krema oluştuğunda yağ fazın içerisinde bulunan hava gözenekleri kararlı hale gelir ve dağılmaya başlar. Un, yumurta ve yağ içeren nihai hamur içerisinde bulunan pek çok hava gözeneği oda sıcaklığında yağ fazında bulunur. Isıtma esnasında, yağ fazın içerisinde bulunan hava gözenekleri hareketi su içeren faz içinde görünür. Gözenekler yumurta proteinleri sayesinde kısmen kararlı hale getirilir. Kek piştiğinde ise sulu fazda hareket eden gözenekler yağın bir katmanını olarak birbirini etkiler ve yüzeyde bulunan hava gözenekleri yağ tarafından kaplanır (Brooker 1993; Wilderjans vd. 2013).

Kek hamuru, karıştırma esnasında gaz kabarcıklarını yakalamak için yeterince viskoz olmalı ve pişirme boyunca gaz kabarcıklarını tutmalıdır (Delcour vd. 2000; Wilderjans vd. 2013). Kek, fırından çıkarıldığında ısıtma boyunca kek yapısını destekleyecek nişasta ve protein yapı iskeleti oluşumu oldukça önemlidir. Nişasta jelatinizasyonu ve yumurta proteini pıhtılaşması, kek hamurunun viskozitesini muazzam ölçüde arttırır. Bu, keke katı bir karakter kazandırır. Kombine etkisi, şişmiş nişasta granülleri ve bunları çevreleyen yumurta proteini jel fazı, hücre duvarı materyallerinin sağlam yapısını oluşturmaktadır (Wilderjans vd. 2010).



Şekil 2.1. Kek hamurunda yağ ve su fazlarının ayrımı

2.2.1. Un

Un, kekin kendine özgü tekstürel yapısını ve görünüm karakteristiğini oluşturmaktadır. Kek üretiminde kullanılan un; nişasta, yağ, bazı mineraller ve vitamin içeren genellikle düşük protein miktarına, kül içeriğine ve alfa-amilaz aktivitesine sahip ince partiküllü yumuşak buğdayın öğütülmesiyle elde edilir. Buğday nişastası, su ile ısıtıldığında granüller su emmeye başlar ve orijinal haline göre genişler. Kristal yapı erir, amiloz granüllerin dışına çıkar. Böylelikle granüller deforme olur. Bu jelatinizasyon, sükröz ve diğer emülsiyon edici ajanların varlığından etkilenir ve geniş bir sıcaklık aralığında oluşmaktadır (Mercan ve Boyacıoğlu 1999; Bennion ve Bamford 1997).

Kek üretiminde kullanılacak unun önemli olan pek çok özelliği mevcuttur. Bunlarda bazıları; nem içeriği, protein miktarı, kül miktarı, toplam alfa amilaz ve düşme sayısıdır. Unun nem miktarı genellikle %14, protein içeriği $8,5 \pm 0,5$, kül içeriği $0,36 \pm 0,04$, pH $4,7 \pm 0,2$, ortalama parçacık boyutu $10 \text{ mm} \pm 0,5$ özelliklerine sahip olmalıdır (Mercan ve Boyacıoğlu 1999).

Protein miktarı, son ürüne göre hangi unun kullanılacağı hakkında bilgi vermektedir. Kül içeriği, unun fırın ürünleri için uygun olup olmadığını belirleyen

parametredir. Toplam alfa amilaz, düşme sayısı, su absorpsiyonu ve reolojik özellikleri ise un spesifikasyonu için önemlidir. Sonuç olarak kek üretiminde kullanılacak unda uygun bir sonuca ulaşmak için deneysel verileri bilinmelidir (Bennion ve Bamford 1997).

2.2.2. Şeker

Şeker, kek yapısının oluşumunda etkili önemli bir bileşen olup tat ve enerji sağlamaktadır. Aynı zamanda;

- ✓ Kek hamurunun karıştırılması esnasında gluten ağ oluşumunu geciktirmek ve kısıtlamak,
- ✓ Kek hamurunun viskozitesini arttırmak ve hava tutma kapasitesini geliştirmek,
- ✓ Yumurta proteini denatürasyonu ve nişasta jelatinizasyonu oluşmasında etkili sıcaklığı arttırmak ve böylece içyapıdaki gözenek duvarlarının gergin duruma gelmesi için gerekli süreyi uzatmak,
- ✓ Keklerin hem rengine hem de lezzet oluşumuna katkıda bulunan Maillard reaksiyonuna ve karamelizasyona neden olmaktadır (Wilderjans vd. 2013).

Pişirme sırasında, yüksek şeker oranına sahip keklerde, şekerin nişasta jelatinizasyon sıcaklığını arttırması nedeniyle nişastanın jelatinizasyonu gecikmektedir. Bu olay, hamurun su aktivitesinin (aw) düşmesi ve nişasta moleküllerinin zincirleri arasında şeker köprüleri oluşturması ile gerçekleşmektedir. Jelatinizasyonun gecikmesi, hamurdaki hava kabarcıklarının karbondioksit ve su buharı yoluyla tamamen genişlemesine ve daha fazla hacimli ve simetrik kekler elde edilmesine sebep olmaktadır (Mercan ve Boyacıoğlu 1999).

Yaklaşık olarak ticari şekerde; %99.8 oranında sükroz, %0,05 oranından fazla olmayacak şekilde nem, %0,05 oranında invert şeker, iz miktarda kül ve diğer karbonhidratları içermektedir (Matz 1992). Kaliteli bir kek üretebilmek için kekin simetrik, hacimli ve tek düzede bir yapıya sahip olması istenmektedir. Kek içi dokusu; esnek, pürüzsüz ve yumuşak yapıda olmalıdır. Kekin çiğnenebilirliği, yapışkanlığı istenilen düzeyde ve lezzetli olmalıdır (Mercan ve Boyacıoğlu 1999).

2.2.3. Yumurta

Yumurta yaklaşık %77 su içermesine rağmen, yüksek kaliteli bir protein kaynağıdır. Beslenme uzmanları, çoğu zaman diğer gıda proteinlerinin kalitesini ölçmek için standart olarak kullanılmaktadırlar. Aynı zamanda doymamış yağ asitleri (esas olarak oleik asit), demir, fosfor, iz metal kaynağı olup A, E, K ve B₁₂ vitaminleri içermektedir. Başlıca üç ana bölümden oluşmaktadırlar. Bunlar; kabuk ve zar %12, yumurta akı veya albümin %55, yumurta sarısı %33 (Bennion ve Bamford 1997).

Yumurtanın, kek üretiminde kekin yapısını oluşturma, hacmini, yumuşaklığını ve besin değerini arttırma, lezzet ve renk oluşumunu sağlama gibi çeşitli görevleri bulunmaktadır. Ayrıca yumurta proteinlerinden albumin sayesinde kek hamurunun havalanmasını ve kek yapısının oluşmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda yumurta,

yüksek protein içeriğinden dolayı bağlayıcı madde olarak görev yapmakta ve gluten yardımını ile karmaşık bir ağ oluşturmaktadır.

Farklı yumurta akı proteinleri, hızlı bir konformasyonel düzenleme ve gaz hücrelerinin etrafındaki film oluşumu sayesinde köpük oluşumuna ve stabilizasyonuna katkı sağlayabilmektedir. Yumurta akının globulin fraksiyonu iyi bir köpürme ajanı iken ovomucin ise köpük stabilitesi sağlamaktadır. Lysozyme-ovomucin veya ovotransferrin-ovalbumin etkileşimleri gibi farklı yumurta akı proteinleri arasındaki etkileşimler de köpük stabilitesini artırmaktadır.

Kek pişirme işleminin son aşamalarında elde edilen sıvı hamur, hem nişasta jelatinizasyonu hem de yumurta protein koagülasyonunun sonucunda katı bir köpüğe dönüşmektedir. Hem yumurta akı hem de yumurta sarısı proteini bileşenleri, denatüre olduklarında bir protein ağı içerisinde yer alırlar (Wilderjans vd. 2013).

2.2.4. Yağ

Kek, ekmek, bisküvi ve diğer fırın ürünlerinde gerekli kalitatif özelliklerin kazandırılmasında, kalori değerinin artırılmasında, ürünlerin muhafaza kalitesinde üniform ve stabil yapıda, arzu edilen aromada ürün elde etmek amacıyla katkı materyali olarak katı ve sıvı yağlar kullanılmaktadır. Katı yağlar, krema işlemi sırasında havayı bağlayarak kabarmaya yardımcı olur. Aynı zamanda kullanılan yağ, kabuk ve iç yapının oluşmasını etkilemekte olup kek içini yumuşatmakta, kek hacmini arttırmakta, ürünün nem kaybını önleyerek üründe tazelik sağlamakta ve ürünün raf ömrünü uzatmaktadır.

Bir kek üretiminde yağ üç temel fonksiyona sahiptir. Bunlar:

1. Krema prosesi esnasında havanın bağlanmasını sağlamak,
2. Nişasta ve protein partikülleri arasında bağ kurulmasını sağlamak,
3. Formülasyonun sıvı bir emülsiyona dönüşmesini sağlamaktır. Böylece yağ kekin yumuşaklığı ve nemi üzerinde etkili olmaktadır.

Kek formülasyonu, düşük miktarda şeker ve sıvı içerdiğinde normal yağ kullanılabilirken, yüksek oranda şeker ve sıvı içerdiğinde emülgatörlü yağ kullanılması gerekmektedir. Yağ içerisindeki emülgatör, suda yağ emülsiyonu oluşturarak una göre daha fazla miktarda şeker ve sıvı bileşenlerinin katılmasına olanak sağlamaktadır. Bu tip yüksek emülsifiye etme gücüne sahip yağlar, kek hamurundaki sıvı fazın daha iyi karışmasını ve ürün hacminin artmasını sağlamaktadır (Peckham ve Freeland-Graves 1979; Mercan ve Boyacıoğlu 1999).

2.2.5. Süt

Kek yapımında hem sıvı hem de katı formda kullanılabilen süt, protein ve laktoz kaynağı olarak kekin besleyici değerinin ve lezzetinin artırılmasını sağlamaktadır. Ayrıca bu bileşenler sayesinde kekte esmerleşme reaksiyonunun gerçekleşmesini ve kabuk oluşumunu sağlamaktadır. Aynı zamanda köpüğü stabilize etmekte ve kek yapısının oluşmasına katkıda bulunmaktadır (Desrochers vd. 2004).

Süt sıvı halde kullanıldığında nem verici bileşen görevi yaparak nem oluşmasına da katkı sağlar. Unlu mamullerde sıklıkla kullanılan yağsız süt tozu ise kek hamurundaki hava kabarcıklarının büyüklüğünü ve stabilitesini etkilemektedir (Mercan ve Boyacıoğlu 1999; Pyler ve Gorton 2009).

2.2.6. Kabartma tozu

Kekte kullanılan kimyasal kabartıcılar, karakteristik içyapının oluşmasına katkı sağlamaktadır. Unlu mamullerin kabarması, kabartma tozlarının kimyasal faaliyeti sonucunda hamur içerisinde küçük karbondioksit kabarcıklarının oluşması ile gerçekleşmektedir. Başka bir ifade ile kabarma; gözenekli bir yapıya sahip olma, karakteristik bir şekilde hafifleme, daha lezzetli ve hazmı kolay hale getirme işlemidir (Mercan ve Boyacıoğlu 1999).

Çizelge 2.2’ de belirtildiği gibi, bütün mayalama ajanlarının gaz oluşturma kapasiteleri aynı değildir. Kimyasal kabartıcılar ile mayalama, gazı nispeten hızlı bir şekilde dışarı salınım yaparken mayada olduğu gibi daha fazla mayalanma etkisi yoktur. Ancak maya tüm fırın ürünlerinde etkili olmayabilir (Pyler ve Gorton 2009).

Çizelge 2.2. Maya ve kabartma tozlarının hamur mayalama üzerine etkisi (Pyler ve Gorton 2009)

	<i>Maya</i>	<i>Kabartma Tozu*</i>
<i>Her gram başı mayalamada oluşan CO₂</i>	0.5 g*	0.15 g*
<i>Her 100 g hamurda mayalama sonucu oluşan CO₂</i>	0.735 g**	0.513 g**
<i>Her 100 g hamurda mayalama sonucu oluşan CO₂</i>	350 ml***	214 ml***

* %30 NaHCO₃ içeren çift etkili kabartma tozu

** Her saat başı oluşan CO₂

*** Toplamda oluşan CO₂

Kabartma tozu; çözücü madde, bir veya daha fazla asit tuzları ve sodyum bikarbonattan oluşmaktadır. Genelde inört bir çözücü olarak kurutulmuş nişasta kullanılmaktadır. USDA’ya (United States Department of Agriculture-Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı) göre kullanılabilir CO₂ miktarı %12’den az olmamalı, TSE’ye göre ise %15 (m/m)’den az olmamalıdır (Çelik ve Kotancılar 1995).

2.3. Kabartma Tozlarının Kek Üretiminde Kullanımı ve Etkileri

Hamur ürünlerinin kabarması ya maya hücrelerinin ya da kabartma tozlarının kimyasal faaliyeti sonucunda hamur içerisinde oluşan küçük karbondioksit kabarcıklarının oluşması ile gerçekleşir. Kimyasal kabartıcıların suyla reaksiyona girmesi ile karbondioksit meydana gelir. Kabartma, fırın ürünlerinin karakteristik bir şekilde hafiflemesini, gözenekli bir yapıya sahip olmasını sağlama ve pişirilmiş maddeleri kabarmamış ürünlere kıyasla çok daha lezzetli ve hazmı kolay hale getirme işlemidir (LaBaw 1982).

Tartarik asit preparasyonunda hazırlanmış olan macun şeklinde paketli ilk kabartma tozları Amerika'da yaklaşık olarak 1850'lerde üretilmiştir. Sodyum bikarbonat tek başına, ekşi sütle veya potasyum asit tartarat kremiyle 19. yy'da evlerde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Pişirme esnasında kabartma tozu ile üretilen keklerde karbondioksit salınımının sodyum bikarbonatın tek başına kullanımı ile üretilen kek ile karşılaştırıldığında daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan bu uygulamalar kekte istenilen özelliklerin tamamını gerçekleştiremeyen bir uygulama olup özellikle sodyum bikarbonatın keke sarı renk ve hoşla gitmeyen bir aroma vermesi istenmeyen bir durumdur. Asit bileşeni olarak kalsiyum asit fosfat içeren ilk kabartma ajanları da karbonat tipi asit bileşenlerin yanında Rumford Kimya Fabrikasında E.N. Horsford tarafından 1859'da üretilmiştir (Ronzio 2003; Delcour ve Hosenev 2010).

Hamurun gaz üretimini sağlaması yanında hafif, gözenekli yapı oluşumunu sağlayan modern kabartma ajanları, bir veya birden fazla asit ingredienti, nişasta ve sodyum bikarbonat içermektedir. Nişasta, reaktif ingredientleri hamurla karışmaya kadar ayrı ve inaktif olmasına yardımcı olur. İnört bir madde olan nişasta, karbondioksit oluşturan reaksiyonlarda herhangi bir görevi olmamakla beraber standardize etmede ve kompozisyonu ayarlama görevi yapar. Nişasta yerine başka maddeler kullanılarak ürün elde edilmek istenilmişse de sonuç istenilen düzeyde olmamıştır (Pylar ve Gorton 2009).

Yumuşak buğday unu ürünlerinde kullanılan kabartma tozları;

Kullanım alanlarına göre;

- Ev ve ticari tipi olmak üzere iki gruba,

Bileşimine göre;

- Tartarik asit veya tuzları,
- Fosforik asit veya tuzları,
- Alüminyum bileşenleri,
- Bu üç öğenin farklı oranlardaki kombinasyonları olmak üzere dört gruba,

Bileşiminde içerdği asit sayısına göre;

- Tek etkili (tek asit)
- Çift etkili (iki ya da daha çok sayıda asit) olmak üzere iki gruba;

İçerdği kabartma asidinin etki mekanizmasına göre;

- Çabuk ya da hızlı etkili,
- Orta etkili,
- Yavaş etkili,

- Çift etkili (hem yavaş hem de hızlı etkili, en az iki asit) olmak üzere dört gruba ayrılmakta ve toplamda dört ayrı grup altında incelenebilmektedir (Çelik ve Kotancılar 1995; Pyler ve Gorton 2009).

Ev tipi kabartma tozları olarak genelde üç tip kabartma tozu vardır. Bunlardan birincisi içerisinde asit ingredientleri olarak genelde monokalsiyum fosfat (MCP) şeklinde bir ortofosforik asit bulunduranlardır. Bu tip kabartma tozları, pişirilen ürüne önemli miktarda kalsiyum ve fosfor verirler. İkicisi, asit ingredientleri fosforik asitin bir tuzu ile anhidraz sodyum aliminyum sülfatın (SALS) karışımı olan kabartma tozlarıdır. Bu tip kabartma tozlarında asit bileşeni monokalsiyum fosfat (MCP) ve sodyum aliminyum sülfat karışımı olduğundan birinci ev tipi kabartma tozuna göre CO₂ gazı açığa çıkarma eğilimi daha azdır. Üçüncüsü, asit ingredientleri potasyum asit tartarat veya tartarik asit ya da her ikisinin karışımından oluşan kabartma tozlarıdır. Bu tip kabartma tozları, hamurun karışım esnasında CO₂ gazının neredeyse tamamını açığa çıkarmaktadırlar.

Ticari tipi kabartma tozlarının fırıncılıkta kullanımı 2 şekildedir. Birincisi, asit ingredientleri sodyum asit pirofosfat (disodyum hidrojen pirofosfat) veya bu madde ile monokalsiyum fosfatın karışımı olan kabartma tozlarıdır. Bu tip kabartma tozlarının üründe fazla oranda kullanılması sonucunda sodyum pirofosfat, üründe belirgin kötü bir lezzete neden olabilir. İkincisi, asit ingredientleri monokalsiyum fosfat ve kalsiyum laktat karışımı olan kabartma tozlarıdır. Kalsiyum laktat, sodyum bikarbonat üzerinde geciktirici etkiye sahip olması nedeniyle pişmiş üründe kalan artıkların toksik olmadığı bilinmektedir (Çelik ve Kotancılar 1995; Pyler ve Gorton 2009).

Çabuk etkili kabartma tozları, oluşturdukları gazın büyük bir çoğunluğunu oda sıcaklığında hamurda serbest bırakırlar. Orta etkili olan kabartma tozları üretimin her aşamasında gaz oluşturma kabiliyetindedirler.

Yavaş etkili olan kabartma tozları, mevcut CO₂ gazının bir kısmını hamurun karıştırılması esnasında serbest bırakırken büyük bir çoğunluğunu yüksek fırın sıcaklıklarında gerçekleşen reaksiyonlar sonucu oluştururlar.

Hızlı veya yavaş etkili kabartma asitlerin karışımlarından oluşan çift etkili kabartma tozları en az iki kabartma asidi içermektedir. Tek etkili kabartma tozları bir kabartma asidi içermektedir. Tek etkili veya çift etkili kabartma asitlerinden biri oda sıcaklığında reaksiyona başlarken diğeri pişirme esnasında reaksiyon göstermektedir. Hızlı reaksiyon hızına sahip kabartma asitleri meydana gelen gazın çoğunluğunu oda sıcaklığında üretmektedir. Aynı zamanda hızlı etkili asitler, karıştırma ve mayalanma süresi boyunca yaklaşık %80 kadar gaz oluşumu sağlarlar (LaBaw 1982). Yavaş reaksiyon hızına sahip kabartma asitleri ise mevcut CO₂ gazının bir kısmını hamurun karıştırılması esnasında serbest bırakır, geriye kalan kısmın büyük bir kısmını ise yüksek sıcaklıklarda serbest bırakırlar. Elde edilen araştırma sonuçlarına göre fırın ürünlerinde kullanılan kabartma tozlarının çift etkili tip olduğu belirtilmektedir (Pyler ve Gorton 2009; Delcour ve Hosney 2010; Yıldız ve Doğan 2009).

Fırın ürünlerinde seçilen asit, meydana gelen karbondioksit oranını da belirlemektedir. Kabartma asidi seçiminde reaksiyon hızı, iyonik etki, granül büyüklüğü ve nötralizasyon değeri gibi faktörler etkilidir (Yıldız ve Doğan 2009). Nötralizasyon değeri, farklı kabartma asitlerinin mevcut asitliklerini karşılaştırmak ve uygun kullanım

seviyelerini belirlemek amacıyla geliştirilmiştir. Aynı zamanda renk, lezzet, tekstürel ve tahıl ürünlerinin unlu mamulleri kullanımı açısından önemli olan pH değerinin istenen oranda olmasına olanak sağlamaktadır. Bir asidin nötralizasyon değeri; 100 g asit tarafından tamamen nötralize edilen ya da gaz formuna dönüştürülen sodyum bikarbonat (soda) miktarını ifade eder (LaBaw 1982; Desrochers vd 2004). Yaygın olarak kullanılan kabartma asitlerinin nötralizasyon değerleri Çizelge 2.3'te verilmiştir (Desrochers vd. 2004).

Çizelge 2.3. Yaygın olarak kullanılan kabartma asitlerinin nötralizasyon değerleri

<i>Kabartma asitleri</i>	<i>Nötralizasyon Değeri</i>
<i>Dikalsiyum fosfat dihidrat (DCP)</i>	33
<i>Monokalsiyum fosfat (MCP)</i>	80
<i>Monopotasyum tartrat (Kremalı Tartar)</i>	45
<i>Sodyum asit pirofosfat (SAPP)</i>	72
<i>Sodyum alüminyum fosfat (SALP)</i>	100
<i>Sodyum alüminyum sülfat (SAS)</i>	100

Unlu mamullerin formülasyonu hazırlanırken eğer içerikte asit yoksa sodyum bikarbonat ve asit kombinasyonu kullanılmalıdır. Formülasyonda kullanılacak asit miktarı, soda miktarında, asit veya asitlerin nötralizasyon değerine bağlıdır. Eğer ortamdaki bileşenlerden gelen doğal asit yoksa üründe istenmeyen yüksek pH oluşumuna sebep olur. Bu durumda son üründe istenilen oranda pH'sının sağlanması için kullanılacak asit miktarının doğru hesaplanması önemlidir. Aksi takdirde üründe arzu edilmeyen tat, koku, renk ve tekstür problemlerinin ortaya çıkmasına sebep olur (Penfield ve Campbell 1990; Lajoie ve Thomas 1991; Dizlek ve Gül 2009; Delcour ve Hoskeney 2010).

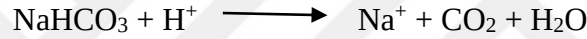
Standartlara göre, kabartma tozunun bileşimine giren aktif hammaddelerin başlıcaları;

- Sodyum bikarbonat (NaHCO_3)
- Kalsiyum laktat [$\text{Ca}(\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$]
- Kalsiyum bikarbonat [$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$]
- Tartarik asit ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$), sitrik asit ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$)
- Malik asit ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_5$)
- Potasyum hidrojen tartarat ($\text{C}_4\text{H}_5\text{O}_6\text{K}$)
- Amonyum bikarbonat [$(\text{NH}_4)\text{HCO}_3$]
- Kalsiyum sitrat [$\text{Ca}_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$]
- Sodyum hidrojen pirofosfat ($\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)

Ek olarak asit ve alkali aktif bileşenlerini ayrı tutarak ürünü stabilize eden, alkali ve asit bileşenlerin homojen olarak karışmasını sağlayan nişasta, dolgu materyali olarak kabartma tozu formüllerinde kullanılmaktadır (Delcour ve Hosney 2010).

Fırın ürünlerinde kabartmayı CO₂, amonyak, su ve/veya etanol buharı ve hava sağlamaktadır. Bunlardan kekin kabarmasına yardımcı olan ve en yaygın olarak bilinen CO₂ kaynağı, sodyum ya da amonyum bikarbonattır (Delcour ve Hosney 2010). Çizelge 2.4'te kabartma tozlarının bileşiminde bulunan asitlerin isimleri, kimyasal formülleri, gaz salma ve reaksiyon hızları verilmiştir.

Sodyum bikarbonat (NaHCO₃); toksik olmaması, ucuz ve yüksek saflıkta olması, tatsız olup tamamen reaksiyona girmesi sonucunda son ürüne herhangi bir tat vermemesi ve kolay kullanılması nedenleriyle unlu mamuller sanayisinde sıklıkla tercih edilmektedir. Fakat kek üretiminde yüksek alkali olması nedeniyle zararlı olabilmektedir. Sodyum bikarbonat düşük sıcaklıkta gaz oluşturmaya başlamasına rağmen tamamen reaksiyona girmesi için yüksek sıcaklığa gereksinim duyar ve bu özelliği sayesinde bütün işlem boyunca üründe homojen bir kabarma meydana getirmektedir (Lawson 1995; Dizlek 2002; Delcour ve Hosney 2010).



Amonyum bikarbonat (NH₄HCO₃); sadece %5 veya daha düşük nem içeriğine sahip bisküvi, kurabiye gibi fırın ürünlerinde kullanılır. Su içeriği %30-40 düzeylerinde olan ekmek ve keklerde kullanılmaz. Amonyum bikarbonat ile üretilen ürünler fırından sonra yüksek oranda su ihtiva ediyorsa amonyağı da bünyesinde bulunduruyor demektir. Ürün içerisindeki amonyak çok az miktarda olsa bile ürünü tüketilmez hale getirir. Amonyum bikarbonat ısıtıldığında aşağıdaki gibi üç gaza ayrılmaktadır (Delcour ve Hosney 2010).



CO₂ oluşumunu arttırmak ve kontrol etmek için kabartma tozu formüllerine asidik tuzlar ilave edilir. Unlu mamullerde kullanılan kabartma asidi nihai ürünün; tekstürünü, tadını, iç rengini ve spesifik hacmini önemli derecede etkilemektedir. Bu yüzden üründe kullanılacak kabartma asitlerinin çeşitlerini bilmek büyük önem arz etmektedir. Unlu mamullerde yaygın olarak kullanılan asidik tuzlar; Potasyum bitartarat, MCP, SAPP, SALP, SAS, DCPD, GDL vb.dir (Lajoie ve Thomas 1991; Lawson 1995; Beatriz ve Casso 2003).

Çift etkili kabartma tozlarında, çok hızlı reaksiyon gösteren ve farklı granül büyüklüğüne sahip olan mono kalsiyum fosfat (MCP), yavaş reaksiyon hızına sahip olan sodyum asit pirofosfat (SAPP) gibi kabartma asitleri ile yaygın olarak kullanılmaktadır. MCP, sodyum bikarbonat ile reaksiyonu sonucunda yüksek viskozite ve hacim oluşturur. Aynı zamanda ürün pH'sını düşürerek, antimikrobiyal maddelerin aktivitesini artırmaktadır.

Sodyum asit pirofosfat (SAPP), reaksiyonu hızı yüksek olan türleri, kek ve kek donatlarında kullanılırken, yavaş reaksiyon hızı gösterenler, dondurulmuş bisküvi ve kek karışımlarında kullanılmaktadır. Bazı uygulamalarda Glukono delta lakton (GDL) ve SAPP birlikte kullanıldığı zaman üründe acı tat hissi bırakabilir. Acı hissi gidermek için formülasyona; kalsiyum iyon kaynağı, lezzet verici maddeler ya da şeker ve yeterli miktarda sodyum bikarbonat ilave edilebilir.

Glukono delta lakton (GDL), sodyum bikarbonat ile tepkimesi yavaş olmasına rağmen üretim boyunca gaz oluşumu devam etmektedir. Bu nedenle yağ absorpsiyonunu azaltmak için tatlılarda önerilebilir. GDL, maya ile kabartılan ekmek vb. ürünlerde kabul edilebilir içyapısı özelliklerinin oluşmasına katkı sağlar ve gluten gelişimine yardımcı olur.

Dikalsiyum fosfat dihidrat (DCPD), reaksiyon hızı çok yavaş olduğundan hamur sıcaklığı 60°C'ye ulaşmadan soda ile reaksiyona girmez. Yüksek şeker ihtiva eden ürünlerde yapının sabitlenmesi geciktiğinden dolayı hacmi korumak için ideal bir bileşendir.

Sodyum alüminyum sülfat (SAS), hızlı reaksiyon hızına sahip MCP gibi kabartma asitleri ile kullanıldığında kekler için tatmin edici özellikte kabartma tozu üretiminde kullanılırlar. Mono kalsiyum fosfata göre nispeten daha yüksek oranda sodyum alüminyum sülfat içeren kabartma tozları, pişmiş ürünlerde istenmeyen tat oluşumuna neden olabilmekte ve yağlı ürünlerde acılaşmayı hızlandırabilmektedir.

Günümüzde ticari kek karışımlarının çoğunda kullanılan sodyum alüminyum fosfat (SALP), ürün pişirme aşamasında çok hızlı reaksiyona girer ve keklerde çok ince gözenek oluşumuna katkı sağlamaktadırlar (Manley 2000; Yıldız ve Doğan 2009). Kabartma tozlarının bileşiminde bulunan asitlerin isimleri, kimyasal formülleri, gaz salma ve reaksiyon hızları Çizelge 2.4'te verilmiştir.

Çizelge 2.4. Kabartma tozlarının bileşiminde bulunan asitlerin isimleri, kimyasal formülleri, gaz salma ve reaksiyon hızları (Dizlek ve Gül 2009; Delcour ve Hosney 2010)

Kabartma Tozu Formüllerinde Kullanılan Asidin Adı ve Kimyasal Formülü	CO₂ çıkışı (%)			Nispi reaksiyon hızları
	Karıştırma işleminden 2 dk sonra	10-15 dk bekletme sirasında	Piştirme sirasında	
Potasyum Bitartarat (Krem Tartar) [KHC₄H₄O₆]	70	Az miktarla	30	Hızlı etkili ⁽¹⁾
Monokalsiyum Fosfat Monohidrat [CaH₄(PO₄)₂. H₂O]	60	0	40	Hızlı etkili ⁽¹⁾
Monokalsiyum Fosfat Anhidrat (AMCP) [CaH₄(PO₄)₂]	15	35	50	Orta etkili ⁽²⁾
Sodyum Asit Pirofosfat (SAPP) [Na₂H₂P₂O₇]	28	8	64	Yavaş etkili ⁽³⁾
Sodyum Alüminyum Fosfat (SALP) [NaH₁₄Al₃(PO₄)₈.4H₂O]	22	9	69	Yavaş etkili ⁽³⁾
Sodyum Alüminyum Sülfat (SAS) [Al₂(SO₄)₃.Na₂SO₄]	0	0	100	Yavaş etkili ⁽³⁾
Dikalsiyum Fosfat Dihidrat (DCP) [CaHPO₄.2H₂O]	0	0	100	Yavaş etkili ⁽³⁾
Glukono Delta Lakton (GDL) [C₆H₁₀O₆]	25	40	35	Değişken ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Oda sıcaklığında aktif.

⁽²⁾ Sodyum bikarbonat ile reaksiyonu sonucunda oluşan CO₂ gazını üretimin her aşamasında (karıştırma, bekletme ve piştirme) salabilme yeteneğinde olan asit.

⁽³⁾ Reaksiyon için fırın sıcaklığına ihtiyaç duyan.

⁽⁴⁾ Reaksiyon hızı; sıcaklığa ve diğer etmenlere göre önemli ölçüde değişir.

Çizelge 2.5'te kimyasal kabartma tozlarının kullanıldığı yerler ve açıklaması belirtilmiştir (Çelik ve Kotancılar 1995).

Çizelge 2.5. Kimyasal kabartma tozları ve kullanım yerleri (Çelik ve Kotancılar 1995)

Kabartma Tozu	Kullanım Yeri	Açıklama
Mono Kalsiyum Fosfat Monohidrat	Pancake, çift kuvvetli kabartma tozları, bisküvi	Karbondiyoksit gazının büyük çoğunluğu yoğurma esnasında oluşur. Hamurun kabarmasını, daha büyük hacim ve gözenek yapısının oluşmasını sağlar.
Kaplanmış Mono Kalsiyum Fosfat (Coated MCP)	Kek karışımları, hazır kek ve pastalık unlar ile mısır unları karışımlarında	Kaplama, CO ₂ gazının daha yavaş ortaya çıkarır. Pancake ve waffle üretiminde kullanılır. CO ₂ gazı karıştırma, bekleme ve fırında pişirme esnasında oluşur.
Sodyum Asit Pirofosfat (SAPP)	Çeşitli Donut miksleri, buzdolabında muhafaza edilen konserve ve bisküviler, pasta üreticilerinin kullandığı kabartma tozları ve her türlü kek karışımları	CO ₂ gazı daha uzun sürede ortaya çıkar. Diğer kabartıcı maddeler ile birlikte kullanılır ayrıca pişirilen ürünün nemli ve yumuşak kalmasını sağlar.
Sodyum Alüminyum Fosfat (SALP)	Her türlü kek karışımlar, Pancake, bisküvi, topkek ve muffin	Kabartma tozlarının en yavaş etkili türüdür ve diğerleri ile birlikte kullanılır. Pişirilen ürünün nemli ve yumuşak kalmasını sağlar.
Dikalsiyum Fosfat Dihidrat (DCP)	Kek karışımları	Yavaş etkilidir ve CO ₂ gazı yalnızca fırında oluşur.
Sodyum alüminyum Sülfat (SALS)	Hızlı reaksiyona girenler ile birlikte kullanılmalıdır.	Çok yavaş etkili olup yalnız başına kullanılmaz. Unlu karışımlarda yağ acılaşmasını hızlandırır.
Ulukono Delta Lakton (GDL)	Teneke kutudaki konserve ekmekler, pizzalar	Yavaş etkilidir ve fırında tepkimeye girerler.

2.3.1. Kabartma tozlarının kullanımına yönelik çalışmalar

Kek hamurunun fiziksel ve kimyasal yapısını düzelterek büyük hacimli, homojen gözenek yapısına sahip standart kalitede mamul ürün üretimi sağlaması bakımından kek yapımında kabartma tozlarının kullanılması ekonomik ve teknik açıdan gerekli hale gelmiştir. Bu nedenle, ticari özelliklere sahip paketle satışa sunulan ilk kabartma tozu bileşimi Amerika'da 1850'li yıllarda üretilmiş ve o tarihten günümüze kadar da kek üretimlerinde yaygın bir kullanım alanına sahip olmuştur (Lawson 1995; Delcours ve Hosken 2010).

Li ve Walker (1996), pişirme sıcaklığı, pişirme süresi ve kabartıcı asit miktarının kek kalitesi üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, kekin kalınlığı üzerine kabartma tozunun bileşiminin ve pişirme süresinin etkili olduğunu belirlemişlerdir. Aynı zamanda kek kabuk renginin de kabartıcı oranından etkilendiğini ve kabartıcı konsantrasyonunun yüksek oranda kullanılması durumunda kek kabuk renginin daha koyu olduğunu tespit etmişlerdir.

Howard (1972) tarafından keklerin yapısında bazı gerekli bileşimlerin rolü üzerindeki etkisinin incelendiği çalışmada, alkali bileşen olarak NaHCO_3 , asit olarak SAPP ve AMCP kullanılmıştır. Araştırmada, kek yapısının oluşmasında kullandığı kabartma tozunun rolünü belirlemede güçlük çekmesine rağmen, kek üretiminde kullanılan kabartma tozlarının en önemli unsurunun dengeli bir formüle sahip olması gerektiğini göstermiştir.

Ünver (1987), kekte küçük gaz kabarcıklarının meydana gelmesi ve kekin tekstür yapısının düzgün olması için mümkün olduğunca ince partiküllü kabartma tozlarının kullanılması gerektiğini belirtmiştir. Eğer kabartıcı madde büyük oranda öğütülmüş ve fazla miktarda kek formülasyonuna eklenmiş ise hamurun belirli bir yerinde üretilen CO_2 miktarının fazla olacağını ve hamurda kabarma sonucu gaz kabarcıkları içindeki fazla basınçtan dolayı gözenek duvarlarının çok inceleneceğini bu nedenle de kekin çökebileceğini belirtmiştir.

Holmes ve Hosene (1987), kimyasal kabartıcıların tek başına ve ekmek mayası ile değişik oranlarda kullanılmasıyla elde edilen ekmek denemelerinde, kimyasal kabartıcıların kullanılmasıyla ekmek hacminin artmasını beklerken aksi bir durumla karşılaşmış ve formüle giren asit miktarının artmasına bağlı olarak ekmek hacminin azalmasını iki nedene bağlamışlardır. Birincisi formülde yer alan tuz miktarının fazla olması, ikinci ise asitlerin sahip olduğu belli başlı iyonlardır. Öne sürdükleri her iki hipotezi de deneme-yanılma yöntemi ile doğrulayan araştırmacılar; kimyasal kabartıcıların formülde yer alması durumunda NaCl 'nin hamurda olmaması gerektiğini ve asitlerde bulunan özellikle fosfat ve potasyum iyonlarının ekmek hacmini azalttığını ifade etmişlerdir. Aynı zamanda, yapılan denemelerde en iyi kabartıcının ekmeğe göre hacim bakımından ortalama %2,5 az olmasına karşın uygun düzeyde kullanıldığı takdirde yavaş kabartıcı kombinasyonu ($\text{SAS} + \text{NaHCO}_3$) olduğunu ve hızlı kabartıcılar ile hazırlanan hamurların yavaş kabartıcılarla göre son ürün hacmini daha fazla azalttığını ve bundan dolayı hızlı etkili kabartma tozu bileşiminde yer alan asitlerin tek başlarına pek kullanım alanı bulmadığını ifade etmişlerdir.

Dizlek (2002), sekiz farklı bileşimde hazırladığı kabartma tozlarını pandispanya hamurunda beş ayrı seviyede kullanmış ve yavaş etkili bir asidik tuz olan SAPP+sodyum bikarbonat bileşimi ile hazırlanan kabartma tozunun pandispanya hamurunda yaklaşık %1.25 oranında kullanılmasının, hızlı etkili asit tuzlarının tek başına kullanılmadan, orta ve/veya yavaş etkili asitlerle (sırası ile mono kalsiyum fosfat anhidrat ve SAPP) birleştirilerek çift etkili kabartma tozu bileşimlerinde kullanılmasının pandispanya üretiminde uygun olacağını ifade etmiştir.

2.4. Ekşi Hamur

Ekşi hamur, ekmek başta olmak üzere çeşitli fırın ürünlerinin kalitesini arttırmak amacıyla kullanılan en eski biyoteknolojik mayalama yöntemlerinden biridir. Yaklaşık olarak beş bin yıldan beri kullanılmakta ve her yıl ortalama üç milyon tonun üstünde üretimi yapılmaktadır. Son yıllarda ise tüketicilerin özellikle katkısız ve doğal ürünlere olan talebi nedeniyle önemi artmıştır (Messens ve De Vuyst 2002; Vogel vd. 2011).

Ekşi hamur; un, su ve ortamda bulunan mikroorganizmaların etkisiyle hamurun doğal fermentasyona uğraması veya starter olarak laktik asit bakterilerinin un, su karışımına eklenmesi sonucunda meydana gelmektedir. Her iki durumda da, ekşi hamur laktik asit bakterisi mikroflorasının özelliklerine göre oluşan metabolitler, unlu mamüllerin besinsel, lezzet, tekstürel ve diğer fizikokimyasal özelliklerini etkilemektedir (Hendek Ertop 2017). Aynı zamanda eksopolisakkaritler, organik asitler ve enzimler gibi mikrobiyotadan üretilen çeşitli metabolitlerde ekşi hamurun niteliklerini etkilemekte ve kullanılan son ürüne tekstür yapısı iyileştirilmiş, zengin aroma profili sağlanmış, uzun raf ömrüne sahip ürünler elde edilmesine yardımcı olurlar (Delcour ve Hoseney 2010; Hendek Ertop 2017). Ekşi hamur mayası ilavesinin fungistatik etkisi, LAB suşları tarafından üretilen özellikle asetik asit ve laktik asit oluşumuna katkı sağlarlar (Messens ve De Vuyst 2002).

Farklı bölge ve ülkelerdeki aroma tercihleri ve üretim kolaylıklarındaki isteğe göre çok çeşitli ekşi hamur ürünleri geliştirilmiştir. Çizelge 2.6' da dünya piyasasında bulunan ekşi hamur ürün çeşitleri ve hamur asitlendiricileri verilmiştir (Brandt 2007).

Çizelge 2.6. Piyasada bulunan ekşi hamur ürünleri ve hamur asitlendiriciler (Brandt 2007)

Ürünler	Hammaddeler (%)	TTA(ml)	Dozaj (unda %)
Kurutulmuş ekşi hamurlar	Buğday, çavdar, yulaf vb.	40-220	1-6
Macun kıvamında ekşi hamurlar	Buğday, çavdar, malt vb.	25-100	3-30
Sıvı ekşi hamurlar	Buğday, çavdar, yulaf vb.	30-150	1-10
Toz hamur asitlendiriciler	Prejelatinize unlar, organik asitler	<1000	0.5-1.5
Sıvı asitlendiriciler	Çavdar, buğday, organik asitler, hidrokolloidler vb.	<400	0.5-3

Ekşi hamurlar, üretim teknolojisine bağlı olarak üç grup altında toplanmıştır (Messens ve De Vuyst 2002; Rollán vd. 2010). Bunlar;

- *Tip I ekşi hamur:* Geleneksel yolla elde edilen ekşi hamur
- *Tip II ekşi hamur:* Yarı akışkan özellikteki ekşi hamur
- *Tip III ekşi hamur:* Kurutulmuş olan ekşi hamur

Tip 0 ekşi hamuru, ekşi hamur fermentasyonunun olmadığı ve mayalanmayı sağlayan ekmek mayasının kullanıldığı hamurdan oluşur (Palomba 2008).

Tip I Ekşi Hamur

Tip I, geleneksel yöntemlerle elde edilen ekşi hamurdur. Bu yöntemde mikroorganizmaları aktif fazda tutmak için sürekli ve günlük olarak tazeleme işlemi yapılır. Tazeleme işleminde bir önceki fermantasyondan alınan bir parça hamur bir sonraki aşamada fermantasyon için kullanılır (Messens ve De Vuyst 2002). Bunun sonucunda mikroorganizmalar yüksek metabolik aktivitededir ve gaz üretimiyle iyi bir kabarmaya sebep olurlar. Üretimleri 20-30°C arasında meydana gelir (Meroth vd. 2003; Palomba 2008). Bu tip ekşi hamurdan genellikle *L. paralimentarius*, *L. brevis*, *L. plantarum*, *L. sanfranciscensis*, *L. rossia*, *L. fructivorans*, *L. pontis*, *L. farciminis* ve *L. fermentum* türü laktik asit bakterileri ve maya türü olarak *C. humilis* izole edilmektedir. *L. sanfranciscensis* suşları geleneksel Tip I ekşi hamurlarında ağırlıklı olarak bulunan laktik asit bakterileridir (Messens ve De Vuyst 2002; Minervini vd. 2012).

Tip II Ekşi Hamur

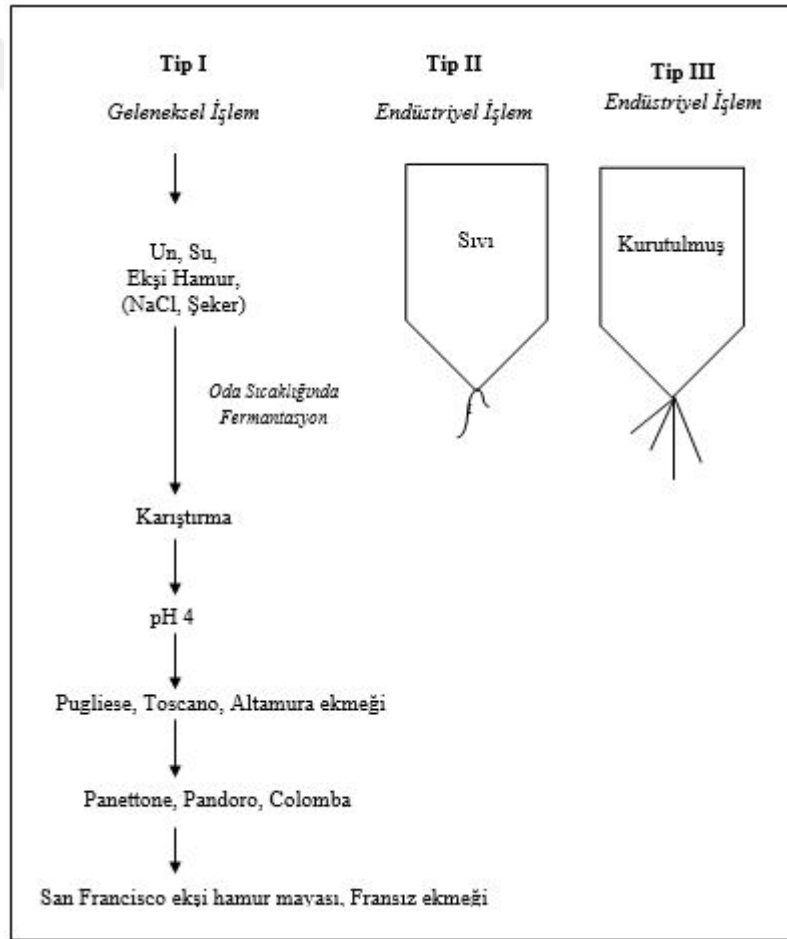
Tip II ekşi hamurları yarı akışkan özelliğe sahip olup endüstriyel talepleri karşılamak için meydana getirilmiştir. Tip II ekşi hamur prosesi, Tip I'e göre daha yüksek sıcaklık, daha uzun fermantasyon süresi ve daha yüksek su içeriğiyle karakterize edilir (Minervini vd. 2012). Aynı zamanda Tip I ekşi hamurlarının aksine, Tip II ekşi hamurda mayalanma, hamura fırın mayası eklenmesi ile gerçekleşir (Messens vd De Vuyst 2002). Tek aşamalı olarak uzun süreli fermantasyon ve sürekli çoğaltmayla üretilen bu tipteki ekşi hamurların kullanımı daha güvenilir olup, esnek üretim yapmaya olanak sağlarlar ve hamur asitlendiriciler olarak görev yaparlar. Hamur veriminin yüksek olması nedeniyle hamura ilave edilmesi kolaydır. Üretimleri 30°C'de 2 ile 5 gün arasında süren fermantasyonla yapılır (Meroth vd. 2003). Fermantasyonun ilk 24 saatinden sonra ortam pH'sı 3.5' in altına iner ve metabolik aktiviteleri sınırlıdır (Palomba 2008). Depolama sırasında olgun ekşi hamurun bir kısmı, hamurun asitleştirilmesi ve ekşi hamur mayası ile pişirilen ürünlerin karakteristik özellikleri olan aroma ve aroma bileşenleri ile zenginleştirilmesi amacıyla aşılama olarak kullanılabilir (Guerzoni vd. 2013). Bu tip ekşi hamurlarda; *L. acidophilus*, *L. amylovorus*, *L. farciminis*, *L. delbrueckii*, ve *L. johnsonii* gibi obligatif homofermantatifler ile *L. fermentum*, *L. frumenti*, *L. pontis*, *L. reuteri*, *L. panis*, *L. brevis* gibi heterofermentatif türleri vardır (Messens ve De Vuyst 2002; Palomba 2008; Minervini vd. 2012). *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Lactococcus*, *Pediococcus*, *Streptococcus* ve *Weissella* cinslerine ait türler ise daha az sıklıkta izole edilmektedir (Minervini vd. 2012).

Tip III Ekşi Hamur

Tip III ekşi hamurları kurutulmuş halde bulunan toz şeklindeki ekşi hamurlardır. Bu tipteki ekşi hamurlar çoğunlukla ortamı asitlendirici ve aroma artırıcı olarak kullanılır (Meroth vd. 2003). Tip I ekşi hamura göre, kalitesinin standart özellikte olmasından dolayı endüstriyel fırınlarda çok sık kullanılan ekşi hamur tipidir (Guerzoni vd. 2013). Günümüzde yüksek teknolojiye sahip fırın endüstrisinde aslına uygun ekmek tadını elde etmek için kullanılan en iyi yoldur. Bunlar, geleneksel yolla elde edilen ekşi hamurların dondurularak kurutma yöntemi ile suyunun uzaklaştırılması ve ardından püskürtmeli veya akışkan yataklı kurutucularda kurutulmasıyla elde edilirler (Messens ve De Vuyst 2002). *L. brevis*, *Pediococcus pentosaceus* ya da *L. plantarum* gibi kurutmaya dirençli laktik asit bakteri türlerini barındırırlar (Palomba 2008).

Kurutulmuş ekşi hamur üretiminde dondurarak kurutma gibi bazı teknikler kullanılmakta ve ekşi hamurun kolay bir şekilde pompalanabilir olması gerekmektedir. Bu sebeple kurutma yapılacak ekşi hamurlardaki hamur verimi genellikle 200'den büyüktür ve kurutulmuş ekşi hamurlardaki asetik asit içeriği kurutma tekniğine bağlı olarak değişmektedir. Asetik asidin evaporasyon sıcaklığı 118°C olduğundan dolayı taze ekşi hamurlara nazaran kurutulmuş ekşi hamurlar genellikle daha az asetik asit içermektedir. Yüksek asitlik içeren ekşi hamur üretimi için Tip II ekşi hamur fermantasyonları uygulanmaktadır (Brandt 2007).

Farklı ekşi hamur tipleri (Tip I, Tip II, Tip III); geleneksel kekler (Panettone, Colomba, Pandora), geleneksel İtalyan ve Fransız buğday ekmeği, çavdar ekmeği, beyaz tava ekmeği, San Francisco ekmeği gibi ürünlerde kullanılırlar (Guerzoni vd. 2013). Şekil 2.2' de ekşi hamur üretim aşamalarının ekşi hamur çeşitlerine göre genel şematik gösterimi verilmiştir (Chavan ve Chavan 2011).

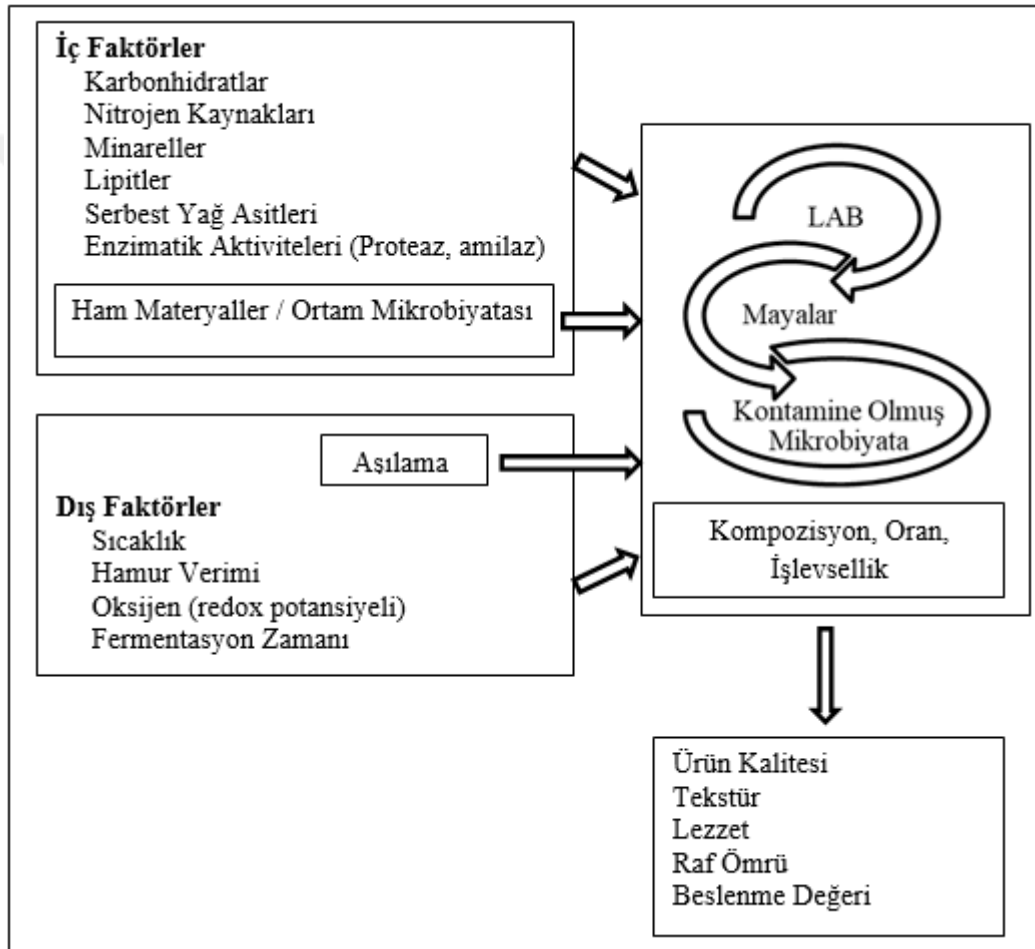


Şekil 2.2. Ekşi hamur mayası üretim aşamaları şematik gösterimi (Chavan ve Chavan 2011)

2.5. Ekşi Hamur Fermantasyonunu Etkileyen Faktörler

Ekşi hamur fermantasyonu, kendiliğinden gerçekleşen prosese dayalı olan modern mikrobiyal bir yöntemdir. Ekşi hamur, ekmek ve hamur hazırlama için bir ara ürün olup

metabolik olarak aktif mikroorganizmalar içermekte ve fermantasyonda LAB ve mayalar önemli bir rol oynamaktadır (Gereková vd. 2011). Ekşi hamur mayasının faaliyetini değerlendirmek için hem mikrobiyal hem de fiziko-kimyasal parametreler kullanılır. Mikrobiyolojik açıdan laktik asit bakterileri ve maya topluluğunun değerlendirilmesi esas alınmaktadır. Çünkü bu mikroorganizmalar iyi kalitede bir ekşi hamur mayası içinde baskın olarak bulunmaktadır. Bununla birlikte, ekşi hamur mayası dominant ve alt dominant mikrobiyota türlerinin suşlarını ve türlerini tanımlamak için bir dizi fenotipik ve genotipik yöntem gereklidir. Mikrobiyal topluluk, bazı ekşi hamur mayaların özelliklerinden etkilenmekte ve ürünün genel kalitesine yansıyan, ekşi hamurunun kimyasal bileşimini ve fiziksel parametrelerini değiştirmektedir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Ekşi hamur mayası karakteristik özellikleri ve işlevselliğine, nihai ürünün genel kalite özelliklerine etki eden iç ve dış faktörler (Guerzoni vd. 2013)

Ekşi hamur mayasındaki mikrobiyal büyüme ve aktiviteyi etkileyen faktörler Şekil 2.3’ te verilmiştir. Etkili iç parametreler; karbonhidratlar, azot (N) kaynakları, vitaminler ve mineralleri içeren tahıl substratı tarafından belirlenmektedir. Fermente edilebilir karbonhidratlar fermantasyon işlemi aşamasında önemli bir rol oynar. Ekşi hamur mayası üretiminde una su ilavesi, undaki enzimleri aktive eder ve böylece daha fazla fermente olabilen karbonhidratlar, polisakaritlerden sürekli olarak salınır. Hidrolitik enzimlerin aktivitesi biyolojik ve teknolojik faktörlere bağlı olup pH, sıcaklık

veya sodyum klorür ilavesi gibi faktörlerle kontrol edilebilmektedir (Hammes ve Gänzele 1998).

Ekşi hamurda etkili olan dış parametrelerin bir kısmı ise aşağıda özetlenmiştir.

Hamur Verimi (DY): Ekşi hamur kıvamı değişiklik gösterebilir. Ekşi hamur fermentasyonu, sert hamur ya da sıvı olarak su içerisinde bulunan un karışımının sıvı süspansiyonu olarak gerçekleştirilebilir. Bu un ve su arasındaki oran hamur verimi olarak ifade edilebilir ve aşağıdaki formül ile gösterilir (Chavan ve Chavan 2011; Simpson 2012).

$$DY = \frac{(\text{un miktarı} + \text{su miktarı}) \times 100}{\text{un miktarı}} \quad (2.1)$$

Buğday ekşi hamuru için bu DY değeri; 160 ise sert, 200 değerinde ise sıvı ekşi hamur elde edilmiş demektir.

DY değeri, ekşi hamurun aroma profilini belirlemede de önemli oranda etkilidir. Sert ekşi hamurlar (düşük DY değerine sahip) daha fazla asetik asit içerirken daha az laktik asit üretmektedir. Laktik asidin aroması daha çok süt asidi iken asetik asit ise hemen algılanan keskin bir asidik tada sahiptir. Aynı zamanda asitleştirme oranı, ekşi hamurun DY değerinden etkilenmekte ve yüksek DY değeri asitlendirmenin daha hızlı gerçekleştirileceği anlamına gelmektedir. Bu muhtemelen üretilen organik asitlerin ortama daha hızlı nüfuz etmesinden kaynaklanmaktadır (Decock ve Cappelle 2005).

Sıcaklık: DY gibi sıcaklıkta ekşi hamur fermentasyonu esnasında önemli olup, asitlendirmede etkili bir faktördür. Aynı zamanda ekşi mayanın mikrobiyal kompozisyonunda da etkilidir. Eğer bir önceki hazırlanan ekşi hamur bir sonraki fermentasyonda aşılama olarak kullanılacaksa sıcaklık kontrolünün iyi yapılması gerekmektedir. Aksi takdirde ekşi hamurun birçok kez tazelenmesi sonucunda mikrofloranın bir kısmı kaybolabilir (Decock ve Cappelle 2005). Ekşi hamur fermentasyon sıcaklığı, ekşi hamur ekosistemindeki LAB ve maya türleri üzerine önemli bir paya sahip olup, suşlara bağlı olarak *Lactobacilli* için 30 ila 40°C, mayalar için 25 ila 27°C arasında optimum değerlerde gelişmektedirler. Genel olarak daha yüksek sıcaklık, daha yüksek su içeriği ve kepekli un kullanımı buğdaydan elde edilen ekşi hamurlarda asit oluşumunu artırmaktadır (Chavan ve Chavan 2011).

Starter Kültür: Kontamine olabilecek organizmaların fermentasyon sırasında gelişme ihtimalini düşürmek ve daha iyi bir fermentasyon kontrolü sağlamak için ekşi hamurların starterle inokulasyonu tavsiye edilmektedir. Unların doğal mikroflorası, maya ve LAB içerdiği için ekşi hamur fermentasyonlarında genellikle karışık starter kültürler halinde kullanılmaktadır. Mayalar genellikle kabartma işleminden sorumluyken LAB türleri asidifikasyon işleminden sorumludur (Rollán vd. 2010; Banu ve Aprodu 2012).

Ticari olarak hazır bulunan ekşi hamur starter kültürleri, genelde iyi bir aroma ve asitlik oluşumunu sağlayan farklı LAB suşlarının karışımından oluşmaktadır (Decock

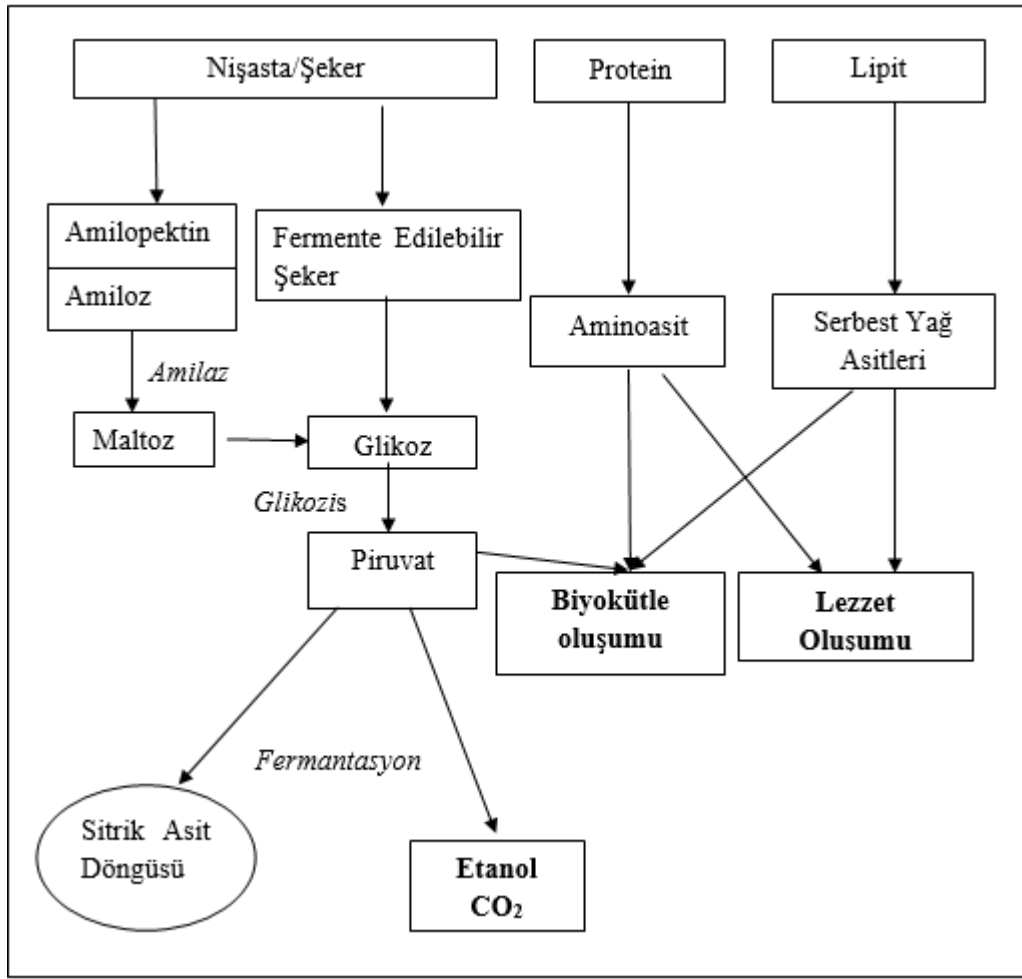
ve Cappelle 2005). İyi kalitede bir ekşi hamurun asitliğinin istenilen düzeyde olması ve kabarma sağlanabilmesi için 10^6 - 10^7 kob/g maya, 10^8 - 10^9 kob/g LAB bulunması gerekir. Bu yüzden alternatif olarak hazır kullanılan ekşi hamur ya da LAB suşlarını içeren ticari starter kültürler hamura ilave edilebilir (Rehman vd. 2006).

Substrat: Ekşi hamur fermantasyonunda substrat olarak kullanılan başlıca un, ekşi hamurun asitliğini ve son aromasını önemli oranda etkileyen bir diğer parametredir (Decock ve Cappelle 2005). Üretimde kullanılan un çeşidine bağlı olarak ekşi hamurun biyokimyasal özelliklerini ve mikrobiyal yükünü etkilemektedir. *Triticum durum* unları, yüksek miktarda glukoz, maltoz, fruktoz ve serbest yağ asidi içermekte ve bu unlardan elde edilen ekşi hamurlarda obligatif heterofermantatif LAB baskın florayı oluştururken, maya hücre yoğunluğu ve fakültatif heterofermantatif LAB sayısı düşüktür. *Triticum aestivum* unuyla elde edilen ekşi hamurlarda ise fakültatif heterofermantatif LAB baskın olarak bulunmaktadır (Minervini vd. 2012).

Titre edilebilir asitlik ve pH: Ekşi hamurun titre edilebilir asitliği ve pH değeri, ekşi hamur fermantasyonu için önemli bir kalite kriteridir. TTA değeri, ekşi hamur mayası fermantasyonu sırasında üretilen toplam organik asit miktarını ifade etmektedir (Decock ve Cappelle 2005). Başlangıç fazında hem asit hem de pH değeri sabit kalırken orta fazda, maya varlığına bağlı olarak titre edilebilir asitlik artar. Uzun süreli fermantasyon safhasında, ekşi hamurun pH'sı esas olarak sisteme dahil edilen laktik asit bakterisine bağlıdır. Ekşi hamurda bulunan mayalar, laktik aside göre asetik asitten çok daha fazla etkilenirler (Chavan ve Chavan 2011).

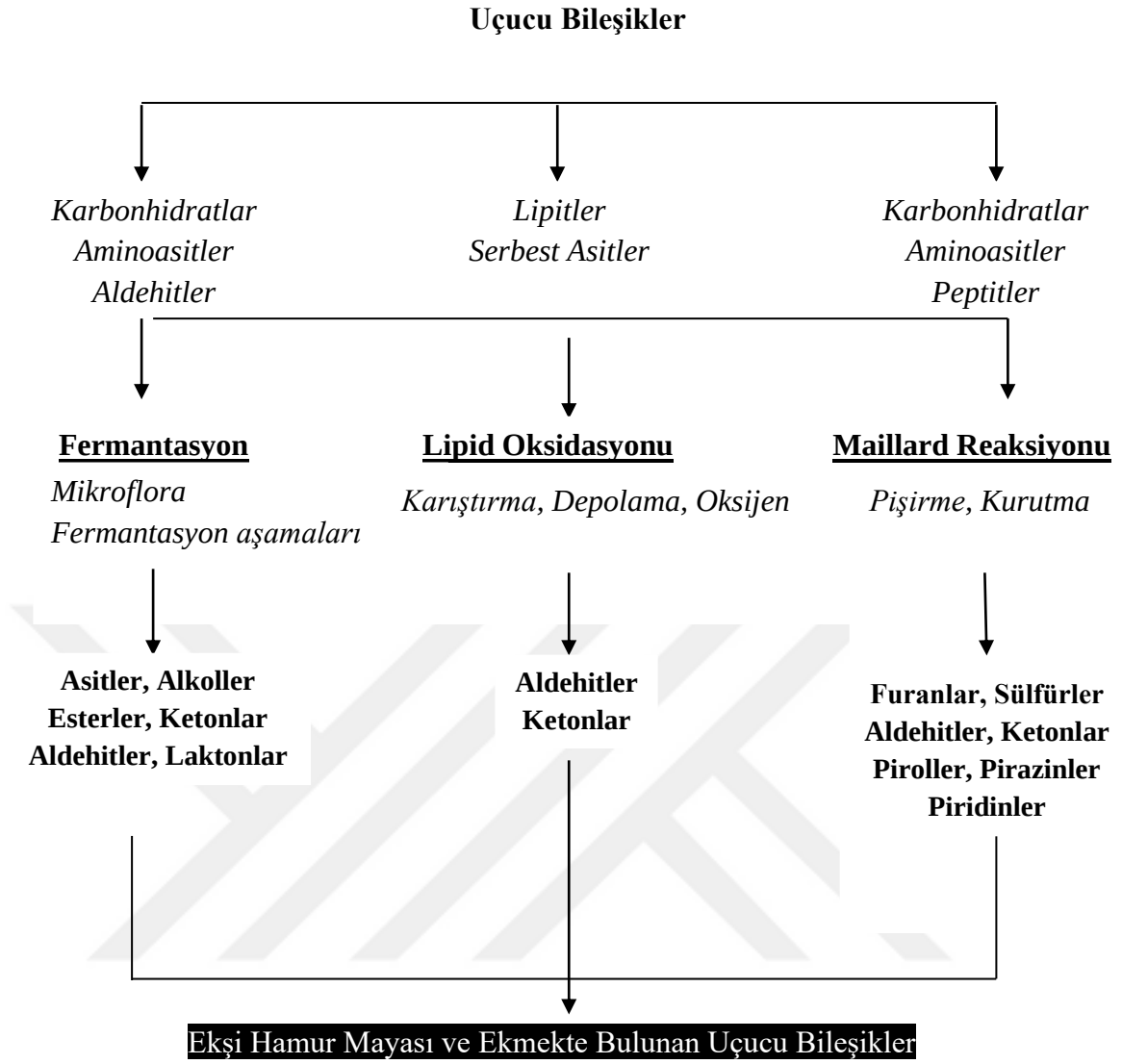
2.6. Ekşi Hamur Mayasında Bulunan Uçucu Metabolitler

Tat ve aroma, lezzet; genel olarak ekmek veya pişmiş tahılların kalitesini belirleyen en önemli unsurdur. Ekşi hamur fermantasyonu boyunca üretilen lezzet sağlayan bileşikler, 2 kategoride sınıflandırılabilir. Bunlardan birincisi homo- ve heterofermantatif bakteriler tarafından üretilen asitlik sağlayan, pH'yı azaltan, ürünlere aroma veren ve organik asitler içeren uçucu olmayan bileşiklerdir. İkinci kategori ise alkol, aldehytler, ketonlar, esterler ve kükürt içeren uçucu bileşiklerdir. Bütün bu bileşikler, fermantasyon sırasında biyokimyasal değişiklikler ve metabolitler etkisiyle üretilmektedir (Chavan ve Chavan 2011). Aynı zamanda ekşi hamur fermantasyonu sonucu oluşan biyokimyasal değişiklikler ve metabolitler sayesinde unlu mamullerin biyoaktif bileşenleri ile bunların biyoyararlanımında da değişim meydana gelmektedir. Bu değişimler, protein ve mineral biyoyararlanımında yükselişe, biyoaktif bileşen içeriğinde zenginleşmeye ve değişmeye, dirençli nişasta içeriğinde artışa, eksopolisakkaritlerin oluşumuna, gliadin (çölyak hastaları için toksik protein) degradasyona, nişastanın mikrobiyal hidrolizi ile ürünün sertleşmesine ve bayatlamasının önlenmesine, diyet lif içeriğinin yükselmesine, fitaz aktivitesinde ve safra bağlama kapasitesinde artışa, fenolik bileşiklerin etkisiyle ortaya çıkan antioksidan aktiviteye sebep olmaktadır. Bu gibi değişimler yanında çoğu besinsel açıdan olumlu etkileri de bulunmaktadır (Rollán vd. 2010; Hendek Ertop ve Hayta 2016). Ekşi hamur fermantasyonu boyunca meydana gelen biyokimyasal değişimler Şekil 2.4'te özetlenmiştir.



Şekil 2.4. Ekşi hamur fermantasyonu boyunca meydana gelen biyokimyasal değişimler (Narvhus J.A ve Sørhaug T. 2006)

Ekşi hamur mayası ile elde edilen ekmek, daha yüksek uçucu madde içeriğine sahiptir. Ayrıca duyuusal testlerde, laktik asit ve asetik asit ile elde edilen ürün kimyasal olarak asitlendirilmiş ürüne kıyasla daha yüksek puanlar elde etmektedir. Aynı zamanda ekmekte bulunan bazı bileşiklerin ekşi hamur mayasında da mevcut olabileceği bildirilmiştir. Örneğin metilpropanol (izo-butanol), 2- ve 3- metilbutanol (izo-pentanoller), etil asetat ve etil laktat bu bileşikler ekşi hamur mayası içindeki miktarlarıyla açıkça ilişkilidir (Hansen ve Schieberle 2005; Chavan ve Chavan 2011). Ekşi hamur mayasına kıyasla ekmekte bulunan uçucu bileşikler çoğunlukla daha düşüktür. Çünkü ekmek hamuru reçetesinde ekşi hamur mayasının en fazla %50 kullanılmaktadır (Hansen ve Schieberle 2005). Ekmek ve ekşi hamur mayasında bulunan uçucu bileşikler, ham maddelerden veya proses aşamalarında aynı yollardan meydana gelmektedir (Şekil 2.5). Bugüne kadar ekşi hamur mayası, ekşi hamur mayasının ilave edildiği ve edilmediği ekmeklerde tespit edilen 43 aldehit, 35 alkol, 33 ester, 19 keton, 14 asit, 13 furan, 11 pirazin, 2 lakton, 2 sülfür, 21 alkan ve vb. 196 uçucu bileşik olduğu rapor edilmiştir (Pétel vd. 2017).



Şekil 2.5. Ekşi hamur mayası ve ekşi hamur mayası ile üretilen ekmeklerde başlıca etkili faktörler ve önemli kaynaklar (Pétel vd. 2017)

Ekşi hamur fermentasyonu sırasında yeterli miktarlarda uçucu bileşiklerin üretilmesi için 12 ila 24 saat arasında birçok aşamalı bir prosese ihtiyaç duyarken, fırın mayası tarafından meydana gelen fermentasyonda sadece birkaç saat içerisinde üretilmektedir (Hansen ve Schieberle 2005; Chavan ve Chavan 2011). Şekil 2.6’da ekşi hamur mayalı ekmek üretiminde kullanılan tüm üretim süreçleri genel bir yaklaşım ile gösterilmektedir.

- Ekmek kabuk ve iç kısmına koku maddelerinin geçişi
 - Biyotransformasyon ile kayıplar
 - Pişirme sırasında kayıplar
- Ekşi hamur mayası fermantasyonu boyunca koku maddelerinin biyojenerasyonu
 - Pişirme sırasında kayıplar
 - Mikrofloradaki farklılıkların neden olduğu biyotransformasyon ile kayıplar
- Aroma verici maddelerin biyojenerasyonu
 - Mikroorganizmalar
 - Unda bulunan enzimler
- Ekşi hamur mayası aroma bileşenlerinin termal jenerasyonu
 - Pişirme esnasında fiziksel kayıplar

Şekil 2.6. Teknolojik parametrelerin ekme aroma bileşimleri kompozisyonunu nasıl etkilediği hakkında genel bakış (Hansen ve Schieberle 2005)

Ekşi hamur mayasındaki uçucu maddelerin oluşumuna, laktik asit bakterileri ve maya fermantasyonları önemli bir etkindir. Her iki mikroorganizma, aroma verici maddeleri serbest bırakabilir ve ekşi hamur fermantasyonu boyunca serbest amino asit konsantrasyonlarının önemli ölçüde arttırılabilir (Hansen ve Schieberle 2005; Chavan ve Chavan 2011). Ayrıca, buğday veya çavdar ekşi hamurlarında pirazin bulunmadığı bildirilmiştir. Bu da ekşi hamur mayasında Maillard reaksiyonunun sınırlı kaldığını göstermektedir (Pétel vd. 2017).

2.7. Laktik Asit Bakterileri ve Mayalar

Ekşi hamur; yaklaşık 5000 yıldan beri, yılda 3 milyon tondan fazla fırın ürünleri üretiminde kullanılan buğday unu ve su karışımının laktik asit bakterisi ve maya ile birlikte fermente edilmesi sonucunda elde edilen endüstriyel öneme sahip bir üründür (Vogel vd. 2011). Bu yüzden ekşi hamur fermantasyonunda laktik asit bakterileri ve mayalar kilit rol oynamaktadır. Ekşi hamur mayası, homo- ve heterofermentatif laktik asit bakterileri ve mayaları değişen miktarlarda ve bileşimlerde içermektedir. Bunlara örnek; *L. brevis*, *L. sanfrancisco*, *L. plantarum*, *L. fructivorans*, *L. fermentum*, *L. delbrücki*, *L. alimentarius*, *C. krusei*, *S. exiguus*, *S. cerevisiae*, *P. saitoi*, *C. boidinii*, *S. fructuum* gibi türler verilebilir (Göçmen 2001).

2.7.1. Laktik asit bakterileri

Laktik asit bakterileri; gram pozitif, katalaz negatif (düşük oranda şeker içeren ortamda pseudokatalaza sahip suşlar görülebilir) *Sporolactobacillus inulinus* türü hariç spor oluşturmeyen, fakültatif anaerobik, *Pediococcus* cinsi hariç sadece tek düzlemde bölünen ve bazı istisnalar hariç hareketsiz, çubuk veya kok şeklinde bakteriler olarak tanımlanmaktadır. Aynı zamanda yüksek alkoller ve karbonhidratları fermente ederek laktik asit oluşturan, doğal bir grup olarak ifade edilmiştir. Laktik asit bakterileri, fizyolojik ve genetik farklılıklarından dolayı glikozu farklı metabolik yollar izleyerek kullanmakta ve farklı son ürünler elde etmektedir (Wood ve Holzapfel 1995; Çon ve Gökalp 2000).

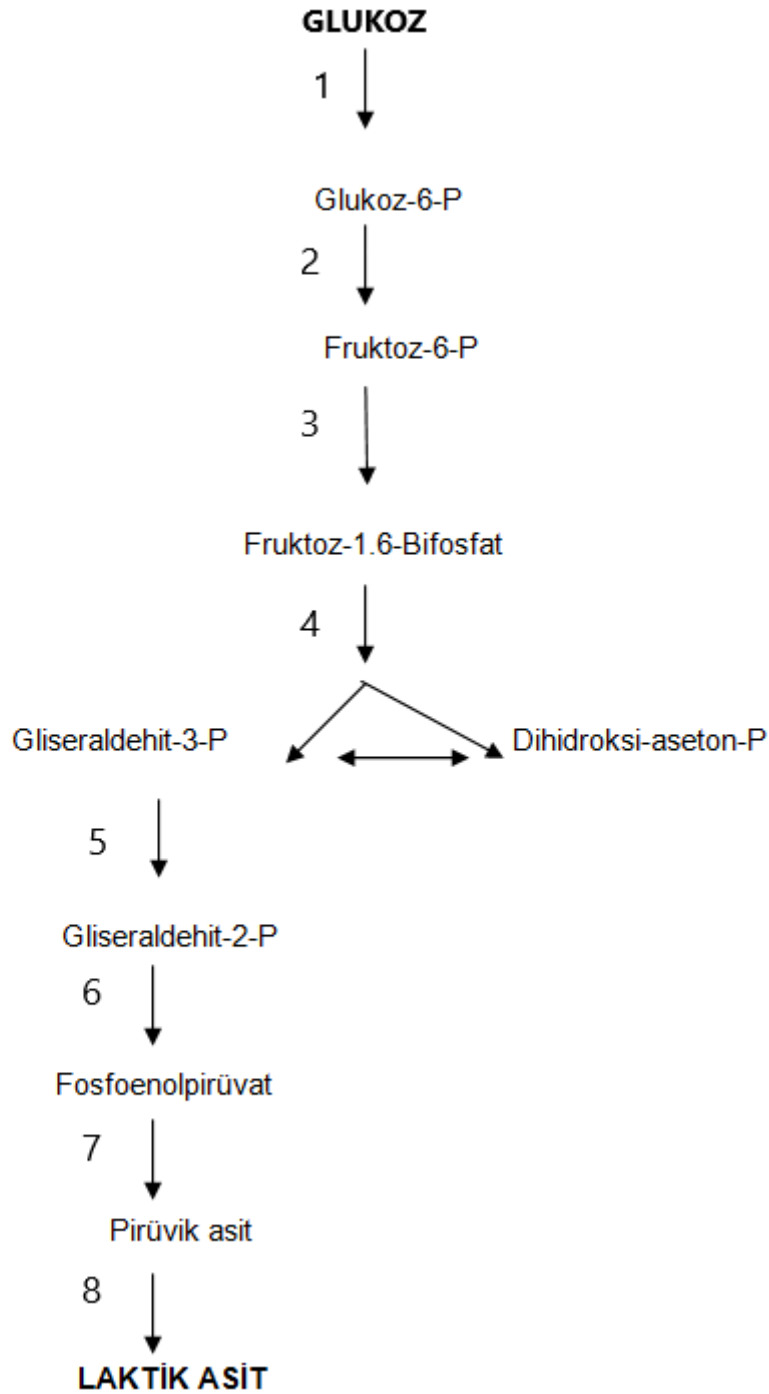
Laktik asit bakterileri; yoğurt, peynir, sucuk, ekşi lahana turşusu (sauerkraut), ekşi hamur gibi çeşitli gıda fermantasyonlarında 4000 yıldan fazla bir süredir kullanılan endüstriyel açıdan önemli bir mikroorganizma grubudur (Çon ve Gökalp 2000; Gereková vd. 2011). Ayrıca son zamanlarda endüstriyel kimyasalların ve biyopolimer, enzim, laktik asit gibi biyolojik ürünlerin üretiminde de kullanılmaktadırlar (Klaenhammer vd. 2002).

Heksoz şekerlerin fermantasyonu sonucunda laktik asit üreten türleri *homofermentatif laktik asit bakterileri*; laktik asit, CO₂ ve etanol üreten türleri *heterofermentatif laktik asit bakterileri* olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Fermente gıdalarda daha çok *homofermentatif laktik asit bakterileri* kullanılırken ekşi hamur fermantasyonunda ise daha çok *heterofermentatif* türler büyük rol oynamaktadır. Ayrıca laktik asit bakterilerinin sınıflandırılmasında glikoz fermantasyonu sonucunda üretilen laktik asidin izomer yapıları da kullanılmaktadır (Wood ve Holzapfel 1995; Carr vd. 2002; Gereková vd. 2011).

2.7.1.1. Homolaktik fermantasyon

Homofermentatif LAB'leri, enerji üretmek ve redoks dengesini sağlayabilmek için mevcut enerji kaynağını (şeker) piruvat yoluyla neredeyse tamamen laktik asite dönüştürür. Homofermentatif LAB fermantasyonu Şekil 2.7'de verilmiştir. Bununla birlikte piruvat; asetat, etanol, diasetil ve asetaldehit gibi birçok başka metabolitin oluşumuna da yol açabilir. Bu şekilde laktik asit bakterileri, ekşi hamur mayası (laktat/asetat oranıyla belirlenen), kefir ve kıyma (etanol), tereyağı ve ayran (diasetil), yoğurt (asetaldehit) gibi fermente ürünlerin tipik lezzetine katkıda bulunan uçucu maddeler üretir.

Homolaktik fermantasyonda glikoz, genellikle *L. Acidophilus*, *L. delbrueckii* ve *St. thermophilus* gibi *homofermentatif* LAB tarafından Embden Meyerhof Parnas (EMP) yoluyla katabolize edilir ve 1 mol heksozdan 2 mol ATP ve 2 mol laktik asit oluşur (Leroy ve De Vuyst 2004; Corsetti ve Settanni 2007).



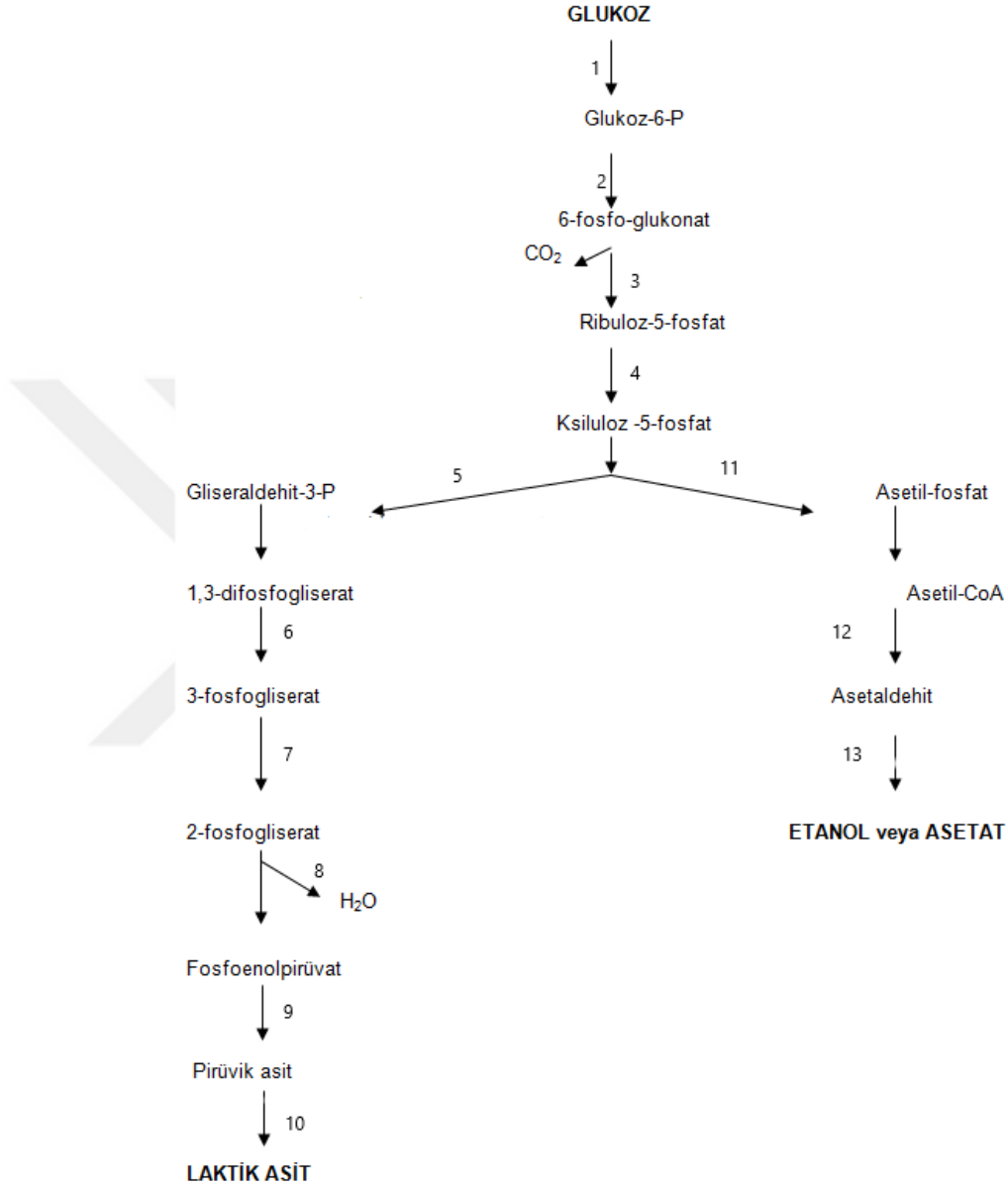
*Enzim numaraları: 1. Glikokinaz, 2. Glukoz-6-P fosfoglukoz izomeraz, 3. Fosfofruktokinaz, 4. Fruktoz-1,6-difosfat aldolaz, 5. Gliseromutaz, 6. Enolaz, 7. Pirüvat kinaz, 8. Laktat dehidrogenaz

Şekil 2.7. Homofermantatif laktik asit fermentasyonu (Axelsson 2004)

2.7.1.2. Heterolaktik fermentasyon

Heterofermentatif laktik asit bakterileri, fruktozdifosfat (FDP) yolunda bulunan önemli enzimlerinden aldolaz ve trioz-fosfat izomeraz enzimine sahip değildir. Bu sebeple heterofermentatif türler FDP yolunu kullanamamaktadır. Glukozun yıkımı

pentozfosfat (PP) yolu ile olmakta ve sonuç olarak laktik asit ile birlikte etil alkol, asetik asit, diasetil ve karbondioksit gibi yan ürünler de üretmektedirler (Çon ve Gökalp 2000; Leroy ve De Vuyst 2004). Şekil 2.8’de heterofermentatif laktik asit fermantasyon verilmiştir.



*Enzim numaraları: 1. Glikokinaz, 2. Glukoz-6-posfat dehidrogenaz, 3. 6-fosfoglukonat dehidrogenaz, 4. Ribuloz-epimeraz, 5. Gliseraldehit-3-fosfat dehidrogenaz, 6. Fosfogliserat kinaz, 7. Fosfogliserat mutaz, 8. Enolaz, 9. Pirüvat kinaz; 10. Laktat dehidrogenaz, 11. Fosfoketolaz, 12. Asetaldehit dehidrogenaz, 13. Alkol dehidrogenaz

Şekil 2.8. Heterofermantatif laktik asit fermantasyonu (Axelsson 2004).

Ekşi hamurda bulunan LAB’leri tarafından oluşan asidifikasyon, nişastanın mikrobiyal hidrolizi ve proteolitik etki, unlu mamuller içerisinde ekmeğin depolanma sırasında meydana gelen, bayatlama ve sertleşmenin gecikmesi üzerine olumlu bir etki yapmaktadır (Corsetti vd. 2000). LAB’nin gelişimi esnasında meydana gelen

asidifikasyon ve enzimatik işlemler aynı zamanda bazı fermente gıdaların tekstür, aroma ve koruyucu özelliklerine katkı sağlamaktadır. Endüstriyel uygulamalarda patojen olmayan 6 LAB cinsi kullanılır. Bunlar: *Lactococcus* (Lc), *Lactobacillus* (L), *Leuconostoc* (Leu), *Pediococcus* (P), *Streptococcus* (Str) ve *Oenococcus* cinsleridir (Klaenhammer vd. 2002).

Laktik asit bakterileri, hayvan ve insanların mide ve bağırsak sistemlerindeki önemli hücelere yerleşerek normal flora üzerinde olumlu etki, patojen organizmalara karşı ise rekabetçi ve mukozal bağışıklığı uyarıcı probiyotik etki gösterebilirler (Klaenhammer vd. 2002).

Laktik asit bakterilerinin diğer mikroorganizmalara karşı göstermiş olduğu antagonistik aktivitenin farklı bazı mekanizmalar ile beraber ortaya çıktığı bilinmektedir. Bunlar:

1. Laktik asit bakterilerinin karbonhidrat kaynaklarını fermente etmeleri sonucunda asetik ve laktik gibi organik asitler üretilmektedir. Gıdalarda bulunan birçok mikroorganizma bu üretilen organik asitlere karşı hassas olmasından dolayı düşük pH'yı tolere edememektedirler.
2. Aerobik gelişme esnasında laktik asit bakterileri tarafından üretilen H₂O₂ birçok mikroorganizma üzerine inhibitör etki gösterebilmektedir.
3. Bazı laktik asit bakterileri tarafından üretilen ve “bakteriosin veya bakteriosin benzeri metabolitler” olarak adlandırılan antimikrobiyal karakterli proteinler, özellikle yakın ilişkili bakteriler üzerine inhibitör etki göstermektedir.
4. Bazı laktik asit bakterileri tarafından üretilen alkol, diasetil ve CO₂ gibi metabolitler bazı mikroorganizmalar üzerine inhibitör etki gösterebilmektedir.

Tüm bu ortaya çıkan bileşenler, ayrı ayrı inhibitör etki gösterebilmesine rağmen LAB'nin diğer mikroorganizmalara karşı antagonistik etkisi, bunların sadece birine bağlı olmayıp bunların kombinasyonu sonucu meydana gelmektedir.

Ekşi hamur yönteminden baz alınarak, bazı ülkelerde laktik starter uygulaması ağırlık kazanmaya başlamış ve fermantasyonu güvence altına alabilmek ve kontrol edebilmek için saf laktik asit bakterilerinden meydana gelen starter kültür kullanımı üzerinde durulmuştur. Bugüne kadar toplanan veriler; ürün üzerinde raf ömrünü uzattığı, daha az alerjik bileşiklerle doğal, yüksek kaliteli ürünler elde edilebileceğini göstermektedir (Göçmen ve Gürbüz 2000; Rollán vd. 2010). Unlu mamullerden özellikle ekmek üretiminde laktik starter kullanımının faydaları aşağıdaki gibi özetlenebilir (Göçmen 2001);

- ✓ Arzu edilen kalite ve miktarda ürün elde etmek,
- ✓ Üretim süresinden, konumdan ve işçilikten tasarruf sağlamak,
- ✓ Değişik partilerde gerçekleştirilen ürünler arasında homojenlik sağlamak,
- ✓ Yeni ürünler elde etmek,
- ✓ Ekmek içi yapısını geliştirmek,
- ✓ Daha kuvvetli aroma meydana getirmek,
- ✓ Ekmek hacmini artırmak,

- ✓ Raf ömrünü uzatmak,
- ✓ Bozucu mikroorganizmaların etkisini ortadan kaldırarak, üretim garantisi sağlamak.

2.7.2. Mayalar

Maya tek hücreden oluşan mikroskobik mantardır. Kendilerini tomurcuklanma yolu ile bölerler. Bu tomurcuklanma, mikroskop vasıtasıyla tanınmalarını sağlamaktadır. Tarımsal ve bilimsel açıdan bakıldığında, mayalar en önemli ökaryotlar arasındadır. Günümüzde birçok alanda mayaların kullanılabilir olduğu görülmekte ve en yaygın örnekleri arasında ise ekmeğin kabartılması ve alkollü içki fermantasyonu gösterilebilir. Geleneksel gıda fermantasyonu ile tıp alanında ve endüstride de sıklıkla kullanılmaktadır (Guerzoni vd. 2013).

Ekşi hamur mayası mikrobiyal topluluklarında bulunan maya türleri, esas olarak düşük pH, yüksek karbonhidrat konsantrasyonları ve laktik asit bakterilerinin yüksek hücre yoğunlukları ile ortaya çıkan spesifik ve stresli ortama uyum sağlarlar (Gobbetti ve Gänzle 2013).

Mayaların birçok türleri olmakla beraber en çok bilinen maya türü fırın ile mayalama endüstrisinde kullanılan *Saccharomyces cerevisiae*'dir. Ayrıca şarap, kefir, ekşi hamur ve diğer bazı ürünlerin üretiminde de önemli rol oynamaktadır. Ekşi hamurda yaygın olarak bulunan diğer maya türleri; *S. exiguus* (*C. milleri*'nin spor yapan formu), *C. krusei*, *Pichia norvegensis*, *S. delbrueckii*, *Hansenula anomala*, *T. unisporus* ve *T. holmii*. Daha az tespit edilen maya türleri ise *Candida glabrata*, *P. membranifaciens* (anamorf *Candida valida*), *Candida parapsilosis*, *Candida tropicalis*, *Candida stellata*, *K. unispora*, *Kluyveromyces marxianus* (anamorf *Candida kefir*), *M. guilliermondii* (anamorf *Candida guilliermondii*) ve *Saccharomyces pastorianus*'dir (Rehman vd. 2006; Guerzoni vd. 2013).

2.8. Ekşi Hamur Mikroflorası

Ekşi hamur, mikrobiyal kompozisyonu ve ürün proses aşamasında meydana gelen tüm interaktif etkileşimler nedeniyle çok karmaşık biyolojik ekosisteme sahiptir. Ekşi hamurlar, çeşitli LAB ve maya türlerinin kaynağı olup ekşi hamurda bulunan mayaların LAB'ne oranı genellikle 1:100 şeklindedir (Rollán vd. 2010). Bu orandaki dalgalanmalar, ekşi hamurunun özelliklerine bağlı olarak değişmektedir (Vernocchi vd. 2004). Ekşi hamurda LAB sayısı 1×10^9 - 3×10^9 kob/g, maya sayısı ise 1×10^6 - 5×10^7 kob/g arasında değişim göstermektedir (Arendt vd. 2007). Tahıl fermantasyonlarında başlıca ekşi hamurlar, 10^8 kob/g'nin üzerinde meydana gelen spesifik olarak uyarlanmış bir arada yaşayabilen veya tipik mayalarla birlikte simbiyotik ilişkide bulunabilen LAB baskındır (Vogel vd. 2002; Chavan ve Chavan 2011).

Ekşi hamur mayası veya starter olarak kullanılan ekşi hamur mayasından düzenli olarak izole edilen türlerin çoğunluğu, sadece birkaç istisna dışında 4 cinsten *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc* ve *Weissella* birine aittir. En fazla sayıda farklı tür (>23 tür) içeren *Lactobacillus* cinsi bulunmuştur. Ekşi hamurlardan çoğunlukla izole edilen ve belirlenen laktik asit bakterileri türleri Çizelge 2.7'de verilmiştir.

Çizelge 2.7. Ekşi hamurlardan çoğunlukla izole edilen ve belirlenen laktik asit bakterileri (Chavan ve Chavan 2011)

Fermantasyon Tipi	Laktik Asit Bakterileri Türleri
Homofermantatif	<i>Lb. amylovorus</i>
	<i>Lb. acidophilus</i>
	<i>Lb. delbrueckii subsp. delbrueckii</i>
	<i>Lb. farciminis</i>
	<i>Lb. mindensis</i>
	<i>Lb. amylolyticus</i>
	<i>Lb. crispatus</i>
	<i>Lb. johnsonii</i>
Heterofermantatif	<i>Lb. fermentum</i>
	<i>Lb. sanfranciscensis</i>
	<i>Lb. brevis</i>
	<i>Lb. fructivorans</i>
	<i>Lb. reuteri</i>
	<i>Lb. acidifarinae</i>
	<i>Lb. hilgardii</i>
	<i>Lb. paralimentarius</i>
	<i>Lb. plantarum</i>
	<i>Lb. pentosus</i>
	<i>Lb. alimentarius</i>
	<i>Lb. casei</i>
	<i>Lb. buchneri</i>

Ekşi hamur fermantasyonu mikrofloranın karakterizasyonu; çok sayıda koloninin seçilmesi, saflaştırılması ve bunların genotipik ve fenotipik düzeyde tanımlanmasını gerektirdiği için zaman alıcıdır (De Vuyst ve Vancanneyt 2007).

Fermente gıdalardaki biyokimyasal aktivite ve mikroorganizmaların gelişimi ortam koşullarındaki fiziksel ve kimyasal şartlardan etkilenmekte ve stres ortamında çoğu bakterinin kültüre alınması zor olmaktadır. Bu durum, gıdalardaki mikrobiyal çeşitlilik hakkında doğru bilginin sağlanmasını güçleştirmektedir. Mikroorganizma tanımlanmasında, sayımında ve karakterizasyonunun belirlenmesinde kullanılan geleneksel yöntemler ise kompleks bir ortamdaki her bir suşun izlenmesi için yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple gıdalardaki mikroorganizmalar üzerinde yapılacak olan çalışmalarda moleküler tekniklere ihtiyaç duyulmaktadır (Giraffa ve Carminati 2008). 16S ribozomal DNA (rDNA) sekanslaması, RAPD (randomly amplified polymorphic DNA) analizleri ve diğer PCR temelli teknikleri içeren moleküler teknikler, kompleks ekosistemlerin taksonomik olarak incelenmesi için gerekli olan yöntemlerdir. Bu kullanılan yöntemler *Lactobacillus pontis*, *Lactobacillus frumenti* ve *Lactobacillus panis* gibi yeni türlerin tanımlanmasını sağlamıştır (De Vuyst vd. 2002).

Ekşi hamur fermantasyonundaki flora üzerine hamurun mikrobiyolojik ve kimyasal bileşenleri gibi iç faktörler ile atmosfer ve sıcaklık gibi dış faktörler etki etmektedir. Hamur verimi, çoğaltma aşamalarının sayısı ve fermantasyon süresi, starterin miktarı ve kompozisyonu gibi proses parametrelerinin de mikroflora üzerine önemli etkisi bulunmaktadır. Ekşi hamur mayasının devamlı olarak çoğaltılması

aşamalarında bu parametrelerin etkisi, laktik asit bakterileri ve genellikle mayalardan oluşan karakteristik bir mikroflora seçilmesine sebep olmaktadır. Mikrobiyolojik çalışmalar, çoğunluğu *Lactobacillus* cinsinden olan 44 türü ve bu ekolojik niş içinde oluşan özellikle *Saccharomyces* ve *Candida* cinsleri olmak üzere 23'ten fazla maya türünü ortaya çıkarmıştır (Meroth vd. 2003).

Türkiye'de üretilen ekşi hamurlar genellikle buğday unundan üretilmekte olup bugüne kadar yapılan çalışmalarda Türkiye'de ekşi hamurdan izole edilerek tanımlanan baskın türlerin; *Lactobacillus* türleri; *L. sake*, *L. amylophilus*, *L. acetotolerans*, *L. plantarum*, *L. acidophilus* ve *L. brevis* olduğu tespit edilmiştir. Bu baskın türler çeşitli araştırmalarda değişik kombinasyonlar halinde bulunmuştur. Söz konusu farklılıkların, yöresel floradan mı yoksa başka faktörlerden mi kaynaklandığı konusunda ise herhangi bir bilgi yoktur (Menteş vd. 2004).

İtalyan çavdar ve buğday ekşi hamurlarında *L. plantarum*, *L. sanfranciscensis*, *L. alimentarius*; Alman çavdar ekşi hamurlarında *L. brevis* ve *L. sanfranciscensis*; Rus çavdar ekşi hamurlarında *L. brevis*, *L. plantarum* ve *L. fermentum*; Finlandiya çavdar ekşi hamurlarında *L. plantarum* ve *L. acidophilus*; İsveç çavdar ekşi hamurlarında *L. fermentum*; Portekiz ekşi hamurları ve pizza hamurlarında, Altamura ekmeğinde, *L. paracasei*, 48-52°C yüksek sıcaklıkta fermente edilen ekşi hamurlarda ise *L. delbrueckii* en çok izole edilen laktik asit bakterileridir (De Vuyst ve. 2002; Menteş vd. 2004). Ayrıca birkaç türün bir arada olduğu kompleks ekşi hamurlara da çok sık karşılaşılmaktadır. Örneğin İtalyan Pugliese ekşi hamurlarında *L. brevis*, *L. plantarum*, *L. fructivorans* ve *L. fermentum*, Foggia ekşi hamurunda ise *L. sanfranciscensis*, *L. brevis*, *W. confusa* ve *Leuconostoc citreum* bakterileri izole edilmiştir (De Vuyst vd. 2002).

Ekşi hamur fermantasyonlarında çok sık karşılaşılan durumlardan birisi de belirli mayalarla birlikte belirli hetero ve homo laktik asit bakterileri arasındaki simbiyotik ilişkidir. San Francisco Fransız ekmeği ve Panettone da bulunan *L. sanfranciscensis*, *S. humilis* ve *S. exiguus* ya da arasındaki ilişki, mayalar ve LAB arasındaki mutal etkileşimler için verilen örnektir. *L. sanfranciscensis*, büyüme ve metabolizması, oksijen ve fruktoz gibi elektron alıcılar ve maltozun varlığını güçlü bir şekilde etkilemektedir. *L. sanfranciscensis* enerji kaynağı olarak tercihen maltozu kullanırken, *S. humilis* ve *S. exiguus* maltoz yerine sükroz, glukoz ya da fruktozu enerji kaynağı olarak kullanırlar. Ayrıca ürettikleri amino asitlerle *L. sanfranciscensis*'in gelişimini sağlarlar. Ekşi hamurda yüksek miktarda bulunan asetik asit, aside toleransı düşük olan *S. cerevisiae*'nın gelişimini inhibe edebilirken *C. milleri* yüksek asetik asit konsantrasyonuna daha iyi uyum sağlayıp laktik asit bakterileri ile birlikte varlığını sürdürebilmektedir (Stolz vd. 1995; Vernocchi vd. 2004; Palomba 2008).

LAB ve mayalar arasındaki kararlı birliktelik, metabolik etkileşimlerin yanı sıra pH, sıcaklık ve organik asitler gibi gelişme gereksinimlerinden dolayı da ortaya çıkmaktadır. Bazı durumlara karşın LAB ve mayalar, çevre koşullarını yansıtan heterojen popülasyonlara neden olan mevcut substratlar için rekabet edebilir (Palomba 2008).

Gıda fermantasyonlarında LAB ve maya arasında uyumlu bir ortaklık stabilitesi için ön koşullardan biri, ana karbon kaynağı için rekabetçi olmayan bir ortam

sağlamaktır. Ekşi hamurda mikrofloranın stabilitesi, bu mikroorganizmalar vasıtasıyla undaki mono- ve disakkaritleri fermente etme şekline dayandırılmıştır (Paramithiotis vd. 2007). Ekşi hamur mayasında maltoza ilaveten früktoz, malat, sitrat gibi laktik asit bakterileri tarafından kullanılabilen düşük molekül ağırlıklı karbon kaynakları da bulunmaktadır. Bunlar arasında en önemlileri maltoz ve fruktozdur. Çünkü maltoz ve früktoz, fermentatif flora tarafından kullanılmaları üzerine sürekli olarak nişasta ve polifruktonaz hidrolizi ile açığa çıkmaktadırlar. Biyokimyasal yapılarından dolayı sitrat, früktoz ve malat sadece karbon kaynağı olarak kullanılmaz aynı zamanda maltoz varlığında elektron alıcıları olarak da hizmet etmektedirler. Bu bileşiklerle metabolik enerjinin verimi artabilir. Bu konu üzerine yapılan bir araştırmada maltoz varlığında, elektron alıcısı olarak früktoz kullanıldığı zaman bütün suşlar tarafından fermente edilen maltoza eşit mol miktarda mannitole dönüştüğü, maltoz üzerinde gelişen bir kültüre früktoz eklendiğinde ise gelişme hızının artıp, etanol yerine asetat oluştuğu bildirilmiştir (Stolz vd. 1995).

L. sanfranciscensis, buğday ve çavdar ekşi hamurlarında en yaygın bulunan laktik asit bakteri türüdür (Stolz vd. 1995). *L. sanfranciscensis* içeren ekşi hamur maya mikrobiyotası, optimize edilmiş bir karbonhidrat metabolizması ile güçlü bir asidifikasyondan ve proteolitik sistem ve spesifik amino asitlerin katabolizması ile uçucu bileşiklerin serbest bırakılmasından dolayı hamurun reolojisine ve lezzet özelliklerine katkı sağlamaktadır (Vogel vd. 2011). *L. sanfranciscensis*'nin maltoz fosforilaz enzimine sahip olması, elektron alıcısı olarak fruktozu kullanabilme kabiliyeti ve glukoz baskısının olmayışı diğer rekabetçi türler üzerine ekolojik bir avantaj sağlamaktadır. Maltoz, hücre içerisinde fazla miktarda glukoz birikmesini önlemek amacıyla glukoz salgılamasından dolayı maltoz fosforilaz enzimiyle hidrolize edilmektedir. Glukoz salgılanması maltozun ortamda bulunmasıyla birlikte meydana gelir ve maltoz kullanımı bittikten sonra, açığa çıkan glukozun kullanılması başlar. Ekşi hamur fermantasyonu boyunca glikoz salgılanması, maltoz negatif mayalar tarafından kullanılabilir ya da glukoz baskısıyla çok fazla miktarda maltoz kullanımı ile diğer rekabetçi türlerin gelişimi önlenabilir. Böylece *L. sanfranciscensis*'e ekolojik bir avantaj sağlanmış olur. Fruktozun elektron alıcısı olarak kullanılması, *L. sanfranciscensis*'e ATP oluşumunda ilave enerji sağlar ve diğer taraftan karbon kaynağının rekabetçi türleri ortadan kaybolmuş olur. Glukoz baskılanmasının yanı sıra sükrozun hidrolizi ve sükroz fermente eden suşlar tarafından ortama fruktoz ve glikozun eşzamanlı salınımı da ekosistemin stabilitesine katkı sağlamaktadır (Paramithiotis vd. 2007). *L. sanfranciscensis*'in büyümesi genellikle uzun gecikme fazları ile karakterizedir. *L. sanfranciscensis*, karbon kaynağı olarak glukoz içeren ortamda geliştiğinde lag fazı (gecikme dönemi) uzun sürer ve yeni izole edilen suşlar böyle bir ortamda çoğu kez gelişme göstermeyebilir. Ortamda karbon kaynağı olarak maltoz bulunması durumunda ise lag fazı önemli ölçüde kısalmış ve bu tür kültürlerle karıştırma işleminin yapılmasıyla da tamamen kaybolabilir. Çalkalanan kültürlerden alınan hücreler, tek kısa çubuklar oluştururken kültürlerden gelen hücreler uzun zincirlerden oluşmaktadır ve bazen kümelenme eğilimi olan septalı filamentleri olarak ortaya çıkmıştır. Saunders vd. (1972) yapmış oldukları çalışmada ekşi hamur fermantasyonu boyunca *L. sanfranciscensis*'in ortamdaki mevcut maltozun sadece %56'sını kullandığı bildirilmiştir. Substratın kabul edilebilirliğinin yüksek olması metabolik aktiviteyi uyarmaktadır (Stolz vd. 1995).

Ekşi hamur mayasında bulunan mayalar, *L. sanfranciscensis*'in hücre verimini etkilemezler. Çünkü pH, laktobasilin (*Lb. sanfranciscensis*, pH 3.8'in altında büyür) büyümesi için sınırlayıcı faktördür. Maltoz negatif mayaların hücre verimi, laktobasilin varlığında daha düşüktür. Bu durum maya gelişiminin ortamda bulunan metabolik son ürünlerin birikmesi sonucu inhibe olmasıyla ortaya çıkar. Bununla birlikte undaki glukoz konsantrasyonu fermantasyon boyunca maya gelişimini sürdürecektir kadar yüksek miktardadır. Ekşi hamur fermantasyonundaki bu tür bir iş birliği CO₂ üretimini, dolayısıyla mayalanmayı etkilemekte ve aynı zamanda meydana gelen etkileşimler uçucu maddelerin sentezini ve nihai ürünün aromasını etkilemektedir. Ayrıca ortamda bulunan patojen ve alternatif mikroorganizmaların gelişimini engelleyerek ekşi hamurun dayanıklılığına yardımcı olurlar (Palomba 2008).

2.8.1. Ekşi hamur mikroflorası üzerine yapılan araştırmalar

Lues vd. (1993) tarafından yapılan araştırmada ekmek yapım aşamaları ile ilişkili mikrobiyal flora arasındaki etkileşim araştırılmıştır. Ekmek hamurdan izole edilen farklı mikrobiyal cinslerin her birinin fermantasyon kabiliyetleri, ön-sterilize edilmiş ekmek hamuruna canlı hücrelerin (normal hamura benzer) bir kısmının eklenmesiyle CO₂ üretimi karşılaştırılmıştır. Farklı bakteri ve maya cinslerinin (*Saccharomyces cerevisiae* ticari kültürünün eklenmesiyle) davranışı standart koşullar altında değerlendirilmiştir. Araştırmalar sonucunda, Gram-pozitif bakterilerin fermantasyon üzerinde uyarıcı bir etkiye sahipken, Gram-negatif bakterilerin fermentasyonu inhibe ettiği ve *Lactobacillus spp.*, *Saccharomyces* cinsinden yabancı türlerin CO₂ üretimi performansında önemli pozitif etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda *Alcaligenes*, *Acinetobacter*, *Bacillus* and *Micrococcus* türlerinin CO₂ sentezi üzerine önemli bir etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir.

Hamad vd. (1997), spontan olarak fermente ettikleri süpürge darısı ekşi hamurunda katalaz pozitif bakteriler, gram negatif ile *Lc. lactis*, *L. fermentum*, *E. faecalis*, ve *Lc. reuteri* bakterilerini izole etmişlerdir. Toplam bakteri sayısı yaklaşık 42 saat içerisinde pH 6.4'ten 3.35'e düşmüş ve 10¹⁰ kob/g'e ulaşmıştır. Bu aşamada sadece iki tür *L. fermentum* ve *L. reuteri* 1:1 oranında baskın olarak kalmıştır.

Rosenquist ve Hansen (2000), ekşi hamurların mikrobiyal stabilitesini belirlemek amacıyla belirli koşullar altında büyük bir üretim ölçeğinde geleneksel ve organik olarak yetiştirilen çavdardan üretilen iki ekşi hamur mayasını 7 aylık bir süre boyunca düzenli aralıklarla gözlemlenmişlerdir. Araştırma sonucunda ekşi hamurda LAB sayısının 8.43-9.14 log kob/g ve maya sayısının 6.00-8.04 log kob/g arasında olduğunu, ayrıca fermantasyon zamanı uzadıkça LAB sayısının arttığını, maya sayısının düştüğünü gözlemlenmişlerdir. Aynı zamanda izole edilen tek maya suşunun *S. cerevisiae* olduğunu ve ekşi hamur mayası fenotipinin 3 ay sonra değiştiğini bildirmişlerdir.

Meignen vd. (2001), *L. brevis* ve fırın mayasının (*Saccharomyces cerevisiae*) tek veya karma halinde kullanımının 30°C'de 20 saat süren ekşi hamur fermantasyonu kinetiği ve ekmek karakteristik özellikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Starterler karıştırıldığında, hamurda maya gelişimi ve etanol üretiminde azalma, gliserol (%80) ve asetik asitte (%55) artış gözlemlenirken laktik asit sabit kalmıştır. 30°C'de 20 saat süren fermantasyon sonucunda ortamda bulunan bakteri sayısının karma stater kullanıldığında

9.3 x10⁸ kob/g, maya sayısının ise 5x10⁶ kob/g; tek starter kullanılması durumunda ise bakteri sayısının 9.2 x10⁸ kob/g, maya sayısının 3x10⁷ kob/g olduğunu gözlemlenmiştir.

Corsetti vd. (2003), İtalya'nın farklı bölgelerinden 45 adet ekşi hamur örneği toplayarak ekşi hamurda bulunan laktik asit bakterisini tanımlamak amacıyla izole etmişlerdir. Araştırma sonucunda 150 adet LAB suşundan; 57 adedinin *L. sanfranciscensis*, 28 adedinin *L. brevis*, 24 adedinin *L. alimentarius*, 17 adedinin *L. plantarum*, 9 adedinin *L. farciminis*, 6 adedinin *L. fructivorans*, 4 adedinin *W. confusa*, 3 adedinin *L. fermentum*, olduğunu gözlemlemiştir.

Wick vd. (2003), ekşi hamur fermantasyonu üzerine çeşitli işlem parametrelerinin (ekşi hamur tazeleme, starter kültür, hamur verimi, bileşenler) etkisini araştırmışlardır. Ticari kültürler kullanarak hazırladıkları hamuru 30°C'de 8 saatte bir un ve su ile tazelemiştir (Hamur verimi=300). Bu işlemin mayaların ve laktik asit bakterilerinin hem asit hem de gaz üretimini arttırdığını gözlemlemiştir. Ayrıca, maya ya da bakterilerin ilk hücre sayımı ve son hücre sayımı arasındaki oranın düştüğünü, mayalarda son durumdaki hücre sayısının başlangıçtakine göre 100 kat, bakterilerde ise 10 kat daha az olduğunu gözlemlemiştir.

Menteş vd. (2004), Türkiye'de bulunan Ankara, Bursa ve Trabzon şehirlerinden topladıkları 20 adet ekşi hamur örneklerinde izole ettikleri *Lactobacillus* suşlarının tanımlanması üzerine araştırma yapmışlardır. İzole ettikleri bakterilerde 150 tanesinin *Lactobacillus* türü veya alt suşlarının olduğu gözlemlenmiştir. Bu 3 farklı şehirden alınan ekşi hamur mayasında en fazla belirlenen baskın türlerin *L. plantarum* (21 adet) ve *L. alimentarius* (31 adet), en az belirlenen türlerin ise *L. agilis* (1 adet) ve *L. amylovorus* (1 adet) olduğu gözlemlenmiştir.

Pulvirenti vd. (2004), PCR yöntemini kullanarak ev yapımı ekşi hamur mayasındaki baskın maya türlerini belirlemiştir. Ev yapımı ekşi hamur mayalarındaki baskın türlerin birbirinden farklı olabileceği gözlemlenmiş ve en baskın maya türlerinin *S. cerevisiae*, *C. milleri*, *Issatchenkia orientalis*, *C. humilis* ve *S. exiguus* olduğunu belirlemiştir.

Vernocchi vd. (2004) tarafından yapılan çalışmada, İtalyan ekmeği olan Ferrara ekmeğinin üretiminde kullanılan ekşi hamur mayasında maya popülasyonunun tanımlanması ve fizikokimyasal parametreler incelenmiştir. Araştırma sonucunda ekşi hamur mayasının pH değerinin 3.78, LAB sayısının ise 7.6 log kob/g ve maya sayısının 7.3 log kob/g olduğunu tespit etmişlerdir. Maya tanımlanmasında RAPD-PCR tekniği kullanılmış olup fermantasyonda etkili olan başlıca maya suşunun *C. milleri* olduğu ve LAB/maya oranının 1:1 çıkmasının ana hamurun elde edilmesi esnasında düşük fermantasyon sıcaklığından kaynaklanabileceğini (18°C) bildirmişlerdir. Aynı zamanda, yüksek miktarda asetik asit üretiminin (3 g/kg) *S. cerevisiae*'nin gelişimini inhibe etmiş olabileceğini ifade etmişlerdir.

Gül vd. (2005), Isparta yöresine ait farklı fırınlardan toplanan 14 ekşi hamur örneklerini izole edip hâkim olan laktik asit bakterilerini ve mayaları tanımlamışlardır. Ekşi hamur örneklerinden; *Cartobacterium divergens* (*Lactobacillus divergens*) (%6.1), *Lactobacillus brevis* (%15.1), *Lactobacillus amylophilus* (%6.1), *Lactobacillus sake* (%6.1), *Lactobacillus acetotolerans* (%6.1), *Lactobacillus plantarum* (%3),

Pediococcus pentosaceus (%6.1) ve *P. acidilactici* (%6.1), *Tetragenococcus halophilus* (*Pediococcus halophilus*) (%3) suşlarını laktik asit bakterisi olarak, *Saccharomyces cerevisiae* (%27), *S. delbrueckii* (%2.7), *Torulopsis holmii* (%10.8) ve *T. unisporus* (%2.7) suşlarını ise maya olarak izole etmişlerdir. Aynı zamanda ekşi hamur örneklerinde toplam bakteri sayısının 5.97-9.57 log kob/g, maya sayısının 6.33-9.96 log kob/g, LAB sayısının ise 5.28-9.66 log kob/g arasında değişim gösterdiğini belirtmişlerdir.

Ricciardi vd. (2005), Apulia'da (Güney İtalya) geleneksel durum buğday ekmeği olarak bilinen ekşi hamur katkısı ile elde edilmiş Altamura ekmeğinde 111 laktik asit bakterileri suşu izole edilip tanımlanmıştır. İzolatların %88'i fakültatif heterofermantatif LAB (*Lactobacillus plantarum*, *Lb. casei*, *Lb. paracasei*) ve %12'si heterofermantatif LAB (*Leuconostoc mesenteroides*, *Lb. brevis*) olarak tanımlanmıştır. Aynı zamanda LAB sayısının 10^7 - 10^8 kob/g arasında değişim gösterdiği gözlemlenmiştir.

Paramithiotis vd. (2006), Yunan buğday ekşi hamurunda bulunan LAB ve *Saccharomyces cerevisiae* arasındaki etkileşimleri belirlemek üzerine araştırma yapmışlardır. Araştırmalarında starter olarak *S. cerevisiae*, *W. cibaria*, *L. brevis*, *L. sanfranciscensis*, *P. pentosaceus* ve *E. faecium*'u tek ya da karışık kültür olarak kullanmışlar ve 30°C'de 24 saat süren ekşi hamur fermentasyonu sonucunda LAB sayısının 1.7×10^9 - 3.2×10^9 kob/g, maya sayısının ise 1.8×10^8 - 3.1×10^8 kob/g arasında değişim gösterdiğini gözlemlenmiştir. Aynı zamanda *S. cerevisiae*'nin varlığı, mannitol ve asetik asit üretimini olumlu yönde etkilediği, LAB ile laktik asit ve ekşi hamurda son hücre verimi üzerine herhangi bir etkisi olmadığı gözlemlenmiştir. Aynı zamanda glukoz, fruktoz ve maltozun tükenmesine neden olmuştur.

Vrancken vd. (2011), nihai ekşi hamur mayası mikrobiyotasının bileşimi üzerindeki etkilerini belirlemek için farklı sıcaklık ve tazeleme zamanı altında dört Tip I buğday ekşi mayası fermentasyonunu gözlemlenmişlerdir. Araştırmalarını, hamur verimi 400 olacak şekilde steril suyla hazırladıkları buğday ekşi hamurlarının fermentasyonunu 10 gün sürdürmüşlerdir. Araştırma sonuçlarında, sıcaklığın önemli bir etkisi olduğu gözlemlenmiştir. 10'ar kez arka arkaya (24 saatte bir) tazeleme işlemi yapılan ekşi hamur örneklerinde, 23°C sıcaklıkta baskın tür olarak *Leuconostoc citreum*, 30 ve 37°C'de sıcaklıkta baskın tür olarak *Lactobacillus fermentum*'un hâkim olduğu, daha uzun sürede tazeleme işleminin yapıldığı ekosistemde ise (48 saatte bir) *Lactobacillus fermentum* ve *Lactobacillus plantarum* türlerinin baskın olduğu gözlemlenmiştir. Tipik ekşi hamur mayası türü olan *L. sanfranciscensis*'e ise rastlanılmamıştır. Aynı zamanda maya sayısının 8 log kob/g, laktik asit bakteri sayısının ise 8-9 log kob/g oranında değişim gösterdiği ve pH değerinin 3,3-3,7 arasında olduğunu bildirmişlerdir.

2.9. Ekşi Hamurdan Üretilen Tatlı Fırın Ürünleri Üzerine Yapılan Araştırmalar

Ekşi hamurdan meydana gelen kekler özellikle Kuzey İtalya'da gelişim göstermiş ve dini bayramlarda küçük, endüstriyel ölçekli fırınlarda sıklıkla üretimi yapılmaktadır. Ekşi hamur kullanılarak üretilen geleneksel kek çeşitleri arasında Noel bayramı için Milan'da üretilen Panettone ve Verona'da Pandora ayrıca Paskalya Bayramı için Milan'da üretilen Colomba örnek gösterilebilir (Palomba 2008). Tatlı fırın ürünlerinin bu çeşitlerinde ortak olarak belirli bir döngüde ekşi hamur, hazırlık aşamasından başlar ve hazırlanmış olan ekşi hamur devamlı olarak çoğaltılır. Ürünler

için genel olarak un, su, yumurta, şeker, yağ ve/veya margarin kullanılmaktadır. Panettone ve Colomba için ek olarak şekerlenmiş meyveler ve kuru üzüm kullanılmaktadır (Foschino vd. 2004; Palomba 2008; Raimondi vd. 2017).

Günümüzde birçok çalışma ekşi hamur kullanılarak üretilen ekmeklerde mikroflora çalışmalarına odaklanırken, ekşi hamur kullanılarak elde edilen keklerde mikroflora çalışmaları sınırlı kalmıştır (Palomba 2008).

Ekşi hamurun mikrobiyal kompozisyonuna; pH, hamur verimi ve hidrasyonu, redoks potansiyeli, fermantasyon zamanı, depolama sıcaklığı, fırın mayası veya starter kullanımı, aşılama olarak kullanılan ekşi hamur, fırın mayası veya starter kültür yüzdesi gibi parametreler etken faktör olmuştur. Geleneksel veya tipik mayalı fırın ürünleri yapımı için ekşi hamur oluşumunda 50'den fazla tür laktik asit bakterisi özellikle *Lactobacillus* cinsi, 20'den fazla maya türü özellikle *Saccharomyces* ve *Candida* cinsi bulunmaktadır (Corsetti vd. 2001; Lattanzi vd. 2013).

Picozzi vd. (2006), Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR) yöntemi ile İtalya'ya özgü geleneksel tatlı fırın ürünlerinden Panettone üzerine yapmış oldukları çalışmada Panettone yapımında kullanılan ekşi mayada hâkim olan bakteri türünü tespit etmişlerdir. Çalışma sonucunda Panettone gibi geleneksel mayalama yöntemi ile elde edilmiş keklerde *Lactobacillus sanfranciscensis* bakteri türünün hâkim olduğu gözlemlenmiştir.

Bir başka İtalya'ya özgü olan tatlı fırın ürünlerinden Pandora üzerine yapılan çalışmada Montanari vd. (2014), farklı sıcaklıklarda (13 ve 19°C) olgunlaştırılan ekşi hamur mayalarının Pandora da organoleptik karakteristikleri üzerine etkili bazı metabolitleri açıklamayı hedeflemişlerdir. Bu amaç üzerine örneklerde 19 saat boyunca uçucu bileşikler, karbonhidrat, organik asit içeriği, maya ve laktik asit bakteri miktarları analiz edilmiştir. Analiz sonucunda, ekşi maya fermantasyonunun 19°C'deki pH değerinin 13°C'ye göre daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum muhtemelen yüksek oranda LAB sayımlarından kaynaklanmaktadır ve yüksek laktik asit konsantrasyonuna sahip ekşi hamur mayalar daha hızlı şeker tüketilmesine yol açmaktadır. Hamurun olgunlaşmasında sıcaklığın maya konsantrasyonuna etki etmediği tespit edilmiş aynı zamanda farklı sıcaklıklarda elde edilen ekşi hamur mayalı Pandoralar da hem uçucu bileşik oranlarının etkilendiği hem de son ürünün tekstürünü etkilediği gözlemlenmiştir.

Foschino vd. (2004), Kuzey İtalya'daki sekiz farklı fırından üretilen Panettone, Pandoro ve Cornetto tatlı çöreği örneklerinde kullanılan 25 maya suşu karakterize edilmiştir. Araştırma sonucunda, suşların izolasyonunun coğrafi alan ya da nihai ürün çeşitleri arasında fenotipik ya da genotipik özelliklerinde önemli bir ilişki bulunmamıştır. Cornetto ve Pandoro ekşi hamur örneklerinde *S. cerevisiae* suşları izole edilmişken *C. humilis* suşları sadece Pandoro ve Panettone ekşi hamur maya türlerinde tespit edilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Araştırmada kullanılan deneme keklerin üretiminde materyal olarak yerel marketlerden temin edilen belirli firmalara ait aynı parti numarasına sahip olan şeker, bitkisel sıvı yağ, buğday unu, yumurta, vanilin, ticari ekşi hamur tozu ve kabartma tozu kullanılmıştır.

Araştırma kapsamında bulunan kimyasal ve mikrobiyolojik analiz yöntemlerinde belirtilen kimyasallar ve besi ortamları, analizin niteliğine göre gerekli saflıkta olup bilimsel çalışmalarda atıfta bulunulan ticari firmalardan temin edilmiştir.

3.2. Metot

3.2.1. MKT metodu ile ekşi hamur tozu ve kabartma tozu birlikte kullanılarak üretilen kek denemelerinin planlanması ve ideal kek üretim sürecinin optimizasyonu

Ekşi hamur tozu ve kabartma tozunun birlikte kullanılarak üretildiği kek deneme prosesi optimum koşullarının saptanması, ekşi hamur tozu (EHT) ve kabartma tozunun (KT) kek kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla istatistiksel deney tasarım metotlarından biri olan merkezi kompozit deney tasarım yöntemi kullanılmıştır. Merkezi kompozit tasarım 6 faktörlü ve yüzey merkezli olarak uygulanmıştır. Sistem üzerinde etkisi olduğu düşünülen bağımsız değişkenler; mayalanma süresi (dk), EHT (g) miktarı ve KT (g) miktarı olarak belirlenmiştir. Bağımsız değişkenler ve seviyeleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Bağımsız değişkenler ve seviyeleri

Bağımsız Değişkenler	Kodlu Değer	
	Düşük Düzey (-1)	Yüksek Düzey (+1)
X_1 , Ekşi Hamur Tozu Miktarı (g)	5	35
X_2 , Mayalanma Süresi (dk)	120	480
X_3 , Kabartma Tozu Miktarı (g)	0	4

Bağımsız değişkenlerin proses üzerindeki etkilerinin belirlenmesi, bağımlı değişkenler (cevaplar) aracılığı ile yapılmaktadır. Bu sebeple bağımlı değişkenlerin belirlenmesi önem taşımaktadır. Oluşturulan modelin kek özellikleri üzerine etkileri incelenmesi amacıyla kekin fiziksel özellikleri (spesifik hacim, hacim indeksi, su aktivitesi, hacim, pişirme sonrası ağırlık, renk değerleri), sertlik, duyu özellikleri (dış görünüş, kesit yüzeyinin gözenek yapısı, tekstür (sertlik), iç renk, tat, koku, ağızda bıraktığı his, genel beğeni değerleri) ayrıca kek hamuru kimyasal özellikleri (pH, titrasyon asitliği, sakkaroz, glukoz, fruktoz, tartarik asit, malik asit değerleri) ve mikrobiyolojik özellikleri (toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı ve laktik asit bakteri sayımı) incelenmiştir. Deney setlerinin belirlenmesinde bağımlı değişken olarak belirlenen parametreler ve bağımsız değişkenler seviyeleri ile programa aktarılmıştır. Cevap yüzey tasarımı için yapılması ön görülen deney setleri Design Expert® programı tarafından önerilmiştir. Önerilen deney setleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Design Expert® programı tarafından önerilen cevap yüzey tasarımı deney setleri

Deney	EHT Miktarı (g)	Mayalanma Süresi (dk)	KT Miktarı (g)	Deney	EHT Miktarı (g)	Mayalanma Süresi (dk)	KT Miktarı (g)
1	11.1	193	0.8	18	5.0	300	2.0
2	11.1	193	0.8	19	35.0	300	2.0
3	28.9	193	0.8	20	35.0	300	2.0
4	28.9	193	0.8	21	20.0	120	2.0
5	11.1	407	0.8	22	20.0	120	2.0
6	11.1	407	0.8	23	20.0	480	2.0
7	28.9	407	0.8	24	20.0	480	2.0
8	28.9	407	0.8	25	20.0	300	0.0
9	11.1	193	3.2	26	20.0	300	0.0
10	11.1	193	3.2	27	20.0	300	4.0
11	28.9	193	3.2	28	20.0	300	4.0
12	28.9	193	3.2	29	20.0	300	2.0
13	11.1	407	3.2	30	20.0	300	2.0
14	11.1	407	3.2	31	20.0	300	2.0
15	28.9	407	3.2	32	20.0	300	2.0
16	28.9	407	3.2	33	20.0	300	2.0
17	5.0	300	2.0	34	20.0	300	2.0

Program tarafından önerilen denemelerin yapılmasıyla bağımlı değişkenlere ait elde edilen veriler kullanılarak önerilen modelin istatistiksel olarak uygunluğu Varyans Analizi (ANOVA) testiyle tespit edilmiştir. Modelin uygunluğu R^2 ile ifade edilmiş olup istatistiksel önemi F testi ile incelenmiştir. Elde edilen veriler model eşitlikleri yardımıyla bağımsız ve bağımlı değişkenler için minimizasyon ve maksimizasyon kriterleri ile önem ağırlıkları belirlenerek optimizasyon yapılmıştır. Optimizasyon işleminden sonra elde edilen veriler model uygunluğu validasyon deneyleri ile değerlendirilmiştir.

3.2.1.1. Keklerin hazırlanması

Kabartma tozu ve ekşi hamur tozu ikilisinin beraber kullanıldığı kekler Design Expert® programı tarafından önerilen cevap yüzey tasarımı deney setlerine göre fermentasyona bırakılarak elde edilmiştir. Kontrol grubu kek üretimi için Gómez vd. (2007) tarafından yapılan araştırmada belirtilen miktarların ön denemelerle değiştirilmesi sonucunda elde edilen formülasyon kullanılmıştır. Elde edilen formülasyon şöyledir; 250 g un, 190 g şeker, 80 g bitkisel yağ, 135 g yumurta, 35 g süt, 5 g kabartma tozu ve 5 g vanilin.

Kontrol grubu keklerin hazırlama aşamaları sırasıyla şeker, yumurta ve vanilin mikserin (Philips HR1492, Hollanda) birinci seviye hızında 1 dk, ikinci seviyesinde 1 dk, üçüncü seviyesinde 1 dk karıştırılmıştır. Elde edilen homojen karışıma yağ ve süt ilave edilerek dördüncü seviyeye ayarlanmış mikser ile 5 dk karıştırıldıktan sonra un ve kabartma tozu karışıma eklenerek mikserin birinci seviyesinde 2 dk karıştırılmıştır. Hazırlanan kek hamurundan pişirme kaplarına (8 cm çapında) 60 g tartılarak konulmuştur. Hazırlanan kek hamurları termal fırında 180°C’de 25 dakika süreyle

pişirilmiştir. Üretilen kekler, oda sıcaklığında 1 saat bekletilerek soğutulmuş ve soğutulan keklere fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal analizler uygulanmıştır.

3.2.1.2. Kekte yapılan fiziksel analizler

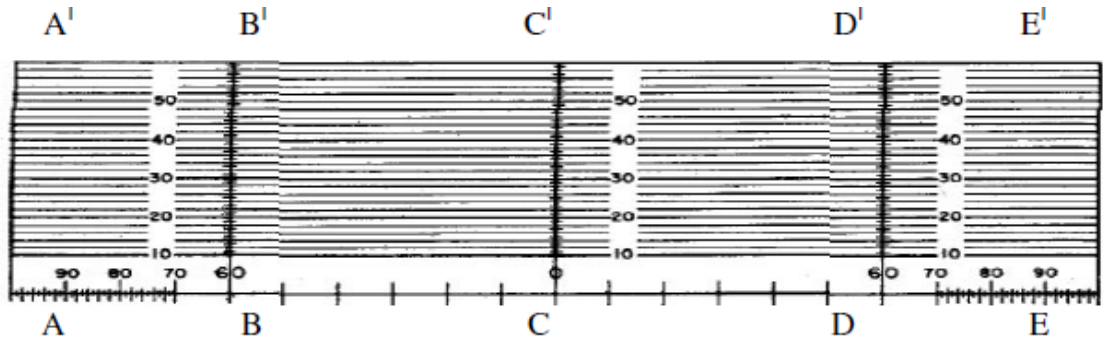
Spesifik hacim

Keklerin hacmi, ilk gün AACC'nin Standart Metotlarından kolza tohumu ile yer değiştirme metoduna göre belirlenmiştir. Kullanılan bu metoda göre; ilk önce boyutları kek örneğinden büyük olan bir kap, kolza tohumları ile tamamen doldurulmuş ve kabın hacmi belirlenmiştir. Kek, kolza tohumu ile hacmi belirlenen kabın içine konulduktan sonra tamamen kolza tohumu ile doldurulmuştur. Elde edilen iki hacim değerleri ortalaması kekin hacmini vermiştir (AACC 2001).

Keklerin hacminin, keklerin pişirildikten 1 saat sonra oda sıcaklığına soğutulup bekletilmesi sonucunda tartılarak belirlenen ağırlığına bölünmesi ile spesifik hacim değeri bulunmuştur.

Hacim indeksi

Keklerin hacim indeksleri, ilk gün AACC'nin Standart Metotlarından Metod 10-91'e göre belirlenmiştir (AACC 1997). Belirtilen metoda göre şablondaki değerler bu çalışmada üretilen kek boyutuna (8 cm) göre değiştirilmiştir. Ölçme işlemi için milimetrik kâğıt kullanılmıştır (Şekil 3.1). Kekler soğutulduktan sonra dikey olarak merkezlerinden kesilen keklerin yüzeyleri şablonun çizgisi ile aynı hizaya gelecek şekilde yerleştirilip B, C ve D yükseklikleri milimetrik şablondan okunmuştur. Hacim indeksi (cm); $B+C+D$ formülü ile hesaplanmıştır.



Şekil 3.1. Kek ölçüm şablonu (AACC 1997)

Su aktivitesi

Keklerin su aktivitesi değerleri, AquaLab Dew Point Water Activity Meter 4TE (USA) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Yaklaşık 2 g örnek cihazın kendine ait özel kaplarına tartılmış, tartılan örnekler cihaza yerleştirilerek dengeye gelen su aktivitesi değeri otomatik olarak ölçülmüştür (Miyazaki vd. 2004).

Renk ölçümü

Keklerin dış ve iç yüzeylerine ait L* (siyah-beyaz), a* (kırmızı-yeşil), b* (sarı-

mavi) değerleri, ekşi hamur ve kabartma tozunun beraber kullanıldığı optimum kek belirlemede ve seçilen optimum keklerde raf ömrü boyunca haftada bir CIE-Lab sistemine göre Minolta CR-400 (Japonya) kolorimetre cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Ölçümler yapılmadan önce cihaz L^* , a^* ve b^* değerlerine beyaz kalibrasyon plakası kullanılarak kalibre edilmiştir.

Nem tayini

Piştirilen keklerin nem miktarı, ilk gün belirlenmiştir. Önceden kurutularak sabit tartıma getirilmiş kurutma kaplarına homojenize edilmiş kek örneklerinden 2 g tartılıp 70°C'deki etüvde sabit ağırlık elde edilinceye kadar kurutulmuştur. Daha sonra desikatörde soğutulup tartılan örneklerin ağırlık farkından yararlanılarak % nem miktarı belirlenmiştir (Ji vd. 2007).

Kül tayini

Piştirilen keklerin kül miktarı ilk gün belirlenmiştir. Bunun için öncelikle kül fırınında porselen krozeler ısıtılarak sabit tartıma getirilmiş ve darası alınmıştır. Ardından porselen krozeler içerisine 3 g örnek tartılıp, sıcaklığın kademeli olarak arttırıldığı kül fırınında $550\pm5^\circ\text{C}$ 'de örnekler, beyaz kül elde edilinceye kadar yakılmıştır. Sonra krozeler, kül fırınından çıkarılıp desikatörde soğutulduktan sonra tartımları yapıp sonuçlar kuru madde üzerinden % olarak ifade edilmiştir (ICC 1960).

3.2.1.3. Kekte yapılan tekstürel analizler

Kek örneklerinde pişirme işleminin ardından 2 sa sonra TPA (Texture Profile Analysis) yapılmıştır. (TA-XT Plus, Stable Microsystems, Godalming, Surrey, UK). Analizde 20 mm'lik (P/20) silindir prob kullanılmış ve test konfigürasyonu ön test hızı 1 mm/s, test hızı 2 mm/s, test sonrası hız 1 mm/s, gerilme (strain) %40, zaman 5 s, trigger gücü 5 g olarak ayarlanmıştır. Tekstür analizinde sertlik, yapışkanlık, esneklik, çiğnenabilirlik, elastikiyet değeri ölçülmüştür. Kek numuneleri 38 × 38 × 21 mm (genişlik × derinlik × yükseklik) boyutlarında kesilerek tekstür analizi gerçekleştirilmiştir (Baltacıoğlu ve Uyar 2017).

3.2.1.4. Kekte yapılan duyuusal analizler

Duyuusal analizde kekler, depolama süresi boyunca belirli aralıklarla panelistler tarafından dış görünüş, kesit yüzeyinin gözenek yapısı, tekstür (sertlik), iç renk, koku, tat, ağızda bıraktığı his ve beğeni durumu özellikleri açısından değerlendirilmiştir. Değerlendirme sürecinde hedonik tip skala kullanılmış ve her bir özellik, 1 ile 9 arasında puan (8-9: çok iyi; 6-7: iyi; 4-5: orta; 2-3: kötü; 1: çok kötü) verilecek şekilde 9 puan üzerinden değerlendirilmiştir (Elgün ve Ertugay 1992). Duyusal analiz için kullanılan tablo Ek 1'de verilmiştir.

3.2.1.5. Kekte yapılan kimyasal analizler

pH tayini

Erlenmayere kek örneklerinden 10 g tartılarak üzerine 100 ml soğuk diyonize saf su eklenip 30 dakika boyunca karışım homojen hale gelene kadar manyetik karıştırıcı yardımıyla karıştırılmıştır. Karışım sonunda elde edilen çözelti 10 dakika dinlenmeye bırakılmıştır. Elde edilen karışım Whatman No:1 filtre kâğıdı ile süzülüp süpernatantı ayrılmıştır. Daha sonra süzöntü bekletilmeden pH değeri ölçülmüştür (AACC 1999a).

Titrasyon asitliği tayini

Kek örneklerinden 10 g tartılıp üzerine 100 ml saf su eklenerek homejen hale gelinceye kadar karıştırılmıştır. Homojen haline gelen örnek 1 saat beklemeye bırakılmıştır. Daha sonra bekletilen örnek, yavaşça karıştırılarak pipet yardımıyla 17.6 ml porselen bir kaba aktarılmıştır. Aynı pipetle 17.6 ml saf su alınıp karışıma eklenmiş ve üzerine 0.5 ml fenolftalein indikatörü ilave edilmiştir. En az 30 saniye boyunca pembe bir renk elde edilinceye kadar 0,1N NaOH çözeltisi ile çalkalanarak titre edilmiştir. Sonuç aşağıdaki formüle göre % olarak hesaplanmıştır (AACC 1999b).

$$\% \text{Asitlik (asetik asit olarak)} = \frac{A}{20} \quad (3.1)$$

A: Harcanan 100 g örnek için 0.1N NaOH miktarı (ml)

Organik asit, etanol, serbest şeker içeriğinin HPLC yöntemi ile belirlenmesi

Kek hamurunda organik asit (laktik asit, sitrik asit, fumarik asit, bütirik asit, tartarik asit, malik asit), etanol, serbest şeker (sakkaroz, glukoz, früktoz) değerleri HPLC yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir.

Hazırlanan kek hamurundan 10 g tartılıp üzerine 90 ml saf su ilave edilerek blenderda maksimum hızda 30 s homojenize edilmiştir. Homojenatın 10 ml'lik bir miktarına 5 ml 1 mol/L HClO₄ çözeltisi ilave edilip elde edilen karışım 4000×g, 15°C'de 15 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası üstte kalan sıvı, 2 mol/L KOH ile nötralize edilmiştir (pH 7.0 ± 0.1) ve hacim, saf su ile 25 ml'ye ayarlanmıştır. Sonra buz üzerinde 30 dk boyunca dibe çöken çözelti 0.45 mm selüloz filtre ile filtre edilerek viallere aktarılmıştır.

HPLC analizi, 20 µL'lik enjeksiyon hacmi ve refraktif indeks dedektörü kullanılarak tespit edilmiştir. Kromatografik ayırma; mobil faz 0.001N H₂SO₄, akış hızı 0.7 mL/dk, kolon sıcaklığı 45°C koşulları altında ion-exclusion ORH-801 kolonu (300mm×6.5mm) kullanılarak yapılmıştır (Lefebvre vd. 2002).

Laboratuvar koşullarında pişirilen kek örnekler ilk gün ham yağ, ham protein ve ham lif analizleri yapılmış, sonuçlar kuru madde üzerinden % olarak ifade edilmiştir.

Ham yağ tayini

Tam olarak kurutulmuş ve ince bir şekilde parçalanmış kek örnekleri yağ çözgeni (dietileter) ile Soxhelet aygıtında sürekli olarak ekstrakte edilmesi sonucunda ham yağ miktarı belirlenmiştir. Ham yağ tayininde; kartuş, balon ve kek örnekleri etüvde 70°C’de 2 saat kurutulup sabit tartıma getirilmiş ve darası alınmıştır. Ardından kurutulan kek örneklerinden kartuşlara 10’ar g tartılmıştır. Hazırlanan kartuşlar Soxhelet silindiri içerisine yerleştirilmiş ve silindir içerisine 200 ml dietileter konulmuştur. Örnek içerisindeki yağ, Soxhelet ekstraksiyon ünitesinde yaklaşık 6 saat boyunca ekstraksiyon işlemine devam edilmiştir. Ekstraksiyon sonucunda kartuşlar 105°C’deki etüvde 1 saat kurutulup sabit tartıma getirilmiş ve örneklerdeki ham yağ miktarı % olarak ifade edilmiştir (Cemeroğlu 2010).

$$\% \text{Yağ Miktarı} = [100 \times (M_2 - M_1) / M_0] \times [100 / (100 - R)] \quad (3.2)$$

M₀: Deney numunesinin kütlesi (g)

M₁: Ekstraksiyon balonunun darası (g)

M₂: Ekstraksiyondan sonra yağ ve balonun birlikte kütlesi (g)

R: Rutubet muhtevasının kütlece % ifadesi, %(w/w)

Ham protein tayini

Kjeldahl tüplerine 1 g örnek tartılıp üzerine 20 ml derişik sülfürik asit ve katalizör tablet ilave edilmiştir. Tüpler yakma ünitesine yerleştirilip sıcaklık 100°C’den başlayarak kademeli olarak 400°C’ye kadar arttırılmıştır. Örnekler berraklaşmaya kadar yakma işlemine devam edilmiş, yakma işlemi bittikten sonra soğutulan örnekler üzerine 50 ml saf su ilave edilerek tüpler destilasyon cihazına yerleştirilip burada örnek üzerine 50 ml %30 (w/v)’lık NaOH ilave edilerek cihaz 5 dakika süreyle çalıştırılmıştır. Destilat, içerisinde indikatör ve 30 ml %3’lük borik asit bulunan erlenmayerde toplanmıştır. Toplanan destilat 0.1N HCl ile titre edilip örnekteki ham protein miktarı aşağıdaki formüle göre kuru madde üzerinden % olarak hesaplanmıştır (ICC 1980).

$$\% \text{Ham Protein} = \frac{(V_h - V_k) \times N \times 0.0014 \times 100 \times F \times 100}{m \times (100 - W)} \times 6.25 \quad (3.3)$$

V_h: Titrasyonda harcanan 0.1N HCl hacmi (ml)

V_k: Kör için titrasyonda harcanan 0.1N HCl hacmi (ml)

N: Titrasyonda kullanılan HCl’nin normalitesi

F: 0,1N HCl’nin faktörü

W: Örneğin nem içeriği (%)

m: Analiz için alınan numunenin kütlesi (g)

6,25: Azotu proteine çevirme faktörü

Ham lif tayini

Yaklaşık 3 g yağı alınmış ve kurutulmuş örnek 250 ml'lik cam balona alınarak üzerine 60 ml asit çözeltisi (900 ml %70'lik asetik asit, 60 ml derisik nitrik asit ve 24 g triklorasetik asit) ilave edilmiştir. Ardından balon içeriği geri soğutucu altında 30 dakika kaynatıldıktan sonra kurutulup darası alınmış filtre kağıdından (Whatman 41) süzülüp balonun içi 70-80°C'deki sıcak suyla yıkanarak filtre kağıdına aktarılmıştır. Filtre kağıdındaki örnek, filtrat nötr oluncaya kadar önce yaklaşık 300-400 ml sıcak saf su ardından aseton ve dietileter ile yıkanmıştır. Filtre kâğıdı 130°C'deki etüvde kurutulup desikatörde soğutularak tartılıp sonuç kuru madde üzerinden % olarak ifade edilmiştir (ICC 1972).

$$\% \text{Ham Lif} = \frac{\text{Son Tartım-Dara}}{\text{Örnek miktarı (g)}} \times 100 \times \frac{100}{100-\text{Nem}} \quad (3.4)$$

3.2.1.6. Kekte yapılan mikrobiyolojik analizler

Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı

Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımında, aseptik koşullarda 25 g örnek hassas terazide tartılarak içerisinde 90 ml %0,85'lik tamponlanmış peptonlu su (TPS) bulunan stomacher poşetine koyulmuş ve stomacher cihazında ortalama 5 dakika boyunca homojenize edilmiştir. Bu dilüsyon 10^{-1} dilüsyonudur. 10^{-1} dilüsyonundan 1 ml alınarak içerisinde 9 ml fizyolojik su bulunan deney tüpüne aktarılmıştır. Bu 10^{-2} dilüsyonudur. Bu şekilde tüpten tüpe 1'er ml aktarmak koşuluyla tekrarlanarak seri dilüsyonlar elde edilmiştir. Üzerlerine seyreltim değerleri yazılmış petri kutularına, petrilerin üzerindeki numaralar ile aynı olan dilüsyonlardan 1'er ml konulmuştur. Dilüsyon konmuş petri kutularına 45°C'ta tutulan erimiş, 15 ml Plate Count Agar (PCA) eklenerek iki paralelli dökme ekim yapılmıştır. Agar katılaşmadan hemen petri kutularına, düz bir yüzey üzerinde sekiz hareketi çizdirilerek örnek ile besiyerinin homojen karışımı sağlanmıştır. Ekim yapılmış petriler tersi çevrilerek 35°C'deki inkübatörde 48 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyondan sonra 10-300 koloni bulunduran petrilerdeki koloniler sayılarak dilüsyon oranları belirlenmiştir (Dokuzlu 2004).

Laktik asit bakterilerinin sayımı

Toplam bakteri sayımı için aseptik koşullarda 25 g örnek hassas terazide tartılarak üzerine 225 ml TPS ilave edilmiştir. 15.000-20.000 dev/dk hızla 2,5 dakikadan fazla olmamak koşuluyla homojenize edilmiştir. Böylece 10^{-1} 'lik dilüsyon hazırlanmıştır. Hazırlanmış dilüsyondan (10^{-1} 'lik dilüsyon) pipet yardımıyla 1 ml çekilerek 9 ml TPS bulunan tüpe ilave edilmiştir. Böylece 10^{-2} 'lik dilüsyon hazırlanmıştır. Diğer devam eden dilüsyonlarda aynı yöntemle hazırlanmıştır. Dilüsyonların hazırlanmasından sonra seyreltilmiş örnek, Rogosa Agar (RA) bulunan petri kaplarına iki paralelli olarak yayma yöntemi yapılmıştır. Ekim yapılmış petriler tersi çevrilerek 37°C'de 48-72 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonucu besiyerinde üreyen koloniler sayılarak bakteri sayısı hesaplanmış ve standart kurallara göre sonuç verilmiştir (Dokuzlu 2004).

Sünme (Rop) sporu sayımı

Sünme sporu sayımı için Anonim (1992) tarafından kullanılan metod modifiye edilerek kullanılmıştır. Dekstroz tripton besiyerinden 15 g alınıp 1000 ml damıtık su ile bütünüyle çözdürüldükten sonra tüplere 9'ar ml konulup 121°C'de 15 dk sterilize edilmiştir. Numuneden 11 g tartılıp içinde 99 ml steril distile su bulunan erlenlere konularak 10^{-1} 'luk dilüsyon hazırlanmıştır. Karışım 5 dk süreyle çalkalandıktan sonra bütün vejetatif hücrelerin ölmesi için 20 dk kaynar su banyosunda tutulmuştur. Bu işlem sırasında her 5 dk'da bir balon çalkalanmıştır. Isıtılan 10^{-1} 'lik ilk seyreltiden 1 ml alınarak içerisinde 9 ml steril ringer çözeltisi bulunan tüpe aktarılmıştır. Bu işlem aynı şekilde tüpten tüpe 1'er ml aktarmak suretiyle tekrarlanarak 10^{-2} ve 10^{-3} 'lük dilüsyonlar hazırlanmıştır. Daha sonra $10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}$ 'lük seyreltilerin her birinden 9'ar ml dekstroz-tripton broth bulunan 3'er tüpe 1'er ml alınarak ekim yapılmıştır ve tüpler 32°C'de 3 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda her sırada zar gelişimi gösteren tüp sayısı EK 2'de karşılık gelen sonuçlar uygun faktörlerle çarpılıp numunelerin her 1 g ya da ml'sindeki sünme sporu sayısı tespit edilmiştir.

3.2.1.7. Optimum formülasyon belirlenmesi ve doğrulama

Ekşi hamur tozu ve kabartma tozu içeren optimum kalite özelliklerine sahip kek formülasyonu belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada ekşi hamur tozu ve kabartma tozu miktarının çalışma aralığı içinde, mayalanma süresinin ise minimum düzeyde olması hedeflenmiştir. Ayrıca optimizasyon parametreleri belirlenmesi amacıyla fiziksel özellikleri (spesifik hacim, hacim indeksi, su aktivitesi, renk değerleri), tekstürel özellikleri, duyusal özellikleri (dış görünüş, kesit yüzeyinin gözenek yapısı, tekstür, iç renk, tat, koku, ağızda bıraktığı his, genel beğeni) üzerine deneme deseni etkisi değerlendirilmiştir, modelin üzerine önemli derecede etkili ve modele uyumlu olduğu belirlenen değişkenler için hedefler belirlenmiştir. Yaptığımız çalışmada genel beğenin optimizasyon üzerine etkinlik derecesi daha yüksek seçilerek değişkenler içerisinde beğeni değişkeninin ön plana alınması hedeflenmiştir. Optimum kek formülü belirlenmesi için kullanılan değişkenler ve bunlar için belirlenen hedefler Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Kek optimizasyonu belirlenmesinde kullanılan değişken ve hedefler

Değişken	Hedef	Alt Limit	Üst Limit	Etkinlik (önem) derecesi
A:Ekşi hamur tozu miktarı	Çalışma aralığında	11,00	28,00	3
B:Mayalanma süresi	Minimum değer	192,00	407,00	3
C:Kabartma tozu miktarı	Çalışma aralığında	0,00	3,00	3
Spesifik Hacim	Maksimum değer	1,00	2,00	3
Hacim İndeksi	Maksimum değer	8,00	10,00	3
Su aktivitesi	Yok	0,00	0,00	3
Sertlik	Minimum değer	930,00	2.823,00	3
Dış Görünüş	Yok	4,00	7,00	3
Kesit yüzeyinin gözenek yapısı	Maksimum değer	3,00	7,00	3
Tekstür (sertlik)	Maksimum değer	3,00	7,00	3
İç Renk	Maksimum değer	5,00	7,00	3
Tat	Maksimum değer	3,00	7,00	3
Koku	Maksimum değer	4,00	7,00	3
Ağızda Bıraktığı His	Maksimum değer	3,00	7,00	3
Genel Beğeni	Maksimum değer	3,00	7,00	4

3.2.2. Optimizasyon sonucu belirlenen formülasyona göre üretilen keklerde yapılan içerik analizleri

Üretilen tek başına kabartma tozunun kullanıldığı kontrol grubu kek, ekşi hamur tozu ile elde edilen kek, optimizasyon sonucu belirlenen ekşi hamur tozu ve kabartma tozu içeren keklerin içeriklerinin belirlenmesi amacıyla pH, titrasyon asitliği, nem tayini, kül tayini, ham lif tayini, ham protein tayini, ham yağ tayini analizleri gerçekleştirilmiştir. İçerikleri belirlenen ve raf ömrü çalışmaları gerçekleştirilen keklerin formülasyonları Çizelge 3.4’te verilmiştir.

Çizelge 3.4. İçerikleri belirlenen ve raf ömrü çalışmaları gerçekleştirilen keklerin formülasyonları

Malzemeler	Kek Grupları		
	Kontrol	EHT	EHT+KT
Şeker	190 g	190 g	190 g
Yumurta	135 g	135 g	135 g
Yağ	80 g	80 g	80 g
Süt	35 g	35 g	35 g
Vanilya	5 g	5 g	5 g
Un	250 g	250 g	250 g
Karbartma tozu	5 g	-	3,2 g
Ekşi hamur tozu	-	9,4 g	11 g
Mayalanma süresi	-	3 sa 6 dk	3 sa 12 dk

3.2.3. Kekte raf ömrü çalışmaları

Kabartma tozu kullanılarak üretilen kontrol grubu kek ile ekşi hamur tozu katılarak üretilen kek, ekşi hamur tozu ve kabartma tozunun birlikte kullanılarak üretilen kek gruplarında raf ömrü çalışmaları yapılarak birbirleri ile kıyaslanıp sonuçların değerlendirmeleri yapılmıştır. Bu kekler modifiye atmosferde; %0 O₂, %26,1 CO₂, %73,9 N₂ oranlarında ambalajlanıp 63 gün oda koşullarında muhafaza edilmiştir. Muhafaza edilen keklerde 0., 7., 14., 21., 28., 35., 42., 49., 56., 63. günlerde 7 günde bir, 9 hafta boyunca analizler yapılmıştır. Raf ömrü çalışmaları gerçekleştirilen keklerin formülasyonları Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Kek örneklerinde raf ömrü çalışmaları kapsamında önceki başlıklarda belirtilen yöntemler kullanılarak renk, tekstürel, sünme (rop) sporu sayımı, duyu analizi (kesit yüzeyinin gözenek yapısı, tekstür, iç renk, koku, tat, ağızda bıraktığı his, gözenek yapısı ve beğeni durumu) gerçekleştirilmiştir. Raf ömrü ile ilgili çalışmalarda kullanılan diğer yöntemler aşağıda verilmiştir.

3.2.3.1. Serbest yağ asitliği tayini

Muhafaza edilen örnekler öğütülüp dietil eter ile muamele edilip süzme işleminden sonra evaporatör (Heidolph, Almanya) yardımıyla 40°C'de çözgen uçurularak yağ elde edilmiştir. Elde edilen yağlardan dietil eterin iyice uzaklaşması için yağ örnekleri 40°C'deki etüvde 30 dk bekletilerek bu yağlarda serbest yağ asitliği, peroksit değeri analizleri gerçekleştirilmiştir.

Serbest yağ asitliği tayini, titrimetrik yöntemle gerçekleştirilmiştir. Buna göre 1 g yağ örneği 250 ml'lik erlene tartılmış ve üzerine 25 ml etil alkol ilave edilerek karıştırılmıştır. Daha sonra %1'lik fenoltalein belirteci eşliğinde 0,25M NaOH çözeltisi ile açık pembe renk elde edilinceye ve renk 1 dk süreyle sabit kalıncaya kadar titre edilmiştir. Titrasyon sonucunda sarf edilen NaOH miktarı belirlenerek aşağıdaki formüle göre (oleik asit esas alınarak) hesaplama yapılmıştır (AOAC 2002).

$$\% \text{ Serbest Yağ Asitliği} = (V \times 0,028 \times 100) / m \quad (3.5)$$

V: Titrasyonda harcanan 0,25M NaOH hacmi (mL)

m: Tartılan örnek miktarı (g)

0,028: Oleik asit değeri

3.2.3.2. Peroksit değeri tayini

Peroksit değeri tayini, titrimetrik yöntemle gerçekleştirilmiştir. Buna göre 2 g yağ örneğine 30 ml 3:2'lik asetik asit-kloroform çözeltisi karışımından ve 1 ml KI ilave edilerek 5 dk karanlık ortamda bekletilmiştir. Böylece peroksitlerin katıldığı bir tepkime sonucu I₂ açığa çıkması sağlanmıştır. Daha sonra 75 ml kaynatılıp soğutulmuş saf su ve 1 ml nişasta belirteci varlığında standardize edilmiş sodyum tiyosülfat çözeltisiyle (0,002N) titrasyon yapılarak peroksit değeri sarfiyattan hesaplanmıştır (AOAC 1969).

1000g örnekteki peroksit değeri miliekivalent (meq/O₂) olarak;

$$\text{Peroksit Değeri} = \frac{V \times N \times 1000}{m} \quad (3.6)$$

N: Ayarlı tiyosülfat çözeltisinin normalitesi

V: Titrasyonda harcanan tiyosülfat çözeltisinden, kör için harcanan tiyosülfat çözeltisinin hacminin çıkarılmış miktarı

m: Alınan örnek miktarı

3.2.3.3. Tiyoarbitürik asit değeri (TBA)

TBA analizi için Lemon (1975), tarafından kullanılan metod modifiye edilerek kullanılmıştır. Ölçümü yapılacak kek örneği laboratuvar tipi blender yardımı ile homojenize edilerek hassas terazide 2 g olarak tartılmıştır. Üzerine 12 ml %7,5 TCA (trikloro asetik asit + saf su) eklenerek ultratürex ile homejen hale getirilmiştir. Elde edilen karışım Whatmann No:1 filtre kâğıdı yardımı ile süzölmüştür. Elde edilen supernatanttan deney tüplerine 3 ml alınıp üzerine 3 ml 0,02M TBA çözeltisi ilave edilmiştir. Tüpler kaynayan su banyosunda 40 dk bekletilmiştir. Süresi dolduktan sonra deney tüpleri 2000 devirde 5 dk santrifüj edilmiştir. Sonra kör çözeltiye karşı örneklerin spektrofotometrede (Shimadzu UV-Vis 160A, Japonya) 530 nm'de absorbansı belirlenmiştir. Okunan değerler, 6,8 faktörü ile çarpılarak örneklerin TBA değerleri µmol MDA/ kg ifade edilmiştir.

$$\text{TBA Değeri} = \frac{((ABS \times 2) / 0,06) \times 6,8}{m} \quad (3.7)$$

ABS: Örnek absorbansından kör absorbansının çıkarılmış değeri

m: örnek ağırlığı (mg)

3.2.3.4. Amiloz tayini

Amiloz miktarı, depolama süresi boyunca 7 günde bir Morad ve D'Appolonia (1980)'in belirttiği yöntemle göre saptanmıştır. Balon joje içerisine tartılan 40 mg örnek üzerine 10 ml 0,5 N KOH ilave edilerek 30 dakika nişastanın dispers olması için bekletilmiş ardından balon joje çizgisine saf su ile tamamlanmıştır. 5 dakika bekletildikten sonra 10 ml sıvı örnek 50 ml'lik balon jojeye aktarılmıştır. Üzerine 5 ml 0,1N HCl ve 0,5 ml iyot çözeltisi (100'lük balon jojeye 20 g KI ve 2 g I₂ tartılarak çizgisine tamamlanan stok çözeltiden 10 ml 100'lük balon jojeye aktarılıp saf su ile çizgisine tamamlanarak) ilave edilmiştir. Balon joje çizgisine saf su ile tamamlayıp 5 dakika bekletildikten sonra 625 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçüm yapılmıştır. Hesaplamalar, amiloz ile hazırlanan standartlar kullanılarak oluşturulan standart eğrilere göre yapılmıştır (EK 3).

3.2.3.5. Deneme planı ve istatistiksel analiz yöntemi

Bu çalışmada, cevap yüzey yöntemi (CYY) deneme deseni merkezi kompozit tasarım (MKT) analiz modellemesini oluşturmak için kullanılmıştır. Deneyisel tasarımı Design Expert® 11 programı ile yapılmıştır. Ekşi hamur tozu optimum örnek belirleme prosesinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi parametreleri kullanılarak

program tarafından önerilen ön deneme koşullarına göre deneyler yapılmış olup belirlenen cevap değişkenlerinin analiz sonuçları Design Expert® programına aktarılmıştır. Yapılan modellemede merkez nokta 6 tekerrürlü, yıldız noktalar ve diğer belirlenen tüm noktalar 1 tekerrürlü ve 2 paralelli olarak çalışılmıştır. Ekşi hamur tozu ve kabartma tozunun birlikte kullanılarak üretildiği kekler de ekşi hamur tozu miktarı, kabartma tozu miktarı ve mayalanma süresi parametreleri kullanılarak optimum örnek belirlenmiştir. Yapılan modellemede merkez nokta 6 tekerrürlü, yıldız noktalar ve diğer belirlenen tüm noktalar 2 tekerrürlü ve 2 paralelli olarak çalışılmıştır. Design Expert® 11 deney deseni yazılım programı kullanılarak oluşturulan MKT deney tasarımı, cevap değişkeninin modellenmesi, önerilen modelin uygunluğunun test edilmesi için Varyans Analizi (ANOVA) testi uygulanmıştır. Önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamaları Duncan Çoklu Karşılaştırma testine tabi tutulmuştur. Tüm istatistik hesaplamalar SPSS 25.0 paket programı (monk, NY, U.S.A.) ile yapılmıştır.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Keklerde Mayalanma Süresi, Ekşi Hamur Tozu ve Kabartma Tozu Miktarı Optimizasyonu

Ekşi hamur tozu, mayalanma süresi ve kabartma tozu parametrelerine ait optimum değerlerin belirlenmesi amacıyla Design Expert® 11 programında CYM/MKT yöntemi kullanılarak deneme deseni belirlenmiştir (Bkz. Çizelge 3.3). Kek formülasyonlarında 250 g un, 190 g şeker, 80 g bitkisel yağ, 135 g yumurta ve 5 g vanilin, 35 g süt kullanılmıştır. Deneme deseninde ekşi hamur tozu miktarı 5-35 g, mayalanma süresi 120-480 dk ve kabartma tozu miktarı 0-4 g aralığında değişim göstermiştir.

Kek üretimi optimizasyonu için belirlenen deney desenine uygun olarak üretilen keklerin fiziksel özellikleri (spesifik hacim, hacim indeksi, su aktivitesi, renk değerleri), tekstürel özelliği, duyu özellikleri (dış görünüş, kesit yüzeyinin gözenek yapısı, tekstür, iç renk, tat, koku, ağızda bıraktığı his, genel beğeni) takip edilmiştir. Bunlarla birlikte kek hamurunun kimyasal özellikleri (pH, titrasyon asitliği, organik asit, etanol, serbest şeker miktarları) ve mikrobiyolojik özellikleri (TMAB, laktik asit bakteri sayımı) değişimi gözlemlenmiştir.

4.1.1. Kek fiziksel özellikleri

Optimizasyon deneme desenine uygun olarak üretilen keklerin fiziksel özellikleri; hacim, pişirme sonrası ağırlık, spesifik hacim, hacim indeksi, su aktivitesi Çizelge 4.1’de ve renk değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Fiziksel özelliklere (spesifik hacim, hacim indeksi, su aktivitesi, renk değerleri) ait teorik sonuçların model tarafından hesaplanan regresyon denklemi ile elde edilen deneysel sonuçlarına karşılık gelen dağılımı Ek 4’te verilmiştir. Deneyler sonucunda elde edilen değerlerin, tahmin edilen doğrulardan uzaklıklarının az olmasından dolayı modelin veriler ile uyumlu olduğu kabul edilmiştir.

Çizelge 4.1. Keklerin fiziksel özellikleri; spesifik hacim, hacim indeksi, su aktivitesi değerleri

Deneme Deseni	A:Ekşi hamur tozu miktarı (g)	B:Mayalanma süresi (dk)	C:Kabartma tozu miktarı (g)	Spesifik Hacim	Hacim İndeksi	Su Aktivitesi
1	11,10	193,00	0,80	1,84	8,4	0,69
2	11,10	193,00	0,80	2,19	9,2	0,69
3	28,90	193,00	0,80	2,08	8,1	0,70
4	28,90	193,00	0,80	1,82	8,1	0,70
5	11,10	407,00	0,80	2,12	9,3	0,71
6	11,10	407,00	0,80	2,43	9,8	0,69
7	28,90	407,00	0,80	2,22	8,5	0,70
8	28,90	407,00	0,80	1,84	8,9	0,72
9	11,10	193,00	3,20	2,38	9,8	0,72
10	11,10	193,00	3,20	2,46	10,2	0,72
11	28,90	193,00	3,20	2,07	9,3	0,72
12	28,90	193,00	3,20	2,38	9,9	0,70
13	11,10	407,00	3,20	2,6	9,8	0,69
14	11,10	407,00	3,20	2,72	10,7	0,69
15	28,90	407,00	3,20	2,42	9,7	0,71
16	28,90	407,00	3,20	2,51	10,7	0,71
17	5,00	300,00	2,00	2,37	10	0,64
18	5,00	300,00	2,00	2,37	10,4	0,69
19	35,00	300,00	2,00	2,07	8,7	0,69
20	35,00	300,00	2,00	1,84	8,7	0,70
21	20,00	120,00	2,00	1,99	9,4	0,73
22	20,00	120,00	2,00	2,06	9,2	0,74
23	20,00	480,00	2,00	2,12	9,3	0,71
24	20,00	480,00	2,00	2,3	9,6	0,70
25	20,00	300,00	0,00	1,67	9,4	0,73
26	20,00	300,00	0,00	1,81	8,7	0,70
27	20,00	300,00	4,00	2,38	10,3	0,69
28	20,00	300,00	4,00	2,47	10,3	0,73
29	20,00	300,00	2,00	2,07	9,6	0,67
30	20,00	300,00	2,00	2,04	10,3	0,66
31	20,00	300,00	2,00	2,29	9,4	0,72
32	20,00	300,00	2,00	2,2	9,3	0,71
33	20,00	300,00	2,00	2,32	9,4	0,70
34	20,00	300,00	2,00	1,94	9,2	0,64

Çizelge 4.2. Keklerin fiziksel özellikleri; İç ve dış L*, a*, b* renk değerleri

Deneme Deseni	A:Ekşi hamur tozu miktarı (g)	B:Mayalanma süresi (dk)	C:Kabartma tozu miktarı (g)	Dış Renk L*	Dış Renk a*	Dış Renk b*	İç Renk L*	İç Renk a*	İç Renk b*
1	11,10	193,00	0,80	32,1	17,01	24,79	69,29	1,94	23,89
2	11,10	193,00	0,80	30,86	17,28	24,64	68,83	1,96	24,56
3	28,90	193,00	0,80	36,32	18,04	30,23	66,92	2,54	24,7
4	28,90	193,00	0,80	32,53	17,87	24,68	69,68	2,26	23,91
5	11,10	407,00	0,80	32,05	17,75	25,47	70,22	0,76	25,04
6	11,10	407,00	0,80	29,64	16,56	25,32	67,43	0,89	25,29
7	28,90	407,00	0,80	29,2	16,38	22,69	71,28	1,49	26,42
8	28,90	407,00	0,80	29,06	15,97	19,43	65,81	3,46	24,87
9	11,10	193,00	3,20	33,78	17,84	26,55	71,04	0,79	25,45
10	11,10	193,00	3,20	34,35	17,86	27,14	69,89	0,66	25,43
11	28,90	193,00	3,20	32,41	17,64	24,98	70,74	1,62	25,06
12	28,90	193,00	3,20	28,13	15,03	21,86	65,21	1,89	25,31
13	11,10	407,00	3,20	32,17	16,4	23,43	69,35	0,93	25,21
14	11,10	407,00	3,20	30,18	15,85	22,46	70,59	1,09	25,02
15	28,90	407,00	3,20	29,18	15,38	20,15	70,16	1,67	25,27
16	28,90	407,00	3,20	26,87	14,61	19,98	63,57	1,98	25,74
17	5,00	300,00	2,00	33,28	16,73	25,85	68,39	0,56	26,18
18	5,00	300,00	2,00	39,35	19,04	30,71	70,53	0,59	24,98
19	35,00	300,00	2,00	30,01	16,98	24,37	65,75	2,02	26,09
20	35,00	300,00	2,00	30,29	16,61	23,19	64,72	1,94	26,84
21	20,00	120,00	2,00	33,1	17,09	23,89	70,06	1,95	24,94
22	20,00	120,00	2,00	31,74	17,45	24,21	72,1	1,71	24,41
23	20,00	480,00	2,00	29,04	15,79	21,32	69,38	1,23	25,88
24	20,00	480,00	2,00	29,62	14,92	22,2	66,79	1,1	26,14
25	20,00	300,00	0,00	31,95	16,7	21,94	68,84	3,07	24,14
26	20,00	300,00	0,00	33,53	18,71	27,82	73,63	0,91	24,45
27	20,00	300,00	4,00	27,22	13,57	17,49	64,21	1,9	24,24
28	20,00	300,00	4,00	26,28	15,23	17,47	64,56	3,91	26,78
29	20,00	300,00	2,00	30,98	17,07	23	70,16	1,56	23,46
30	20,00	300,00	2,00	32,11	17,58	23,96	70,35	1,11	24,54
31	20,00	300,00	2,00	32,48	18,04	25,8	72,82	0,78	24,32
32	20,00	300,00	2,00	30,74	17,45	24,8	69,06	1,67	24,79
33	20,00	300,00	2,00	31,45	17,8	24,98	72,14	1	25,14
34	20,00	300,00	2,00	34,15	17,55	26,29	70,88	1,2	24,34

4.1.1.1. Spesifik hacim

Optimizasyon için üretilen keklerin spesifik hacim değerlerinin 1,67-2,72 cm³/g aralığında değiştiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Design Expert® 11 programında değerlendirildiğinde program tarafından önerilen linear model kullanılmıştır. Spesifik hacim için kullanılan modele ait ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Spesifik hacim modeli ANOVA testi sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri
Model	1,50	3	0,5014	23,21	< 0.0001
A-Ekşi hamur tozu miktarı	0,2876	1	0,2876	13,31	0,0010
B-Mayalanma süresi	0,1924	1	0,1924	8,90	0,0056
C- Kabartma tozu miktarı	1,02	1	1,02	47,40	< 0.0001
Kalan	0,6481	30	0,0216		
Uyum Eksikliği	0,1953	11	0,0178	0,7447	0,6861
Yalın Hata	0,4529	19	0,0238		
Düzeltilmiş Toplam	2,15	33			

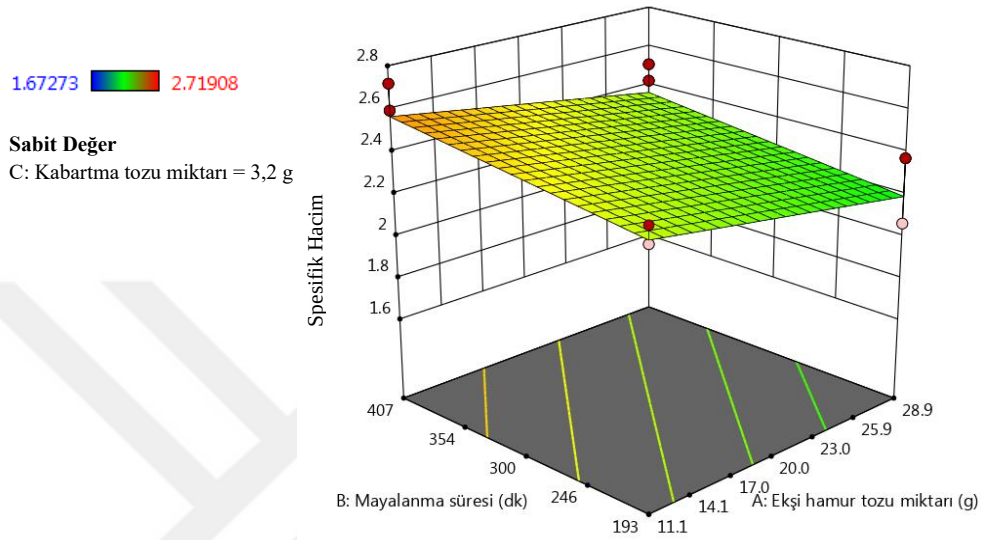
ANOVA testi sonuçları incelendiğinde oluşturulan deneysel modelin spesifik hacime etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Modele ait parametreler ayrı ayrı incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarı, mayalanma süresi ve kabartma tozu miktarının spesifik hacim üzerine etkisinin önemli olduğu ($p < 0,05$) belirlenmiştir. Modelde spesifik hacim değişkeni için R^2 değeri 0,6988 olarak hesaplanmıştır, spesifik hacime ait istatistiksel değerler Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Spesifik hacim modeli istatistiksel analiz sonuçları

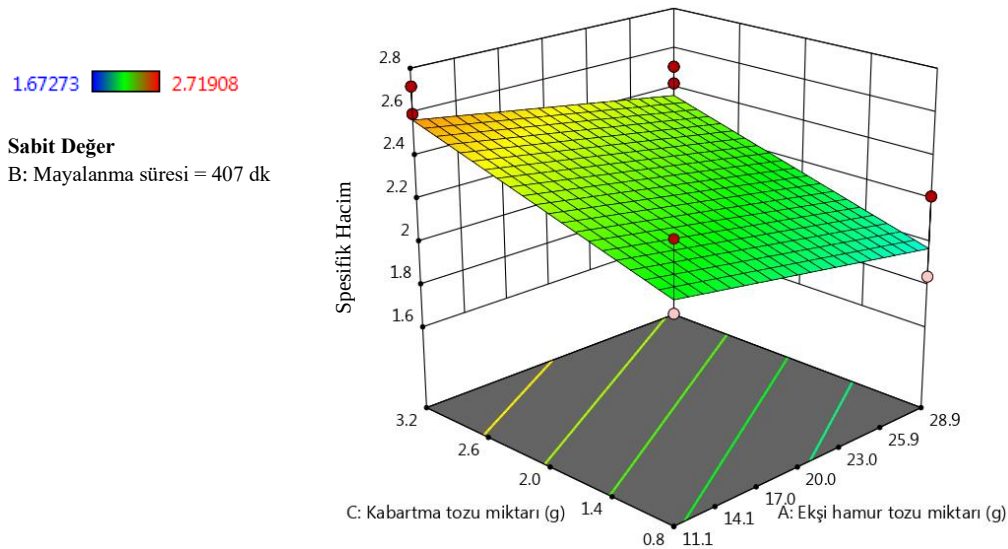
Standart Sapma	0,1470	R^2	0,6988
Ortalama	2,19	Düzeltilmiş R^2	0,6687
Varyasyon Katsayısı (%)	6,72	Tahmin edilen R^2	0,6120
		Yeterli Hassasiyet	15,0813

Spesifik hacim için faktörlerin (ekşi hamur tozu, kabartma tozu miktarı ve mayalanma süresi) etkileri arasındaki ilişki ayrı ayrı değerlendirildiğinde ekşi hamur tozu miktarı için korelasyon değerinin -0,366, mayalanma süresi için korelasyon değerinin 0,299 ve kabartma tozu için 0,690 olduğu belirlenmiştir. Elde edilen istatistiksel sonuçlar ve Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3'teki grafikler incelendiğinde ekşi hamur miktarı artışı ile spesifik hacmin azaldığı, mayalanma süresi ve kabartma tozu miktarındaki artış ile spesifik hacmin arttığı belirlenmiştir. Ekşi hamur tozunun artışıdaki olumsuz etkinin ise deneme deseni oluşturulması esnasında yüksek ekşi hamur tozu karşılığında düşük kabartma tozu miktarına karşılık gelmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Mayalanma süresince beklemeden meydana gelen köpük kaybından kaynaklanan hacim düşüşünün gerçekleşen asit artışı ile telafi edilmesi ihtiyacı ortaya çıkması ise mayalanma süresindeki artış için korelasyon değerinin düşük olması sonucunu doğurmuştur.

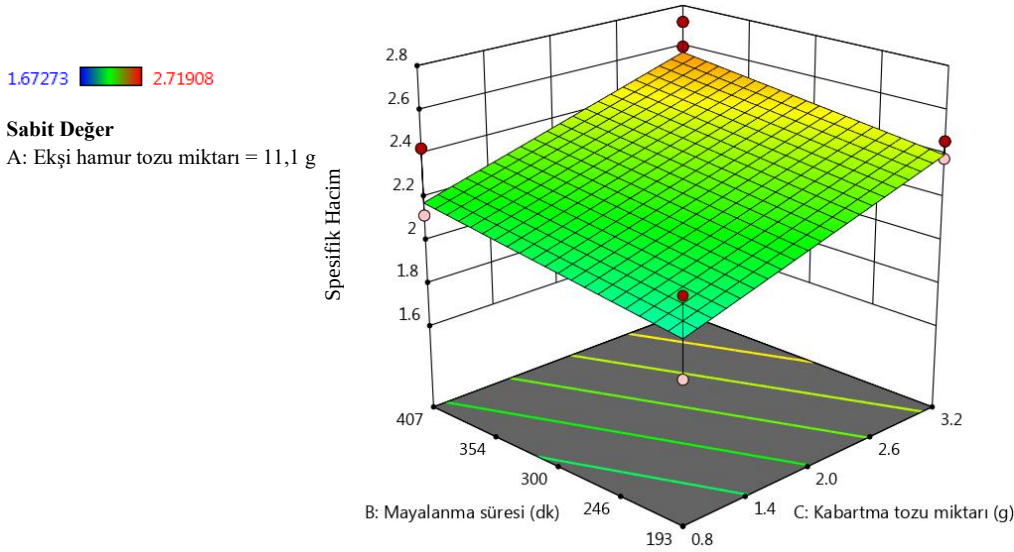
Kotancılar vd. (2006) ve Akgün (2007)'in ekmek üzerine yapmış oldukları çalışmalarda fermentasyon süresi ve ekşi hamur tozunun miktarındaki artışa bağlı olarak hacim ve spesifik hacim değerlerinde artış gözlemlendiğine dair sonuçlar elde ettiği gözlemlenmiştir. Literatürde, keklerde ekşi hamur kullanımına ait yapılmış bir çalışma tespit edilememiştir. Literatürde mevcut sonuçlar ile elde edilen sonuçlar kıyaslandığında mevcut farkın kekin ve ekmeğin hamur yapılarındaki fark nedeniyle ortaya çıktığı söylenebilir.



Şekil 4.1. Kabartma tozu miktarı 3,2 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak spesifik hacim değişimi grafiği



Şekil 4.2. Mayalanma süresi 407 dk değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu ve kabartma tozu miktarı faktörlerine bağlı olarak spesifik hacim değişimi grafiği



Şekil 4.3. Ekşi hamur tozu miktarı 11,1 g değerinde sabitlendiğinde kabartma tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak spesifik hacim değişimi grafiği

4.1.1.2. Hacim indeksi

Optimizasyon için üretilen keklerin hacim indeksi değerlerinin 8,1-10,7 cm aralığında değiştiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Design Expert® 11 programında değerlendirildiğinde program tarafından önerilen linear model kullanılmıştır. Hacim indeksi için kullanılan modele ait ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Hacim indeksi ANOVA testi sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri
Model	11,44	3	3,81	23,87	< 0,0001
A-Ekşi hamur tozu miktarı	3,18	1	3,18	19,88	0,0001
B-Mayalanma süresi	0,9295	1	0,9295	5,82	0,0222
C- Kabartma tozu miktarı	7,34	1	7,34	45,92	< 0,0001
Kalan	4,79	30	0,1597		
Uyum Eksikliği	1,74	11	0,1586	0,9883	0,4894
Yalın Hata	3,05	19	0,1604		
Düzeltilmiş Toplam	16,23	33			

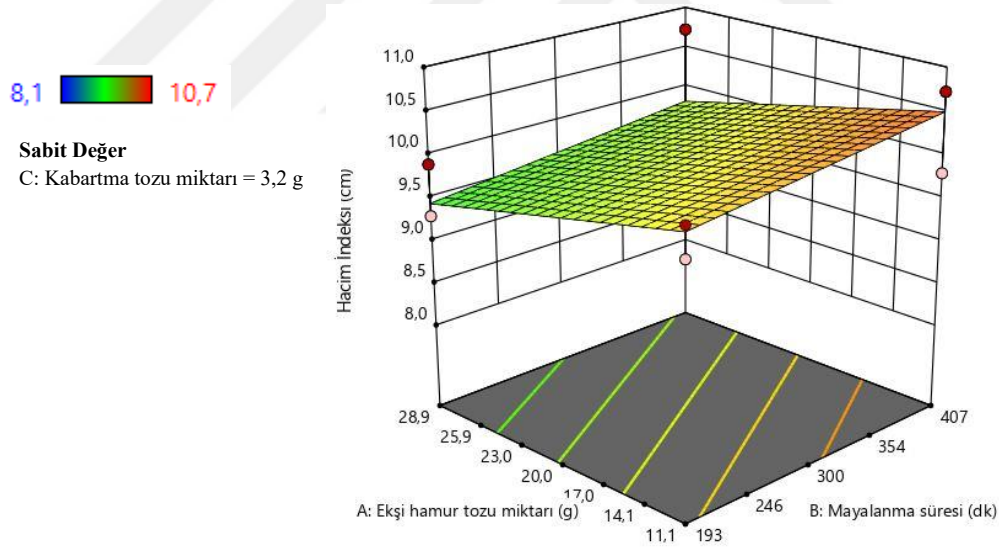
ANOVA testi sonuçları incelendiğinde oluşturulan deneysel modelin hacim indeksi üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Modele ait parametreler ayrı incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarı, mayalanma süresi ve kabartma tozu miktarının hacim indeksi üzerine etkisinin önemli olduğu ($p < 0,05$) belirlenmiştir. Modelde hacim indeksi değişkeni için R^2 değeri 0,7048 olarak hesaplanmıştır, hacim indeksine ait istatistiksel değerler Çizelge 4.6'da verilmiştir.

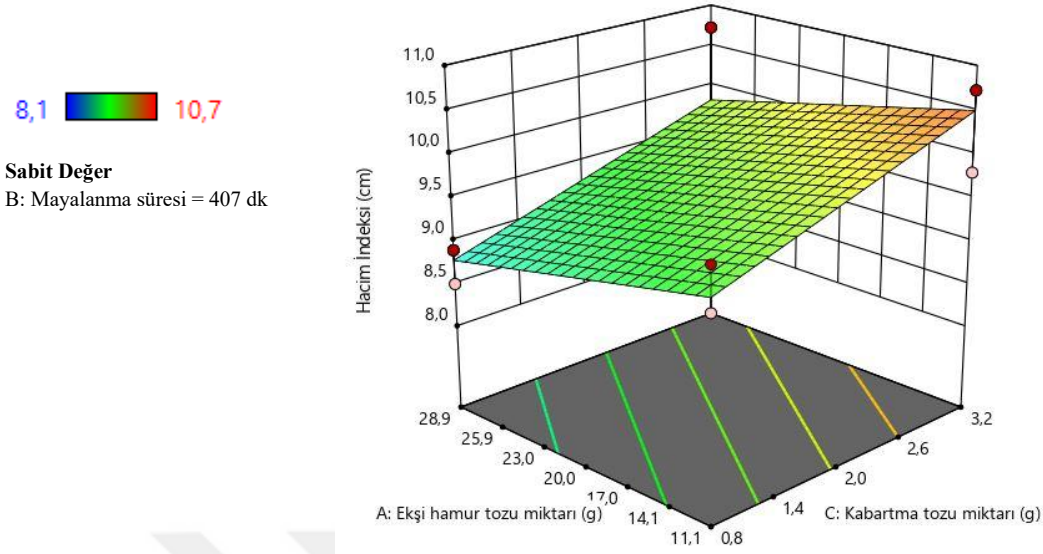
Çizelge 4.6. Hacim indeksi istatistiksel analiz sonuçları

Standart Sapma	0,3997	R²	0,7048
Ortalama	9,46	Düzeltilmiş R²	0,6753
Varyasyon Katsayısı (%)	4,23	Tahmin edilen R²	0,6195
		Yeterli Hassasiyet	15,2265

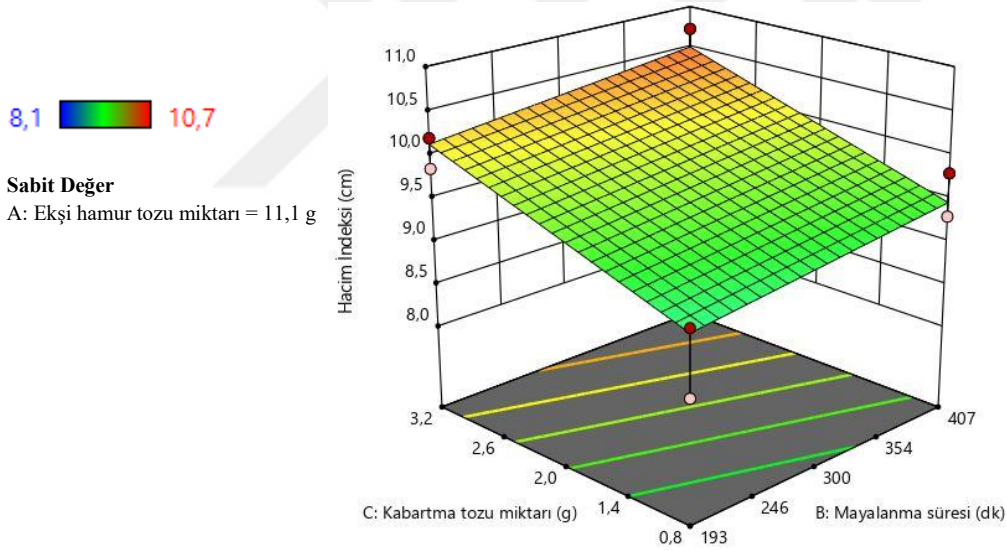
Hacim indeksi için faktör etkileri arasındaki ilişki ayrı ayrı değerlendirildiğinde ekşi hamur tozu miktarı için korelasyon değerinin -0,442, mayalanma süresi için korelasyon değerinin 0,239 ve kabartma tozu için 0,672 olduğu belirlenmiştir. Elde edilen istatistiksel sonuçlar ve Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6'daki grafikler incelendiğinde ekşi hamur miktarı azalışı, mayalanma süresi ve kabartma tozu miktarındaki artışı ile hacim indeksinin arttığı belirlenmiştir.

Literatürde, keklerde ekşi hamur kullanımına ait yapılmış bir çalışma olmamakla beraber Mercan N. (1998), E.J. Guy ve H.E. Vettel (1973), yapmış oldukları çalışmalarda kontrol grubu keklerin hacim indeksi değerlerini sırası ile 11,2 cm ve 12,39 cm bulmuşlardır. Literatürde mevcut sonuçlar ile elde edilen sonuçlar kıyaslandığında mevcut farkın formülasyondan, kek kalıbına konulan kek hamuru miktarları veya proses koşullarının farklılığından kaynaklanabileceği söylenebilir.

**Şekil 4.4.** Kabartma tozu miktarı 3,2 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak hacim indeksi değişimi grafiği



Şekil 4.5. Mayalanma süresi 407 dk değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu ve kabartma tozu miktarı faktörlerine bağlı olarak hacim indeksi değişimi grafiği



Şekil 4.6. Ekşi hamur tozu miktarı 11,1 g değerinde sabitlendiğinde kabartma tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak hacim indeksi değişimi grafiği

4.1.1.3. Su aktivitesi

Optimizasyon için üretilen keklerin su aktivitesi değerlerinin 0,64-0,74 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Design Expert® 11 programında değerlendirildiğinde program tarafından önerilen ikinci derece denklem modeli (kuadratik model) kullanılmıştır. Su aktivitesi için kullanılan modele ait ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Su aktivitesi ANOVA testi sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri
Model	0,0078	9	0,0009	2,17	0,0631
A-Ekşi hamur tozu miktarı	0,0012	1	0,0012	2,96	0,0980
B-Mayalanma süresi	0,0006	1	0,0006	1,53	0,2276
C- Kabartma tozu miktarı	0,0001	1	0,0001	0,1473	0,7046
AB	0,0003	1	0,0003	0,8612	0,3626
AC	0,0001	1	0,0001	0,1464	0,7054
BC	0,0005	1	0,0005	1,16	0,2918
A ²	0,0001	1	0,0001	0,2098	0,6511
B ²	0,0030	1	0,0030	7,45	0,0117
C ²	0,0020	1	0,0020	5,09	0,0335
Kalan	0,0096	24	0,0004		
Uyum Eksikliği	0,0009	5	0,0002	0,3751	0,8595
Yalın Hata	0,0088	19	0,0005		
Düzeltilmiş Toplam	0,0175	33			

ANOVA testi sonuçları incelendiğinde oluşturulan deneysel modelin su aktivitesi üzerine etkisinin önemli olmadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle ekşi hamur tozu eklenmesi ve mayalanma esnasında ekşi hamur tozu içeriğinde bulunan mikroorganizma faaliyetlerinin su aktivitesi üzerine önemli bir etkisi olmadığı söylenebilir.

4.1.1.4. Kek dış kabuk rengi

Dış Renk L*

Optimizasyon için üretilen keklerin dış renk L* değerlerinin 26,28-39,35 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Design Expert® 11 programında değerlendirildiğinde program tarafından önerilen kuadratik model kullanılmıştır. Dış renk L* için kullanılan modele ait ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Dış renk L* ANOVA testi sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri
Model	148,36	9	16,48	4,64	0,0012
A-Ekşi hamur tozu miktarı	37,9	1	37,9	10,67	0,0033
B-Mayalanma süresi	38,73	1	38,73	10,9	0,003
C- Kabartma tozu miktarı	22,59	1	22,59	6,36	0,0187
AB	4,02	1	4,02	1,13	0,2983
AC	16,72	1	16,72	4,71	0,0402
BC	0,1575	1	0,1575	0,0443	0,835
A ²	4,12	1	4,12	1,16	0,2922
B ²	3,73	1	3,73	1,05	0,316
C ²	14,63	1	14,63	4,12	0,0536
Kalan	85,26	24	3,55		
Uyum Eksikliği	31,46	5	6,29	2,22	0,0944
Yalın Hata	53,8	19	2,83		
Düzeltilmiş Toplam	233,61	33			

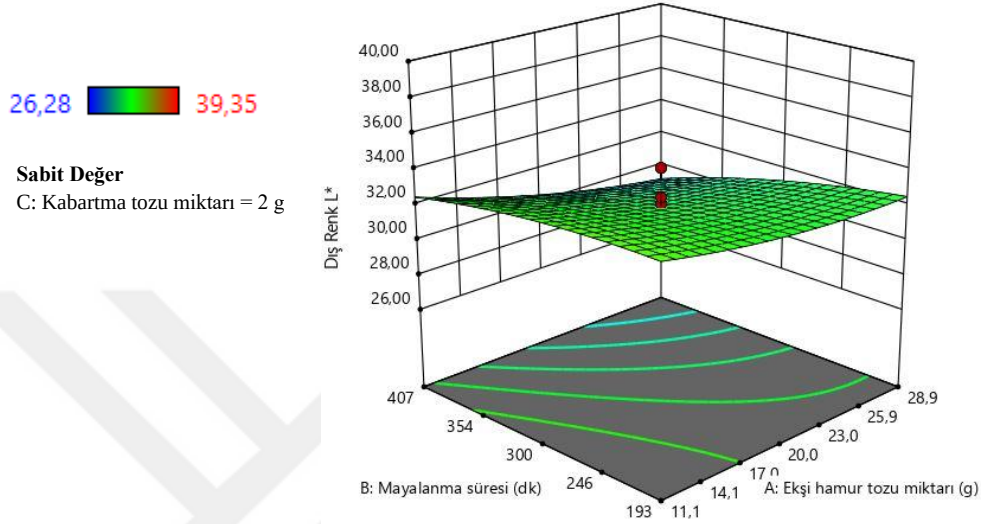
ANOVA testi sonuçları incelendiğinde oluşturulan deneysel modelin dış renk L* değerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Modele ait parametreler ayrı ayrı incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarı, mayalanma süresi ve kabartma tozu miktarının dış renk L* değeri üzerine etkisinin önemli olduğu ($p < 0,05$) belirlenmiştir. Modelde dış renk L* değişkeni için R^2 değeri 0,6351 olarak hesaplanmıştır, dış renk L* ait istatistiksel değerler Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Dış renk L* istatistiksel analiz sonuçları

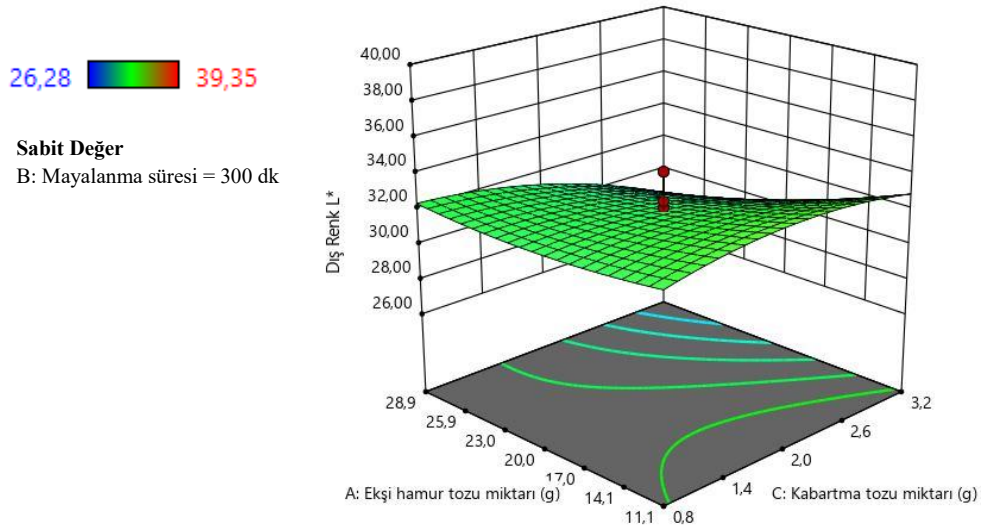
Standart Sapma	1,88	R²	0,6351
Ortalama	31,36	Düzeltilmiş R²	0,4982
Varyasyon Katsayısı (%)	6,01	Tahmin edilen R²	0,2325
		Yeterli Hassasiyet	8,4888

Dış renk L* değeri üzerine faktörlerin etkisi, model sonucu elde edilen grafikler incelenerek değerlendirilmiştir. Şekil 4.7 incelendiğinde; ekşi hamur tozu artışı ile L* değerinde azalma olduğu, düşük miktarlarda ekşi hamur tozu kullanılan keklerde bu düşüşün daha az olduğu, ekşi hamur tozu miktarındaki artış ile L* değerindeki azalmanın arttığı, bununla birlikte mayalanma süresinin artışı ile yine L* değerinde düşme olduğu ancak mayalanma süresinin artması ile bu düşüşün azaldığı belirlenmiştir. Şekil 4.8 incelendiğinde kabartma tozundaki artış ile L* değerinin arttığı ama artış miktarına bağlı olarak kabartma tozu etkisinin giderek azaldığı, Şekil 4.9 incelendiğinde ise kabartma tozu miktarı ve mayalanma süresi L* değerinin yükseldiği ancak bu etkide miktarlardaki artış ile azalma meydana geldiği belirlenmiştir. Ekşi hamur tozu ilavesi arttıkça kekin daha koyu renk olmasının sebebi, pişirme sırasında şekerin karamelizasyonundan ve ayrıca laktik asit bakterileri aktivitesi ile miktarı artan serbest şeker ve aminoasitler arasında meydana gelen Maillard reaksiyonlarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca ekşi hamur tozu eldesinde kullanılan unun tipide kekin rengini almasında etkilidir.

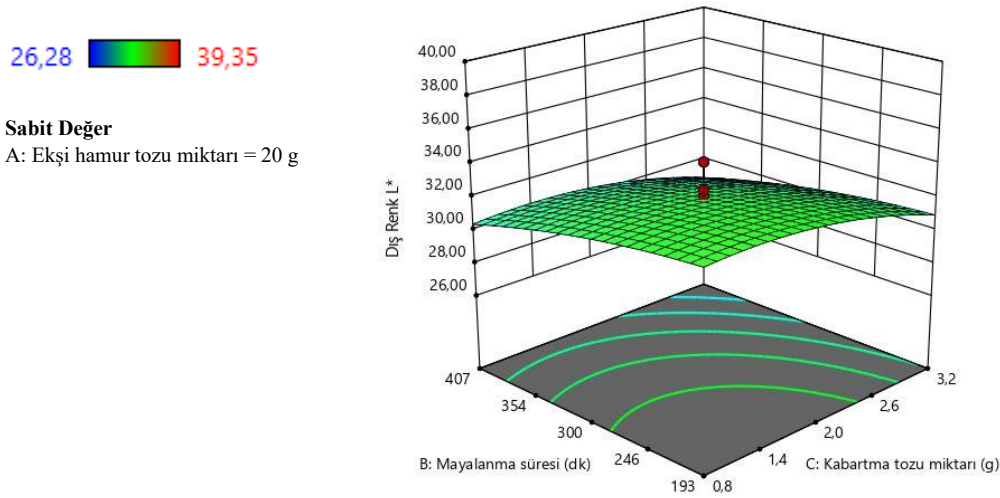
Akgün (2007), farklı ikame oranındaki ekşi hamur tozlarının ekmek üretiminde kullanabilme olanaklarını araştırdığı çalışmada kontrol gurubu ekmeklerin L^* , a^* ve b^* değerlerinin %2, %4 ve %6 ikameli örneklerden daha yüksek olduğunu ve ekşi hamur tozu ikamesi artışına bağlı olarak ekmeğinin kabuk ve iç renk L^* değerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Ekmek kabuk ve iç renk L^* değerlerine ait benzer sonuçlar keklerde ekşi hamur tozunun ikamesi artışına bağlı olarak kek dış ve iç renk L^* değerleri azalması ile aynı yöndedir.



Şekil 4.7. Kabartma tozu miktarı 2 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak dış renk L^* değişimi grafiği



Şekil 4.8. Mayalanma süresi 300 dk değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu ve kabartma tozu miktarı faktörlerine bağlı olarak dış renk L^* değişimi grafiği



Şekil 4.9. Ekşi hamur tozu miktarı 20 g değerinde sabitlendiğinde kabartma tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak dış renk L* değişimi grafiği

Dış Renk a*

Optimizasyon için üretilen keklerin dış renk a* değerlerinin 13,57-19,04 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Design Expert® 11 programında değerlendirildiğinde program tarafından önerilen kuadratik model kullanılmıştır. Dış renk a* için kullanılan modele ait ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Dış renk a* ANOVA testi sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri
Model	33,99	9	3,78	5,82	0,0003
A-Ekşi hamur tozu miktarı	3,17	1	3,17	4,89	0,0368
B-Mayalanma süresi	9,53	1	9,53	14,7	0,0008
C- Kabartma tozu miktarı	11,02	1	11,02	16,99	0,0004
AB	0,4983	1	0,4983	0,7685	0,3894
AC	1,52	1	1,52	2,35	0,1383
BC	0,418	1	0,418	0,6447	0,4299
A ²	0,0355	1	0,0355	0,0548	0,817
B ²	3,65	1	3,65	5,63	0,026
C ²	5,5	1	5,5	8,48	0,0076
Kalan	15,56	24	0,6485		
Uyum Eksikliği	3,77	5	0,7533	1,21	0,3409
Yalın Hata	11,8	19	0,6209		
Düzeltilmiş Toplam	49,55	33			

ANOVA testi sonuçları incelendiğinde oluşturulan deneysel modelin dış renk a* değerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Modele ait parametreler ayrı ayrı incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarı, mayalanma süresi ve kabartma tozu miktarının dış renk a* üzerine etkisinin önemli olduğu ($p < 0,05$) belirlenmiştir. Modelde dış renk a*

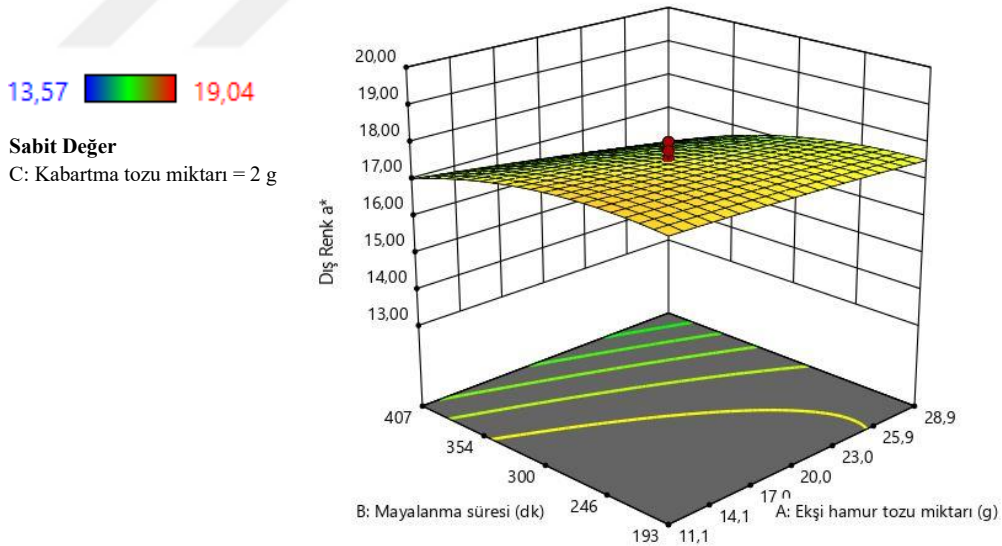
değişkeni için R^2 değeri 0,6859 olarak hesaplanmıştır, dış renk a^* ait istatistiksel değerler Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Dış renk a^* istatistiksel analiz sonuçları

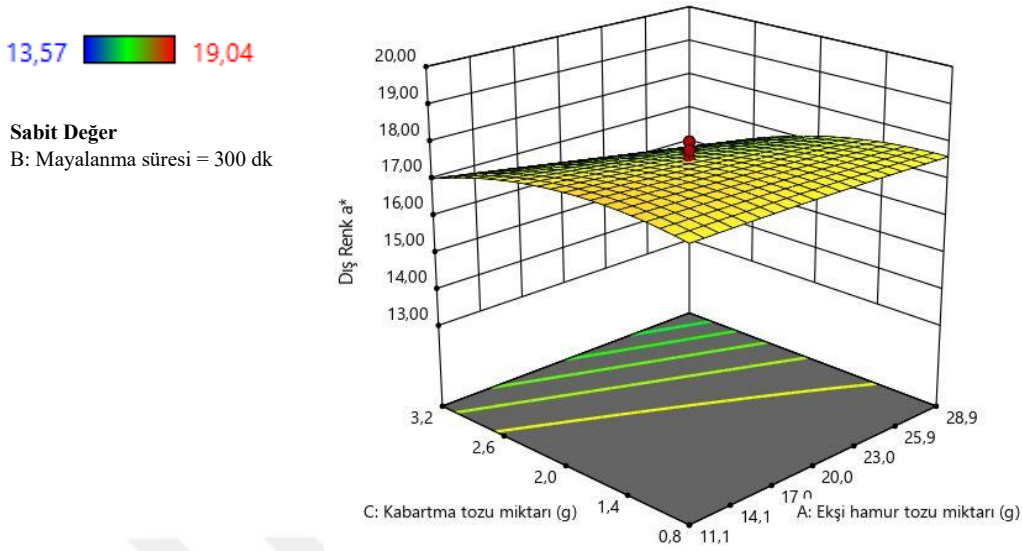
Standart Sapma	0,8053	R^2	0,6859
Ortalama	16,82	Düzeltilmiş R^2	0,5681
Varyasyon Katsayısı (%)	4,79	Tahmin edilen R^2	0,3312
		Yeterli Hassasiyet	8,2651

Dış renk a^* değerine faktörlerin etkisi, model sonucu elde edilen grafikler incelenerek değerlendirilmiştir. Şekil 4.10 incelendiğinde; ekşi hamur tozu artışı ile a^* değerinde azalma olduğu, bununla birlikte mayalanma süresinin artması ile bu düşüşün arttığı belirlenmiştir. Şekil 4.11 incelendiğinde kabartma tozundaki artış ile a^* değerinin azaldığı ve artış miktarına bağlı olarak a^* değerindeki azalmanın arttığı belirlenmiştir. Şekil 4.12 incelendiğinde ise kabartma tozu miktarı ve mayalanma süresi a^* değerinin yükseldiği ancak bu etkide miktarlardaki artış ile azalma meydana geldiği belirlenmiştir.

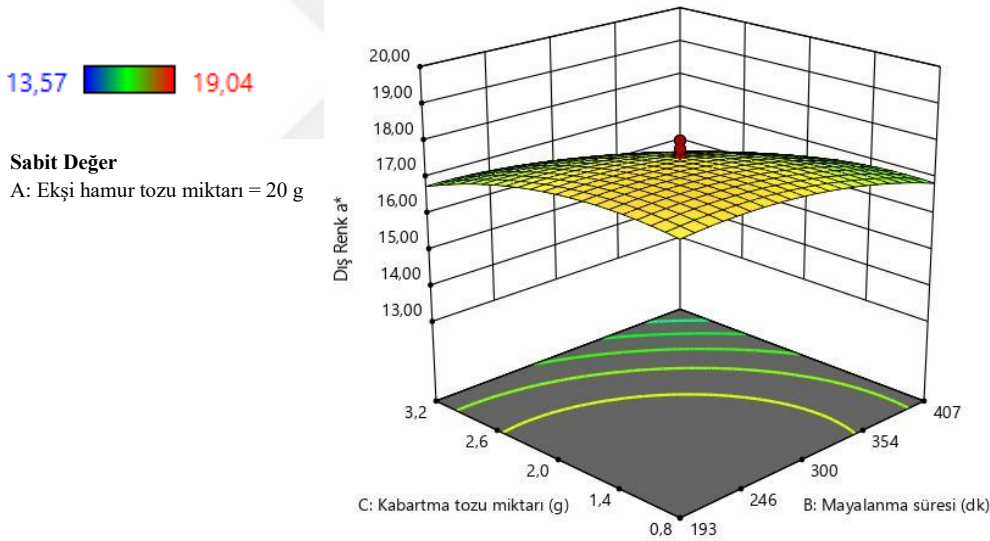
Akgün (2007), ekmekte ekşi hamur tozu ikame oranındaki artışa bağlı olarak renk a^* değeri artışına neden olduğunu ve ekmek iç ve dış kabuk rengi intensitesinin koyulaşarak kırmızıya yöneldiğini gözlemlemiştir. Ekmekte gözlemlenen iç renk a^* değerlerine ait sonuçlar keklerde benzer sonuç göstermesine rağmen dış renk a^* değerinin ekşi hamur tozu miktarının azalışı artacağı yönündedir.



Şekil 4.10. Kabartma tozu miktarı 2 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak dış renk a^* değişimi grafiği



Şekil 4.11. Mayalanma süresi 300 dk değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu ve kabartma tozu miktarı faktörlerine bağlı olarak dış renk a* değişimi grafiği



Şekil 4.12. Ekşi hamur tozu miktarı 20 g değerinde sabitlendiğinde kabartma tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak dış renk a* değişimi grafiği

Dış Renk b*

Optimizasyon için üretilen keklerin dış renk b* değerlerinin 17,47-30,71 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Design Expert® 11 programında değerlendirildiğinde program tarafından önerilen kuadratik model kullanılmıştır. Dış renk b* için kullanılan modele ait ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Dış renk b* ANOVA testi sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri
Model	193,24	9	21,47	4,98	0,0008
A-Ekşi hamur tozu miktarı	35,06	1	35,06	8,14	0,0088
B-Mayalanma süresi	41,43	1	41,43	9,62	0,0049
C- Kabartma tozu miktarı	46,35	1	46,35	10,76	0,0032
AB	10,66	1	10,66	2,47	0,1289
AC	5,57	1	5,57	1,29	0,2669
BC	0,6016	1	0,6016	0,1396	0,7119
A ²	7,81	1	7,81	1,81	0,1906
B ²	5,99	1	5,99	1,39	0,2498
C ²	28,58	1	28,58	6,63	0,0166
Kalan	103,41	24	4,31		
Uyum Eksikliği	39,78	5	7,96	2,38	0,0779
Yalın Hata	63,63	19	3,35		
Düzeltilmiş Toplam	296,65	33			

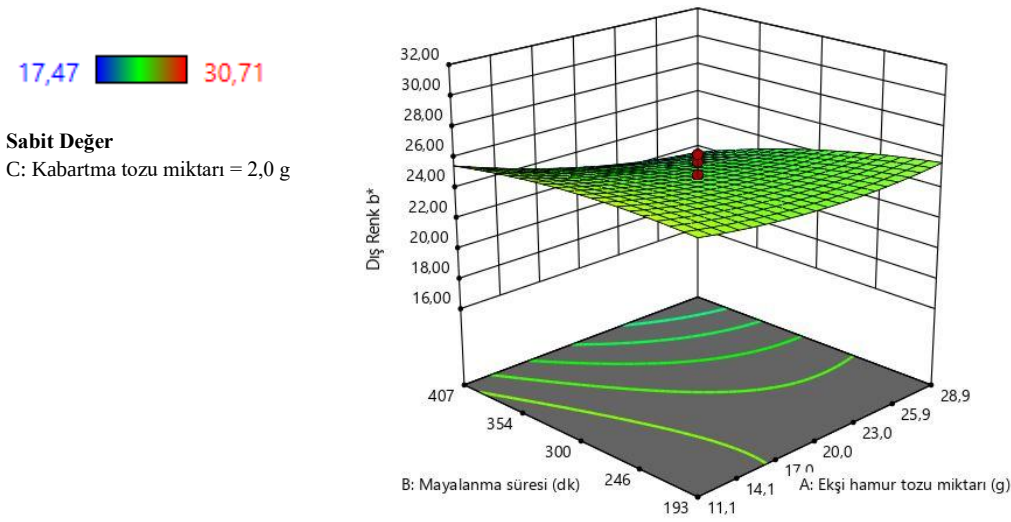
ANOVA testi sonuçları incelendiğinde oluşturulan deneysel modelin dış renk b* değerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Modele ait parametreler ayrı incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarı, mayalanma süresi ve kabartma tozu miktarının dış renk b* üzerine etkisinin önemli olduğu ($p < 0,05$) belirlenmiştir. Modelde dış renk b* değişkeni için R^2 değeri 0,6514 olarak hesaplanmıştır, dış renk b* ait istatistiksel değerler Çizelge 4.13'te verilmiştir.

Çizelge 4.13. Dış renk b* istatistiksel analiz sonuçları

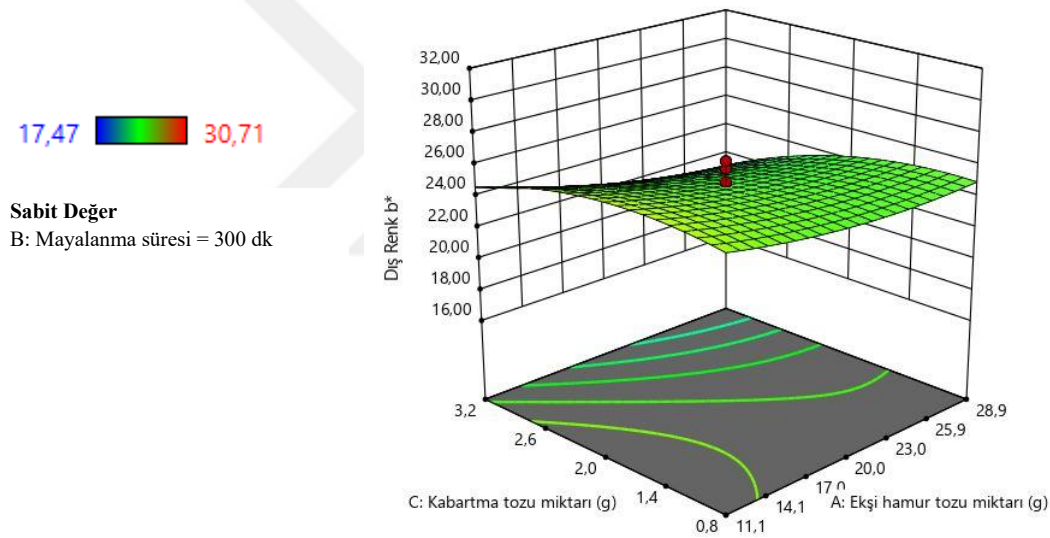
Standart Sapma	2,08	R²	0,6514
Ortalama	23,91	Düzeltilmiş R²	0,5207
Varyasyon Katsayısı (%)	8,68	Tahmin edilen R²	0,2619
		Yeterli Hassasiyet	8,7856

Dış renk b* değerine faktörlerin etkisi, model sonucu elde edilen grafikler incelenerek değerlendirilmiştir. Şekil 4.13 incelendiğinde; ekşi hamur tozu artışı ile b* değerinde azalma olduğu, bununla birlikte mayalanma süresinin artması ile bu düşüşün arttığı belirlenmiştir. Şekil 4.14 incelendiğinde kabartma tozundaki artış ile b* değerinin azaldığı ve artış miktarına bağlı olarak b* değerindeki azalmanın arttığı belirlenmiştir. Şekil 4.15 incelendiğinde ise kabartma tozu miktarı ve mayalanma süresinin artışı ile b* değerinin azaldığı ancak bu etkide miktarlardaki artış ile azalma oranında artış meydana geldiği belirlenmiştir.

Akgün (2007), ekmekte ekşi hamur tozu ikame oranı arttıkça kabuk ve iç renk b* değerinin azaldığını gözlemlemiştir. Keklerde ise dış renk b* değerlerine ait sonuçlarda benzer sonuç gözlemlenmesine rağmen iç renk b* değerinde ekşi hamur tozu miktarının renk b* değerine etkisinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu ($p > 0,05$) gözlemlenmiştir.



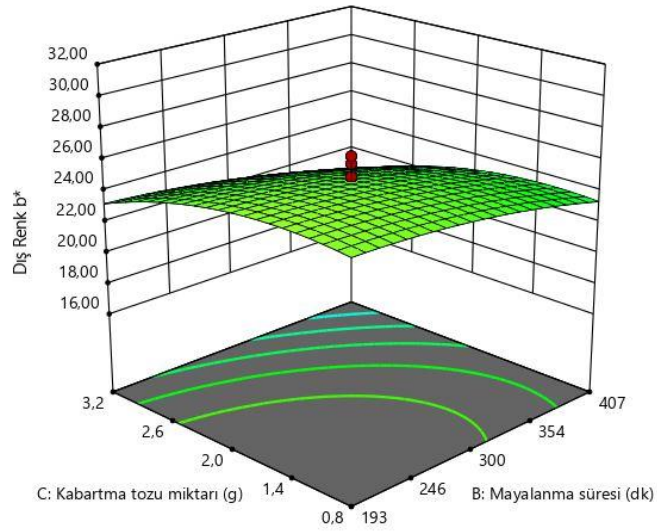
Şekil 4.13. Kabartma tozu miktarı 2,0 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak dış renk b* değişimi grafiği



Şekil 4.14. Mayalanma süresi 300 dk değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu ve kabartma tozu miktarı faktörlerine bağlı olarak dış renk b* değişimi grafiği

13,57  19,04**Sabit Değer**

A: Ekşi hamur tozu miktarı = 20 g



Şekil 4.15. Ekşi hamur tozu miktarı 20 g değerinde sabitlendiğinde kabartma tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak dış renk b* değişimi grafiği

4.1.1.5. Kek iç kesit rengi

İç Renk L*

Optimizasyon için üretilen keklerin iç renk L* değerlerinin 63,57-73,63 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Design Expert® 11 programında değerlendirildiğinde program tarafından önerilen linear model kullanılmıştır. İç renk L* için kullanılan modele ait ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.14'te verilmiştir.

Çizelge 4.14. İç renk L* ANOVA testi sonuçları

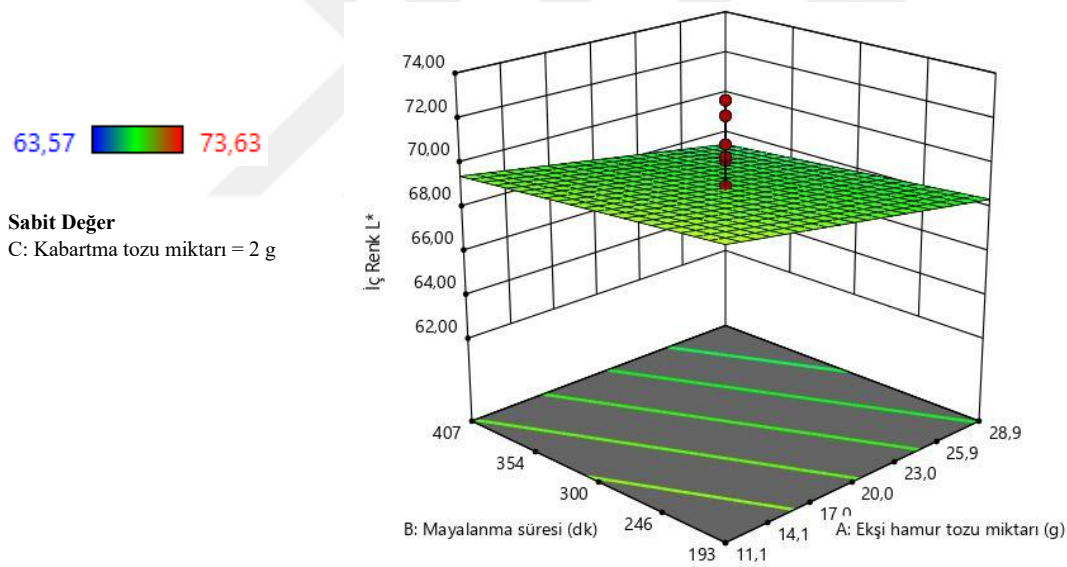
Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri
Model	148,36	9	16,48	4,64	0,0012
A-Ekşi hamur tozu miktarı	37,9	1	37,9	10,67	0,0033
B-Mayalanma süresi	38,73	1	38,73	10,9	0,003
C- Kabartma tozu miktarı	22,59	1	22,59	6,36	0,0187
AB	4,02	1	4,02	1,13	0,2983
AC	16,72	1	16,72	4,71	0,0402
BC	0,1575	1	0,1575	0,0443	0,835
A ²	4,12	1	4,12	1,16	0,2922
B ²	3,73	1	3,73	1,05	0,316
C ²	14,63	1	14,63	4,12	0,0536
Kalan	85,26	24	3,55		
Uyum Eksikliği	31,46	5	6,29	2,22	0,0944
Yalın Hata	53,8	19	2,83		
Düzeltilmiş Toplam	233,61	33			

ANOVA testi sonuçları incelendiğinde oluşturulan deneysel modelin iç renk L* etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Modele ait parametreler ayrı incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarı, mayalanma süresi ve kabartma tozu miktarının iç renk L* üzerine etkisinin önemli olduğu ($p < 0,05$) belirlenmiştir. Modelde iç renk L* değişkeni için R^2 değeri 0,2324 olarak hesaplanmıştır, iç renk L* ait istatistiksel değerler Çizelge 4.15'te verilmiştir.

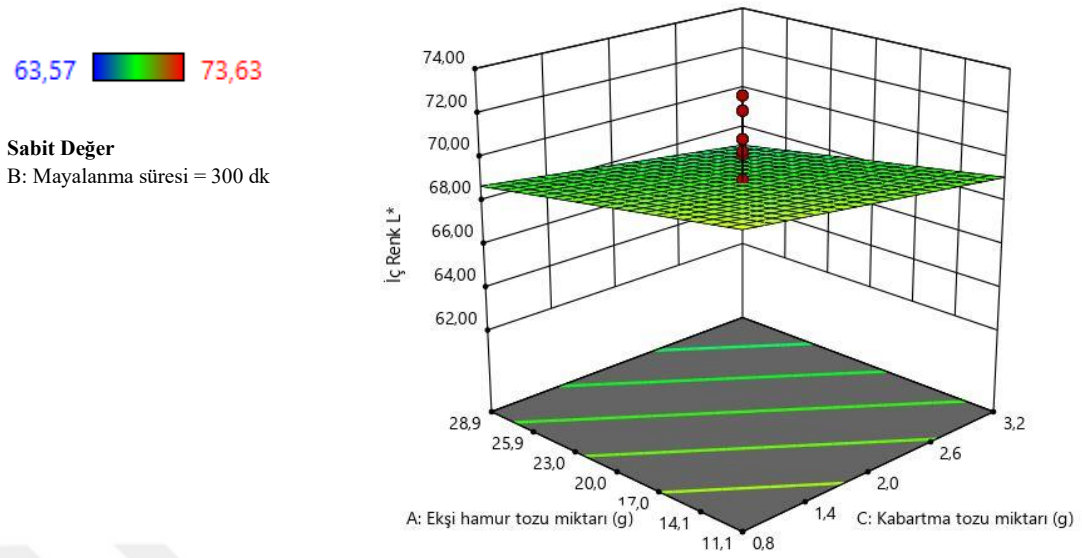
Çizelge 4.15. İç renk L* istatistiksel analiz sonuçları

Standart Sapma	2,39	R^2	0,2324
Ortalama	68,95	Düzeltilmiş R^2	0,1557
Varyasyon Katsayısı (%)	3,46	Tahmin edilen R^2	0,0108
		Yeterli Hassasiyet	5,61

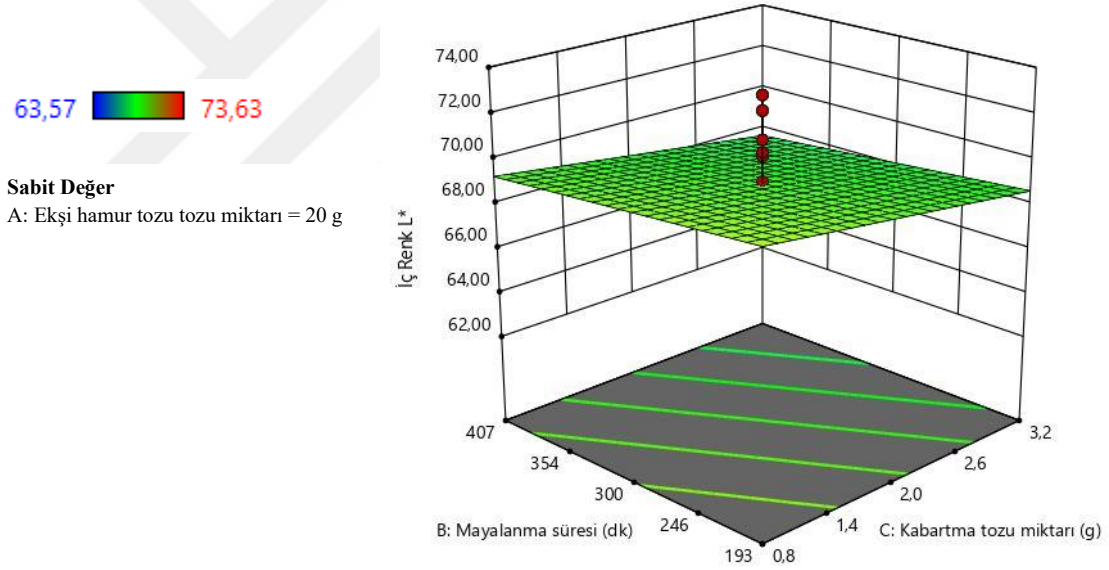
İç renk L* için faktör etkileri arasındaki ilişki ayrı ayrı değerlendirildiğinde ekşi hamur tozu miktarı için korelasyon değerinin -0,352, mayalanma süresi için korelasyon değerinin -0,170 ve kabartma tozu için -0,282 olduğu belirlenmiştir. Elde edilen istatistiksel sonuçlar ve Şekil 4.16, Şekil 4.17, Şekil 4.18 'deki grafikler incelendiğinde ekşi hamur miktarı, mayalanma süresi ve kabartma tozu miktarındaki azalma ile iç renk L* değeri artacağı belirlenmiştir.



Şekil 4.16. Kabartma tozu miktarı 2 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak iç renk L* değişimi grafiği



Şekil 4.17. Mayalanma süresi 300 dk değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu ve kabartma tozu miktarı faktörlerine bağlı olarak iç renk L* değişimi grafiği



Şekil 4.18. Ekşi hamur tozu miktarı 20 g değerinde sabitlendiğinde kabartma tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak iç renk L* değişimi grafiği

İç Renk a*

Optimizasyon için üretilen keklerin iç renk a* değerlerinin 0,56-3,91 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Design Expert® 11 programında değerlendirildiğinde program tarafından önerilen kuadratik model kullanılmıştır. İç renk a* değeri için kullanılan modele ait ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.16’da verilmiştir.

Çizelge 4.16. İç renk a* ANOVA testi sonuçları

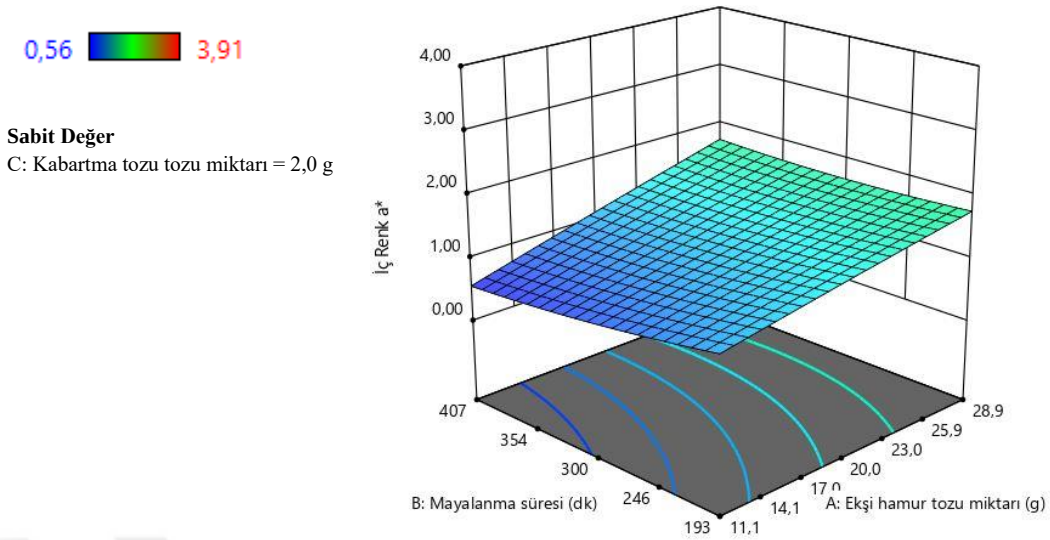
Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri
Model	11,19	9	1,24	3	0,0151
A-Ekşi hamur tozu miktarı	5,81	1	5,81	14,04	0,001
B-Mayalanma süresi	0,4784	1	0,4784	1,16	0,2929
C- Kabartma tozu miktarı	0,0948	1	0,0948	0,2291	0,6365
AB	0,2413	1	0,2413	0,5833	0,4525
AC	0,0176	1	0,0176	0,0424	0,8385
BC	0,4883	1	0,4883	1,18	0,2881
A ²	0,004	1	0,004	0,0096	0,9227
B ²	0,0925	1	0,0925	0,2236	0,6405
C ²	3,61	1	3,61	8,74	0,0069
Kalan	9,93	24	0,4138		
Uyum Eksikliği	2,86	5	0,5713	1,53	0,2263
Yalın Hata	7,07	19	0,3723		
Düzeltilmiş Toplam	21,12	33			

ANOVA testi sonuçları incelendiğinde oluşturulan deneysel modelin iç renk a* değerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Modele ait parametreler ayrı incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarının iç renk a* üzerine etkisinin önemli olduğu ($p<0,05$), mayalanma süresi ve kabartma tozu miktarının ise iç renk a* değeri üzerine etkisinin önemsiz olduğu ($p>0,05$) belirlenmiştir. Modelde iç renk a* değişkeni için R² değeri 0,5298 olarak hesaplanmıştır, iç renk a* ait istatistiksel değerler Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.17. İç renk a* istatistiksel analiz sonuçları

Standart Sapma	0,6432	R ²	0,5298
Ortalama	1,59	Düzeltilmiş R ²	0,3534
Varyasyon Katsayısı (%)	40,42	Tahmin edilen R ²	0,0135
		Yeterli Hassasiyet	5,8615

İç renk a* değerine faktörlerin etkisi, model sonucu elde edilen grafikler incelenerek değerlendirilmiştir. Şekil 4.19 incelendiğinde; ekşi hamur tozu artışı ile a* değerinde azalma nispeten azalan bir eğim ile gerçekleştiği gözlenmektedir.



Şekil 4.19. Kabartma tozu miktarı 2,0 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak iç renk a* değişimi grafiği

İç Renk b*

Optimizasyon için üretilen keklerin iç renk b* değerlerinin 23,46-26,84 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Design Expert® 11 programında değerlendirildiğinde program tarafından önerilen kuadratik model kullanılmıştır. İç renk b* için kullanılan modele ait ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18. İç renk b* ANOVA testi sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri
Model	12,99	9	1,44	3,67	0,0052
A-Ekşi hamur tozu miktarı	0,6955	1	0,6955	1,77	0,1963
B-Mayalanma süresi	2,99	1	2,99	7,59	0,011
C- Kabartma tozu miktarı	2,27	1	2,27	5,77	0,0244
AB	0,273	1	0,273	0,6934	0,4132
AC	0,0457	1	0,0457	0,116	0,7363
BC	1,32	1	1,32	3,34	0,0799
A ²	5	1	5	12,71	0,0016
B ²	1,21	1	1,21	3,07	0,0925
C ²	0,1295	1	0,1295	0,329	0,5716
Kalan	9,45	24	0,3937		
Uyum Eksikliği	1,47	5	0,2934	0,6984	0,6313
Yalın Hata	7,98	19	0,4201		
Düzeltilmiş Toplam	22,44	33			

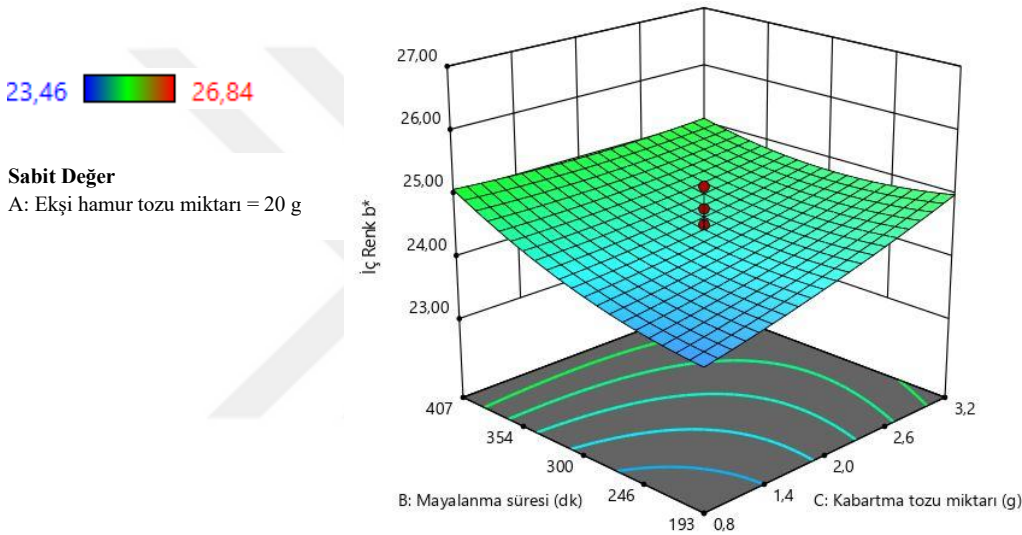
ANOVA testi sonuçları incelendiğinde oluşturulan deneysel modelin iç renk b* değerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Modele ait parametreler ayrı incelendiğinde mayalanma süresi ve kabartma tozu miktarının iç renk b* üzerine

etkisinin önemli olduğu ($p < 0,05$), ekşi hamur tozu miktarının ise iç renk b^* üzerine etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir. Modelde iç renk b^* değişkeni için R^2 değeri 0,579 olarak hesaplanmıştır, iç renk b^* ait istatistiksel değerler Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Çizelge 4.19. İç renk b^* istatistiksel analiz sonuçları

Standart Sapma	0,6275	R^2	0,579
Ortalama	25,08	Düzeltilmiş R^2	0,4211
Varyasyon Katsayısı (%)	2,5	Tahmin edilen R^2	0,154
		Yeterli Hassasiyet	5,4995

Şekil 4.20 incelendiğinde kabartma tozu miktarı ve mayalanma süresi artışı ile iç renk b^* değerinin giderek artan oranlarda yükseldiği gözlemlenmektedir.



Şekil 4.20. Ekşi hamur tozu miktarı 20 g değerinde sabitlendiğinde kabartma tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak iç renk b^* değişimi grafiği

4.1.2. Kek tekstürel özelliği

Optimizasyon deneme desenine uygun olarak üretilen keklerin tekstürel özellikleri (sertlik, yapışkanlık, esneklik, çiğnenebilirlik, elastikiyet değeri) belirlenmiştir. Fakat bazı örneklerin yapışkanlık, esneklik, çiğnenebilirlik, elastikiyet değerleri ölçümü yapılmadığından cevap değişkeni olarak sertlik değerine ait veriler programa girilmiş, elde edilen sonuçlar Çizelge 4.20’de verilmiştir. Tekstürel özelliğe (sertlik) ait teorik sonuçların model tarafından hesaplanan regresyon denklemi ile elde edilen deneysel sonuçlarına karşılık gelen dağılımı Ek 5’te verilmiştir. Deneyler sonucunda elde edilen değerlerin, tahmin edilen doğrusundan uzaklıklarının az olmasından dolayı modelin veriler ile uyumlu olduğu kabul edilmiştir.

Çizelge 4.20. Keklerin tekstürel özelliği; sertlik değerleri

Deneme Deseni	A:Ekşi hamur tozu miktarı (g)	B:Mayalanma süresi (dk)	C:Kabartma tozu miktarı (g)	Sertlik (N)	Deneme Deseni	A:Ekşi hamur tozu miktarı (g)	B:Mayalanma süresi (dk)	C:Kabartma tozu miktarı (g)	Sertlik (N)
1	11,10	193,00	0,80	2798,35	18	5,00	300,00	2,00	1433,26
2	11,10	193,00	0,80	2448,37	19	35,00	300,00	2,00	2373,57
3	28,90	193,00	0,80	2799,92	20	35,00	300,00	2,00	2174,11
4	28,90	193,00	0,80	2382,89	21	20,00	120,00	2,00	1969,17
5	11,10	407,00	0,80	1897,87	22	20,00	120,00	2,00	1933,78
6	11,10	407,00	0,80	1527,82	23	20,00	480,00	2,00	1554,11
7	28,90	407,00	0,80	2252,58	24	20,00	480,00	2,00	1527,82
8	28,90	407,00	0,80	2371,06	25	20,00	300,00	0,00	2823,42
9	11,10	193,00	3,20	1693,90	26	20,00	300,00	0,00	2498,16
10	11,10	193,00	3,20	1712,65	27	20,00	300,00	4,00	1403,92
11	28,90	193,00	3,20	2090,73	28	20,00	300,00	4,00	1512,44
12	28,90	193,00	3,20	1527,82	29	20,00	300,00	2,00	1682,38
13	11,10	407,00	3,20	1355,68	30	20,00	300,00	2,00	1753,07
14	11,10	407,00	3,20	930,97	31	20,00	300,00	2,00	1612,96
15	28,90	407,00	3,20	1570,34	32	20,00	300,00	2,00	2117,19
16	28,90	407,00	3,20	1527,82	33	20,00	300,00	2,00	1444,47
17	5,00	300,00	2,00	1465,53	34	20,00	300,00	2,00	2237,54

4.1.2.1. Sertlik

Optimizasyon için üretilen keklerin sertlik değerlerinin 930,97-2823,42 Newton aralığında değiştiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Design Expert® 11 programında değerlendirildiğinde program tarafından önerilen linear model kullanılmıştır. Sertlik için kullanılan modele ait ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.21’te verilmiştir.

Çizelge 4.21. Sertlik ANOVA testi sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri
Model	5.703E+06	3	1.901E+06	32.35	< 0.0001
A-Ekşi hamur tozu miktarı	8.901E+05	1	8.901E+05	15.15	0.0005
B-Mayalanma süresi	1.068E+06	1	1.068E+06	18.18	0.0002
C- Kabartma tozu miktarı	3.745E+06	1	3.745E+06	63.73	< 0.0001
Kalan	1.763E+06	30	58763.50		
Uyum Eksikliği	7.403E+05	11	67295.92	1.25	0.3222
Yalın Hata	1.023E+06	19	53823.68		
Düzeltilmiş Toplam	7.466E+06	33			

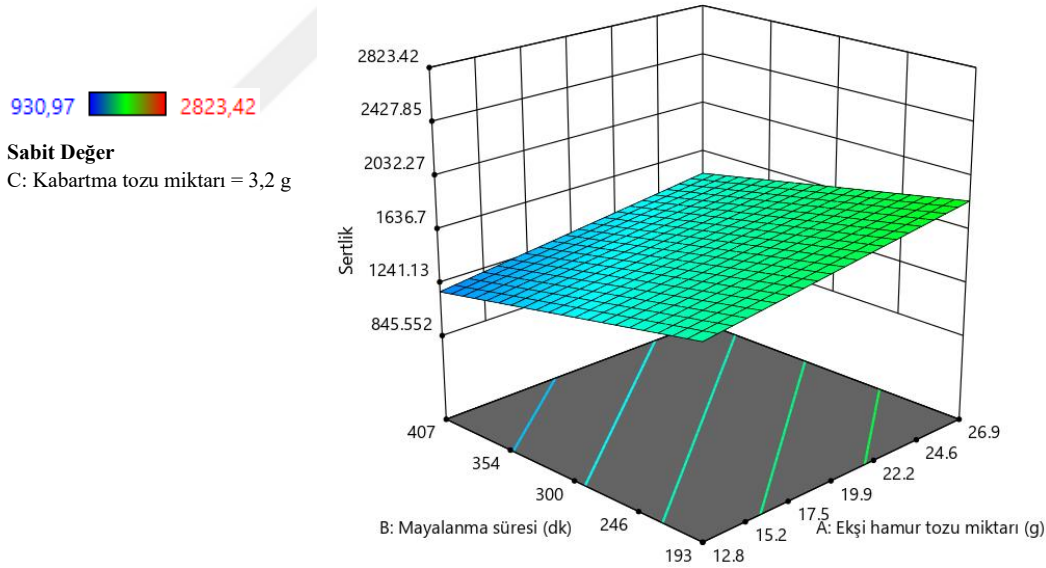
ANOVA testi sonuçları incelendiğinde oluşturulan deneysel modelin sertlik değerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Modele ait parametreler ayrı ayrı incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarı, mayalanma süresi ve kabartma tozu miktarının sertlik üzerine etkisinin önemli olduğu ($p < 0,05$) belirlenmiştir. Modelde sertlik değişkeni için R^2 değeri 0,7652 olarak hesaplanmıştır, sertlik değerine ait istatistiksel değerler Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Sertlik istatistiksel analiz sonuçları

Standart Sapma	242,41	R^2	0,7639
Ortalama	1894,28	Düzeltilmiş R^2	0,7403
Varyasyon Katsayısı (%)	12,80	Tahmin edilen R^2	0,7022
		Yeterli Hassasiyet	18,0058

Sertlik için faktör etkileri arasındaki ilişki ayrı ayrı değerlendirildiğinde ekşi hamur tozu miktarı için korelasyon değerinin 0,345, mayalanma süresi için korelasyon değerinin -0,378 ve kabartma tozu için -0,708 olduğu belirlenmiştir. Elde edilen istatistiksel sonuçlar ve Şekil 4.21, Şekil 4.22 Şekil 4.23'teki grafikler incelendiğinde ekşi hamur miktarı azalışı, mayalanma süresi ve kabartma tozu miktarındaki artışı ile sertlik değerinin düştüğü belirlenmiştir.

Kotancılar vd. (2006), fermantasyon süresinin ve ekşi hamur katkısının artması sonucu ekşi hamurda bulunan laktik asit bakterilerin sebep olduğu, asitlik artışının özellikle ekmeklerde bayatlama ölçüsü ürün içi yumuşaklık derecesinin azalmasına ve buna bağlı olarak jelatinize olmuş nişasta granülünün sertliğinin düşürmesine neden olduğunu bildirmişlerdir. Literatürde bulunan veriler ve çalışmamızda elde edilen sonuçlardaki farkın kekin ve ekmeğin yapılarındaki fark nedeniyle ortaya çıktığı söylenebilir.

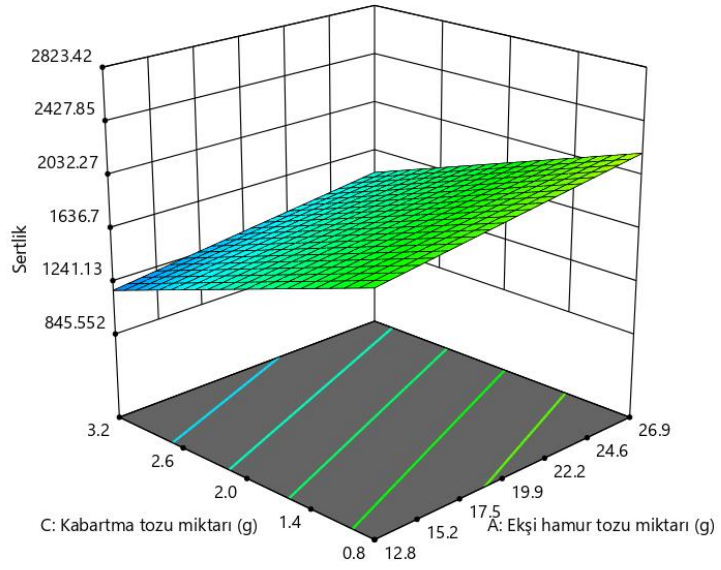


Şekil 4.21. Kabartma tozu miktarı 3,2 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak sertlik değişimi grafiği

930,97 2823,42

Sabit Değer

B: Mayalanma süresi = 407 dk

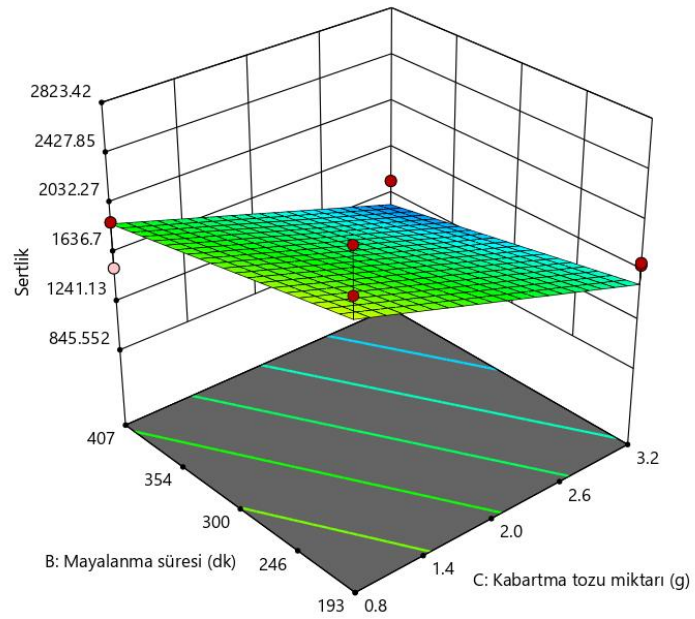


Şekil 4.22. Mayalanma süresi 407 dk değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu ve kabartma tozu miktarı faktörlerine bağlı olarak sertlik değişimi grafiği

930,97 2823,42

Sabit Değer

A: Ekşi hamur tozu miktarı = 11,1 g



Şekil 4.23. Ekşi hamur tozu miktarı 11,1 g değerinde sabitlendiğinde kabartma tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak sertlik değişimi grafiği

4.1.3. Kek duyusal özellikleri

Optimizasyon deneme desenine uygun olarak üretilen keklerin duyusal özellikleri; dış görünüş, kesit yüzeyinin gözenek yapısı, tekstür (sertlik), iç renk değeri Çizelge 4.23'te ve tat, koku, ağızda bıraktığı his, genel beğeni değeri Çizelge 4.24'de verilmiştir. Duyusal özelliklere (dış görünüş, kesit yüzeyinin gözenek yapısı, tekstür (sertlik), iç renk, tat, koku, ağızda bıraktığı his, genel beğeni değeri) ait teorik sonuçların model tarafından hesaplanan regresyon denklemi ile elde edilen deneysel sonuçlarına karşılık gelen dağılımı Ek 6'da verilmiştir. Deneyler sonucunda elde edilen değerlerin, tahmin edilen doğrusundan uzaklıklarının az olmasından dolayı modelin veriler ile uyumlu olduğu kabul edilmiştir.



Çizelge 4.23. Keklerin duysal özellikleri; dış görünüş, kesit yüzeyinin gözenek yapısı, tekstür (sertlik), iç renk değerleri

Deneme Deseni	A:Ekşi hamur tozu miktarı (g)	B:Mayalanma süresi (dk)	C:Kabartma tozu miktarı (g)	Dış Görünüş	Kesit Yüzeyinin Gözenek Yapısı	Tekstür (Sertlik)	İç Renk
1	11,10	193,00	0,80	5,9	4,8	4,5	6,1
2	11,10	193,00	0,80	5,8	5,1	5,1	6,5
3	28,90	193,00	0,80	4,1	3,6	3,6	5,2
4	28,90	193,00	0,80	5,0	6,1	5,9	6,7
5	11,10	407,00	0,80	6,4	6,0	6,4	6,7
6	11,10	407,00	0,80	5,7	6,2	6,2	6,5
7	28,90	407,00	0,80	5,7	6,4	6,1	7,0
8	28,90	407,00	0,80	4,5	5,8	5,6	6,0
9	11,10	193,00	3,20	6,5	6,3	6,0	7,0
10	11,10	193,00	3,20	7,0	6,0	6,2	7,1
11	28,90	193,00	3,20	5,8	5,9	6,2	6,2
12	28,90	193,00	3,20	5,2	6,3	5,7	5,9
13	11,10	407,00	3,20	6,7	7,2	7,6	7,3
14	11,10	407,00	3,20	6,3	6,9	6,9	7,1
15	28,90	407,00	3,20	6,0	6,7	6,0	6,8
16	28,90	407,00	3,20	5,5	5,7	6,0	6,3
17	5,00	300,00	2,00	6,9	7,1	6,4	6,9
18	5,00	300,00	2,00	7,4	7,5	6,9	7,6
19	35,00	300,00	2,00	5,4	5,3	5,2	6,0
20	35,00	300,00	2,00	5,2	6,0	5,4	6,0
21	20,00	120,00	2,00	6,1	6,7	5,7	6,5
22	20,00	120,00	2,00	5,7	7,6	6,1	7,2
23	20,00	480,00	2,00	6,4	6,2	6,4	7,3
24	20,00	480,00	2,00	6,0	6,1	6,5	7,1
25	20,00	300,00	0,00	5,1	6,4	5,3	6,6
26	20,00	300,00	0,00	6,3	6,3	5,8	6,5
27	20,00	300,00	4,00	4,5	6,2	4,8	6,1
28	20,00	300,00	4,00	4,4	7,4	5,5	6,4
29	20,00	300,00	2,00	5,7	6,1	5,4	6,4
30	20,00	300,00	2,00	5,7	5,7	5,4	6,6
31	20,00	300,00	2,00	6,5	7,0	6,2	7,0
32	20,00	300,00	2,00	5,5	5,4	5,6	5,4
33	20,00	300,00	2,00	6,6	6,3	6,1	6,7
34	20,00	300,00	2,00	5,5	5,8	5,3	6,1

Çizelge 4.24. Keklerin duyuşal özellikleri; tat, koku, ağızda bıraktığı his, genel beğeni değerleri

Deneme Deseni	A:Ekşi hamur tozu miktarı (g)	B:Mayalanma süresi (dk)	C:Kabartma tozu miktarı (g)	Tat	Koku	Ağızda Bıraktığı His	Genel Beğeni
1	11,10	193,00	0,80	5,2	6,5	5,1	5,5
2	11,10	193,00	0,80	5,8	6,8	5,6	6,1
3	28,90	193,00	0,80	3,4	4,8	3,7	3,8
4	28,90	193,00	0,80	6,7	6,9	6,5	6
5	11,10	407,00	0,80	5,8	7,1	6,3	6,5
6	11,10	407,00	0,80	6,8	6,9	6,4	6,6
7	28,90	407,00	0,80	5,9	6	5,7	5,6
8	28,90	407,00	0,80	5,7	6,2	5,0	5,6
9	11,10	193,00	3,20	6,6	7	6,9	6,7
10	11,10	193,00	3,20	7,2	6,9	6,7	6,7
11	28,90	193,00	3,20	6,2	6,2	6,2	6,5
12	28,90	193,00	3,20	5,6	6,2	5,6	5,7
13	11,10	407,00	3,20	7,2	6,8	7,0	7,1
14	11,10	407,00	3,20	6,5	6,9	6,3	7,2
15	28,90	407,00	3,20	5,3	5,7	5,3	5,8
16	28,90	407,00	3,20	5,6	6,1	5,6	5,9
17	5,00	300,00	2,00	6,7	6,6	6,5	6,9
18	5,00	300,00	2,00	7,4	7,2	7,2	7,3
19	35,00	300,00	2,00	6,1	5,9	5,8	6
20	35,00	300,00	2,00	5,6	6	5,6	5,8
21	20,00	120,00	2,00	7,1	7	6,8	7
22	20,00	120,00	2,00	7,4	7,2	6,6	6,8
23	20,00	480,00	2,00	6,7	6,3	6	6,2
24	20,00	480,00	2,00	6,7	6,4	6,2	6,4
25	20,00	300,00	0,00	5,8	6,3	5,9	6,5
26	20,00	300,00	0,00	5,9	6,8	5,9	6,1
27	20,00	300,00	4,00	5,4	6,8	5,6	6,1
28	20,00	300,00	4,00	5,7	6,0	6,0	5,7
29	20,00	300,00	2,00	6,3	6,3	6,3	6,6
30	20,00	300,00	2,00	6,2	6,4	6,4	6,2
31	20,00	300,00	2,00	6,4	6,6	6,5	6,5
32	20,00	300,00	2,00	6,1	5,8	6,2	6,1
33	20,00	300,00	2,00	6,5	6,6	6,6	6,4
34	20,00	300,00	2,00	5,7	5,7	5,4	5,8

4.1.3.1. Dış görünüş

Optimizasyon için üretilen keklerin dış görünüş değerlerinin 4,1-7,4 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Design Expert® 11 programında değerlendirildiğinde program tarafından önerilen kuadratik model kullanılmıştır. Dış görünüş için kullanılan modele ait ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.25'te verilmiştir.

Çizelge 4.25. Dış görünüş ANOVA testi sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri
Model	11,83	9	1,31	4,03	0,0030
A-Ekşi hamur tozu miktarı	7,94	1	7,94	24,34	<0.0001
B-Mayalanma süresi	0,2444	1	0,2444	0,7495	0,3952
C- Kabartma tozu miktarı	0,1053	1	0,1053	0,3228	0,5752
AB	0,1806	1	0,1806	0,5539	0,4640
AC	0,0156	1	0,0156	0,0479	0,8286
BC	0,1406	1	0,1406	0,4312	0,5176
A ²	0,2435	1	0,2435	0,7467	0,3961
B ²	0,0477	1	0,0477	0,1462	0,7056
C ²	2,07	1	2,07	6,33	0,0189
Kalan	7,83	24	0,3261		
Uyum Eksikliği	3,64	5	0,7288	3,31	0,0256
Yalın Hata	4,18	19	0,2201		
Düzeltilmiş Toplam	19,65	33			

ANOVA testi sonuçları incelendiğinde oluşturulan deneysel modelin dış görünüş etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Modele ait parametreler ayrı incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarının dış görünüş üzerine etkisinin önemli olduğu ($p<0,05$), mayalanma süresi ve kabartma tozu miktarının ise dış görünüş üzerine etkisinin önemsiz olduğu ($p>0,05$) belirlenmiştir. Yapılan test sonucunda uyum eksikliğinin önemli ($p<0,05$) çıkması nedeniyle dış görünüş optimizasyona dahil edilmemiştir.

4.1.3.2. Kesit yüzeyi gözenek yapısı

Optimizasyon için üretilen keklerin kesit yüzeyi gözenek yapısı değerlerinin 3,6-7,6 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Design Expert® 11 programında değerlendirildiğinde program tarafından önerilen linear model kullanılmıştır. Kesit yüzeyi gözenek yapısı için kullanılan modele ait ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.26'da verilmiştir.

Çizelge 4.26. Kesit yüzeyi gözenek yapısı ANOVA testi sonuçları

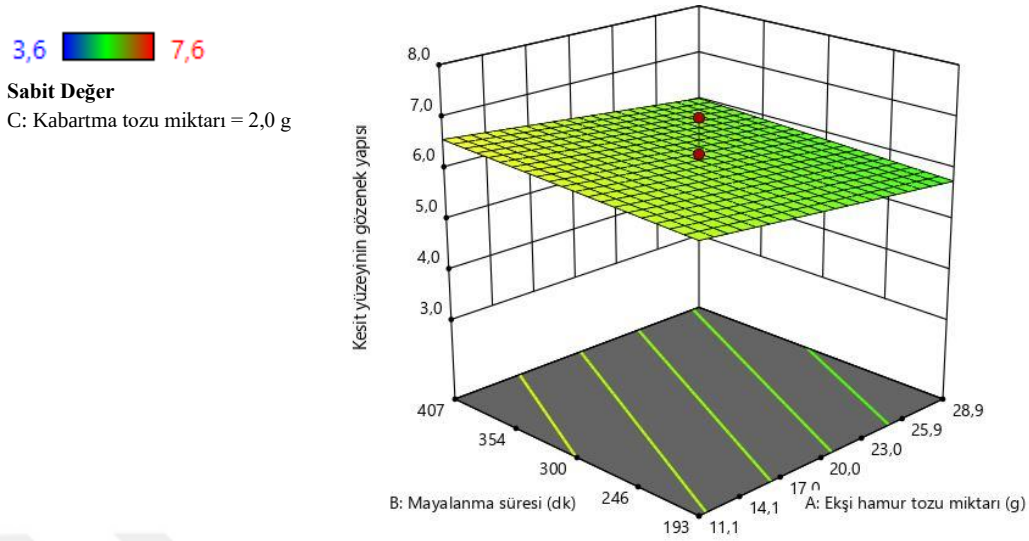
Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri
Model	5,18	3	1,73	3,26	0,0351
A-Ekşi hamur tozu miktarı	2,09	1	2,09	3,94	0,0564
B-Mayalanma süresi	0,4418	1	0,4418	0,8339	0,3684
C- Kabartma tozu miktarı	2,65	1	2,65	5,01	0,0328
Kalan	15,89	30	0,5298		
Uyum Eksikliği	8,82	11	0,8016	2,15	0,0687
Yalın Hata	7,08	19	0,3725		
Düzeltilmiş Toplam	21,08	33			

ANOVA testi sonuçları incelendiğinde oluşturulan deneysel modelin kesit yüzeyi gözenek yapısı etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Modele ait parametreler ayrı incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarının kesit yüzeyi gözenek yapısı üzerine etkisinin önemli olduğu ($p < 0,05$), mayalanma süresi ve kabartma tozu miktarının ise kesit yüzeyi gözenek yapısı üzerine etkisinin önemsiz olduğu ($p > 0,05$) belirlenmiştir. Modelde kesit yüzeyi gözenek yapısı değişkeni için R^2 değeri 0,2459 olarak hesaplanmıştır, kesit yüzeyi gözenek yapısı değerine ait istatistiksel değerler Çizelge 4.27’de verilmiştir.

Çizelge 4.27. Kesit yüzeyi gözenek yapısı istatistiksel analiz sonuçları

Standart Sapma	0,7279	R^2	0,2459
Ortalama	6,18	Düzeltilmiş R^2	0,1705
Varyasyon Katsayısı (%)	11,78	Tahmin edilen R^2	0,0108
		Yeterli Hassasiyet	5,7301

Kesit yüzeyi gözenek yapısı için faktör etkileri arasındaki ilişki ayrı ayrı değerlendirildiğinde ekşi hamur tozu miktarı için korelasyon değerinin -0,315, mayalanma süresi için korelasyon değerinin 0,145 ve kabartma tozu için 0,355 olduğu belirlenmiştir. Elde edilen istatistiksel sonuçlar ve Şekil 4.24’teki grafik incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarının azalması ile kesit yüzeyi gözenek yapısı değerinin arttığı belirlenmiştir. Bu durum ekşi hamur tozu miktarındaki değişimin kek üzerinde belirgin bir rol aldığını göstermektedir.



Şekil 4.24. Kabartma tozu miktarı 2,0 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak kesit yüzeyi gözenek yapısı değişimi grafiği

4.1.3.3. Tekstür (duyusal sertlik)

Optimizasyon için üretilen keklerin tekstür değerlerinin 3,6-7,6 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Design Expert® 11 programında değerlendirildiğinde program tarafından önerilen linear model kullanılmıştır. Tekstür için kullanılan modele ait ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.28’de verilmiştir.

Çizelge 4.28. Tekstür ANOVA testi sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri
Model	7,12	3	2,37	6,64	0,0014
A-Ekşi hamur tozu miktarı	2,55	1	2,55	7,12	0,0122
B-Mayalanma süresi	3,32	1	3,32	9,29	0,0048
C- Kabartma tozu miktarı	1,25	1	1,25	3,51	0,0708
Kalan	10,73	30	0,3577		
Uyum Eksikliği	6,02	11	0,5474	2,21	0,0624
Yalın Hata	4,71	19	0,2479		
Düzeltilmiş Toplam	17,85	33			

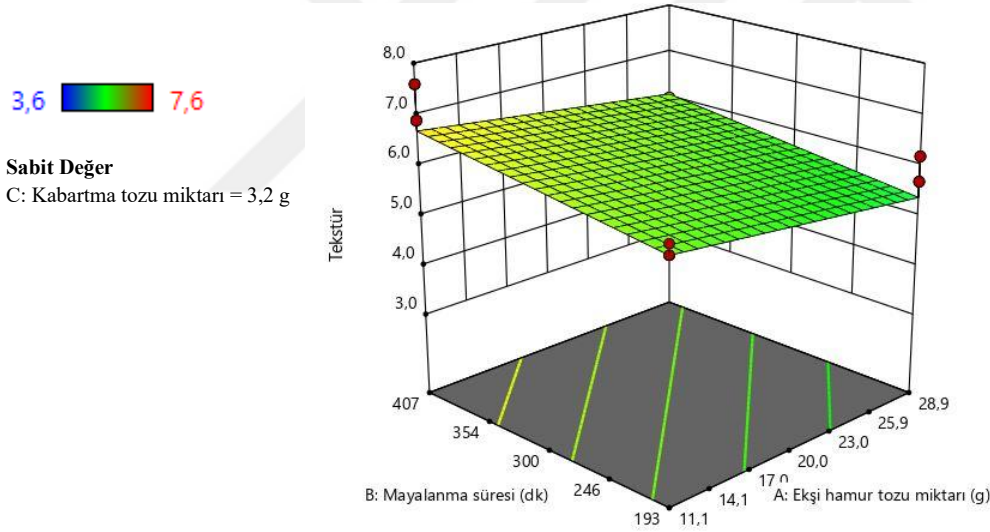
ANOVA testi sonuçları incelendiğinde oluşturulan deneysel modelin tekstür etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Modele ait parametreler ayrı incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresinin tekstür üzerine etkisinin önemli olduğu ($p < 0,05$) belirlenmiştir. Modelde tekstür değişkeni için R^2 değeri 0,3990 olarak hesaplanmıştır, tekstür değerine ait istatistiksel değerler Çizelge 4.29’da verilmiştir.

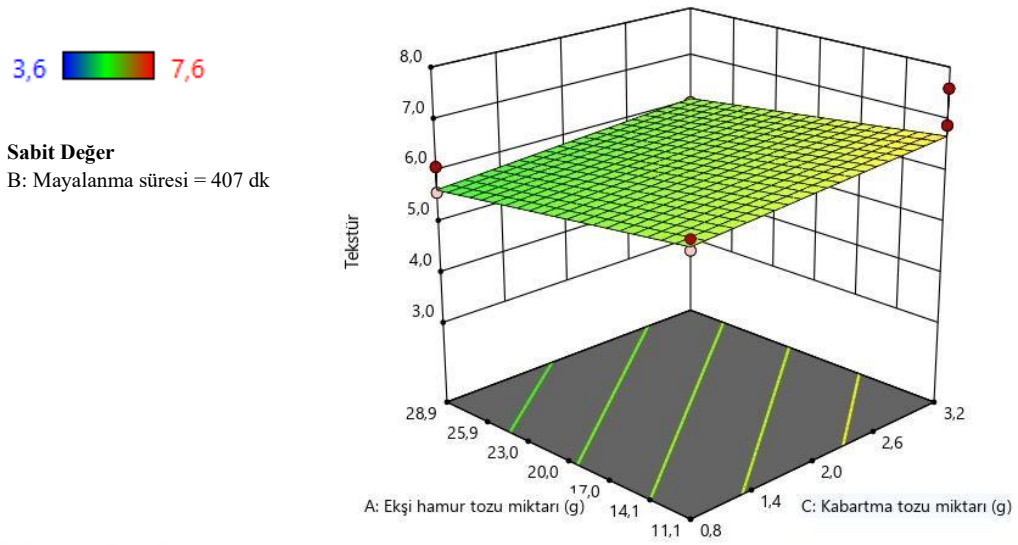
Çizelge 4.29. Tekstür istatistiksel analiz sonuçları

Standart Sapma	0,5981	R²	0,3990
Ortalama	5,82	Düzeltilmiş R²	0,3389
Varyasyon Katsayısı (%)	10,27	Tahmin edilen R²	0,2075
		Yeterli Hassasiyet	8,4668

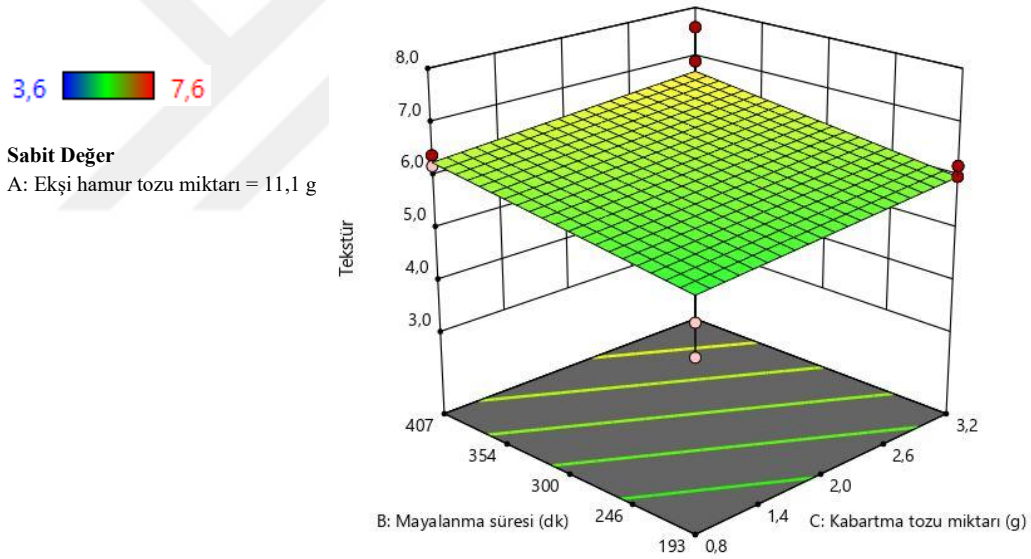
Tekstür için faktör etkileri arasındaki ilişki ayrı ayrı değerlendirildiğinde ekşi hamur tozu miktarı için korelasyon değerinin -0,378, mayalanma süresi için korelasyon değerinin 0,431 ve kabartma tozu için 0,265 olduğu belirlenmiştir. Elde edilen istatistiksel sonuçlar ve Şekil 4.25, Şekil 4.26, Şekil 4.27’deki grafikler incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarının artması, mayalanma süresi ve kabartma tozu miktarının azalması ile tekstür (sertlik) değerinin azaldığı belirlenmiştir.

Duyusal analiz testinde elde edilen tekstür (sertlik) değerleri ile keklerde TPA (Texture Profile Analysis) analizi sonucunda belirlenen sertlik değerleri karşılaştırıldığında, ekşi hamur tozunun ikame oranına bağlı olarak tekstür (sertlik) değerlerinde istatistiki açıdan belirgin şekilde değişim ($p<0.05$) göstereceği gözlemlenmiştir.

**Şekil 4.25.** Kabartma tozu miktarı 3,2 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak tekstür (sertlik) değişimi grafiği



Şekil 4.26. Mayalanma süresi 407 dk değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu ve kabartma tozu miktarı faktörlerine bağlı olarak tekstür (sertlik) değişimi grafiği



Şekil 4.27. Ekşi hamur tozu miktarı 11,1 g değerinde sabitlendiğinde kabartma tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak tekstür (sertlik) değişimi grafiği

4.1.3.4. İç renk

Optimizasyon için üretilen keklerin iç renk değerlerinin 5,2-7,6 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Design Expert® 11 programında değerlendirildiğinde program tarafından önerilen linear model kullanılmıştır. İç renk için kullanılan modele ait ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.30'da verilmiştir.

Çizelge 4.30. İç renk ANOVA testi sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri
Model	3,39	3	1,13	5,29	0,0048
A-Ekşi hamur tozu miktarı	2,59	1	2,59	12,11	0,0016
B-Mayalanma süresi	0,6561	1	0,6561	3,07	0,0899
C- Kabartma tozu miktarı	0,1451	1	0,1451	0,6794	0,4163
Kalan	6,41	30	0,2136		
Uyum Eksikliği	2,35	11	0,2134	0,9987	0,4818
Yalın Hata	4,06	19	0,2137		
Düzeltilmiş Toplam	9,80	33			

ANOVA testi sonuçları incelendiğinde oluşturulan deneysel modelin iç renk deperine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Modele ait parametreler ayrı incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarının iç renk üzerine etkisinin önemli olduğu ($p<0,05$), mayalanma süresi ve kabartma tozu miktarının ise iç renk üzerine etkisinin önemsiz olduğu ($p>0,05$) belirlenmiştir. Modelde iç renk değişkeni için R^2 değeri 0,3458 olarak hesaplanmıştır, iç renk değerine ait istatistiksel değerler Çizelge 4.31’de verilmiştir.

Çizelge 4.31. İç renk istatistiksel analiz sonuçları

Standart Sapma	0,4622	R^2	0,3458
Ortalama	6,55	Düzeltilmiş R^2	0,2804
Varyasyon Katsayısı (%)	7,05	Tahmin edilen R^2	0,1734
		Yeterli Hassasiyet	6,7570

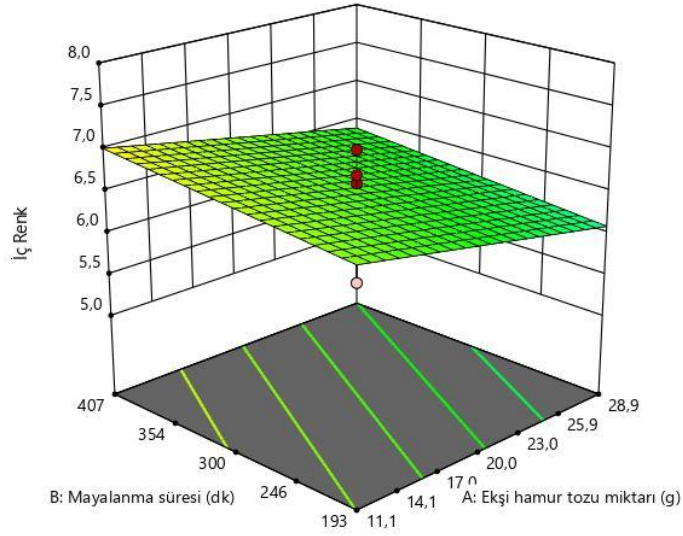
İç renk için faktör etkileri arasındaki ilişki ayrı ayrı değerlendirildiğinde ekşi hamur tozu miktarı için korelasyon değerinin -0,514, mayalanma süresi için korelasyon değerinin 0,259 ve kabartma tozu için 0,122 olduğu belirlenmiştir. Elde edilen istatistiksel sonuçlar ve Şekil 4.28’deki grafikler incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarının azalması iç renk değerinin arttığı belirlenmiştir.

Duyusal analiz testinde elde edilen iç renk değerleri ile keklerde Minolta CR-400 (Japonya) kolorimetre cihazı ile ölçülen iç renk yoğunluk değerleri (L^* , a^* , b^*) karşılaştırıldığında, ekşi hamur tozunun ikame oranına bağlı olarak iç renk L^* , a^* ve b^* değerleri arasında istatistiki açıdan belirgin şekilde değişim ($p<0,05$) olduğu gözlemlenmiştir.

5,2  7,6

Sabit Değer

C: Kabartma tozu miktarı = 2,0 g



Şekil 4.28. Kabartma tozu miktarı 2,0 g değerinde sabitlendiğinde kabartma tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak iç renk değişimi grafiği

4.1.3.5. Tat

Optimizasyon için üretilen keklerin tat değerlerinin 3,4-7,4 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Design Expert® 11 programında değerlendirildiğinde program tarafından önerilen kuadratik model kullanılmıştır. Tat için kullanılan modele ait ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.32’de verilmiştir.

Çizelge 4.32. Tat ANOVA analiz sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri
Model	9,69	9	1,08	2,47	0,0369
A-Ekşi hamur tozu miktarı	4,22	1	4,22	9,70	0,0047
B-Mayalanma süresi	0,0014	1	0,0014	0,0032	0,9556
C- Kabartma tozu miktarı	0,5543	1	0,5543	1,27	0,2702
AB	0,0506	1	0,0506	0,1164	0,7360
AC	0,5256	1	0,5256	1,21	0,2826
BC	1,05	1	1,05	2,42	0,1333
A ²	0,0003	1	0,0003	0,0006	0,9801
B ²	0,7238	1	0,7238	1,66	0,2094
C ²	1,63	1	1,63	3,74	0,0650
Kalan	10,44	24	0,4350		
Uyum Eksikliği	2,78	5	0,5560	1,38	0,2761
Yalın Hata	7,66	19	0,4032		
Düzeltilmiş Toplam	20,13	33			

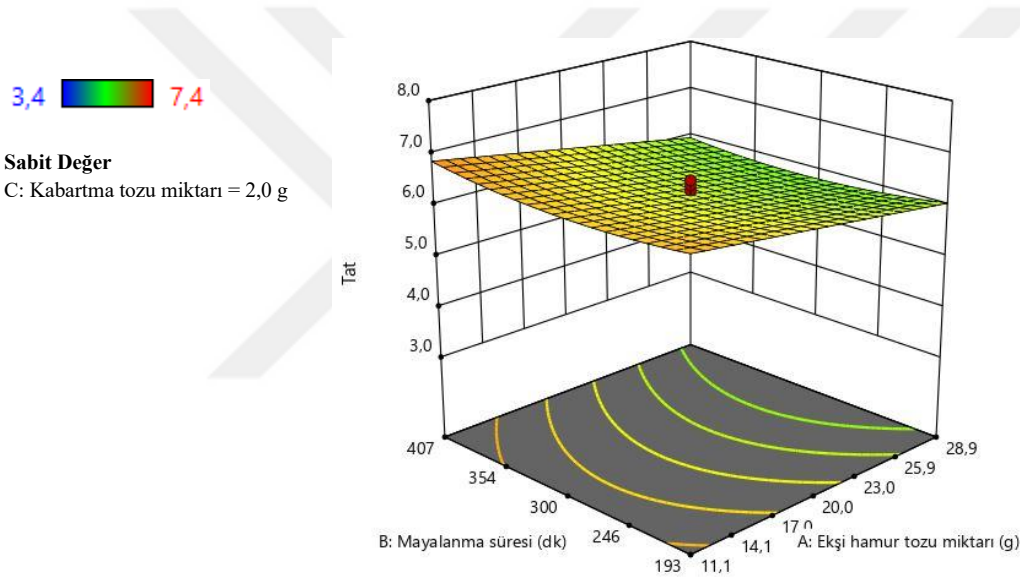
ANOVA testi sonuçları incelendiğinde oluşturulan deneysel modelin tat etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Modele ait parametreler ayrı incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarının tat üzerine etkisinin önemli olduğu ($p < 0,05$), mayalanma

süresi ve kabartma tozu miktarının ise tat üzerine etkisinin önemsiz olduğu ($p>0,05$) belirlenmiştir. Modelde tat değişkeni için R^2 değeri 0,4813 olarak hesaplanmıştır, tat değerine ait istatistiksel değerler Çizelge 4.33'te verilmiştir.

Çizelge 4.33. Tat istatistiksel analiz sonuçları

Standart Sapma	0,6596	R^2	0,4813
Ortalama	6,15	Düzeltilmiş R^2	0,2868
Varyasyon Katsayısı (%)	10,72	Tahmin edilen R^2	-0,1356
		Yeterli Hassasiyet	5,0773

Tat değerine faktörlerin etkisi, model sonucu elde edilen grafikler incelenerek değerlendirilmiştir. Şekil 4.29 incelendiğinde; ekşi hamur tozu artışı ile tat değerinde azalma olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.29. Kabartma tozu miktarı 2,0 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak tat değişimi grafiği

4.1.3.6. Koku

Optimizasyon için üretilen keklerin koku değerlerinin 4,8-7,2 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Design Expert® 11 programında değerlendirildiğinde program tarafından önerilen linear model kullanılmıştır. Koku için kullanılan modele ait ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.34'te verilmiştir.

Çizelge 4.34. Koku ANOVA analiz sonuçları

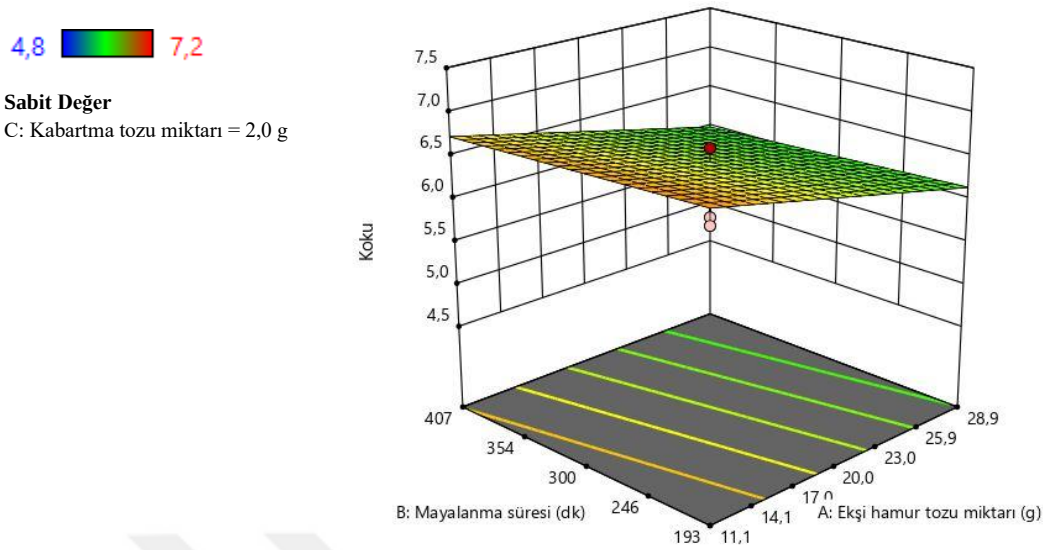
Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri
Model	3,81	3	1,27	7,26	0,0008
A-Ekşi hamur tozu miktarı	3,66	1	3,66	20,87	< 0,0001
B-Mayalanma süresi	0,1564	1	0,1564	0,8922	0,3524
C- Kabartma tozu miktarı	0,0003	1	0,0003	0,0019	0,9655
Kalan	5,26	30	0,1753		
Uyum Eksikliği	1,45	11	0,1320	0,6591	0,7582
Yalın Hata	3,81	19	0,2003		
Düzeltilmiş Toplam	9,07	33			

ANOVA testi sonuçları incelendiğinde oluşturulan deneysel modelin koku duyusal değerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Modele ait parametreler ayrı ayrı incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarının koku üzerine etkisinin önemli olduğu ($p < 0,05$), mayalanma süresi ve kabartma tozu miktarının ise koku üzerine etkisinin önemsiz olduğu ($p > 0,05$) belirlenmiştir. Modelde koku değişkeni için R^2 değeri 0,4205 olarak hesaplanmıştır, koku değerine ait istatistiksel değerler Çizelge 4.35’de verilmiştir.

Çizelge 4.35. Koku istatistiksel analiz sonuçları

Standart Sapma	0,4186	R^2	0,4205
Ortalama	6,44	Düzeltilmiş R^2	0,3625
Varyasyon Katsayısı (%)	6,50	Tahmin edilen R^2	0,2533
		Yeterli Hassasiyet	8,5723

Koku için faktör etkileri arasındaki ilişki ayrı ayrı değerlendirildiğinde ekşi hamur tozu miktarı için korelasyon değerinin -0,635, mayalanma süresi için korelasyon değerinin -0,131 ve kabartma tozu için 0,006 olduğu belirlenmiştir. Elde edilen istatistiksel sonuçlar ve Şekil 4.30’daki grafikler incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarının azalması ile koku değerinin arttığı belirlenmiştir.



Şekil 4.30. Kabartma tozu miktarı 2,0 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak koku değişimi grafiği

4.1.3.7. Ağızda bıraktığı his

Optimizasyon için üretilen keklerin ağızda bıraktığı his değerlerinin 3,7-7,2 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Design Expert® 11 programında değerlendirildiğinde program tarafından önerilen linear model kullanılmıştır. Ağızda bıraktığı his için kullanılan modele ait ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.36'da verilmiştir.

Çizelge 4.36. Ağızda bıraktığı his ANOVA analiz sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri
Model	5,01	3	1,67	4,82	0,0074
A-Ekşi hamur tozu miktarı	4,09	1	4,09	11,80	0,0018
B-Mayalanma süresi	0,0189	1	0,0189	0,0545	0,8170
C- Kabartma tozu miktarı	0,9020	1	0,9020	2,60	0,1171
Kalan	10,39	30	0,3464		
Uyum Eksikliği	4,29	11	0,3899	1,21	0,3422
Yalın Hata	6,10	19	0,3212		
Düzeltilmiş Toplam	15,40	33			

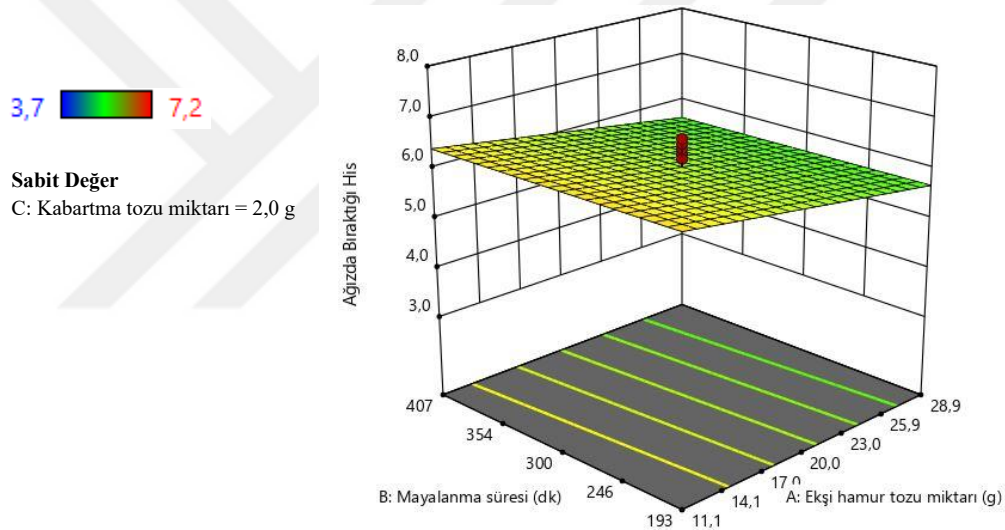
ANOVA testi sonuçları incelendiğinde oluşturulan deneysel modelin ağızda bıraktığı his etkisinin duysal değerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Modele ait parametreler ayrı incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarının ağızda bıraktığı his üzerine etkisinin önemli olduğu ($p < 0,05$), mayalanma süresi ve kabartma tozu miktarının ise ağızda bıraktığı his üzerine etkisinin önemsiz olduğu ($p > 0,05$) belirlenmiştir. Modelde ağızda bıraktığı his değişkeni için R^2 değeri 0,3253 olarak

hesaplanmıştır, ağızda bıraktığı his değerine ait istatistiksel değerler Çizelge 4.37’de verilmiştir.

Çizelge 4.37. Ağızda bıraktığı his istatistiksel analiz sonuçları

Standart Sapma	0,5886	R²	0,3253
Ortalama	6,04	Düzeltilmiş R²	0,2578
Varyasyon Katsayısı (%)	9,74	Tahmin edilen R²	0,1135
		Yeterli Hassasiyet	6,4466

Ağızda bıraktığı his için faktör etkileri arasındaki ilişki ayrı ayrı değerlendirildiğinde ekşi hamur tozu miktarı için korelasyon değerinin -0,515, mayalanma süresi için korelasyon değerinin -0,035 ve kabartma tozu için 0,242 olduğu belirlenmiştir. Elde edilen istatistiksel sonuçlar ve Şekil 4.31’deki grafikler incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarının azalması ile ağızda bıraktığı his değerinin arttığı belirlenmiştir.



Şekil 4.31. Kabartma tozu miktarı 2,0 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak ağızda bıraktığı his değişimi grafiği

4.1.3.8. Genel beğeni

Optimizasyon için üretilen keklerin genel beğeni değerlerinin 3,8-7,3 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Design Expert® 11 programında değerlendirildiğinde program tarafından önerilen linear model kullanılmıştır. Genel beğeni için kullanılan modele ait ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.38’de verilmiştir.

Çizelge 4.38. Genel beğeni ANOVA analiz sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri
Model	5,70	3	1,90	6,94	0,0011
A-Ekşi hamur tozu miktarı	4,87	1	4,87	17,81	0,0002
B-Mayalanma süresi	0,0637	1	0,0637	0,2328	0,6329
C- Kabartma tozu miktarı	0,7595	1	0,7595	2,78	0,1061
Kalan	8,21	30	0,2737		
Uyum Eksikliği	4,55	11	0,4132	2,14	0,0697
Yalın Hata	3,66	19	0,1928		
Düzeltilmiş Toplam	13,91	33			

ANOVA testi sonuçları incelendiğinde oluşturulan deneysel modelin genel beğeni etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Modele ait parametreler ayrı incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarının genel beğeni üzerine etkisinin önemli olduğu ($p < 0,05$), mayalanma süresi ve kabartma tozu miktarının ise genel beğeni üzerine etkisinin önemsiz olduğu ($p > 0,05$) belirlenmiştir. Modelde genel beğeni değişkeni için R^2 değeri 0,4096 olarak hesaplanmıştır, genel beğeni değerine ait istatistiksel değerler Çizelge 4.39’da verilmiştir.

Çizelge 4.39. Genel beğeni istatistiksel analiz sonuçları

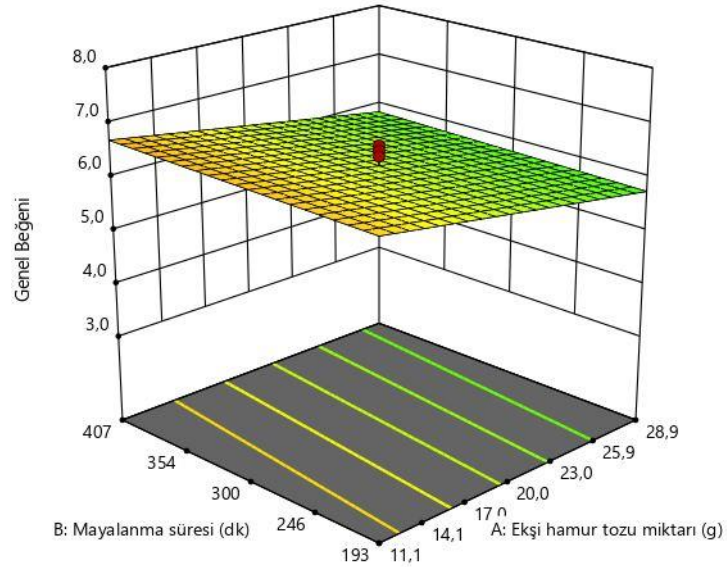
Standart Sapma	0,5231	R^2	0,4096
Ortalama	6,23	Düzeltilmiş R^2	0,3506
Varyasyon Katsayısı (%)	8,40	Tahmin edilen R^2	0,2162
		Yeterli Hassasiyet	7,9176

Genel beğeni için faktör etkileri arasındaki ilişki ayrı ayrı değerlendirildiğinde ekşi hamur tozu miktarı için korelasyon değerinin -0,592, mayalanma süresi için korelasyon değerinin 0,068 ve kabartma tozu için 0,234 olduğu belirlenmiştir. Elde edilen istatistiksel sonuçlar ve Şekil 4.32’deki grafikler incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarının azalması ile genel beğeni değerinin arttığı gözlemlenmiştir. Duyusal analiz testinde elde edilen genel beğeni değerlerinin belirlenmesinde keklerde ekşi hamur tozunun belirgin bir rol aldığı görülmektedir.

3,8  7,3

Sabit Değer

C: Kabartma tozu miktarı = 2,0 g



Şekil 4.32. Kabartma tozu miktarı 2,0 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak genel beğeni değişimi grafiği

4.1.4. Kek hamuru kimyasal özellikleri

Optimizasyon deneme desenine uygun olarak üretilen kek hamuru kimyasal özellikleri; pH, titrasyon asitliği Çizelge 4.40'ta verilmiştir. HPLC yöntemi ile belirlenen laktik asit, bütirik asit, fumarik asit, sitrik asit, etanol değerleri raporlama limit değeri altında (5 mg/kg) tespit edilmiştir. Elde edilen sakkaroz, glikoz, fruktoz, tartarik asit, malik asit değerleri Çizelge 4.41'de verilmiştir. Kek hamuru kimyasal özelliklerine (pH, titrasyon asitliği, sakkaroz, glukoz, fruktoz, tartarik asit, malik asit değerleri) ait teorik sonuçların model tarafından hesaplanan regresyon denklemi ile elde edilen deneysel sonuçlarına karşılık gelen dağılımı Ek 7'de verilmiştir. Deneyler sonucunda elde edilen değerlerin, tahmin edilen doğrusundan uzaklıklarının az olmasından dolayı modelin veriler ile uyumlu olduğu kabul edilmiştir.

Çizelge 4.40. Kek hamuru kimyasal özellikleri; pH, titrasyon asitliği değerleri

Deneme Deseni	A:Ekşi hamur tozu miktarı (g)	B:Mayalanma süresi (dk)	C:Kabartma tozu miktarı (g)	pH	Titrasyon Asitliği
1	11,10	193,00	0,80	5,86	0,06
2	11,10	193,00	0,80	5,85	0,06
3	28,90	193,00	0,80	4,87	0,07
4	28,90	193,00	0,80	5,94	0,06
5	11,10	407,00	0,80	6,53	0,04
6	11,10	407,00	0,80	6,95	0,06
7	28,90	407,00	0,80	5,92	0,05
8	28,90	407,00	0,80	6,11	0,04
9	11,10	193,00	3,20	6,55	0,04
10	11,10	193,00	3,20	6,59	0,04
11	28,90	193,00	3,20	6,22	0,05
12	28,90	193,00	3,20	6,15	0,09
13	11,10	407,00	3,20	6,73	0,06
14	11,10	407,00	3,20	6,1	0,06
15	28,90	407,00	3,20	6,34	0,09
16	28,90	407,00	3,20	5,93	0,08
17	5,00	300,00	2,00	7,01	0,04
18	5,00	300,00	2,00	6,53	0,03
19	35,00	300,00	2,00	6,08	0,09
20	35,00	300,00	2,00	5,88	0,08
21	20,00	120,00	2,00	6,56	0,04
22	20,00	120,00	2,00	6,43	0,02
23	20,00	480,00	2,00	6,32	0,06
24	20,00	480,00	2,00	6,29	0,04
25	20,00	300,00	0,00	6,06	0,03
26	20,00	300,00	0,00	5,91	0,04
27	20,00	300,00	4,00	6,62	0,07
28	20,00	300,00	4,00	6,45	0,06
29	20,00	300,00	2,00	6,14	0,06
30	20,00	300,00	2,00	6,47	0,04
31	20,00	300,00	2,00	6,66	0,04
32	20,00	300,00	2,00	6,31	0,04
33	20,00	300,00	2,00	6,37	0,04
34	20,00	300,00	2,00	5,43	0,04

Çizelge 4.41. Kek hamuru kimyasal özellikleri; sakkaroz, glukoz, fruktoz, tartarik asit, malik asit değerleri

Deneme Deseni	A:Ekşi hamur tozu miktarı (g)	B:Mayalanma süresi (dk)	C:Kabartma tozu miktarı (g)	Sakkaroz (mg/kg)	Glukoz (mg/kg)	Fruktoz (mg/kg)	Tartarik Asit (mg/kg)	Malik Asit (mg/kg)
1	11,10	193,00	0,80	19906	6592	4615	4553	3840
2	11,10	193,00	0,80	13760	7500	6360	4371	4234
3	28,90	193,00	0,80	3236	13431	11718	8547	9622
4	28,90	193,00	0,80	2583	10531	9276	6890	7760
5	11,10	407,00	0,80	13116	6070	4845	3679	3458
6	11,10	407,00	0,80	8772	7577	6678	4738	4861
7	28,90	407,00	0,80	6892	9583	8404	5410	5650
8	28,90	407,00	0,80	4257	12711	10501	7784	8297
9	11,10	193,00	3,20	15806	11097	9618	6435	6256
10	11,10	193,00	3,20	7579	5469	4715	4633	4699
11	28,90	193,00	3,20	6625	8654	7536	5627	5690
12	28,90	193,00	3,20	5614	5456	4537	4457	4629
13	11,10	407,00	3,20	8256	5869	5062	4754	4838
14	11,10	407,00	3,20	7687	8719	8081	5582	5974
15	28,90	407,00	3,20	4197	12672	11696	7066	7742
16	28,90	407,00	3,20	3128	10824	9793	6294	6946
17	5,00	300,00	2,00	15756	7282	5741	5012	4658
18	5,00	300,00	2,00	15414	596	967	2703	2041
19	35,00	300,00	2,00	3424	13886	13042	7657	8579
20	35,00	300,00	2,00	4411	13719	12756	7978	8720
21	20,00	120,00	2,00	5240	12197	10324	6986	7621
22	20,00	120,00	2,00	3915	11691	10147	6039	6788
23	20,00	480,00	2,00	9121	10780	9584	5829	6090
24	20,00	480,00	2,00	2560	13830	12982	7386	8256
25	20,00	300,00	0,00	6657	10413	8469	6490	6697
26	20,00	300,00	0,00	2457	11675	10575	6924	7709
27	20,00	300,00	4,00	12821	6413	4652	4058	3712
28	20,00	300,00	4,00	4625	12109	10304	8294	8669
29	20,00	300,00	2,00	9074	10082	7997	6233	6247
30	20,00	300,00	2,00	9512	9568	8095	5623	5623
31	20,00	300,00	2,00	3072	14934	14884	8292	9438
32	20,00	300,00	2,00	6833	11359	9760	6739	7055
33	20,00	300,00	2,00	8176	14065	12908	7528	7990
34	20,00	300,00	2,00	9699	6427	5482	5930	5887

4.1.4.1. pH

Optimizasyon için üretilen keklerin pH değerlerinin 4,87-7,01 aralığında değiştiği belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlar Design Expert® 11 programında değerlendirildiğinde program tarafından önerilen kuadratik model kullanılmıştır. pH için kullanılan modele ait ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.42’de verilmiştir.

Çizelge 4.42. pH modeli ANOVA testi sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri
Model	3,17	9	0,3518	3,22	0,0106
A-Ekşi hamur tozu miktarı	1,47	1	1,47	13,45	0,0012
B-Mayalanma süresi	0,1379	1	0,1379	1,26	0,2725
C- Kabartma tozu	0,7185	1	0,7185	6,57	0,0171
AB	0,0072	1	0,0072	0,0661	0,7993
AC	0,0650	1	0,0650	0,5947	0,4481
BC	0,7225	1	0,7225	6,61	0,0168
A ²	0,0021	1	0,0021	0,0196	0,8898
B ²	0,0078	1	0,0078	0,0713	0,7917
C ²	0,0215	1	0,0215	0,1969	0,6612
Kalan	2,62	24	0,1093		
Uyum Eksikliği	0,5734	5	0,1147	1,06	0,4116
Yalın Hata	2,05	19	0,1079		
Düzeltilmiş Toplam	5,79	33			

ANOVA testi sonuçları incelendiğinde oluşturulan deneysel modelin pH etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Modele ait parametreler ayrı incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve kabartma tozu miktarının pH üzerine etkisinin önemli olduğu ($p < 0,05$), mayalanma süresinin önemsiz olduğu ($p > 0,05$) belirlenmiştir. Modelde pH değişkeni için R^2 değeri 0,5468 olarak hesaplanmıştır, pH’sına ait istatistiksel değerler Çizelge 4.43’te verilmiştir.

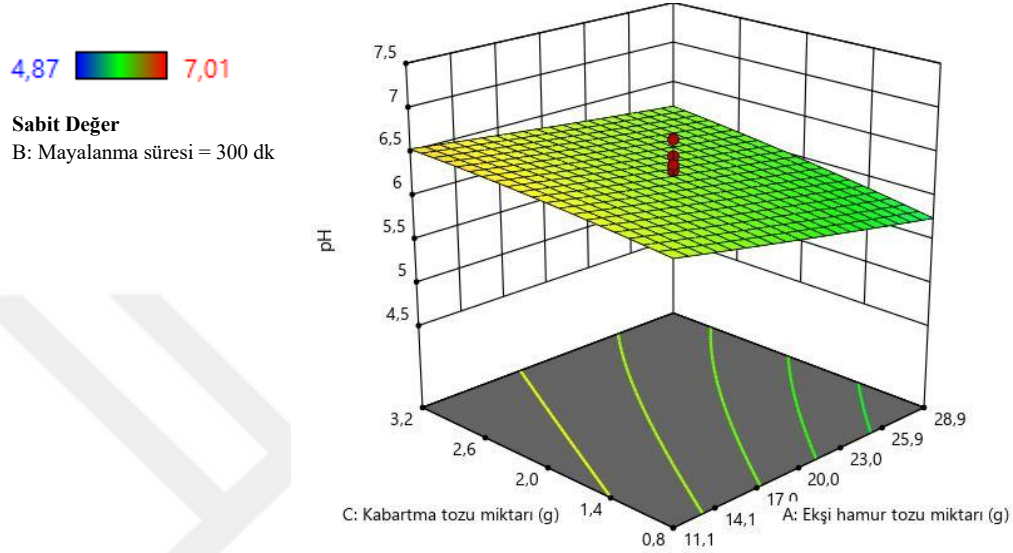
Çizelge 4.43. pH modeli istatistiksel analiz sonuçları

Standart Sapma	0,3307	R²	0,5468
Ortalama	6,24	Düzeltilmiş R²	0,3768
Varyasyon Katsayısı (%)	5,30	Tahmin edilen R²	0,1224
		Yeterli Hassasiyet	6,5293

pH değerine faktörlerin etkisi, model sonucu elde edilen grafikler incelenerek değerlendirilmiştir. Şekil 4.33 incelendiğinde kabartma tozu ve ekşi hamur tozundaki artış ile pH değerinin bu değişkenlerin miktarındaki artış ile artan oranlarda azaldığı belirtilmiştir. Ancak bu azalışın daha çok ekşi hamur tozu miktarından etkilendiği belirtilebilir.

Nişastayı oluşturan glikozidik bağları, yüksek pH değerlerinde oldukça stabil iken, düşük pH değerlerinde yani asidik ortamda kolayca hidrolize olmaktadır. Bu

durum, gıda proseslerinde asidik ortamın retrogradasyonu yavaşlatmasına neden olmaktadır (van der Maarel vd. 2002). Kotancılar vd. (2006), ekşi hamur katkısının beyaz tava ekmeğinin bayatlaması üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada ekşi hamur tozu miktarının artması sonucu ekmek içi yumuşaklığında artış, hamurda ve ekmek içi pH değerinde azalma olduğunu göstermiştir. Ekşi hamur tozunun, pH üzerine etkisinin olduğuna dair benzer sonuç keklerde de gözlemlenmiştir.



Şekil 4.33. Mayalanma süresi 300 dk değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve kabartma tozu miktarı faktörlerine bağlı olarak pH değişimi grafiği

4.1.4.2. Titrasyon asitliği

Optimizasyon için üretilen keklerin titrasyon asitliği değerlerinin 0,02-0,09 aralığında değiştiği belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlar Design Expert® 11 programında değerlendirildiğinde program tarafından önerilen kuadratik model kullanılmıştır. Titrasyon asitliği için kullanılan modele ait ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.44'te verilmiştir.

Çizelge 4.44. Titrasyon asitliği (%) modeli ANOVA testi sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri
Model	0,0077	9	0,0009	6,35	0,0001
A-Ekşi hamur tozu miktarı	0,0025	1	0,0025	18,23	0,0003
B-Mayalanma süresi	0,0002	1	0,0002	1,48	0,2352
C-Kabartma tozu miktarı	0,0015	1	0,0015	10,90	0,0030
AB	0,0000	1	0,0000	0,1845	0,6714
AC	0,0005	1	0,0005	3,74	0,0652
BC	0,0012	1	0,0012	9,04	0,0061
A ²	0,0016	1	0,0016	12,05	0,0020
B ²	0,0000	1	0,0000	0,1658	0,6875
C ²	0,0005	1	0,0005	3,42	0,0768
Kalan	0,0033	24	0,0001		
Uyum Eksikliği	0,0014	5	0,0003	2,71	0,0521
Yalın Hata	0,0019	19	0,0001		
Düzeltilmiş Toplam	0,0110	33			

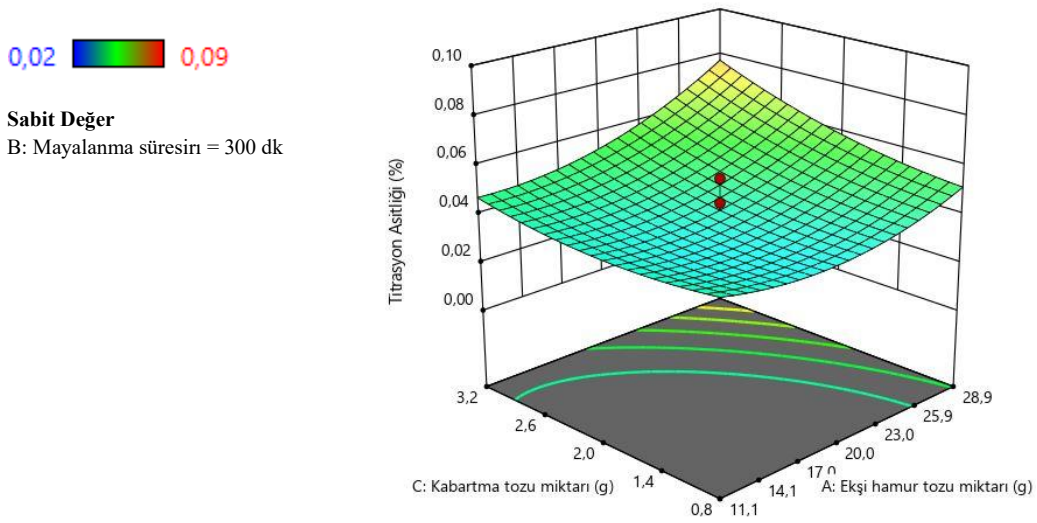
ANOVA testi sonuçları incelendiğinde oluşturulan deneysel modelin titrasyon asitliği etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Modele ait parametreler ayrı incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve kabartma tozu miktarının titrasyon asitliği üzerine etkisinin önemli olduğu ($p < 0,05$) belirlenmiştir. Modelde titrasyon asitliği değişkeni için R^2 değeri 0,7041 olarak hesaplanmıştır, titrasyon asitliğine ait istatistiksel değerler Çizelge 4.45'te verilmiştir.

Çizelge 4.45. Titrasyon asitliği (%) modeli istatistiksel analiz sonuçları

Standart Sapma	0,0116	R²	0,7041
Ortalama	0,0532	Düzeltilmiş R²	0,5932
Varyasyon Katsayısı (%)	21,87	Tahmin edilen R²	0,3712
		Yeterli Hassasiyet	8,4258

Titrasyon asitliği değerine faktörlerin etkisi, model sonucu elde edilen grafikler incelenerek değerlendirilmiştir. Şekil 4.34 incelendiğinde kabartma tozu ve ekşi hamur tozun miktarlarındaki artış ile titrasyon asitliğinde giderek artan oranlarda yükselme meydana geldiği belirtilmiştir.

Hendek Ertop (2017), aynı konsantrasyonda ekşi hamur tozu kullanılan ekmeklerin pH ve titrasyon asitliği değerleri ile kontrol ekmeği arasındaki farkın istatistiki açıdan önemli ($p < 0,05$) olduğunu ve kullanım oranına bağlı olarak ekşi hamur tozu kullanımının, kontrol ekmeğine göre pH'sını düşürmüş ve titrasyon asitliğini arttırmış olduğunu göstermiştir. Ekşi hamur tozunun, keklerde titrasyon asitliğine olan etkisine dair benzer sonuçlar gözlemlenmiştir.



Şekil 4.34. Mayalanma süresi 300 dk değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve kabartma tozu miktarı faktörlerine bağlı olarak titrasyon asitliği değişimi grafiği

4.1.4.3. Malik asit

Optimizasyon için üretilen keklerin malik asit değerlerinin 2041-9622 mg/kg aralığında değiştiği belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlar Design Expert® 11 programında değerlendirildiğinde program tarafından önerilen linear model kullanılmıştır. Malik asit için kullanılan modele ait ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.46’da verilmiştir.

Çizelge 4.46. Malik asit ANOVA testi sonuçları

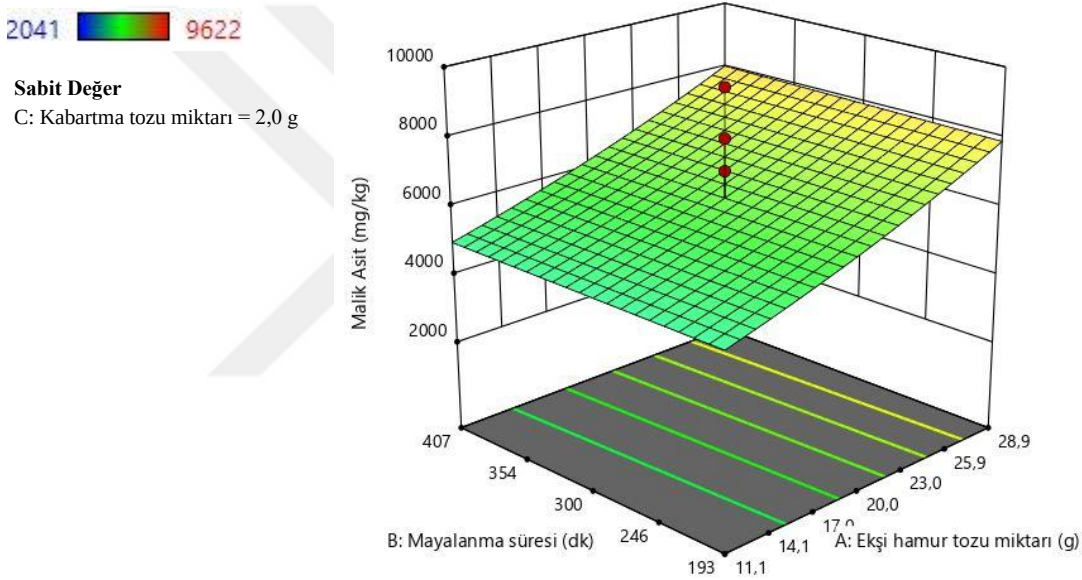
Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri
Model	1,57	3	0,5250	7,21	0,0009
A-Ekşi hamur tozu miktarı	1,56	1	1,56	21,46	< 0,0001
B-Mayalanma süresi	0,0017	1	0,0017	0,0237	0,8787
C-Kabartma tozu miktarı	0,0117	1	0,0117	0,1610	0,6911
Kalan	2,18	30	0,0728		
Uyum Eksikliği	0,9728	11	0,0884	1,39	0,2554
Yalın Hata	1,21	19	0,0637		
Düzeltilmiş Toplam	3,76	33			

ANOVA testi sonuçları incelendiğinde oluşturulan deneysel modelin malik asit değeri etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Modele ait parametreler ayrı incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarının malik asit değeri üzerine etkisinin önemli olduğu ($p < 0,05$) belirlenmiştir. Mayalanma süresi ve kabartma tozu miktarının ise malik asit değeri üzerine etkisinin önemsiz olduğu ($p > 0,05$) belirlenmiştir. Modelde malik asit değişkeni için R^2 değeri 0,4191 olarak hesaplanmıştır, sakkaroz değerine ait istatistiksel değerler Çizelge 4.47’de verilmiştir.

Çizelge 4.47. Malik asit modeli istatistiksel analiz sonuçları

Standart Sapma	0,2698	R²	0,4191
Ortalama	8,71	Düzeltilmiş R²	0,3610
Varyasyon Katsayısı (%)	3,10	Tahmin edilen R²	0,2448
		Yeterli Hassasiyet	8,6921

Malik asit için faktör etkileri arasındaki ilişki ayrı ayrı değerlendirildiğinde ekşi hamur tozu miktarı için korelasyon değerinin 0,644, mayalanma süresi için korelasyon değerinin 0,017 ve kabartma tozu için -0,078 olduğu belirlenmiştir. Elde edilen istatistiksel sonuçlar ve Şekil 4.35'teki grafikler incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi miktarı azalması ile malik asit değerinin azaldığı gözlemlenmiştir.

**Şekil 4.35.** Kabartma tozu miktarı 2,0 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak malik asit değişimi grafiği

4.1.4.4. Tartarik asit

Optimizasyon için üretilen keklerin tartarik asit değerlerinin 2703-8547 mg/kg aralığında değiştiği belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlar Design Expert® 11 programında değerlendirildiğinde program tarafından önerilen linear model kullanılmıştır. Tartarik asit için kullanılan modele ait ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.48'de verilmiştir.

Çizelge 4.48. Tartarik asit ANOVA testi sonuçları

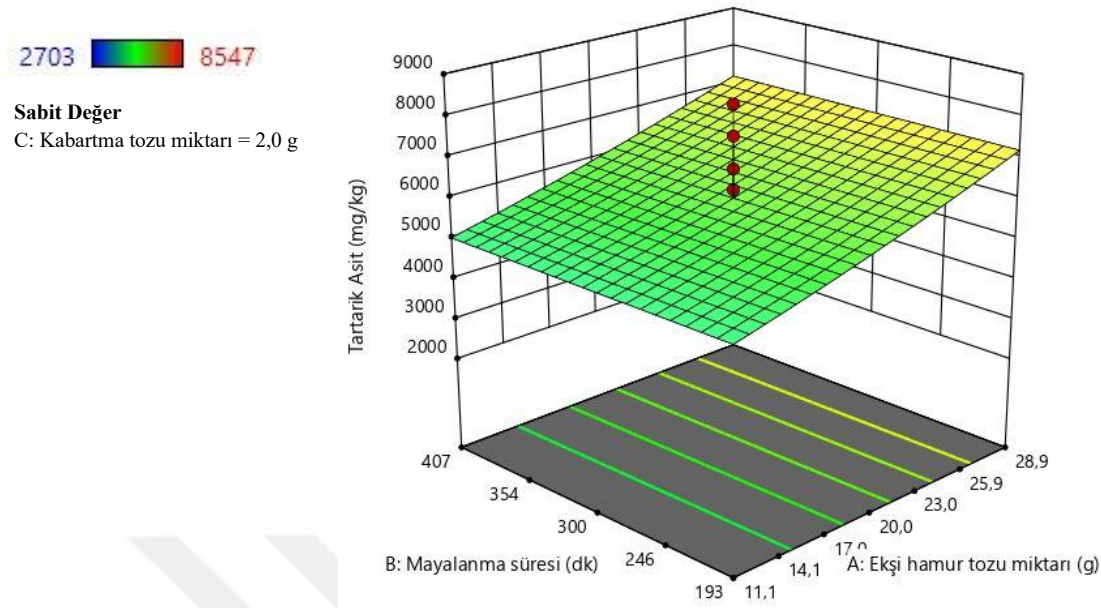
Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri
Model	0,8668	3	0,2889	6,17	0,0021
A-Ekşi hamur tozu miktarı	0,8590	1	0,8590	18,35	0,0002
B-Mayalanma süresi	0,0000	1	0,0000	0,0004	0,9841
C-Kabartma tozu miktarı	0,0078	1	0,0078	0,1662	0,6864
Kalan	1,40	30	0,0468		
Uyum Eksikliği	0,5840	11	0,0531	1,23	0,3336
Yalın Hata	0,8206	19	0,0432		
Düzeltilmiş Toplam	2,27	33			

ANOVA testi sonuçları incelendiğinde oluşturulan deneysel modelin tartarik asit değeri etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Modele ait parametreler ayrı incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarının tartarik asit değeri üzerine etkisinin önemli olduğu ($p<0,05$) belirlenmiştir. Mayalanma süresi ve kabartma tozu miktarının ise tartarik asit değeri üzerine etkisinin önemsiz olduğu ($p>0,05$) belirlenmiştir. Modelde tartarik asit değişkeni için R^2 değeri 0,3816 olarak hesaplanmıştır, sakkaroz değerine ait istatistiksel değerler Çizelge 4.49’da verilmiştir.

Çizelge 4.49. Tartarik asit modeli istatistiksel analiz sonuçları

Standart Sapma	0,2164	R^2	0,3816
Ortalama	8,68	Düzeltilmiş R^2	0,3198
Varyasyon Katsayısı (%)	2,49	Tahmin edilen R^2	0,1961
		Yeterli Hassasiyet	8,0368

Tartarik asit için faktör etkileri arasındaki ilişki ayrı ayrı değerlendirildiğinde ekşi hamur tozu miktarı için korelasyon değerinin 0,610, mayalanma süresi için korelasyon değerinin 0,003 ve kabartma tozu için -0,067 olduğu belirlenmiştir. Elde edilen istatistiksel sonuçlar ve Şekil 4.36’daki grafikler incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi miktarı azalması ile tartarik asit değerinin azaldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.36. Kabartma tozu miktarı 2,0 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak tartarik asit değişimi grafiği

4.1.4.5. Serbest şeker miktarı

Sakkaroz

Optimizasyon için üretilen keklerin sakkaroz değerlerinin 2457-19906 mg/kg aralığında değiştiği belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlar Design Expert® 11 programında değerlendirildiğinde program tarafından önerilen linear model kullanılmıştır. Sakkaroz için kullanılan modele ait ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.50’de verilmiştir.

Çizelge 4.50. Sakkaroz ANOVA testi sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri
Model	5,63	3	1,88	9,61	0,0001
A-Ekşi hamur tozu miktarı	5,51	1	5,51	28,22	< 0,0001
B-Mayalanma süresi	0,0420	1	0,0420	0,2148	0,6464
C-Kabartma tozu miktarı	0,0752	1	0,0752	0,3847	0,5398
Kalan	5,86	30	0,1954		
Uyum Eksikliği	2,38	11	0,2163	1,18	0,3618
Yalın Hata	3,48	19	0,1833		
Düzeltilmiş Toplam	11,49	33			

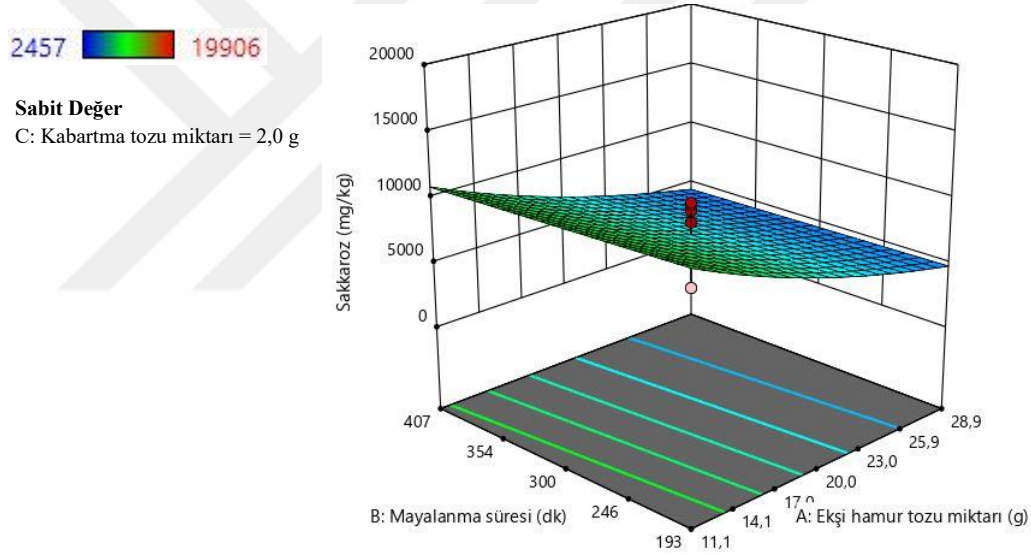
ANOVA testi sonuçları incelendiğinde oluşturulan deneysel modelin sakkaroz değeri etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Modele ait parametreler ayrı incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarının sakkaroz değeri üzerine etkisinin önemli olduğu ($p < 0,05$) belirlenmiştir. Mayalanma süresi ve kabartma tozu miktarının ise sakkaroz değeri üzerine etkisinin önemsiz olduğu ($p > 0,05$) belirlenmiştir. Modelde

sakkaroz değişkeni için R^2 değeri 0,4900 olarak hesaplanmıştır, sakkaroz değerine ait istatistiksel değerler Çizelge 4.51’de verilmiştir.

Çizelge 4.51. Sakkaroz modeli istatistiksel analiz sonuçları

Standart Sapma	0,4420	R^2	0,4900
Ortalama	8,79	Düzeltilmiş R^2	0,4390
Varyasyon Katsayısı (%)	5,03	Tahmin edilen R^2	0,3420
		Yeterli Hassasiyet	9,9683

Sakkaroz için faktör etkileri arasındaki ilişki ayrı ayrı değerlendirildiğinde ekşi hamur tozu miktarı için korelasyon değerinin -0,717, mayalanma süresi için korelasyon değerinin -0,107 ve kabartma tozu için 0,003 olduğu belirlenmiştir. Elde edilen istatistiksel sonuçlar ve Şekil 4.37’deki grafikler incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi miktarı azalması ile sakkaroz değerinin arttığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.37. Kabartma tozu miktarı 2,0 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak sakkaroz değişimi grafiği

Glikoz

Optimizasyon için üretilen keklerin glikoz değerlerinin 596-14934 mg/kg aralığında değiştiği belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlar Design Expert® 11 programında değerlendirildiğinde program tarafından önerilen linear model kullanılmıştır. Glikoz için kullanılan modele ait ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.52’de verilmiştir.

Çizelge 4.52. Glikoz ANOVA testi sonuçları

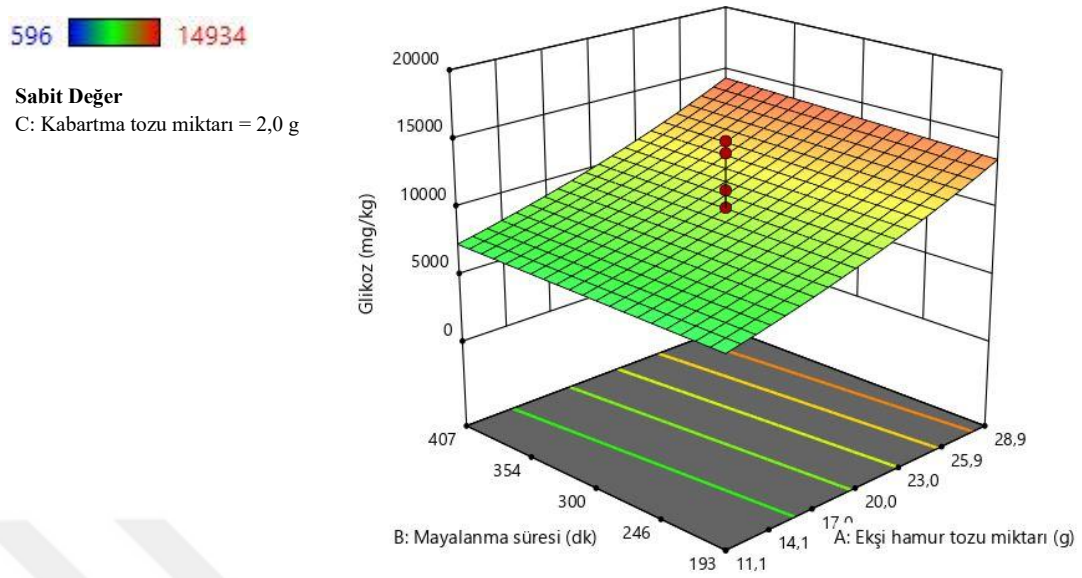
Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri
Model	3,14	3	1,05	4,22	0,0133
A-Ekşi hamur tozu miktarı	3,05	1	3,05	12,27	0,0015
B-Mayalanma süresi	0,0205	1	0,0205	0,0827	0,7756
C-Kabartma tozu miktarı	0,0739	1	0,0739	0,2976	0,5894
Kalan	7,45	30	0,2483		
Uyum Eksikliği	3,06	11	0,2782	1,20	0,3474
Yalın Hata	4,39	19	0,2310		
Düzeltilmiş Toplam	10,59	33			

ANOVA testi sonuçları incelendiğinde oluşturulan deneysel modelin glikoz değeri etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Modele ait parametreler ayrı incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarının glikoz değeri üzerine etkisinin önemli olduğu ($p < 0,05$) belirlenmiştir. Mayalanma süresi ve kabartma tozu miktarının ise glikoz değeri üzerine etkisinin önemsiz olduğu ($p > 0,05$) belirlenmiştir. Modelde glikoz değişkeni için R^2 değeri 0,2965 olarak hesaplanmıştır, glikoz değerine ait istatistiksel değerler Çizelge 4.53'te verilmiştir.

Çizelge 4.53. Glikoz modeli istatistiksel analiz sonuçları

Standart Sapma	0,4983	R^2	0,2965
Ortalama	9,09	Düzeltilmiş R^2	0,2262
Varyasyon Katsayısı (%)	5,48	Tahmin edilen R^2	0,0785
		Yeterli Hassasiyet	6,5714

Glikoz için faktör etkileri arasındaki ilişki ayrı ayrı değerlendirildiğinde ekşi hamur tozu miktarı için korelasyon değerinin 0,593, mayalanma süresi için korelasyon değerinin 0,066 ve kabartma tozu için -0,115 olduğu belirlenmiştir. Elde edilen istatistiksel sonuçlar ve Şekil 4.38'deki grafikler incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi miktarı azalması ile glikoz değerinin azaldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.38. Kabartma tozu miktarı 2,0 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak glikoz değişimi grafiği

Fruktoz

Optimizasyon için üretilen keklerin fruktoz değerlerinin 967-14884 mg/kg aralığında değiştiği belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlar Design Expert® 11 programında değerlendirildiğinde program tarafından önerilen linear model kullanılmıştır. Fruktoz için kullanılan modele ait ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.54’de verilmiştir.

Çizelge 4.54. Fruktoz ANOVA testi sonuçları

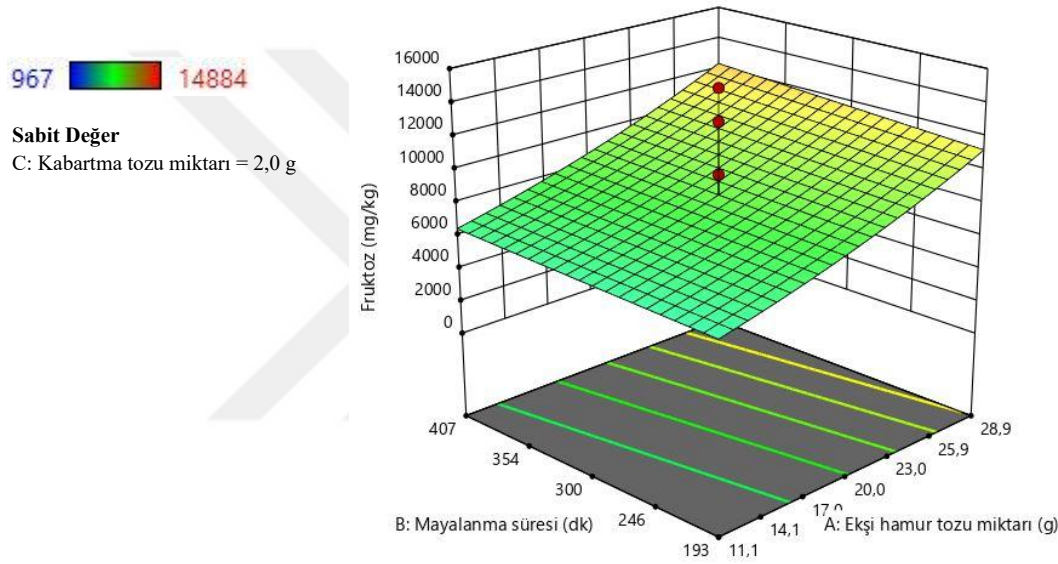
Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri
Model	2,94	3	0,9804	5,24	0,0050
A-Ekşi hamur tozu miktarı	2,82	1	2,82	15,08	0,0005
B-Mayalanma süresi	0,0604	1	0,0604	0,3227	0,5742
C-Kabartma tozu miktarı	0,0598	1	0,0598	0,3194	0,5762
Kalan	5,61	30	0,1871		
Uyum Eksikliği	2,32	11	0,2113	1,22	0,3385
Yalın Hata	3,29	19	0,1731		
Düzeltilmiş Toplam	8,55	33			

ANOVA testi sonuçları incelendiğinde oluşturulan deneysel modelin fruktoz değeri etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Modele ait parametreler ayrı incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarının fruktoz değeri üzerine etkisinin önemli olduğu ($p < 0,05$) belirlenmiştir. Mayalanma süresi ve kabartma tozu miktarının ise glikoz değeri üzerine etkisinin önemsiz olduğu ($p > 0,05$) belirlenmiştir. Modelde fruktoz değişkeni için R^2 değeri 0,3439 olarak hesaplanmıştır, fruktoz değerine ait istatistiksel değerler Çizelge 4.55’de verilmiştir.

Çizelge 4.55. Fruktoz modeli istatistiksel analiz sonuçları

Standart Sapma	0,4325	R^2	0,3439
Ortalama	8,96	Düzeltilmiş R^2	0,2782
Varyasyon Katsayısı (%)	4,83	Tahmin edilen R^2	0,1503
		Yeterli Hassasiyet	7,2864

Fruktoz için faktör etkileri arasındaki ilişki ayrı ayrı değerlendirildiğinde ekşi hamur tozu miktarı için korelasyon değerinin 0,584, mayalanma süresi için korelasyon değerinin 0,107 ve kabartma tozu için -0,087 olduğu belirlenmiştir. Elde edilen istatistiksel sonuçlar ve Şekil 4.39'daki grafikler incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi miktarı azalması ile fruktoz değerinin azaldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.39. Kabartma tozu miktarı 2,0 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak fruktoz değişimi grafiği

4.1.5. Kek hamuru mikrobiyolojik özellikleri

Optimizasyon deneme desenine uygun olarak üretilen keklerin mikrobiyolojik özellikleri; toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı ve laktik asit bakteri sayımı Çizelge 4.56'da verilmiştir. Mikrobiyolojik özelliklere (toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı ve laktik asit bakteri sayımı) ait teorik sonuçların model tarafından hesaplanan regresyon denklemi ile elde edilen deneysel sonuçlarına karşılık gelen dağılımı Ek 8'de verilmiştir. Deneyler sonucunda elde edilen değerlerin, tahmin edilen doğrusundan uzaklıklarının az olmasından dolayı modelin veriler ile uyumlu olduğu kabul edilmiştir.

Çizelge 4.56. Kek hamuru mikrobiyolojik özellikleri; TMAB (log kob/g), LAB log kob/g)

Deneme Deseni	A:Ekşi hamur tozu miktarı (g)	B:Mayalanma süresi (dk)	C:Kabartma tozu miktarı (g)	TMAB (log kob/g)	LAB (log kob/g)
1	11,10	193,00	0,80	7,28	7,19
2	11,10	193,00	0,80	7,43	7,04
3	28,90	193,00	0,80	7,30	7,23
4	28,90	193,00	0,80	7,37	7,06
5	11,10	407,00	0,80	7,35	7,45
6	11,10	407,00	0,80	7,31	7,25
7	28,90	407,00	0,80	7,48	7,20
8	28,90	407,00	0,80	7,48	7,26
9	11,10	193,00	3,20	7,48	7,32
10	11,10	193,00	3,20	7,48	7,16
11	28,90	193,00	3,20	7,48	7,48
12	28,90	193,00	3,20	7,41	7,34
13	11,10	407,00	3,20	7,29	6,69
14	11,10	407,00	3,20	7,12	6,56
15	28,90	407,00	3,20	7,36	7,27
16	28,90	407,00	3,20	7,18	7,20
17	5,00	300,00	2,00	7,14	6,96
18	5,00	300,00	2,00	7,10	7,00
19	35,00	300,00	2,00	7,47	7,26
20	35,00	300,00	2,00	7,39	7,18
21	20,00	120,00	2,00	7,18	7,24
22	20,00	120,00	2,00	7,36	7,35
23	20,00	480,00	2,00	7,35	7,00
24	20,00	480,00	2,00	7,25	7,10
25	20,00	300,00	0,00	7,46	7,31
26	20,00	300,00	0,00	7,36	7,47
27	20,00	300,00	4,00	7,38	7,40
28	20,00	300,00	4,00	7,28	7,32
29	20,00	300,00	2,00	7,18	7,30
30	20,00	300,00	2,00	7,37	7,40
31	20,00	300,00	2,00	7,47	7,48
32	20,00	300,00	2,00	7,15	7,46
33	20,00	300,00	2,00	7,48	7,48
34	20,00	300,00	2,00	7,26	7,18

4.1.5.1. Toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı (TMAB)

Optimizasyon için üretilen keklerin toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı 7,10-7,48 log kob/g aralığında değiştiği belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlar Design Expert® 11 programında değerlendirildiğinde program tarafından önerilen kuadratik model kullanılmıştır. Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı için kullanılan modele ait ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.57’de verilmiştir.

Çizelge 4.57. Toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı (TMAB) ANOVA testi sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri
Model	0,2136	9	0,0237	2,22	0,0574
A-Ekşi hamur tozu miktarı	0,0698	1	0,0698	6,53	0,0173
B-Mayalanma süresi	0,011	1	0,011	1,03	0,3201
C- Kabartma tozu	0,0079	1	0,0079	0,7381	0,3988
AB	0,0179	1	0,0179	1,67	0,2084
AC	0,0018	1	0,0018	0,1699	0,6839
BC	0,0803	1	0,0803	7,51	0,0114
A ²	0,0001	1	0,0001	0,01	0,9211
B ²	9,64E-07	1	9,64E-07	0,0001	0,9925
C ²	0,0208	1	0,0208	1,95	0,1753
Kalan	0,2564	24	0,0107		
Uyum Eksikliği	0,0714	5	0,0143	1,47	0,2471
Yalın Hata	0,1851	19	0,0097		
Düzeltilmiş Toplam	0,47	33			

ANOVA testi sonuçları incelendiğinde oluşturulan deneysel modelin toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı üzerine etkisinin önemli olmadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle ekşi hamur tozu eklenmesi ve mayalanma esnasında ekşi hamur tozu içeriğinde bulunan mikroorganizma faaliyetlerinin toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı üzerine önemli bir etkisi olmadığı belirtilebilir.

4.1.5.2. Laktik asit bakteri sayısı (LAB)

Optimizasyon için üretilen keklerin laktik asit bakteri sayımı 6,56-7,48 log kob/g aralığında değiştiği belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlar Design Expert® 11 programında değerlendirildiğinde program tarafından önerilen kuadratik model kullanılmıştır. Laktik asit bakteri sayımı için kullanılan modele ait ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.58’de verilmiştir.

Çizelge 4.58. Laktik asit bakteri sayımı (LAB) ANOVA testi sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri
Model	1,19	9	0,1322	10,92	< 0.0001
A-Ekşi hamur tozu miktarı	0,1739	1	0,1739	14,38	0,0009
B-Mayalanma süresi	0,1133	1	0,1133	9,36	0,0054
C- Kabartma tozu	0,0223	1	0,0223	1,84	0,1875
AB	0,0228	1	0,0228	1,88	0,1826
AC	0,1871	1	0,1871	15,47	0,0006
BC	0,3092	1	0,3092	25,56	< 0.0001
A ²	0,2683	1	0,2683	22,18	< 0.0001
B ²	0,1547	1	0,1547	12,79	0,0015
C ²	0,0024	1	0,0024	0,1956	0,6622
Kalan	0,2903	24	0,0121		
Uyum Eksikliği	0,1069	5	0,0214	2,21	0,0954
Yalın Hata	0,1834	19	0,0097		
Düzeltilmiş Toplam	1,48	33			

ANOVA testi sonuçları incelendiğinde oluşturulan deneysel modelin laktik asit bakteri sayımı etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Modele ait parametreler ayrı incelendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresinin laktik asit bakteri sayımı üzerine etkisinin önemli olduğu ($p < 0,05$) belirlenmiştir. Modelde laktik asit bakteri sayımı değişkeni için R^2 değeri 0,8038 olarak hesaplanmıştır. Laktik asit bakteri sayımına ait istatistiksel değerler Çizelge 4.59’da verilmiştir.

Çizelge 4.59. Laktik asit bakteri sayımı (LAB) modeli istatistiksel analiz sonuçları

Standart Sapma	0,1100	R²	0,8038
Ortalama	7,22	Düzeltilmiş R²	0,7302
Varyasyon Katsayısı (%)	1,52	Tahmin edilen R²	0,6011
		Yeterli Hassasiyet	13,1216

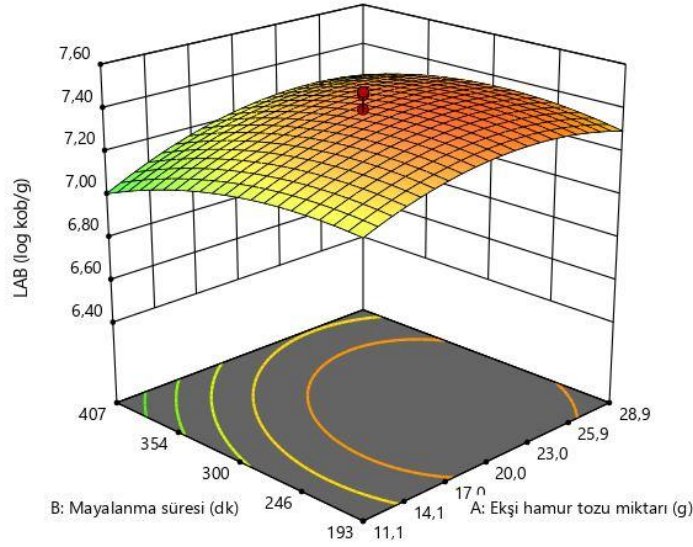
LAB değerine faktörlerin etkisi, model sonucu elde edilen grafikler incelenerek değerlendirilmiştir. Şekil 4.40 incelendiğinde; ekşi hamur tozu miktarındaki artışa göre zamanla artan bir artış gösterdiği belirlenmiştir. Ancak mayalanma süresinin artmasıyla ilk aşamalarda artış göslendiği ancak 354. dk sonrasında azalma gösterdiği belirtilmiştir.

Vernocchi vd. (2004) tarafından yapılan araştırmada, İtalyan ekmeği olan Ferrara ekmeğinin üretiminde kullanılan ekşi hamur mayasında LAB sayısının ise 7,6 log kob/g olduğunu tespit etmişlerdir. Keklerde ise ekşi hamur tozu kullanımı ile elde edilen LAB sayısının 6,56-7,48 log kob/g aralığında değişim gösterdiği gözlemlenmiştir.

6,56 7,48

Sabit Değer

C: Kabartma tozu miktarı = 2,0 g



Şekil 4.40. Kabartma tozu miktarı 2,0 g değerinde sabitlendiğinde ekşi hamur tozu miktarı ve mayalanma süresi faktörlerine bağlı olarak LAB değişimi grafiği

4.1.6. Keklerde mayalanma süresi, ekşi hamur tozu ve kabartma tozu miktarı optimum formülasyon belirlenmesi

Modelin kek kalite özellikleri üzerine önemli derecede etkili ve modele uyumlu olduğu belirlenen değişkenler için hedefler belirlenerek optimum formülasyon belirlenmiştir. Optimizasyon için dikkate alınan değişkenlere ait model katsayıları ve önem dereceleri (p-değeri) EK 9’da verilmiştir. Çalışmada genel beğenin optimizasyon üzerine etkinlik derecesi daha yüksek seçilerek değişkenler içerisinde beğeni değişkeninin ön plana alınması hedeflenmiştir. Optimum kek formülü belirlenmesi için kullanılan değişkenler, belirlenen modelin önem derecesi ve bunlar için belirlenen hedefler Çizelge 4.60’da verilmiştir. Çizelge 4.60’da belirtilen değişken hedefleri Design Expert® 11 programı kullanılarak optimizasyon için belirlenen hedefler dikkate alınarak yapılan değerlendirme sonucunda program tarafından 53 çözüm sunulmuş ve çözümler arasından en yüksek istenilebilirlik oranına sahip kek formülasyonu optimum formülasyon olarak belirlenmiştir. Belirlenen çözüm önerileri ve bu formülasyonlar için tahmin edilen değerler EK 10’da verilmiştir.

Çizelge 4.60. Optimum kek formülü belirlenmesi için kullanılan değişkenler, model önem dereceleri ve belirlenen hedefler

Değişken	Önem Derecesi (p)	Uyum eksikliği	Hedef	Alt Limit	Üst Limit	Etkinlik (önem) derecesi
A:Ekşi hamur tozu miktarı	-	-	Çalışma aralığında	11	28	3
B:Mayalanma süresi	-	-	Minimum değer	192	407	3
C:Kabartma tozu miktarı	-	-	Çalışma aralığında	0	3	3
Spesifik Hacim	< 0,0001	0,6861	Maksimum değer	1	2	3
Hacim İndeksi	< 0,0001	0,4894	Maksimum değer	8	10	3
Su aktivitesi	0,0631	-	Yok	0	0	3
Sertlik	< 0,0001	0,3222	Minimum değer	930	2.823	3
Dış Görünüş	0,0030	0,0256	Yok	4	7	3
Kesit yüzeyinin gözenek yapısı	0,0351	0,0687	Maksimum değer	3	7	3
Tekstür (sertlik)	0,0014	0,0624	Maksimum değer	3	7	3
İç Renk	0,0048	0,4818	Maksimum değer	5	7	3
Tat	0,0369	0,2761	Maksimum değer	3	7	3
Koku	0,0008	0,7582	Maksimum değer	4	7	3
Ağızda Bıraktığı His	0,0074	0,3422	Maksimum değer	3	7	3
Genel Beğeni	0,0011	0,0697	Maksimum değer	3	7	4

Elde edilen modelin doğrulanması amacıyla belirlenen optimum formülasyona sahip kekler üretilmiş ve özellikleri incelenmiştir. Design Expert® 11 programı kullanılarak istatistiksel modelin %95 seviyesinde tahmin edilen aralıklar içinde olup olmadığı değerlendirilmiştir. Çizelge 4.61’de doğrulama için üretilen keklerin gözlemlenen değerleri ve bu değerlerin hangi aralıklarda olması gerektiği verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde gözlemlenen sonuçların tahmin edilen aralıklar içerisinde olduğu görülmektedir ve bu nedenle çalışma sonucunda oluşturulan modelin %95 önem seviyesinde kabul edilebilir olduğu belirtilebilir.

Çizelge 4.61. Modelin doğrulanma sonuçları

	Tahmin edilen ortalama	Tahmin edilen ortanca	S.S	n	S.H. Tahmin edilen	95% ö.d. alt limit	Gözlemlenen Sonuç	95% ö.d. üst limit
Spesifik Hacim	1,96	1,96	0,38	2	0,30	1,34	2,56	2,57
Hacim İndeksi	9,76	9,76	0,40	2	0,32	9,10	10,10	10,42
Su aktivitesi	0,71	0,71	0,02	2	0,02	0,68	0,73	0,75
Sertlik	1582,56	1582,56	242,083	2	192,498	1189,43	1703,27	1975,7
Dış Görünüş	6,0	6,0	0,6	2	0,5	4,9	6,9	7,1
Kesit yüzeyinin gözenek yapısı	6,3	6,3	0,8	2	0,6	5,0	7,2	7,6
Tekstür (sertlik)	5,5	5,5	0,7	2	0,5	4,5	6,5	6,6
İç Renk	6,4	6,4	0,5	2	0,4	5,5	7,0	7,3
Tat	6,6	6,6	0,6	2	0,6	5,5	7,3	7,8
Koku	6,4	6,4	0,6	2	0,5	5,5	7,3	7,4
Ağızda Bıraktığı His	6,2	6,2	0,6	2	0,5	5,2	7,0	7,1
Genel Beğeni	6,3	6,3	0,7	2	0,5	5,2	7,2	7,4

4.2. Optimizasyon Sonucu Belirlenen Formülasyona Göre Üretilen ve Diğer Raf Ömrü Çalışmaları Yapılan Keklerin İçerikleri

Üretilen tek başına kabartma tozunun kullanıldığı kontrol grubu kek, ekşi hamur tozu ile elde edilen kek, optimizasyon sonucu belirlenen ekşi hamur tozu ve kabartma tozu içeren keklerin besinsel içeriklerinin belirlenmesi amacıyla analizler gerçekleştirilmiştir. Optimizasyon sonucu belirlenen formülasyona göre üretilen ve diğer raf ömrü çalışmaları yapılan keklerin besin içerikleri Çizelge 4.62’de verilmiştir.

Çizelge 4.62. Optimizasyon sonucu belirlenen formülasyona göre üretilen ve diğer raf ömrü çalışmaları yapılan keklerin besin içerikleri

Optimizasyon Sonucu Elde Edilen Kekler	Ham Protein (%)			Ham Lif (%)			Ham Yağ (%)			Toplam Kül (%)			Toplam Nem (%)		
	Ort.	±	S.S.	Ort.	±	S.S.	Ort.	±	S.S.	Ort.	±	S.S.	Ort.	±	S.S.
KT	8,35	±	0,03	5,40	±	0,20	30,0	±	1,23	0,98	±	0,04	12,52	±	0,42
EHT	8,03	±	0,00	6,65	±	2,21	32,5	±	5,53	0,55	±	0,02	13,71	±	0,24
EHT+KT	8,30	±	0,01	7,20	±	0,13	46,6	±	9,19	0,69	±	0,22	12,70	±	0,20

4.3. Optimizasyon Sonucu Belirlenen Kek Örneklerinde Depolama Süresince Meydana Gelen Değişimler

Optimizasyon sonucu elde kekler (EHT+KT), sadece EHT içeren kekler ile kontrol grubu kek (sadece KT içeren) haftada bir 2 ay boyunca raf ömrü analizlerine tabi tutulmuştur. Raf ömrü için her gruptan 2 tekerrürlü olacak şekilde modifiye atmosferde (%0,0 O₂, %26,1 CO₂, %73,9 N₂) PVC ambalajlara paketlenerek oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir. Depolama süresince % serbest yağ asitliği (oleik asit cinsinden), peroksit değeri (meq O₂/kg yağ), TBA reaktifleri (μmol MDA/kg) değeri, % amiloz, sünme (rop) sayımı (log kob/g), renk, sertlik ve duyusal analiz değişimleri incelenmiştir.

4.3.1. Optimum kek örneklerinin muhafazası sırasında serbest yağ asitliği (oleik asit cinsinden) değerlerinde meydana gelen değişimler

Kontrol grubu kek ile ekşi hamur ihtiva eden keklerin 60 günlük depolama süresi boyunca 7 günde bir belirlenen % serbest yağ asitliği değerleri üzerine depolama süresinin (raf ömrü) etkisine ilişkin analiz sonuçları Çizelge 4.63'te, varyans analizi sonuçları Çizelge 4.64'te verilmiştir.

Çizelge 4.63. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) % serbest yağ asitliği (oleik asit cinsinden) depolama süresince meydana gelen değişimlerine ait analiz sonuçları

Depolama Süresi (Gün)	Örnek sayısı	% Serbest Yağ Asitliği (oleik asit cinsinden) Değeri								
		KT			EHT			EHT+KT		
		Ort.	±	S.S.	Ort.	±	S.S.	Ort.	±	S.S.
0. Gün	2	1,26	±	0,00	1,15	±	0,01	1,26	±	0,01
7. Gün	2	1,26	±	0,01	1,16	±	0,01	1,26	±	0,00
14. Gün	2	1,33	±	0,01	1,22	±	0,01	1,31	±	0,00
21. Gün	2	1,41	±	0,00	1,27	±	0,02	1,36	±	0,01
28. Gün	2	1,49	±	0,03	1,38	±	0,02	1,44	±	0,01
35. Gün	2	1,47	±	0,04	1,36	±	0,01	1,41	±	0,01
42. Gün	2	1,42	±	0,01	1,31	±	0,02	1,36	±	0,01
49. Gün	2	1,39	±	0,01	1,25	±	0,00	1,32	±	0,01
56. Gün	2	1,37	±	0,01	1,18	±	0,04	1,31	±	0,03
63. Gün	2	1,33	±	0,01	1,18	±	0,02	1,30	±	0,01
Toplam	20	1,37	±	0,08	1,24	±	0,08	1,33	±	0,06

Çizelge 4.64. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) % serbest yağ asitliği değerinde depolama süresince meydana gelen değişimlerine ait varyans analiz sonuçları

Parametre	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
% Serbest Yağ Asitliği (oleik asit cinsinden) Değeri	Kek Grupları*	0,17	2	0,09	340,81	0,00
	Depolama Süresi*	0,29	9	0,03	127,75	0,00
	Kek Grupları×Depolama Süresi*	0,01	18	0,00	3,05	0,00

*Varyasyon kaynaklarının etkisi önem düzeyi seviyesinde önemlidir ($p<0,05$)

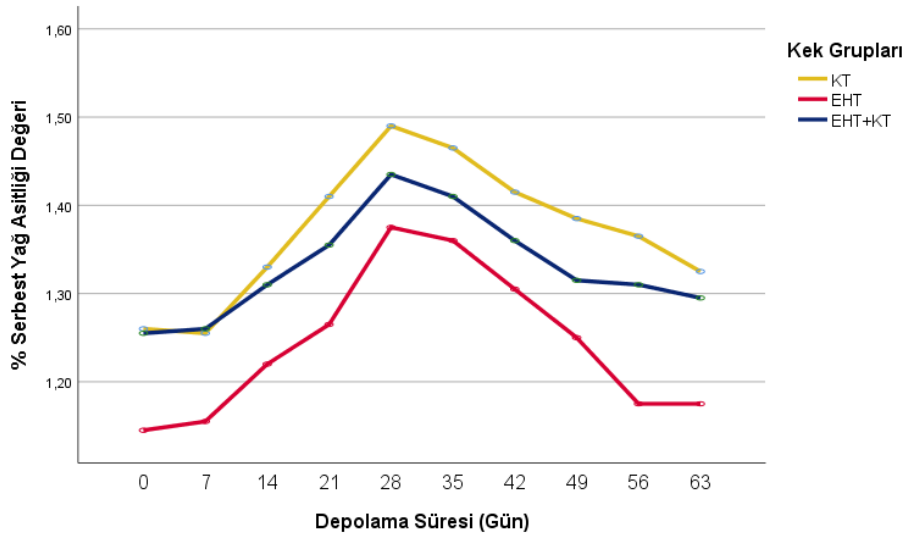
Çizelge 4.64'te verilen varyans analizi sonuçlarına göre 60 günlük depolama süresi boyunca 7 günde bir belirlenen % serbest yağ asitliği içeriğine; kek grupları (KT, EHT ve EHT+KT içeren), depolama süresi ve *kek grupları*×*depolama süresi* interaksiyonunun çok önemli ($p<0,01$) etkisinin olduğu saptanmıştır. Etkisinin önemli olduğu bulunan kek gruplarına ve depolama süresine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.65'te verilmiştir.

Çizelge 4.65. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) % serbest yağ asitliği (oleik asit cinsinden) değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Kek Grupları	Örnek Sayısı	% Serbest Yağ Asitliği (oleik asit cinsinden) Değeri
KT	20	1,37 ^c
EHT	20	1,24 ^a
EHT+KT	20	1,33 ^b
Depolama Süresi (Gün)	Örnek Sayısı	% Serbest Yağ Asitliği (oleik asit cinsinden) Değeri
0. gün	6	1,22 ^a
7. gün	6	1,22 ^a
14. gün	6	1,29 ^c
21. gün	6	1,34 ^e
28. gün	6	1,43 ^g
35. gün	6	1,41 ^f
42. gün	6	1,36 ^e
49. gün	6	1,32 ^d
56. gün	6	1,28 ^{c,d}
63. gün	6	1,27 ^b

*Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

Çizelge 4.65'teki Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre EHT içeren kek gruplarına ait % serbest yağ asitliği içeriğinin KT içeren kontrol gruplarına göre daha düşük olduğu, depolama süresi etkisi incelendiğinde % serbest yağ asitliği değerlerinin 0. gününden 28. güne kadar düzenli olarak arttığı, 35. günden itibaren 63. güne kadar düzenli bir azalma gerçekleştiği görülmüştür. 0 gün ve 7 gün depolanan keklerin % serbest yağ asitliği içeriği, 14 gün ve 56 gün depolanan keklerin % serbest yağ asitliği içeriği, 21 gün ve 42 gün depolanan keklerin % serbest yağ asitliği içeriği ve 49 gün ve 56 gün depolanan keklerin % serbest yağ asitliği içeriklerinin aynı grupta yer olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar artan depolama süresi ile birlikte oksidasyon sürecine bağlı olarak serbest yağ asitliğinin düşmesi ile açıklanabilir.



Şekil 4.41. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) % serbest yağ asitliği (oleik asit cinsinden) değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği

Şekil 4.41’de kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) % serbest yağ asitliği (oleik asit cinsinden) değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişime ait grafik verilmiştir. Depolama başlangıcında KT ile EHT+KT kek grubunun en yüksek % serbest yağ asitliği (oleik asit cinsinden) değerleri göstermekte iken depolama süresi sonunda en yüksek değere sahip kontrol grubu kek örneği olduğu görülmektedir. Depolama başlangıcında ve sonunda en düşük % serbest yağ asitliği (oleik asit cinsinden) değerlerine sahip olan kekin ise EHT katkılı kek olduğu görülmektedir. Bu durum keklerde modifiye atmosferde paketleme işlemi öncesinde ortamda var olan serbest yağ asitleri ve oksijenin ambalaj içerisinde reaksiyona girmesi sonucunda ileri oksidasyon ürünlerine parçalanması ile 28 gün % serbest yağ asitliğinde artış gözlemlendiği, ileri ki depolama sürecinde ise oksijenin azalması ve yok olması, ambalaj içerisinde bulunan N₂, CO₂ varlığı nedeniyle azalması (KT, EHT+KT), ile açıklanabilir.

4.3.2. Optimum kek örneklerinin muhafazası sırasında peroksit değerlerinde meydana gelen değişimler

Kontrol grubu kek ile ekşi hamur ihtiva eden keklerin 60 günlük depolama süresi boyunca 7 günde bir belirlenen peroksit değerleri (meq O₂/kg yağ) üzerine depolama süresinin etkisine ilişkin analiz sonuçları Çizelge 4.66’da, varyans analizi sonuçları Çizelge 4.67’de verilmiştir.

Çizelge 4.66. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) peroksit değerlerinde (meq O₂/kg yağ) depolama süresince meydana gelen değişimlerine ait analiz sonuçları

Depolama Süresi (Gün)	Örnek sayısı	Peroksit Değeri (meq O ₂ /kg yağ)								
		KT			EHT			EHT+KT		
		Ort.	±	S.S.	Ort.	±	S.S.	Ort.	±	S.S.
0. Gün	2	0,31	±	0,06	0,32	±	0,10	1,37	±	0,11
7. Gün	2	0,37	±	0,08	0,47	±	0,05	0,75	±	0,06
14. Gün	2	0,44	±	0,07	0,53	±	0,04	0,72	±	0,04
21. Gün	2	0,48	±	0,07	0,65	±	0,06	0,71	±	0,10
28. Gün	2	0,56	±	0,04	0,72	±	0,04	0,45	±	0,06
35. Gün	2	0,67	±	0,04	0,72	±	0,01	0,42	±	0,04
42. Gün	2	0,81	±	0,11	0,68	±	0,09	0,29	±	0,08
49. Gün	2	0,86	±	0,11	0,68	±	0,09	0,36	±	0,06
56. Gün	2	0,95	±	0,15	0,72	±	0,11	0,27	±	0,04
63. Gün	2	1,26	±	0,05	1,10	±	0,15	0,32	±	0,05
Toplam	20	0,67	±	0,30	0,66	±	0,21	0,56	±	0,33

Çizelge 4.67. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) peroksit değerlerinde (meq O₂/kg yağ) depolama süresince meydana gelen değişimlerine ait varyans analiz sonuçları

Parametre	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Peroksit Değeri (meq O ₂ /kg yağ)	Kek Grupları*	0,13	2	0,07	10,62	0,00
	Depolama Süresi*	0,54	9	0,06	9,53	0,00
	Kek Grupları×Depolama Süresi*	3,87	18	0,22	34,06	0,00

*Varyasyon kaynaklarının etkisi önem düzeyi seviyesinde önemlidir (p<0,05)

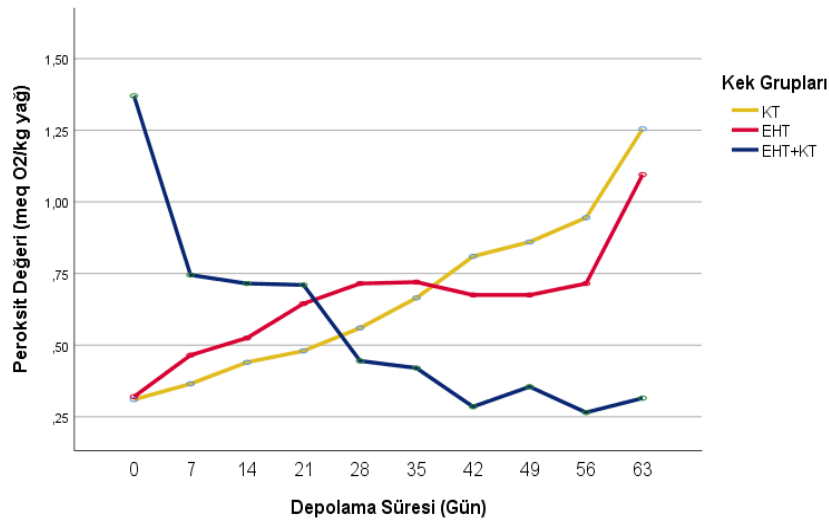
Çizelge 4.67’de verilen varyans analizi sonuçlarına göre kek grupları (KT, EHT, EHT+KT), depolama süresi ve *kek grupları*×*depolama süresi* interaksyonunun peroksit değerleri üzerine çok önemli (p<0.01) etkisinin olduğu saptanmıştır. Etkisinin önemli olduğu bulunan kek gruplarına ve depolama süresine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.68’te verilmiştir.

Çizelge 4.68. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) peroksit değerlerinde (meq O₂/kg yağ) depolama süresince meydana gelen değişimlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Kek Grupları	Örnek Sayısı	Peroksit Değeri (meq O ₂ /kg yağ)
KT	20	0,669 ^b
EHT	20	0,655 ^b
EHT+KT	20	0,5625 ^a
Depolama Süresi (Gün)	Örnek Sayısı	Peroksit Değeri (meq O ₂ /kg yağ)
0. gün	6	0,67 ^b
7. gün	6	0,53 ^a
14. gün	6	0,56 ^{a,b}
21. gün	6	0,61 ^{a,b}
28. gün	6	0,57 ^{a,b}
35. gün	6	0,60 ^{a,b}
42. gün	6	0,59 ^{a,b}
49. gün	6	0,63 ^{a,b}
56. gün	6	0,64 ^b
63. gün	6	0,89 ^c

*Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p>0,05)

Çizelge 4.68'deki Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre EHT ile KT kek grubunun istatistiksel olarak aynı grupta yer aldığı, EHT+KT kek grubunun ise farklı grupta yer aldığı ve EHT+KT kek grubunun peroksit değerinin diğerlerine kıyasla daha düşük olduğu görülmektedir. Depolama süresinin etkisi incelendiğinde ise 0 gün depolanan keklerin peroksit değerlerinin 14 gün, 21 gün, 28 gün, 35 gün, 42 gün, 49 gün, 56 gün depolanan keklerle; 7 gün depolanan keklerin peroksit değerlerinin 14 gün, 21 gün, 28 gün, 35 gün, 42 gün, 49 gün depolanan keklerle aynı grupta oldukları görülmüştür. Bu durum, 0 gün 14 gün, 21 gün, 28 gün, 35 gün, 42 gün, 49 gün ve 56 gün depolanan keklerin peroksit değerlerinin (meq O₂/kg yağ) arasında ve 7 gün 14 gün, 21 gün, 28 gün, 35 gün, 42 gün, 49 gün depolanan keklerin peroksit değerleri (meq O₂/kg yağ) arasında artış olsa da bu artışın istatistiksel olarak önemli ancak modifiye atmsferde paketlenildiği için peroksit değerlerinin yükselme hızının çok düşük olduğunu göstermektedir. Her ne kadar örnekler arası farklılıklar istatistiksel olarak çok farklı göründe de peroksit miktarlarına bakıldığı zaman aralarındaki farkların çok düşük olduğu görülmektedir. Bu kadar küçük farkların istatistiksel olarak çok önemli bulunmasının sebebi örnek sayısının fazla, analiz hassasiyetinin yüksek olması nedeniyle hata kareleri ortalamasının çok düşmesi nedeniyle en küçük değişimin önemli çıkmasıdır.



Şekil 4.42. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) peroksit değerlerinde (meq O₂/kg yağ) depolama süresince meydana gelen değişim grafiği

Şekil 4.42’de, kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) peroksit değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği verilmiştir. Depolama başlangıcında EHT+KT grubu kek örnekleri en yüksek, EHT ve KT kek grupları ise en düşük peroksit değerleri sahip olduğu gözlenmektedir. Depolama sonlarına doğru ise EHT ve KT grubu kek örneklerinin peroksit değerlerinde artış meydana gelmektedir. Ekşi hamur ve kabartma tozu ile üretilen keklerin peroksit değerleri depolama süresinde sürekli ve hafif bir artış gösterirken ekşi hamur tozu ile birlikte kabartma tozu kullanılan keklerin peroksit değerleri depolama süresi boyunca düzenli bir düşme göstermiştir. Bu düşme ekşi hamur fermentasyonu sonucu oluşan bileşiklerle kabartma tozu içinde bulunan tuzların sinerjistik bir etki ile depolama başlangıcında peroksit oluşumunu hızlandırdıklarını ve oksijensiz ortamda depolanan keklerin peroksit içeriklerinin depolama boyunca düzenli azalmasına neden olmuş olabilir. Diğer örneklerin peroksit değerlerinde artış olması ise daha yavaş seyreden bir peroksidasyon ile açıklanabilir.

4.3.3. Optimum kek örneklerinin muhafazası sırasında TBA reaktifleri değerlerinde meydana gelen değişimler

Kontrol grubu kek ile ekşi hamur ihtiva eden keklerin 60 günlük depolama süresi boyunca 7 günde bir belirlenen TBA reaktifleri (µmol MDA/kg) değerleri üzerine depolama süresinin etkisine ilişkin analiz sonuçları Çizelge 4.69’da, varyans analizi sonuçları Çizelge 4.70’de verilmiştir.

Çizelge 4.69. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) TBA reaktifleri ($\mu\text{mol MDA/kg}$) değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimlerine ait analiz sonuçları

Depolama Süresi (Gün)	Örnek sayısı	TBA Reaktifleri ($\mu\text{mol MDA/kg}$) Değeri								
		KT			EHT			EHT+KT		
		Ort.	$\pm$	S.S.	Ort.	$\pm$	S.S.	Ort.	$\pm$	S.S.
0. Gün	2	24,02	$\pm$	0,80	13,50	$\pm$	0,54	21,69	$\pm$	1,86
7. Gün	2	53,98	$\pm$	4,72	17,50	$\pm$	0,01	35,63	$\pm$	0,30
14. Gün	2	73,62	$\pm$	7,88	57,20	$\pm$	2,91	59,80	$\pm$	1,64
21. Gün	2	101,54	$\pm$	5,06	77,60	$\pm$	3,55	71,83	$\pm$	1,78
28. Gün	2	111,42	$\pm$	5,66	84,90	$\pm$	0,73	82,85	$\pm$	1,03
35. Gün	2	122,74	$\pm$	4,07	89,40	$\pm$	3,68	90,46	$\pm$	0,67
42. Gün	2	129,25	$\pm$	2,16	95,50	$\pm$	3,73	93,96	$\pm$	2,83
49. Gün	2	133,03	$\pm$	0,99	107,00	$\pm$	1,07	104,10	$\pm$	4,69
56. Gün	2	138,13	$\pm$	1,56	115,00	$\pm$	1,00	109,90	$\pm$	3,67
63. Gün	2	149,54	$\pm$	4,26	128,00	$\pm$	1,94	135,30	$\pm$	4,51
Toplam	20	103,72	$\pm$	39,80	78,60	$\pm$	37,72	80,55	$\pm$	33,60

Çizelge 4.70. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) TBA reaktifleri ($\mu\text{mol MDA/kg}$) değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimlerine ait varyans analiz sonuçları

Parametre	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
TBA Reaktifleri ($\mu\text{mol MDA/kg}$) Değeri	Kek Grupları*	7807,78	2	3903,89	371,26	0,00
	Depolama Süresi*	76880,92	9	8542,33	812,38	0,00
	Kek Grupları $\times$ Depolama Süresi*	1378,33	18	76,57	7,28	0,00

*Varyasyon kaynaklarının etkisi önem düzeyi seviyesinde önemlidir ($p<0,05$)

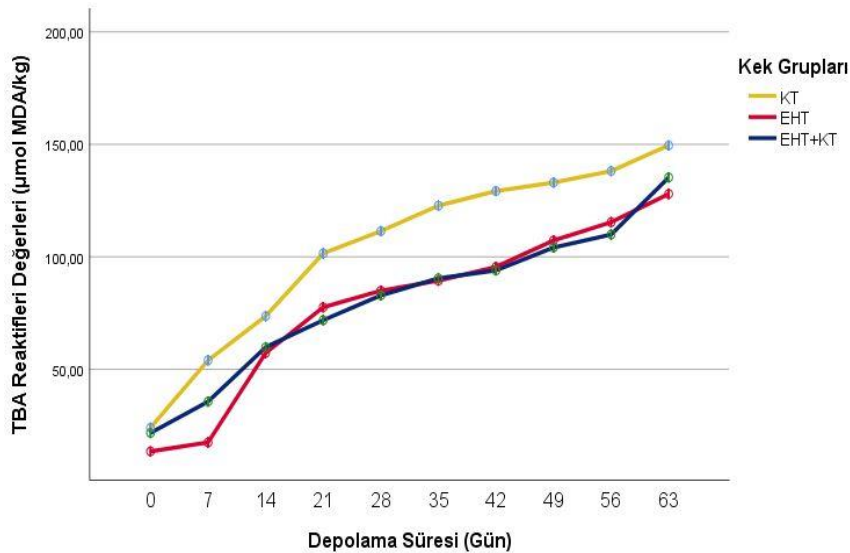
Çizelge 4.70’te verilen varyans analiz sonuçlarına göre kek grupları (KT, EHT, EHT+KT), depolama süresi ve *kek grupları $\times$ depolama süresi* interaksiyonu çok önemli ($p<0.01$) etkisinin olduğu saptanmıştır. Etkisinin önemli olduğu bulunan kek gruplarına ve depolama süresine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.71’de verilmiştir.

Çizelge 4.71. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) TBA reaktifleri ($\mu\text{mol MDA/kg}$) değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Kek Grupları	Örnek Sayısı	TBA Reaktifleri Değeri ($\mu\text{mol MDA/kg}$)
KT	20	103,724 ^b
EHT	20	78,614 ^a
EHT+KT	20	80,553 ^a
Depolama Süresi (Gün)	Örnek Sayısı	TBA Reaktifleri Değeri ($\mu\text{mol MDA/kg}$)
0. gün	6	19,718 ^a
7. gün	6	35,690 ^b
14. gün	6	63,547 ^c
21. gün	6	83,648 ^d
28. gün	6	93,068 ^e
35. gün	6	100,858 ^f
42. gün	6	106,243 ^g
49. gün	6	114,805 ^h
56. gün	6	121,142 ⁱ
63. gün	6	137,583 ⁱ

*Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p>0,05$)

Çizelge 4.71'deki Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre EHT ve EHT+KT kek grubunun aynı grupta olduğu ve KT kek grubunun TBA reaktifleri ($\mu\text{mol MDA/kg}$) değerlerinin en yüksek değerde olduğu görülmüştür. Depolama süresine bağlı olarak TBA reaktifleri ($\mu\text{mol MDA/kg}$) değerlerinin depolamanın 0. gününden 63. gününe kadar düzenli olarak arttığı ve her birinin farklı grupta yer aldığı görülmektedir.



Şekil 4.43. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) TBA reaktifleri ($\mu\text{mol MDA/kg}$) değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği

Şekil 4.43'te, kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) TBA reaktifleri ($\mu\text{mol MDA/kg}$) değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği verilmiştir. Depolama başlangıcında en yüksek TBA reaktifleri ($\mu\text{mol MDA/kg}$) değeri gösteren KT grubu kek iken depolama sonunda da en yüksek değere sahip olduğu görülmektedir. Depolama başlangıcında ve sonunda en düşük TBA reaktifleri ($\mu\text{mol MDA/kg}$) değerine sahip olan kekin ise EHT kek grubunun olduğu görülmektedir.

4.3.4. Optimizasyon sonucu belirlenen kek örneklerinin depolama süresince amiloz değerlerinde meydana gelen değişimler

Kontrol grubu kek ile ekşi hamur ihtiva eden keklerin 60 günlük depolama süresi boyunca 7 günde bir belirlenen % amiloz değerleri üzerine depolama süresinin (raf ömrü) etkisine ilişkin analiz sonuçları Çizelge 4.72'de, varyans analizi sonuçları Çizelge 4.73'te verilmiştir.

Çizelge 4.72. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) % amiloz değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimlerine ait analiz sonuçları

Depolama Süresi (Gün)	Örnek sayısı	% Amiloz Değeri								
		KT			EHT			EHT+KT		
		Ort.	$\pm$	S.S.	Ort.	$\pm$	S.S.	Ort.	$\pm$	S.S.
0. Gün	2	0,80	$\pm$	0,01	0,72	$\pm$	0,01	0,79	$\pm$	0,00
7. Gün	2	0,96	$\pm$	0,13	0,95	$\pm$	0,01	0,85	$\pm$	0,01
14. Gün	2	0,97	$\pm$	0,06	0,90	$\pm$	0,03	0,92	$\pm$	0,01
21. Gün	2	0,99	$\pm$	0,06	0,94	$\pm$	0,01	0,94	$\pm$	0,00
28. Gün	2	1,02	$\pm$	0,05	0,97	$\pm$	0,01	0,96	$\pm$	0,01
35. Gün	2	1,04	$\pm$	0,05	1,02	$\pm$	0,01	0,99	$\pm$	0,02
42. Gün	2	1,06	$\pm$	0,04	1,05	$\pm$	0,01	1,01	$\pm$	0,01
49. Gün	2	1,07	$\pm$	0,02	1,08	$\pm$	0,01	1,08	$\pm$	0,01
56. Gün	2	1,08	$\pm$	0,01	1,11	$\pm$	0,01	1,1	$\pm$	0,02
63. Gün	2	1,20	$\pm$	0,01	1,14	$\pm$	0,01	1,17	$\pm$	0,01
Toplam	20	1,02	$\pm$	0,11	0,98	$\pm$	0,12	0,98	$\pm$	0,11

Çizelge 4.73. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) % amiloz değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimlerine ait varyans analiz sonuçları

Parametre	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
% Amiloz	Kek Grupları*	0,02	2	0,01	7,02	0,00
	Depolama Süresi*	0,66	9	0,07	63,47	0,00
	Kek Grupları×Depolama Süresi	0,03	18	0,00	1,37	0,22

*Varyasyon kaynaklarının etkisi önem düzeyi seviyesinde önemlidir ($p<0,05$)

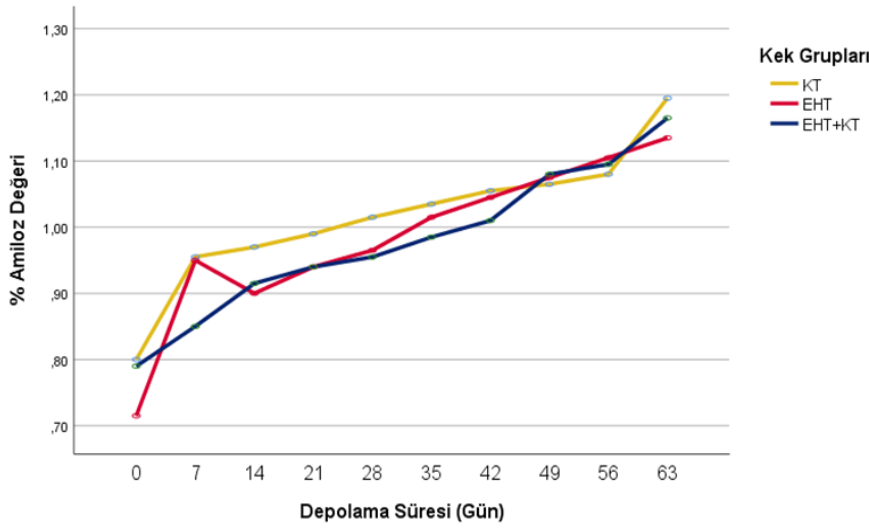
Çizelge 4.73'teki varyans analiz sonuçlarına göre kek grupları (KT, EHT, EHT+KT) ve depolama süresinin çok önemli ($p<0,01$), kek grupları×depolama süresi etkisinin ise önemli olmadığı ($p>0,05$) saptanmıştır. Etkisinin önemli olduğu bulunan kek gruplarına ve depolama süresine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.74'te verilmiştir.

Çizelge 4.74. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) % amiloz değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Kek Grupları	Örnek Sayısı	% Amiloz Değeri
KT	20	1,0160 ^b
EHT	20	0,9845 ^a
EHT+KT	20	0,9785 ^a
Depolama Süresi (Gün)	Örnek Sayısı	% Amiloz Değeri
0. gün	6	0,7683 ^a
7. gün	6	0,9183 ^b
14. gün	6	0,9283 ^b
21. gün	6	0,9567 ^{b,c}
28. gün	6	0,9783 ^{c,d}
35. gün	6	1,0117 ^{d,e}
42. gün	6	1,0367 ^{e,f}
49. gün	6	1,0733 ^{f,g}
56. gün	6	1,0933 ^g
63. gün	6	1,165 ^h

*Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p>0,05$)

Çizelge 4.74'teki Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre EHT ve EHT+KT kek grubunun aynı grupta olduğu ve KT kek grubunun en yüksek % amiloz değerine sahip olduğu görülmüştür. Depolama süresi etkisi incelendiğinde % amiloz değerinin 0. gününden 63. gününe kadar düzenli olarak arttığı gözlenmektedir. 7 gün, 14 gün ve 21 gün depolanan keklerin % amiloz değerleri; 21 gün ve 28 gün depolanan keklerin % amiloz değerleri, 28 gün ve 35 gün depolanan keklerin % amiloz değerleri, 35 gün ve 42 gün depolanan keklerin % amiloz değerleri, 42 gün ve 49 gün depolanan keklerin % amiloz değerleri aynı grupta yer almaktadır. Bu durum depolanan keklerin % amiloz değerleri arasında artış olsa da bu artışın istatistiksel olarak önemli ancak % amiloz değerlerinin yükselme hızının çok düşük olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.44. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) % amiloz değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği

Şekil 4.44'te, kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) % amiloz değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği verilmiştir. Depolama başlangıcında en yüksek % amiloz değeri gösteren KT grubu kek iken depolama sonunda da en yüksek değere sahip olduğu görülmektedir. Depolama başlangıcında ve sonunda en düşük % amiloz değerine sahip olan kekin ise EHT grubu keklerin olduğu görülmektedir.

van der Maarel vd. (2002) gıda ürünlerinde meydana gelebilecek retrogradasyonun öncelikle amilozdan kaynaklı olabileceğini ve nişastalardaki ortalama amiloz içeriği yaklaşık %0 ila %75 arasında fakat tipik bir değerin %20-25 arasında olduğunu bildirmiştir.

4.3.5. Optimum kek örneklerinin muhafazası sırasında sünme (rop) sporu sayımında meydana gelen değişimler

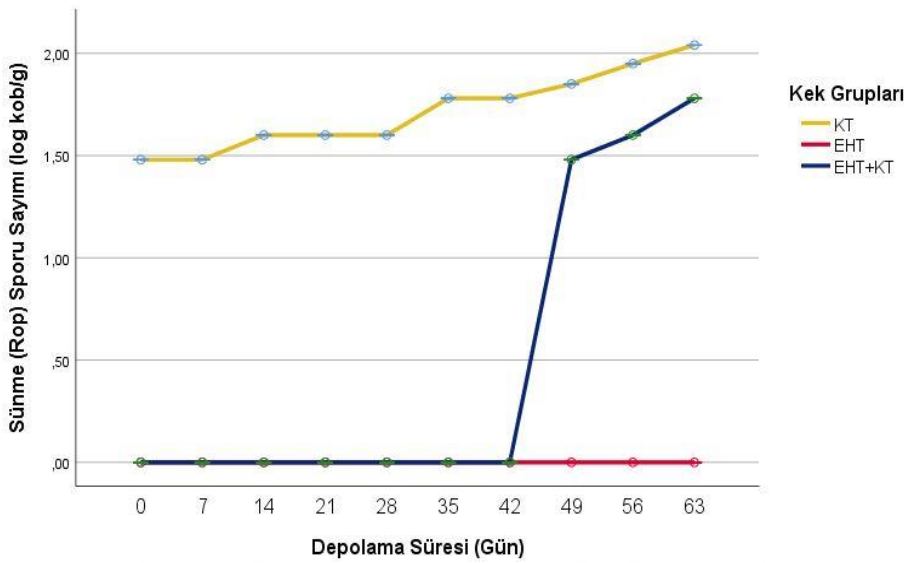
Kontrol grubu kek ile ekşi hamur ihtiva eden keklerin 60 günlük depolama süresi boyunca 7 günde bir belirlenen sünme (rop) sporu sayımı (log kob/g) üzerine depolama süresinin (raf ömrü) etkisine ilişkin analiz sonuçları Çizelge 4.75'te gösterilmiştir. Rop sporu gelişmeyen örnekler olduğu için bu verilere istatistiksel analiz uygulanmamış, deskriptif olarak sonuçlar tartışılmıştır.

Çizelge 4.75. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) sünme (rop) sporu sayımında (log kob/g) depolama süresince meydana gelen değişimlere ait analiz sonuçları

Depolama Süresi (Gün)	Örnek sayısı	Sünme (Rop) Sporu Sayımı (log kob/g)								
		KT			EHT			EHT+KT		
		Ort.	±	S.S.	Ort.	±	S.S.	Ort.	±	S.S.
0. Gün	2	1,48	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
7. Gün	2	1,48	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
14. Gün	2	1,60	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
21. Gün	2	1,60	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
28. Gün	2	1,60	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
35. Gün	2	1,78	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
42. Gün	2	1,78	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
49. Gün	2	1,85	±	0,00	0,00	±	0,00	1,48	±	0,00
56. Gün	2	1,95	±	0,00	0,00	±	0,00	1,60	±	0,00
63. Gün	2	2,04	±	0,00	0,00	±	0,00	1,78	±	0,00
Toplam	20	1,72	±	0,19	0,00	±	0,00	0,82	±	0,54

Şekil 4.45'te, kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) sünme (rop) sporu sayımında (log kob/g) depolama süresince meydana gelen değişim grafiği verilmiştir. Depolama başlangıcında kontrol grubu kek örnekleri en yüksek sünme (rop) sporu sayımı (log kob/g) göstermekte iken depolama sonunda da en yüksek değere sahip olduğu görülmektedir. EHT grubu keklerin depolama süresi boyunca herhangi bir değişim göstermezken depolamanın 42. gününden itibaren EHT+KT grubu keklerin sünme (rop) sporu sayımında (log kob/g) artış gözlenmiştir. Bu sonuca bağlı olarak ve ayrıca örneklerde küflenme belirtilerinin başlamış olması nedeniyle kek örneklerinde duyusal analizler 42. günden sonra durdurulmuştur.

Mevcut çalışmalara göre unlu mamüllerin depolama sıcaklığı 16°C'de tutulması, un ağırlığına dayalı eşdeğer düzeylerde 0,1-0,16 asetik asit içeren sirke kullanımı veya üretilen asitlere bağlı olarak yaklaşık %10 mayalanmış hamur seviyelerinde ekşi hamur kullanımının sünme hastalığına sebep veren *B. subtilis* bakteri gelişimini kontrol altına alınabileceği bildirilmiştir (Bailey ve von Holy 1993; Quintavalla ve Parolari 1993; Rosenkvist ve Hansen 1995).



Şekil 4.45. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) sünme (rop) sporu sayımında (log kob/g) depolama süresince meydana gelen değişim grafiği

4.3.6. Optimum kek örneklerinin muhafazası sırasında sertlik değerlerinde meydana gelen değişimler

Kontrol grubu kek ile ekşi hamur ihtiva eden keklerin 60 günlük depolama süresi boyunca 7 günde bir belirlenen sertlik değeri üzerine depolama süresinin (raf ömrü) etkisine ilişkin analiz sonuçları Çizelge 4.76’da, varyans analizi sonuçları Çizelge 4.77’de verilmiştir.

Çizelge 4.76. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) sertlik değerinde depolama süresince meydana gelen değişimlere ait analiz sonuçları

Depolama Süresi (Gün)	Örnek sayısı	Sertlik Değeri (Newton)								
		KT			EHT			EHT+KT		
		Ort.	±	S.S.	Ort.	±	S.S.	Ort.	±	S.S.
0. Gün	2	1.396,64	±	101,19	3.181,09	±	18,75	1.706,97	±	16,98
7. Gün	2	3.192,62	±	0,67	7.435,69	±	228,54	3.566,96	±	118,17
14. Gün	2	3.339,54	±	50,14	8.086,30	±	12,20	4.324,46	±	126,73
21. Gün	2	3.408,54	±	20,51	8.351,62	±	52,62	4.437,29	±	61,27
28. Gün	2	3.474,67	±	49,13	8.657,89	±	94,99	4.572,33	±	50,52
35. Gün	2	3.563,15	±	52,36	8.857,50	±	54,69	4.692,22	±	16,24
42. Gün	2	3.724,89	±	30,67	9.298,74	±	55,84	4.868,36	±	9,94
49. Gün	2	3.864,21	±	41,50	9.619,03	±	11,57	5.018,91	±	23,89
56. Gün	2	4.037,12	±	1,65	9.823,94	±	92,10	5.284,17	±	22,32
63. Gün	2	4.574,67	±	238,57	10.014,19	±	45,20	5.666,07	±	262,71
Toplam	20	3.457,60	±	808,18	8.332,60	±	1.932,16	4.413,77	±	1.081,29

Çizelge 4.77. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) sertlik değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimlerine ait varyans analiz sonuçları

Parametre	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Sertlik Değeri	Kek Grupları*	2,67E+08	2	1,33E+08	15036,09	0,00
	Depolama Süresi*	9,13E+07	9	1,01E+07	1142,54	0,00
	Kek Grupları×Depolama Süresi*	1,40E+07	18	7,79E+05	87,76	0,00

*Varyasyon kaynaklarının etkisi önem düzeyi seviyesinde önemlidir ($p<0,05$)

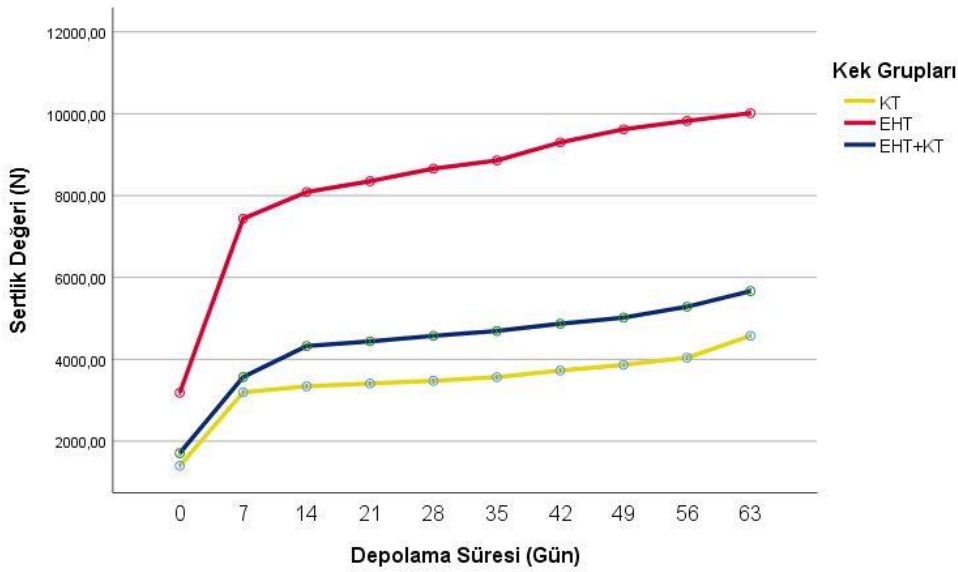
Çizelge 4.77'deki varyans analiz sonuçlarına göre kek grupları (KT, EHT, EHT+KT), depolama süresi, *kek grupları×depolama süresi* interaksyonu çok önemli ($p<0,01$) etkisinin olduğu saptanmıştır. Etkisinin önemli olduğu bulunan kek gruplarına ve depolama süresine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.78'de verilmiştir.

Çizelge 4.78. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) sertlik değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Kek Grupları	Örnek Sayısı	Sertlik Değeri (Newton)
KT	20	3457,6 ^a
EHT	20	8332,6 ^c
EHT+KT	20	4413,8 ^b
Depolama Süresi (Gün)	Örnek Sayısı	Sertlik Değeri (Newton)
0. gün	6	2094,9 ^a
7. gün	6	4731,8 ^b
14. gün	6	5250,1 ^c
21. gün	6	5399,1 ^d
28. gün	6	5568,3 ^e
35. gün	6	5704,3 ^f
42. gün	6	5964,0 ^g
49. gün	6	6167,4 ^h
56. gün	6	6381,7 ⁱ
63. gün	6	6751,6 ⁱ

*Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p>0,05$)

Çizelge 4.78'deki Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre kek gruplarının her birinin farklı grupta olduğu ve kontrol grubu kek örneğinin sertlik değerlerinin daha düşük olduğu görülmüştür. Depolama süresine bağlı olarak sertlik değerlerinin 0. günden 63. güne kadar düzenli olarak arttığı belirlenmiştir.



Şekil 4.46. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) sertlik değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği

Şekil 4.46’da, kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) sertlik değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği verilmiştir. Depolama başlangıcında en yüksek sertlik değeri gösteren EHT grubu kek iken depolama sonunda da en yüksek değere sahip olduğu görülmektedir. Depolama başlangıcında ve sonunda en düşük sertlik değerine sahip olan kekin ise KT grubu kek olduğu görülmektedir.

Kotancılar vd. (2006), fermantasyon süresinin ve ekşi hamur katkısının artması sonucu ekşi hamurda bulunan laktik asit bakterilerinin sebep olduğu asitlik artışının özellikle ekmeklerde bayatlama ölçüsü ürün içi yumşaklık derecesinin azalmasına ve buna bağlı olarak jelatinize olmuş nişasta granülünün sertliğini düşürmesine neden olduğunu bildirmişlerdir. Armero ve Collar (1998) tarafından yapılan çalışmaya göre ekşi hamur mayası kullanımının, ekşi hamur mayası kullanılmadan elde edilen kontrol grubu ekmeğe göre daha sert yapıda olduğu bildirilmiştir. Ancak kek ve ekmek yapısındaki farklılık nedeniyle ekşi hamur tozu eklenmesinin keklerde görülmediği, bu duruma dayalı olarak KT içeriği daha az olan keklerin bu daha yüksek sertliğe sahip olduğu gözlemlenmiştir.

4.3.7. Optimum kek örneklerinin muhafazası sırasında renk (a^* , b^* , L^*) değerlerinde meydana gelen değişimler

Kontrol grubu kek ile ekşi hamur ihtiva eden keklerin 60 günlük depolama süresi boyunca 7 günde bir belirlenen renk (a^* , b^* , L^*) değeri üzerine depolama süresinin (raf ömrü) etkisine ilişkin analiz sonuçları Çizelge 4.79’da, varyans analizi sonuçları Çizelge 4.80’de verilmiştir.

Çizelge 4.79. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) depolama süresince meydana gelen renk (a*, b*, L*) değeri değişimlerine ait analiz sonuçları

Depolama Süresi (Gün)	Örnek sayısı	Dış Renk a*									Dış Renk b*									Dış Renk L*								
		KT			EHT			EHT+KT			KT			EHT			EHT+KT			KT			EHT			EHT+KT		
		Ort.	±	S.S.	Ort.	±	S.S.	Ort.	±	S.S.	Ort.	±	S.S.	Ort.	±	S.S.	Ort.	±	S.S.	Ort.	±	S.S.	Ort.	±	S.S.	Ort.	±	S.S.
0. Gün	2	18,25	±	1,20	19,32	±	0,28	18,45	±	0,84	28,02	±	15,02	34,88	±	0,35	28,43	±	1,82	44,94	±	8,39	45,53	±	0,66	36,36	±	2,84
7. Gün	2	16,81	±	0,55	17,55	±	0,49	17,03	±	1,40	33,02	±	0,14	32,08	±	0,32	27,64	±	0,21	34,09	±	4,35	38,18	±	2,23	32,02	±	1,07
14. Gün	2	16,41	±	0,18	18,42	±	0,45	16,82	±	0,51	34,49	±	1,01	32,27	±	0,42	27,85	±	0,83	43,29	±	1,58	36,51	±	2,05	28,78	±	0,52
21. Gün	2	16,04	±	0,87	18,93	±	0,57	16,55	±	0,69	35,30	±	0,25	37,42	±	0,47	32,43	±	1,67	41,26	±	1,62	46,33	±	2,53	28,06	±	1,22
28. Gün	2	17,43	±	0,28	19,36	±	0,23	17,56	±	0,21	36,39	±	0,84	35,72	±	0,14	28,64	±	1,91	48,88	±	1,01	46,43	±	0,77	35,94	±	1,99
35. Gün	2	18,46	±	0,20	19,19	±	0,29	19,10	±	0,53	36,67	±	0,30	35,08	±	3,09	31,17	±	1,62	51,25	±	1,25	47,15	±	6,25	39,95	±	0,58
42. Gün	2	17,59	±	0,15	18,12	±	0,79	17,96	±	0,41	35,24	±	3,11	35,47	±	2,46	31,48	±	1,70	48,44	±	6,04	47,66	±	4,84	39,39	±	1,82
49. Gün	2	18,18	±	0,34	18,53	±	0,59	18,56	±	0,43	37,19	±	0,55	37,91	±	0,18	33,29	±	0,91	50,71	±	0,47	50,41	±	0,79	41,67	±	1,10
56. Gün	2	17,88	±	0,85	18,84	±	0,96	18,44	±	0,66	37,27	±	0,93	36,76	±	0,10	30,61	±	2,33	51,15	±	4,24	48,72	±	1,50	39,33	±	2,37
63. Gün	2	17,27	±	0,13	18,44	±	0,02	18,07	±	0,86	38,49	±	0,41	36,48	±	0,17	31,80	±	0,96	54,47	±	0,02	48,24	±	0,66	40,55	±	0,07
Toplam	20	17,43	±	0,90	18,67	±	0,68	17,85	±	0,97	35,21	±	4,57	35,41	±	2,12	30,34	±	2,27	46,85	±	6,52	45,52	±	4,88	36,20	±	4,97
Depolama Süresi (Gün)	Örnek sayısı	İç Renk a*									İç Renk b*									İç Renk L*								
		KT			EHT			EHT+KT			KT			EHT			EHT+KT			KT			EHT			EHT+KT		
		Ort.	±	S.S.	Ort.	±	S.S.	Ort.	±	S.S.	Ort.	±	S.S.	Ort.	±	S.S.	Ort.	±	S.S.	Ort.	±	S.S.	Ort.	±	S.S.	Ort.	±	S.S.
0. Gün	2	-0,55	±	0,16	0,11	±	0,13	0,51	±	0,22	26,53	±	1,23	26,44	±	0,36	26,12	±	0,97	69,74	±	0,98	71,91	±	0,37	69,12	±	1,08
7. Gün	2	-0,68	±	0,26	0,33	±	0,37	0,62	±	0,19	17,40	±	0,57	18,14	±	0,00	19,45	±	0,91	50,92	±	2,93	63,47	±	0,17	61,27	±	3,93
14. Gün	2	0,48	±	0,34	0,84	±	0,10	0,77	±	0,10	26,59	±	0,45	23,49	±	0,07	25,17	±	0,06	60,18	±	0,11	60,13	±	0,30	58,23	±	0,54
21. Gün	2	0,89	±	0,55	1,09	±	0,28	1,10	±	0,14	26,09	±	0,57	24,36	±	1,26	24,84	±	0,02	58,95	±	0,94	69,14	±	2,79	53,25	±	3,62
28. Gün	2	0,82	±	0,36	1,14	±	0,42	1,05	±	0,12	28,63	±	0,16	25,64	±	0,52	28,27	±	0,02	72,58	±	0,03	70,36	±	0,37	74,59	±	0,57
35. Gün	2	0,63	±	0,08	1,14	±	0,21	1,13	±	0,04	26,42	±	0,63	26,26	±	0,12	28,16	±	0,44	73,31	±	1,95	75,20	±	0,33	74,10	±	0,04
42. Gün	2	1,26	±	0,30	0,87	±	0,35	0,70	±	0,17	30,25	±	0,18	27,67	±	0,81	28,90	±	0,93	76,01	±	1,14	75,03	±	1,23	73,63	±	0,38
49. Gün	2	1,29	±	0,11	0,67	±	0,01	0,68	±	0,04	30,22	±	0,65	24,12	±	0,31	27,67	±	0,11	74,15	±	1,75	76,61	±	0,10	73,82	±	0,54
56. Gün	2	1,41	±	0,09	1,45	±	0,02	1,26	±	0,11	29,76	±	0,07	25,87	±	0,35	28,12	±	0,69	76,28	±	1,87	77,42	±	0,57	74,41	±	1,39
63. Gün	2	0,78	±	0,35	0,84	±	0,23	0,33	±	0,29	29,51	±	0,05	26,40	±	0,58	28,18	±	0,27	78,04	±	0,34	76,66	±	0,09	75,14	±	0,32
Toplam	20	0,63	±	0,73	0,85	±	0,43	0,81	±	0,32	27,14	±	3,74	24,84	±	2,63	26,49	±	2,80	69,02	±	8,94	71,59	±	5,80	68,76	±	8,00

Çizelge 4.80. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) değerlerinde depolama süresince meydana gelen renk (a^* , b^* , L^*) değerleri değişimlerine ait varyans analiz sonuçları

Parametre	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Dış Renk a^*	Kek Grupları*	15,800	2	7,900	20,374	0,000
	Depolama Süresi*	22,233	9	2,470	6,371	0,000
	Kek Grupları×Depolama Süresi	8,151	18	0,453	1,168	0,344
Dış Renk b^*	Kek Grupları*	330,040	2	165,020	17,800	0,000
	Depolama Süresi*	217,362	9	24,151	2,605	0,024
	Kek Grupları×Depolama Süresi	85,493	18	4,750	0,512	0,931
Dış Renk L^*	Kek Grupları*	1344,880	2	672,440	77,736	0,000
	Depolama Süresi*	1226,876	9	136,320	15,759	0,000
	Kek Grupları×Depolama Süresi	242,594	18	13,477	1,558	0,138
İç Renk a^*	Kek Grupları*	0,533	2	0,267	4,523	0,019
	Depolama Süresi*	9,608	9	1,068	18,113	0,000
	Kek Grupları×Depolama Süresi*	4,303	18	0,239	4,056	0,000
İç Renk b^*	Kek Grupları*	56,154	2	28,077	85,414	0,000
	Depolama Süresi*	490,818	9	54,535	165,905	0,000
	Kek Grupları×Depolama Süresi*	45,315	18	2,517	7,659	0,000
İç Renk L^*	Kek Grupları*	98,384	2	49,192	22,653	0,000
	Depolama Süresi*	2901,129	9	322,348	148,440	0,000
	Kek Grupları×Depolama Süresi*	408,096	18	22,672	10,440	0,000

*Varyasyon kaynaklarının etkisi önem düzeyi seviyesinde önemlidir ($p<0,05$)

Çizelge 4.80'deki varyans analiz sonuçlarına göre kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek grupları (EHT, EHT+KT) ve depolama (raf ömrü) süresince meydana gelen değişimlerin dış ve iç renk (a^* , b^* , L^*) değerleri üzerinde etkisinin çok önemli ($p<0,01$) olduğu belirlenmiştir. İkili interaksyonlar (*kek grupları×depolama süresi*) incelendiğinde; iç renk (a^* , b^* , L^*) değerleri üzerinde etkisinin çok önemli ($p<0,01$) olduğu ancak dış renk (a^* , b^* , L^*) değerlerine etkisinin önemli olmadığı ($p>0,05$) saptanmıştır. Etkisinin önemli olduğu bulunan kek gruplarına ve depolama süresine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.81'de verilmiştir.

Çizelge 4.81. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) renk (a^* , b^* , L^*) değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Kek Grupları	Örnek Sayısı	Dış Renk a^*	Dış Renk b^*	Dış Renk L^*	İç Renk a^*	İç Renk b^*	İç Renk L^*
KT	20	17,43 ^a	35,21 ^b	46,85 ^b	0,63 ^a	27,14 ^c	69,02 ^a
EHT	20	17,85 ^b	35,41 ^b	45,52 ^b	0,85 ^b	24,84 ^a	71,59 ^b
EHT+KT	20	18,67 ^c	30,34 ^a	36,20 ^a	0,81 ^b	26,49 ^b	68,76 ^a
Depolama Süresi (Gün)	Örnek Sayısı	Dış Renk a^*	Dış Renk b^*	Dış Renk L^*	İç Renk a^*	İç Renk b^*	İç Renk L^*
0. gün	6	18,67 ^{b,c}	30,44 ^a	42,28 ^c	0,03 ^a	26,36 ^c	70,26 ^c
7. gün	6	17,13 ^a	30,91 ^{a,b}	34,76 ^a	0,09 ^a	18,33 ^a	58,55 ^a
14. gün	6	17,21 ^a	31,54 ^{a,b,c}	36,20 ^{a,b}	0,70 ^{b,c}	25,08 ^b	59,51 ^{a,b}
21. gün	6	17,18 ^a	35,05 ^{c,d}	38,55 ^b	1,03 ^d	25,09 ^b	60,45 ^b
28. gün	6	18,11 ^{b,c}	33,59 ^{a,b,c,d}	43,75 ^{c,d}	1,00 ^{e,f}	27,51 ^{d,e}	72,51 ^d
35. gün	6	18,92 ^c	34,31 ^{a,b,c,d}	46,12 ^{d,e}	0,96 ^{b,c,d}	26,95 ^{c,d}	74,20 ^{d,e}
42. gün	6	17,89 ^{a,b}	34,07 ^{a,b,c,d}	45,16 ^{c,d,e}	0,94 ^{b,c,d}	28,94 ^f	74,86 ^{e,f}
49. gün	6	18,42 ^{b,c}	36,13 ^d	47,59 ^e	0,88 ^{b,c,d}	27,34 ^{d,e}	74,89 ^{e,f}
56. gün	6	18,39 ^{b,c}	34,89 ^{b,c,d}	46,40 ^{d,e}	1,37 ^e	27,92 ^e	76,04 ^{e,f}
63. gün	6	17,92 ^{a,b}	35,60 ^{c,d}	47,75 ^e	0,65 ^b	28,03 ^e	76,61 ^f

*Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p>0,05$)

Çizelge 4.81'deki Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre;

Dış renk a^* değerinde, kek gruplarının her birinin farklı grupta olduğu ve KT grubu kek örneğinin dış renk a^* değerlerinin daha düşük değerde olduğu görülmüştür. 0 gün depolanan keklerin dış renk a^* değerlerinin 28 gün, 35 gün, 42 gün, 49 gün, 56 gün, 63 gün depolanan keklerle; 7 gün depolanan keklerin dış renk a^* değerlerinin 14 gün, 21 gün, 42 gün, 63 gün depolanan keklerle aynı grupta oldukları görülmüştür. En düşük dış renk a^* değeri 7. gün gözlemlenmiştir.

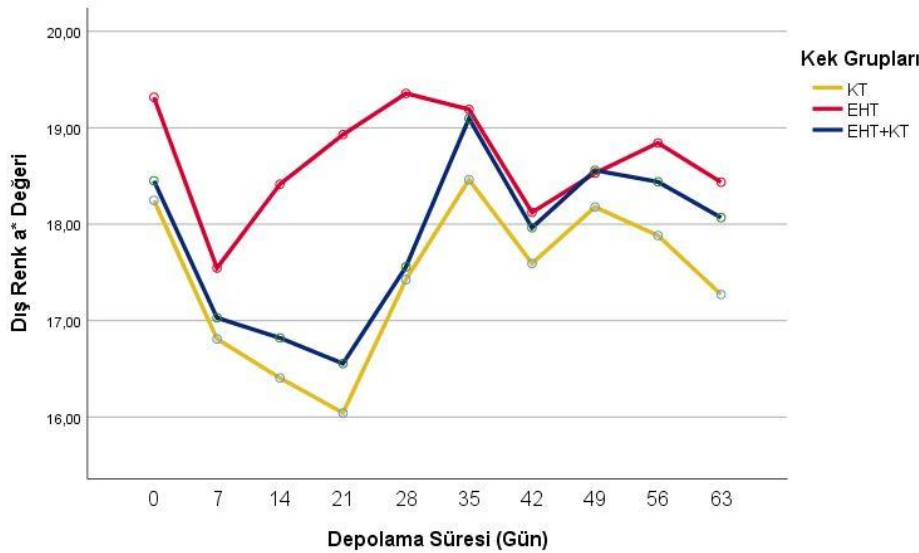
Dış renk b^* değerinde, EHT ve KT kek grubunun aynı grupta olduğu ve EHT+KT kek grubunun en düşük dış renk b^* değerine sahip olduğu görülmüştür. 0 gün depolanan keklerin dış renk b^* değerlerinin 7 gün, 14 gün, 28 gün, 35 gün, 42 gün depolanan keklerle; 7 gün depolanan keklerin dış renk b^* değerlerinin 14 gün, 28 gün, 35 gün, 42 gün, 56 gün depolanan keklerle; 21 gün depolanan keklerin dış renk b^* değerlerinin 14 gün, 28 gün, 35 gün, 42 gün, 49 gün, 56 gün, 63 gün depolanan keklerle aynı grupta oldukları görülmüştür. En düşük dış renk b^* değeri 0. gün gözlemlenmiştir.

Dış renk L^* değerinde, EHT ve EHT+KT kek grubunun aynı grupta olduğu ve KT kek grubunun en düşük dış renk L^* değerine sahip olduğu görülmüştür. 0 gün depolanan keklerin dış renk L^* değerlerinin 28 gün, 42 gün depolanan keklerle; 7 gün depolanan keklerin dış renk L^* değerlerinin 14 gün depolanan keklerle; 14 gün depolanan keklerin dış renk L^* değerlerinin 21 gün depolanan keklerle; 28 gün depolanan keklerin dış renk L^* değerlerinin 35 gün, 42 gün, 56 gün depolanan keklerle; 35 gün depolanan keklerin dış renk L^* değerlerinin 42 gün, 49 gün, 56 gün, 63 gün depolanan keklerle aynı grupta oldukları görülmüştür. Keklerin dış renk L^* yani dış parlaklık değerleri en yüksek depolamanın 63. gününde görülmüştür.

İç renk a^* değerinde, kek gruplarının her birinin farklı grupta olduğu ve KT kek grubunun en düşük iç renk a^* değerlerine sahip olduğu görülmüştür. 0 gün depolanan keklerin iç renk a^* değerlerinin 14 gün depolanan keklerle; 14 gün depolanan keklerin iç renk a^* değerlerinin 35 gün, 42 gün, 49 gün, 63 gün depolanan keklerle; 21 gün depolanan keklerin iç renk a^* değerlerinin 35 gün, 42 gün, 49 gün depolanan keklerle; 28 gün depolanan keklerin iç renk a^* değerlerinin 56 gün depolanan keklerle aynı grupta oldukları görülmüştür.

İç renk b^* değerinde, kek gruplarının her birinin farklı grupta olduğu ve EHT kek grubunun en düşük iç renk b^* değerlerine sahip olduğu görülmüştür. 0 gün depolanan keklerin iç renk b^* değerlerinin 35 gün depolanan keklerle; 14 gün depolanan keklerin iç renk b^* değerlerinin 21 gün depolanan keklerle; 28 gün depolanan keklerin dış renk b^* değerlerinin 35 gün, 49 gün, 56 gün, 63 gün depolanan aynı grupta oldukları görülmüştür.

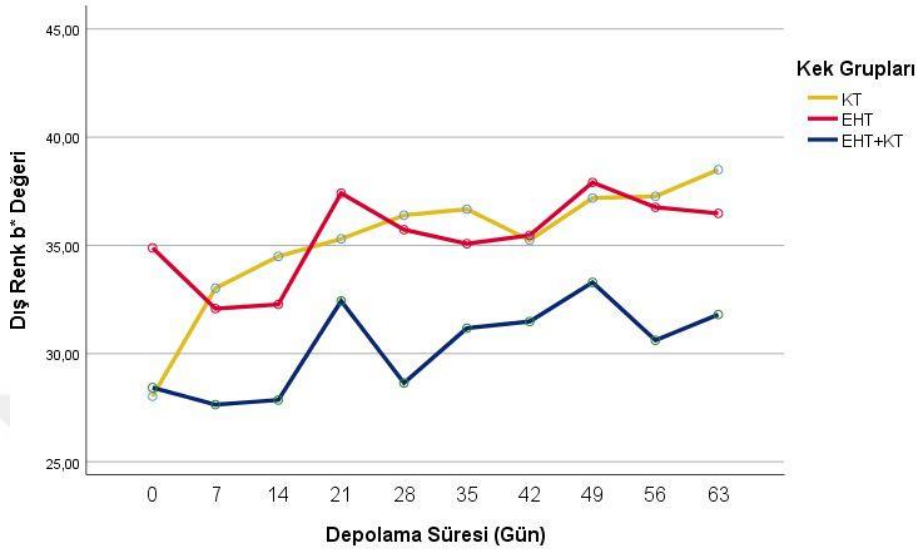
İç renk L^* değerinde, KT ve EHT+KT kek grubunun aynı grupta olduğu ve EHT kek grubunun en yüksek iç renk L^* değerine sahip olduğu görülmüştür. 7 gün depolanan keklerin iç renk L^* değerlerinin 14 gün depolanan keklerle; 14 gün depolanan keklerin iç renk L^* değerlerinin 21 gün depolanan keklerle; 28 gün depolanan keklerin iç renk L^* değerlerinin 35 gün depolanan keklerle; 35 gün depolanan keklerin iç renk L^* değerlerinin 42 gün, 49 gün, 56 gün depolanan keklerle; 42 gün depolanan keklerin iç renk L^* değerlerinin 49 gün, 56 gün, 63 gün depolanan keklerle aynı grupta oldukları görülmüştür.



Şekil 4.47. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) dış renk a^* değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği

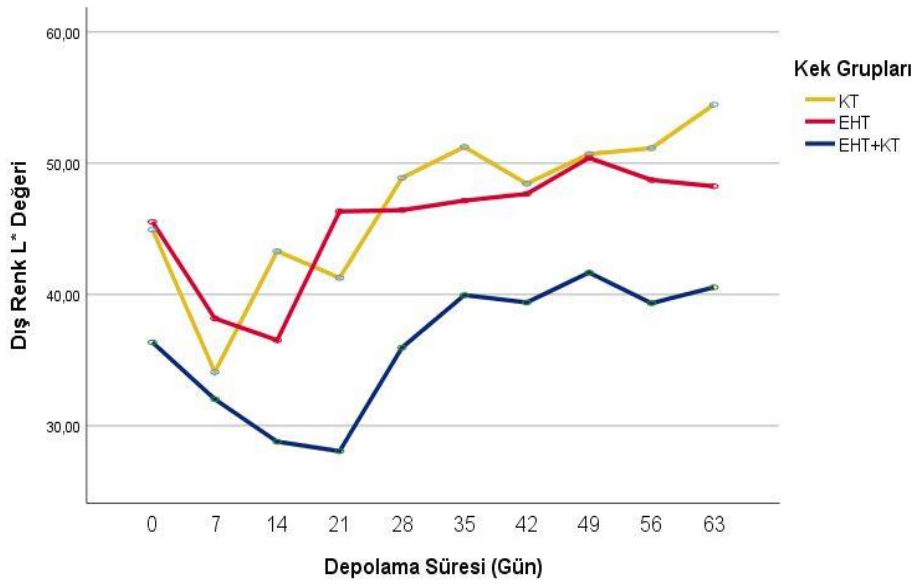
Şekil 4.47’de kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) dış renk a^* değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği verilmiştir. Depolamanın 21. ve 49. günleri EHT ve EHT+KT kek

grupları dış renk a^* değerinde düşüş gözlemlenirken KT kek grubunda artış gözlemlenmiştir. Depolama sonunda en yüksek dış renk a^* değerini EHT, en düşük değeri ise KT grubuna ait kekler göstermiştir.



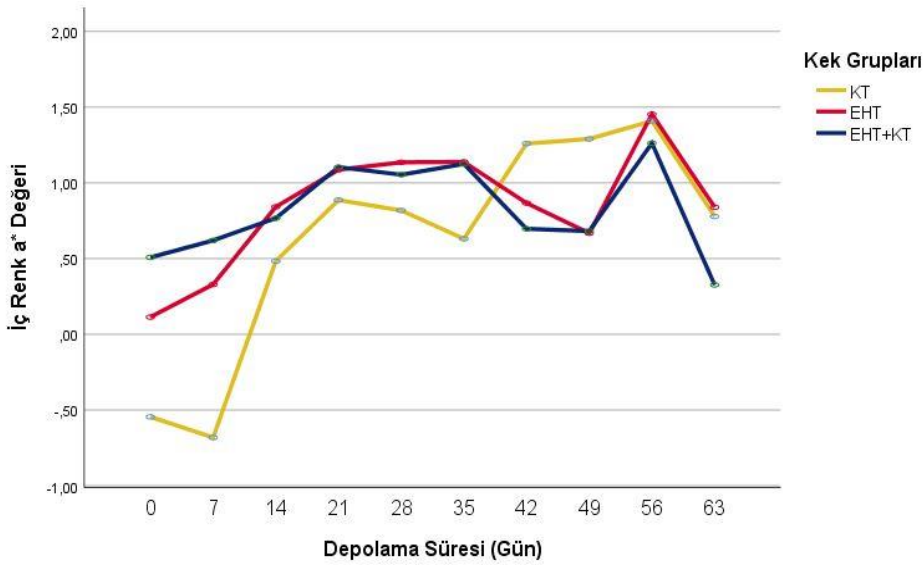
Şekil 4.48. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) dış renk b^* değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği

Şekil 4.48’de kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) dış renk b^* değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği verilmiştir. Depolamanın 7 günü EHT ve EHT+KT kek grupları dış renk b^* değerinde düşüş gözlemlenirken KT kek grubunda artış gözlemlenmiştir. Depolama sonunda en yüksek dış renk b^* değerini KT, en düşük değeri ise EHT+KT grubuna ait kekler göstermiştir.



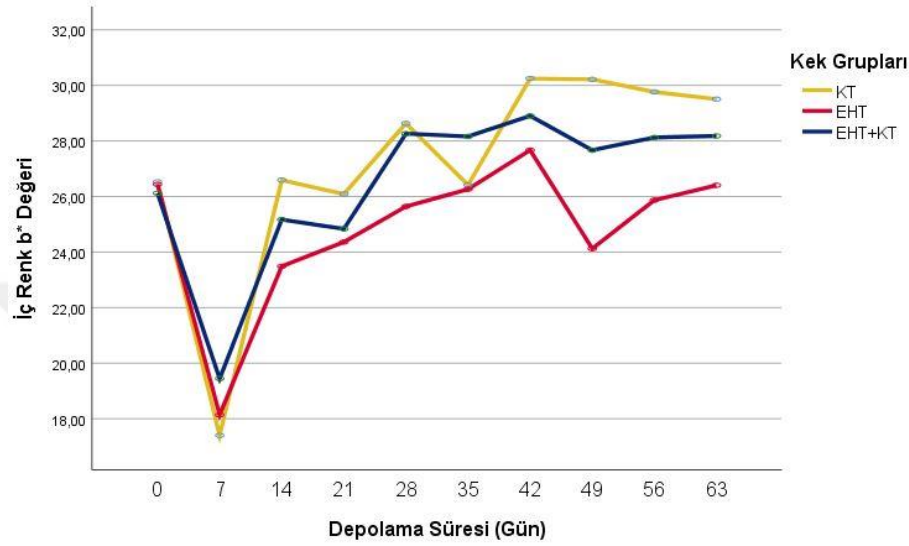
Şekil 4.49. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) dış renk L* değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği

Şekil 4.49’da kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) dış renk L* değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği verilmiştir. Depolama sonunda en yüksek dış renk L* değerini KT, en düşük değeri ise EHT+KT grubuna ait kekler göstermiştir.



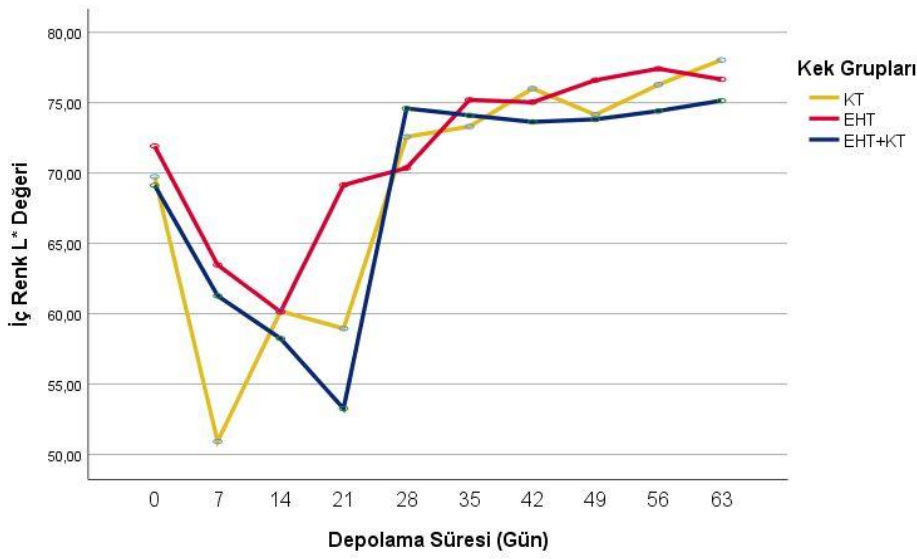
Şekil 4.50. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) iç renk a* değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği

Şekil 4.50’de kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) iç renk a* değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği verilmiştir. Depolamanın 21. ve 56. günleri arasında kek grupları iç renk a* değerinde aynı yönde artış gözlemlenirken 56. günden itibaren kek gruplarında aynı yönde azalış gözlemlenmiştir. Depolama sonunda en düşük iç renk a* değerini EHT+KT grubuna ait kekler göstermiştir.



Şekil 4.51. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) iç renk b* değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği

Şekil 4.51’de kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) iç renk b* değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği verilmiştir. Depolamanın 7. günü kek grupları iç renk b* değerinde hızlı bir düşüş gözlemlenmiştir. Depolama sonunda en yüksek iç renk b* değerini KT, en düşük değeri ise EHT grubuna ait kekler göstermiştir.



Şekil 4.52. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) iç renk L* değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği

Şekil 4.52’de kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) iç renk L* değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği verilmiştir. Depolama sonunda en yüksek iç renk L* değerini KT, en düşük değeri ise EHT+KT grubuna ait kekler göstermiştir.

4.3.8. Optimum kek örneklerinin muhafazası sırasında duyuşal özelliklerinde meydana gelen değişimler

Kontrol grubu kek ile ekşi hamur tozu ihtiva eden keklerin depolanma süresince panelistler tarafından değerlendirilen duyuşal özelliklerinin (dış görünüş, kesit yüzey gözenek yapısı, tekstür (sertlik), iç renk, tat, koku, ağızda bıraktığı his ve genel beğeni puanları) depolama süresi (raf ömrü) etkisine ilişkin analiz sonuçları Çizelge 4.82’de, varyans analizi sonuçları Çizelge 4.83’te verilmiştir.



Şekil 4.53. Keklerin fiziksel görünümünde meydana gelen değişim

şekil 4.53'te panalistler tarafından puanlanarak belirlenen kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) duyusal özellikleri, keklerde meydana gelen fiziksel değişimler ve mikrobiyolojik analiz (sünme (rop) sayımı) sonuçlarına göre 35. haftadan itibaren devam edilmemiştir.



Çizelge 4.82. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) depolama süresince meydana gelen duyuşal özellikleri değişimlerine ait analiz sonuçları

Depolama Süresi (Gün)	Örnek sayısı	Dış Görünüş						Kesit Yüzeyinin Gözenek Yapısı						Tekstür (Sertlik)					
		KT		EHT		EHT+KT		KT		EHT		EHT+KT		KT		EHT		EHT+KT	
		Ort.	± S.S.	Ort.	± S.S.	Ort.	± S.S.	Ort.	± S.S.	Ort.	± S.S.	Ort.	± S.S.	Ort.	± S.S.	Ort.	± S.S.	Ort.	± S.S.
0. Gün	2	7,65	± 0,07	6,25	± 0,07	6,20	± 0,14	7,45	± 0,49	6,50	± 0,71	6,55	± 0,07	7,15	± 0,49	5,95	± 0,35	6,70	± 0,00
7. Gün	2	7,90	± 0,28	6,75	± 0,35	7,80	± 0,28	7,85	± 0,07	6,60	± 0,42	7,20	± 0,00	6,95	± 0,49	5,10	± 0,28	6,40	± 0,28
14. Gün	2	7,30	± 0,28	6,80	± 0,14	6,65	± 0,35	7,65	± 0,64	6,70	± 0,42	6,75	± 0,07	7,65	± 0,49	6,35	± 0,35	6,90	± 0,14
21. Gün	2	7,05	± 0,07	7,15	± 0,07	6,15	± 0,35	7,85	± 0,21	5,60	± 0,14	6,30	± 0,14	7,50	± 0,28	5,00	± 0,57	6,05	± 0,07
28. Gün	2	7,40	± 0,14	7,05	± 0,21	5,85	± 0,49	7,80	± 0,14	6,25	± 0,21	6,30	± 0,14	7,50	± 0,42	5,25	± 0,21	5,90	± 0,14
35. Gün	2	6,70	± 0,14	6,65	± 0,21	6,25	± 0,35	7,40	± 0,14	5,90	± 0,42	6,45	± 0,07	6,60	± 0,42	4,85	± 0,07	5,45	± 0,35
Toplam	12	7,33	± 0,43	6,78	± 0,34	6,48	± 0,71	7,67	± 0,32	6,26	± 0,52	6,59	± 0,33	7,23	± 0,50	5,40	± 0,62	6,23	± 0,53
Depolama Süresi (Gün)	Örnek sayısı	İç Renk						Tat						Koku					
		KT		EHT		EHT+KT		KT		EHT		EHT+KT		KT		EHT		EHT+KT	
		Ort.	± S.S.	Ort.	± S.S.	Ort.	± S.S.	Ort.	± S.S.	Ort.	± S.S.	Ort.	± S.S.	Ort.	± S.S.	Ort.	± S.S.	Ort.	± S.S.
0. Gün	2	7,75	± 0,35	6,50	± 0,57	6,75	± 0,49	6,95	± 0,07	6,35	± 0,49	6,45	± 0,35	7,20	± 0,00	6,70	± 0,57	6,55	± 0,07
7. Gün	2	8,20	± 0,00	6,85	± 0,07	7,30	± 0,57	7,00	± 0,28	5,60	± 0,00	6,75	± 0,64	7,55	± 0,21	7,60	± 0,42	7,85	± 0,21
14. Gün	2	7,75	± 0,49	6,70	± 0,28	6,85	± 0,49	7,30	± 0,28	7,15	± 0,07	7,00	± 0,28	7,85	± 0,21	7,30	± 0,28	7,40	± 0,57
21. Gün	2	7,60	± 0,14	6,35	± 0,07	6,45	± 0,07	6,80	± 0,28	5,85	± 0,35	6,10	± 0,28	6,90	± 0,28	6,60	± 0,28	6,30	± 0,28
28. Gün	2	7,75	± 0,07	6,05	± 0,21	6,20	± 0,42	7,20	± 0,57	5,85	± 0,21	6,30	± 0,57	6,95	± 0,07	6,65	± 0,35	6,60	± 0,28
35. Gün	2	7,25	± 0,21	6,20	± 0,00	6,35	± 0,35	6,85	± 0,21	6,50	± 0,71	6,60	± 0,00	7,30	± 0,00	7,05	± 0,07	6,85	± 0,07
Toplam	12	7,72	± 0,35	6,44	± 0,35	6,65	± 0,50	7,02	± 0,30	6,22	± 0,61	6,53	± 0,43	7,29	± 0,37	6,98	± 0,47	6,93	± 0,60
Depolama Süresi (Gün)	Örnek sayısı	Ağızda Bıraktığı His						Genel Beğeni											
		KT		EHT		EHT+KT		KT		EHT		EHT+KT							
		Ort.	± S.S.	Ort.	± S.S.	Ort.	± S.S.	Ort.	± S.S.	Ort.	± S.S.	Ort.	± S.S.						
0. Gün	2	7,00	± 0,00	6,40	± 0,28	6,35	± 0,07	7,10	± 0,00	6,25	± 0,35	6,45	± 0,07						
7. Gün	2	6,95	± 0,35	5,55	± 0,07	6,15	± 0,64	7,15	± 0,21	5,95	± 0,07	6,85	± 0,64						
14. Gün	2	7,20	± 0,42	6,85	± 0,07	6,75	± 0,64	7,50	± 0,42	6,95	± 0,07	6,90	± 0,28						
21. Gün	2	6,95	± 0,64	5,70	± 0,71	5,85	± 0,35	7,20	± 0,42	6,00	± 0,71	6,45	± 0,07						
28. Gün	2	7,40	± 0,42	5,75	± 0,35	6,25	± 0,49	7,55	± 0,21	5,90	± 0,14	6,05	± 0,64						
35. Gün	2	6,80	± 0,14	6,20	± 0,71	6,05	± 0,21	7,00	± 0,00	6,00	± 0,71	6,30	± 0,00						
Toplam	12	7,05	± 0,35	6,08	± 0,58	6,23	± 0,44	7,25	± 0,29	6,18	± 0,50	6,50	± 0,42						

Çizelge 4.83. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) değerlerinde depolama süresince meydana gelen duyuşal özellikleri değişimlerine ait varyans analiz sonuçları

Parametre	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Dış Görünüş	Kek Grupları*	4,477	2	2,239	34,294	0,000
	Depolama Süresi*	3,231	5	0,646	9,9	0,000
	Kek Grupları×Depolama Süresi*	4,419	10	0,442	6,77	0,000
Kesit Yüzeyinin Gözenek Yapısı	Kek Grupları*	13,001	2	6,500	61,582	0,000
	Depolama Süresi*	1,886	5	0,377	3,573	0,020
	Kek Grupları×Depolama Süresi	1,559	10	0,156	1,477	0,226
Tekstür (Sertlik)	Kek Grupları*	19,682	2	9,841	83,358	0,000
	Depolama Süresi*	6,129	5	1,226	10,384	0,000
	Kek Grupları×Depolama Süresi	1,932	10	0,193	1,636	0,174
İç Renk	Kek Grupları*	11,227	2	5,614	50,146	0,000
	Depolama Süresi*	2,995	5	0,599	5,35	0,003
	Kek Grupları×Depolama Süresi	0,466	10	0,047	0,416	0,921
Tat	Kek Grupları*	3,896	2	1,948	13,803	0,000
	Depolama Süresi*	2,832	5	0,566	4,014	0,013
	Kek Grupları×Depolama Süresi	1,828	10	0,183	1,295	0,304
Koku	Kek Grupları*	0,932	2	0,466	5,590	0,013
	Depolama Süresi*	5,723	5	1,145	13,736	0,000
	Kek Grupları×Depolama Süresi	0,685	10	0,068	0,822	0,613
Ağızda Bıraktığı His	Kek Grupları*	6,571	2	3,285	17,626	0,00
	Depolama Süresi	2,378	5	0,476	2,552	0,065
	Kek Grupları×Depolama Süresi	1,506	10	0,151	0,808	0,625
Genel Beğeni	Kek Grupları*	7,295	2	3,648	26,21	0,000
	Depolama Süresi	1,796	5	0,359	2,581	0,063
	Kek Grupları×Depolama Süresi	1,352	10	0,135	0,971	0,499

*Varyasyon kaynaklarının etkisi önem düzeyi seviyesinde önemlidir ($p<0,05$)

Çizelge 4.83'teki varyans analiz sonuçlarına göre kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) duyuşal analiz özelliklerinden dış görünüş, kesit yüzeyinin gözenek yapısı, tekstür (sertlik), iç renk, tat, koku, ağızda bıraktığı his, genel beğeni üzerine etkisinin çok önemli ($p<0,05$) olduğu belirlenmiştir. Depolama (raf ömrü) süresinin analiz özelliklerinden dış görünüş, kesit yüzeyinin gözenek yapısı, tekstür (sertlik), iç renk, tat, koku üzerinde etkisinin çok önemli ($p<0,05$) olduğu belirlenmiştir. İkili interaksiyonlar (*kek grupları×depolama süresi*) incelendiğinde dış görünüş değerleri etkisinin çok önemli ($p<0,01$) olduğu ancak kesit yüzeyinin gözenek yapısı, tekstür (sertlik), iç renk, tat, koku, ağızda bıraktığı his, genel beğeni değerleri üzerinde etkisinin önemli olmadığı ($p>0,05$) saptanmıştır. Etkisinin önemli olduğu bulunan kek gruplarına ve depolama süresine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.84'te verilmiştir.

Çizelge 4.84. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) duyu özellikleri değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Kek Grupları	Örnek Sayısı	Dış Görünüş	Kesit Yüzeyinin Gözenek Yapısı	Tekstür (Sertlik)	İç Renk	Tat	Koku	Ağızda Bıraktığı His	Genel Beğeni
KT	20	7,33 ^c	7,67 ^c	7,23 ^c	7,72 ^b	7,02 ^b	7,29 ^b	7,05 ^b	7,25 ^c
EHT	20	6,78 ^b	6,26 ^a	5,42 ^a	6,44 ^a	6,22 ^a	6,98 ^a	6,08 ^a	6,18 ^a
EHT+KT	20	6,48 ^a	6,59 ^b	6,23 ^b	6,65 ^a	6,53 ^a	6,93 ^a	6,23 ^a	6,50 ^b
Depolama Süresi (Gün)	Örnek Sayısı	Dış Görünüş	Kesit Yüzeyinin Gözenek Yapı	Tekstür (Sertlik)	İç Renk	Tat	Koku	Ağızda Bıraktığı His	Genel Beğeni
0. gün	6	6,70 ^{a,b}	6,83 ^{a,b,c}	6,60 ^{b,c}	7,00 ^{a,b}	6,58 ^a	6,82 ^{a,b}	6,58 ^{a,b}	6,60 ^a
7. gün	6	7,48 ^c	7,22 ^c	6,15 ^b	7,45 ^c	6,45 ^a	7,67 ^c	6,22 ^a	6,65 ^a
14. gün	6	6,92 ^b	7,03 ^{b,c}	6,97 ^c	7,10 ^{b,c}	7,15 ^b	7,52 ^c	6,93 ^b	7,12 ^b
21. gün	6	6,78 ^{a,b}	6,58 ^a	6,18 ^b	6,80 ^{a,b}	6,25 ^a	6,60 ^a	6,17 ^a	6,55 ^a
28. gün	6	6,77 ^{a,b}	6,78 ^{a,b}	6,22 ^b	6,67 ^{a,b}	6,45 ^a	6,73 ^{a,b}	6,47 ^{a,b}	6,50 ^a
35. gün	6	6,53 ^a	6,58 ^a	5,63 ^a	6,60 ^a	6,65 ^a	7,07 ^b	6,35 ^a	6,43 ^a

Çizelge 4.84'teki Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre;

Dış görünüş değerinde kek gruplarının her birinin farklı grupta olduğu ve EHT+KT grubu kek örneğinin dış görünüş değerlerinin daha düşük değerde olduğu görülmüştür. 0 gün depolanan keklerin dış görünüş değerlerinin 14 gün, 21 gün, 28 gün, 35 gün depolanan keklerle aynı grupta oldukları görülmüştür. Bu durum 0 gün, 7 gün, 14 gün, 21 gün, 28 gün, 35 gün depolanan keklerin dış görünüş değerleri arasında artış olsa da bu artışın istatistiksel olarak önemli ancak dış görünüş değerlerinin yükselme hızının çok düşük olduğunu göstermektedir. En yüksek dış görünüş değeri 7. gün gözlemlenmiştir.

Kesit yüzeyinin gözenek yapısı değerinde, kek gruplarının her birinin farklı grupta olduğu ve KT grubu kek örneğinin kesit yüzeyinin gözenek yapısı değerinin daha yüksek değerde olduğu görülmüştür. 0 gün depolanan keklerin kesit yüzeyinin gözenek yapısı değerlerinin 14 gün, 21 gün, 28 gün, 35 gün depolanan keklerle aynı grupta oldukları görülmüştür. En yüksek keklerin kesit yüzeyinin gözenek yapısı değeri 7. gün gözlemlenmiştir.

Tekstür (sertlik) değerinde, kek gruplarının her birinin farklı grupta olduğu ve KT grubu kek örneğinin tekstür (sertlik) değerinin daha yüksek değerde olduğu görülmüştür. 0 gün depolanan keklerin tekstür (sertlik) değerlerinin 14 gün, 21 gün, 28 gün depolanan keklerle aynı grupta oldukları görülmüştür. Bu durum 0 gün, 7 gün, 14 gün, 21 gün, 28 gün depolanan keklerin tekstür (sertlik) değerleri arasında artış olsa da bu artışın istatistiksel olarak önemli ancak keklerin tekstür (sertlik) değerlerinin

yükselme hızının çok düşük olduğunu göstermektedir. En yüksek keklerin tekstür (sertlik) değeri 7. gün gözlemlenmiştir.

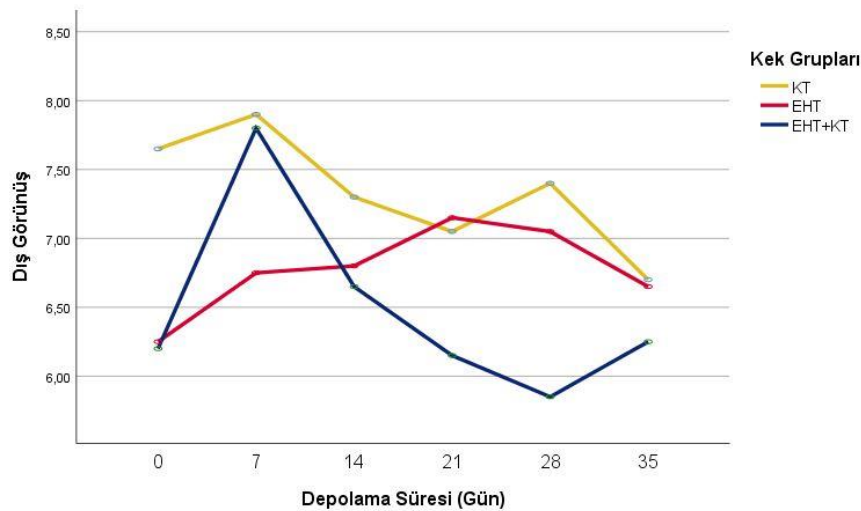
İç renk değerinde, EHT ve EHT+KT kek gruplarının aynı grupta olduğu ve KT grubu kek örneğinin iç renk değerinin daha yüksek değerde olduğu görülmüştür. 0 gün depolanan keklerin iç renk değerlerinin 14 gün, 21 gün, 28 gün, 35 gün depolanan keklerle aynı grupta oldukları görülmüştür. En yüksek keklerin iç renk değeri 7. gün gözlemlenmiştir.

Tat değerinde, EHT ve EHT+KT kek gruplarının aynı grupta olduğu ve KT grubu kek örneğinin tat değerinin daha yüksek değerde olduğu görülmüştür. 0 gün depolanan keklerin iç renk değerlerinin 7 gün, 21 gün, 28 gün, 35 gün depolanan keklerle aynı grupta oldukları görülmüştür. Bu durum depolanan keklerin tat değerleri arasında artış olsa da bu artışın istatistiksel olarak önemli ancak keklerin tat değerlerinin yükselme hızının çok düşük olduğunu göstermektedir. En yüksek keklerin tat değeri 14. gün gözlemlenmiştir.

Koku değerinde, EHT ve EHT+KT kek gruplarının aynı grupta olduğu ve KT grubu kek örneğinin tat değerinin daha yüksek değerde olduğu görülmüştür. 0 gün depolanan keklerin iç renk değerlerinin 21 gün, 28 gün, 35 gün depolanan keklerle; 7 gün depolanan keklerin 14 gün depolanan keklerle aynı grupta oldukları görülmüştür. En yüksek keklerin koku değeri 14. gün gözlemlenmiştir.

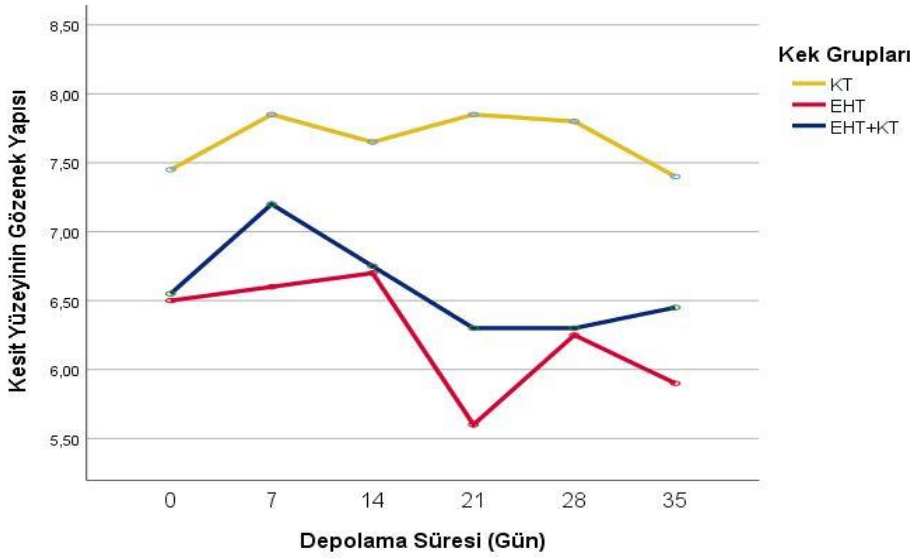
Ağızda bıraktığı his değeri, EHT ve EHT+KT kek gruplarının aynı grupta olduğu ve KT grubu kek örneğinin ağızda bıraktığı his değerinin daha yüksek değerde olduğu görülmüştür.

Genel beğeni değerinde, göre kek gruplarının her birinin farklı grupta olduğu ve KT grubu kek örneğinin genel beğeni değerinin daha yüksek değerde olduğu görülmüştür.



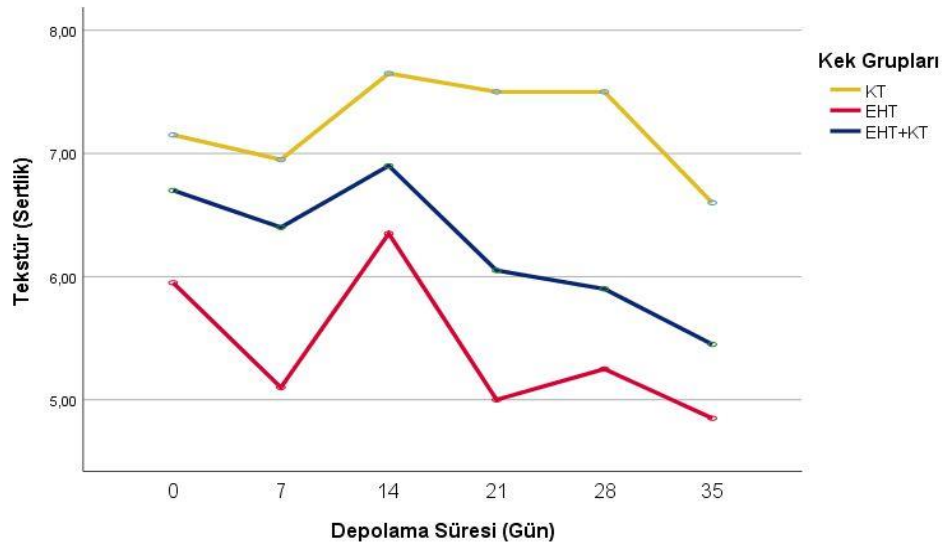
Şekil 4.54. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) dış görünüş değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği

Şekil 4.54'te kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) dış görünüş değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği verilmiştir. KT, EHT, EHT+KT kek grupları, en yüksek dış görünüş değerine sırasıyla 7., 21., 7. gün ulaşılmıştır. En düşük dış görünüş değerine ise 35., 0., 28. gün ulaşılmıştır. Bu durumda kontrol grubu (KT)'nin depolama süresi uzadıkça dış görünüş değerlerinin azaldığı saptanmıştır.



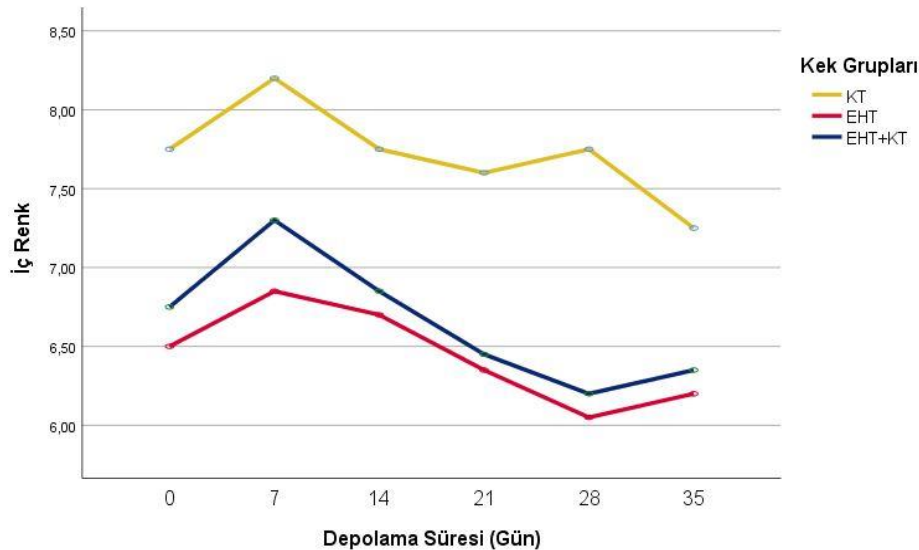
Şekil 4.55. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) kesit yüzeyinin gözenek yapısı değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği

Şekil 4.55'te kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) kesit yüzeyinin gözenek yapısı değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği verilmiştir. KT, EHT, EHT+KT kek grupları, en yüksek kesit yüzeyinin gözenek yapısı değerine sırasıyla 7., 14., 7. gün ulaşılmıştır. En düşük kesit yüzeyinin gözenek yapısı değerine ise 35., 21., 21. gün ulaşılmıştır. Bu durumda kontrol grubu (KT)'nin depolama süresi uzadıkça kesit yüzeyinin gözenek yapısı değerlerinin azaldığı saptanmıştır.



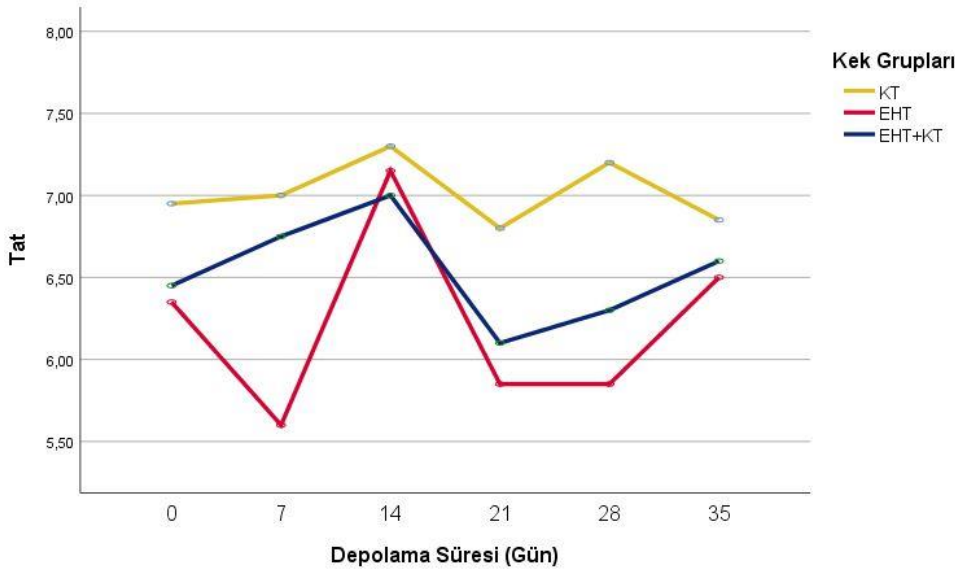
Şekil 4.56. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) tekstür (sertlik) değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği

Şekil 4.56’da kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) tekstür (sertlik) değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği verilmiştir. KT, EHT, EHT+KT kek grupları, en yüksek tekstür (sertlik) değerine 14. gün ulaşılmıştır. En düşük tekstür (sertlik) değerine ise 35. gün ulaşılmıştır. Bu durumda KT, EHT, EHT+KT kek gruplarının depolama süresi sonunda tekstür (sertlik) değerlerinin düşmesi amiloz değerlerinin artmasına paralel olarak kabuk kısmında sertleşmeyle ilişkilendirilebilir.



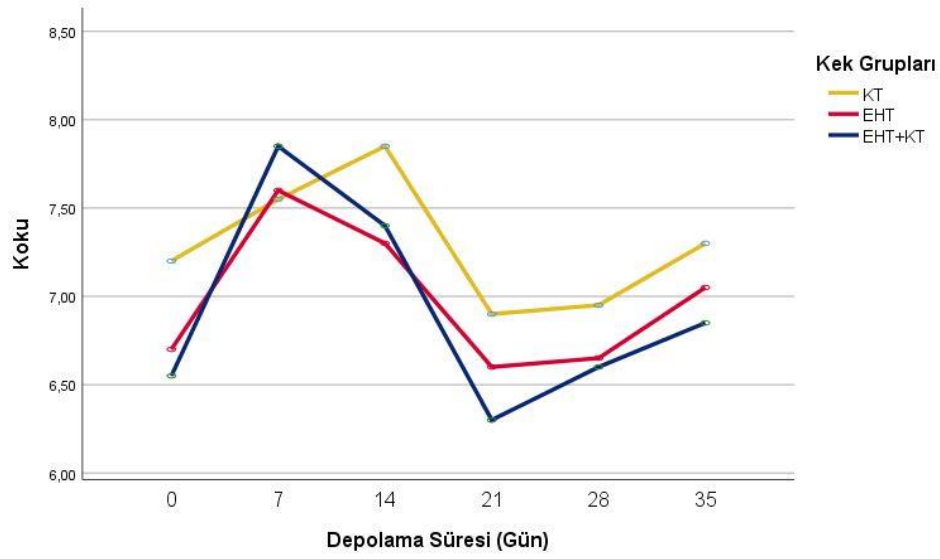
Şekil 4.57. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) iç renk değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği

Şekil 4.57’de kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) iç renk değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği verilmiştir. KT, EHT, EHT+KT kek grupları, en yüksek iç renk değerine 7. gün ulaşılmıştır. En düşük iç renk değerine ise KT grubu kek örneği 35. gün, EHT ve EHT+KT grubu kek örneğinin 28. gün ulaştığı gözlemlenmiştir. Bu durumda kontrol grubu kek örneğinin depolama süresi sonunda iç renk puanlarının düştüğü görülmektedir.



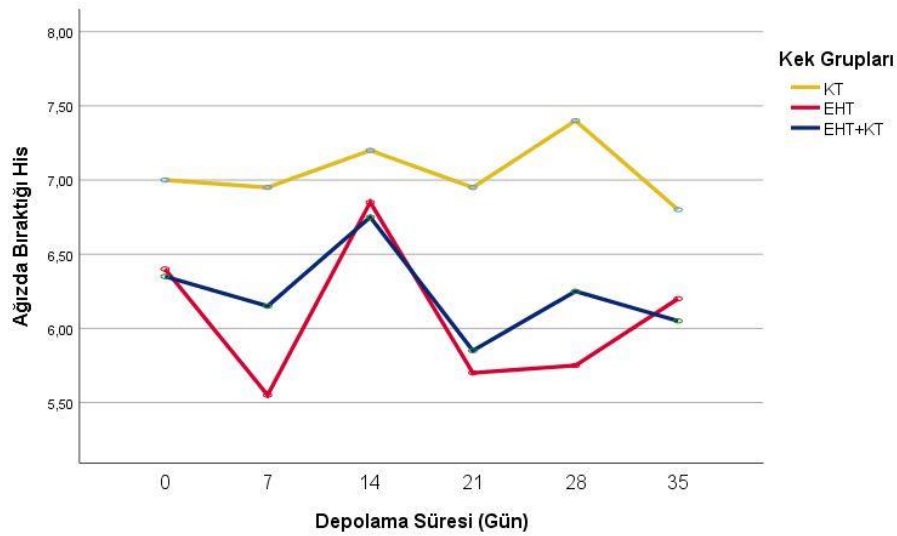
Şekil 4.58. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) tat değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği

Şekil 4.58’de kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) tat değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği verilmiştir. KT, EHT, EHT+KT kek grupları, en yüksek tat değerine 14. gün ulaşılmıştır. En düşük tat değerine ise KT ve EHT+KT grubu kek örneklerinin 21. gün, EHT grubu kek örneğinin ise 7. gün ulaşıldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.59. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) koku değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği

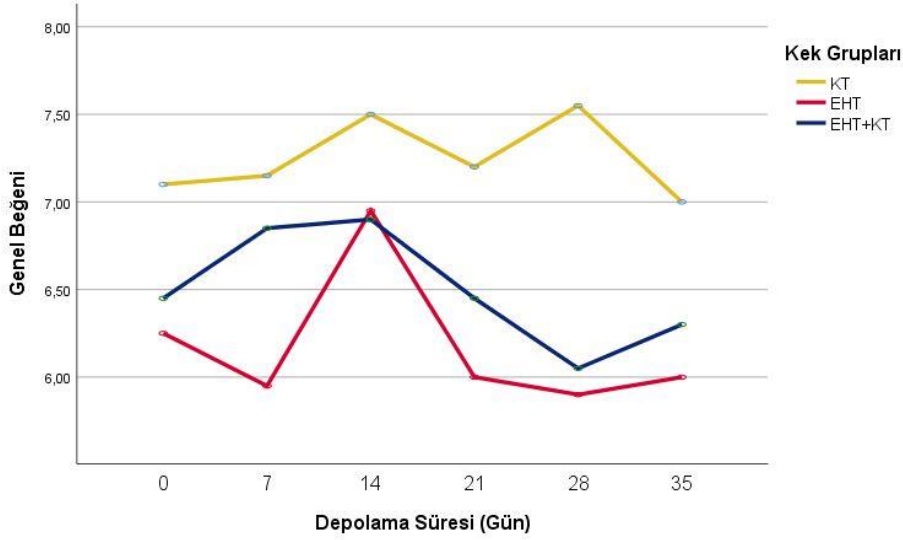
Şekil 4.59’da kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) koku değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği verilmiştir. EHT, EHT+KT kek grupları, en yüksek koku değerine 7. gün, KT kek grubu için ise 14. gün ulaşılmıştır. Kek gruplarının en düşük koku değerine 21. gün ulaşıldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.60. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) ağızda bıraktığı his değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği

Şekil 4.60’ta kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) ağızda bıraktığı his değerlerinde depolama süresince

meydana gelen değişim grafiği verilmiştir. EHT, EHT+KT kek grupları, en yüksek ağızda bıraktığı hi değerine 14. gün, KT kek grubu için ise 28. gün ulaşılmıştır. Kek gruplarının en düşük ağızda bıraktığı his değerine ise KT grubu kek örneği için 35. gün, EHT grubu kek örneği için 7. gün, EHT+KT grubu kek örneği için ise 21. gün ulaşıldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.61. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) genel beğeni değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği

Şekil 4.61’de kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) genel beğeni değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim grafiği verilmiştir. EHT, EHT+KT kek grupları, en yüksek genel beğeni değerine 14. gün, KT kek grubu için ise 28. gün ulaşılmıştır. Kek gruplarının en düşük genel beğeni değerine ise KT grubu kek örneği için 35. gün, EHT grubu kek örneği için 7. gün, EHT+KT grubu kek örneği için ise 28. gün ulaşıldığı gözlemlenmiştir.

5. SONUÇLAR

Bu yüksek lisans tez çalışmasında ekşi hamur florasında bulunan maya ve laktik asit bakterilerinin baskın olmasından yola çıkılarak, fermantasyonu kontrol etmek ve standart kalitede ürün elde etmek için ticari olarak üretilen ekşi hamur tozu kullanılarak üretilen kekler ile kabartma tozu içeren kontrol grubu kek örnekleri üretilmiştir. Kabartma tozu ve ekşi hamur tozu ikilisinin beraber kullanıldığı keklerin optimizasyonu yapılmıştır.

Optimizasyon için üretilen keklerin fiziksel, kimyasal, yapısal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Elde edilen ekşi hamur tozu miktarı, mayalanma süresine ve kabartma tozuna ait model sonuçları incelendiğinde, programa işlenen bağımsız değişken su aktivitesinin model üzerinde etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Deneysel modelin spesifik hacim ve hacim indeksi etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Ekşi hamur tozu miktarı artışı ile spesifik hacmin azaldığı, mayalanma süresi ve kabartma tozu miktarındaki artış ile spesifik hacmin arttığı gözlemlenirken ekşi hamur tozu miktarı azalışı, mayalanma süresi ve kabartma tozu miktarındaki artışı ile hacim indeksinin arttığı gözlemlenmiştir. Programa işlenen bağımsız değişken kek dış ve iç rengi değerine ait sonuçların deneysel model üzerinde etkisi istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. Ekşi hamur tozu artışı ile dış renk a^* , b^* , L^* değerinde azalma olduğu, düşük miktarlarda ekşi hamur tozu kullanılan keklerde bu düşüşün daha az olduğu ve mayalanma süresine bağlı olarak arttığı gözlemlenmiştir. Ekşi hamur tozu artışı ile iç renk a^* , iç renk L^* değerinde azalma olduğu gözlemlenirken, iç renk b^* değeri üzerinde ekşi hamur tozunun bir etkisi olmadığı gözlemlenmiştir. EHT+KT kek örneklerinin tekstürel özelliklerinden sertlik değerine ait sonuçlar incelendiğinde deneysel modelin sertlik değerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Ekşi hamur tozu miktarı azalışı, mayalanma süresi ve kabartma tozu miktarındaki artışı ile sertlik değerinin düştüğü gözlemlenmiştir. Duyusal özelliklere (dış görünüş, kesit yüzeyinin gözenek yapısı, tekstür (duyuşal sertlik), iç renk, tat, koku, ağızda bıraktığı his, genel beğeni değerleri) ait sonuçlar incelendiğinde deneysel modelin dış görünüş, kesit yüzeyinin gözenek yapısı, tekstür (sertlik), iç renk, tat, koku, ağızda bıraktığı his, genel beğeni değerleri üzerine etkisi önemli bulunmuştur. Ekşi hamur tozu miktarının çok olmadığı miktarlarda; kesit yüzeyi gözenek yapısı, iç renk, tat, koku, ağızda bıraktığı his, genel beğeni değerinin arttığı, sertlik değerinde ise azalma olduğu gözlemlenmiştir.

Optimizasyon için üretilen EHT+KT'li kek hamurunda yapılan organik asit, etanol, serbest şeker tayini, TMAB ve LAB, pH, titrasyon asitliği model sonuçlarına göre organik asitlerden; laktik asit, sitrik asit, fumarik asit, bütirik asit değerleri ve etanol raporlama limit (5 mg/kg) değeri altında olmasından dolayı programa işlenmemiştir. Elde edilen sonuçlara göre modelin sakkaroz (mg/kg) glikoz (mg/kg), fruktoz (mg/kg), tartarik asit (mg/kg), malik asit (mg/kg) üzerinde istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenirken TMAB (log kob/g) değerinin ise model üzerine etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir. LAB (log kob/g) sayım sonuçları, ekşi hamur tozu miktarındaki artışa göre zamanla LAB (log kob/g) sayımında artış gösterdiği gözlemlenmiştir. pH ve titrasyon asitliği değerlerinde ekşi hamur tozu miktarındaki artış ile arttığı gözlemlenmiştir.

Modelin kek kalite özellikleri üzerine önemli derecede etkili ve modele uyumlu olduğu belirlenen değişkenler için hedefler belirlenerek optimum formülasyon belirlenmiştir. EHT+KT'li kek üretimi için 11 g EHT miktarı, 3 sa 12 dk mayalanma süresi, 3,2 g KT miktarı optimum koşullar olarak önerilmiştir. Modelin doğrulanması amacıyla belirlenen optimum formülasyona sahip kekler üretilmiş ve özellikleri incelenmiştir. Design Expert® 11 programı kullanılarak istatistiksel modelin %95 seviyesinde tahmin edilen aralıklar içinde olup olmadığı değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda oluşturulan modelin %95 önem seviyesinde kabul edilebilir olduğu gözlemlenmiştir (Bkz. Çizelge 4.61).

Optimizasyon sonucu elde edilen kekler (EHT+KT), sadece EHT içeren kekler ile kontrol grubu keklerin (sadece KT içeren) besin içeriklerine ait analizler yapılmış ve nem, ham protein, ham yağ değeri, ham lif, kül içerikleri, pH, titrasyon asitliği değeri belirlenmiştir.

Aynı zamanda optimizasyon sonucu elde kekler (EHT+KT), sadece EHT içeren kekler ile kontrol grubu kek (sadece KT içeren) haftada bir 2 ay boyunca raf ömrü analizlerine tabi tutulmuştur. Raf ömrü için her gruptan 2 tekerrürlü olacak şekilde modifiye atmosferde (%0,0 O₂, %26,1 CO₂, %73,9 N₂) PVC ambalajlara paketlenerek oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir. Depolama süresince % serbest yağ asitliği (oleik asit cinsinden), peroksit değeri (meq O₂/kg yağ), TBA reaktifleri (μmol MDA/kg) değeri, % amiloz, sünme (rop) sayımı (log kob/g), renk, sertlik ve duyu analizi değişimleri incelenmiştir.

Optimizasyon sonucu elde edilen kekler (EHT, EHT+KT) ile kontrol grubu kek (KT) örneklerine depolama süresince yapılan analizler sonucunda depolama başlangıcında KT ile EHT+KT kek grubunun en yüksek % serbest yağ asitliği (oleik asit cinsinden) değerleri göstermekte iken depolama süresi sonunda en yüksek değere sahip KT grubu kek örneği olduğu gözlemlenmiştir. Depolama başlangıcında ve sonunda en düşük % serbest yağ asitliği (oleik asit cinsinden) değerlerine sahip olan kekin ise ekşi hamur tozu katkılı kek olduğu görülmektedir.

Peroksit değerleri (meq O₂/kg yağ) depolama başlangıcında EHT+KT grubu kek örneklerinde en yüksek, EHT ve KT kek grupları ise en düşük oranda gözlemlenmiştir. Depolama sonlarına doğru ise EHT+KT grubu kek örneklerinde azalma gözlemlenirken EHT ve KT grubu kek örneklerinin peroksit değerlerinde (meq O₂/kg yağ) ise artış meydana gelmiştir.

% Amiloz değeri ve TBA reaktifleri (μmol MDA/kg) depolama başlangıcında ve sonunda en yüksek değer gösteren KT grubu kek örneklerinin sahip olduğu görülmüştür. Depolama başlangıcında ve sonunda en düşük % amiloz değeri ve TBA reaktifleri (μmol MDA/kg) sahip olan kekin ise EHT grubu keklerin olduğu görülmüştür.

Sünme (rop) sporu sayımında (log kob/g) depolama başlangıcında ve sonunda KT grubu kek örnekleri en yüksek değer göstermiştir. EHT grubu keklerin depolama süresi boyunca herhangi bir değişim göstermezken depolamanın 42. gününden itibaren EHT+KT grubu keklerin sünme (rop) sporu sayımında (log kob/g) artış

gözlemlenmiştir. Bu sonuca bağlı olarak kek örneklerinde görülen sünme (rop) sporundan dolayı duyuusal analiz durdurulmuştur.

Depolamanın 5. haftasından itibaren kontrol grubu keklerde meydana gelen küf gelişimi sonucunda duyuusal analize devam edilmemiştir. Elde edilen duyuusal analiz sonuçlarına kontrol grubunun (KT) depolama süresi uzadıkça dış görünüş, kesit yüzeyinin gözenek yapısı, tekstür (sertlik), iç renk değerlerinin azaldığı saptanmıştır. En düşük tat değerine, KT ve EHT+KT grubu kek örneklerinin 21. gün, EHT grubu kek örneğinin, 7. gün ulaşıldığı gözlemlenmiştir. Kek gruplarının en düşük koku değerine 21. gün, en düşük ağızda bıraktığı his değerine ise KT grubu kek örneği için 35. gün, EHT grubu kek örneği için 7. gün, EHT+KT grubu kek örneği için ise 21. gün ulaşıldığı gözlemlenmiştir. Kek gruplarının en düşük genel beğeni değerine ise KT grubu kek örneği için 35. gün, EHT grubu kek örneği için 7. gün, EHT+KT grubu kek örneği için ise 28. gün ulaşıldığı gözlemlenmiştir.

Yapılan renk analizi (a^* , b^* , L^*) varyans analizi sonuçlarına göre kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek grupları (EHT, EHT+KT) ve depolama süresinde depolama (raf ömrü) süresince meydana gelen değişimlerin dış ve iç renk (a^* , b^* , L^*) değerleri üzerinde istatistiksel olarak etkili olduğu görülmüştür ($p<0,05$). İkili interaksiyon (kek grupları $\times$ depolama süresi) etkileri incelendiğinde dış renk (a^* , b^* , L^*) değerlerinin kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek grupları (EHT, EHT+KT) üzerinde istatistiksel olarak önemli olmadığı, iç renk (a^* , b^* , L^*) değerlerinin ise istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür ($p<0,01$). Bu sonuçtan hareketle kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek grupları (EHT, EHT+KT) arasında depolanma süresince dış renk (a^* , b^* , L^*) farklılık göstermediği anlaşılmıştır. Kontrol grubu kek (KT) ile optimizasyon sonucu elde edilen kek gruplarının (EHT, EHT+KT) depolama sonunda en yüksek dış renk a^* değerini EHT, en düşük değeri ise KT grubuna ait kekler göstermiştir. Depolama sonunda en yüksek dış renk b^* ve dış renk L^* , iç renk L^* değerini KT, en düşük değeri ise EHT+KT grubuna ait kekler göstermiştir. Depolama sonunda en düşük iç renk a^* değerini EHT+KT grubuna ait kekler göstermiştir. Depolama sonunda en yüksek iç renk b^* değerini KT, en düşük değeri ise EHT grubuna ait kekler göstermiştir.

Optimizasyon sonucu elde kekler (EHT, EHT+KT) ile kontrol grubu kek (KT) örneklerinin tekstürel özelliklerinden sertlik değeri üzerinde kullanılan kek grubu ve depolama süresinin önemli etkiye sahip olduğu görülmüştür. Depolama süresine bağlı olarak sertlik değerlerinin depolamanın 0. gününden 63. gününe kadar düzenli olarak arttığı gözlemlenmiştir. Depolama başlangıcında ve sonunda en yüksek sertlik değerini gösteren EHT grubu gösterirken en düşük sertlik değerine sahip olan kekin ise KT grubu kek olduğu görülmüştür.

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, EHT'nin ikame olarak kullanıldığı keklerde depolama süresince meydana gelebilecek fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik özellikle sünme ile ilgili problemlerin büyük bir ölçüde giderilebileceği gözlemlenmiştir. Literatürde kek üretim prosesi incelendiğinde, kimyasal katkı maddesi kullanılmaksızın kabartma tozu yerine ikame edilebilecek ekşi hamur tozu ile ilgili herhangi bir çalışma bulunmadığından, bu yüksek lisans tezi kapsamında yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar bir sonraki çalışmalarda referans olarak kullanılabilir. değerdedir.

6. KAYNAKLAR

- AACC, 1997. Use of layer cake measuring template. In: AACC Method 10-91.01, 11th Ed., St. Paul, MN, U.S.A.
- AACC, 1999a. Hydrogen-ion activity (pH) - Electrometric method. In: AACC Method 02-52.01, 11th Ed., St. Paul, MN, U.S.A.
- AACC, 1999b. Titratable acidity. In: AACC Method 02-31.01, 11th Ed., St. Paul, MN, U.S.A.
- AACC, 2001. Guidelines for measurement of volume by rapeseed displacement. AACC Method 10-05.01, 11th Ed., St. Paul, MN, U.S.A.
- Akgün, F.B. 2007. Ekşi hamur tozu eldesi ve ekmek üretiminde kullanılabilme olanakları. Pamukkale Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Denizli, 66 s.
- Anonim, 1992. TS 3522 Ekmek mayası standardı. *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 9 s.
- AOAC, 1969. Peroxide value of oils and fats. Titration method. In: AOAC official method 965.33.
- AOAC, 2002. Fatty acids (free) in crude and refined oils. Titration method. In: AOAC official method 940.28.
- Arendt, E.K., Ryan, L.A.M. and Dal Bello, F. 2007. Impact of Sourdough on the texture of bread. *Food Microbiology*, 24 (2), 165–174.
- Armero, E. and Collar, C. 1998. Crumb firming kinetics of wheat breads with anti-staling additives. *Journal of Cereal Science*, 28 (2), 165-174.
- Axelsson, L. (2004). Lactic acid bacteria: classification and physiology. In: Salminen, S., Wright, A.V. and Ouwehand, A. (Eds), Lactic acid bacteria: microbiology and functional aspects. 3rd Edition, Marcel Dekker, New York, 1-67
- Bailey, C.P. and von Holy, A. 1993. Bacillus Spore Contamination Associated with Commercial Bread Manufacture. *Food Microbiology*, 10 (4), 287-294.
- Baltacıoğlu, C. ve Uyar, M. 2017. Kabak (Cucubita pepo L.) tozunun kek üretiminde potansiyel kullanımı ve kek kalite parametrelerine etkisi. *Akademik Gıda*, 15 (3), 274-280.
- Banu, I. and Aprodu, I. 2012. Studies concerning the use of *Lactobacillus helveticus* and *Kluyveromyces marxianus* for rye sourdough fermentation. *European Food Research and Technology*, 234, 769–777.
- Beatriz, J. and Casso, G. 2003. Effects of amounts and types of sodium bicarbonate in wheat flour tortillas. Office of Graduate Studies of Texas A&M University, Master of Science Thesis, College Station, Texas, 128 p.
- Bennion, E.B. and Bamford, G.S.T. 1997. The technology of cake making. 6th ed. Springer US, London, UK, 421 p.
- Brandt, M.J. 2007. Sourdough products for convenient use in baking. *Food Microbiology*, 24 (2), 161-164.

- Brooker, B.E. 1993. The stabilisation of air in cake batters-the role of fat. *Food Structure*, 12 (3), 285-296.
- Carr, F., Chill, D. and Maida, N. 2002. The lactic acid bacteria: a literature survey. *Critical Reviews in Microbiology*, 28, 281-370.
- Cemeroğlu, B. 2010. Gıda analizleri. *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*, Ankara, 682 s.
- Chavan, R.S. and Chavan, S.R. 2011. Sourdough technology-a traditional way for wholesome foods: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10 (3), 169-182.
- Corsetti, A., Gobbetti, M., Balestrieri, F., Paoletti, F., Russi, L. and Rossi, J. 1998. Sourdough lactic acid bacteria effects on bread firmness and staling. *Journal of Food Science*, 63 (2), 347-351.
- Corsetti, A. and Settanni, L. 2007. Lactobacilli in sourdough fermentation. *Food Research International*, 40 (5), 539-558.
- Corsetti, A., De Angelis, M., Dellaglio, F., Paparella, A., Fox, P.F., Settanni, L. and Gobbetti, M. 2003. Characterization of sourdough lactic acid bacteria based on genotypic and cell-wall protein analyses. *Journal Of Applied Microbiology*, 94 (4), 641-654.
- Corsetti, A., Gobbetti, M., De Marco, B., Balestrieri, F., Paoletti, F., Russi, L. and Rossi, J. 2000. Combined effect of sourdough lactic acid bacteria and additives bread firmness and staling. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48 (7), 3044-3051.
- Corsetti, A., Lavermicocca, P., Morea, M., Baruzzi, F., Tosti, N. and Gobbetti, M. 2001. Phenotypic and molecular identification and clustering of lactic acid bacteria and yeasts from wheat (species *Triticum durum* and *Triticum aestivum*) sourdoughs of southern Italy. *International Journal of Food Microbiology*, 64 (1-2), 95-104.
- Çelik, L. ve Kotancılar, H.G. 1995. Kimyasal kabartıcılar ve fırın ürünlerindeki fonksiyonları. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26 (3), 451-459.
- Çon, H.A. ve Gökalp, H.Y. 2000. Laktik asit bakterilerinin antimikrobiyal metabolitleri ve etki şekilleri. *Türk Mikrobiyol Cem Dergisi*, 30, 180-190.
- De Vuyst, L. and Vancanneyt, M. 2007. Biodiversity and identification of sourdough lactic acid bacteria. *Food Microbiology*, 24 (2), 120-127.
- De Vuyst, L., Schrijvers, V., Paramithiotis, S., Hoste, B., Vancanneyt, M., Swings, J., Kalantzopoulos, G., Tsakalidou, E. and Messens, W. 2002. The biodiversity of lactic acid bacteria in Greek traditional wheat sourdoughs is reflected in both composition and metabolite formation. *Applied and Environmental Microbiology*, 68 (12), 6059-6069.
- Decock, P. and Cappelle, S. 2005. Bread Technology and sourdough technology. *Trends in Food Science & Technology*, 16, 113-120.
- Delcour, J.A. and Hoseney, R.C. 2010. Principles of cereal science and technology. AACC International, 270 s.
- Delcour, J.A., Vansteelandt, J., Hythier, M.C., Abécassis, J., Sindic, M. and Deroanne,

- C. 2000. Fractionation and reconstitution experiments provide insight into the role of gluten and starch interactions in pasta quality. 48, 3767-3773.
- Desrochers, J.L., Seitz, K.D., Walker, C.E. and Wrigley, C.W. 2004. Cakes, chemistry of manufacture. In: C. Wrigley, C. Walker, & H. Corke. (Eds.), *Encyclopedia of Grain Science*, Elsevier Ltd., Oxford, UK, pp.1392.
- Dizlek, H. 2002. Farklı kabartma tozlarının değişik oranlarda kullanılmasının ve kek hamurunun pişirme öncesinde bekletilmesinin pandispanya nitelikleri üzerine etkilerinin incelenmesi. Çukurova Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 95 s.
- Dizlek, H. ve Gül, H. 2009. Kabartma tozları ve unlu mamullerde kullanımları. *Gıda/The Journal of Food*, 34 (6), 403-410.
- Dokuzlu, C. 2004. Gıda Analizleri. Maramara Kitabevi Yayınları, Bursa, 255 s.
- Elgün, A. ve Ertugay, Z. 1992. Tahıl işleme teknolojisi. Atatürk Üniversitesi Yayınları, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum, 376 s.
- Foschino, R., Gallina, S., Andrighetto, C., Rossetti, L. and Galli, A. 2004. Comparison of cultural methods for the identification and molecular investigation of yeasts from sourdoughs for Italian sweet baked products. *FEMS Yeast Research*, 4, 609-618.
- Gereková, P., Petruláková, Z. and Šturdík, E. 2011. Importance of Lactobacilli for Bread-Making Industry. *Acta Chimica Slovaca*, 4 (2), 118-135.
- Giraffa, G. and Carminati, D. 2008. Molecular techniques in food fermentation: principles and applications. Molecular techniques in the microbial ecology of fermented foods, Springer, New York, 1-30.
- Gobbetti, M. and Gänzle, M. 2013. Handbook on sourdough biotechnology. Springer, New York, 1-298.
- Gómez, M., Ronda, F., Caballero, P.A., Blanco, C.A. and Rosell, C.M. 2007. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloids*, 21 (2), 167-173.
- Gómez, M., Ruiz-París, E., Olhete, B. and Pando, V. 2010. Modeling of texture evolution of cakes during storage. *Gıda/Journal of Texture Studies*, 41 (1), 17-33.
- Göçmen, D. 2001. Ekşi hamur ve laktik starter kullanımının ekmekte aroma oluşumu üzerine etkileri. *The Journal Of Food*, 26 (1), 13-16.
- Göçmen, D. ve Gürbüz, O. 2000. Fırıncılık ürünlerinde sünme küf oluşumunun önlenmesinde kimyasal koruyucu ve laktik starter kullanımı. *Dünya Gıda*, (6), 84-87.
- Guerzoni, M.E., Serrazanetti, D.I., Vernocchi, P. and Gianotti, A. 2013. Physiology and Biochemistry of sourdough yeasts. In: Handbook on sourdough biotechnology, Springer US, pp.155-181.
- Guy, R.C.E. 1983. Factors affecting the staling of madeira slab cake. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 34 (5), 477-491.
- Gül, H., Özçelik, S., Sağdıç, O. ve Certel, M. 2005. Sourdough bread production with Lactobacilli and *S. cerevisiae* isolated from sourdoughs. *Process Biochemistry*, 40,

691-697.

- Hamad, S.H., Dieng, M.C., Ehrmann, M.A. and Vogel, R.F. 1997. Characterization of the bacterial flora of sudanese sorghum flour and sorghum sourdough. *Journal of applied microbiology*, 83 (6),764-70.
- Hammes, W.P. and Gänzle, M.G. 1998. Sourdough breads and related products. In: *Microbiology of Fermented Foods*, Springer US, Boston, MA, pp. 199-216.
- Hansen, A. and Schieberle, P. 2005. Generation of aroma compounds during sourdough fermentation: applied and fundamental aspects. *Trends in Food Science and Technology*, 16 (1-3), 85-94.
- Hendek Ertop, M. 2017. Farklı fermantasyon ve kurutma yöntemleriyle üretilmiş toz ekşi hamurun bazı mikrobiyolojik nitelikleri ve ekmekteki küf gelişimi üzerine etkileri. *Gıda / the Journal of Food*, 42 (5), 609-619.
- Hendek Ertop, M. ve Hayta, M. 2016. Ekşi hamur fermantasyonunun ekmeğin biyoaktif bileşenleri ve biyoyararlanımı üzerindeki etkileri. *Gıda/ The Journal of Food*, 41 (2), 115-122.
- Holmes, J.T. and Hosney, R.C. 1987. Chemical Leavening: Effect of pH and Certain Ions on Breadmaking Properties. *Cereal Chemistry*, 64(4), 343-348.
- Howard, N.B. 1972. The Role of some essential ingredients in the formation of layer cake structures. *Bakers digest*, 28-37.
- Ibrahim, M.I., Abd El-Ghany, M.E. and Ammar, M.S. 2013. Effect of clove essential oil as antioxidant and antimicrobial agent on cake shelf life. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 8 (2), 140-146.
- ICC, 1960. Method for the determination of ash in cereals and cereal products. Standard No: 104.
- ICC, 1972. Determination of Crude Fibre Value. Standard No: 113.
- ICC, 1980. Method for the Determination of Crude Protein in Cereals and Cereal Products for Food and for Feed. Standard No: 105/1.
- Ji, Y., Zhu, K., Qian, H. and Zhou, H. 2007. Staling of cake prepared from rice flour and sticky rice flour. *Food Chemistry*, 104 (1), 53-58.
- Karaoğlu, M. Murat. 2007. Organik Ekmek. *Gıda /The Journal of Food*, 32 (4), 195-203.
- Klaenhammer, T., Altermann, E., Arigoni, F., Bolotin, A., Breidt, F., Broadbent, J., Cano, R., Chaillou, S., Deutscher, J., Gasson, M. vd. 2002. Discovering Lactic Acid Bacteria by genomics. *Antonie van Leeuwenhoek*, Springer Netherlands, Dordrecht, 82, 29-58.
- Kotancılar, H.G., Karaoğlu, M.M. ve Gerçekaslan, K.E. 2006. Ekşi hamur katkısının beyaz tava ekmeğinin bayatlaması üzerine etkisi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37 (1), 103-110.
- LaBaw, G. 1982. Chemical leavening agents and their use in bakery products. *Baker's Digest*, 56 (1), 16-21.

- Lajoie, M.S. and Thomas, M.C. 1991. Versatility of bicarbonate leavening bases. *Cereal Foods World*, 36 (5): 420-424.
- Lattanzi, A., Minervini, F., Di Cagno, R., Diviccaro, A., Antonielli, L., Cardinali, G., Cappelle, S., De Angelis, M. and Gobbetti, M. 2013. The Lactic Acid Bacteria and yeast microbiota of eighteen sourdoughs used for the manufacture of traditional Italian sweet leavened baked goods. *International Journal of Food Microbiology*, 163(2-3), 71-79.
- Lawson, H. 1995. Food oils and fats technology, utilization and nutrition. Chapman and Hall an International Thomson Publishing Company, USA, 339 p.
- Lefebvre, D., Gabriel, V., Vayssier, Y. and Fontagné-Faucher, C. 2002. Simultaneous HPLC determination of sugars, organic acids and ethanol in sourdough process. *LWT-Food Science and Technology*, 35 (5), 407-414.
- Lemon, D. W. 1975. An improved TBA test for rancidity. Fisheries and Oceans Canada, Halifax Laboratory, New Series Circular No. 51.
- Leroy, F. and De Vuyst, L. 2004. Lactic Acid Bacteria as Functional starter cultures for the food fermentation industry. *Trends in Food Science and Technology*, 15 (2), 67-78.
- Li, A. and Walker, C.E. 1996. Cake baking in conventional, impingement and hybrid ovens. *Journal of Food Science*, 61 (1), 188-191.
- Lues, J.F.R., Viljoen, B.C., Miller, M. and Prior, B.A. 1993. Interaction of non-culture microbial flora on dough fermentation. *Food Microbiology*, 10, 205-213.
- Manley, D. 2000. Technology of biscuits, crackers and cookies. CRC Press, Boca Raton, FL, 499 p.
- Manley, D.J.R. 2011. Manley's technology of biscuits, crackers and cookies. Woodhead Publishing, pp. 588.
- Matz, S.A. 1992. Bakery technology and engineering. Van Nostrand Reinhold, 853 p.
- Meignen, B., Onno, B., Gelinas, P., Infantes, M., Guilois, S. and Cahagnier, B. 2001. Optimization of sourdough fermentation with lactobacillus brevis and baker's yeast. *Food Microbiology*, 18, 239-245.
- Menteş, Ö., Akçelik, M. ve Ercan, R. 2004. Türkiye'de üretilen ekşi hamurlardan lactobacillus suşlarının izolasyonu, identifikasyonu ve bu suşların temel endüstriyel özellikleri. *Gıda/The Journal of Food*, 29 (5), 347-355.
- Mercan, N. 1998. Kek kalitesi üzerine bazı emülgatörlerin etkilerinin araştırılması. İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 60s.
- Mercan, N. ve Boyacıoğlu, M. 1999. Kek üretim teknolojisi: kekin tanımı, sınıflandırılması ve üretimi. *Dünya-Gıda Dergisi*, 45, 36-39.
- Meroth, C.B., Walter, J., Hertel, C., Brandt, M.J. and Hammes, W.P. 2003. Monitoring the bacterial population dynamics in sourdough fermentation processes by using pcr-denaturing gradient gel electrophoresis. *Applied and Environmental Microbiology*, 69 (1), 475-482.
- Messens, W. and De Vuyst, L. 2002. Inhibitory substances produced by lactobacilli

- isolated from sourdoughs-a review. *International Journal of Food Microbiology*, 72 (1-2), 31-43.
- Minervini, F., Di Cagno, R., Lattanzi, A., De Angelis, M., Antonielli, L., Cardinali, G., Cappelle, S. and Gobbetti, M. 2012. Lactic Acid Bacterium and yeast microbiotas of 19 sourdoughs used for traditional/typical italian breads: interactions between ingredients and microbial species diversity. *Applied and Environmental Microbiology*, 78 (4), 1251-1264.
- Miyazaki, M., Maeda, T. and Morita, N. 2004. Effect of various dextrin substitutions for wheat flour on dough properties and bread qualities. *Food Research International*, 37 (1), 59-65.
- Montanari, C., Bargossi, E., Lanciotti, R., Chinnici, F., Gardini, F. and Tabanelli, G. 2014. Effects of two different sourdoughs on the characteristics of Pandoro, a typical Italian sweet leavened baked good. *LWT-Food Science and Technology*, 59 (1), 289-299.
- Morad, M. M. and D'Appolonia, B. L. 1980. Effect of surfactants and baking procedure on total water-solubles and soluble starch in bread crumb. *Cereal Chemistry*, 57 (2), 141-144.
- Narvhus J.A and Sørhaug T. 2006. Bakery and cereal products. In: Y.H. Hui (Ed.), Food biochemistry and food processing, Blackwell Pub. Professional 761 p.
- Painter, K.A. 1981. Functions and requirements of fats and emulsifiers in prepared cake mixes. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 92-95.
- Palomba, S. 2008. Sourdoughs for sweet baked products: microbiology, characterization, screening and study of exopolysaccharides produced by microbial strains. University of Naples Federico II . 123 p.
- Paramithiotis, S., Gioulatos, S., Tsakalidou, E. and Kalantzopoulos, G. 2006. Interactions between *Saccharomyces cerevisiae* and Lactic Acid Bacteria in Sourdough. *Process Biochemistry*, 41 (12), 2429-2433.
- Paramithiotis, S., Sofou, A., Tsakalidou, E. and Kalantzopoulos, G. 2007. Flour carbohydrate catabolism and metabolite production by sourdough Lactic Acid Bacteria. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 23 (10), 1417-1423.
- Peckham, G.C. and Freeland-Graves, J.H. 1979. Foundations of food preparation. Macmillan, USA, 6th edition, 616 p.
- Penfield, M.P. and Campbell, A.M. 1990. Experimental food science. Academic Press, 541 p.
- Pétel, C., Onno, B. and Prost, C. 2017. Sourdough Volatile compounds and their contribution to bread: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 59, 105-123.
- Picozzi, C., D'Anchise, F. and Foschino, R. 2006. PCR Detection of *Lactobacillus Sanfranciscensis* in sourdough and Panettone baked product. *European Food Research and Technology*, 222(3), 330-335.
- Pulvirenti, A., Solieri, L., Gullo, M., De Vero, L. and Giudici, P. 2004. Occurrence and dominance of yeast species in sourdough. *Letters in Applied Microbiology*, 38 (2),

113-117.

- Pyler, E.J. and Gorton, L.A. 2009. Baking science & technology. Sosland Publishing Company, 4th edition, 782 p.
- Quintavalla, S. and Parolari, G. 1993. Effects of temperature, aw and pH on the growth of bacillus cells and spores: a response surface methodology study. *International Journal of Food Microbiology*, 19 (3), 207-216.
- Raimondi, S., Amaretti, A., Rossi, M., Fall, P.A., Tabanelli, G., Gardini, F. and Montanari, C. 2017. Evolution of microbial community and chemical properties of a sourdough during the production of Colomba, an Italian sweet leavened baked product. *LWT - Food Science and Technology* 86, 31-39.
- Randazzo, C.L., Heilig, H., Restuccia, C., Giudici, P. and Caggia, C. 2005. Bacterial population in traditional sourdough evaluated by molecular methods. *Journal of Applied Microbiology*, 99 (2), 251-258.
- Rehman, S., Paterson, A. and Piggott, J.R. 2006. Flavour in sourdough breads: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 17, 557-566.
- Ricciardi, A., Parente, E., Piraino, P., Paraggio, M. and Romano, P. 2005. Phenotypic characterization of Lactic Acid Bacteria from sourdoughs for Altamura bread produced in Apulia (southern Italy). *International Journal of Food Microbiology*, 98 (1), 63-72.
- Rollán, 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*, 1168-1174.
- Ronzio, R.A. 2003. The encyclopedia of nutrition and good health. Facts On File, United States of America, 726 p.
- Rosenkvist, H. and Hansen, Å. 1995. Contamination profiles and characterisation of bacillus species in wheat bread and raw materials for bread production. *International Journal of Food Microbiology*, 26 (3), 353-363.
- Rosenqvist, H. and Hansen, Å. 2000. The microbial stability of two bakery sourdoughs made from conventionally and organically grown rye. *Food Microbiology*, 17 (3), 241-250.
- Saunders, R.M., Ng H. and Kline, L. 1972. The sugars of flour and their involvement in the san francisco sour dough french bread process. *American Association of Cereal Chemists*, 49, 86-91.
- Simpson, B.K. 2012. Food biochemistry and food processing. 2nd ed, Wiley-Blackwell, 896 p.
- Stolz, P., Vogel, R.F. and Hammes, W.P. 1995. Utilization of electron acceptors by lactobacilli isolated from sourdough. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung*, 201 (1), 91-96.
- Uçar, B. ve Hayta, M. 2012. Kek kalitesinin ve raf ömrünün iyileştirilmesi. *Gıda*, 37 (6), 355-362.
- Ünver, B. 1987. Deneysel Yiyecek Hazırlama, bilimsel ilkeler, yiyeceklerin fiziksel ve

- kimyasal özellikleri. Hacettepe Üniversitesi , Ankara, 300 s.
- van der Maarel, M.J.E., van der Veen, B., Uitdehaag, J.C., Leemhuis, H. and Dijkhuizen, L. 2002. Properties and applications of starch-converting enzymes of the α -amylase family. *Journal of Biotechnology*, 94 (2), 137-155.
- Vernocchi, P., Valmorri, S., Dalai, I., Torriani, S., Gianotti, A., Suzzi, G., Guerzoni, M.E., Mastrocola, D. and Gardini, F. 2004. Characterization of the yeast population involved in the production of a typical Italian bread. *Journal of Food Science*, 69 (7), 182-186.
- Vogel, R.F., Ehrmann, M.A. and Gänzle, M.G. 2002. Development and potential of starter lactobacilli resulting from exploration of the sourdough ecosystem. *Antonie van Leeuwenhoek*, 81 (1-4), 631-638.
- Vogel, R.F., Pavlovic, M., Ehrmann, M.A., Wiezer, A., Liesegang, H., Offschanka, S., Voget, S., Angelov, A., Böcker, G. and Liebl, W. 2011. Genomic analysis reveals *Lactobacillus sanfranciscensis* as stable element in traditional sourdoughs. *Microbial Cell Factories*, 10 (1), 1-11.
- Vrancken, G., Rimaux, T., Weckx, S., Leroy, F. and De Vuyst, L. 2011. Influence of temperature and backslopping time on the microbiota of a type 1 propagated laboratory wheat sourdough fermentation. *Applied and Environmental Microbiology*, 77 (8), 2716-2726.
- Wick, M., Stolz, P., Böcker, G. and Lebeault, J.M. 2003. Influence of several process parameters on sourdough fermentation. *Acta Biotechnologica*, 23 (1), 51-61.
- Wilderjans, E., Luyts, A., Brijs, K. and Delcour, J.A. 2013. Ingredient functionality in batter type cake making. *Trends in Food Science & Technology*, 30, 6-15.
- Wilderjans, E., Luyts, A., Goesaert, H., Brijs, K. and Delcour, J.A. 2010. A model approach to starch and protein functionality in a pound cake system. *Food Chemistry*, 120, 44-51.
- Wood, B.J.B. and Holzapel, W.H. 1995. The genera of Lactic Acid Bacteria. Springer US, Boston, MA, 414 p.
- Yıldız, Ö. ve Doğan, İ.S. 2009. Kimyasal kabartılan ürünlerde kabartma asitlerinin fonksiyonel özellikleri. *Gıda*, 34 (6), 395-401.

7. EKLER**Ek 1. Duyusal Analiz İçin Kullanılan Tablo**

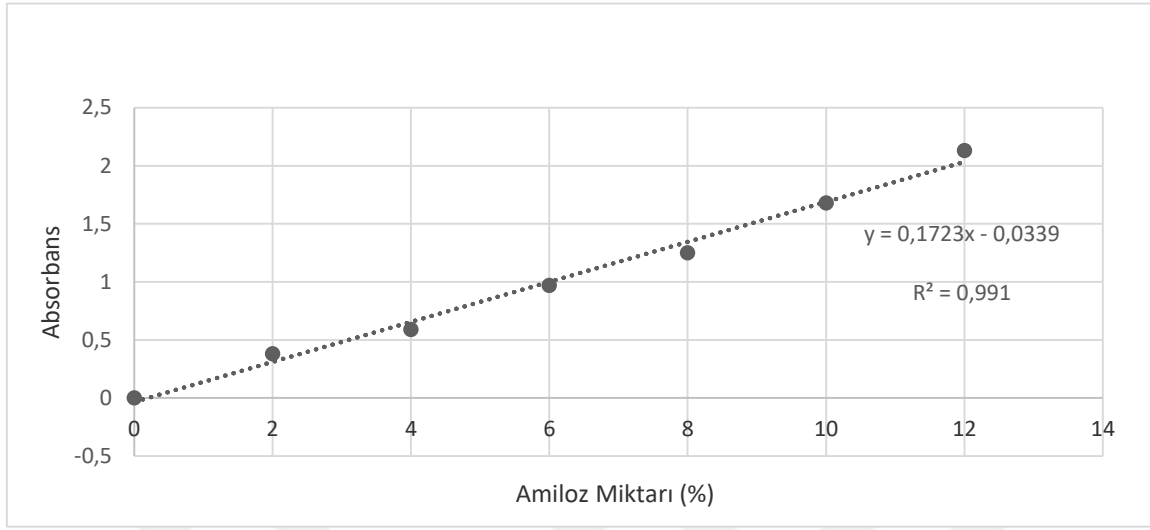
Örnek	Özellik						
	Dış görünüş	Tekstür (Sertlik)	Renk	Tat	Koku	Ağızda bıraktığı his	Beğeni durumu
1: çok kötü; 2-3: kötü; 4-5: orta; 6-7: iyi; 8-9: çok iyi.							

Ad/Soyad:

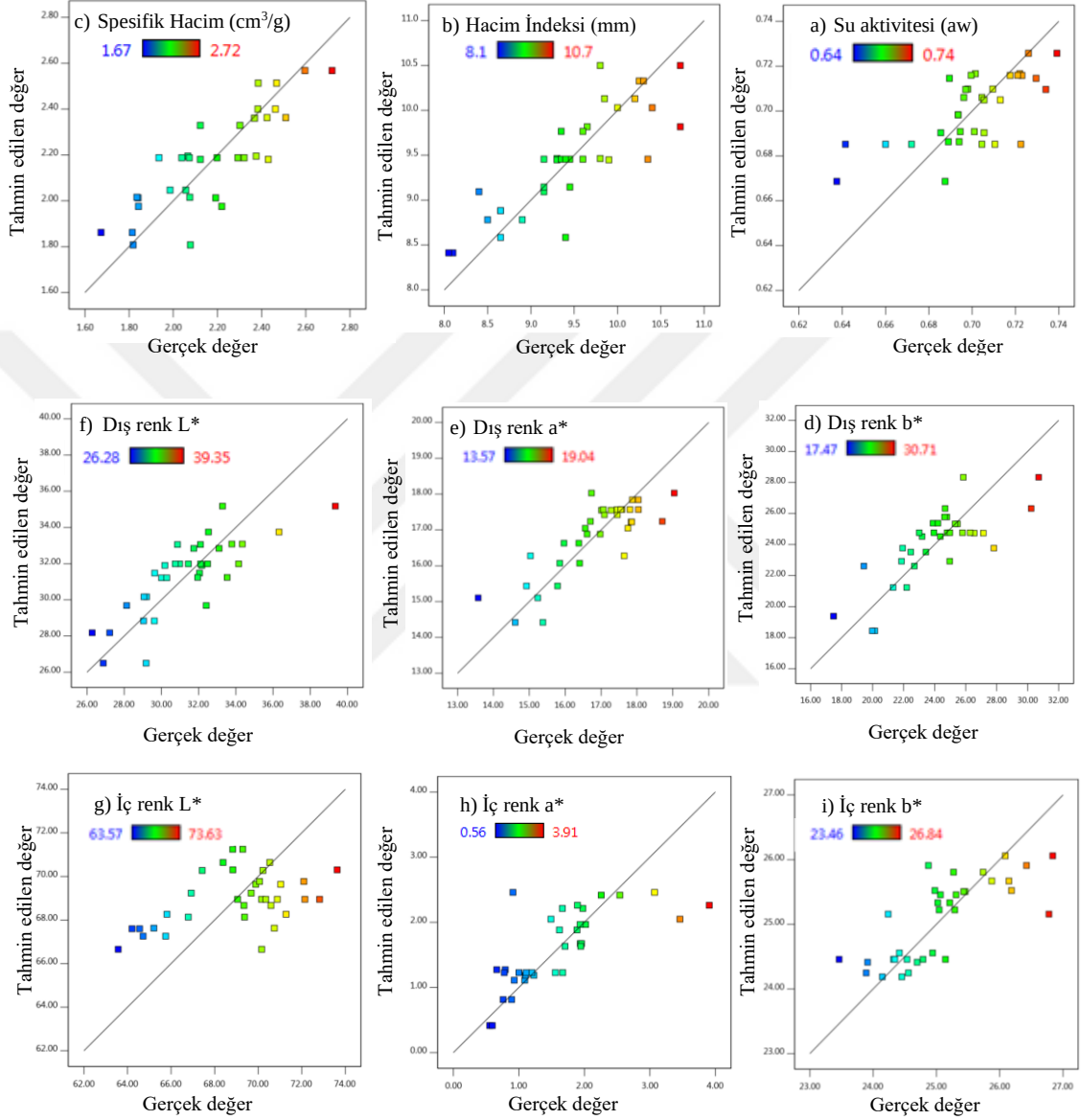
Tarih:

EK 2. En Muhtemel Sayı (E.M.S) Çizelgesi (Anonymous 1992)

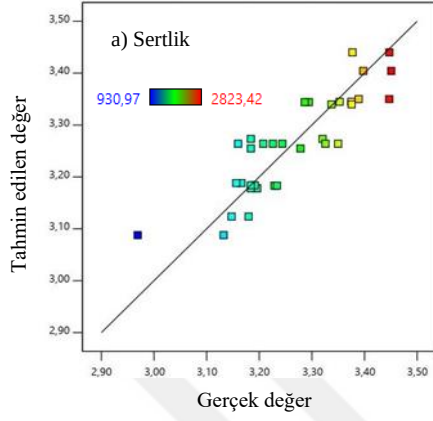
Pozitif Tüp Sayısı		EMS		Pozitif Tüp Sayısı		EMS	
g veya ml	g veya ml	g veya ml	g veya ml	g veya ml	g veya ml	g veya ml	g veya ml
0.01	0.001	0.0001		0.01	0.001	0.0001	
0	0	1	30	2	1	3	340
0	0	2	60	2	2	0	200
0	0	3	90	2	2	1	300
0	1	0	30	2	2	2	350
0	1	1	60	2	2	3	400
0	1	2	90	2	3	0	300
0	1	1	120	2	3	1	350
0	2	0	60	2	3	2	400
0	2	1	90	2	3	3	530
0	2	2	120	3	0	0	250
0	2	3	160	3	0	1	400
0	3	0	90	3	0	2	650
0	3	1	130	3	0	3	950
0	3	2	160	3	1	0	450
0	3	3	190	3	1	1	750
1	0	0	40	3	1	2	1150
1	0	1	70	3	1	3	1600
1	0	2	110	3	2	0	95
1	0	3	150	3	2	1	1500
1	1	0	70	3	2	2	2000
1	1	1	110	3	2	3	3000
1	1	2	150	3	3	0	2500
1	1	0	190	3	3	1	4500
1	2	0	110	3	3	2	11000
1	2	1	150	3	3	3	11000+
1	2	2	200				
1	2	3	240				
1	3	0	160				
1	3	1	200				
1	3	2	240				
1	3	3	290				
2	0	0	90				
2	0	3	140				
2	0	2	200				
2	0	2	260				
2	1	0	150				
2	1	1	200				
2	1	2	300				

EK-3. Amiloz Analizi İçin Kullanılan Standart Eğri

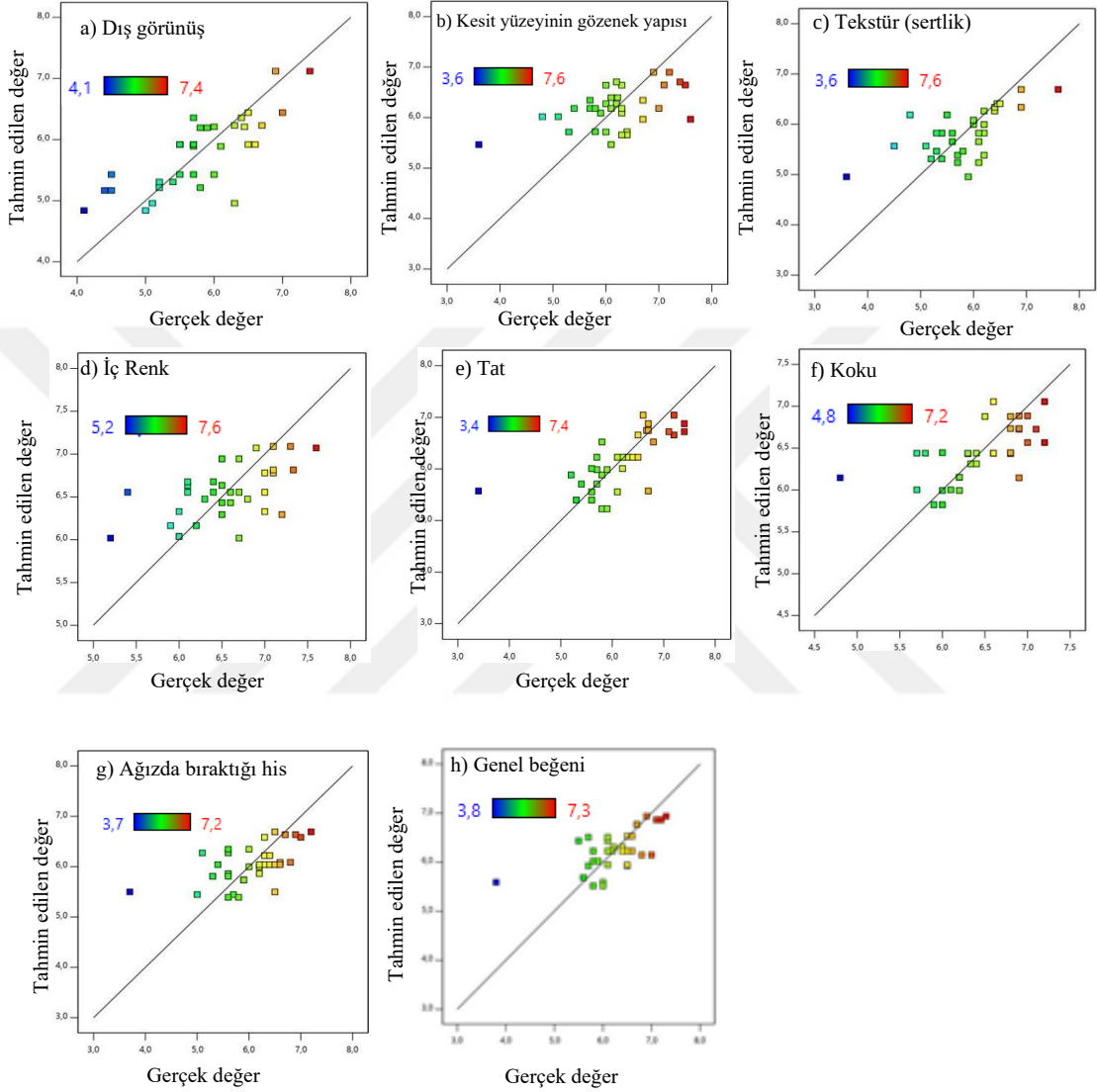
EK-4. Fiziksel özelliklerine (a) Spesifik hacim, b) Hacim indeksi, c) Su aktivitesi, d) Dış renk L*, e) Dış renk a*, f) Dış renk b*, g) İç renk L*, h) İç renk a* ve i) İç renk b*) ait ölçülen değerlerine karşılık tahmin edilen değerler dağılım grafikleri



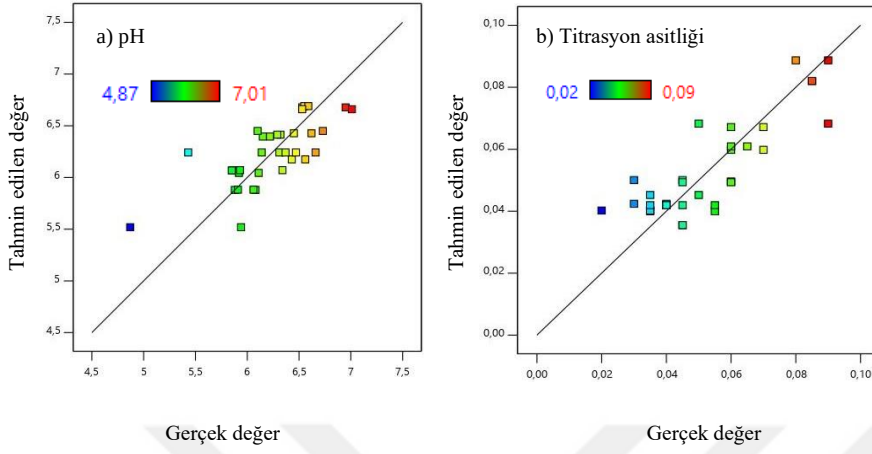
EK-5. Tekstürel özelliklerine (a) Sertlik) ait ölçülen değerlerine karşılık tahmin edilen değerler dağılım grafikleri



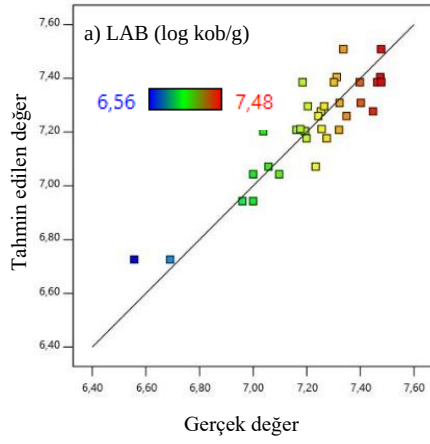
EK-6. Duyusal özelliklerine (a) Dış görünüş, b) Kesit yüzeyinin gözenek yapısı, c) Tekstür (sertlik), d) İç renk, e) Tat, f) Koku, g) Ağızda bıraktığı his, h) Genel beğeni) ait ölçülen değerlerine karşılık tahmin edilen değerler dağılım grafikleri



EK-7. Kek hamuru kimyasal özelliklerine (a) pH, b) Titrasyon asitliği) ait ölçülen değerlerine karşılık tahmin edilen değerler dağılım grafikleri



EK-8. Kek hamuru mikrobiyolojik özelliğine (a) LAB (log kob/g) ait ölçülen değerlerine karşılık tahmin edilen değerler dağılım grafikleri



EK-9. Optimizasyon için dikkate alınan değişkenlerin model katsayıları ve önem dereceleri (P- Değeri)

	Kesen değer	A	B	C	AB	AC	BC	A ²	B ²	C ²
Spesifik Hacim	1.72776	-0.0999574	0.0980393	0.225637						
p-değeri		0.1717	0.1895	0.0068						
Hacim İndeksi	8.91848	-0.387181	0.0736086	0.529264						
p-değeri		< 0.0001	0.3502	< 0.0001						
Su aktivitesi	0.685863	0.0060825	-0.0035872	0.000169964	0.00362315	-0.000698	-0.007046	-0.00257	0.0112344	0.0100172
p-değeri		0.1297	0.3733	0.9681	0.4820	0.8891	0.1686	0.5094	0.0135	0.0805
Sertlik	1958.33	179.036	-198.149	-394.885						
p-değeri		0.0004	0.0002	< 0.0001						
Dış Görünüş	5.50293	-0.429893	0.102871	0.217731	0.0649298	-0.071483	-0.049953	0.112379	0.128138	-0.502782
p-değeri		0.0009	0.3841	0.0906	0.6667	0.6276	0.7347	0.3287	0.3101	0.0046
Kesit yüzeyinin gözenek yapısı	5.73796	-0.318735	0.159593	0.372223						
p-değeri		0.0392	0.2998	0.0277						
Tekstür (Duyusal)	5.37351	-0.268775	0.355139	0.259271						
p-değeri		0.0383	0.0089	0.0643						
İç Renk	6.18986	-0.237641	0.171767	0.130352						
p-değeri		0.0256	0.1075	0.2458						
Tat	5.81081	-0.346688	-0.0541744	0.430913	-0.0689532	-0.158504	-0.226492	0.0279224	0.201681	-0.557681
p-değeri		0.0078	0.6606	0.0028	0.6631	0.3097	0.1518	0.8155	0.1332	0.0030
Koku	5.9711	-0.298621	-0.0862158	0.0510222						
p-değeri		0.0103	0.4459	0.6704						
Ağızda Bıraktığı His	5.54843	-0.428359	0.110538	0.299637						
p-değeri		0.0006	0.3388	0.0191						
Genel Beğeni	5.74277	-0.434334	0.0492012	0.200255						
p-değeri		0.0018	0.7072	0.1571						

EK-10. Optimizasyon sonucu önerilen formülasyonlar, tahmin edilen kalite özellikleri ve istenilebilirlik değerleri

Sıra	Ekşi hamur tozu miktarı	Mayalanma süresi	Kabartma tozu miktarı	Spesifik Hacim	Hacim İndeksi	Su aktivitesi	Sertlik	Dış Görünüş	Kesit yüzeyinin gözenek yapısı	Tekstür (Duyusal)	İç Renk	Tat	Koku	Ağızda Bıraktığı His	Genel Beğeni	İstenilebilirlik	
1	11,000	192,000	3,000	1,955	9,761	0,714	1.582,562	5,972	6,269	5,546	6,386	6,631	6,407	6,166	6,328	0,808	Seçim
2	11,000	193,061	3,000	1,956	9,762	0,713	1.580,611	5,969	6,271	5,550	6,388	6,624	6,406	6,167	6,329	0,808	
3	11,000	195,263	3,000	1,958	9,764	0,712	1.576,550	5,964	6,274	5,557	6,391	6,612	6,404	6,169	6,330	0,808	
4	11,000	196,194	3,000	1,959	9,764	0,712	1.574,835	5,962	6,276	5,560	6,393	6,607	6,404	6,170	6,330	0,808	
5	11,000	198,863	3,000	1,962	9,766	0,711	1.569,913	5,955	6,280	5,569	6,397	6,592	6,401	6,173	6,331	0,808	
6	11,000	193,826	2,997	1,956	9,761	0,713	1.580,088	5,969	6,271	5,552	6,389	6,621	6,405	6,167	6,329	0,808	
7	11,000	203,891	3,000	1,966	9,769	0,710	1.560,646	5,944	6,287	5,586	6,405	6,565	6,397	6,178	6,334	0,808	
8	11,000	205,590	3,000	1,968	9,771	0,709	1.557,515	5,940	6,289	5,591	6,408	6,556	6,396	6,180	6,334	0,808	
9	11,031	197,854	3,000	1,960	9,764	0,712	1.572,426	5,955	6,277	5,565	6,395	6,596	6,401	6,170	6,329	0,808	
10	11,000	207,243	3,000	1,969	9,772	0,709	1.554,468	5,936	6,292	5,597	6,410	6,547	6,395	6,182	6,335	0,808	
11	11,000	210,207	3,000	1,972	9,774	0,708	1.549,010	5,930	6,296	5,607	6,415	6,532	6,392	6,185	6,336	0,808	
12	11,000	211,363	3,000	1,973	9,775	0,707	1.546,874	5,928	6,298	5,610	6,417	6,526	6,391	6,186	6,337	0,808	
13	11,000	214,929	3,000	1,976	9,777	0,706	1.540,301	5,920	6,303	5,622	6,423	6,509	6,389	6,189	6,339	0,807	
14	11,082	192,147	3,000	1,954	9,758	0,714	1.584,030	5,964	6,266	5,544	6,384	6,625	6,404	6,162	6,324	0,807	
15	11,066	193,354	2,997	1,955	9,758	0,713	1.582,219	5,964	6,268	5,548	6,386	6,620	6,403	6,163	6,325	0,807	
16	11,000	217,898	3,000	1,979	9,779	0,705	1.534,827	5,915	6,308	5,632	6,427	6,494	6,386	6,193	6,340	0,807	
17	11,000	220,037	3,000	1,981	9,781	0,705	1.530,886	5,911	6,311	5,639	6,431	6,484	6,384	6,195	6,341	0,807	
18	11,000	221,691	3,000	1,982	9,782	0,704	1.527,836	5,907	6,313	5,645	6,434	6,476	6,383	6,196	6,342	0,807	
19	11,000	223,908	3,000	1,984	9,783	0,704	1.523,752	5,903	6,317	5,652	6,437	6,466	6,381	6,199	6,343	0,807	
20	11,156	192,025	3,000	1,954	9,754	0,714	1.585,795	5,957	6,264	5,542	6,382	6,621	6,401	6,158	6,320	0,806	

Devamı arkada

EK-10'un devamı

Sıra	Ekşi hamur tozu miktarı	Mayalanma süresi	Kabartma tozu miktarı	Spesifik Hacim	Hacim İndeksi	Su aktivitesi	Sertlik	Dış Görünüş	Kesit yüzeyinin gözenek yapısı	Tekstür (Duyusal)	İç Renk	Tat	Koku	Ağızda Bıraktığı His	Genel Beğeni	İstenilebilirlik	
22	11.000	192.004	2.967	1.950	9.750	0.713	1.591.324	5.986	6.261	5.541	6.383	6.637	6.406	6.159	6.324	0.806	
23	11.000	231.388	3.000	1.991	9.788	0.702	1.509.971	5.891	6.328	5.677	6.449	6.432	6.375	6.206	6.346	0.806	
24	11.000	240.794	3.000	2.000	9.795	0.699	1.492.626	5.876	6.342	5.708	6.464	6.393	6.368	6.216	6.350	0.805	
25	11.268	192.002	3.000	1.952	9.749	0.714	1.588.217	5.947	6.259	5.538	6.379	6.615	6.398	6.152	6.314	0.805	
26	11.000	242.704	3.000	2.002	9.796	0.699	1.489.103	5.874	6.345	5.714	6.467	6.385	6.366	6.218	6.351	0.805	
27	11.000	192.001	2.940	1.946	9.740	0.712	1.598.376	5.998	6.254	5.536	6.381	6.642	6.405	6.154	6.320	0.805	
28	11.000	215.236	2.951	1.969	9.760	0.705	1.552.730	5.942	6.292	5.615	6.419	6.518	6.387	6.180	6.332	0.804	
29	11.000	227.105	2.954	1.980	9.769	0.702	1.529.948	5.918	6.310	5.654	6.438	6.462	6.377	6.193	6.338	0.804	
30	11.000	250.301	3.000	2.008	9.801	0.697	1.475.101	5.864	6.356	5.739	6.479	6.356	6.360	6.226	6.355	0.803	
31	11.000	192.005	2.907	1.941	9.729	0.712	1.606.980	6.011	6.246	5.530	6.378	6.647	6.404	6.147	6.316	0.803	
32	11.499	192.001	3.000	1.949	9.739	0.714	1.593.067	5.926	6.251	5.531	6.372	6.602	6.389	6.141	6.303	0.802	
33	11.494	196.992	3.000	1.954	9.742	0.712	1.583.758	5.914	6.258	5.547	6.380	6.574	6.386	6.146	6.305	0.802	
34	11.000	255.343	3.000	2.013	9.805	0.696	1.465.808	5.858	6.363	5.756	6.487	6.338	6.356	6.231	6.357	0.802	
35	11.616	192.000	3.000	1.948	9.733	0.714	1.595.535	5.915	6.246	5.527	6.369	6.595	6.385	6.135	6.297	0.801	
36	11.000	199.552	2.882	1.945	9.725	0.709	1.599.577	6.003	6.251	5.551	6.388	6.610	6.397	6.150	6.316	0.801	
37	11.000	261.710	3.000	2.019	9.809	0.694	1.454.070	5.852	6.373	5.777	6.497	6.317	6.351	6.238	6.360	0.801	
38	11.000	264.324	3.000	2.021	9.811	0.694	1.449.253	5.849	6.377	5.785	6.502	6.308	6.349	6.240	6.361	0.800	
39	11.699	192.283	3.000	1.947	9.730	0.714	1.596.770	5.907	6.244	5.525	6.367	6.589	6.382	6.131	6.293	0.800	
40	11.000	253.714	2.923	2.000	9.776	0.695	1.489.083	5.894	6.342	5.737	6.478	6.364	6.355	6.214	6.346	0.799	

Devamı arkada

EK-10'un devamı

Sıra	Ekşi hamur tozu miktarı	Mayalanma süresi	Kabartma tozu miktarı	Spesifik Hacim	Hacim İndeksi	Su aktivitesi	Sertlik	Dış Görünüş	Kesit yüzeyinin gözenek yapısı	Tekstür (Duyusal)	İç Renk	Tat	Koku	Ağızda Bıraktığı His	Genel Beğeni	İstenilebilirlik	
41	11.678	229.338	3.000	1.981	9.756	0.703	1.528.023	5.833	6.299	5.648	6.427	6.400	6.353	6.170	6.311	0.798	
42	11.795	210.923	3.000	1.963	9.738	0.708	1.564.437	5.857	6.268	5.584	6.394	6.482	6.364	6.145	6.296	0.798	
43	11.000	192.018	2.821	1.928	9.698	0.710	1.629.649	6.044	6.225	5.516	6.371	6.658	6.401	6.130	6.304	0.797	
44	11.000	290.685	3.000	2.045	9.829	0.689	1.400.665	5.833	6.416	5.872	6.544	6.236	6.328	6.267	6.373	0.793	
45	11.962	253.353	3.000	2.000	9.759	0.697	1.489.744	5.776	6.324	5.719	6.457	6.285	6.324	6.180	6.307	0.792	
46	11.000	295.645	3.000	2.050	9.832	0.689	1.391.522	5.832	6.423	5.889	6.552	6.225	6.324	6.272	6.376	0.791	
47	11.000	304.091	3.000	2.058	9.838	0.688	1.375.951	5.831	6.436	5.917	6.565	6.208	6.317	6.281	6.379	0.788	
48	11.000	313.164	3.000	2.066	9.844	0.686	1.359.230	5.832	6.449	5.947	6.580	6.194	6.310	6.290	6.384	0.784	
49	11.000	285.589	2.690	1.994	9.716	0.686	1.491.608	5.960	6.331	5.802	6.509	6.327	6.321	6.200	6.330	0.780	
50	11.000	323.286	3.000	2.075	9.851	0.685	1.340.572	5.835	6.464	5.980	6.596	6.180	6.302	6.301	6.388	0.779	
51	14.388	281.302	3.000	1.997	9.668	0.694	1.489.329	5.561	6.275	5.734	6.434	6.044	6.216	6.087	6.196	0.759	
52	17.943	192.001	3.000	1.874	9.445	0.718	1.728.805	5.401	6.009	5.327	6.192	6.247	6.163	5.816	5.973	0.726	
53	11.000	355.469	2.178	1.981	9.583	0.677	1.497.690	6.116	6.308	5.944	6.576	6.347	6.248	6.170	6.293	0.719	

ÖZGEÇMİŞ

Raziye Demir

raziyedemir2@gmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2017-2020	Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Selçuk Üniversitesi
2011-2016	Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya

ESERLER

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında özeti basılan bildiriler

Certel M., Gökmen G. N., Durak N. ve Demir R. (2018). The Effect Of Stevia and İzomalt on the Quality of Cakes As A Sugar Substitute. 13th International Conference of Food Physicists. (Özet Bildiri)

Certel M., Demir R. ve Durak N. (2018). Characteristics and Microbiological Properties of the Cakes Produced By Using Sourdough. 13th International Conference of Food Physicists. (Özet Bildiri)