

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

FARKLI SICAKLIK VE SÜRELERDE  
MUHAFAZA EDİLEN KISMİ PİŞMİŞ EKMEKLERİN  
TEKNOLOJİK VE MİKROBİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Mehmet Murat KARAOĞLU

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

121484  
T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

ERZURUM  
2002

Her hakkı saklıdır

Yrd. Doç. Dr. H. Gürbüz KOTANCILAR danışmanlığında, Araş. Gör. Mehmet Murat KARAOĞLU tarafından hazırlanan bu çalışma 18 / 10 / 2002 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

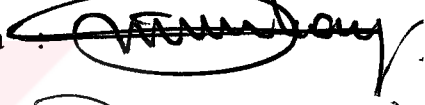
Başkan: Prof. Dr. Muharrem CERTEL

imza : 

Üye : Prof. Dr. Fevzi KELEŞ

imza : 


Üye : Prof. Dr. Mükerrerem KAYA

imza : 

Üye : Doç. Dr. Ali ÖZTÜRK

imza : 

Üye : Yrd. Doç. Dr. H. Gürbüz KOTANCILAR

imza : 

121454

Yukarıdaki sonucu onaylarım

(imza)

  
Enstitü Müdürü

## ÖZET

Doktora Tezi

### FARKLI SICAKLIK VE SÜRELERDE MUHAFAZA EDİLEN KİSMİ PİŞMİŞ EKMEKLERİN TEKNOLOJİK VE MİKROBİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Mehmet Murat KARAOĞLU

Atatürk Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. H. Gürbüz KOTANCILAR

Bu araştırmada, 10, 15 ve 20 dakika kısmi pişirilmiş, antimikrobiyal madde katkılı ve katkısız, beyaz tava, kepekli ve çavdar ekmeği çeşitleri çift katlı polietilen torbalar ile ambalajlandıktan sonra oda sıcaklığında (20°C) 3, 5 ve 7 gün; buzdolabı sıcaklığında (4°C) 7, 14 ve 21 gün depolamaya tabi tutulmuştur. Depolama sonunda ikinci pişirme işlemi ile ekmeklerin pişme süreleri kontrol grubu ekmeklerin pişme sürelerine (25 dakika) tamamlanmıştır. Ekmekler, başta bayatlamanın bir göstergesi olan yumuşaklık olmak üzere, mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal analizlere tabi tutulmuştur.

Özellikle oda sıcaklığında depolamada, depolama süresinin artmasıyla, bütün ekmek çeşitlerinin ikinci pişirmeden önce ve sonraki mikroorganizma sayılarında artış gözlenirken, antimikrobiyal madde kullanımı ekmeklerin mikroorganizma sayılarını önemli derecede düşürmüştür. Oda sıcaklığında depolamanın 7. gününde ekmeklerde sünme görülmüştür. Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerin mikroorganizma sayıları, oda sıcaklığına göre önemli derecede düşükmüştür.

Kısmi pişirmeve depolama süresinin artması, ekmeklerde pişme kaybı, asitlik ve kabuk nem miktarını artırırken, tekstür, ekmek içi nem miktarı, hidrasyon kapasitesi ve ekmek içi yumuşaklık değerini düşürmüştür. Antimikrobiyal katkı uygulaması, ekmeklerin asitlik, spesifik hacim ve yumuşaklık değerlerini düşürmüştür. Buzdolabı sıcaklığında depolama, oda sıcaklığına göre normal ekmekte ekmek içi yumuşaklığını düşürürken, çavdar ekmeğinde daha yumuşak ekmek içi vermiştir. En yüksek ekmek içi yumuşaklığını normal ekmek verirken, kepekli ekmekte ekmek içi yumuşaklığı en düşük bulunmuştur.

Oda sıcaklığında depolamanın 3 ve 5. günü ile buzdolabı sıcaklığında depolamanın 7 ve 14. gününde, 10 ve 15 dakikalık kısmi pişirmesüreleri ekmek içi yumuşaklığı bakımından kontrol grubu ekmeğe yakın veya daha üstün kalitede ekmek vermiştir.

**2002, 144 sayfa**

**Anahtar kelimeler:** Ekmek, bayatlama, depolama, kısmi pişirme, toplam bakteri sayısı

## ABSTRACT

Ph. D. Thesis

### TECHNOLOGICAL AND MICROBIOLOGICAL PROPERTIES OF PART-BAKED BREADS STORED IN DIFFERERNT TIME AND TEMPERATURE

Mehmet Murat KARAOĞLU

Atatürk University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Food Engineering

Supervisor: Asist. Prof. Dr. H. Gürbüz KOTANCILAR

In this research, white wheat, rye and branny breads part-baked 10, 15 and 20 minute with added antimicrobial or not, was wrapped with two polyethylene bags and stored 3, 5, 7 day in room temperature (20°C) and 7, 14, 21 day at refrigerator temperature (4°C). After storage, cooking time of breads was completed to cooking time (25 minutes) of control breads. Breads were subjected to softness analysis that is indicator of staling, microbiological, physical and chemical analysis.

Particularly at the storage of room temperature, the more increasing of storage time the more rising microorganism counts of breads, Antimicrobial additive has significantly decreased microorganism counts of breads. Rope was formed in breads the 7<sup>th</sup> day of storage at room temperature. Breads stored at refrigerator temperature has significantly less microorganism counts than breads stored at room temperature.

While the increase of time of part-baking and storage have increased baking loss, acidity and crust moisture of breads, it has decreased texture, crumb moisture, hydration capacity and softness of breads. The addition of antimicrobial preservative has decreased acidity, specific volume and softness of bread. While storage at refrigerator temperature has decreased crumb softness of white bread compared to room temperature, it has increased softness of rye bread crumb. While white bread has the most superior crumb softness, branny bread has the lowest one.

10 and 15 minute-part-baking on 3<sup>rd</sup> and 5<sup>th</sup> day of room temperature storage and 7<sup>th</sup> and 14<sup>th</sup> day of refrigerator temperature storage have gave crumb softness the same as control group breads or softer.

**2002, 144 pages**

**Keywords:** Bread, staling, storage, total bacteria count, part-baking,

## TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın planlanması, yürütülmesi ve sonuçlarının yorumlanmasına kadar her konuda yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. H. Gürbüz KOTANCILLAR'a çok teşekkür ederim. Bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dekanı Sayın Prof. Dr. Mükerrerem KAYA ve Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nün değerli öğretim üyelerine katkılarından dolayı ayrı ayrı teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca madde ve malzeme temininde her türlü yardımlarını esirgemeyen Atatürk Üniversitesi Rektörlüğü Araştırma Fonu yetkililerine teşekkürlerimi sunarım.

Mehmet Murat KARAOĞLU

Ağustos 2002

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ.....</b>	<b>17</b>
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM.....</b>	<b>28</b>
3.1. Materyal.....	28
3.1.1. Un.....	28
3.1.2. Kepek.....	28
3.1.3. Çavdar Unu.....	28
3.1.4. Kalsiyum Propiyonat.....	29
3.1.5. Maya.....	29
3.1.6. Tuz.....	29
3.1.7. Su.....	29
3.2. Yöntem.....	29
3.2.1. Deneme Planı.....	29
3.2.2. Ekmek Yapma Yöntemi ve Formülleri.....	30
3.2.2.1. Ekmek Yapma Yöntemleri.....	30
3.2.2.2. Ekmek Formülasyonları.....	32
3.2.3. Analiz Yöntemleri.....	33
3.2.3.1. Buğday Unu, Tam Çavdar Unu ve Buğday Kepeği Örneklerinde Yapılan Analizler.....	33
3.2.3.2. Un Karışımlarında Yapılan Analizler.....	33
3.2.3.2.1. pH Tayini.....	33
3.2.3.2.2. Farinograf Denemeleri.....	33
3.2.3.2.3. Ekstensograf Denemeleri.....	34
3.2.3.2.4. Renk Yoğunluğunun Ölçülmesi.....	34
3.2.3.3. Ekmekte Yapılan Analizler.....	34
3.2.3.3.1. Mikrobiyolojik Analizler.....	35
3.2.3.3.2. Toplam Titre Edilebilir Asitlik (TTA) Tayini.....	36
3.2.3.3.3. Ekmek İçi ve Ekmek Kabuğunun Rutubet Miktarının Belirlenmesi.....	37
3.2.3.3.4. Ekmek İçi Yumuşaklık Değerinin Belirlenmesi.....	37
3.2.3.3.5. Ekmek İçinin Hidrasyon Kapasitesinin Belirlenmesi.....	37
3.2.3.3.6. İstatistik Analizler.....	38
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....</b>	<b>39</b>
4.1. Buğday Un, Çavdar Unu ve Kepek Örneklerine ait Analiz Sonuçları.....	39
4.2. Ekmek Formülasyonlarında Kullanılan Unların Analiz Sonuçları.....	40
4.3. Hamur Örneklerinin Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları.....	41
4.4. Kısmi Pişmiş Ekmeklere Ait Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları.....	42

4.5. Ekmeklerin Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları .....	43
4.5.1. Oda Sıcaklığında ( $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) Depolanmış Ekmeklere Ait Sonuçlar.....	43
4.5.2. Buzdolabı Sıcaklığında ( $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) Depolanmış Ekmeklere Ait Sonuçlar....	49
4.6. Ekmeklerin Pişme Kaybı, Spesifik Hacim ve Tekstür Özelliklerinde Meydana gelen Değişmeler.....	53
4.6.1. Oda Sıcaklığında ( $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) Depolanmış Ekmeklere Ait Sonuçlar.....	53
4.6.2. Buzdolabı Sıcaklığında ( $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) Depolanmış Ekmeklere Ait Sonuçlar....	62
4.7. Ekmeklerin Toplam Titre Edilebilir Asitlik ve Nem Değerlerinde Meydana gelen Değişmeler.....	71
4.7.1. Oda Sıcaklığında ( $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) Depolanmış Ekmeklere Ait Sonuçlar.....	71
4.7.2. Buzdolabı Sıcaklığında ( $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) Depolanmış Ekmeklere Ait Sonuçlar....	81
4.8. Ekmeklerin Renk Değerlerinde Meydana Gelen Değişmeler.....	90
4.8.1. Oda Sıcaklığında ( $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) Depolanmış Ekmeklere Ait Sonuçlar.....	90
4.8.2. Buzdolabı Sıcaklığında ( $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) Depolanmış Ekmeklere Ait Sonuçlar....	99
4.9. Ekmeklerin Hidrasyon Kapasitesi ve Yumuşaklık Değerlerinde Meydana Gelen Değişmeler.....	108
4.9.1. Oda Sıcaklığında ( $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) Depolanmış Ekmeklere Ait Sonuçlar.....	108
4.9.2. Buzdolabı Sıcaklığında ( $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) Depolanmış Ekmeklere Ait Sonuçlar...	119
<b>5. SONUÇLAR.....</b>	<b>131</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>134</b>

## SİMGELER DİZİNİ

a	(+a) Kırmızı, (-a) Yeşil Renk Değeri
b	(+b) Sarı, (-b) Mavi Renk Değeri
BTE	Beyaz Tava Ekmeği
CFU	Colony Forming Unit
cm <sup>2</sup>	Santimetrekare
cm <sup>3</sup>	Santimetreküp
ÇE	Çavdar Ekmeği
dk	Dakika
EU	Ekstensograf Unit
FU	Farinograf Unit
g	Gram
K	Kontrol
KE	Kepekli Ekmek
KO	Kareler Ortalaması
L	Renk Değeri (açıklık-koyuluk)
log	Logaritma
ml	Mililitre
mm	Milimetre
P	Puan
PU	Penetrasyon Unit
TAMB	Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri
TTA	Toplam Titre Edilebilir Asitlik



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Ekmek üretim şeması.....	32
Şekil 4.1. Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde pişme kaybı üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (B), ekmek çeşidi x depolama süresi (C), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (D) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (E) interaksiyonları.....	58
Şekil 4.2. Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde spesifik hacim üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonları.....	60
Şekil 4.3. Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde tekstür üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x depolama süresi (B), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (C) ve kısmi pişme süresi x depolama süresi (D) interaksiyonları.....	61
Şekil 4.4. Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde pişme kaybı üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonları.....	67
Şekil 4.5. Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde spesifik hacim üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonları.....	69
Şekil 4.6. Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde tekstür üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x depolama süresi (B), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (C) ve kısmi pişme süresi x depolama süresi (D) interaksiyonları.....	71
Şekil 4.7. Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde toplam titre edilebilir asitlik üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonları.....	76
Şekil 4.8. Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek kabuğu nem miktarı üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonları.....	78

- Şekil 4.9. Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek içi nem miktarı üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), ekmek çeşidi x depolama süresi (C), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (D) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (E) interaksiyonları..... 80
- Şekil 4.10. Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde toplam titre edilebilir asitlik üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonları..... 85
- Şekil 4.11. Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek kabuğu nem miktarı üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), ekmek çeşidi x depolama süresi (C), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (F) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (E) interaksiyonları..... 87
- Şekil 4.12. Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek içi nem miktarı üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonları..... 89
- Şekil 4.13. Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek kabuğu L renk değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonları... .. 95
- Şekil 4.14. Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek kabuğu a renk değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonları..... 97
- Şekil 4.15. Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek kabuğu b renk değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x depolama süresi (B), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (C) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (D) interaksiyonları..... 98
- Şekil 4.16. Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek kabuğu L renk değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonları..... 100
- Şekil 4.17. Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek kabuğu a renk değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonları..... 102

- katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonları.....105
- Şekil 4.18. Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek kabuğu b renk değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonları.....107
- Şekil 4.19. Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek içi hidrasyon kapasitesi değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonları.....113
- Şekil 4.20. Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek içi 24. saat yumuşaklık değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (A), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (B), ekmek çeşidi x depolama süresi (C) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (D) interaksiyonları.....115
- Şekil 4.21. Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek içi 48. saat yumuşaklık değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonları.....116
- Şekil 4.22. Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek içi 72. saat yumuşaklık değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonları.....118
- Şekil 4.23. Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek hidrasyon kapasitesi üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), ekmek çeşidi x depolama süresi (C), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (D) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (E) interaksiyonları.....124
- Şekil 4.24. Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek içi 24. saat yumuşaklık değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonları.....126
- Şekil 4.25. Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek içi 48. saat yumuşaklık değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B),

antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) etkileşimleri.....128

Şekil 4.26. Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek içi 72.saat yumuşaklık değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) etkileşimleri.....130



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Çeşitli tahıl unlarının bileşimleri, hamur ve ekmek özellikleri.....	13
Çizelge 3.1. Ekmek formülasyonları.....	32
Çizelge 4.1. Buğday ve çavdar unu ile kepek örneklerine ait analiz sonuçları.....	39
Çizelge 4.2. Ekmek formülasyonlarında kullanılan unların kimyasal ve reolojik Özellikleri.....	40
Çizelge 4.3. Hamurların mikrobiyolojik analiz sonuçları.....	42
Çizelge 4.4. Değişik sürelerde kısmi pişirilmiş ekmeklerin mikrobiyolojik analiz Sonuçları.....	43
Çizelge 4.5. Oda sıcaklığında depolanmış ekmeklerin ikinci pişirmeden önceki mikrobiyolojik analiz sonuçları.....	44
Çizelge 4.6. Oda sıcaklığında depolanmış ekmeklerin ikinci pişirmeden sonraki mikrobiyolojik analiz sonuçları.....	47
Çizelge 4.7. Buzdolabı sıcaklığında depolanmış ekmeklerin ikinci pişirmeden önceki mikrobiyolojik analiz sonuçları.....	50
Çizelge 4.8. Buzdolabı sıcaklığında depolanmış ekmeklerin ikinci pişirmeden sonraki mikrobiyolojik analiz sonuçları.....	52
Çizelge 4.9. Kısmi pişmiş, oda sıcaklığında depolanmış ve yeniden pişirmeye tabi tutulmuş ekmeklerin analiz sonuçları.....	54
Çizelge 4.10. Oda sıcaklığında depolandıktan sonra yeniden pişirilen kısmi pişmiş ekmeklerde belirlenen pişme kaybı, spesifik hacim ve tekstür değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	55
Çizelge 4.11. Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek çeşidi değişkenine ait pişme kaybı, spesifik hacim ve tekstür ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	55
Çizelge 4.12. Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde antimikrobiyal katkı maddesi değişkenine ait pişme kaybı, spesifik hacim ve tekstür değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	55
Çizelge 4.13. Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde pişme süresi değişkenine ait pişme kaybı, spesifik hacim ve tekstür değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	56
Çizelge 4.14. Oda sıcaklığında depolama süresi değişkenine ait pişme kaybı, spesifik hacim ve tekstür değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	56
Çizelge 4.15. Kısmi pişmiş, buzdolabı sıcaklığında depolanmış ve yeniden pişirmeye tabi tutulmuş ekmeklerin analiz sonuçları .....	63
Çizelge 4.16. Buzdolabı sıcaklığında depolandıktan sonra yeniden pişirilen kısmi pişmiş ekmeklerin pişme kaybı, spesifik hacim ve tekstür değerlerine ait varyans analizi sonuçları.....	64
Çizelge 4.17. Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek çeşidi değişkenine ait pişme kaybı, spesifik hacim ve tekstür değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma	

Testi sonuçları.....	64
Çizelge 4.18. Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde antimikrobiyal katkı maddesi değişkenine ait pişme kaybı, spesifik hacim ve tekstür değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	65
Çizelge 4.19. Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde kısmi pişirme süresi değişkenine ait pişme kaybı, spesifik hacim ve tekstür değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	66
Çizelge 4.20. Buzdolabı sıcaklığında depolama süresi değişkenine ait pişme kaybı, spesifik hacim ve tekstür değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	66
Çizelge 4.21. Kısmi pişmiş, oda sıcaklığında depolanmış ve yeniden pişirilmeye tabi tutulmuş ekmeklerin TTA ve nem değerleri.....	72
Çizelge 4.22. Oda sıcaklığında depolandıktan sonra yeniden pişirilen kısmi pişmiş ekmeklerin toplam titre edilebilir asitlik (TTA) ve nem değerlerine ait varyans analizi sonuçları.....	73
Çizelge 4.23. Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek çeşidi değişkenine ait toplam titre edilebilir asitlik (TTA) ve nem değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	73
Çizelge 4.24. Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde antimikrobiyal katkı maddesi değişkenine ait toplam titre edilebilir asitlik (TTA) ve nem değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	74
Çizelge 4.25 Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde kısmi pişirme süresi değişkenine ait toplam titre edilebilir asitlik (TTA) ve nem değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	74
Çizelge 4.26. Oda sıcaklığında depolama süresi değişkenine ait toplam titre edilebilir asitlik (TTA) ve nem değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	75
Çizelge 4.27. Kısmi pişmiş, buzdolabı sıcaklığında depolanmış ve yeniden pişirilmeye tabi tutulmuş ekmeklerin TTA ve nem değerleri.....	82
Çizelge 4.28. Buzdolabı sıcaklığında depolandıktan sonra yeniden pişirilen kısmi pişmiş ekmeklerde belirlenen toplam titre edilebilir asitlik (TTA) ve nem değerlerine ait varyans analizi sonuçları.....	83
Çizelge 4.29. Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek çeşidi değişkenine ait toplam titre edilebilir asitlik(TTA) ve nem değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	83
Çizelge 4.30. Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde antimikrobiyal katkı maddesi değişkenine ait toplam titre edilebilir asitlik (TTA) ve nem değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu	

Karşılaştırma Testi sonuçları.....	83
Çizelge 4.31. Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde kısmi pişirme süresi değişkenine ait toplam titre edilebilir asitlik (TTA) ve nem değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	83
Çizelge 4.32. Buzdolabı sıcaklığında depolama süresi değişkenine ait toplam titre edilebilir asitlik (TTA) ve nem değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	84
Çizelge 4.33. Kısmi pişmiş, oda sıcaklığında depolanmış ve yeniden pişirilmeye tabi tutulmuş ekmeklerin renk değerleri analiz sonuçları.....	91
Çizelge 4.34. Oda sıcaklığında depolandıktan sonra yeniden pişirilen kısmi pişmiş ekmeklerde ekmek kabuğu L, a ve b renk değerlerine ait varyans analizi sonuçları.....	91
Çizelge 4.35. Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek çeşidi değişkenine ait ekmek kabuğu renk değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	92
Çizelge 4.36. Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde antimikrobiyal katkı maddesi değişkenine ait ekmek kabuğu renk değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	92
Çizelge 4.37. Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde kısmi pişirme süresi değişkenine ait ekmek kabuğu renk değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	93
Çizelge 4.38. Oda sıcaklığında depolama süresi değişkenine ait ekmek kabuğu renk değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	93
Çizelge 4.39. Kısmi pişmiş, buzdolabı sıcaklığında depolanmış ve yeniden pişirilmeye tabi tutulmuş ekmeklerin renk değerleri analiz sonuçları.....	100
Çizelge 4. 40. Buzdolabı sıcaklığında depolandıktan sonra yeniden pişirilen kısmi pişmiş ekmeklerde belirlenen ekmek kabuğu L, a ve b renk değerlerine ait varyans analizi sonuçları.....	101
Çizelge 4.41. Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek çeşidi değişkenine ait ekmek kabuğu renk değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	101
Çizelge 4.42. Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde antimikrobiyal katkı maddesi değişkenine ait ekmek kabuğu renk değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	101
Çizelge 4.43. Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde pişirme süresi değişkenine ait ekmek kabuğu renk değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	102
Çizelge 4.44. Buzdolabı sıcaklığında depolama süresi değişkenine	

ait pişme kaybı, spesifik hacim, gözenek ve tekstür değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	102
Çizelge 4.45. Kısmi pişmiş, oda sıcaklığında depolanmış ve yeniden pişirilmeye tabi tutulmuş ekmeklerin hidrasyon kapasitesi ve yumuşaklık değerleri.....	109
Çizelge 4.46. Oda sıcaklığında depolandıktan sonra yeniden pişirilen kısmi pişmiş ekmeklerin hidrasyon kapasitesi ve ekmek içi yumuşaklık değerlerine ait varyans analizi sonuçları.....	110
Çizelge 4.47. Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek çeşidi değişkenine ait hidrasyon kapasitesi ve yumuşaklık değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	110
Çizelge 4.48. Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde antimikrobiyal katkı maddesi değişkenine ait hidrasyon kapasitesi ve yumuşaklık değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi. Sonuçları.....	110
Çizelge 4.49. Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde pişirme süresi değişkenine ait hidrasyon kapasitesi ve yumuşaklık değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	111
Çizelge 4.50. Oda sıcaklığında depolama süresi değişkenine ait hidrasyon kapasitesi ve yumuşaklık değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	111
Çizelge 4.51. Kısmi pişmiş, buzdolabı sıcaklığında depolanmış ve yeniden pişirilmeye tabi tutulmuş ekmeklerin analiz sonuçları.....	120
Çizelge 4.52. Buzdolabı sıcaklığında depolandıktan sonra yeniden pişirilen kısmi pişmiş ekmeklerin hidrasyon kapasitesi ve ekmek içi yumuşaklık değerlerine ait varyans analizi sonuçları.....	121
Çizelge 4.53. Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek çeşidi değişkenine ait hidrasyon kapasitesi ve yumuşaklık değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	121
Çizelge 4.54. Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde antimikrobiyal katkı maddesi değişkenine ait hidrasyon kapasitesi ve yumuşaklık değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	121
Çizelge 4.55. Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde kısmi pişirme süresi değişkenine ait hidrasyon kapasitesi ve yumuşaklık değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	122
Çizelge 4.56. Buzdolabı sıcaklığında depolama süresi değişkenine ait hidrasyon kapasitesi ve yumuşaklık değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları.....	122



## 1. GİRİŞ

Ekmek, bütün d n ya da özellikle de Türkiye gibi ekonomik sorunlar yaşıyan ve gelişmekte olan ülkelerde, insanların beslenme ihtiyaçlarının karşılanmasında birinci derecede öneme sahip vazgeçilmez bir gıda maddesidir. Bugün dünya ülkelerinin %53'ünde alınan toplam kaloringin %50'sini, %87'sinde ise alınan kaloringin %30'undan fazlasını sağlamakta olan ekmek, oldukça az t keticildiği söylenen batı Avrupa  lkelerinde dahi alınan proteinin %30'unu, karbonhidratların %50'sini ve B grubu vitaminlerin %50'sini sağlamaktadır. Tahıla dayalı bir beslenmenin hakim olduğu ülkemizde ise en çok t keticilen gıda maddelerinden biri olan ekmeğin, kişi başına t keticiminin günlük 400 g civarında olduğu bildirilmektedir. Ayrıca, kişi başına t keticilen enerjiningin %66'sını tahıllar sağlarken, bu enerjiningin %56'sı, proteinin ise %50'si ekmekten karşılanmaktadır (Campbell ve Hill 1991, Ercan ve Bildik 1993, Elgün ve Ertugay 2000).

Yaşam düzeyinin artışıyla ekmek t keticiminde bir azalma olsa da, pek çok gıdaya kıyasla ucuz bir enerji ve protein kaynağı olması, kendine has nötr karakterde bir tat ve aromaya sahip olmasından dolayı hiçbir zaman bıkkınlık duyulmadan sevilerek t keticildiğinden ve ekmeğin yerine ikame edilecek bir gıda maddesi olmadığından ekmeğin önemi gelecekte de devam edecektir (Elgün ve Ertugay 2000).

Bayatlama ve sertliğin artması gibi fizikokimyasal değişmeler ile s nme ve küflenme gibi mikrobiyolojik bozulmalar ekmeğin raf ömrünü kısıtlayan faktörlerdir. Bu nedenle, ekmek tazeliğini yani sevilen tekstür ve aromasını hızlı bir şekilde kaybeder ve ayrıca küflenmeye maruz kalır. Ekmeğin insan beslenmesinde ne derece önemli olduğu ve ne kadar fazla t keticildiği göz önünde bulundurulursa, ekmeğin bu sınırlı raf ömrü, tüm dünyada milyarlarca dolarlık bir zarara sebep olmaktadır. Farklı  r n formülasyonları, değişik işlem şartları ya da ambalajlama teknikleri ile ekmeğin raf ömrü uzatılmaya çalışılmaktadır (Knightly 1977, Knorr ve Tomlis 1985, Corsetti *et al.* 1998, Baik ve Chinachoti 2000). Ekmeğin raf ömrü, bayatlama, maya, küf ve bakteri gelişmesiyle sınırlandırılmaktadır. Mikrobiyolojik bozulma olmaksızın ekmeğin bayatlaması büyük

ölçüde nişastanın retrogradasyonu ile ilgilidir. Ancak son veriler nişasta retrogradasyonunun tek faktör olmadığını ortaya koymuştur. Özellikle çözünebilir nişasta ile gluten arasındaki çapraz bağlar, glass-rubbery dönüşümü ve kısmi kurumanın da bayatlamayı etkilediği düşünülmektedir (Ghiasi *et al.* 1984, Persaud *et al.* 1990, Hebeda *et al.* 1991, Martin ve Hosenev 1991).

Genel anlamda ekmeğin bayatlaması, mikroorganizmaların neden olduğu değişmelerin dışında kalan ve tüketicilerin beğenisini azaltan, ekmeğin sertleşmesi, kabuk gevrekliğinin ortadan kalkması ve taze ekmeğin aromasının kaybolması gibi değişimlerin tamamını kapsamaktadır. Ekmeğin bayatlamasında, su içeriğinin azalması kritik bir rol oynamaktadır. Ayrıca depolama süresince kabuğun yumuşaklığı ve ekmeğin sertliği nemin ekmeğin içinde yeniden dağılımıyla ilgilidir. Taze halde nispeten kuru ve gevrek bir kabuğa, yumuşak süngerimsi nemli ve düzgün bir gözenek yapısına sahip olan ekmeğin, bayatlama sonucunda yumuşak ve deri gibi bir kabuğa ve sert, kaba, çabuk ufalanabilir bir ekmeğin içine sahip olur (Leung *et al.* 1983, Ercan ve Bildik 1993, Piazza ve Masi 1995, Elgün ve Ertugay 2000).

Ekmeğin bayatlaması çok karmaşık bir olaydır. Ekmeğin piştikten sonra vuku bulan bayatlama olayında gerek ekmeğin içinde gerekse ekmeğin kabuğunda bir seri değişim meydana gelir. Ekmeğin bayatlamasında meydana gelen değişimlerin başında ekmeğin içi sertliğinin artışı gelmektedir. Bayatlamayla meydana gelen diğer değişimler arasında önemli derecede aroma kaybı, su absorpsiyon kapasitesi ve çözülebilir nişasta miktarı ve nişastanın amilaz enzimine karşı duyarlılığındaki azalma, nişastanın kristalleşmesi ve şeffaflığının kaybı, ekmeğin ufalanmasındaki artış ve "Diferansiyel Termal Analiz" teknikleri ile ölçülebilen ısıl özelliklerin değişmesi gelmektedir (Kim ve D'Appolonia 1977, Morad ve D'Appolonia 1980, D'Appolonia ve Morad 1981, Boyacıoğlu 1993, Sidhu *et al.* 1997).

Ekmekteki nem miktarı bayatlamayı etkileyen önemli faktörlerden biridir. Yüksek nem içeriği, daha fazla su daha fazla nişasta jelatinizasyonuna imkan sağladığı için ekmeğin bayatlamasını geciktirmektedir (Fessas ve Schiraldi 1998). Farklı sürelerde pişirilmiş ekmeğin bayatlama düzeylerindeki farklılık, ekmeğin farklı nem içermelerinden

kaynaklanmaktadır. Yüksek nem içeren ekmekler düşük nemli ekmeklerden daha taze olmaktadır. Hamur yaklaşık %45 nem içerirken bu oran ekmekte yaklaşık %38-39'a düşmektedir. Ekmekte suyun yaklaşık %46'sı nişasta, %31'i protein ve %23'ü de pentozan gamlar tarafından tutulmaktadır (Bechtel ve Meisner 1954, Bushuk ve Hlynka 1964, D'Appolonia 1984, Pühr ve D'Appolonia 1992).

Ekmeğin bayatlama hızını etkilediği düşünülen birçok faktör bulunmaktadır. Bunların başlıcaları; unun biyokimyasal bileşenleri (nişasta, proteinler, pentozanlar, su ve lipitler), ekmeğin üretiminde kullanılan maddeler (maya, tuz, su, enzimler, ekmeğin yumuşatıcı katkıları), üretim yöntemi (direkt hamur yöntemi, sponc hamur yöntemi, sürekli yöntem), üretim değişkenleri (yoğurma koşulları, fermentasyon süresi, son fermentasyon süresi, pişirme süresi), ekmeğin depolama koşulları (depolama süresi ve sıcaklığı), ekmeğin nemi ve spesifik hacmidir (Boyacıoğlu 1993).

Ekmeğin çok iyi bir ambalajlama ile oda sıcaklığında 5 ile 7 gün, buzdolabı sıcaklığında ise 2-3 ay depolanabilmektedir (Robert ve Graham 1999). Ekmeğin depolama sıcaklığı bayatlamayı etkileyen önemli bir diğer faktördür. Ekmeğin depolama sıcaklığı, oda sıcaklığından (20-35°C) yaklaşık 2°C'ye düşürüldüğünde bayatlama çok hızlı bir şekilde oluşur. Buna karşın sıcaklık yaklaşık 2°C'den -18°C'ye düşürüldüğünde bayatlama hızı yavaşlar. Özellikle -18°C'de bayatlama hızı çok yavaş olup ekmeğin bu sıcaklıkta görünür bir bayatlama olmaksızın aylarca saklanabilir. -7°C'deki bayatlama 10°C'de olduğu kadar hızlı oluşmakta ve 10°C ile -7°C arası, bayatlamasının en hızlı cereyan ettiği sıcaklık aralığını teşkil etmektedir (Russel 1985, Boyacıoğlu 1993).

Bayatlama, ekmeğin içi sertliği ve ekmeğin kabuğu yumuşaklığının artması gibi hem ekmeğin içi hem de ekmeğin kabuğundaki değişimleri kapsar. Ancak, bayatlama denilince genelde ekmeğin içindeki değişimler anlaşılır. Ekmeğin katı yapısı temelde ya tamamen amorf (gluten) ya da kısmi olarak kristal yapıdaki (nişasta) polimerlerden oluşmaktadır. Amorf polimerler ve kısmi kristal polimerlerin amorf bölgeleri camsı bir dönüşüm sergiler. Bu dönüşüm, sıcaklıkla birbiri ile ilişkili olan segmentlerin (10-50 C atomları) hareketlerinin başlamasıyla ilgilidir (Siljeström *et al.* 1988, LeMeste *et al.* 1992). Undaki mevcut farklı biyokimyasal bileşenler, ekmeğin bayatlamasında oldukça

önemlidir. Ekmek yaklaşık olarak 1:6:5 oranlarında protein, nişasta ve su içerir. Buna ilaveten, pentozanlar ve lipidler minor bileşenler olmalarına rağmen, ekmek yapımında fonksiyonel özelliklere sahip olan bileşenlerdir. Bu geçiş bileşikleri ana bileşikler arasında kimyasal bağlanma ve fiziksel yerleşime izin verirler. Pek çok araştırmacı ekmeğin bayatlamasından birinci derecede nişastadaki değişimleri sorumlu tutmalarına rağmen, farklı bileşenler arasındaki kimyasal bağlanma ve fiziksel yapı da göz ardı edilemez (Wall 1971, Willhoft, 1973).

Sulu bir ortamda ısıtılınca, nişasta granüllerinin su alıp şişmesi jelatinizasyon olarak adlandırılır. Nişastanın jelatinizasyonunda, nişasta granüllerinin hacminin artmasıyla birlikte nişasta şişer, granül yapısı bozulur, ısı absorpsiyonu ve granül kristallüğünde kayıp meydana gelir. Bunlar ekmek pişirme prosesi süresince nişastada meydana gelen değişimlerdir. Nişasta taze ekmeğin yaklaşık olarak %54'ünü oluşturur ve hamur sıcaklığı 55–60°C'ye ulaşınca jelatinizasyon olayı meydana gelir. Zamanla, nişasta molekülleri yeniden bir araya gelebilirler ve bir kristal yapı oluşturabilirler. Aynı zamanda sertlikte bir artış meydana gelir ve polimer ve solvent kısımları ayrılabilir. Bu olaylar retrogradasyon olarak bilinir ve bu olaylar ekmek gibi yüksek nispette nişasta içeren ürünlerde, kabul edilebilirlik ve tekstür üzerine önemli derecede etki etmektedir (Kou ve Chinachoti 1991, Leon *et al.* 1996). Nişasta retrogradasyonu kinetik olarak iki kısma ayrılmaktadır. Bunlardan ilki, farklı zincir segmentlerindeki çift heliksin hızlı katılma sergilemesi, ikincisi ise, amiloza kıyasla daha düşük oranda olmakla birlikte amilopektin kısa zincirlerinin rekristalize olmasıdır (Inagaki ve Seib 1992).

Ekmeğin bayatlamasında en önemli etkenin nişastanın retrogradasyonu olduğu düşünülmektedir. Önceden amilozun retrogradasyona daha meyilli olduğu ve bu nedenle bayatlamadan daha fazla sorumlu olduğu düşünülmekteydi (Knightly 1977). Ancak, daha sonra yapılan araştırmalarda amilopektindeki agregasyonun ekmek içi bayatlamasında daha etkili olduğu bildirilmiştir (Kim ve D'Appolonia 1977). Amilozun pişmeden sonra ilk saatlerde retrogradasyona uğraması bu teoriyi desteklemekte ve ekmek bayatlamasında amilopektinin amilozdan daha etkili olduğunu göstermektedir (Siljeström *et al.* 1988).

Su hamurun pişirilmesi süresince birçok önemli değişimde roller üstlenir. Bu değişimler nişastanın jelatinizasyonu, protein denaturasyonu, maya ve enzimatik inaktivasyon ile renk ve aroma oluşumudur. Su içeriği ve onun ekmek içinde dağılımı mikrobiyolojik bozulmayı, ekmek içinin yumuşaklığını, ekmek kabuğunun gevrekliğini ve ekmeğin kalitesini etkileyen diğer birçok faktör üzerine etkili olmasından dolayı ekmeğin raf ömrünü de önemli derecede etkilemektedir. Fakat gıdalarda mikrobiyal faaliyeti etkileyen faktör su içeriğinden ziyade su aktivitesidir. Mikrobiyal gelişme için su aktivitesi alt sınırları, bakteriler için 0.91, mayalar için 0.88, küfler için 0.80, halofilik bakteriler için 0.75, kseroofilik küfler için 0.65 ve osmofilik mayalar için ise 0.60 dır (Beuchat 1981, Czuchajowska *et al.* 1989).

Protein-nişasta ve ekmek içi-ekmek kabuğu arasındaki suyun difüzyonu ve yeniden dağılması ve buharlaşmayla meydana gelen su kaybı bayatlamayla ilgilidir. Fakat suyun rolü tam olarak açıklanamamıştır. Ekmek piştikten sonra bir iki saat içinde su ekmek içinden kabuğa doğru hareket ederken birkaç gün sonra bu hareket durur ve bir miktar su buharlaşarak ekmekten uzaklaşır. Ekmek piştikten sonra 0. günden 1. güne su aktivitesinde biraz düşme olur. Su aktivitesindeki bu düşüşün nedeni ekmek içi neminin ekmek kabuğuna transferidir. Su kaybı ekmek içinin sertliğinin artmasına sebep olur. Fakat ekmeğin bayatlaması sabit nemde meydana gelir (Willhoft 1971, He ve Hoseney, 1990, Pisesookbunterng ve D'Appolonia 1983).

Fırında pişirme sırasında ekmeğin merkezinin sıcaklığı yaklaşık olarak en fazla 95°C'ye ulaşır ve ekmeğin merkezi bu sıcaklığa 10 dakika maruz kalınca pişme işlemi son bulur. Pişme işleminin başlangıcında ekmeğin merkezinin ısınma hızı yaklaşık 3.7°C/dakika iken pişirmenin 15. dakikasında bu oran 2°C/dakikaya, 30. dakikada ise 0.2–0.3°C/dakikaya düşmektedir (Graber 1999). Ekmek içinin pişmesinde fırında ilk dakikalardaki ısı işleminin daha etkili olduğu söylenebilir.

Hamur geleneksel bir fırında pişirildiği zaman ısı yüzeyden merkeze doğru transfer edilir. Bu nedenle ısıyla hamurun dönüşümü ilk başta ekmeğin yüzeyinde cereyan eder. Daha sonra merkeze doğru ilerler. İki dakikalık pişirmeden sonra hamurun sadece yüzeyinde ince bir tabaka oluşurken, pişirme ilerledikçe daha fazla hamur ekmek haline

dönüşür. 7 dakikalık pişirmeden sonra yalnızca hamurun merkezinde küçük bir kısım pişmeden kalırken, 8 dakikalık pişirmeden sonra hamur diye bir şey kalmaz ve artık ekmek içi tamamen oluşur. Bununla birlikte, şayet ekmeğin merkezi elle uzatılırsa uzayabilir ve daha çok hamur gibi davranabilir. Daha fazla pişirme ile ekmek içinin elastikiyeti artar ve uzaması azalır (He ve Hosoney 1991a).

Ekmek içinin tekstürel özellikleri, ekmeğin tazeliğinin ve dolayısıyla kalitesinin belirlenmesinde genel bir kriterdir. Bayatlamayla birlikte ekmek içinin sertliği tüketici beğenirliğini azaltan en önemli faktörlerden biridir (Berglund ve Shelton 1993). Ekmek tekstüründe nişasta ve gluten önemli bileşenlerdir. Fakat her biri farklı polimerlerin bir karışımı olmasından dolayı moleküler değişmelerin belirlenmesi oldukça zordur. Ekmeğin tekstürü fermantasyona tabi tutulmuş hamurun pişirilmesi süresince nişasta jelatinizasyonu ve protein denatürasyonu sonucu oluşmaktadır. Pişme süresince nişasta granülleri su alır ve şişer. Ekmekte nişasta granülleri sürekli bir protein fraksiyonu içinde dağılmıştır (Bechtel *et al.* 1978, Eliasson ve Hegg 1980, Vittadini *et al.* 1996). Nişasta ve protein arasında çapraz bağlanma hamurda görülmez. Bununla birlikte pişirmeden sonra nişasta ve protein arasında bağlanmalar meydana gelir. Nişasta jelatinizasyonu arttıkça gluten-nişasta hamurunun elastik modülünde artış görülür. Bu da nişasta-gluten interaksiyonunun pişirme süresince meydana geldiğini gösterir. Pişme süre ve sıcaklığındaki artış hidrasyon kapasitesini artırmaktadır. Yapılan çalışmalarda, nişastanın şişmesiyle ilgili olarak, pişme süresinde 10 dakikalık bir artışın ekmek içinin hidrasyon kapasitesini %290'dan %305'e artırdığı belirtilmiştir. Ayrıca, 232°C'de 20 dakika pişmiş ekmeğin hidrasyon kapasitesi %305, 210°C'de aynı süre pişmiş ekmekte ise %290 olarak tespit edilmiştir (Yasunaga *et al.* 1968, Dresse *et al.* 1988).

Ekmeğin yüzey sıcaklığı ve suyun buharlaşma hızı, fırın sıcaklığı değiştirilerek değiştirilebilir. Ancak buharlaşma sıcaklığı atmosfer basıncında yaklaşık 100°C dir ve değiştirilemez. Sonuç olarak, ekmek içi sıcaklığı deniz seviyesinde daima 100°C civarındadır ve ısı muamelesinin şiddeti farklı pişirme süresiyle değiştirilebilir. Ekmek içi yapısından sorumlu olan temel modifikasyonlardan olan nişastanın jelatinizasyonu ve protein denatürasyonu, pişirmede uygulanan ısı işleminin şiddetine ve süresine bağlıdır. Ekmekte yaklaşık olarak %96 oranında nişasta jelatinizasyonu meydana gelir.

Yüksek fırın sıcaklığında pişme süresince daha fazla su buharlaşması meydana gelmektedir. Su içeriği nişastanın retrogradasyon oranını etkilediği için oldukça önemlidir (Lineback ve Wongsrikasem 1980, Zeleznak ve Hosenev, 1986).

Kısmi pişirme, iki aşamalı pişirme işlemini içeren ekmek üretimini belirtmektedir. Kısmi pişirme yöntemi basit bir son pişirme ile tüketiciye taze çıtır ekmek tüketme imkanı sağladığı için büyük bir piyasa potansiyeline sahiptir. Bu yöntemin dezavantajı ürün kalitesinin korunmasındaki güçlüktür (Pai ve Walker 2001).

Kısmi pişirme yöntemi, istenildiği zaman tüketiciye taze çıtır ekmek yeme imkanı sağlamak için geliştirilmiş bir metottur. Daha kızarıklık ve servise hazır sloganıyla, kısmi pişmiş ekmekler 50 yıl önce Amerika'da piyasaya sürülmüştür. Kısmi pişmiş bir ekmek geleneksel bir fırında ekmek yapısı oluşana kadar yeterince pişirilmelidir. Ancak ekmek kabuk rengi daha açıktır ve yeniden pişirmeye tabi tutulduğu zaman istenen kalite kriterlerini oluşturacak kadar yeterli nem miktarı içermelidir. İkinci pişirme işlemi tüketime hazır bir ürün elde etmek için zorunludur (Osterwind ve Pagenstedt 1982, Leuschner *et al.* 1996).

Normalde bayat ekmeğe ısı muamelesi yapılarak o an ekmeğin tazelenmesi sağlanabilir. Ancak ek bir ısıl işlem ile ekmekteki su miktarı iyice azaldığından, ısıtmayı müteakip saatlerde ekmek sertliği daha fazla artmakta ve bayatlama hızlanmaktadır. Oysa kısmi pişirme işleminde ekmek tam pişirilmediği için su miktarı normalden daha yüksek olmakta ve ikinci pişirme işlemi sonucunda ekmekteki su miktarı fazla düşmemekte ve kısmi pişmiş ekmeğin ikinci pişirmeye tabi tutulmasıyla, normal ekmeğin ısıtılmasına kıyasla bayatlama daha gecikmektedir.

Kısmi pişmiş ekmek için düşünülen en önemli kalite kriterleri, ekmek hacim verimi, ekmek içi yumuşaklığı, ekmeğin nem içeriği, kabuk ve ekmek içinin rengidir. Kısmi pişmiş ekmekler ticari olarak derin dondurucu, buzdolabı ya da oda sıcaklığında saklanmaktadırlar. Depolama süresince normal ekmekte olduğu gibi kısmi pişmiş ekmeğin tazeliği azalır ve bayatlaması artar. İkinci pişirme işlemi ekmeğin özellikle de ekmek içinin tazeliğini ve istenen ekmek kabuk renginin oluşmasını

sağlamaktır. Optimum kalitede bir son ürün elde etmek için, ekmek içini sertleştireceği ve yanık bir ekmek kabuğu oluşturacağından ikinci pişirme işlem süresinin kısa tutulmasının zorunlu olacağı öne sürülmektedir (Downey 1988, Black *et al.* 1993).

Buzdolabı sıcaklığında muhafaza edilen ekmek, oda sıcaklığında saklanan ekmekten daha hızlı bayatlamaktadır. Bununla birlikte, ikinci pişirme safhası süresince bayat bir yarı pişmiş ekmek yumuşak kabuk özelliğini yeniden kazanmaktadır. Yapılan araştırmalarda, zorunlu olarak yapılan ikinci pişirme işleminin kabuk tekstürünü ve ekmek içi özelliklerini önemli derecede etkilediği ve son ürünün taze olarak pişmiş gibi bir özellik kazandığı bildirilmektedir. Ayrıca yeniden pişirme işlemiyle, kabuğun daha gevrek olduğu ve ekmek içi bayatlamasının geciktiği belirtilmektedir (Leuschner *et al.* 1997).

Kısmi pişmiş ekmekler ticari olarak dondurularak, soğukta veya oda sıcaklığında saklanırlar. Depolama süresince yarı pişmiş ekmeğin tazeliği azalıp bayatlaması arttığı için ikinci pişirme işlemi ile ekmeğin tazelenmesini sağlamakla birlikte istenen kabuk renginin oluşması da temin edilir . Uzun bir ikinci pişirme, hoşça gitmeyen sert ve yanık bir kabuk oluşturduğu için son ürünün özelliklerini optimize etmede ikinci pişirme zamanını kısa tutmak zorunludur (Black *et al.* 1993).

### **Ekmekte Mikrobiyolojik Bozulma**

Diğer gıdalarda olduğu gibi ekmek de hem fiziksel hem de mikrobiyolojik kusurları içeren bir takım problemlere sahiptir. Fiziksel kusurların başında, kullanılan un ya da pişirme tekniklerinden kaynaklanan, hacmin düşük olması, ekmek içi sertliğinin artması, uygun olmayan aroma ve bayatlama gibi problemler gelmektedir. Mikrobiyal kusurlar ise, temelde *Rhizopus nigricans*, *Aspergillus niger* ve *Penicillium expansum* gibi küflerin sebep olduğu küflenme ile *Bacillus subtilis* ve *Bacillus pumilus* gibi bakterilerin sebep olduğu sünme problemleridir. Bu nedenle bazı ülkelerde özellikle küflerin sebep olduğu bozulmayı azaltmak için çeşitli koruyucu maddeler formülasyona katılmaktadır (Jackel 1980).



Ekmekte küflenmeden sonra en önemli bozulma, özellikle sıcaklığın bakteri gelişmesi için uygun olduğu yaz aylarında görülen sünmedir. Ekmeklerde sünme, herhangi bir koruyucu madde kullanılmadığı zaman, kepek veya tam un kullanılan formülasyonlarda daha fazla görülmektedir. Sünmeye sebep olan başlıca *Bacillus* türleri *Bacillus subtilis*, *B. mesentericus*, *B. licheniformis*, *B. megaterium*, *B. cereusdur*. Bu bakteriler proteinler ve nişastayı mikrobiyal amilaz ve proteazlar ile parçalayarak ve yapışkan ekstraselular polisakaritler oluşturarak bozuk renkli, yapışkan bir ekmek içi ve kavunumsu bir koku oluştururlar. *Bacillus* cinsi bakterilerin kaynağı fırın ekipmanı ve hammaddedir. Un ve diğer hammaddelerdeki *Bacillus* sporları ısıya dayanıklıdır ve bazıları pişme işlemi sırasında en fazla 97–101°C'ye çıkabilen ekmek içi merkezindeki sıcaklığa birkaç dakika dayanabilmektedir (Farmiloe *et al.* 1954, Bailey ve Von Holy 1993)

### **Kepekli Ekmek**

Ekmek çeşitleri temelde iki grupta toplanmaktadır. Bunlardan ilki, beyaz ekmek, esmer ekmek ve tam un ekmeği gibi ekmekleri kapsayan buğday ekmekleridir. İkinci grup ise çavdar, mısır, soya, casava ve buğday gibi unların karışımından yapılan diğer ekmeklerdir (Ellis *et al.* 1997). Beslenmemizde önemli bir yere sahip olan tahıl ürünleri ve özellikle de ekmek şüphesiz insan sağlığı üzerine önemli etkilerde bulunmaktadır. Tahıllarla sağlanan lifi yüksek ve az yağlı bir diyet, kalp hastalıkları, felç ve bazı tip kanserler gibi kronik hastalıklara karşı vücudu korumaya yardım etmektedir. Ayrıca yüksek lifli gıdalar, kan lipit seviyesinin düşürülmesi ve bazı gastrointestinal (sindirim sistemi ) hastalıkların tedavisine de yardımcı olmaktadır. Bu özelliklerinden ve istenen duyuşsal özelliklere sahip olmasından dolayı kepekli ekmeğe olan ilgi son yıllarda önemli derecede artmıştır (Rogers ve Hosenev 1982, Rognerud *et al.* 1986, Gustafson 1985, Kotancılar vd 1995, Karaoğlu ve Kotancılar 2000).

Önceleri gelir düzeyi düşük olan halkın tükettiği esmer ekmek veya kepekli ekmeğe veya tam randımanlı ekmeğe son yıllarda ilgi giderek artmaktadır. Değişik ülkelerde kepekli ekmek, belli oranlarda kepek karıştırılmış undan yapılabileceği gibi, buğdayın kabuğu ayrılmaksızın öğütülmesi ile elde edilmiş undan (tam randımanlı un) da

üretilebilmektedir. Kepekli ekmeğe ilginin nedenlerinden birisi besin maddelerince zengin olmasıdır. Sayılabilecek diğer nedenler ise bağırsak hareketini hızlandırarak kabızlığı önlemesi ve sonuçta bağırsak kanseri ve hemoroid oluşumunu engellemesi ve insan vücudu tarafından sindirilmeyen selülozu içerdiğinden dolayı kilo vermeye yardımcı olmasıdır. Ayrıca kepek östrojenin dolaşımını azaltır ve kadınlarda rahim ve göğüs kanserini azaltan bir faktör oluşturur. Kepekli ekmeğin kan şekeri düzenlemekte, kanda kolesterol seviyesini düşürmektedir. (Meyer ve Calloway 1977, Özkaya 1986, Ranhotra ve Gelroth 1988, Özkaya 1992, Kotancılar vd 1995).

Buğday ve buğday ürünleri, insan diyetinde önemli bir protein ve kalori kaynağı olarak bilinmektedir. Ayrıca vitamin, mineral ve diyet lifi gibi diğer besin öğelerini de içermektedir. Özellikle kepekli, tam un ekmeği diyet lifi bakımından oldukça zengindir. Tam buğday ununda diyet lifi %10.2 iken bu oran beyaz unda %2.5'e düşmektedir. Buğday kepeğinde ise diyet lifi %40 ile 44 arasında değişmektedir. Bu nedenle yüksek lifli ürünler üretmede buğday kepeği önemli bir kaynaktır (Ranhotra *et al.* 1990).

Kepek yüksek oranda (yaklaşık %5) fitik asit içermektedir. Dolayısıyla kepekli ekmekteki fitik asit miktarı normal ekmeğe göre daha yüksektir. Bu nedenle yüksek lifli gıdaların tüketimi ile fitik asit alımı da artmaktadır. Fitik asit, çinko, demir ve kalsiyum gibi çok değerli metal iyonları ile çelat oluşturma yeteneğine sahiptir. Şayet uzun süre lifli gıdalara dayanan bir diyetle beslenme söz konusu olursa, fitik asit bu mineralleri bağlayıp fitat tuzları oluşturduğundan besinsel bir noksanlığa sebep olmaktadır. Fitik asit fitazlar ile enzimatik olarak ya da kimyasal olarak inositol pentafosfat, inositol tetrafosfat, inositol triptofosfat gibi daha düşük inositol fosfatlara, insanların sindirim sisteminde parçalanma ile, gıda işleme ile, çimlenme ile, fermentasyonla ya da depolama süresince inositol di-ve monofosfata hidrolize edilmektedir. Fitik asit ve parçalanma ürünlerinden sadece inositol pentafosfat minerallerin biyo yararlılığı üzerine olumsuz etkiye sahiptir. Diğer hidrolitik ürünler bu açıdan fazla önemli değildir (Lehrfeld 1994, Garcia-Esteva 1999).

Srikumar (2000) tarafından yapılan bir araştırmada, fekal enzim aktiviteleri ve fekal safra asitleri ve nötral steroidlerin konsantrasyonu üzerine beyaz ve esmer (kepekli)

ekmek tüketiminin etkisi araştırılmıştır. Yapılan araştırma sonucunda, yüksek oranda lif alımı ya da dışkının hacim artışından dolayı, beyaz ekmek yerine esmer (kepekli) ekmek tüketiminin kolik asit gibi bazı pro-karsinojenik bileşiklerin salgılanmasını önemli derecede azalttığı ve fekal enzimler olan  $\beta$ -glukuronidaz ve  $\beta$ -glukozidazın aktivitelerini azalttığı bildirilmiştir.

Buğday kepeği, ekmek hacmine olumsuz yönde etki eden tam buğday ununun bir bileşenidir. Kepeğin ekmek hacmi üzerine etkisi kepeğin kaynağına ve partikül büyüklüğüne göre değişmektedir. Kepek, ekmek formülasyonuna ilave edildiği zaman, unun daha fazla su absorbe etmesine sebep olur, hamurun görünüşünü ve işleme özelliklerini değiştirir. Bu nedenle gluten uygun bir şekilde hidrate olmaz ve normal absorpsiyon seviyesinde gelişir. Uygun olmayan bir absorpsiyon seviyesinin kullanımı ekmek hacminin düşmesine neden olur (Finney *et al.* 1985, Moder *et al.* 1984, Lai *et al.* 1989a, Lai *et al.* 1989b.).

Kepek katkısı, genellikle hamurun yapısını ve pişme kalitesini zayıflatır, ekmek hacmini ve ekmek içinin elastikiyetini azaltır. Glutenin nispi olarak miktarı azaldığından hamurun gaz tutma kapasitesi olumsuz yönde etkilenmektedir. Kepek parçacıkları, gluten ağının yapısını bozar ve partiküler boyutta gaz hücrelerini genişlemeye zorlar. Bu nedenle pişme kalitesinde kepeğin partikül büyüklüğü de oldukça önemlidir (Rao ve Rao 1991, Özboy ve Köksel 1997). Kepeğin çözülebilir pentozanları ve  $\beta$ -glukan fraksiyonu hamur gelişimini etkilemektedir. Spesifik hacim, ekmeğin kabul edilebilirliğinde önemli kriterlerden biridir. Bu nedenle kepek katkılı ekmeklerin hacmini iyileştirmek için önceleri farklı muamelelere tabi tutulmuş kepekler kullanılmaktadır. Bu muamelelerin başında, istenmeyen bileşenlerin uzaklaştırılması için kepeğin yıkanması ve küçük partiküllü kepek elde etmek için kepeğin öğütülmesi gelmektedir (Rasco *et al.* 1991, Nelles *et al.* 1998).

Shorts, rüşeym, aleuron ve perikarp tabakalarının bir karışımıdır. Buğday kepeği ile karşılaştırılırsa shortslar buğday kepeğine göre alöron tabakasını ve rüşeymi daha fazla içermektedirler. Bu nedenle sadece kepek ya da alöron ve rüşeyimli kepeğin ekmek

formülasyonuna ilavesi ekmeğin kalitesi üzerine farklı etkilerde bulunmaktadır. Kepekte mevcut olmayan alöron ve perikarp tabakalarında mevcut olan bileşiklerin rüşeym ile interaksiyona girebilecekleri ve rüşeymin olumsuz etkisini iyileştirebilecekleri bildirilmektedir (Lai *et al.* 1989c).

Besin maddeleri miktarının fazla olması kepekli ekmeğin her zaman daha besleyici olacağı anlamına gelmez. Çünkü ekmeğin kepek oranı arttıkça karbonhidratların hazmolabilirliği ve proteinden faydalanma oranı düşmektedir. Ayrıca kepekli ekmeğin bir de fitik asit sorunu vardır. Fitik asit tanede en fazla kabuk kısmında bulunur ve kepekli ekmeğin miktarı artar. Fitik asit, Ca ve Fe gibi mineraller ile mide ve bağırsaklarda çözünmeyen bileşikler oluşturur ve vücut tarafından bu maddelerin emilimine engel olmuş olur. Maya fitatı inositol ve ortofosfata hidrolize edebilen fosfataz enzimini içermektedir. Böylece mayalı ürünlerde fitatların zararlı etkisi bertaraf edilir (Harland ve Harland 1980, Özkaya 1992).

### **Çavdar Ekmeği**

Çavdar ekmeği özellikle Avrupa ülkelerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu ülkelerde çavdar ekmeği günlük diyet lifi alımının önemli bir kısmını karşılamaktadır. Çavdar geleneksel olarak kullanılan zengin lifli tahılların başında gelmektedir. Özellikle çözünür ve çözünmez arabinoksilanlar bakımından zengindir. Çavdar yaklaşık olarak 16.1 g/100 g diyet lifi içermektedir. Çavdarda diyet lifinin önemli bileşenleri arabinoksilan (%60), selüloz (%15) ve  $\beta$ -glukan ve fruktandır (%9) (Nilson *et al.* 1997, Grasten *et al.* 2000). Yapılan çalışmalarda özellikle erkeklerde çavdar ekmeği tüketiminin kandaki total ve LDL kolesterol seviyesini düşürdüğü tespit edilmiştir (Leinonen *et al.* 2000).

Çavdar ekmeği tam çavdar unundan, düşük ekstraksiyonlu çavdar unundan ya da çavdar ununun belli oranlarda ekmeğin formülasyonuna katılmasıyla yapılmaktadır (Hansen *et al.* 2001). Çavdar ekmeğinin kalitesi, formülasyona hidrokolloidler ve emülsiyon yapıcı maddeler ilave edilerek geliştirilebilir. Çavdar ekmeğinin yapısı üzerine sınırlı bilgi mevcuttur. Çavdar ekmeği birkaç nedenden dolayı önemlidir: besleyicidir, uzun bir raf

ömrüne sahiptir, yapısı sınırlı orandaki gluten matriksine dayanır ve fırın ürünlerinde kullanılabilir (Mettler ve Seibel 1995).

Çavdar ekmeği, buğday ekmeğinin yaklaşık yarısı kadar hacme sahip olmasına rağmen raf ömrü daha uzundur. Ayrıca çavdar ekmeği buğday ekmeğine kıyasla tat ve aroma bakımından daha zengindir (Ragae *et al.* 2001).

Tahıl unları içinde ekmek yapmaya en uygunu buğday unudur. Gaz üretimi ve gaz tutma kapasitesi mükemmeldir. Bu özelliği yapısındaki proteinlerden kaynaklanmaktadır. Tahıllar içinde gaz tutma açısından çavdar unu buğdaydan sonra ikinci sırada olmasına rağmen, çavdar ununun gaz tutma kapasitesi sınırlıdır. Yapılan araştırmalarda, çavdar ununun gaz üretme kapasitesinin yüksek ancak gaz tutma kapasitesinin düşük olduğu bildirilmiştir. Çavdar ununun pentozan içeriği (%8) buğday ununkinden (%3) fazladır. Çavdar unundaki pentozanların fonksiyonel olarak proteinlerden daha önemli olduğu ve çavdar hamuru viskozitesinin pişme kalitesine önemli derecede etki ettiği bildirilmektedir. Saf çavdar unu hamuru yapışkandır ve elde edilen ekmekler çok yoğun ve sıkı olmaktadır. Bu nedenle çavdar unu genellikle farklı miktarlarda buğday unu ile katılarak ekmek yapımında kullanılır (He ve Hosney 1991b). Çizelge 1.1'de çeşitli unların bileşimleri, hamur özellikleri ve ekmek hacimleri görülmektedir.

**Çizelge 1.1.** Çeşitli tahıl unlarının bileşimleri, hamur ve ekmek özellikleri (He ve Hosney 1991b)

Un	Protein (%)	Kül (%)	Gaz Üretimi (GU)	Ekmek Hacmi (cm <sup>3</sup> )
Buğday (ticari un)	11.5	0.48	65	932
Çavdar (fal)	8.2	0.38	56	244
Pirinç (orta taneli)	7.0	0.34	50	200
Mısır (CCf 660)	7.0	1.7	64	179

Su çeken ve suda şişen maddeler (proteinler ve pentozanlar), nişastanın miktarı ve özellikleri çavdar ekmeği yapımında oldukça önemlidir. Pişirme şartlarında buğday nişastası enzimlerin saldırısına çavdar nişastasından daha az duyarlıdır. Çavdar nişastası yaklaşık 50°C'de jelatinize olurken buğday nişastası yaklaşık 70°C'de jellatinize olmaktadır. Buğday ekmeğinde iyi bir şekilde mayalanmış gluten sistemi, pişirme süresince jelatinize olan nişasta tarafından takviye edilir. Protein bileşikleri, asidik ve yüksek viskoziteli çavdar hamurunda bu potansiyellerini gerçekleştirmezler. Sonuç olarak, çavdar ekmeğinin mayalanma derecesi düşürülür. Nişasta tarafından üstlenilen rol, sistemin pH'sı, hamurun bileşimi, formülasyon, enzim aktivitesi ve nişastanın kendisinin parçalanma düzeyinden etkilenmektedir. Çavdar ekmeği yapımında nişasta zedelenmesi, buğday ekmeği yapımının aksine istenmez. Muhtemelen çavdarda gam materyali yüksek nispette bulunduğu için, buğdayın aksine, öğütme süresince mekanik olarak çavdarda nişasta zedelenmesi oldukça zordur. Benzer şekilde buğday ekmeği üretiminde ince öğütülmüş un kullanım eğilimi (işlemi hızlandırmak, daha üniform ürünler üretmek, nişasta zedelenmesi ve su absorpsiyunu artırmak), çavdar ekmeği üretiminde bir dezavantajdır. Pratikte, çavdar ekmeği üretiminde yetersiz kalitede hammadde kullanımının yol açtığı bazı noksanlıkların, daha ziyade kaba elenmemiş un kullanımıyla giderilebileceği gösterilmiştir (Bechtel 1978, Pomeranz *et al.* 1984).

İnsan beslenmesinde bu kadar önemli bir yere sahip olan ekmeğin raf ömrü çok kısadır. Hafif nemli ve süngerimsi bir yapıya sahip fırın ürünlerinin kaliteleri, kaçınılmaz olarak bozulmaktadır. Bu nedenle ekmeğin günlük olarak üretilmekte ve 36 saat içinde tüketilmektedir. Bayatlama olarak adlandırılan bu bozulma, ekmeğin bileşim ve gıda değeri üzerinde herhangi bir etki yapmazken, tüketim değerini azaltmaktadır. Bayatlamış ekmeğin istekle yenmediğinden önemli ölçüde israfa ve büyük ekonomik kayıplara neden olmaktadır.

Ülkemizde yıllık olarak yaklaşık 160 trilyonluk (100 milyon dolar) ekmeğin israf edilmekte ve bu durum zaten büyük sorunlar yaşayan ülke ekonomisinde önemli kayıplara neden olmaktadır. Bir başka ifadeyle Türkiye'de günde yaklaşık olarak 66 milyon ekmeğin üretilmekte ve bunun yaklaşık 12 milyonu israf edilmektedir. Ülkemizde ekmeğin israfı genellikle büyük kentlerde ve özellikle kalitesiz ve ihtiyaçtan fazla ekmeğin

üretimi yapan toplu tüketim yerlerinde daha fazla görülmektedir. Toplu tüketimin yapıldığı kurum ve kuruluşlarda kişi başına yılda 4.1 kg buğday karşılığı ekmek israf edilmekte bu da yaklaşık olarak yılda 200 bin ton buğdaya tekabül etmektedir.

Planlanan bu araştırma ile tam olarak pişirilmeyip kısmi pişirmeye tabi tutulmuş ekmeklerin farklı şartlarda ve farklı sürelerde depolandıktan sonra yeniden pişirmeye tabi tutularak mikrobiyolojik ve tüketim kalitesinde meydana gelen değişmelerin belirlenmesi ve bu yolla ekmeğin raf ömrünün uzatılabilme imkanının araştırılması amaçlanmıştır. Özellikle askeri birlikler gibi toplu tüketim yerlerinde ve herhangi bir olağan üstü durumda, merkezi sistemde kaliteli ekipman ve deneyimli elemanlarla üretilen kısmi pişmiş ekmeklerin, daha sonra tüketim mahallinde ihtiyaca göre sadece basit bir ısı işlemi ile tüketime sunulması ekmek israfını azaltacaktır. Üretimin tek bir merkezde olması ile, istenilen ekmek kalitesi daha iyi kontrol edilecek ve ekipman ile işçilikten tasarruf sağlanarak maliyet kısmen düşürülecektir. Ayrıca, tüketiciye her öğünde taze ekmek tüketme imkanı sunulacak ve ekmeğin bayatlamasından kaynaklanan israf ve ekonomik kayıplar azalacaktır.

İnsan sağlığı üzerindeki olumlu etkisinin anlaşılmasıyla kepekli ekmek ve çavdar ekmeğine olan ilgi her geçen gün artmakta ve bu ekmek çeşitleri bugün az da olsa diyetle yer almaktadır. Ancak, tüketimi yaygınlaşmadığından ve normal ekmeğe kıyasla daha çabuk bayatladığından fırıncılar tarafından fazla üretilmemekte bilinçli olarak bu ekmek çeşitlerini tüketmek isteyen insanlar bu ekmek çeşitlerini her zaman taze olarak temin edememektedirler. Bu çalışma kapsamında, normal ekmeğin raf ömrünün uzatılabilme ve ekmek israfının azaltılması imkanlarının araştırılmasının yanı sıra, çavdar ve kepekli ekmek gibi daha az tüketilen ekmek çeşitlerinin de kısmi pişirme yöntemi ile istendiği zaman taze olarak tüketilebilmesi imkanları araştırılmıştır.

Ayrıca bu çalışma ile kısmi pişirme ve farklı koşullarda muhafaza etme işleminin ekmeklerin mikrobiyolojik, teknolojik ve duyuşsal özelliklerinde meydana getireceği değişimler ve en uygun kısmi pişirme ile muhafaza şartları belirlenmiştir.

Kısmi pişirme işlemi taze olarak tüketilen bütün fırın ürünlerine uygulanabilecek bir metottur. Ayrıca ürünün raf ömrünün uzatılmasında, dondurarak muhafazaya alternatif olabilecek daha ucuz ve uygulanması daha kolay bir yöntem olarak görünmektedir.





## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Leon *et al.* (1996) tarafından yapılan bir araştırmada, hamurun pişirilmesi ve ekmeğin depolanması sırasında nişastada meydana gelen değişmeler belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmada, hamurların pişmesi sırasında, maksimum retrogradasyonun %35-50 su içeriğinde meydana geldiği, hamurun dondurulmasının jelatinizasyon üzerine herhangi bir etkisi olmazken, donmuş hamur 30 gün depolandığı zaman retrogradasyonun artma eğilimi gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca, DSC (Differential Scanning Calorimetry) ile liyofilize edilmiş ekmeç içi örneklerinde nişasta retrogradasyonu belirlenmiş ve ekmeğlerde depolama süresi uzadıkça  $\Delta H$  (entalpi) değerlerinin arttığı, bu artışın jelatinize edilmiş ve belirli süre depolanmış hamur örneklerinden daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Leuschner *et al.* (1997) tarafından yapılan bir araştırmada kısmi pişmiş ve yeniden pişmiş sodalı ekmeğlerin kalite özellikleri üzerine önemli işlem parametrelerinin etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Araştırmada, 200°C'de pişirilen kısmi pişmiş ekmeğler, ambalajlandıktan sonra 5°C'de 11 güne kadar depolandıktan sonra, 180 ya da 200°C'de ikinci pişirme işlemine tabi tutulmuştur. Yapılan araştırmada yeniden pişmiş ekmeğin kalitesinin önemli derecede kısmi pişmiş ekmeğin özelliklerine, kısmi pişmiş ekmeğin depolama şartlarına ve ikinci pişirme işleminin parametrelerine bağlı olduğu vurgulanmıştır. Her iki sıcaklıkta da ikinci pişirme süresinin artmasının ekmeç içi sertliğini artırdığı ve 180°C'de 20 dakikalık bir ikinci pişirme zamanının ekmeç içi tazeliğinin oluşmasında yeterli olduğu; hacim veriminin yeniden pişirilmış ekmeğte kısmi pişmiş ekmeğten daha düşük olduğu ve ikinci pişirme süresince nem kaybının sadece kabuğa yakın kısımlarda (ekmeç dışından 10 mm) meydana geldiği belirtilmiştir.

Leuschner *et al.* (1999) tarafından yapılan bir araştırmada, yarı pişmiş karbonatlı ekmeğin pişirme kaybı ve nem profili üzerine farklı yeniden pişirme süreleri (10, 15, 20, 25, 30, 35 ve 40 dakika) ve sıcaklıklarının (180 ve 200°C) etkisi incelenmiştir. Fırın sıcaklığı arttıkça, ekmeğte nem kaybının sadece kabukta arttığı bildirilmiştir. Ekmeğin

modifiye bir atmosferde (%40 CO<sub>2</sub> ve %60 N) ve 4°C sıcaklıkta saklandığı 13 hafta süreyle mikrobiyal faaliyetin olmadığı bildirilmiştir.

Pisesookbuntern *et al.* (1983), yüzey aktif madde katkılı ve katkısız ve 2 ile 30°C'de değişik sürelerde depolanan ekmekleri 90°C'de 45 dakika yeniden ısıtmaya tabi tutarak ekmekleri yeniden tazelenmeye ve ekmeklerin bayatlamasında meydana gelen değişimi tespit etmeye çalışmışlardır. 2°C'de 2 gün depolanan ve yeniden ısıtılan ekmekler eski orijinal yumuşaklıklarına tekrar ulaştığı, oysa ilk ısıtmadan sonra ikinci ve üçüncü kez yeniden ısıtmaya tabi tutulmuş ekmeklerin orijinal yumuşaklıklarına ulaşamadığı bildirilmiştir. 30°C'de depolanan ekmeklerin yeniden ısıtılması sonucu orijinal yumuşaklığına dönüşümü kısmen sağlamıştır. Aynı şekilde, 2°C'de 2 ve 3 gün depolanan ekmekler birinci ve ikinci yeniden ısıtma işlemine kadar orijinal yumuşaklıklarında depolanabilirken, 30°C'de orijinal yumuşaklığın kısmen korunabildiği bildirilmiştir.

Yapılan bir çalışmada, değişik su absorpsiyonu (%68.2-%74.2, optimum %71.2) ve hamurların değişik sürelerde (21-27 dakika, optimum 24 dakika) pişirilmesi ile elde edilen ekmeklerde nem miktarı, su aktivitesi, ekmek hacmi ve ekmek ağırlıkları belirlenmiş, ilave edilen su miktarındaki düşüşün ekmek hacmini düşürdüğü (888 cm<sup>3</sup>'den 808 cm<sup>3</sup>'e), pişirme süresindeki artışın ise ekmek hacmini çok az düşürdüğü bildirilmiştir. Optimum su absorpsiyonu (%71.2) ile yoğrulan hamurlarda su aktivitesi (0.956), %74.2 su absorpsiyonu ile yoğrulan hamurlarınkinden (0.988) düşük çıkmıştır. Ayrıca, farklı su absorpsiyonu ile pişirilen ekmeklerin ekmek içi nem miktarında önemli farklılıklar olurken, optimum su absorpsiyonu ile farklı sürelerde pişirilen ekmekler arasında fazla bir farklılık olmamıştır. Piştikten 1 ile 24 saat sonra ekmek için su aktivitesi değerlerinde çok az bir değişim olurken, pişirme süresi uzadıkça ekmek kabuğunun nem ve su aktivitesi değerlerinde düşüş gözlenmiştir (Czuchajowska *et al.* 1989).

Yapılan başka bir araştırmada, ekmek kalitesi üzerine su içeriği, depolama süresi ve una gluten ilave edilmesinin etkisi araştırılmıştır. Hamur yapımında kullanılan su ve gluten

miktarındaki artışın (sırasıyla %60, 63 ve 66; % 1, 2) depolama süresince ekmeğin içi sertliğindeki artışı frenlediği tespit edilmiştir (Gil *et al.* 1997).

Yapılan bir çalışmada, balady ekmeğinin kalitesi, nişasta jelatinizasyon derecesi, ekmeğin tazeliği ve raf ömrü üzerine farklı pişirme sıcaklıkları ve sürelerinin (540°C'de 10 dakika, 415°C'de 2 dakika, 370°C'de 3-4 dakika ve 260°C'de 6-7 dakika) etkisi araştırılmıştır. Düşük fırın sıcaklığı ve uzun pişirme süresinde üretilen ekmeğin daha kuru ve daha kalitesiz olmuş, orta derecelerde pişirilen ekmeğin nişasta jelatinizasyon oranı artmıştır. Bayatlama hızı, ekmeğin içinin çözülebilir nişasta miktarı ve amiloz içeriği 260°C'de pişirilen ekmeğin artmıştır (Faridi ve Rubenthaler 1984).

Maleki *et al.* (1980) tarafından yapılan bir çalışmada ekmeğin bayatlama hızı ve yumuşaklığı üzerine ekmeğin hacmi, ekmeğin nem miktarı ve farklı un fraksiyonlarının etkisi araştırılmıştır. Farklı pişirme zamanları (18, 21 ve 24 dakika) kullanılarak farklı nem içerikli ekmeğin (%37.2, %35.3 ve %34.5) elde edilmiştir. Araştırma sonucunda, 1. saat, 1. ve 3. gün yumuşaklık üzerine pişirme zamanındaki kısılmanın (ekmeğin su miktarının artmasının) artırıcı yönde etkili olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, unlarda protein miktarının artmasının ekmeğin hacmi artırdığı ve ekmeğin hacminin artmasının da ekmeğin bayatlamasını geciktirdiğini bildirmişlerdir. Konu ile ilgili başka bir çalışmada, ekmeğin bayatlama üzerine ekmeğin hacminin önemli derecede etkili olduğu, spesifik hacmi yüksek olan ekmeğin bayatlama oranı düşük olurken, spesifik hacim düşükçe ekmeğin bayatlama oranının arttığı belirlenmiştir (Axford *et al.* 1968).

He ve Hosney (1991a), ekmeğin pişirme işleminde, sıcaklıkla hamurdan ekmeğe olan dönüşümü incelemişlerdir. Ekmeğin içi sıcaklığı 64°C'ye ulaştığı zaman hamur görünüşüne ve özelliklerine sahipken, sıcaklık 65°C'ye çıktığında görünüşü önemli derecede ekmeğe doğru değişmiş, bununla birlikte ekmeğin içi hala uzayabilir ve elle kolayca sıkıştırılabilir olmuştur. Sıcaklık 80°C'ye ulaştığı zaman hamur ekmeğin gibi görünüm kazanmış, uzayabilmesi düşmüştür. Sıcaklık 88°C'yi aştığı zaman uzayabilirlik çok azalmış ve ekmeğin görünümüne kavuşmuştur. Sıcaklık 95°C'ye çıktığı zaman ise uzayabilirlik ortadan kalkmış ve elastik ekmeğin görünümüne

ulaşmıştır. Bu nedenle, hamurdan ekmeğe olan dönüşümün 65°C'de başladığı ve sıcaklık artışıyla devam ettiği bildirilmiştir.

Ekmeğin bayatlamasının hem nişastanın retrogradasyonu hem de proteinlerdeki değişmelerin bir sonucu olduğu ileri sürülmektedir. Ekmeğin bayatlamasında gluten ve nişastadan hangisinin daha fazla etkili olduğu tartışma konusudur (Kay ve Wilhoft 1972, Fearn ve Russel 1982). Bu konuda yapılan bir çalışmada, 80:4 ile 64:20 arasında değişen nişasta-protein ve %42.5 ile 49.5 arasında değişen hamur nem içeriği faktör olarak kullanılmış ve bu hamurlardan elde edilen ekmeklerin bayatlama oranları incelenmiştir. Yapılan çalışmada, ekmeğin bayatlaması süresince elastik değişiklikler üzerine glutenin nişastadan 6.7 kat daha fazla etki ettiği belirtilmiş ve pişirmeden sonra ilk 72 saat içinde nişastadan glutene suyun transferinin söz konusu olmadığı bildirilmiştir (Banecki 1983).

Ekmeğin tekstürü tazeliğin bir göstergesi olup, tüketici tarafından ekmeğin kabul edilebilirliğinin belirlenmesinde önemli bir kriterdir. Bayatlama sürecinde ekmeğin tekstüründeki farklılıklar nişasta, protein, lipit ve su gibi bileşiklerdeki değişmelerle ilgilidir. Bununla birlikte, nişasta retrogradasyonu sayesinde ekmeğin içi yapısında meydana gelen sertleşme açıklanmışken, diğer bileşenlerdeki değişmelerden dolayı tekstürde meydana gelen değişimler tam olarak açıklanamamıştır (D'Appolonia ve Morad 1981). Tüketici tarafından yapılan duyu analizlerinde ekmeğin sertliği ile cihazla yapılan sertlik ölçümleri arasında nasıl bir ilişki olduğu önemli bir konudur. Bu konuda yapılan bir çalışmada, üretilen ekmekler hem duyu analizleri hem de cihazla sertlik ölçümü analizine tabi tutulmuş ve duyu analizlerindeki panelistler tarafından belirlenen ekmeğin sertliği ile cihaz ile belirlenen ekmeğin sertliği arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir (Brady ve Mayer 1985).

Czuchajowska ve Pomeranz (1989) tarafından yapılan bir çalışmada 21°C'de maksimum 168 saat depolanan ekmeklerin merkezinde ve kabuğa yakın kısımlarında nem içeriği ve su aktivitesinin seyri belirlenmiştir. Depolama süresince ekmeğin içinin merkezindeki su aktivitesi ve nem içeriğinde çok az bir düşüş görülmüştür. Kabuğa yakın kısımlarda ise depolamanın ilk 24 saatinde su aktivitesi ve nem içeriğinde önemli

derecede düşüş olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, 168 saat depolama süresince DSC (Differential Scanning Calorimetry)'de çözünen amilopektin pik bölgesinin ekmek kabuğuna yakın kısımların ekmek içinden daha hızlı arttığı, aradaki farkın 48 saat depolamadan sonra maksimuma ulaştığı ve 24, 48 ve 168 saat depolamadan sonra entalpi değişimlerinin sırasıyla ekmek içinde 0.27, 0.66, 0.53j/g; kabuğa yakın kısımlarda ise 1.19, 1.35, 1.82 j/g olduğu tespit edilmiştir.

Martin *et al.* (1991), son pişirme sıcaklığı, pişirme süresi ve ekmek neminin bayatlama üzerine etkisini belirlemek üzere yaptıkları çalışmada, farklı sıcaklık ve sürelerde pişirilmiş ekmeklerin bayatlamasını incelemişlerdir. Son pişirme sıcaklığının ekmek sertliğini önemli derecede etkilediği ve 95°C'de pişirilmiş ekmeklerde sertlik 398 g, nem miktarı %35.5 olurken, sıcaklık 99°C'ye eriştiği zaman sertliğin 595g'a yükseldiği nem miktarının ise %30.4'e düştüğü belirtilmiştir. Ayrıca yapılan çalışmada, 95°C'nin üstündeki sıcaklıklarda pişirme süresi arttıkça 1. gün sertlik ve su hidrasyon kapasitesinin arttığı bildirilmiştir.

Ekmek içinin bayatlaması üzerine ekmek pişirme sıcaklığının etkisini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada, 90°C'den 110°C'ye değişen sıcaklıklarda ekmekler pişirildikten sonra 20°C'de sabit nemde depolanmıştır. Yapılan çalışmada pişirme sıcaklığının ekmeğin bayatlamasını önemli derecede etkilediği saptanmıştır. Pişirme sıcaklığı düştükçe hem ekmek içi sertliği hem de nişasta retrogradasyonu açısından ekmek içinin bayatlama hızı da düşmüştür. Ayrıca pişirme sıcaklığındaki artışın nişasta granülünün parçalanmasında ve protein çözünmezliğinde artışa neden olduğu belirtilmiştir (Giovanelli *et al.* 1997).

Ekmekte tekstür ve ekmek kalitesi üzerine depolama şartları ve işlem basamaklarının etkisini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada, 0 ile 7 gün arasında değişen depolama süresi, uzun ve kısa fermentasyon süresi ile düşük ve yüksek hamur sıcaklığı faktör olarak seçilmiştir. İki günlük depolama sonucunda uzun süreli hamur işleme metoduyla yapılan ekmeklerin kabuklarının daha gevrek olduğu; ilk 24 saatlik depolama süresince ekmek kabuğu gevrekliğinin önemli derecede azaldığı; yine 24 saatlik depolamadan sonra kabuğun maksimum kopmaz bir hal aldığı ve depolamanın 1.

gününden 3. güne doğru ekmeğin ağızda dişlere maksimum yapışkanlık gösterdiği belirtilmiştir (Stöllman ve Lundgren 1987).

El-Samahy ve Tsen (1981), balady ekmeğinin besin değeri ve ekmeğin kalitesi üzerine pişirme sıcaklığı ve pişirme süresinin etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, değişik sıcaklık ve sürelerde (248°C'de 6.4 dk, 288°C'de 7 dk, 327°C'de 3.6, 5 ve 6.4 dk, 343°C'de 3.5 ve 5 dk) pişirilen ekmeğin üzerinde çalışmışlardır. Yapılan çalışmada, pişirme sıcaklığının 248°C'den 343°C'ye artmasıyla, ekmeğin ağırlığının düştüğü, ekmeğin rengi koyuluğunun önemli derecede arttığı; pişirme süresi ve sıcaklığının ve süresinin ekmeğin kimyasal karakterini ve amino asit içeriğini çok az etkilediği; fakat artan pişirme sıcaklığında protein kalitesinin bozulduğu bildirilmiştir.

Baik ve Chinachoti (2000), ekmeğin neminin bayatlamaya üzerine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, standart beyaz ekmeğin kabuklu ve kabuksuz olarak 25°C'de hermetik ambalajlarda depolamışlardır. Yapılan çalışmada, ekmeğin kabuklu saklandığı zaman iki haftalık bir depolamadan sonra ekmeğin içi nem ve su aktivitesinde önemli bir düşüş olduğu, kabuksuz depolamada ise nem içeriği ve su aktivitesinin fazla bir değişiklik göstermediği bildirilmiştir. Ayrıca kabuklu depolamada 8.günden sonra ekmeğin sertlik ve amilopektin rekristalizasyonunda kabuksuz depolanan ekmeğe göre daha önemli derecede artış olduğu bildirilmiştir.

Piazza ve Masi (1995), bayatlama süresince ekmeğin nem dağılımının ekmeğin mekanik özelliklerine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, 25°C'de 300 saatlik depolama süresince ekmeğin tekstürü ve nem profilindeki değişiklikleri belirlemişlerdir. Ekmeğin nem profili göz önünde tutularak, bayat ekmeğinin lokal nem içeriği ve tekstürü arasında bir korelasyon tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan çalışma sonucunda, bayatlamaya önlenmesinde ekmeğin içi neminin yüksek olmasından ziyade dehidrasyon olayını yavaşlatmanın daha önemli olduğu vurgulanmıştır.

Nişasta retrogradasyonunun kontrolü ve ekmeğin sertliğinde ekmeğin su önemli bir rol oynamaktadır. Rogers *et al.* (1988), ekmeğin su miktarının ekmeğin sertliğini ve nişasta retrogradasyonunu nasıl etkilediğini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, değişik

yüksek nem içerikli ekme elde etmek için standart pişme süresi (24 dk) 9 ve 12 dakikaya kısaltılmış ve yine değişik düşük nem içerikli ekme elde etmek için ise 24 dakikalık pişme süresinden sonra ekmekler fanlı bir kurutucuda 2 ile 26 saat arasında değişen sürelerde kurutulmuştur. Yapılan çalışmada, hızlı şekilde sertleşen düşük nemli ekmekler düşük oranda nişasta retrogradasyonuna sahip olmuştur. Bu nedenle sertliğin basit bir şekilde nişasta retrogradasyonunun bir fonksiyonu olamayacağını ve her ikisinin de ekmekteki nem miktarından farklı şekilde etkilendiğini bildirmişlerdir. Ekmekte nem miktarı azaldıkça sertlik oranı önemli ölçüde artmıştır. Kontrol (%31 nem içeren ekme) ile kıyaslandığında daha yüksek nem içeren (%35, 37) ekmeklerde sertlik geciktirilmiştir. Retrogradasyonun ise %20'den daha düşük nem içeriklerinde minimumken %20 ve %30 nem içeriklerinde hızlı bir şekilde arttığı bildirilmiştir.

Leuschner *et al.* (1998) tarafından yapılan çalışmada, yarı pişmiş sodalı ekmeklerde yeniden ısıtma (pişirme) işleminin *Bacillus* sporları üzerine etkisi araştırılmış ve *Bacillus* türlerinin D değerleri belirlenmiştir. Yarı pişmiş ekmeklerde, oda sıcaklığında 2 gün bekleme sonunda sünme meydana geldiği ve yarı pişmiş ekmekten izole edilen *Bacillus subtilis*, *B. pumilus* ve *B. licheniformis*'in 100°C'deki D değerlerinin sırasıyla 14, 10 ve 56 dakika olduğu bildirilmiştir. Ayrıca bu çalışmada, sporların pH 6–10'da ve 4, 20, 30 ve 37°C'de gelişme ve çoğalmaları incelenmiş pH 10 ve 4°C'de çoğalmanın olmadığı ve yarı pişmiş ekmeğin yeniden pişirilmesi işleminin özellikle *B. licheniformis* sporlarını aktive ettiği tespit edilmiştir.

Lund *et al.* (1996) tarafından yapılan çalışmada, çavdar ekmeğinden izole edilen 3425 küf izolatından, %25'inin *Penicillium roquefortii*, %20'sinin *P. corylophilum*, %15'inin *Eurotium spp.*, olduğu ve bu küflerin ambalajlı çavdar ekmeğinin bayatlamasından önemli derecede sorumlu olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, *P. decumbens*, *Paecilomyces variotti*, *Aspergillus flavus*, *P. commune*, *P. solitum*, *A. niger* ve *Mucor spp.*'nin çavdar ekmeğinde ikinci derecede önemli olduğu bildirilmiştir.

Ekme hammadeleri ve ekmekteki *Bacillus* sayıları ve *Bacillus* spor sayılarını belirlemek üzere yapılan bir çalışmada, buğday tanesinde 1.8 CFU/g, buğday ununda 3.4 CFU/g, buğday kepeğinde 12.4 CFU/g, tam buğday ununda 1.9 CFU/g, çavdar

tanesinde 7.0 CFU/g, çavdar ununda 2.2 CFU/g, çavdar kepeğinde 2.9, tam çavdar ununda ise 7.3 CFU/g *Bacillus* sporu tespit edilirken; 25–30°C'de 2 gün depolamadan sonra beyaz ve tam un ekmeklerinin *Bacillus* sayıları 10<sup>6</sup> CFU/g olarak belirlenmiştir. Ayrıca ekmeklerden izole edilen *Bacillus* türlerinden %70'inin *B. subtilis*, %24'ünün *B. licheniformis*, %2'sinin *B. pumilus* ve %2'sinin *B. cereus* olduğu ve *B. Subtilis*'in ısıya daha dirençli olduğundan dolayı ekmekte daha fazla bulunduğu tespit edilmiştir (Rosenkvist ve Hansen 1995).

Yapılan bir çalışmada, Gana'da farklı şekilde satışa sunulan çeşitli ekmeklerin total mikroorganizma ve maya/küf sayıları belirlenmiştir. Yapılan çalışmada, ekmeklerin mikrobiyal yükleri üzerine ekmek tipi ve depolama (ambalajlama) şeklinin önemli derecede (P<0.01) etkili olduğu bildirilmiştir. Esmer ekmekte, taze haldeyken toplam mikroorganizma sayısı 2.65 (log CFU/g) ve maya/küf sayısı 2.97 (log CFU/g) iken laboratuvar şartlarında depolamayla toplam mikroorganizma sayısı 5.09 (log CFU/g)'a, maya/küf sayısı ise 4.53 (log CFU/g)'a yükselmiştir. Aynı ekmeklerin perakende satış şartlarında ise total mikroorganizma sayıları 5.62 (log CFU/g)'ye, maya/küf sayıları ise 4.76 (log CFU/g)'ya yükselmiştir (Ellis *et al.* 1997).

Rogers *et al.* (1990), ekmeğe uygulanan farklı yeniden ısıtma işlemlerinin ekmek ve gluten örneklerinde meydana getirdiği değişimleri incelemiştir. Araştırmada, pişirilen ekmekler 1.27 cm kalınlıkta dilimlenerek geleneksel bir fırında (130°C), mikrodalga fırında (700 W) ve buharlı bir fırında yeniden ısıtılmıştır. Araştırma sonucunda, yumuşaklığın, yeniden ısıtmadan sonraki ekmek nem düzeyinden ziyade yeniden ısıtma metoduna bağlı olarak değiştiği, ayrıca buharlı fırında ısıtılan ekmek ve gluten örneklerinin diğerlerine göre daha düşük protein çözünürlüğü gösterdiği bildirilmiştir.

Yeniden ısıtma işleminin ekmek içi yumuşaklığı ve protein çözünürlüğü üzerine etkisini araştırmak üzere yapılan bir çalışmada, uygulanan yeniden ısıtma işlem sıcaklığı arttıkça ekmeklerin yumuşaklığının arttığı, depolama süresinin ise yumuşaklığı düşürücü etkide bulunduğu ve 5 gün depolanmış ekmeğin 80 °C'ye ısıtılmasıyla ekmek içi sertliğinin 750 g'dan 333 g'a düştüğü bildirilmiştir. Ayrıca yapılan çalışmada,



buharla yapılan yeniden ısıtma işleminin, mikrodalga ile yapılan yeniden ısıtma işleminden daha düşük protein çözünlüğü verdiği tespit edilmiştir (Ghiasi *et al.* 1984).

He ve Hosney (1990), 25°C'de 1 yıllık depolama süresince ekme sertliği ve ekme neminde meydana gelen değişimleri araştırmak üzere yaptıkları çalışmada, küflenmeye karşı ekmeği korumak için steril edilmiş poşetlerde ve pişirmeden sonra ekmeğin yüzeyine %0.2 kalsiyum propiyonat püskürterek ambalajlama olmak üzere iki uygulama yapılmıştır. Depolamanın 30. gününde her iki ekmekte de ekme içi sertliği ve nemi dengeye ulaşırken, depolamanın ilk 15. gününde sertlikte hızlı bir artış (yaklaşık 1500 g) ve nem miktarında hızlı bir azalma (yaklaşık %8) görülmüştür. Araştırmada, ekme içi yumuşaklığı üzerine ekme içi neminin etkisini araştırmak üzere pişirme süresi 24 dakikadan 8 dakikaya düşürülmüş ve ekme içi neminin yüksek olmasının daha yavaş bir sertleşme hızı ve daha düşük bir denge sertliğine sebep olduğu tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada, 1 yıllık depolama süresince her iki ambalajlama metodunda da ekmekte küf gelişmesi olmamıştır.

Leuschner *et al.* (1997), yarı pişmiş ve yeniden pişmiş karbonatlı ekme üretiminde ekme kalitesi üzerine önemli işlem parametrelerinin etkisini araştırmak üzere yaptıkları çalışmada, %0'dan %2.8'e kadar değişen bikarbonat seviyesi, 5°C'de 1 ile 11 gün arasında değişen depolama süresi ve 180 ile 200°C'de 15, 20 ve 25 dakika pişirme süresini faktör olarak seçmişlerdir. Yeniden pişirilmiş ekmeğin kalitesinin depolama şartları, ikinci pişirme şartları ve yarı pişmiş ekmeğin işleme parametrelerine bağlı olarak değiştiği bildirilmiştir. Ayrıca yapılan araştırmada, %1.4 ve 2.3'lük bikarbonat konsantrasyonunun optimum ekme hacmi verdiği, depolama süresince ekme içi sertliğinde çok az bir artış görüldüğü ve yarı pişmiş ekmeklerin iç renklerinin ikinci pişirme işleminden etkilenmediği tespit edilmiştir.

Sidhu *et al.* (1999) tarafından yapılan bir çalışmada, yüksek lifli kızarmış ekmeklerin kimyasal kompozisyonu üzerine, kepek çeşidi, katkı seviyesi, partikül büyüklüğü ve buğday ruşeymi ilavesinin etkisi araştırılmıştır. Yapılan çalışmada tam buğday unlu ekme kontrol olarak kullanılırken diğer ekmeklere %10, 20 ve 30 oranında kırmızı ve açık renkli buğdaylardan elde edilen ince ve kalın kepekler katılmıştır. Buğday

ruşeyminde %27.88 oranında protein tespit edilirken, protein içeriğinin beyaz unda %11.35, tam unda %12.69, kırmızı kepekte ise %15.76 olduğu belirlenmiştir. Mineral madde, protein yağ ve diyet lifi içeriği bakımından yüksek lifli ekmeklerin kimyasal kompozisyonunun kontrole göre daha üstün olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, normal beyaz ekmeklik una %20 ince ya da kaba kepek, %7.5 buğday ruşeymi ve %0.5 sodyum stearoyl-2-lactylate ilavesi ile iyi kalitede yüksek lifli ekmek üretilebileceği bildirilmiştir.

D'Appolonia ve Youngs (1978) tarafından yapılan çalışmada, buğday ve yulaf kepeği katkısının ekmek kalitesi ve hamur özellikleri üzerine etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Her iki kepek çeşidinde de kepeğin katkı miktarındaki artışın unun su absorpsiyonunu artırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca, kepek katkısının yulaf kepeğini daha fazla olmak üzere, ekmek hacmini azalttığı, fakat %10 ya da %20 yulaf kepeği içeren ekmeklerin tüketiciler tarafından daha fazla beğenildiğini bildirmişlerdir.

Yüksek lifli buğday ekmeğinin kalitesi üzerine maya ve *Lactobacillus brevis* ile önceden fermentasyona tabi tutulmuş kepeğin etkisi araştırılmıştır. Yapılan çalışmada, kepeğin önceden maya ile ve laktik asit bakterileri ile fermentasyonunun, kepekli ekmeğin raf ömrü, ekmek aroması, ekmek içi yapısı ve ekmek hacmi üzerine olumlu yönde etkisi olmuş, kepeğin herhangi bir mikroorganizma olmadan kendi haline fermentasyona bırakılmasının ekmek kalitesi üzerine aynı etkiyi göstermediği bildirilmiştir. Ayrıca, önceden fermentasyona tabi tutulmuş kepek, nişasta yapısı üzerine de önemli derecede etkili olmuş (daha iyi şişme ve jelatinize olma), gaz hücrelerinin yapısı üzerine kayda değer bir etkide bulunmamıştır (Salmenkallio-Martilla *et al.* 2001).

Pomeranz *et al.* (1977) tarafından yapılan bir çalışmada %15'e kadar değişen seviyelerde selüloz, yulaf kepeği ve buğday kepeği ekmek formülasyonuna ilave edilmiş ve ekmek kalitesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Yoğurma süresini yulaf kepeği çok az, selüloz ise önemli derecede artırmış, buğday kepeği katkısı ise önemli bir artışa neden olmuştur. %5'e kadar lifli materyal ilavesi ekmek hacmini gluten oranının azalmasından kaynaklanabilecek kadar azaltırken, %7'nin üzerinde lifli materyal ilavesi

ekmek hacmini glutenin azalmasından kaynaklanabilenden daha fazla düşürmüştür. Kepek, renk ve ekmek yumuşaklığı üzerinde, selüloza göre daha fazla azaltıcı yönde etkili olmuş, yulaf kepeği yumuşaklığı biraz artırmıştır.

Pomeranz *et al.* (1984) tarafından yapılan bir araştırmada, %100 beyaz buğday unu, %60 buğday+%40 çavdar unu ve %90 tam çavdar unu+%10 çavdar unundan yapılan üç ekmek tipinin bazı ekmek özellikleri ve elektron mikroskobunda ekmek yapısı ve görünüşü incelenmiştir. Yapılan çalışmada, ekmek hacmi, pişirme kaybı ve ekmek verimi sırasıyla beyaz buğday ekmeğinde  $557 \text{ cm}^3$ , %18.9, %137.2; buğday+çavdar unu karışımından yapılan ekmeklerde  $369 \text{ cm}^3$ , %12.1, %147.6; elenmemiş çavdar unundan yapılan ekmeklerde ise  $210 \text{ cm}^3$ , %15.8, %150 olarak belirlenmiştir. Ayrıca, elektron mikroskobuyla yapılan incelemelerde beyaz buğday ekmeğinde, yapı temelde denature olmuş gluten ile şişmiş nişastanın (genelde büyük nişasta granülleri) interaksiyonunu ve birbiri ardına dizilen küçük nişasta granüllerini içerdiği; buğday ve çavdar unu karışımli ekmeklerde, üniform bir yapı oluşturmak için nişastanın üzerinde üniform bir şekilde dağılmaktan ziyade bazı parçaların birbirine yapıştığı ve daha az organizasyonun dışında yapının beyaz buğday ekmeğine benzediği; tam randımanlı çavdar ekmeğinde ise, yapının her iki ekmek tipinden de farklı olduğu, ekmek içi ve ekmek kabuğu yapısının daha yoğun ve geniş boşluklardan oluştuğu tespit edilmiştir.

Ekonomik öneminden dolayı, ekmek bayatlamasında meydana gelen fizikokimyasal olayların esasını belirlemek için oldukça fazla çalışma yapılmıştır. Belirli formülasyon ve işlem değişkenlerinin uygulanması ile ekmekte bayatlama hızı az da olsa yavaşlatılabilirse de, ekmeğin daha yumuşak olarak üretilmesi ve daha uzun süre taze olarak saklanabilmesi, temel olarak yüzey aktif maddelerin kullanımı ile mümkün olmaktadır. Ancak bu konuda gösterilen yoğun çabalara ve elde edilen gelişmelere rağmen ekmek hala çok çabuk bayatlayan bir gıda maddesi olup, ekmeğin raf ömrünün uzatılması muhtemelen ekmek sanayiinin karşılaştığı en güç ve bu güne kadar tamamen çözümlenememiş bir problemi oluşturmaktadır (Fearn *et al.* 1982, Schiraldi *et al.* 1996)

### **3. MATERYAL ve YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

##### **3.1.1. Un**

Araştırmada; kısmi pişmiş ekmek üretiminde materyal olarak, Erzurum piyasasından temin edilen Tip 550 ekmeklik un kullanılmıştır. Henüz taze olan unlar kullanılmadan önce yaklaşık 20°C'de 2 hafta süreyle bekletilmiştir. Önceden nitelikleri belirlenmek suretiyle, her iki deneme grubu oda sıcaklığı ve buzdolabı sıcaklığında tutulan kısmi pişmiş ekmekler için aynı marka ve özellikte un kullanılmıştır. Un olgunlaşma süresi sonunda, ekmek yapımı öncesinde 3 ay içerisinde kullanılmıştır.

##### **3.1.2. Kepek**

Kepekli ekmek formülasyonunda, kepek materyali olarak ticari değirmenin kırma valslerinden ayrılan kaba kepek ile redüksiyon valslerinden ayrılan ince kepek eşit oranlarda karıştırılarak kullanılmıştır. Erzurum'daki bir un fabrikasından temin edilen kepek, fabrikanın günlük ürettiği taze kitleden alınmıştır. Laboratuara getirilen kepek 2'şer kg'lık kısımlar halinde 2 kat polietilen torba ile ambalajlanarak, kullanılıncaya kadar buzdolabı sıcaklığında (+4°C) muhafaza edilmiştir. Kullanılmadan 12 saat önce kepek soğuk hava deposundan alınarak oda sıcaklığına gelmesi sağlanmıştır.

##### **3.1.3. Çavdar Unu**

Çavdar ekmeği formülasyonunda kullanılmak üzere Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat İşletme Müdürlüğünden temin edilen çavdar, ticari bir değirmende %100 randımanlı olarak öğütülerek tam çavdar unu elde edilmiştir. Elde edilen çavdar unu laboratuarda çift katlı polietilen torbalarda 5'er kg ambalajlanarak kullanılıncaya kadar soğuk hava deposunda (+4 °C) muhafaza edilmiştir.

### 3.1.4. Kalsiyum Propiyonat

Katkılı ekmeklerde, Fluka firması tarafından üretilen kalsiyum propiyonat kullanılmıştır. Kalsiyum propiyonat kullanım süresince 500 g'lık ambalajı içerisinde buzdolabında muhafaza edilmiştir.

### 3.1.5. Maya

Araştırmada her ekmek yapımında taze olarak temin edilen 'Pakmaya' firmasınca üretilen, üretici firma tarafından TS 3522 pres yaş maya standardına uygun olduğu bildirilen pres maya kullanılmıştır.

### 3.1.6. Tuz

'Saray Tuz' firmasınca üretilen rafine kristal tuz kullanılmıştır.

### 3.1.7. Su

Atatürk Üniversitesi Kampüsü içme suyu kullanılmıştır.

## 3. 2. Yöntem

### 3.2.1. Deneme Planı

Araştırma, beyaz tava (BTE), kepekli (KE) ve çavdar ekmeği (ÇE) olmak üzere 3 farklı ekmek çeşidi; katkılı ve katkısız olmak üzere 2 antimikrobiyal uygulaması; 10, 15 ve 20 dakika olmak üzere 3 farklı kısmi pişme ve 4 farklı depolama süresi olmak üzere 3x2x3x4x2 faktöriyel düzende tam şansa bağlı deneme planına göre 2 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Araştırma, oda (20°C) ve buzdolabı (4°C) olmak üzere iki farklı depolama sıcaklığında yürütülmüş, oda sıcaklığında depolama süreleri 0, 3, 5, ve 7 gün, buzdolabı sıcaklığında depolamada ise 0, 7, 14, ve 21 gün olarak seçilmiştir. Buzdolabına muhafaza edilmemiş ekmekler kontrol olarak değerlendirilmiştir).

### **3.2.2. Ekmek Yapma Yöntemi ve Formülleri**

#### **3.2.2.1. Ekmek Yapma Yöntemleri**

Ekmek yapma denemelerinde, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Tahıl Ürünleri İşleme Teknolojisi Laboratuvarında, katkısız direkt hamur işlemini esas alan AACC-10/10 (1972) ekmek pişirme metodu modifiye edilerek yürütülmüştür. Ekmek yapımında mekanik hamur olgunlaştırma yöntemi kullanılmıştır.

Yoğurma işlemi, 1 kg un kapasiteli Stephan (UM 5) marka yoğurucuda yavaş hız (1500 d/dakika) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sıcaklık ve nispi nem kontrollü fermentörde fermentasyona tabi tutulan hamurlar; 'İşilay' marka, laboratuvar tipi, elektrikli ve döner tablalı fırında pişirilerek kısmi pişmiş ekmeğe dönüştürülmüştür.

#### **Beyaz Tava Ekmeği Üretimi:**

Hamur unsurları bir araya getirilip 2 dakikalık yoğurma işleminden sonra 160'ar gramlık parçalara ayrılarak yuvarlak yapılmıştır. %80–85 nispi nem ve 30°C sıcaklıkta 30 dakika fermentasyona tabi tutulduktan sonra fermentörden çıkarılan hamurlar 5 kez açılıp katlanarak havalandırılmış ve 30 dakika daha fermentörde bekletilmiştir. Toplam 60 dakikalık ilk fermentasyondan sonra hamurlara el ile şekil verme işlemi uygulanarak tavalara yerleştirilmiş ve %85 nispi rutubet ve 30°C sıcaklıkta proof yüksekliğine kadar (40 dakika) son fermentasyona tabi tutulmuştur. Fermentasyonu tamamlanan hamurlar  $230\pm 3^{\circ}\text{C}$  sıcaklıktaki fırında deneme deseninde belirtilen sürelerde pişirilmiştir.

#### **Çavdar Ekmeği Üretimi:**

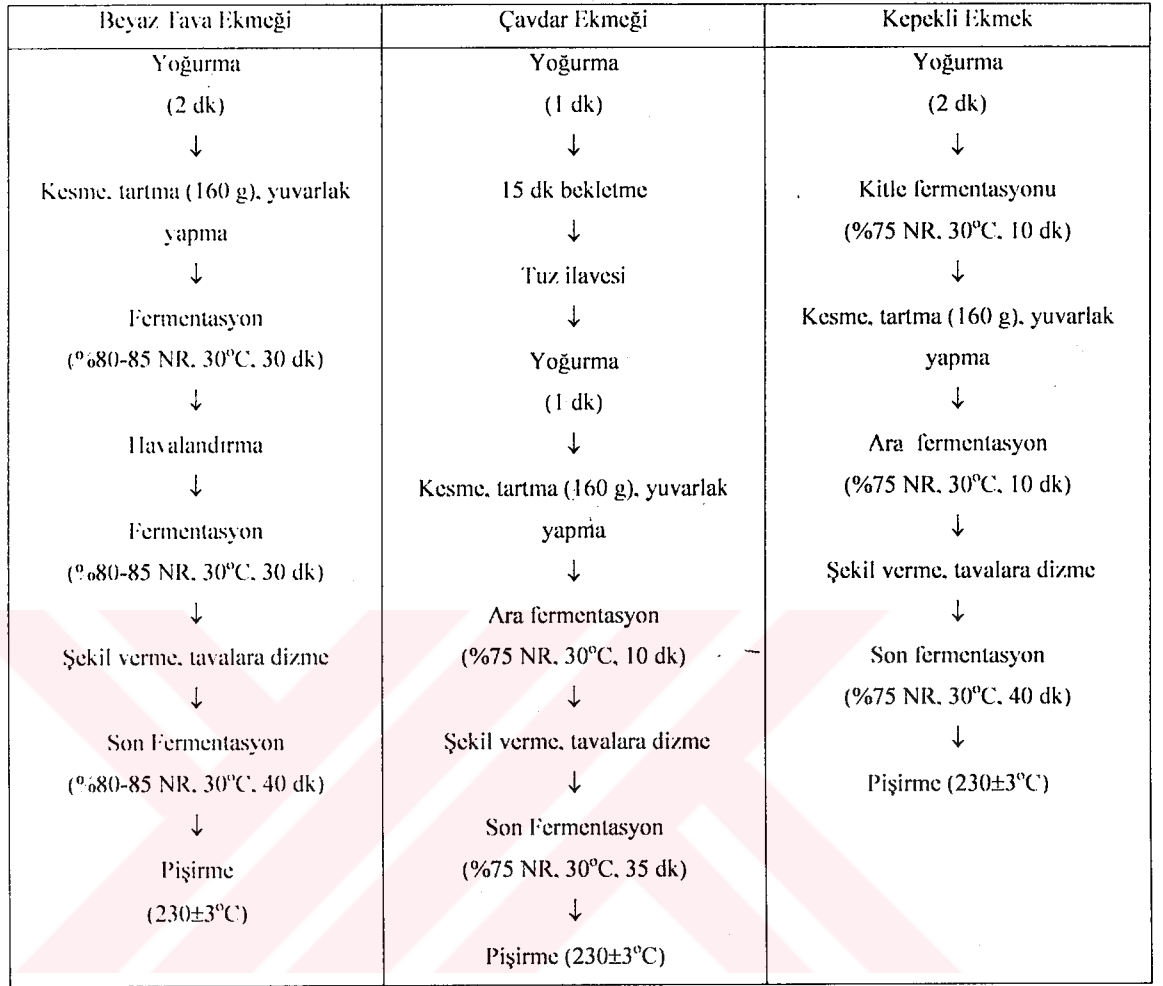
Çavdar ekmeği formülasyonunda %40 oranında tam randımanlı çavdar unu, %60 oranında beyaz tava ekmeği üretiminde kullanılan Tip 550 un kullanılmıştır. Tuz hariç diğer bütün hamur unsurları 1 dakika yoğrulmuş, hamur 15 dakika yoğurucuda bekletildikten sonra tuz ilave edilerek tekrar 1 dakika daha yoğrulduktan sonra kesme, tartma (160 g), yuvarlak yapma ve şekil verme işlemleri uygulanmıştır. %75 nispi nem

ve 30°C sıcaklıkta 35 dakikalık fermentasyondan sonra 230±3°C'de deneme deseninde belirtilen sürelerde pişirilmiştir.

### **Kepekli Ekmek Üretimi:**

Kepekli ekmek formülasyonunda %20 oranında buğday kepeği, %80 oranında beyaz tava ekmeği üretiminde kullanılan Tip 550 un kullanılmıştır. Hamur unsurları yoğurucuda 2 dakika yoğrulmuş daha sonra yoğurucudan çıkarılarak %75 nispi rutubet ve 30°C sıcaklıkta 10 dakika kitle fermentasyonuna bırakılmıştır. Kesilen, tartılan (160 g) yuvarlak yapılan hamurlar 10 dakika ara fermentasyona bırakılmış ve şekil verilerek %75 nispi nem ve 30°C sıcaklıkta 40 dakikalık son fermentasyondan sonra 230±3°C'de deneme deseninde belirtilen sürelerde pişirilmiştir.

Piştirilen ekmekler, ekmek tabanının nemlenmemesi için amaca uygun tel ızgaralar üzerinde 1 saat soğutulduktan sonra çift katlı polietilen torbalara yerleştirilip ağızları sıkıca bağlanarak ambalajlanmış (He ve Hosney, 1990) ve depolanmıştır. Depolanan ekmekler; 230±3°C'de toplam pişirme süreleri 25 dakikaya tamamlanacak şekilde yeniden pişirmeye tabi tutulmuştur. Yeniden piştirilen ekmekler, yine 1 saat soğutulduktan sonra çift katlı polietilen torbalar içine konularak ağızları sıkıca bağlanmış ve analiz edilene değin laboratuvar şartlarında bekletilmiştir. Ekmek yapımında kullanılan işlem basamakları şekil 3. 1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Ekmek üretim şeması

### 3.2.2.2. Ekmek Formülasyonları

Çalışmada kullanılan beyaz tava, çavdar ve kepekli ekmeklerin formülasyonları çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Ekmek formülasyonları

Bileşenler	Beyaz Tava Ekmeği (%)	Çavdar Ekmeği (%)	Kepekli Ekmek (%)
Tip 550 Buğday Unu	100	60	80
Su	59.5	66.5	67.5
Tuz	1.5	1.5	1.5
Maya (pres maya)	3	3	3
Tam Çavdar Unu	-	40	-
Kepek (ince kepek)	-	-	20
Ca-propionat	0.2	0.2	0.2



### **3.2.3. Analiz Yöntemleri**

#### **3.2.3.1. Buğday Unu, Tam Çavdar Unu ve Buğday Kepeği Örneklerinde Yapılan Analizler**

Nem miktarı tayini için hava sirkülasyonlu kurutma dolabında 135°C'de 2.5 saat normu uygulanmıştır (Elgün vd 1999). Azot tayini Kjeldahl yöntemi ile yapılmış, protein miktarları için unda 5.7 çarpım faktörü kullanılarak ve sonuçlar kuru madde esasına göre verilmiştir (Elgün vd 1999). Kül miktarı 920°C normu uygulanarak tayin edilmiş ve sonuçlar kuru madde esasına göre verilmiştir (Anon.,1967).

#### **3.2.3.2. Un Karışımlarında Yapılan Analizler**

Ekmek formülasyonlarında kullanılan un karışımlarında, yaş öz miktarı, glutomatic 2200 cihazı ile; Zeleny Sedimentasyon değeri, mekanik çalkalayıcıda yapılmış ve sonuçlar %14 nem esasına göre verilmiştir (Elgün vd 1999). Düşme (FN) ve sıvılaşma (LN) sayıları, Falling Number 1800 cihazı ile belirlenmiştir (Elgün vd 1999).

##### **3.2.3.2.1. pH Tayini**

10 g ekmek içi 100 ml saf su ile Ultra-Turrax'da (IKA WERK TP 18-10, 2000 RPM) 1 dakika homojenize edilmiştir. Tampon çözeltilerle (pH'sı 4.00 ve 7.00 olan) standardize edilen ATI-ORION marka 420A model pH-metre kullanılarak pH değerleri belirlenmiştir (Elgün vd 1999).

##### **3.2.3.2.2. Farinograf Denemeleri**

Formülasyonlarda kullanılan un karışımlarında %14 nem esasına göre 300 gram un kullanılarak önce unun su kaldırma kapasitesi tespit edilmiştir. Farinogram kurvesi çiziminde ise aynı miktar un örneğinde tespit edilen su miktarı verilerek, kurve tepe noktasına ulaştıktan 12 dakika sonra çizime son verilmiştir. Kurve üzerinde hamur

gelişme süresi, hamur stabilitesi, yoğurma tolerans sayısı (MTI) ve yumuşama değerleri tespit edilmiştir (Elgün vd 1999).

#### **3.2.3.2.3. Ekstensograf Denemeleri**

%14 nem esasına göre tartılan 300 gram un karışımlarına %2 oranında NaCl ilave edilip, farinografda tespit edilen suyun %2 eksiği verilerek farinografda 1 dakika yoğrulmuştur. 5 dakika dinlendirildikten sonra, farinografda tespit edilen gelişme süresi kadar yoğrularak hazırlanmış hamur,  $150 \pm 1$  gramlık iki parçaya ayrılarak aletin şekil vericisinde önce yuvarlak daha sonra silindirik şekil verilerek dinlendirme kabına konulmuştur. Extensografda 135 dakika dinlendirilmiş hamura ait uzama kabiliyeti, hamur mukavemeti, maksimum direnç, oran sayısı ve hamur enerjisi özellikleri değerlendirilmiştir (Elgün vd 1999).

#### **3.2.3.2.4. Renk Yoğunluğunun Ölçülmesi**

Renk yoğunluğu ölçümleri Minolta Colorimetre cihazı ile üç paralelli ölçüm yapılarak gerçekleştirilmiştir. Renk yoğunluklarının ölçümü ve sonuçların değerlendirilmesi, Uluslararası Aydınlatma Komisyonunun (CIELAB; Comission Internationale de l'Eclairage) formülüne göre yapılmıştır. Bu formül, üç boyutlu renk ölçümünü esas almakta olup; L; 0=siyahtan, 100 = beyaza kadar olan örneğin açıklık-koyuluk, -a değeri yeşil, +a değeri kırmızı, -b değerleri mavimsi yeşil, +b sarı renk yoğunluklarını göstermektedir (Elgün vd 1999).

Unun rengi üzeri düz bir yüzey oluşturulduktan sonra; ekmek kabuk rengi ekmeğin üzerinde, ekmeğin iç rengi ise ekmek dilimlendikten sonra dilim üzerinde okunmuştur.

#### **3.2.3.3. Ekmekte Yapılan Analizler**

Ekmeklerin ağırlık ve hacimleri, fırın çıkışından 1 saat sonra tespit edilmiştir (Ertugay vd 1992). Ekmek hacmi, kolza tohumuyla yer değiştirme esasına göre belirlenmiştir (Elgün vd 1999). Spesifik hacim, ölçülen hacim değerleri ağırlığa bölünmek sureti ile

elde edilmiştir (Ponte *et al.* 1963). Pişme kaybı, ekmeğin pişme ve soğuması süresince ekmekte meydana gelen nispi ağırlık kaybı olarak hesaplanmış, sonuçlar % olarak verilmiştir (Leuschner *et al.* 1997). Hacim verimi, ölçülen ekmek hacimleri 100 g un ile mukayese edilerek hesaplanmıştır. Sonuçlar 100g undan elde edilen ekmek hacmi şeklinde % olarak verilmiştir (Leuschner *et al.* 1997). Ekmek içinin tekstür yapısının değerlendirilmesi, özel dilimleme kalıbı içinde testere ağızlı bıçakla dilimlenen ekmekler yan yana dizildikten sonra duyuşal olarak değerlendirilip 0–10 puan üzerinden puanlandırma ile yapılmıştır (Kotancılar 1995).

Piştirildikten sonra 1 saat soğutulmuş olan ekmekler çift katlı polietilen torbalar içine yerleştirilip, ağızları sıkıca bağlandıktan sonra ekmek içi yumuşaklığının ölçümü ve diğer analizler için oda şartlarında tutulmuştur (Elgün 1982).

#### **3.2.3.3.1. Mikrobiyolojik Analizler**

Mikrobiyolojik analizler için önce örnek homojenizatı ve dilüsyonlar hazırlanmıştır. Örnek homojenizatı hazırlamak için, steril Stomacher torbasına 25 g örnek tartılmış ve üzerine 225 ml steril fizyolojik tuzlu su (%0.85 NaCl) ilave edilerek Stomacher'de (Lab Stomacher Blander 400-BA 7021, Sewardmedical) homojenize edilmiştir. Böylece ilk dilüsyon ( $10^{-1}$ 'lik) hazırlanmıştır. Diğer dilüsyonlar, steril pipet kullanılarak ilk dilüsyondan 1 ml alınıp içinde 9 ml steril fizyolojik tuzlu su bulunan diğer tüplere aktararak hazırlanmış ve aşağıda belirtilen sayımlar yapılmıştır.

#### **Total Bakteri Sayımı**

Total bakteri sayımı için Plate Count Agar (PCA) (Merck) kullanılmıştır. PCA agar yüzeyine 0.1'er ml aktararak yayma yöntemine göre ekimler yapılmıştır. Ekimi yapılan Petri plakları ters çevrilerek 30°C'de 3 gün inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda oluşan koloniler sayılmıştır (Baumgart *et al.* 1993).

### **Koliform Bakteri Sayımı**

Koliform bakteri sayımı için Violet Red Bile Agar (VRBA) kullanılmıştır. VRB agar yüzeyine 0.1'er ml aktarılarak yayma yöntemine göre ekimler yapılmıştır. Ekimi yapılan Petri plakları ters çevrilerek 37°C'de 1 gün inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda oluşan koloniler sayılmıştır (Baumgart *et al.* 1993).

### **Maya ve Küf Sayımı**

Maya ve küf sayımı için, Potato Dextrose Agar (PDA) kullanılmıştır. Petri plaklarına yüzeye yayma yöntemine göre 0.1'er ml aktarılarak 20°C'de 5 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda sayım yapılmıştır (Baumgart *et al.* 1993).

### ***Bacillus* Spor Sayımı**

*Bacillus* spor sayılarının belirlenmesinde steril deney tüplerine aktarılan gıda homojenizati 80°C'de 10 dakika tutulduktan sonra tüpler 45–50°C'ye soğutulmuş ve bu tüplerden PCA plaklarına yüzeye yayma yöntemine göre ekim yapılarak 30°C'de 3 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda oluşan koloniler sayılmıştır (Rosenkvist ve Hansen 1995).

### **3.2.3.3.2. Toplam Titre Edilebilir Asitlik (TTA) Tayini**

Asitlik tayininde, 10 g ekmek içi alınarak havan içerisinde 5 ml aseton ilavesi ile iyice ezildikten sonra üzerine 95 ml saf su ile karışım süspansiyon haline getirilmiştir. Sonra manyetik karıştırıcıda 0.1 N NaOH ile pH 8.5'e gelinceye kadar titre edilmiştir. 5 dakika beklenmiş tekrar pH ölçülmüştür. Düşme varsa tekrar 8.5'e kadar titrasyona devam edilmiş ve bu pH değerinin en az 1 dakika değişmeden kalması sağlanmıştır. Harcanan 0.1 N NaOH miktarı 100 g ekmekte ml olarak 1 N aside karşılık gelmektedir (Özkaya ve Kahveci 1990).

### 3.2.3.3.3. Ekmek İçi ve Ekmek Kabuğunun Rutubet Miktarının Belirlenmesi

Ekmek kabuğundaki rutubetinin belirlenmesinde ekmek yüzeyinden 2-3 mm kalınlığında kesilen ekmek kabuğu; ekmek içinin rutubet miktarının belirlenmesinde ise ekmeğin tam merkezinden 3-5 g tartılarak, önceden 130°C'de kurutularak darası alınmış alüminyum kurumadde kaplarına konulmuştur. Kurutma dolabında 105°C'de 12 saat kurutulduktan sonra, kurumadan önceki ve sonraki değerler kullanılarak rutubet miktarı hesaplanmıştır (Leuschner *et al.* 1999).

### 3.2.3.3.4. Ekmek İçi Yumuşaklık Değerinin Belirlenmesi

12, 24, 48 ve 72 saat sonra ekmek içi yumuşaklık değerlerinin belirlenmesi işlemi "PNR 10 Penetrometre" cihazı ile 54.6 g ağırlığında penetrometre başlığının özel dilimleme kabında 2.3 cm kalınlığında kesilen ekmek dilimleri üzerinde (her bir dilimden 3 farklı noktadan ölçüm alınarak) 5 saniye süreyle dilime batma miktarının mm olarak ölçülmesi suretiyle gerçekleştirilmiştir. Okunan değerler penetrasyon birimi (PU) olarak verilmiştir (1 PU=0.1 mm) (Kotancılar 1995).

### 3.2.3.3.5. Ekmek İçinin Hidrasyon Kapasitesinin Belirlenmesi

Ekmek içinin su hidrasyon kapasitesinin belirlenmesinde Martin *et al.* (1991)'nin belirttiği metot modifiye edilerek kullanılmıştır. Piştikten 12 saat sonra ekmek içi kabuğundan ayrılarak, ekmek içinde üniform bir nem dağılımının sağlanması için polietilen ambalajda 6 saat bekletilmiştir. Daha sonraki 12 saat içinde ekmek içi su adsorpsiyon indeksi ölçülmüştür.

Santrifüj tüpleri içerisinde 7 g ekmek içi 42 ml (1:6 oranında) saf su ile süspansiyon haline getirildikten sonra 30 dakika yavaşça çalkalanarak bekletilmiştir. Karışım Ultra-Turrax'da (IKA WERK TP 18-10, 2000 RPM) 1.5 dakika parçalandıktan sonra Hermle (ZK 380) marka santrifüj aletinde 20°C'de, 1000 g'de 7 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj işleminden sonra ıslak sediment ilk baştaki ekmek içi ağırlığına bölünmek sureti ile ekmek içinin hidrasyon kapasitesi belirlenmiştir.

### 3.2.3.3.6 . İstatistik Analizler

Araştırma sonucu elde edilen veriler, SPSS, SPSS for Windows Release 10.0.1 (1999) paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuştur. Önemli çıkan varyasyon kaynaklarına ait ortalamalar, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanarak karşılaştırılmıştır.



#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

##### 4.1. Buğday Unu, Çavdar Unu ve Kepek Örneklerine Ait Analiz Sonuçları

Araştırmada kullanılan buğday ve çavdar unu ile kepek örneklerinde yapılan fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizlere ait sonuçlar çizelge 4.1’de verilmiştir. Protein miktarı bakımından örnekler birbirine yakın sonuçlar verirken; buğday kepeğinde daha fazla olmak üzere, çavdar ve buğday kepeğinde buğday ununa göre kül miktarının arttığı tespit edilmiştir. Bu durum tanede endospermden kabuğa doğru kül miktarının artmasından kaynaklanmaktadır (Elgün ve Ertugay 2000). Açıklık ve koyuluğun bir ölçüsü olan L renk değeri, buğday kepeğinde en düşük, buğday ununda ise en yüksek çıkmıştır. Koyuluğun artmasına paralel olarak, kırmızılığın bir ölçüsü olan a değeri de aynı değişimi sergilemiştir. Sarılığı belirten b renk değeri ise buğday kepeğinde en yüksek, çavdar ununda ise en düşük bulunmuştur. Bakteriyel yük çavdar unu ve buğday kepeğinde oysa *Bacillus* sporu sayısı buğday ununda daha yüksek değere sahip olmuştur.

**Çizelge 4.1.** Buğday ve çavdar unu ile kepek örneklerine ait analiz sonuçları

Özellikler		Buğday Unu	Çavdar Unu	Buğday Kepeği
Nem (%)		13.87	11.53	11.96
Protein (%)		12.83	13.18	12.19
Kül (%)		0.53	2.08	4.03
Renk	L	93.70	86.80	74.04
	a	-0.95	+0.52	+5.4
	b	+11.7	+8.30	+18.19
TAMB (log CFU/g)		4.08	5.20	5.24
Koliform Grubu Bakteri (log CFU/g)		3.54	4.96	4.85
Maya-Küf (log CFU/g)		3.87	3.41	3.25
<i>Bacillus</i> Sporu (log CFU/g)		4.65	3.25	2.30

#### 4.2. Ekmek Formülasyonlarında Kullanılan Unların Analiz Sonuçları

Ekmek formülasyonlarında kullanılan buğday unu, %60 buğday unu+%40 tam çavdar unu ve %80 buğday unu+%20 buğday kepeği karışımlarında yapılan analizlerin sonuçları çizelge 4.2’de verilmiştir.

**Çizelge 4.2.** Ekmek formülasyonlarında kullanılan un ve karışımlarının kimyasal ve reolojik özellikleri

Özellikler	Buğday Unu	%60 Buğday Unu + %40 Çavdar Unu	%80 Buğday Unu + %20 Buğday Kepeği
Nem (%)	13.87	13.02	13.56
Zeleny Sedimentasyon (cm <sup>3</sup> )	27.39	20.50	16.00
Gluten (%)	30.70	21.90	26.75
Kuru Öz (%)	9.90	6.94	8.45
Düşme Sayısı (FN)	636.50	435.00	495.00
Sıvılaşma Sayısı (LN)	10.10	15.40	13.40
pH	6.33	6.53	6.43
TTA (ml NaOH)	2.28	3.00	3.50
Su Absorpsiyonu (%)	59.50	66.50	68.50
Gelişme Süresi (dk)	2.25	4.30	6.50
Hamur Stabilitesi (dk)	13.50	7.50	12.50
Yoğurma Toleransı (FU)	65.00	125.00	40.00
Yumuşama Derecesi (FU)	65.00	160.00	100.00
Uzama Kabiliyeti (mm)	150.00	110.00	100.00
Hamur Mukavemeti (EU)	250.00	190.00	170.00
Maksimum Direnç (EU)	280.00	200.00	175.00
Oran Sayısı (EU/mm)	1.66	1.05	1.70
Hamur Enerjisi (cm <sup>3</sup> )	87.75	43.00	35.25
Renk	L	93.70	88.62
	a	-0.95	-0.50
	b	+11.70	+9.10
			+12.45

Buğday ununa çavdar unu veya buğday kepeği ilave edilmesi, glutenin nispi olarak miktarını düşürdüğü için çavdar unu ve buğday kepeği içeren karışımlarda gluten miktarı ve Zeleny Sedimentasyon değeri daha düşük çıkmıştır. Yine tanede rüşeym ve kabuğa yakın kısımlarda enzim aktivitesi endosperme göre daha fazla olduğundan (Finney *et al.* 1985) formülasyonda kullanılan çavdar unu ve kepekli un karışımlarında enzim aktivitesinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Çavdar unu ve kepekli un karışımlarında toplam titre edilebilir asitlik daha fazla çıkmıştır.



Buğday ununa çavdar unu veya kepek ilave edilmesi, kompleks polisakkaritler ve pentozanların nispi miktarlarının artmasından dolayı unun su absorpsiyonunu ve çavdar unu içeren karışımda da yoğurmaya karşı toleransını artırmıştır. Yapılan benzer çalışmalarda buğday ununa kepek veya tam çavdar unu katılmasının, unun su absorpsiyonunu ve yoğurmaya karşı toleransını artırdığı bildirilmiştir (D'Appolonia ve Youngs 1978, Nelles *et al.* 1998, Denli ve Ercan 2001). Fakat glutenin miktarı azaldığından, çavdar unu ve kepekli un karışımlarında hamur stabilitesi düşmüş ve yumuşama derecesi artmıştır.

Ekstensografta çizdirilen ekstensogram kurvesi üzerinde yapılan hesaplamalarda, hamurun işleme özelliklerinin bir göstergesi olan uzama kabiliyeti, hamur mukavemeti, maksimum direnç ve hamur enerjisi buğday ununa göre, kepekli karışımda daha fazla olmak üzere, çavdar unu ve kepekli karışımlarda daha düşük bulunmuştur. Bu durum göz önünde bulundurularak ekmek yapımı sırasında çavdar ekmeği ve kepekli ekmek üretiminde hamur işleme süresi, beyaz tava ekmeğine göre daha kısa tutulmuştur. Buğday ununa çavdar unu ve kepek ilavesi un rengini koyulaştırmıştır. Un rengindeki bu değişim, bu unlardan elde edilen ekmeklerin kabuk ve iç renklerine de yansımıştır.

#### **4.3. Hamur Örneklerinin Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları**

Beyaz tava, çavdar ve kepekli ekmek çeşitlerine ait hamurların mikrobiyolojik analiz sonuçları çizelge 4.3'de verilmiştir. Toplam aerobik mezofilik bakteri, *Bacillus* spor ve maya-küf sayısı antimikrobiyal katkıli hamurlarda biraz düşmekle birlikte bütün ekmek çeşitlerine ait hamurlarda birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Kepekli ekmek hamurunda beyaz tava ve çavdar ekmeği hamuruna kıyasla koliform grubu bakteri sayısı yüksek çıkmıştır.

**Çizelge 4.3.** Hamurların mikrobiyolojik analiz sonuçları

Hamur Çeşidi	Antimikrobiyal Katkı	TAMB (log CFU/g)	Koliform Grubu Bakteri (log CFU/g)	<i>Bacillus</i> Sporu (log CFU/g)	Maya-Küf (log CFU/g)
Beyaz Tava Ekmeği	Katkısız	8.19	3.24	2.30	8.52
	Katkılı	7.83	3.30	2.00	8.25
Kepekli Ekmek	Katkısız	8.49	4.21	2.42	8.45
	Katkılı	7.99	4.32	2.42	8.08
Çavdar Ekmeği	Katkısız	7.83	3.79	2.30	8.25
	Katkılı	7.60	3.50	2.00	8.00

Yapılan benzer çalışmalarda olduğu gibi (Viljoen *et al.* 1997), hamur örneklerinin özellikle TAMB ve maya-küf sayıları ekmeklere kıyasla, daha yüksek çıkmıştır. Antimikrobiyal katkı maddesinin mikroorganizma sayısı üzerine fazla etkisi olmamıştır.

#### 4.4. Kısmi Pişmiş Ekmeklere Ait Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

Kısmi pişmiş fakat depolamaya tabi tutulmamış ekmeklere ait mikrobiyolojik analiz sonuçları çizelge 4.4'de verilmiştir. Toplam aerobik mezofilik bakteri, koliform grubu bakteri, *Bacillus* sporu ve maya-küf sayısı bakımından bütün ekmek çeşitleri birbirine yakın sonuçlar sergilemiştir. Antimikrobiyal katkı maddesi ilavesi ve pişirme süresi, ekmeklerin belirtilen mikroorganizma sayılarına önemli bir etkide bulunmamıştır. Koliform grubu bakteri sayısının bütün ekmek çeşitlerinde saptanabilir sınırın altında (<2.00 log CFU/g) olduğu tespit edilmiştir.

Hamurda yaklaşık 8 log CFU/g'a kadar çıkan TAMB ve maya-küf sayısı (çizelge 4.3), uygulanan kısmi pişirme işlemi ile yaklaşık 6 logaritmik birimlik bir redüksiyon ile 2 log CFU/g'a kadar düşmüştür. Kısmi pişmiş ekmeklerin depolanması sırasında ise, özellikle oda sıcaklığında depolamada ve antimikrobiyal katkısız ekmeklerde, mikroorganizma sayılarında önemli derecede artış olmuştur. Ancak depolama sonrası uygulanan ikinci pişirme işlemi üründe hem kaybolan tazeliği tekrar sağlamış hem de mikroorganizma sayısının önemli derecede düşmesine sebep olmuştur.

**Çizelge 4.4.** Değişik sürelerde kısmi pişirilmiş ekmeklerin mikrobiyolojik analiz sonuçları

Ekmek Çeşidi	Antimikrobiyal Katkı	Kısmi Pişirme Süresi (dk)	TAMB (log CFU/g)	Koliform Grubu Bakteri (log CFU/g)	<i>Bacillus</i> Sporu (log CFU/g)	Maya-Küf (log CFU/g)
Beyaz Tava Ekmeği	Katkısız	K	2.00	<2.00	<2.00	2.15
		10	2.65	<2.00	2.15	2.62
		15	2.00	<2.00	2.00	2.09
		20	2.15	<2.00	<2.00	2.00
	Katkılı	K	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00
		10	2.40	<2.00	2.11	2.00
		15	2.47	<2.00	2.15	2.39
		20	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00
Çavdar Ekmeği	Katkısız	K	2.15	<2.00	<2.00	<2.00
		10	2.30	<2.00	<2.00	2.23
		15	2.08	<2.00	2.00	2.53
		20	3.15	<2.00	2.00	3.48
	Katkılı	K	2.00	<2.00	2.00	<2.00
		10	2.15	<2.00	2.00	<2.00
		15	2.30	<2.00	2.00	2.38
		20	2.23	<2.00	2.00	2.00
Kepekli Ekmek	Katkısız	K	2.44	<2.00	<2.00	2.86
		10	2.73	<2.00	2.15	2.30
		15	2.47	<2.00	2.00	2.34
		20	2.15	<2.00	2.00	<2.00
	Katkılı	K	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00
		10	2.09	<2.00	2.00	2.00
		15	2.00	<2.00	2.00	<2.00
		20	2.00	<2.00	<2.00	<2.00

#### 4.5. Ekmeklerin Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

##### 4.5.1. Oda Sıcaklığında (20<sup>0</sup>±2C) Depolanmış Ekmeklere Ait Sonuçlar

Kısmi pişirildikten sonra oda sıcaklığında depolanmış ekmeklerin, ikinci pişirmeden önce total aerobik mezofilik bakteri, koliform grubu bakteri, *Bacillus* sporu ve maya-küf sayıları çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5’de görüldüğü gibi, depolama süresinin artmasıyla, tüm ekmek çeşitlerinde, kısmi pişmiş ekmeklerin ikinci pişirmeden önceki total aerobik mezofilik bakteri, *Bacillus* sporu ve maya-küf sayılarında artış gözlenmiştir. Total aerobik mezofilik bakteri, *Bacillus* sporu ve maya-küf sayıları çavdar ve kepekli ekmekte beyaz tava ekmeğine göre daha yüksek çıkmıştır. Çavdar ve kepekli ekmeğin kabuk ve ekmek içi nem miktarının beyaz tava ekmeğine göre daha fazla olması (çizelge 4. 23) bu ekmek çeşitlerinde mikrobiyal faaliyeti de artırmış olabilir.

**Çizelge 4.5.** Oda sıcaklığında depolanmış ekmeklerin ikinci pişirmeden önceki mikrobiyolojik analiz sonuçları (I. ve II. Tekerrür)

Antimikrobiyal Katkı	Kısmi Pişirme Süresi (dk)	Depolama Süresi (gün)	Beyaz Tava Ekmeği				Çavdar Ekmeği				Kepekli Ekmek			
			TAMB (log CFU/g)	Koliform Grubu Bakteri (log CFU/g)	<i>Bacillus</i> Sporu (log CFU/g)	Maya-Küf (log CFU/g)	TAMB Sayısı (log CFU/g)	Koliform Grubu Bakteri (log CFU/g)	<i>Bacillus</i> Sporu (log CFU/g)	Maya-Küf (log CFU/g)	TAMB Sayısı (log CFU/g)	Koliform Grubu Bakteri (log CFU/g)	<i>Bacillus</i> Sporu (log CFU/g)	Maya-Küf (log CFU/g)
Katkısız	10	K	2.65 2.65	<2.00 <2.00	2.30 2.00	2.65 2.60	2.30 2.30	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.17 2.30	2.70 2.77	<2.00 <2.00	2.30 2.00	2.00 2.60
		3	6.49 6.60	5.21 5.25	2.30 2.48	4.25 4.08	6.96 6.95	5.28 5.35	2.93 2.95	2.00 2.00	6.99 6.90	4.22 4.56	2.60 2.70	5.48 5.40
		5	7.48 7.54	5.95 5.90	4.72 4.75	4.65 4.70	8.65 7.67	5.75 5.66	6.77 6.82	5.08 5.10	8.90 8.87	4.17 4.44	4.95 4.95	4.00 4.10
		7	8.02 8.03	5.90 5.93	6.22 6.25	5.48 5.40	9.48 9.54	5.65 5.70	7.54 7.59	6.68 6.60	9.98 9.95	5.17 5.66	7.69 7.65	5.54 5.60
	15	K	2.00 2.00	<2.00 <2.00	2.00 2.00	2.18 2.00	2.00 2.17	<2.00 <2.00	2.00 2.00	2.47 2.60	2.47 2.47	<2.00 <2.00	2.00 2.00	2.69 2.00
		3	6.15 6.13	2.18 2.00	2.18 2.00	3.00 2.70	6.84 6.78	2.24 2.17	2.65 2.75	2.30 2.00	6.90 6.93	2.00 2.11	2.30 2.30	4.30 4.48
		5	7.19 7.14	2.95 3.00	4.83 4.83	3.34 3.38	8.41 8.34	2.69 2.75	6.61 6.60	4.54 4.46	8.48 8.40	2.77 2.85	4.90 4.87	3.90 3.93
		7	7.00 7.04	2.00 2.00	6.04 6.08	2.84 2.00	8.32 8.28	2.79 2.81	6.95 7.25	5.48 5.54	8.70 8.78	2.95 2.93	7.60 7.54	4.84 4.90
	20	K	2.30 2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.00 <2.00	3.17 3.14	<2.00 <2.00	2.00 <2.00	3.48 3.48	2.30 2.00	<2.00 <2.00	2.00 <2.00	<2.00 <2.00
		3	6.25 5.95	2.00 2.00	2.30 2.00	2.00 2.00	6.32 6.35	<2.00 <2.00	2.50 2.54	<2.00 <2.00	5.04 5.46	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.95 2.98
		5	7.24 7.34	<2.00 <2.00	5.28 5.25	3.50 3.50	7.95 7.97	<2.00 <2.00	6.95 6.94	4.43 4.44	8.30 8.28	<2.00 <2.00	5.99 5.99	3.70 3.60
		7	7.87 7.88	2.00 2.00	6.14 6.12	4.36 4.40	8.07 8.08	2.18 2.00	7.95 7.95	5.78 5.81	8.84 8.87	<2.00 <2.00	7.75 7.74	4.78 4.84
Katkılı	10	K	2.50 2.30	<2.00 <2.00	2.23 2.00	2.00 2.00	2.00 2.30	<2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00	2.00 2.18	<2.00 <2.00	<2.00 2.00	2.00 2.00
		3	2.00 2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	3.30 3.28	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.81 2.84	2.87 2.90	<2.00 <2.00	2.48 2.30	2.00 2.00
		5	2.00 2.11	<2.00 <2.00	2.60 2.78	2.00 2.00	4.06 4.07	<2.00 <2.00	2.18 2.24	4.06 4.08	3.18 3.08	<2.00 <2.00	2.60 2.54	2.47 2.60
		7	2.48 2.61	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.30 2.48	4.69 4.68	<2.00 <2.00	2.00 2.00	4.95 4.90	4.14 4.18	<2.00 <2.00	2.30 2.48	2.60 2.70
	15	K	2.47 2.47	<2.00 <2.00	2.00 2.30	2.78 2.00	2.30 2.30	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.30 2.47	2.00 2.00	<2.00 <2.00	<2.00 2.00	<2.00 <2.00
		3	2.40 2.48	<2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00	3.15 3.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	3.04 3.08	2.54 2.69	<2.00 <2.00	2.69 2.95	2.65 2.60
		5	2.00 2.00	<2.00 <2.00	2.18 2.00	<2.00 <2.00	3.82 3.84	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	3.87 3.90	2.90 2.84	<2.00 <2.00	3.65 3.59	2.70 2.60
		7	2.01 2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	4.15 4.18	<2.00 <2.00	2.00 2.00	3.90 3.98	3.08 3.18	<2.00 <2.00	2.00 2.30	2.84 3.04
	20	K	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.17 2.30	<2.00 <2.00	2.00 <2.00	2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00
		3	2.30 2.30	<2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00	2.18 2.39	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.30 2.30	<2.00 <2.00	2.18 2.30	2.00 2.00
		5	2.15 2.17	<2.00 <2.00	2.31 2.34	<2.00 <2.00	3.25 3.30	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	3.57 3.60	2.70 2.70	<2.00 <2.00	2.78 2.90	2.17 2.00
		7	2.38 2.36	<2.00 <2.00	2.14 2.13	<2.00 <2.00	3.99 3.96	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	3.65 3.60	4.23 4.17	<2.00 <2.00	2.30 2.30	4.34 4.30

Araştırmada faktör olarak seçilen antimikrobiyal madde (kalsiyum propiyonat) kullanımını bütün ekmekek çeşitlerinde, total aerobik mezofilik bakteri, koliform grubu bakteri, *Bacillus* sporu ve maya-küf sayılarını düşürücü yönde etkili olmuştur. Katkısız kısmi pişmiş ekmekeklerin 7 günlük depolanması sonunda yaklaşık 8 log CFU/g'a çıkan TAMB sayısı antimikrobiyal madde katkılı ekmekeklerde yaklaşık 6 logaritmik birimlik düşüşle 2 log CFU/g seviyesine düşmüştür. Yine depolamanın 7. gününde katkısız ekmekeklerle göre katkılı ekmekeklerin *Bacillus* spor sayılarında yaklaşık 5 logaritmik birimlik, maya-küf sayılarında ise 3 logaritmik birimlik bir düşüş görülmüştür.

Formülasyona antimikrobiyal madde katılması, koliform grubu bakterilere daha fazla etkili olmuştur. Antimikrobiyal madde katkılı her üç ekmekek çeşitinde de, depolama sonrası, ikinci pişirmeden önce koliform grubu bakteri sayısı saptanabilir sayının (<2.00 log CFU/g) altında çıkmıştır.

Antimikrobiyal katkılı ekmekeklerin katkısız ekmekeklerle göre mikroorganizma sayılarında meydana gelen azalma, kısmi pişmiş ekmekek üretiminde antimikrobiyal katkı maddesi kullanımının ne derece önemli olduğunu göstermektedir. Kalsiyum propiyonat, formülasyona ilave edilince kalsiyum ve propiyonata dönüşmekte, propiyonat ise su ile reaksiyona girerek propiyonik asit oluşturmaktadır. Düşük pH'da kalsiyum propiyonattan propiyonik asit oluşumu artmakta, pH arttıkça azalmaktadır. Böylece kalsiyum propiyonat hücre içinde pH'yı düşürerek enzim inhibisyonuna sebep olmakta ve mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal etkisini göstermektedir (Lin ve Chen 1995, Anonymous 1996).

Antimikrobiyal katkı maddesinin kullanılması, özellikle ikinci pişirmeden önceki mikroorganizma sayısı bakımından, beyaz tava ekmekeği üzerine diğer ekmekek çeşitlerine göre daha fazla düşürücü etki göstermiştir. Yapılan ölçümlerde beyaz tava ekmekeğinin çavdar ve kepekli ekmekeğe göre pH'sının daha düşük olduğu görülmüştür. Bu durum kalsiyum propiyonatin düşük pH'lı beyaz tava ekmeğinde mikroorganizmalara karşı daha etkili olduğunu göstermektedir.

Araştırmanın önemli faktörlerinden kısmi pişirme süresinin artması, katkısız ekmeklerde daha fazla olmak üzere, genellikle bütün depolama sürelerinde, total aerobik mezofilik mikroorganizma, koliform grubu bakteri, *Bacillus* sporu ve maya-küf sayılarını düşürücü yönde etkili olmuştur.

Kısmi pişirildikten sonra oda sıcaklığında depolanmış ve yeniden pişirilmiş ekmeklerin, total aerobik mezofilik bakteri, koliform grubu bakteri, *Bacillus* sporu ve maya-küf sayıları çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6'da görüldüğü gibi, depolama sonrası ikinci pişirme işlemi ile pişirme süreleri 25 dakikaya tamamlanmış ekmeklerin mikroorganizma sayılarında, ikinci pişirmeye tabi tutulmamış ekmeklere göre önemli derecede düşmüştür. Depolama sonunda uygulanan ikinci pişirme işlemi, ekmekte kaybolan tazeliği tekrar sağlamakla birlikte kısmi pişmiş ekmekte belli bir seviyenin üzerine çıkan mikroorganizma sayısının da önemli derecede düşmesine sebep olmuştur. İkinci pişirme işlemi özellikle maya-küf sayısında önemli derecede düşüşe neden olmuştur. İkinci pişirme öncesi kısmi pişmiş katkısız ekmeklerin maya küf sayısı 2–6.64 log CFU/g (çizelge 4. 5) arasında değişirken, ikinci pişirme sonrası tam pişmiş katkısız ekmeklerde 2–2.92 log CFU/g arasında değişmiştir. Ayrıca yapılan benzer çalışmalarda olduğu gibi (Viljoen 1997), bütün kısmi pişirme ve depolama sürelerinde TAMB sayısı maya-küf sayısından daha yüksek çıkmıştır.

Antimikrobiyal katkı maddesi uygulaması ekmeklerin total aerobik mezofilik bakteri, koliform grubu bakteri, *Bacillus* sporu ve maya-küf sayılarını düşürücü yönde etkili olmuştur. Depolamanın 7. gününde yaklaşık 7 log CFU/g'a çıkan TAMB ve *Bacillus* sporu sayılarında, antimikrobiyal madde uygulaması ile yaklaşık 5 logaritmik birimlik düşüş gözlenmiştir.

**Çizelge 4.6.** Oda sıcaklığında depolanmış ekmeklerin ikinci pişirmeden sonraki mikrobiyolojik analiz sonuçları (I. ve II. Tekerrür)

Antimikrobiyal Katkı	Kısmi Pişirme Süresi (dk)	Depolama Süresi (gün)	Beyaz Tava Ekmeği				Çavdar Ekmeği				Kepekli Ekmek			
			TAMB (log CFU/g)	Koliform Grubu Bakteri (log CFU/g)	<i>Bacillus</i> Sporu (log CFU/g)	Maya-Küf (log CFU/g)	TAMB Sayısı (log CFU/g)	Koliform Grubu Bakteri (log CFU/g)	<i>Bacillus</i> Sporu (log CFU/g)	Maya-Küf (log CFU/g)	TAMB Sayısı (log CFU/g)	Koliform Grubu Bakteri (log CFU/g)	<i>Bacillus</i> Sporu (log CFU/g)	Maya-Küf (log CFU/g)
Katkısız	10	K	2.00 2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.30 2.00	2.00 2.30	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.84 2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.78 2.95
		3	2.95 3.00	<2.00 <2.00	2.70 2.70	2.65 2.00	3.18 3.23	<2.00 <2.00	2.90 2.95	2.30 2.48	3.32 3.30	<2.00 <2.00	2.48 2.39	2.70 2.79
		5	5.20 5.19	<2.00 <2.00	4.70 4.83	<2.00 <2.00	5.49 5.65	<2.00 <2.00	6.08 6.20	2.43 2.46	3.30 3.60	<2.00 <2.00	2.30 2.00	2.00 2.00
		7	5.79 5.83	3.96 4.06	5.70 5.72	<2.00 <2.00	5.69 5.95	4.21 4.28	6.70 6.46	2.49 2.51	6.60 6.62	<2.00 <2.00	6.48 6.40	2.70 2.60
	15	K	2.00 2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.30 2.00	2.00 2.30	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.84 3.07	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.78 2.95
		3	2.00 <2.00	<2.00 <2.00	3.18 2.30	2.00 2.00	2.70 2.71	<2.00 <2.00	2.72 2.78	2.00 2.00	2.78 2.84	<2.00 <2.00	2.18 2.00	2.90 2.95
		5	5.22 4.23	<2.00 <2.00	4.78 4.63	<2.00 <2.00	6.67 6.62	<2.00 <2.00	6.20 6.32	2.54 2.56	3.70 3.71	<2.00 <2.00	2.00 2.00	2.00 2.00
		7	6.44 6.46	<2.00 <2.00	6.34 6.36	2.00 2.00	6.96 6.94	<2.00 <2.00	7.28 6.32	2.41 2.50	7.78 7.81	<2.00 <2.00	7.30 7.17	2.30 2.48
	20	K	2.00 2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.30 2.00	2.00 2.30	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.84 3.07	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.78 2.95
		3	2.18 2.00	<2.00 <2.00	<2.00 2.00	2.30 2.00	3.23 3.08	<2.00 <2.00	2.32 2.07	2.00 2.00	2.60 2.70	<2.00 <2.00	2.00 2.00	2.78 2.00
		5	5.51 5.54	<2.00 <2.00	5.50 5.28	2.70 2.70	6.95 6.91	<2.00 <2.00	7.14 7.04	2.59 2.58	5.95 5.93	<2.00 <2.00	3.18 3.18	2.00 2.18
		7	6.39 6.39	<2.00 <2.00	7.45 7.43	2.00 2.00	6.95 6.99	<2.00 <2.00	8.20 8.32	2.18 2.25	7.90 7.87	<2.00 <2.00	7.48 7.40	2.30 2.30
Katkılı	10	K	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00
		3	2.00 2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.38 2.30	<2.00 <2.00	2.18 2.23	2.00 2.00
		5	2.00 2.30	<2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00	2.30 2.28	<2.00 <2.00	2.18 2.23	<2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00	2.30 2.18	2.00 2.90
		7	2.00 2.00	<2.00 <2.00	2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.30 2.40	<2.00 <2.00	2.40 2.00	2.00 2.03	2.00 2.00	<2.00 <2.00	2.30 2.00	2.00 2.00
	15	K	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00
		3	2.00 2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.48 2.54	<2.00 <2.00	2.40 2.47	2.30 2.47
		5	2.00 2.00	<2.00 <2.00	2.48 2.48	<2.00 <2.00	2.00 2.18	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.48 2.48	<2.00 <2.00	2.47 2.70	2.70 2.30
		7	2.31 2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.45 2.43	<2.00 <2.00	2.18 2.00	2.70 2.48	2.48 2.60	<2.00 <2.00	2.84 2.70	2.00 2.00
	20	K	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00
		3	2.00 2.00	<2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00	2.04 2.08	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.84 2.84	<2.00 <2.00	2.30 2.39	2.40 2.54
		5	2.30 2.30	<2.00 <2.00	2.48 2.47	<2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00	2.90 2.90	<2.00 <2.00	2.48 2.60	2.48 2.60
		7	2.00 2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	3.08 3.04	<2.00 <2.00	2.00 2.00	2.30 2.00	2.78 2.84	<2.00 <2.00	2.60 2.70	2.00 2.00

Ekmeklerin kısmi pişirme sürelerindeki artış özellikle antimikrobiyal katkı maddesi ilave edilmemiş ekmeklerde depolamanın 5. ve 7. gününde TAMB ve *Bacillus* sporu ve maya-küf sayılarını genelde çok az artırmıştır. Kısmi pişmiş ekmekler depolandıktan sonra ikinci pişirme işleminde, pişirme süreleri kontrol ekmeklerin pişirme süresine (25 dakika) tamamlandığından, daha uzun sürede kısmi pişmiş ekmekler, ikinci pişirme işleminde fırında daha kısa süre sıcaklığa maruz kalmıştır. Oysa, *Bacillus* sporlarının 97–101°C sıcaklığa birkaç dakika dayanabileceği bildirilmektedir (Rosenkvist ve Hansen 1995). Pişirme sırasında ekmeğin bütün kısımlarının bu sıcaklığa ulaşamaması *Bacillus* sporlarının canlılıklarının sürdürebilme şansını artırmaktadır. Kısmi pişirme yöntemi ile elde edilen ekmeklerde önemli bir sorun teşkil eden rop bozulmasının önlenmesi için bakteri yükü az hamur unsurları kullanılmalı, hamur pH'sı düşük tutulmalı (antimikrobiyal madde kullanarak), pişirilen ekmekler çabuk soğutulup düşük sıcaklıklarda saklanmalı ve fırın ortamında yeterli sanitasyon sağlanmalıdır (Ünlütürk vd 1999, Elgün ve Ertugay 2000).

Depolama süresinin artması antimikrobiyal katkı ilave edilmemiş ekmeklerde mikroorganizma sayılarını artırıcı yönde etkili olmuştur. Kontrol grubu beyaz tava, çavdar ve kepekli ekmeklerde yaklaşık 2 log CFU/g seviyesinde olan TAMB sayısı depolamanın 7. gününde 20 dakika kısmi pişirme süresine sahip beyaz tava ekmeklerinde 6.39 log CFU/g, çavdar ekmeklerinde 6.97 log CFU/g ve kepekli ekmeklerde ise 7.88 log CFU/g'a kadar ulaşmıştır.

İkinci pişirme işlemi, koliform grubu bakteriler üzerine oldukça etkili olmuştur. İkinci pişirme öncesi depolama ile yaklaşık 5 log CFU/g'a (çizelge 4. 5) kadar artan koliform grubu bakteri sayısı ikinci pişirme işleminden sonra, 10 dakika kısmi pişmiş katkısız beyaz tava ve çavdar ekmeğinin 7. gün depolamasının dışında, belirlenebilir sınırın altında çıkmıştır.



#### 4.5.2. Buzdolabı Sıcaklığında ( $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) Depolanmış Ekmeklere Ait Sonuçlar

Kısmi pişirildikten sonra buzdolabı sıcaklığında depolanmış ekmeklerin, ikinci pişirmeden önce total aerobik mezofilik bakteri, koliform grubu bakteri, *Bacillus* sporu ve maya-küf sayıları çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7'de görüldüğü gibi, oda sıcaklığında depolanan kısmi pişmiş ekmeklere kıyasla (çizelge 4.5, ve 4.6), buzdolabı sıcaklığında depolanan kısmi pişmiş ekmeklerde depolama süresinin daha uzun olmasına rağmen, ikinci pişirmeden önce total aerobik mezofilik bakteri, koliform grubu bakteri, *Bacillus* sporu ve maya-küf sayılarında önemli derecede düşüş gözlenmiştir.

Antimikrobiyal madde (kalsiyum propiyonat) kullanımı bütün ekmek çeşitlerinde, oda sıcaklığında depolamada olduğu gibi total aerobik mezofilik ile koliform grubu bakteri, *Bacillus* sporu ve maya-küf sayılarını düşürücü yönde etkili olmuştur.

Kısmi pişirme süresinin artması bütün ekmek çeşitlerinde az da olsa total aerobik mezofilik bakteri, koliform grubu bakteri, *Bacillus* sporu ve maya-küf sayılarını düşürücü etkide bulunmuştur. Depolamanın 21. gününde kısmi pişirme süresi 10 dakika olan katkısız çavdar ekmeklerinde, ikinci pişirmeden önce koliform grubu mikroorganizma sayısı 4.57 log CFU/g, 15 dakika kısmi pişmişlerde 3.33 log CFU/g iken diğer ekmeklerde saptanabilir sayının ( $< 2.00$  log CFU/g) altında çıkmıştır.

Kısmi pişmiş beyaz tava ve kepekli ekmeklerde depolama süresinin artması mikroorganizma sayılarında fazla bir değişim meydana getirmezken, katkısız çavdar ekmeklerinin ikinci pişirmeden önceki TAMB sayılarında depolama ile artış görülmüştür. Oda sıcaklığında depolamanın 7. gününde ekmeklerin TAMB sayıları yaklaşık 8 log CFU/g iken (çizelge 4. 5), buzdolabında depolanmış ekmeklerde depolamanın 21. gününde yaklaşık 4 log CFU/g'a kadar çıkmıştır.

**Çizelge 4.7.** Buzdolabı sıcaklığında depolanmış ekmeklerin ikinci pişirmeden önceki mikrobiyolojik analiz sonuçları (I. Ve II. Tekerrür)

Antimikrobiyal Katkı	Kısmi Pişirme Süresi (dk)	Depolama Süresi (gün)	Beyaz Tava Ekmeği				Çavdar Ekmeği				Kepekli Ekmek			
			TAMB (log CFU/g)	Koliform Grubu Bakteri (log CFU/g)	<i>Bacillus</i> Sporu (log CFU/g)	Maya-Küf (log CFU/g)	TAMB Sayısı (log CFU/g)	Koliform Grubu Bakteri (log CFU/g)	<i>Bacillus</i> Sporu (log CFU/g)	Maya-Küf (log CFU/g)	TAMB Sayısı (log CFU/g)	Koliform Grubu Bakteri (log CFU/g)	<i>Bacillus</i> Sporu (log CFU/g)	Maya-Küf (log CFU/g)
Katkısız	10	K	2.65	<2.00	2.30	2.65	2.30	<2.00	<2.00	2.17	2.70	<2.00	2.30	2.00
			2.65	<2.00	2.00	2.60	2.30	<2.00	<2.00	2.30	2.77	<2.00	2.00	2.60
		7	2.00	<2.00	2.00	<2.00	3.95	<2.00	<2.00	2.40	2.48	<2.00	2.00	2.00
			2.10	<2.00	2.00	<2.00	3.94	<2.00	<2.00	2.60	2.30	<2.00	2.00	2.00
	14	2.40	<2.00	<2.00	<2.00	3.99	<2.00	2.30	3.75	2.48	<2.00	2.48	2.95	
		2.48	<2.00	<2.00	<2.00	4.00	<2.00	2.47	3.84	2.48	<2.00	2.60	2.48	
	21	2.55	<2.00	2.00	2.48	5.18	4.60	2.00	4.26	2.00	<2.00	2.00	2.78	
		2.60	<2.00	2.00	2.54	5.15	4.54	2.00	4.32	2.00	<2.00	2.00	2.70	
	15	K	2.00	<2.00	2.00	2.18	2.00	<2.00	2.00	2.47	2.47	<2.00	2.00	2.69
			2.00	<2.00	2.00	2.00	2.17	<2.00	2.00	2.60	2.47	<2.00	2.00	2.00
		7	3.95	<2.00	<2.00	<2.00	2.78	<2.00	2.00	2.30	2.18	<2.00	<2.00	2.30
			3.90	<2.00	<2.00	<2.00	2.84	<2.00	2.00	2.30	2.18	<2.00	<2.00	2.00
14	2.00	<2.00	<2.00	2.00	2.48	<2.00	2.00	2.00	2.23	<2.00	2.00	2.00		
	2.00	<2.00	<2.00	2.00	2.60	<2.00	2.00	2.00	2.18	<2.00	2.18	2.30		
21	<2.00	<2.00	<2.00	2.00	5.00	3.46	2.00	2.70	2.00	<2.00	<2.00	2.30		
	<2.00	<2.00	<2.00	2.00	4.95	3.20	2.00	2.60	2.00	<2.00	<2.00	2.30		
20	K	2.30	2.00	<2.00	2.00	3.17	<2.00	2.00	3.48	2.30	<2.00	2.00	<2.00	
		2.00	<2.00	<2.00	<2.00	3.14	<2.00	<2.00	3.48	2.00	<2.00	<2.00	<2.00	
	7	2.00	<2.00	<2.00	<2.00	2.47	<2.00	2.74	2.18	2.00	<2.00	2.00	2.00	
		2.00	<2.00	<2.00	<2.00	2.47	<2.00	2.84	2.30	2.00	<2.00	2.00	2.00	
14	2.00	<2.00	2.00	<2.00	2.30	<2.00	2.00	2.40	2.00	<2.00	2.00	2.00		
	2.00	<2.00	2.30	<2.00	2.30	<2.00	2.30	2.40	2.18	<2.00	2.00	2.00		
21	2.00	<2.00	2.00	<2.00	3.04	<2.00	3.04	2.70	2.00	<2.00	<2.00	2.00		
	2.00	<2.00	2.00	<2.00	3.32	<2.00	2.95	2.60	2.00	<2.00	<2.00	2.00		
Katkılı	10	K	2.50	2.00	2.23	2.00	2.00	<2.00	2.00	<2.00	2.00	<2.00	<2.00	2.00
			2.30	<2.00	2.00	2.00	2.30	<2.00	2.00	<2.00	2.18	<2.00	2.00	2.00
		7	<2.00	<2.00	<2.00	3.70	2.40	<2.00	2.54	3.12	2.30	<2.00	2.30	<2.00
			<2.00	<2.00	<2.00	3.60	2.30	<2.00	2.48	3.00	2.00	<2.00	2.00	2.00
	14	<2.00	<2.00	<2.00	2.00	2.95	<2.00	2.00	3.25	2.60	<2.00	<2.00	2.00	
		<2.00	<2.00	<2.00	2.00	3.00	<2.00	2.00	3.20	2.70	<2.00	<2.00	2.00	
	21	2.00	<2.00	2.00	2.00	2.95	<2.00	<2.00	2.60	2.60	<2.00	<2.00	2.18	
		2.00	<2.00	2.00	2.00	2.78	<2.00	<2.00	2.84	2.78	<2.00	<2.00	2.30	
	15	K	2.47	2.00	2.00	2.78	2.30	<2.00	<2.00	2.30	2.00	<2.00	<2.00	<2.00
			2.47	<2.00	2.30	2.00	2.30	<2.00	<2.00	2.47	2.00	<2.00	2.00	<2.00
		7	<2.00	<2.00	<2.00	2.18	2.18	<2.00	2.00	2.00	2.00	<2.00	<2.00	<2.00
			<2.00	<2.00	<2.00	2.30	2.18	<2.00	2.18	2.00	2.00	<2.00	<2.00	<2.00
14	<2.00	<2.00	<2.00	2.00	2.17	<2.00	2.00	2.46	<2.00	<2.00	<2.00	2.00		
	<2.00	<2.00	<2.00	2.00	2.18	<2.00	2.00	2.39	<2.00	<2.00	<2.00	2.00		
21	<2.00	<2.00	<2.00	2.95	2.60	<2.00	<2.00	2.30	<2.00	<2.00	<2.00	2.00		
	<2.00	<2.00	<2.00	3.00	2.30	<2.00	<2.00	2.60	<2.00	<2.00	<2.00	2.00		
20	K	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	2.17	<2.00	2.00	2.00	2.00	<2.00	<2.00	<2.00	
		<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	2.30	<2.00	<2.00	<2.00	2.00	<2.00	<2.00	<2.00	
	7	2.48	<2.00	<2.00	2.30	<2.00	<2.00	2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	
		2.30	<2.00	2.00	2.40	<2.00	<2.00	2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	
14	<2.00	<2.00	<2.00	2.00	2.40	<2.00	2.00	2.28	<2.00	<2.00	<2.00	2.00		
	<2.00	<2.00	<2.00	2.00	2.70	<2.00	2.00	2.11	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00		
21	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	2.60	<2.00	2.00	2.30	2.00	<2.00	2.00	2.00		
	2.00	<2.00	<2.00	<2.00	2.70	<2.00	2.00	2.60	2.00	<2.00	<2.00	2.00		

Kısmi pişirildikten sonra oda sıcaklığında depolanmış ve yeniden pişirilmiş ekmeklerin, total aerobik mezofilik bakteri, koliform grubu bakteri, *Bacillus* sporu ve maya-küf sayıları çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8'de görüldüğü gibi kısmi pişmiş ekmeklerin depolama sıcaklığı son ürünlerdeki mikroorganizma sayısını önemli derecede etkilemiştir. Oda sıcaklığında depolanan ekmeklere göre, buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerin ikinci pişirmeden sonraki mikroorganizma sayılarında önemli derecede düşüş gözlenmiştir.

Bütün ekmek çeşitleri ve depolama sürelerinde koliform grubu bakteri sayısı saptanabilir sınırın (2 log CFU/g) altında çıkarken, total aerobik mezofilik bakteri, *Bacillus* sporu ve maya-küf sayıları ise genelde 2 log CFU/g düzeyinde seyretmiştir.

**Çizelge 4.8.** Buzdolabı sıcaklığında depolanmış ekmeklerin ikinci pişirmeden sonraki mikrobiyolojik analiz sonuçları (I. ve II. Tekerrür)

Antimikrobiyal Katkı	Kısmi Pişirme Süresi (dk)	Depolama Süresi (gün)	Beyaz Tava Ekmeği				Çavdar Ekmeği				Kekekli Ekmeç			
			TAMB (log CFU/g)	Koliform Grubu Bakteri (log CFU/g)	<i>Bacillus</i> Sporu (log CFU/g)	Maya-Küf (log CFU/g)	TAMB Sayısı (log CFU/g)	Koliform Grubu Bakteri (log CFU/g)	<i>Bacillus</i> Sporu (log CFU/g)	Maya-Küf (log CFU/g)	TAMB Sayısı (log CFU/g)	Koliform Grubu Bakteri (log CFU/g)	<i>Bacillus</i> Sporu (log CFU/g)	Maya-Küf (log CFU/g)
			K	2.00 2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.30 2.00	2.00 2.30	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.84 3.07	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00
Katkısız	10	7	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00	2.48 2.30	<2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00
		14	2.18 2.30	<2.00 <2.00	2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.00 2.18	<2.00 <2.00	2.30 2.00	2.60 2.60	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 2.00
		21	2.60 2.48	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.60 2.70	<2.00 <2.00	2.00 2.00	3.70 3.18	2.00 2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00
		K	2.00 2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.30 2.00	2.00 2.30	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.84 3.07	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.78 2.95
	15	7	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.30 2.40	<2.00 <2.00	2.30 2.40	<2.00 <2.00	2.48 2.48	<2.00 <2.00	2.30 2.30	<2.00 <2.00
		14	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.30 2.30	<2.00 <2.00	2.00 2.00	2.40 2.43	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00
		21	2.00 2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.30 2.48	<2.00 <2.00	2.00 2.00	2.18 2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00
		K	2.00 2.00	2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.30 2.00	2.00 2.30	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.84 3.07	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.78 2.95
	20	7	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00	2.60 2.30	<2.00 <2.00	2.00 2.18	<2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00
		14	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.78 2.70	<2.00 <2.00	2.00 2.00	2.18 2.15	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.00 2.18	<2.00 <2.00
		21	2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.00 2.00	4.08 4.11	2.78 3.18	<2.00 <2.00	2.00 2.00	2.59 2.78	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00
		K	<2.00 <2.00	2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00
Katkılı	10	7	2.00 2.05	<2.00 <2.00	2.11 2.14	<2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00
		14	2.00 2.00	<2.00 <2.00	2.00 <2.00	2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00	2.30 2.30	<2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00
		21	2.00 2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.60 2.30	<2.00 <2.00	2.00 2.30	2.00 2.00	2.30 2.18	<2.00 <2.00	2.00 <2.00	<2.00 <2.00
		K	<2.00 <2.00	2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00
	15	7	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.30 2.00	<2.00 <2.00	2.00 2.00	2.00 2.00
		14	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00	2.18 2.30	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00
		21	2.18 2.30	<2.00 <2.00	2.00 2.00	2.30 2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00	2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00
		K	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00
	20	7	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.00 2.00	2.30 2.30	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.00 2.30
		14	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.00 2.00	2.00 2.70	2.00 2.70	<2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00	2.30 2.30	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00
		21	2.00 2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00	2.00 2.00	2.18 2.18	2.00 2.00	<2.00 <2.00	2.00 2.00	<2.00 <2.00
		K	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00	<2.00 <2.00

#### 4.6. Ekmeklerin Pişme kaybı, Spesifik Hacim ve Tekstür Özelliklerinde Meydana Gelen Değişmeler

##### 4.6.1. Oda Sıcaklığında ( $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) Depolanmış Ekmeklere Ait Sonuçlar

Kısmi pişirilmiş, oda sıcaklığında depolandıktan sonra yeniden pişirmeye tabi tutulmuş beyaz tava, çavdar ve kepekli ekmeklerin pişme kaybı, spesifik hacim ve tekstür değerlerine ait veriler çizelge 4.9'da verilmiştir.

Ekmeklerin pişme kaybı, spesifik hacim ve tekstür değerlerinin varyans analiz sonuçları çizelge 4.10'da verilmiştir. Ekmek çeşidi, antimikrobiyal madde uygulaması, kısmi pişirme ve depolama süresi ekmeklerin pişme kaybı, spesifik hacim ve tekstür değerleri üzerine istatistiki olarak çok önemli seviyede ( $P<0.01$ ) etkili bulunmuştur.

Ekmek çeşidi değişkenine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları çizelge 4.11'de, antimikrobiyal katkı maddesi uygulaması değişkenine ait sonuçlar çizelge 4.12'de, pişirme süresi değişkenine ait sonuçlar çizelge 4.13'de ve depolama süresi değişkenine ait sonuçlar çizelge 4.14'de verilmiştir.

Çizelge 4.11'de görüldüğü gibi, en fazla pişme kaybı beyaz tava ekmeğinde, daha sonra kepekli ekmekte en az da çavdar ekmeğinde meydana gelmiştir. Kepekli ve çavdar ekmeğinin spesifik hacmi beyaz tava ekmeğinkinden düşük çıkmıştır. Tekstür değerlendirmesi bakımından en yüksek değeri beyaz tava, en düşük değeri ise kepekli ekmek göstermiştir. Normal una kepek ve çavdar unu katkısı hamurun yapısını ve pişirme kalitesini zayıflatmakta ve hamurun gaz tutma kapasitesini olumsuz yönde etkilemekte, bu da ekmek hacminin düşmesine sebep olmaktadır (Lai *et al.* 1989b, Rao ve Rao 1991, Özboy ve Köksel 1997). Çavdar ununun ekmek ve hamur sistemleri için fonksiyonel ingredientler olan pentozanları daha yüksek düzeyde içermesi (Denli ve Ercan 2001), çavdar ekmeğini spesifik hacim ve tekstür değerleri bakımından kepekli ekmeğe göre daha üstün kılmıştır.

**Çizelge 4.9.** Kısmi pişmiş, oda sıcaklığında depolanmış ve yeniden pişirilmeye tabi tutulmuş ekmeklerin analiz sonuçları (I. ve II. Tekerrür)

Antimikrobiyal Katkı	Kısmi Pişirme Süresi (dk)	Depolama Süresi (gün)	Beyaz Tava Ekmeği			Çavdar Ekmeği			Kepekli Ekmek		
			Pişme kaybı (%)	Spesifik Hacim (cc/g)	Tekstür (0-10 P)	Pişme kaybı (%)	Spesifik Hacim (cc/g)	Tekstür (0-10 P)	Pişme kaybı (%)	Spesifik Hacim (cc/g)	Tekstür (0-10 P)
Katkısız	10	K	20.87	4.25	9.00	17.18	2.72	7.00	16.56	2.62	6.50
			20.87	4.22	8.50	16.87	2.71	6.50	16.69	2.62	6.00
		3	20.06	3.96	10.00	17.85	2.77	7.00	17.29	2.64	6.50
			19.78	3.87	9.50	17.83	2.78	7.00	17.48	2.65	6.50
		5	21.77	4.14	5.00	18.12	2.63	4.50	18.69	2.57	4.00
			22.87	4.07	5.00	18.09	2.57	4.00	18.71	2.59	3.50
		7	22.39	4.00	3.00	18.61	2.49	3.00	18.96	2.45	3.00
			23.02	4.06	3.00	18.56	2.48	3.00	19.06	2.47	2.50
	15	K	20.87	4.25	9.00	17.18	2.72	7.00	16.56	2.62	6.50
			20.87	4.22	8.50	16.87	2.71	6.50	16.69	2.62	6.00
		3	19.90	4.05	9.00	18.31	2.70	6.00	18.00	2.68	6.00
			22.18	4.17	9.50	18.37	2.71	6.50	17.92	2.69	6.00
		5	23.95	4.37	4.00	18.73	2.69	3.50	19.02	2.57	3.00
			23.51	4.29	4.00	18.89	2.69	3.00	19.17	2.58	3.00
		7	22.09	4.30	4.50	18.79	2.53	2.50	19.48	2.46	2.50
			23.02	4.38	4.50	18.86	2.54	3.00	19.48	2.46	2.50
	20	K	20.87	4.25	9.00	17.18	2.72	7.00	16.56	2.62	6.50
			20.87	4.22	8.50	16.87	2.71	6.50	16.69	2.62	6.00
		3	23.10	4.41	8.00	18.10	2.70	5.50	18.21	2.70	5.00
			22.80	4.62	7.50	17.94	2.69	5.50	18.37	2.72	5.00
		5	24.75	4.37	3.50	18.87	2.70	3.00	19.34	2.72	2.50
			23.44	4.39	3.50	18.90	2.67	3.50	19.27	2.72	3.00
		7	22.70	4.42	3.00	19.31	2.88	2.50	18.59	2.65	2.50
			22.60	4.37	3.50	19.31	2.88	2.50	19.59	2.64	2.00
Katkılı	10	K	20.00	4.14	8.50	17.81	2.69	6.50	16.56	2.62	6.00
			20.28	4.11	8.00	17.81	2.70	7.00	16.56	2.54	6.00
		3	22.40	4.16	9.00	17.08	2.47	7.50	17.80	2.52	6.50
			22.44	4.18	9.00	17.08	2.49	7.00	17.92	2.51	6.00
		5	22.08	4.04	8.00	17.69	2.43	6.50	18.09	2.45	6.00
			21.87	4.00	8.00	17.81	2.43	6.50	18.06	2.46	6.00
		7	22.40	4.04	7.50	18.06	2.54	5.00	19.06	2.46	4.50
			22.69	4.14	7.50	17.98	2.56	5.00	19.37	2.47	5.00
	15	K	20.00	4.14	8.50	17.81	2.69	6.50	16.56	2.62	6.00
			20.28	4.11	8.00	17.81	2.70	7.00	16.56	2.54	6.00
		3	23.12	4.48	8.50	17.14	2.59	6.50	18.33	2.64	5.50
			22.81	4.37	8.50	17.31	2.61	6.50	18.43	2.64	6.00
		5	21.14	3.92	7.50	18.33	2.61	6.00	18.54	2.58	5.50
			21.15	3.91	7.50	18.19	2.61	6.00	18.50	2.57	5.50
		7	22.71	4.19	7.00	18.00	2.50	4.50	19.48	2.56	4.50
			22.50	4.16	7.00	18.06	2.52	5.00	19.48	2.54	4.50
	20	K	20.00	4.14	8.50	17.81	2.69	6.50	16.56	2.62	6.00
			20.28	4.11	8.00	17.81	2.70	7.00	16.56	2.54	6.00
		3	22.50	4.03	7.50	17.94	2.84	6.00	18.75	2.73	5.00
			22.70	4.04	7.50	18.00	2.79	6.00	18.75	2.76	5.00
		5	21.98	4.08	7.00	18.27	2.66	5.50	18.79	2.69	5.00
			21.56	4.11	7.00	18.43	2.69	5.50	18.96	2.69	4.50
		7	22.39	4.24	6.50	18.75	2.78	4.50	19.79	2.54	4.00
			22.60	4.29	7.00	18.75	2.79	4.50	18.69	2.55	4.00

**Çizelge 4.10.** Oda sıcaklığında depolandıktan sonra yeniden pişirilen kısmi pişmiş ekmeklerde belirlenen pişme kaybı, spesifik hacim ve tekstür değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Pişme kaybı		Spesifik Hacim		Tekstür	
		KO	F	KO	F	KO	F
Ekmek Çeşidi (E)	2	230.564	2459.823**	38.884	35416.338**	61.396	1010.400**
Antimikrobiyal Katkı (A)	1	1.240	13.224**	0.151	137.944**	50.766	835.457**
Kısmi Pişirme Süresi (K)	2	2.970	31.688**	0.256	233.329**	7.193	118.371**
Depolama Süresi (D)	3	27.592	294.367**	3.121	28.423**	76.099	1252.371**
E X A	2	0.289	3.084*	1.565	14.255**	0.750	12.343**
E X K	4	6.135	0.655	9.830	8.953**	0.128	2.100
A X K	2	0.425	4.534*	8.405	7.655**	1.562	0.257
E X D	6	1.581	16.870**	2.029	18.479**	1.201	19.771**
A X D	3	2.733	29.155**	1.974	17.979**	22.992	378.390**
K X D	6	0.635	6.770**	3.420	31.148**	1.464	24.086**
Hata	72	9.373		1.098		6.076	

\* (p<0.05) düzeyinde önemli

\*\* (p<0.01) düzeyinde önemli

**Çizelge 4.11.** Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek çeşidi değişkenine ait pişme kaybı, spesifik hacim ve tekstür değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları\*

Ekmek Çeşidi	n	Pişirme Kaybı (%)	Spesifik Hacim (cc/g)	Tekstür (0-10 P)
Beyaz Tava	48	21.90a	4.18a	7.07a
Çavdar	48	18.03c	2.65b	5.43b
Kepekli	48	18.18b	2.59c	4.91c

\* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistik olarak birbirinden farklı değildir (p>0.05)

**Çizelge 4.12.** Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde antimikrobiyal katkı maddesi değişkenine ait pişme kaybı, spesifik hacim ve tekstür değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları\*

Antimikrobiyal Katkı	n	Pişirme Kaybı (%)	Spesifik Hacim (cc/g)	Tekstür (0-10 P)
Katkısız	72	19.46a	3.18a	5.21b
Katkılı	72	19.27b	3.12b	6.39a

\* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistik olarak birbirinden farklı değildir (p>0.05)

Çizelge 4.12'de görüldüğü gibi, antimikrobiyal madde uygulaması pişme kaybı ve spesifik hacim üzerine düşürücü yönde etkili olmuştur. Tekstür değerlendirmesi bakımından ise antimikrobiyal katkılı ekmekler daha üstün bulunmuştur. Antimikrobiyal madde olarak kullanılan kalsiyum propiyonatın hamurda pH'yı düşürdüğünden dolayı mayaların fermentasyon gücünü düşürdüğü bildirilmektedir (Anonymous 1996).

**Çizelge 4.13.** Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde pişirme süresi değişkenine ait pişirme kaybı, spesifik hacim ve tekstür değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları\*

Kısmi Pişirme Süresi (dk)	n	Pişirme Kaybı (%)	Spesifik Hacim (cc/g)	Tekstür (0-10 P)
10 dk	48	19.10c	3.07c	6.17a
15 dk	48	19.39b	3.14b	5.84b
20 dk	48	19.60a	3.22a	5.39c

\* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ( $p>0.05$ )

Ekmeklerin kısmi pişirme süresinin artması, pişirme kaybı ve spesifik hacim değerlerini artırmıştır El-Samahy ve Tsen (1981) tarafından fırında pişirme süresinin artmasının ekmeklerde pişirme kaybını artırdığı bildirilmiştir. Kısmi pişirme süresindeki artış, ekmek içi yumuşaklığını düşürdüğü için (çizelge 4.49) ekmek içi tekstürünü de düşürmüştür (çizelge 4.13).

**Çizelge 4.14.** Oda sıcaklığında depolama süresi değişkenine ait pişirme kaybı, spesifik hacim ve tekstür değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları\*

Depolama Süresi (gün)	n	Pişirme Kaybı (%)	Spesifik Hacim (cc/g)	Tekstür (0-10 P)
Kontrol	36	18.17d	3.16a	7.12a
3	36	19.28c	3.18a	6.93b
5	36	19.87b	3.12b	4.97c
7	36	20.14a	3.12b	4.18d

\* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ( $p>0.05$ )

Çizelge 4.14'de görüldüğü gibi, depolama süresinin artması ekmeklerin pişirme kaybında artırıcı; spesifik hacim ve tekstür değerlerinde ise düşürücü yönde etkili olmuştur. Depolama ile ekmeklerde önemli derecede nem kaybı meydana gelmiştir (çizelge 4.26). Doğal olarak bu da ekmeklerde ağırlık kaybına neden olmuştur. Ekmeklerde spesifik hacmin düşmesi, bayatlamayı artırdığı için ekmek içi tekstür kalitesini düşürmektedir (Axford *et al.* 1968).

Oda sıcaklığında depolanmış ekmeklerde pişirme kaybı üzerinde önemli ( $p<0.05$ ) etkisi saptanan (çizelge 4.12), ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (B) interaksiyonları ile çok önemli ( $p<0.01$ ) etkisi



çeşidi x depolama süresi (C), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (D) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (E) interaksiyonları şekil 4.1'de gösterilmiştir.

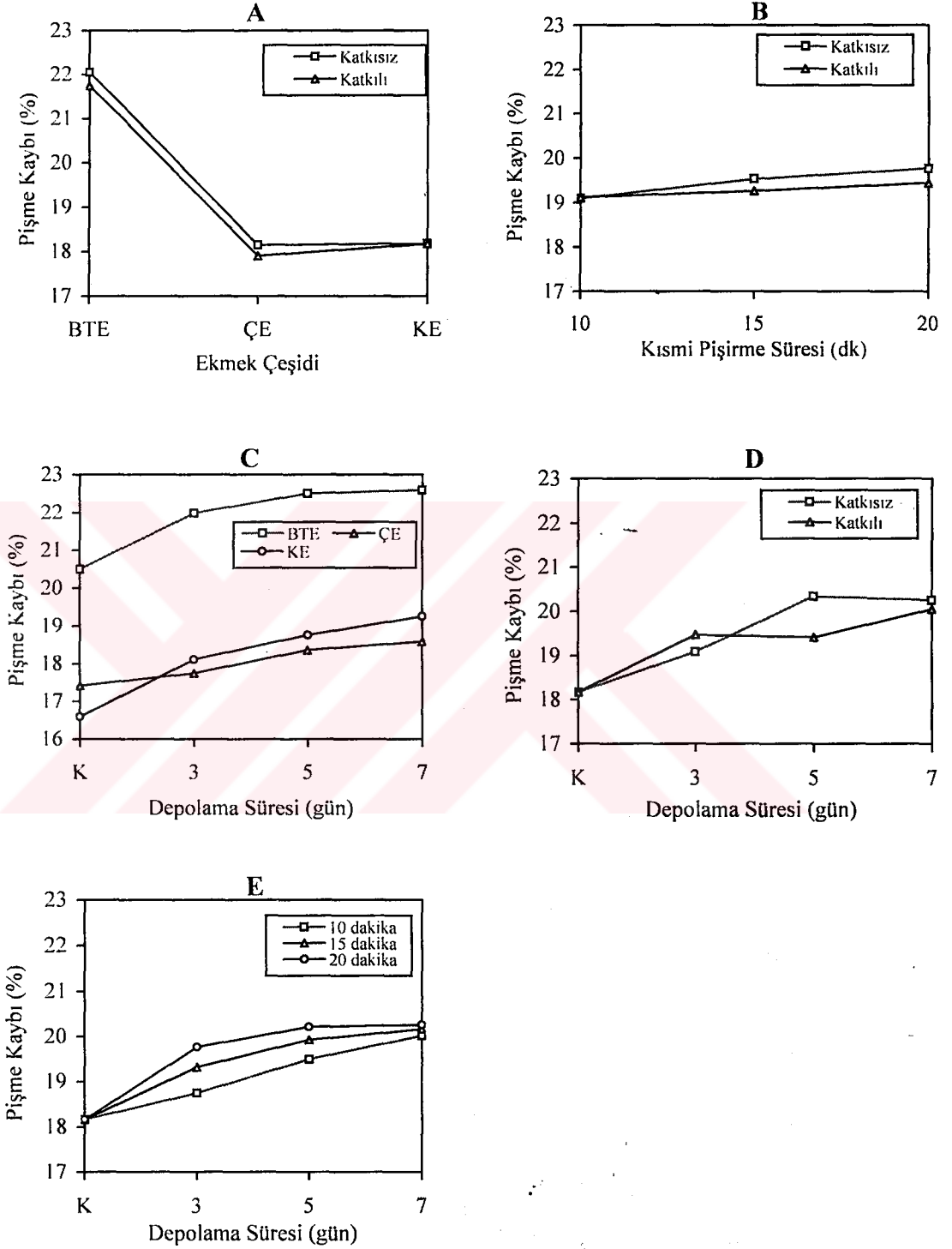
Şekil 4.1.A'da görüldüğü gibi, oda sıcaklığında depolanmış her üç ekmek çeşidinde de antimikrobiyal katkı uygulaması pişme kaybını düşürücü yönde etkili olmuştur. Antimikrobiyal madde uygulaması mayanın fermentasyon gücünü düşürüp ekmek hacmine olumsuz etki yaptığından dolayı katkılı ekmeklerde düşük hacim ve pişirme sırasında su kaybının daha az olmasından dolayı pişme kaybında düşüş gözlenmiştir.

Kısmi pişirme süresi uzadıkça, antimikrobiyal katkılı ekmeklerde daha düşük düzeyde olmak üzere pişme kaybı da artmıştır (şekil 4.1.B). Kısmi pişirme süresi 10 dakika olan antimikrobiyal katkılı ekmekler, katkısızlarla birbirine yakın sonuçlar verirken, 15 ve 20 dakikalık kısmi pişirme sürelerinde antimikrobiyal katkılılarda pişme kaybı daha düşük bulunmuştur.

Oda sıcaklığında depolanmış kontrol grubu ekmeklere göre her üç ekmek çeşidinde de depolama süresinin artması pişme kaybını artırmıştır. En fazla kayıp beyaz tava ekmeğinde gözlenirken, çavdar ve kepekli ekmekler birbirine daha yakın sonuçlar vermiştir (şekil 4.1.C).

Şekil 4.1.D'de görüldüğü gibi, oda sıcaklığında depolanmış ekmeklerde depolama süresi ile artan pişme kaybında, antimikrobiyal madde uygulaması kontrol grubu ekmekler, 3. ve 7. gün depolama süresinde birbirine yakın sonuçlar verirken, 5. günde katkısız ekmeklerdeki pişme kaybı daha fazla bulunmuştur.

Oda sıcaklığında depolanmış ekmeklerde depolama süresinin artmasıyla her üç kısmi pişirme sürelerinde pişme kaybında artış gözlenmiştir (şekil 4.1.E). Ayrıca depolama sürelerine bağlı olarak pişirme süresinin artması, ekmekteki pişme kaybını da artırmıştır. Pişme kaybı üzerine, kısmi pişirmedeki ısıl işlemin, depolamadan sonra uygulanan ikinci pişirmeden, daha etkili olduğu görülmektedir. Bu durum, hamura uygulanan ısıl işlem ile kısmi pişmiş ekmeğe uygulanan ısıl işlemin, pişme kaybı bakımından farklı etkide bulunacağını göstermektedir. Leuschner *et al.* (1999), tarafından yapılan araştırmada, ısıl işlem süresinin 10 dakikadan 40 dakikaya çıkarılmasının pişme kaybını %4'den yaklaşık %10'a yükselttiği tespit edilmiştir.



**Şekil 4.1.** Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde pişme kaybı üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (B), ekmek çeşidi x depolama süresi (C), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (D) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (E) etkileşimleri

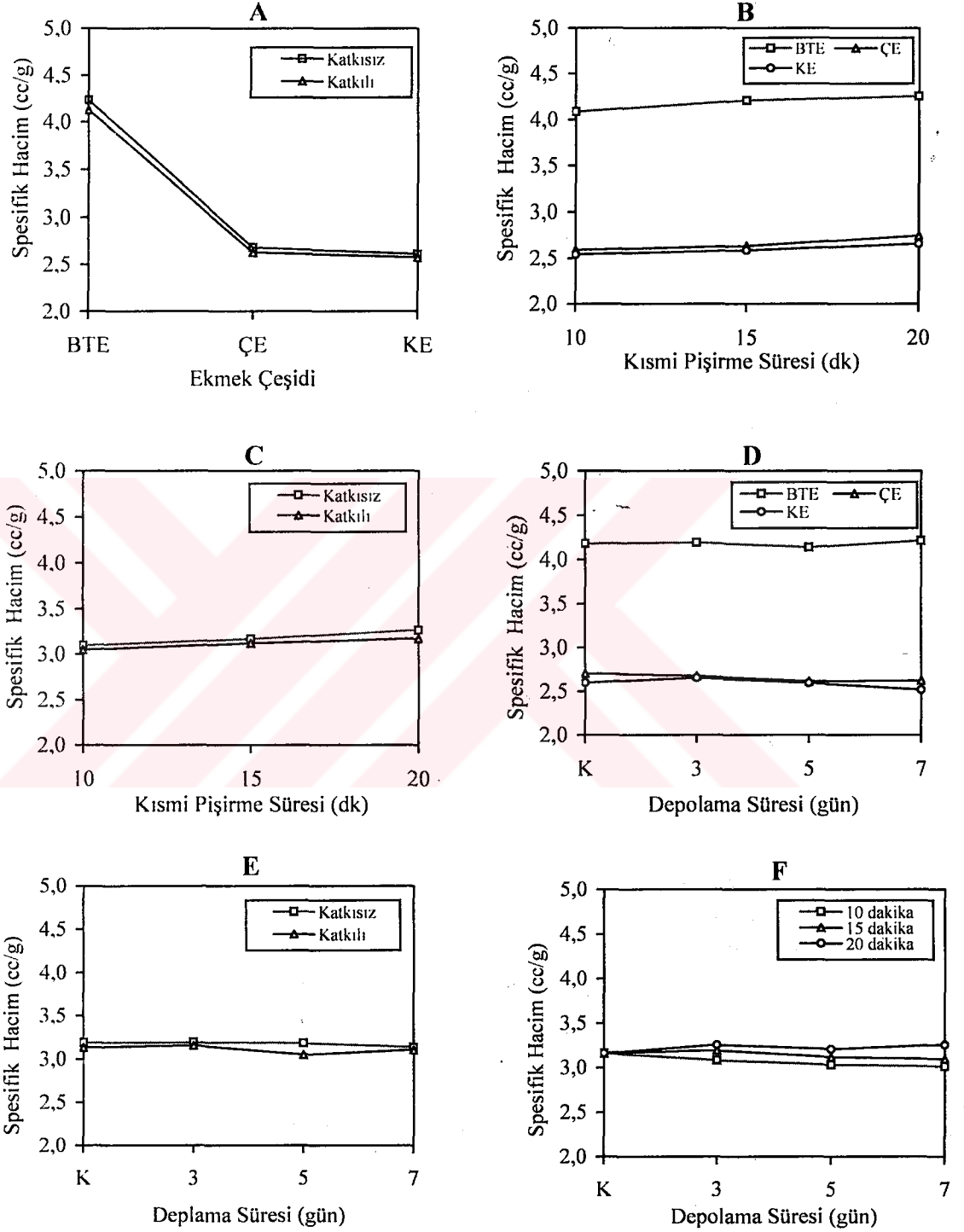
Oda sıcaklığında depolanmış ekmeklerde spesifik hacim üzerinde  $p < 0.01$  seviyesinde önemli olan (çizelge 4.10) ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonlarının seyri şekil 4.2’de gösterilmiştir.

Şekil 4.2.A’da görüldüğü gibi, antimikrobiyal madde uygulaması oda sıcaklığında depolanmış bütün ekmek çeşitlerinde spesifik hacmi düşürücü yönde etkili olurken, beyaz tava ekmeği, çavdar ve kepekli ekmeğe göre oldukça yüksek spesifik hacim değerleri göstermiştir. Yapılan benzer çalışmalarda, hamurun gaz üretme gücü ve gaz tutma kapasitesinin düşük olmasından dolayı çavdar ve kepekli ekmeklerin beyaz tava ekmeğine göre daha düşük hacimli olduğu bildirilmektedir (He ve Hosney 1991b, Ragae *et al.* 2001)

Oda sıcaklığında depolanmış ekmeklerde kısmi pişirme süresi arttıkça denemede kullanılan bütün ekmek çeşitlerinin spesifik hacim değerlerinde çok az artış gözlenmiştir (şekil 4.2.B). Özellikle 10 dakikalık kısmi pişirme süresinde, ekmek iskeleti oluşmakta ancak ekmeğin nem miktarı diğer ekmeklere göre daha fazla olduğundan daha yumuşak bir yapıya sahip olmaktadır. Depolama sırasında bir miktar büzülme olmakta ve ekmekte hacmin düşmesine sebep olmaktadır. Çavdar ve kepekli ekmeklerdeki spesifik hacimler birbirine çok yakın değerler vermiş, beyaz tava ekmeğindeki değerler ise daha yüksek bulunmuştur.

Şekil 4.2.C’de görüldüğü gibi, antimikrobiyal madde katkılı ekmeklerde biraz düşük olmakla birlikte kısmi pişirme süresinin artması spesifik hacmi artırıcı yönde etkili olmuştur.

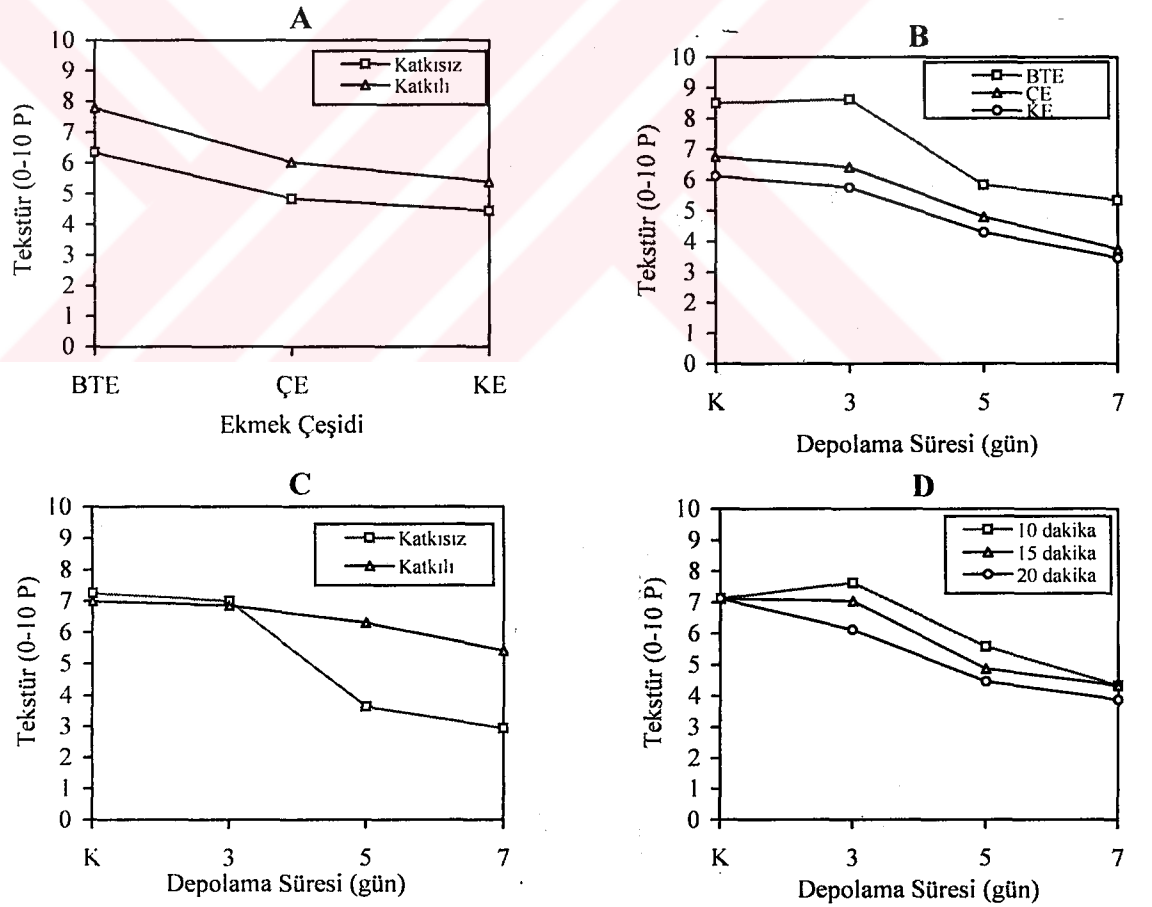
Oda sıcaklığında depolama süresinin artmasıyla çavdar ve kepekli ekmek çeşitlerinde spesifik hacimde çok az bir düşüş görülmüş, beyaz tava ekmeğinde fazla bir değişim olmamıştır. Beyaz tava ekmeği çeşidinde 3 ve 7. gün depolama ile kontrol grubu ekmekler birbirine yakın değerler vermiştir (şekil 4.2.D). Antimikrobiyal katkı maddesi uygulanan ekmeklerde çok az bir düşüş olmasıyla birlikte, depolama süresine bağlı olarak ekmeklerin spesifik hacim değerlerinde fazla değişim gözlenmemiştir (şekil 4.2.E).



**Şekil 4.2.** Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde spesifik hacim üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) etkileşimleri

Şekil 4.2.F’de görüldüğü gibi, oda sıcaklığında depolanmış ekmeklerde kısmi pişirme süreleri depolama süresine bağlı olarak ekmeklerin spesifik hacim değerlerinde kontrol grubuna göre fazla bir değişim meydana getirmemiştir. Kısmi pişirme sürelerindeki artış, bütün depolama sürelerinde spesifik hacmi artırıcı yönde etkili olmuştur. En yüksek spesifik hacim 20 dakika kısmi pişirilmiş ve oda sıcaklığında 7 gün depolanmış ekmeklerde görülmüştür.

Oda sıcaklığında depolanmış ekmeklerde tekstür üzerinde  $p<0.01$  seviyesinde önemli olan (çizelge 4.10) ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x depolama süresi (B), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (C) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (D) interaksiyonlarının seyri şekil 4.3’de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Oda sıcaklığında depolanmış ekmeklerde tekstür üzerindeki etkileri gösteren ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x depolama süresi (B), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (C) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (D) interaksiyonları

Oda sıcaklığında depolanmış ekmeklerde ekmek çeşitlerinde antimikrobiyal madde uygulaması tekstür değerini artırmıştır. En yüksek değeri katkılı beyaz tava ekmeği verirken, katkısız kepekli ekmek tekstür bakımından en kalitesiz bulunmuştur (şekil 4.3.A).

Oda sıcaklığında depolanmış ekmeklerde depolamanın 3. gününde beyaz tava ekmeği kontrol grubuna göre tekstür bakımından daha kaliteli bulunurken, diğer ekmeklerde depolama süresinin artması tekstür değerini düşürmüştür (şekil 4.3.B). Özellikle 3. günden 5. güne gidildikçe tekstürdeki düşüş daha hızlı olmuştur.

Oda sıcaklığında depolanmış ekmeklerde depolamanın 3. gününde kontrol grubuna yakın tekstür değerleri elde edilirken, özellikle antimikrobiyal katkısız ekmekler 5. ve 7. günlerde tekstür bakımından oldukça düşük sonuçlar vermiştir (şekil 4.3.C). Antimikrobiyal katkısız ekmeklerde depolamanın 5. ve 7. günlerinde ekmek içinde rop sporlarının faaliyeti ile ekmek içi tekstürü olumsuz yönde etkilenmiştir. Ekmekte sünmeye sebep olan *Bacillus* türlerine ait sporlar fırın sıcaklığında inaktif hale geçmemekte, daha sonra vejetatif forma dönüşerek, ekmek içindeki nişasta ve proteinleri parçalayıp ekmek içinin tekstür ve yapısını olumsuz yönde etkilemektedir (Rosenkvist ve Hansen 1995, Leuschner *et al.* 1998).

Şekil 4.3.D'de görüldüğü gibi, 10 dakika kısmi pişirmeye ve 3 gün oda sıcaklığında depolamaya tabi tutulmuş beyaz tava ekmeği tekstür bakımından en kaliteli bulunurken, depolama süresi arttıkça diğer pişirme ve depolama sürelerinde tekstür değerlerinde düşüş meydana gelmiştir. Depolamanın 3. günündeki tekstür değerleri, her üç kısmi pişirme sürelerinde de birbirlerine uzak değerler vermiş, 7. günde bu değerler birbirine oldukça yaklaşmıştır.

#### 4.6.2. Buzdolabı Sıcaklığında ( $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) Depolanmış Ekmeklere Ait Sonuçlar

Kısmi pişirilmiş, buzdolabı sıcaklığında depolandıktan sonra yeniden pişirmeye tabi tutulmuş beyaz tava, çavdar ve kepekli ekmeklerin pişme kaybı, spesifik hacim ve tekstür değerlerine ait I. ve II. tekerrür değerleri çizelge 4.15'de verilmiştir.

**Çizelge 4.15.** Kısmi pişmiş, buzdolabı sıcaklığında depolanmış ve yeniden pişirilmeye tabi tutulmuş ekmeklerin analiz sonuçları (I. ve II. Tekerrür)

Antimikrobiyal Katkı	Kısmi Pişirme Süresi (dk)	Depolama Süresi (gün)	Beyaz Tava Ekmeği			Çavdar Ekmeği			Kepekli Ekmek		
			Pişme kaybı (%)	Spesifik Hacim (cc/g)	Tekstür (0-10 P)	Pişme kaybı (%)	Spesifik Hacim (cc/g)	Tekstür (0-10 P)	Pişme kaybı (%)	Spesifik Hacim (cc/g)	Tekstür (0-10 P)
Katkısız	10	K	20.87	4.25	9.00	17.18	2.72	7.00	16.56	2.62	6.50
			20.87	4.22	8.50	16.87	2.71	6.50	16.69	2.62	6.00
		7	20.58	4.15	9.00	17.98	2.78	7.50	16.87	2.46	6.50
			20.10	4.07	9.50	17.91	2.79	8.00	16.87	2.47	6.00
	14	24.44	4.64	8.50	18.50	2.67	7.00	17.50	2.44	6.00	
		24.66	4.64	8.50	18.37	2.64	7.00	17.39	2.45	5.50	
	21	22.15	4.52	7.50	18.85	2.69	6.00	18.96	2.48	5.50	
		21.91	4.12	7.00	18.81	2.69	5.50	18.75	2.46	5.00	
	15	K	20.87	4.25	9.00	17.18	2.72	7.00	16.56	2.62	6.50
			20.87	4.22	8.50	16.87	2.71	6.50	16.69	2.62	6.00
		7	23.04	4.51	8.50	18.50	2.82	7.00	17.39	2.45	6.00
			22.99	4.48	8.50	18.40	2.85	7.00	17.51	2.46	6.00
14	22.91	4.19	8.00	19.98	2.61	6.50	17.81	2.56	5.50		
	22.39	4.14	8.00	19.31	2.66	6.50	18.02	2.57	5.50		
21	21.77	4.42	7.00	19.12	2.73	5.50	19.37	2.60	5.00		
	21.56	4.44	7.00	19.12	2.74	5.50	19.37	2.60	5.00		
20	K	20.87	4.25	9.00	17.18	2.72	7.00	16.56	2.62	6.50	
		20.87	4.22	8.50	16.87	2.71	6.50	16.69	2.62	6.00	
	7	22.66	4.74	8.00	18.86	2.87	6.50	17.77	2.63	5.50	
		22.68	4.71	7.50	18.79	2.89	7.00	17.79	2.66	5.50	
14	23.29	4.64	7.00	19.00	2.55	6.00	18.00	2.60	5.00		
	23.02	4.64	7.00	19.12	2.59	6.00	18.00	2.63	5.50		
21	21.98	4.54	6.50	19.31	2.81	5.50	20.00	2.63	5.00		
	22.01	4.53	6.50	19.37	2.81	5.50	20.00	2.64	5.00		
Katkılı	10	K	20.00	4.14	8.50	17.81	2.69	6.50	16.56	2.62	6.00
			20.28	4.11	8.00	17.81	2.70	7.00	16.56	2.54	6.00
		7	22.89	4.12	8.00	17.56	2.82	7.50	17.52	2.61	6.00
			22.87	4.13	8.00	17.52	2.82	7.50	17.50	2.55	6.00
	14	22.19	3.99	7.50	18.23	2.67	6.50	19.06	2.53	5.50	
		22.08	4.01	7.50	18.06	2.64	7.00	19.06	2.52	5.50	
	21	23.27	4.19	7.00	18.39	2.46	5.50	19.31	2.50	4.50	
		23.12	4.21	7.50	18.38	2.46	5.50	19.25	2.49	5.00	
	15	K	20.00	4.14	8.50	17.81	2.69	6.50	16.56	2.62	6.00
			20.28	4.11	8.00	17.81	2.70	7.00	16.56	2.54	6.00
		7	21.14	4.08	7.50	17.79	2.62	6.50	18.17	2.61	5.50
			22.24	4.11	7.50	17.87	2.64	7.00	18.17	2.60	5.50
14	21.83	4.08	7.00	18.39	2.64	6.00	18.19	2.52	4.50		
	21.77	4.09	7.00	18.37	2.64	6.50	18.75	2.52	5.00		
21	23.02	4.40	6.50	18.42	2.52	5.00	19.17	2.50	4.50		
	23.12	4.46	6.50	18.79	2.55	5.00	19.17	2.49	4.00		
20	K	20.00	4.14	8.50	17.81	2.69	6.50	16.56	2.62	6.00	
		20.28	4.11	8.00	17.81	2.70	7.00	16.56	2.54	6.00	
	7	22.44	4.14	7.00	18.67	2.69	6.50	17.71	2.66	4.50	
		22.25	4.14	7.00	18.59	2.69	6.00	17.65	2.67	4.50	
14	20.73	3.92	6.50	18.71	2.60	5.50	18.19	2.56	4.00		
	20.73	3.95	6.50	18.74	2.61	6.00	18.19	2.56	4.50		
21	23.04	4.41	6.00	19.60	2.60	5.00	19.17	2.51	4.00		
	23.17	4.41	6.00	19.75	2.60	5.00	19.17	2.52	3.50		

Buzdolabı sıcaklığında depolanmış ekmeklerin pişme kaybı, spesifik hacim ve tekstür değerlerinin varyans analizi sonuçları çizelge 4.16'da verilmiştir. Ekmek çeşidi, antimikrobiyal madde uygulaması, kısmi pişirme ve depolama süresi ekmeklerin spesifik hacim ve tekstür değerleri üzerinde istatistikî olarak  $p < 0.01$  seviyesinde etkili olmuştur. Pişme kaybı değerleri üzerinde ise ekmek çeşidi, kısmi pişirme ve depolama süresinin  $p < 0.01$ , antimikrobiyal katkı uygulamasının etkisi ise  $p < 0.05$  seviyesinde önemli bulunmuştur.

**Çizelge 4.16.** Buzdolabı sıcaklığında depolandıktan sonra yeniden pişirilen kısmi pişmiş ekmeklerin pişme kaybı, spesifik hacim ve tekstür değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Pişme kaybı		Spesifik Hacim		Tekstür	
		KO	F	KO	F	KO	F
Ekmek Çeşidi (E)	2	232.393	8902.532**	43.754	28835.341**	62.271	996.333**
Antimikrobiyal Katkı (A)	1	9.714	3.721*	0.455	299.534**	9.000	144.000**
Kısmi Pişirme Süresi (K)	2	0.665	25.480**	6.626	43.670**	6.203	99.250**
Depolama Süresi (D)	3	29.244	1120.286**	3.470	22.870**	16.525	264.407**
E X A	2	0.819	31.360**	0.184	121.107**	0.583	9.333**
E X K	4	0.620	23.758**	1.327	8.744**	9.896	1.583
A X K	2	0.746	28.571**	3.632	23.935**	0.109	1.750
E X D	6	1.514	58.007**	6.109	40.263**	0.553	8.852**
A X D	3	1.231	47.165**	1.529	10.078**	0.269	4.296**
K X D	6	0.812	31.122**	2.547	16.786**	0.833	13.324**
Hata	72	2.610		1.517		6.250	

\* ( $p < 0.05$ ) düzeyinde önemli

\*\* ( $p < 0.01$ ) düzeyinde önemli

Buzdolabı sıcaklığında depolanmış ekmeklerde ekmek çeşidi, antimikrobiyal katkı, kısmi pişirme süresi ve depolama süresi değişkenlerinin ortalama değerlerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları sırasıyla çizelge 4.17, 4.18, 4.19 ve 4.20'de verilmiştir.

**Çizelge 4.17.** Buzdolabı sıcaklığında depolanmış ekmeklerde ekmek çeşidi değişkenine ait pişme kaybı, spesifik hacim ve tekstür değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları\*

Ekmek Çeşidi	n	Pişme Kaybı (%)	Spesifik Hacim (cc/g)	Tekstür (0-10 P)
Beyaz Tava	48	21.92a	4.27a	7.67a
Çavdar	48	18.34b	2.68b	6.37b
Kepekli	48	17.91c	2.56c	5.39c

\* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistikî olarak birbirinden farklı değildir ( $p > 0.05$ )



Çizelge 4.17'de görüldüğü gibi, buzdolabı sıcaklığında depolanmış ekmeklerde en fazla pişme kaybı beyaz tava ekmeğinde, daha sonra çavdar ekmeğinde en az da kepekli ekmekte meydana gelmiştir. Oda sıcaklığında depolamada çavdar ekmeğinde kepekli ekmekten daha fazla pişme kaybı meydana gelirken, buzdolabında depolamada çavdar ekmeğine göre kepekli ekmeğin pişme kaybında düşüş gözlenmiştir. En fazla kepekli ekmekte olmak üzere, beyaz tava ekmeğine kıyasla çavdar ve kepekli ekmekte spesifik hacim düşmüştür. Tekstür değerlendirmesi bakımından en yüksek değeri beyaz tava, en düşük değeri ise kepekli ekmek vermiştir. Spesifik hacim ve tekstür değerlendirmesi bakımından oda sıcaklığında depolanan ekmeklerle aynı değişim meydana gelmiştir.

**Çizelge 4.18.** Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde antimikrobiyal katkı maddesi değişkenine ait pişme kaybı, spesifik hacim ve tekstür değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları\*

Antimikrobiyal Katkı	n	Pişme Kaybı (%)	Spesifik Hacim (cc/g)	Tekstür (0-10 P)
Katkısız	72	19.42a	3.23a	6.73a
Katkılı	72	19.36b	3.12b	6.23b

\* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ( $p>0.05$ )

Çizelge 4.18'de görüldüğü gibi, buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde, antimikrobiyal madde uygulaması pişme kaybı, spesifik hacim ve tekstür değerleri üzerine düşürücü yönde etkili olmuştur. Antimikrobiyal katkı maddesi uygulaması oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde tekstür üzerine olumlu yönde etkili olmuş, buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde bu etki olumsuz yönde gelişmiştir. Araştırmada, genelde antimikrobiyal katkı uygulaması ekmek içi yumuşaklığını düşürmüştür. Dolayısıyla ekmek tekstürünü de olumsuz yönde etkilemiştir. Ancak, antimikrobiyal katkı oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde, tekstürü olumsuz yönde etkileyen sünme bozulmasını önlediğinden (Ünlütürk vd 1999), oda sıcaklığında depolamada antimikrobiyal katkı uygulaması ekmek tekstürüne olumlu yönde katkıda bulunmuştur. Antimikrobiyal katkının bu olumlu etkisi, tekstürü iyileştirmeden ziyade tekstür bozulmasına engel olmasından kaynaklanmaktadır.

Kısmi pişirme süresinin artması, pişme kaybı ve spesifik hacim değerlerini artırırken, ekmek içi tekstürünü düşürücü yönde etkili olmuştur (çizelge 4.19).

**Çizelge 4.19.** Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde kısmi pişirme süresi değişkenine ait pişme kaybı, spesifik hacim ve tekstür değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları\*

Kısmi Pişirme Süresi (dk)	n	Pişme Kaybı (%)	Spesifik Hacim (cc/g)	Tekstür (0-10 P)
10 dk	48	19.27c	3.14c	6.84a
15 dk	48	19.39b	3.16b	6.47b
20 dk	48	19.50a	3.21a	6.12c

\* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ( $p>0.05$ )

**Çizelge 4.20.** Buzdolabı sıcaklığında depolama süresi değişkenine ait pişme kaybı, spesifik hacim ve tekstür değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları\*

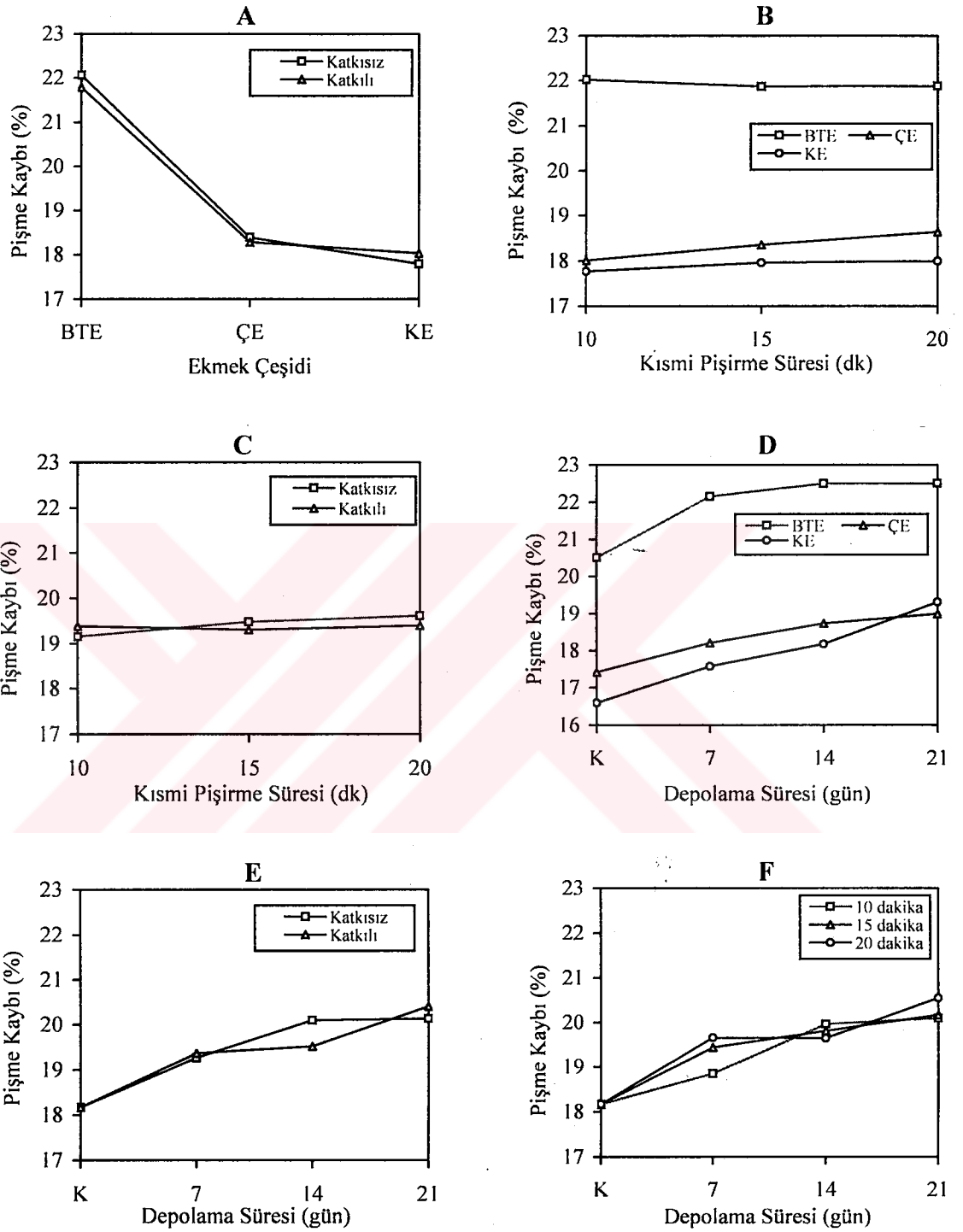
Depolama Süresi (gün)	n	Pişme Kaybı (%)	Spesifik Hacim (cc/g)	Tekstür (0-10 P)
Kontrol	36	18.17d	3.16e	7.12a
7	36	19.31c	3.21a	6.87b
14	36	19.80b	3.14d	6.31c
21	36	20.27a	3.19b	5.59d

\* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ( $p>0.05$ )

Çizelge 4.20’de görüldüğü gibi, buzdolabı sıcaklığında depolama süresinin artması ekmeklerin pişme kaybı ve spesifik hacimde artırıcı, tekstür değerlerinde ise düşürücü yönde etkili olmuş ve oda sıcaklığında depolamada da aynı etki gözlenmiştir. En yüksek spesifik hacim depolamanın 7. gününde elde edilirken, ilerleyen depolama sürelerinde düşüş meydana gelmiştir.

Buzdolabı sıcaklığında depolanmış ekmeklerde pişme kaybı üzerinde  $p<0.01$  seviyesinde önemli olan (çizelge 4.16) ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonlarının seyri şekil 4.4’de gösterilmiştir.

Buzdolabı sıcaklığında depolanmış ekmeklerde antimikrobiyal katkı uygulaması, kepekli ekmekte pişme kaybını artırmış, beyaz tava ve çavdar ekmeğinde düşürmüştür (şekil 4.4.A). Bütün kısmi pişirme sürelerinde beyaz tava ekmeğinde daha fazla pişme kaybı meydana gelmiş ve kısmi pişirme süresinin artması çavdar ve kepekli ekmekte pişme kaybını artırmıştır (şekil 4.4.B).



**Şekil 4.4.** Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde pişme kaybı üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) etkileşimleri

Şekil 4.4.C’de görüldüğü gibi, buzdolabı sıcaklığında depolanmış ekmeklerde 10 dakikalık kısmi pişirme süresinde antimikrobiyal madde uygulaması pişme kaybını artırırken, 15 ve 20 dakikalık sürelerde düşürücü yönde etkili olmuştur.

Buzdolabı sıcaklığında depolama süresinin artması üç ekmek çeşidinde de pişme kaybını artırıcı yönde etkili olmuş ve oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde de aynı etki gözlenmiştir (şekil 4.4.D). Beyaz tava ekmeği diğer ekmeklerden daha fazla pişme kaybına uğramıştır.

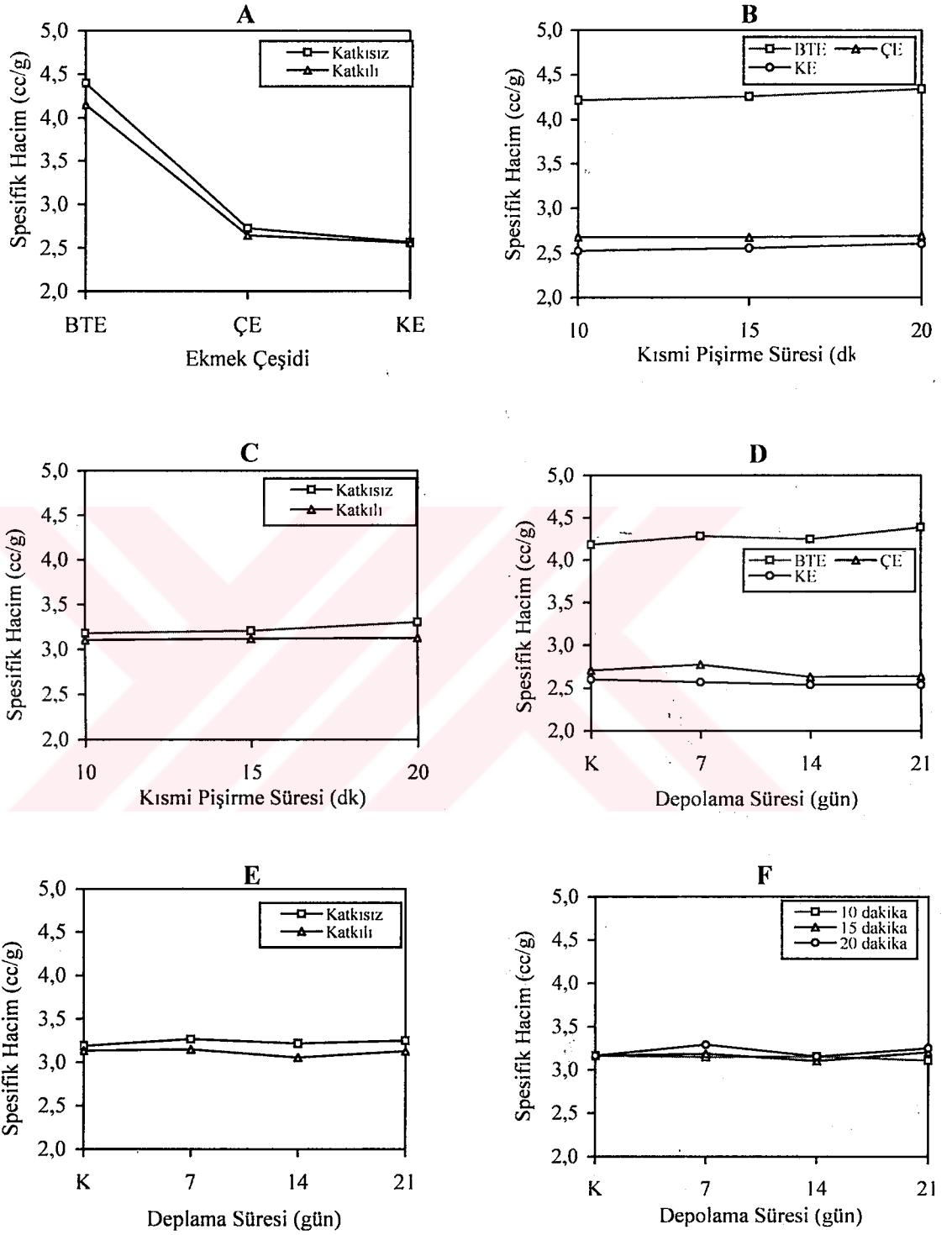
Buzdolabı sıcaklığında depolama süresinin artması katkılı ve katkısız ekmeklerde pişme kaybını artırmıştır. Katkılı ekmekler kontrol grubu ile depolamanın 7. ve 21. gününde katkısız ekmeklere yakın değerler verirken, depolamanın 14. gününde pişme kaybını düşürmüştür (şekil 4.4.E).

Buzdolabı sıcaklığında depolama süresinin artması ile bütün kısmi pişirme sürelerinde, pişme kaybı da artmış ve en fazla pişme kaybı depolamanın 21. gününde 20 dakikalık kısmi pişirme süresine sahip ekmeklerde görülmüştür (şekil 4.4.F).

Buzdolabı sıcaklığında depolanmış ekmeklerde spesifik hacim üzerinde  $p<0.01$  seviyesinde önemli olan (çizelge 4.16) ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonlarının seyri şekil 4.5’de gösterilmiştir.

Şekil 4.5.A’da görüldüğü gibi, buzdolabı sıcaklığında depolanmış ekmeklerde antimikrobiyal madde uygulaması kepekli ekmekte, katkısız ekmeklere yakın sonuçlar vermiştir. Beyaz tava ekmeğinde daha fazla olmak üzere, beyaz tava ve çavdar ekmeğinde spesifik hacmi düşürücü yönde etkili olmuştur.

Buzdolabı sıcaklığında depolanmış ekmeklerde kısmi pişirme süresinin artması bütün ekmek çeşitlerinde spesifik hacmi çok az artırmış, beyaz tava ekmeği bütün kısmi pişirme sürelerinde daha yüksek spesifik hacme sahip olmuştur (şekil 4.5.B). Antimikrobiyal katkı maddesi uygulaması, bütün pişirme sürelerinde ekmeklerin spesifik hacmini düşürmüştür. Özellikle katkısız ekmeklerde kısmi pişirme süresinin atması spesifik hacmi çok az artırmıştır (şekil 4.5.C).



**Şekil 4.5.** Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde spesifik hacim üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) etkileşimlerini göstermektedir.

Buzdolabı sıcaklığında depolama süresinin artmasıyla çavdar ve kepekli ekmekte çok az düşüş meydana gelirken, beyaz tava ekmeğinin spesifik hacminde bir miktar artış gözlenmiştir (şekil 4.5.D). Oda sıcaklığında depolamada da benzer sonuçlar gözlenmiştir.

Buzdolabı sıcaklığında depolanmış ekmeklerde antimikrobiyal katkı maddesi uygulaması bütün depolama sürelerinde spesifik hacmi düşürücü yönde etkili olmuştur (şekil 4.5.E).

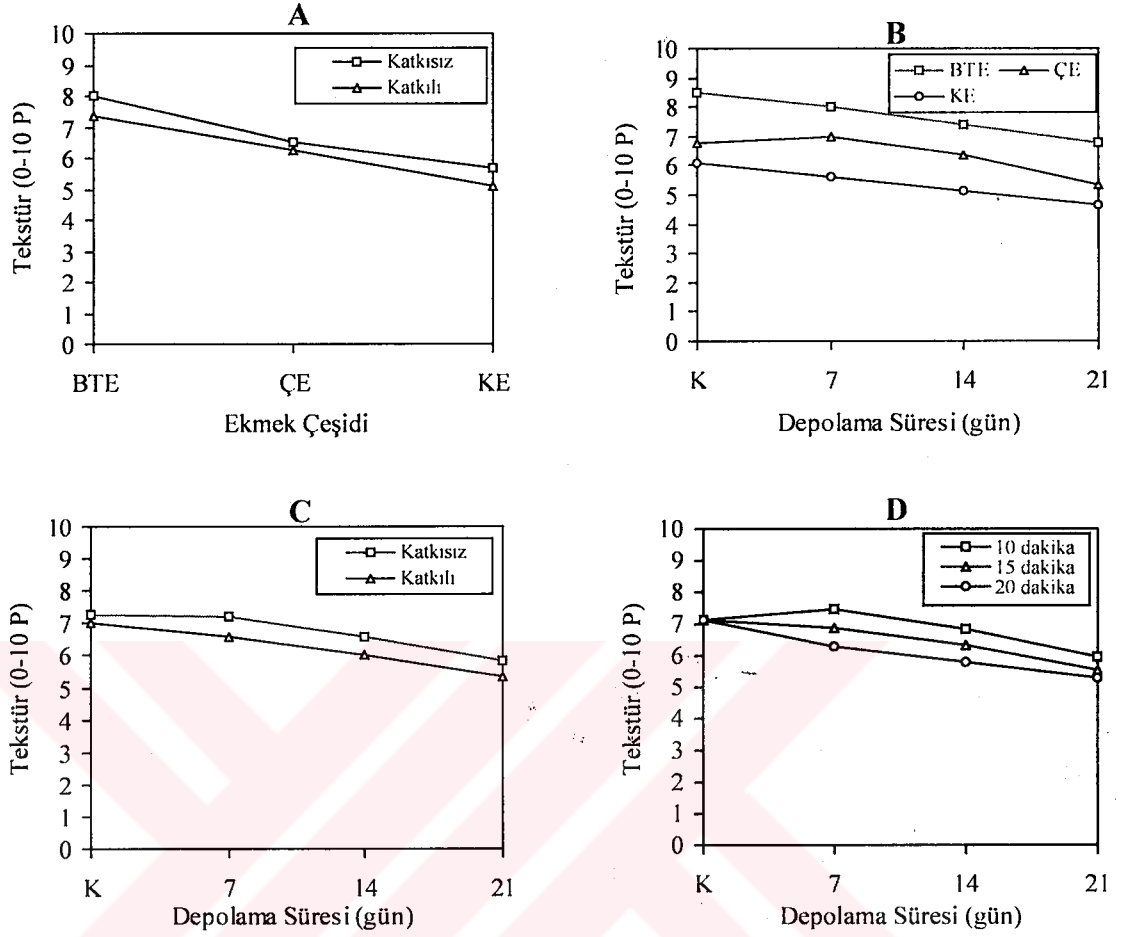
Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde olduğu gibi, buzdolabı sıcaklığında depolama süresine bağlı olarak, bütün kısmi pişirme sürelerinde ekmeklerin spesifik hacim değerlerinde fazla bir değişim meydana gelmemiştir (şekil 4.5.F). En yüksek spesifik hacmi depolamanın 7 ve 21. gününde 20 dakikalık kısmi pişirme süresine sahip ekmekler vermiştir.

Buzdolabı sıcaklığında depolanmış ekmeklerde tekstür üzerinde  $p < 0.01$  seviyesinde önemli olan (çizelge 4.16) ekmeğin çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmeğin çeşidi x depolama süresi (B), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (C) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (D) etkileşimlerinin ayrı ayrı şekil 4.4'de gösterilmiştir.

Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeğin çeşitlerinde antimikrobiyal katkı uygulaması, oda sıcaklığında depolanan ekmeklerin aksine tekstür değerlerini düşürücü yönde etkili olmuştur (şekil 4.6.A). Çavdar ekmeğinde depolamanın 7. gününde kontrole göre artmasına rağmen genelde depolama süresinin artması ekmeklerde tekstür değerini düşürücü yönde etkili olmuştur (şekil 4.6.B).

Katkısız ekmekler buzdolabı sıcaklığında depolamanın 7. gününde kontrole yakın değerler verirken, depolama süresinin artması katkılılarda daha fazla olmak üzere tekstür değerini düşürücü yönde etkilemiştir (şekil 4.6.C). Ancak bu düşüş oda sıcaklığında depolanan ekmekler kadar olmamıştır.

Buzdolabı sıcaklığında depolamanın 3. gününde 10 dakikalık kısmi pişirme süresine sahip ekmekler tekstür kalitesi bakımından kontrole göre daha kaliteli bulunurken, oda sıcaklığında depolamada olduğu gibi kısmi pişirme ve depolama süresinin artması tekstür değerini düşürücü yönde etkili olmuştur (şekil 4.6.D).



**Şekil 4.6.** Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde tektür üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x depolama süresi (B), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (C) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (D) etkileşimleri

#### 4.7. Ekmeklerin Toplam Titre Edilebilir Asitlik (TTA) ve Nem Değerlerinde Meydana Gelen Değişmeler

##### 4.7.1. Oda Sıcaklığında ( $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ) Depolanmış Ekmeklere Ait Sonuçlar

Kısmi pişirilmiş, oda sıcaklığında depolandıktan sonra yeniden pişirmeye tabi tutulmuş ekmeklerin TTA ve nem değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri çizelge 4.21'de, varyans analizi sonuçları ise çizelge 4.22'de verilmiştir. Asitlik ve ekmek kabuk nem miktarı üzerinde ekmek çeşidi, antimikrobiyal madde uygulaması, pişirme ve depolama süresi  $p < 0.01$ , ekmek içi nem miktarı üzerinde ise ekmek çeşidi, kısmi pişirme ve depolama süresi istatistiksel olarak  $p < 0.01$  seviyesinde etkili olmuştur.

**Çizelge 4.21.** Kısmi pişmiş, oda sıcaklığında depolanmış ve yeniden pişirilmeye tabi tutulmuş ekmeklerin TTA ve nem değerleri (I. ve II. Tekerrür)

Antimikrobiyal Katkı	Kısmi pişirme Süresi (dk)	Depolama Süresi (gün)	Beyaz Tava Ekmeği			Çavdar Ekmeği			Kepekli Ekmek		
			TTA (ml NaOH)	Nem (%)		TTA (ml NaOH)	Nem (%)		TTA (ml NaOH)	Nem (%)	
				Kabuk	Ekmeğin İçİ		Kabuk	Ekmeğin İçİ		Kabuk	Ekmeğin İçİ
Katkısız	10	K	2.27	13.33	46.12	3.21	19.07	47.12	3.42	23.10	47.28
			2.28	13.41	46.25	3.29	19.19	47.25	3.41	22.90	47.36
		3	2.31	18.12	45.45	3.33	18.54	47.10	3.30	19.76	47.19
			2.36	18.09	45.42	3.31	18.99	47.19	3.31	19.75	47.06
		5	2.53	16.90	44.23	3.34	19.10	46.70	3.31	19.99	46.32
			2.54	16.70	43.40	3.34	18.99	46.71	3.29	19.99	46.26
		7	2.24	15.20	43.53	3.35	20.19	46.61	3.37	20.61	45.98
			2.25	14.80	42.70	3.36	20.08	45.99	3.37	20.51	45.87
	15	K	2.27	13.33	46.12	3.21	19.07	47.12	3.42	23.10	47.28
			2.28	13.41	46.25	3.29	19.19	47.25	3.41	22.90	47.36
		3	2.41	18.17	44.94	3.30	20.92	46.79	3.35	20.40	46.50
			2.44	18.21	45.00	3.29	20.51	46.58	3.35	20.01	46.84
		5	2.58	16.62	42.03	3.32	19.17	45.25	3.15	21.73	45.56
			2.56	16.50	42.27	3.31	19.21	45.28	3.16	21.98	45.79
		7	2.41	16.72	41.37	3.37	21.80	43.38	3.38	22.83	44.66
			2.42	16.50	40.97	3.38	21.95	43.45	3.39	22.74	44.31
	20	K	2.27	13.33	46.12	3.21	19.07	47.12	3.42	23.10	47.28
			2.28	13.41	46.25	3.29	19.19	47.25	3.41	22.90	47.36
		3	2.58	17.00	43.25	3.31	21.10	45.25	3.36	22.18	45.55
			2.59	17.40	43.15	3.31	20.98	45.70	3.35	22.59	45.90
		5	2.52	15.32	41.80	3.35	21.32	43.65	3.18	23.60	44.87
			2.51	15.50	41.90	3.35	21.29	43.52	3.17	23.71	44.58
		7	2.79	16.91	40.70	3.44	22.91	41.93	3.29	24.81	43.40
			2.79	16.89	40.50	3.41	22.87	42.01	3.28	25.04	43.51
Katkılı	10	K	2.55	14.50	45.60	3.30	17.12	47.11	3.38	22.97	47.12
			2.54	14.09	45.60	3.31	18.10	47.26	3.41	21.89	47.24
		3	2.61	14.00	44.82	3.27	18.54	47.10	3.37	18.08	46.92
			2.63	14.20	44.79	3.27	18.79	47.19	3.38	17.90	46.99
		5	2.20	14.29	44.40	3.49	19.10	46.70	3.64	18.48	46.03
			2.22	14.31	44.38	3.50	18.99	46.71	3.65	18.99	46.06
		7	2.70	14.43	43.35	3.71	20.19	46.61	3.34	19.70	46.01
			2.70	15.17	42.90	3.70	20.08	45.99	3.35	19.63	46.00
	15	K	2.55	14.50	45.60	3.30	17.12	47.11	3.38	22.97	47.12
			2.54	14.09	45.60	3.31	18.10	47.26	3.41	21.89	47.24
		3	2.90	15.20	43.82	3.32	19.92	46.79	3.35	19.34	45.94
			2.91	15.80	43.97	3.31	19.51	46.58	3.36	19.59	45.95
		5	2.60	16.84	43.91	3.59	19.17	45.25	3.60	20.63	45.02
			2.62	16.19	43.86	3.61	19.21	45.28	3.61	20.78	45.01
		7	2.61	16.98	41.79	3.71	21.80	43.38	3.50	21.72	45.00
			2.64	16.52	42.12	3.71	21.95	43.45	3.45	21.04	45.00
	20	K	2.55	14.50	45.60	3.30	17.12	47.11	3.38	22.97	47.12
			2.54	14.09	45.60	3.31	18.10	47.26	3.41	21.89	47.24
		3	2.89	16.20	42.47	3.30	20.10	45.25	3.34	20.23	44.86
			2.88	16.55	42.73	3.30	20.98	45.70	3.35	20.39	44.83
		5	2.48	17.56	42.72	3.58	21.32	43.65	3.60	22.61	44.61
			2.50	17.44	42.70	3.59	21.29	43.52	3.60	22.56	44.69
		7	2.77	19.10	41.30	3.74	22.91	41.93	3.40	23.92	44.71
			2.81	18.90	41.90	3.72	22.87	42.01	3.41	23.96	44.65



**Çizelge 4.22.** Oda sıcaklığında depolandıktan sonra yeniden pişirilen kısmi pişmiş ekmeklerde toplam titre edilebilir asitlik (TTA) ve nem değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	TTA		Nem			
		KO	F	Kabuk		Ekmek İçi	
				KO	F	KO	F
Ekmek Çeşidi (E)	2	11,846	43964,175**	426,777	5089,310**	67,124	2123,043**
Antimikrobiyal Katkı (A)	1	0,819	3039,680**	14,026	167,263**	5,625	0,178
Kısmi pişirme Süresi (K)	2	4,614	171,235**	41,607	496,169**	34,452	1089,667**
Depolama Süresi (D)	3	0,126	469,447**	20,866	248,825**	67,606	2138,310**
E X A	2	1,403	52,082**	2,107	25,125**	0,108	3,410*
E X K	4	4,336	160,920**	2,430	28,975**	1,089	34,437**
A X K	2	1,064	39,487**	1,922	22,915**	7,600	2,404
E X D	6	9,955	369,447**	18,896	225,335**	1,852	58,564**
A X D	3	2,044	75,866**	3,460	41,261**	1,452	45,910**
K X D	6	1,107	41,073**	6,058	72,242**	4,684	148,154**
Hata	72	2,694		8,386		3,162	

\* (p<0.05) düzeyinde önemli

\*\* (p<0.01) düzeyinde önemli

Ekmek çeşidi değişkenine ait ortalama değerlerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları çizelge 4.23’de, antimikrobiyal katkı maddesi uygulaması değişkenine ait sonuçlar çizelge 4.24’de, kısmi pişirme süresi değişkenine ait sonuçlar çizelge 4.25’de ve depolama süresi değişkenine ait sonuçlar çizelge 4.26’da verilmiştir.

**Çizelge 4.23.** Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek çeşidi değişkenine ait toplam titre edilebilir asitlik (TTA) ve nem değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları\*

Ekmek Çeşidi	n	TTA (ml NaOH)	Nem (%)	
			Kabuk	Ekmek İçi
Beyaz Tava	48	2.53c	15.77c	43.78c
Çavdar	48	3.39a	19.93b	45.67b
Kepekli	48	3.38b	21.55a	45.95a

\* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistik olarak birbirinden farklı değildir (p>0.05)

Çizelge 4.23’de görüldüğü gibi, oda sıcaklığında depolanmış beyaz tava ekmeği, çavdar ve kepekli ekmeğe göre daha düşük TTA değerine sahip olurken, çavdar ekmeği en yüksek değeri göstermiştir. Ekmek içi ve ekmek kabuğu nem içeriği bakımından ise kepekli ekmek en yüksek değeri gösterirken, beyaz tava ekmeğinin nem içeriği düşüktür. Çavdar ve kepekli ekmek formülasyonundaki su miktarının normal ekmekten yüksek olduğu çizelge 3.2’den görülmektedir. Nem bayatlayan ekmekte kabuğa doğru hareket ettiğinden (Elgün ve Ertugay2000), ekmek içi nem miktarı fazla olan çavdar ve

kepekli ekmeklerin ekmek kabuğu nem miktarı da fazla çıkmıştır. Ekmek çeşitleri içinde en düşük spesifik hacme kepekli ekmeğin sahip olduğu belirlenmiştir (çizelge 4.11). Ekmek hacmi düşük olduğundan ekmek içini fazla boşaltamamış ve ekmekte nem miktarı da diğer ekmeklere göre artmıştır. Ayrıca, formülasyona ilave edilen kepeğin nem tutma özelliğinden dolayı ekmek içi nem miktarını artırdığı bildirilmektedir (Campbell *et al.* 1991).

**Çizelge 4.24.** Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde antimikrobiyal katkı maddesi değişkenine ait toplam titre edilebilir asitlik (TTA) ve nem değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları\*

Antimikrobiyal Katkı	n	TTA (ml NaOH)	Nem (%)	
			Kabuk	Ekmek İçi
Katkısız	72	3.03b	19.39a	
Katkılı	72	3.18a	18.77b	

\* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ( $p>0.05$ )

Oda sıcaklığında depolanmış antimikrobiyal katkılı ekmeklerde, kalsiyum propiyonatın propiyonik asit oluşturması nedeni ile TTA yükselmiştir (çizelge 4.24). Antimikrobiyal katkılı ekmeklerde ekmek kabuğu nem miktarı düşük çıkmıştır.

**Çizelge 4.25.** Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde kısmi pişirme süresi değişkenine ait toplam titre edilebilir asitlik (TTA) ve nem değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları\*

Kısmi pişirme Süresi (dk)	n	TTA (ml NaOH)	Nem (%)	
			Kabuk	Ekmek İçi
10	48	3.07c	18.14c	45.99a
15	48	3.11b	19.12b	45.09b
20	48	3.13a	20.00a	44.31c

\* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ( $p>0.05$ )

Oda sıcaklığında depolanmış ekmeklerde kısmi pişirme süresindeki artış TTA değerini artırıcı yönde etkili olmuştur (çizelge 4.25). pişirme süresinin artması ekmek kabuk nemi üzerinde artırıcı yönde etkili olurken, ekmek içi nemini ise düşürücü yönde etkili olmuştur. Yapılan benzer çalışmalarda, pişirme süresinin artmasının ekmek içi nem miktarını düşürdüğü bildirilmektedir (Maleki *et al.* 1980, Czuchajowska *et al.* 1989).

**Çizelge 4.26.** Oda sıcaklığında depolama süresi değişkenine ait toplam titre edilebilir asitlik (TTA) ve nem değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları\*

Depolama Süresi (gün)	n	TTA (ml NaOH)	Nem (%)	
			Kabuk	Ekmek İçi
Kontrol	36	3.03d	18.30d	46.77a
3	36	3.09c	18.83c	45.59b
5	36	3.12b	19.09b	44.57c
7	36	3.17a	20.12a	43.58d

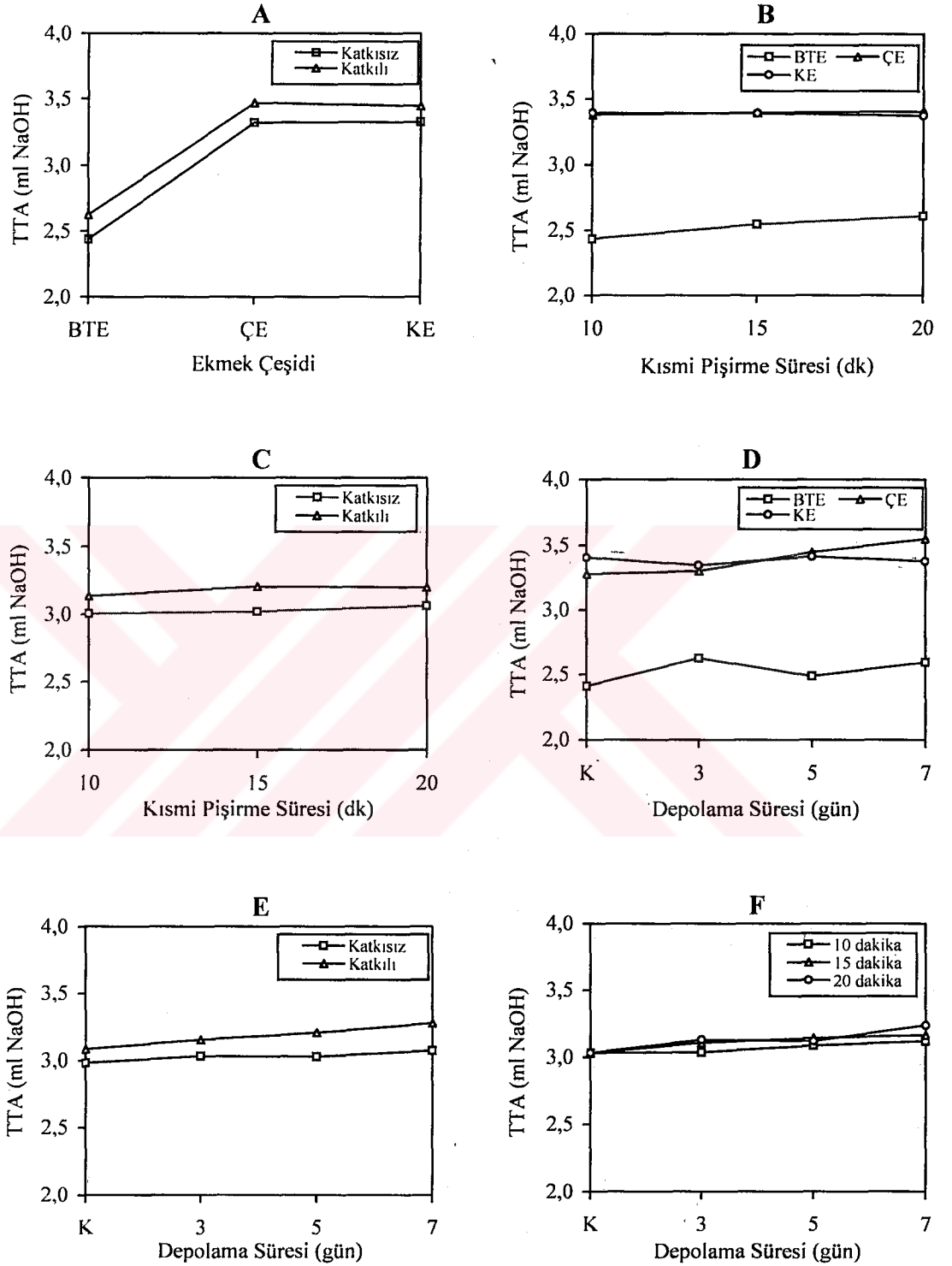
\* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ( $p>0.05$ )

Oda sıcaklığında depolama süresinin artması TTA değerlerini artırıcı yönde etkili olmuştur (çizelge 4.26). Depolama süresindeki artışın ekmekte asitliği artırdığı bildirilmektedir (Stenberg ve Geddes 1960). Depolama ile ekmek içinden ekmek kabuğuna suyun transferi de artmıştır. Bu nedenle ekmek içi nemi depolamayla azalırken, ekmek kabuğu neminde tam tersi bir etki gözlenmiştir.

Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde TTA üzerinde  $p<0.01$  seviyesinde önemli olan (çizelge 4. 22) ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonlarının seyri şekil 4.7’de gösterilmiştir.

Antimikrobiyal katkı maddesi uygulaması oda sıcaklığında depolanan bütün ekmek çeşitlerinde asitliği artırıcı yönde etkili olmuş, en düşük TTA değerini beyaz tava ekmeği vermiştir (şekil 4.7.A). Çavdar ekmeği ve kepekli ekmek TTA değerleri bakımından bütün kısmi pişirme sürelerinde birbirine yakın sonuçlar verirken, beyaz tava ekmeğinde TTA daha düşük çıkmıştır. Kısmi pişirme süresinin artması beyaz tava ekmeğinde asitliği artırmıştır (şekil 4.7.B).

Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde antimikrobiyal katkı maddesi uygulaması bütün kısmi pişirme sürelerinde asitliği artırıcı yönde etkili olmuştur. Kısmi pişirme süreleri arasında TTA değeri bakımından fazla bir değişim olmamıştır (şekil 4.7.C). Çavdar ve kepekli ekmekte bütün depolama sürelerinde beyaz tava ekmeğine göre daha yüksek TTA değeri tespit edilmiş, depolama süresinin artması asitliği çok az artırmıştır (şekil 4.7.D). Ekmekte depolama süresinin artmasıyla TTA değerinin arttığı bildirilmiştir (Stenberg *et al.* 1960)



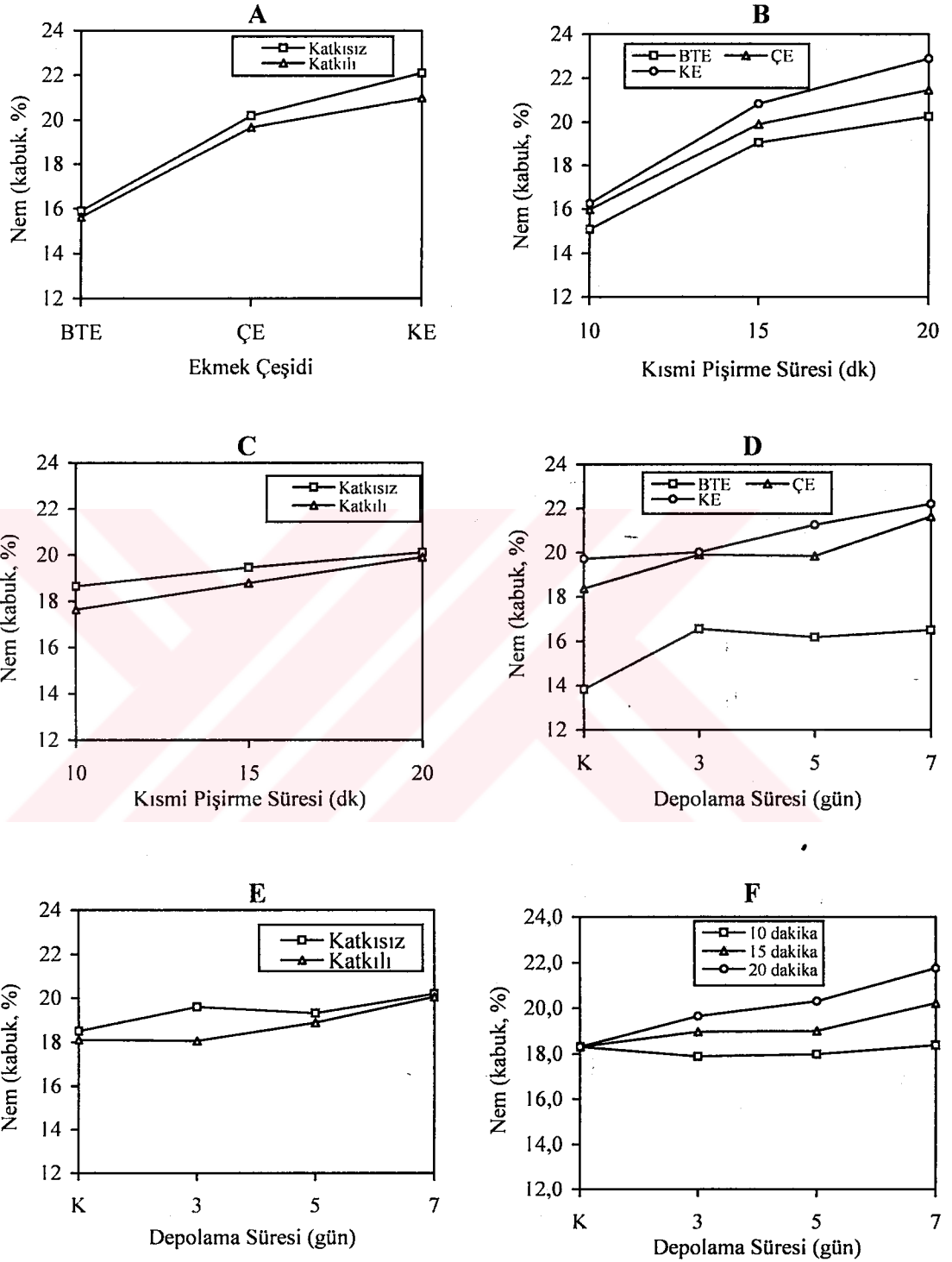
**Şekil 4.7.** Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde toplam titre edilebilir asitlik (TTA) üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonları

Antimikrobiyal madde uygulaması oda sıcaklığındaki bütün depolama sürelerinde katkısız ekmeklere göre toplam titre edilebilir asitlikte artışa neden olmuştur. Depolama süresinin artması ekmeklerde asitliği artırmıştır (şekil 4.7.E). Bütün kısmi pişirme sürelerinde, depolama süresinin artması asitliği artırıcı yönde etkili olmuştur. Depolama süresine bağlı olarak farklı kısmi pişirme sürelerine sahip ekmekler arasında fazla bir fark görülmemiştir (şekil 4.7.F).

Oda sıcaklığında depolanmış ekmeklerde ekmek kabuk nem miktarı üzerinde  $p < 0.01$  seviyesinde önemli olan (çizelge 4.22) ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksyonlarının seyri şekil 4.8'de gösterilmiştir.

Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde antimikrobiyal katkı maddesi uygulaması, kepekli ekmekte daha fazla olmak üzere, bütün ekmek çeşitlerinde ekmek kabuk nemini düşürücü yönde etkili olmuştur (şekil 4.8.A). Çavdar ve kepekli ekmeğin kabuk nemi beyaz tava ekmeğine göre daha yüksek bulunmuştur. Bütün ekmek çeşitlerinde kısmi pişirme süresinin artması ekmek kabuğunun nem miktarını artırmıştır. En fazla artış kepekli ekmekte olurken, beyaz tava ekmeği bütün pişirme sürelerinde diğer ekmek çeşitlerine göre daha düşük sonuçlar vermiştir (şekil 4.8.B). Antimikrobiyal katkı maddesi ilavesi, 10 ve 15 dakikalık kısmi pişirme sürelerinde kabuk nem miktarını düşürücü yönde etkili olurken, 20 dakikalık pişirme süresinde birbirine yakın sonuçlar vermiştir (şekil 4.8.C).

Oda sıcaklığında depolama süresinin artması her üç ekmek çeşidinde de kabuk nem miktarını artırıcı yönde etkili olmuştur. Bu artış, depolama süresince ekmek içinden ekmek kabuğuna nem transferi sonucu meydana gelmiştir (şekil 4.8.D). Kontrol grubu ekmekler ile depolamanın 5. ve 7. gününde antimikrobiyal katkı maddesi ilavesi kabuk nem miktarına fazla bir etkide bulunmazken, depolamanın 3. gününde düşürücü yönde etkili olmuştur (şekil 4.8.E). 10 dakikalık kısmi pişirme süresi, 3 ve 5 günlük depolamada kontrole göre kabuk nem miktarında çok az bir düşüşe sebep olurken, diğer pişirme sürelerinde depolamanın artmasıyla, 7. gün depolamada daha fazla olmak üzere, kabuk neminde artış gözlenmiştir. En yüksek değeri depolamanın 7. gününde 20 dakikalık pişirme süresi vermiştir (şekil 4.8.F).



**Şekil 4.8.** Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek kabuğu nem miktarı üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) etkileşimleri

Oda sıcaklığında depolanmış ekmeklerde ekmek içi nem miktarı üzerinde  $p<0.05$  seviyesinde önemli olan (çizelge 4.22) ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A) ve  $p<0.01$  seviyesinde önemli olan ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), ekmek çeşidi x depolama süresi (C), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (D) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (E) interaksiyonlarının seyri şekil 4.9'da gösterilmiştir.

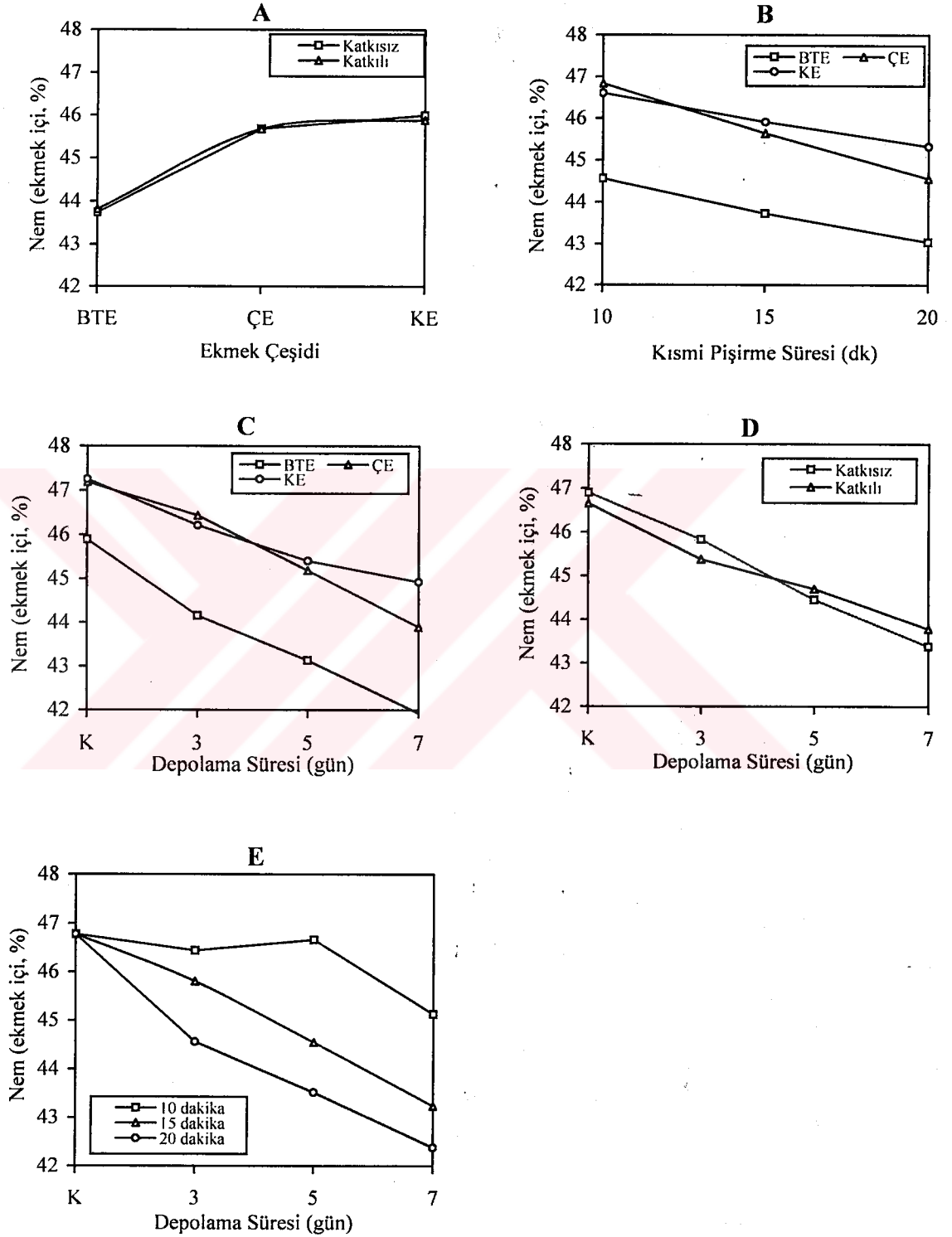
Oda sıcaklığında depolanmış ekmeklerde ekmek çeşitlerinde antimikrobiyal madde uygulaması birbirine yakın sonuçlar verirken, beyaz tava ekmeğinde ekmek içi nem miktarı en düşük, kepekli ekmekte ise en yüksek çıkmıştır (şekil 4.9.A).

Oda sıcaklığında depolanmış ekmeklerde kısmi pişirme süresi üç ekmek çeşidinde de ekmek içi nem miktarını düşürücü yönde etkili olurken, en fazla düşüş 20 dakika kısmi pişirmeye sahip beyaz tava ekmeğinde gözlenmiştir (şekil 4.9.B).

Oda sıcaklığında depolama süresindeki artış kontrol grubu ekmeklere göre ekmek içi nem miktarını düşürmüştür (şekil 4.9.C). Konu ile ilgili bir araştırmada da, depolama süresindeki artışın ekmek içi nem miktarını düşürdüğü bildirilmektedir (He ve Hosney 1990). Bu düşüş beyaz tava ekmeğinde daha belirgin olmuştur.

Antimikrobiyal katkılı ve katkısız ekmeklerde oda sıcaklığında depolama süresi arttıkça kontrol grubu ekmeklere göre ekmek içi nem miktarı önemli derecede düşüş göstermiştir (şekil 4.9.D). Antimikrobiyal katkılı ekmeklerde kontrol ve 3. gün depolamanın aksine, 5 ve 7. gün depolamada daha fazla düşüş görülmüştür.

Kısmi pişirme sürelerinde oda sıcaklığında depolama süresinin artması ekmek içi nem miktarını düşürücü etkide bulunmuştur (şekil 4.9.E). Ancak 10 dakika kısmi pişirme süresine sahip ekmeklerde 5 günlük depolamadan sonra önemli bir düşüş gözlenmiştir. Bu sonuçlara göre, 10 dakika kısmi pişmiş ekmeklerin oda sıcaklığında ekmek içi nemi bakımından 5 gün depolanmasının bir sakıncası olmayacağı sonucuna varılabilir.



**Şekil 4.9.** Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek içi nem miktarı üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), ekmek çeşidi x depolama süresi (C), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (D) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (E) interaksiyonları.



#### 4.7.2. Buzdolabı Sıcaklığında ( $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) Depolanmış Ekmeklere Ait Sonuçlar

Kısmi pişirilmiş, buzdolabı sıcaklığında depolandıktan sonra yeniden pişirmeye tabi tutulmuş beyaz tava, çavdar ve kepekli ekmeklerin, TTA ve nem değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri çizelge 4.27'de, varyans analizi sonuçları çizelge 4.28'de verilmiştir. Buzdolabı sıcaklığında depolanmış ekmeklerde ekmek çeşidi, antimikrobiyal madde uygulaması, kısmi pişirme ve depolama süresi ekmeklerin TTA ve nem miktarı üzerinde istatistiki olarak  $p < 0.01$  seviyesinde etkili olmuştur.

Buzdolabı sıcaklığında depolanmış ekmeklerde ekmek çeşidi değişkenine ait ortalama değerlerin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları çizelge 4.29'da, antimikrobiyal katkı maddesi uygulaması değişkenine ait sonuçlar çizelge 4.30'da, kısmi pişirme süresi değişkenine ait sonuçlar çizelge 4.31'de ve depolama süresi değişkenine ait sonuçlar çizelge 4.32'de verilmiştir.

Oda sıcaklığında olduğu gibi, buzdolabı sıcaklığında da beyaz tava ekmeği, çavdar ve kepekli ekmeğe göre daha düşük TTA değerine sahip olurken, kepekli ekmek en yüksek değeri göstermiştir. Beyaz tava ekmeğinde, oda sıcaklığında depolamaya (ekmek içi 43.78, ekmek kabuğu 15.77) göre, ekmek içi (42.68) ve kabuk nemi (13.89) azalmıştır (çizelge 4.29). Çavdar ve kepekli ekmeklerde ise ekmek içi nem miktarı oda sıcaklığında depolamaya göre artmıştır. Bu durum buzdolabı sıcaklığında depolamada buharlaşma ile ekmekten meydana gelen su kaybının daha az olmasından kaynaklanabilir.

Buzdolabı sıcaklığında depolanan antimikrobiyal katkılı ekmeklerde TTA yükselmiş, ekmek içi ve kabuk nem miktarında düşüş gözlenmiştir (çizelge 4.30). Oda sıcaklığında depolanan ekmeklere göre, buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerin toplam titre edilebilir asitlikte ve ekmek kabuk nem miktarında bir miktar azalma meydana gelmiştir.

Oda sıcaklığındaki gibi buzdolabında da, kısmi pişirme süresindeki artış TTA ve ekmek kabuk nemi miktarı üzerinde artırıcı, ekmek içi nem miktarı üzerinde ise düşürücü yönde etkili olmuştur (çizelge 4.31). Depolama süresinin artması, oda sıcaklığında depolamada olduğu gibi, TTA ve ekmek kabuk nemini artırıcı, ekmek içi nemi miktarını ise düşürücü etkide bulunmuştur (çizelge 4.32).

**Çizelge 4.27.** Kısmi pişmiş, buzdolabı sıcaklığında depolanmış ve yeniden pişirilmeye tabi tutulmuş ekmeğin TTA ve nem değerleri (I. ve II. Tekerrür)

Antimikrobiyal Katkı	Kısmi pişirme Süresi (dk)	Depolama Süresi (gün)	Beyaz Tava Ekmeği			Çavdar Ekmeği			Kepekli Ekmeği		
			TTA (ml/NaOH)	Nem (%)		TTA (ml/NaOH)	Nem (%)		TTA (ml/NaOH)	Nem (%)	
				Kabuk	Ekmeğin İçi		Kabuk	Ekmeğin İçi		Kabuk	Ekmeğin İçi
Katkısız	10	K	2.27	13.33	46.12	3.21	19.07	47.12	3.42	23.10	47.28
			2.28	13.41	46.25	3.29	19.19	47.25	3.41	22.90	47.36
		7	2.16	15.64	43.26	3.21	17.97	46.29	3.32	20.09	48.10
			2.17	15.12	43.25	3.22	17.89	46.31	3.30	20.05	48.00
	14	2.25	12.99	42.22	3.23	17.66	45.48	3.60	20.49	47.48	
		2.23	12.98	42.27	3.24	17.52	45.31	3.60	20.51	47.77	
		21	1.97	13.25	43.01	3.26	18.04	44.21	3.62	20.68	46.30
			2.10	13.28	43.18	3.25	18.35	44.48	3.65	20.77	46.39
	15	K	2.27	13.33	46.12	3.21	19.07	47.12	3.42	23.10	47.28
			2.28	13.41	46.25	3.29	19.19	47.25	3.41	22.90	47.36
		7	2.50	13.58	42.57	3.15	19.43	45.54	3.25	22.19	47.18
			2.47	13.30	42.77	3.15	19.23	45.66	3.28	22.16	46.96
14	2.22	13.68	40.88	3.25	18.50	43.57	3.62	22.38	46.65		
	2.21	13.71	40.79	3.25	18.53	43.89	3.63	22.47	46.28		
	21	2.25	13.73	40.68	3.36	19.62	43.08	3.67	23.65	45.99	
		2.28	13.57	40.58	3.37	19.39	43.22	3.66	23.94	45.77	
20	K	2.27	13.33	46.12	3.21	19.07	47.12	3.42	23.10	47.28	
		2.28	13.41	46.25	3.29	19.19	47.25	3.41	22.90	47.36	
	7	2.59	14.81	41.46	3.17	20.68	44.74	3.40	24.29	46.70	
		2.60	14.78	41.98	3.16	20.51	44.39	3.40	24.17	46.55	
14	2.35	14.95	39.01	3.26	21.22	42.56	3.66	25.16	45.67		
	2.39	14.92	39.08	3.27	20.97	42.63	3.66	25.21	45.33		
	21	2.21	15.42	39.32	3.30	22.88	40.42	3.72	25.70	44.43	
		2.25	15.79	39.35	3.29	22.21	40.43	3.71	25.65	44.52	
Katkılı	10	K	2.55	14.50	45.60	3.30	17.12	47.11	3.38	22.97	47.12
			2.54	14.09	45.60	3.31	18.10	47.26	3.41	21.89	47.24
		7	2.88	13.69	44.06	3.00	17.24	46.06	3.74	20.57	48.28
			2.81	13.63	44.09	3.05	17.46	46.10	3.75	20.50	48.49
	14	2.50	13.55	43.54	3.30	18.46	45.43	3.75	21.05	46.22	
		2.50	13.05	43.43	3.30	18.53	45.64	3.76	20.97	46.35	
		21	2.22	10.54	41.91	3.41	18.19	44.01	3.78	21.84	46.81
			2.29	10.49	41.57	3.44	18.55	44.03	3.78	21.24	46.83
	15	K	2.55	14.50	45.60	3.30	17.12	47.11	3.38	22.97	47.12
			2.54	14.09	45.60	3.31	18.10	47.26	3.41	21.89	47.24
		7	2.70	14.70	43.53	2.85	18.56	44.81	3.55	21.28	46.62
			2.70	14.93	43.30	2.85	18.60	44.92	3.57	21.18	46.37
14	2.34	14.00	42.19	3.37	19.56	43.93	3.59	21.96	45.87		
	2.34	13.99	42.30	3.37	19.38	44.15	3.57	22.17	45.17		
	21	2.36	11.87	39.82	3.55	20.23	42.64	3.56	22.70	45.00	
		2.40	11.76	39.89	3.56	20.03	42.22	3.57	22.25	45.00	
20	K	2.55	14.50	45.60	3.30	17.12	47.11	3.38	22.97	47.12	
		2.54	14.09	45.60	3.31	18.10	47.26	3.41	21.89	47.24	
	7	2.35	16.38	42.40	3.18	19.31	43.17	3.65	25.37	45.65	
		2.52	16.06	42.28	3.20	19.29	43.47	3.66	25.64	45.39	
14	2.25	15.27	41.74	3.37	21.79	42.57	3.68	25.58	45.39		
	2.35	15.21	41.81	3.38	21.28	42.46	3.68	25.61	45.27		
	21	2.40	13.29	37.51	3.65	21.85	41.15	3.60	24.85	44.64	
		2.45	13.07	37.11	3.65	22.01	41.29	3.61	24.99	44.25	

**Çizelge 4.28.** Buzdolabı sıcaklığında depolandıktan sonra yeniden pişirilen kısmi pişmiş ekmeklerde belirlenen toplam titre edilebilir asitlik (TTA) ve nem değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	TTA		Nem			
		KO	F	Kabuk		Ekmek İçi	
				KO	F	KO	F
Ekmek Çeşidi (E)	2	17.828	23993.394**	952.610	13447.561**	172.493	8075.636**
Antimikrobiyal Katkı (A)	1	0.465	625.350**	2.031	28.665**	0.717	33.561**
Kısmi pişirme Süresi (K)	2	1.632	21.962**	68.982	973.787**	42.238	1977.444**
Depolama Süresi (D)	3	5.990	80.619**	1.673	23.614**	103.397	4840.768**
E X A	2	6.751	90.856**	0.222	3.133**	0.839	39.272**
E X K	4	1.601	21.541**	3.992	56.354**	0.625	29.281**
A X K	2	4.858	65.384**	1.282	0.181	9.113	4.267**
E X D	6	0.255	342.836**	6.374	89.983**	9.017	422.133**
A X D	3	6.305	8.485**	2.747	38.772**	1.274	59.668**
K X D	6	1.115	15.007**	8.176	115.421**	5.474	256.262**
Hata	72	7.431		7.084		2.136	

\* (p<0.05) düzeyinde önemli

\*\* (p<0.01) düzeyinde önemli

**Çizelge 4.29.** Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek çeşidi değişkenine ait toplam titre edilebilir asitlik (TTA) ve nem değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları\*

Ekmek Çeşidi	n	TTA (ml NaOH)	Nem (%)	
			Kabuk	Ekmek İçi
Beyaz Tava	48	2.38c	13.89c	42.68c
Çavdar	48	3.27b	19.19b	47.20b
Kepekli	48	3.55a	22.74a	46.47a

\* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistik olarak birbirinden farklı değildir (p>0.05)

**Çizelge 4.30.** Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde antimikrobiyal katkı maddesi değişkenine ait toplam titre edilebilir asitlik (TTA) ve nem değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları\*

Antimikrobiyal Katkı	n	TTA (ml NaOH)	Nem (%)	
			Kabuk	Ekmek İçi
Katkısız	72	3.01b	18.73a	44.70a
Katkılı	72	3.13a	18.49b	44.55b

\* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistik olarak birbirinden farklı değildir (p>0.05)

**Çizelge 4.31.** Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde kısmi pişirme süresi değişkenine ait toplam titre edilebilir asitlik (TTA) ve nem değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları\*

Kısmi pişirme Süresi (dk)	n	TTA (ml NaOH)	Nem (%)	
			Kabuk	Ekmek İçi
10	48	3.06b	17.55c	45.57a
15	48	3.06b	18.37b	44.61b
20	48	3.09a	19.91a	43.69c

\* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistik olarak birbirinden farklı değildir (p>0.05)

**Çizelge 4.32.** Buzdolabı sıcaklığında depolama süresi değişkenine ait toplam titre edilebilir asitlik (TTA) ve nem değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları\*

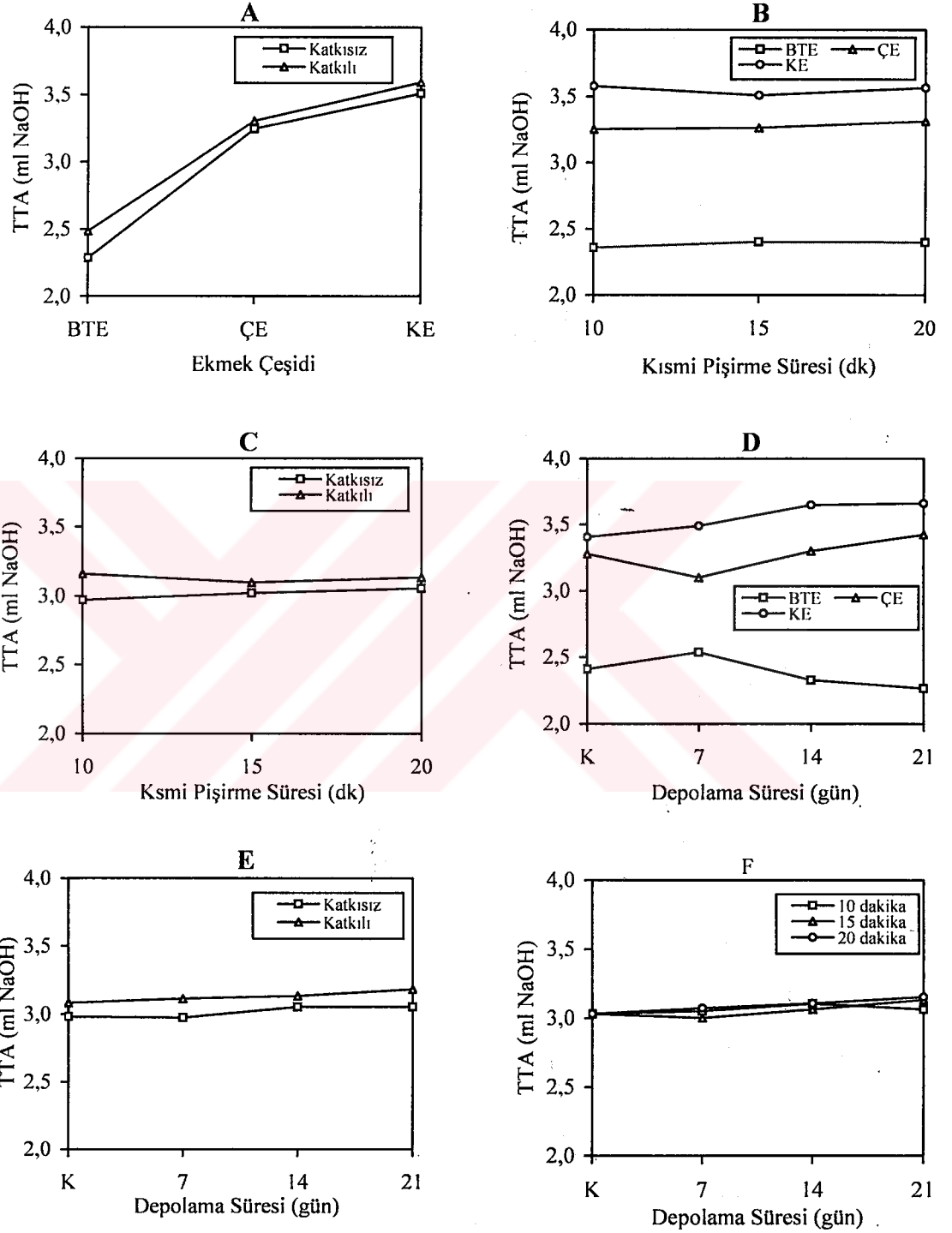
Depolama Süresi (gün)	n	TTA (ml NaOH)	Nem (%)	
			Kabuk	Ekmek İçi
Kontrol	36	3.03c	18.30c	46.77a
7	36	3.04c	18.62b	45.02b
14	36	3.09b	18.75a	43.90c
21	36	3.12a	18.77a	42.81d

\* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ( $p>0.05$ )

Buzdolabı sıcaklığında depolanmış ekmeklerde TTA üzerinde  $p<0.01$  seviyesinde önemli olan (çizelge 4.28) ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonlarının seyri şekil 4.10'da gösterilmiştir.

Antimikrobiyal katkı maddesi uygulaması oda sıcaklığında depolamada olduğu gibi, buzdolabı sıcaklığında da beyaz tava ekmeğinde biraz daha fazla olmak üzere, üç ekmek çeşidinde de asitliği artırmıştır (şekil 4.10.A). Kısmi pişirme süresinin artması ekmeklerin TTA değerinde fazla bir değişim meydana getirmemiştir (şekil 4.10.B). Antimikrobiyal katkılı ekmeklerin bütün kısmi pişirme sürelerinde TTA değerinde artış gözlenmiştir (şekil 4.10.C).

Buzdolabı sıcaklığında depolama süresinin artması, beyaz tava ekmeğinin aksine çavdar ve kepekli ekmeğin TTA değerini artırıcı etki göstermiştir (şekil 4.10.D). Antimikrobiyal katkı maddesi uygulaması bütün depolama sürelerinde asitliği artırmıştır (şekil 4.10.E). Depolama sürelerinde, değişik kısmi pişirme sürelerine sahip ekmekler birbirine yakın TTA değeri vermiş, depolama süresinin artmasıyla TTA değerinde artış gözlenmiştir (şekil 4.10.F).



**Şekil 4.10.** Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde toplam titre edilebilir asitlik (TTA) üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonları

Buzdolabı sıcaklığında saklanan ekmeklerin ekmek kabuk nem miktarı üzerinde  $p < 0.01$  seviyesinde önemli olan (çizelge 4.28) ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), ekmek çeşidi x depolama süresi (C), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (D) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (E) interaksiyonlarının seyri şekil 4.11'de gösterilmiştir.

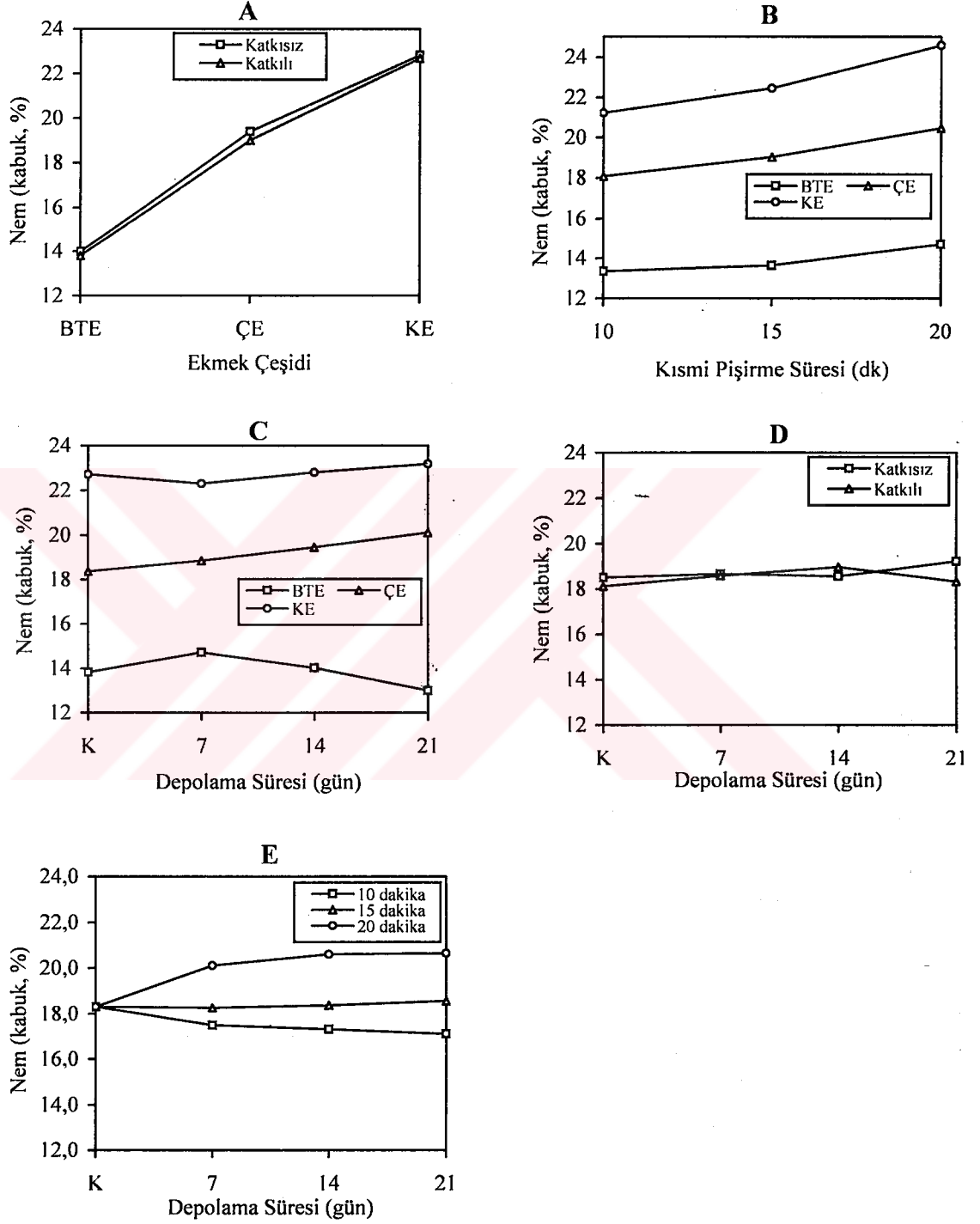
Şekil 4.11.A'da görüldüğü gibi buzdolabı sıcaklığında depolanan antimikrobiyal katkı uygulaması yapılan bütün ekmek çeşitlerinde ekmek kabuk nem miktarında fazla bir değişim meydana gelmemiştir. En yüksek kabuk nemi kepekli ekmekte görülmüştür.

Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde kısmi pişirme süresinin artması üç ekmek çeşidinde de ekmek kabuk nemini artırıcı yönde etkili olmuştur (şekil 4.11.B). En yüksek değeri 20 dakikalık kısmi pişirme süresine sahip kepekli ekmek vermiştir.

Özellikle 7. günden sonra buzdolabı sıcaklığında depolama süresinin artması, ekmek kabuk nem miktarını beyaz tava ekmeğinde düşürücü, çavdar ve kepekli ekmekte ise artırıcı yönde etkili olmuştur (şekil 4.11.C). Bu durum, çavdar ve kepekli ekmeğin beyaz tava ekmeğine kıyasla daha fazla nem içermesinden kaynaklanabilir.

Antimikrobiyal katkı uygulaması buzdolabı sıcaklığındaki bütün depolama sürelerinde fazla bir değişim meydana getirmeyen, depolamanın 21. gününde kabuk nemini düşürücü yönde etkili olmuştur (şekil 4.11.D).

Kısmi pişirme süresi 15 dakika olan ekmeklerde depolama süresine bağlı olarak fazla bir değişim meydana gelmezken, 10 dakika kısmi pişirme süresine sahip ekmeklerde buzdolabı sıcaklığında depolama süresinin artmasıyla kabuk neminde düşme, 20 dakikada ise artış gözlenmiştir (şekil 4.11.E).



**Şekil 4.11.** Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek kabuğu nem miktarı üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), ekmek çeşidi x depolama süresi (C), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (D) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (E) interaksyonları

Buzdolabı sıcaklığında depolanmış ekmeklerde ekmek içi nem miktarı üzerinde  $p < 0.01$  seviyesinde önemli olan (çizelge 4.28) ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonlarının seyri şekil 4.12'de gösterilmiştir.

Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde antimikrobiyal madde uygulaması kepekli ekmekte ekmek içi nem miktarını çok az düşürürken, diğer ekmeklerde katkısızlarla birbirine yakın değerler vermiştir (şekil 4.12.A).

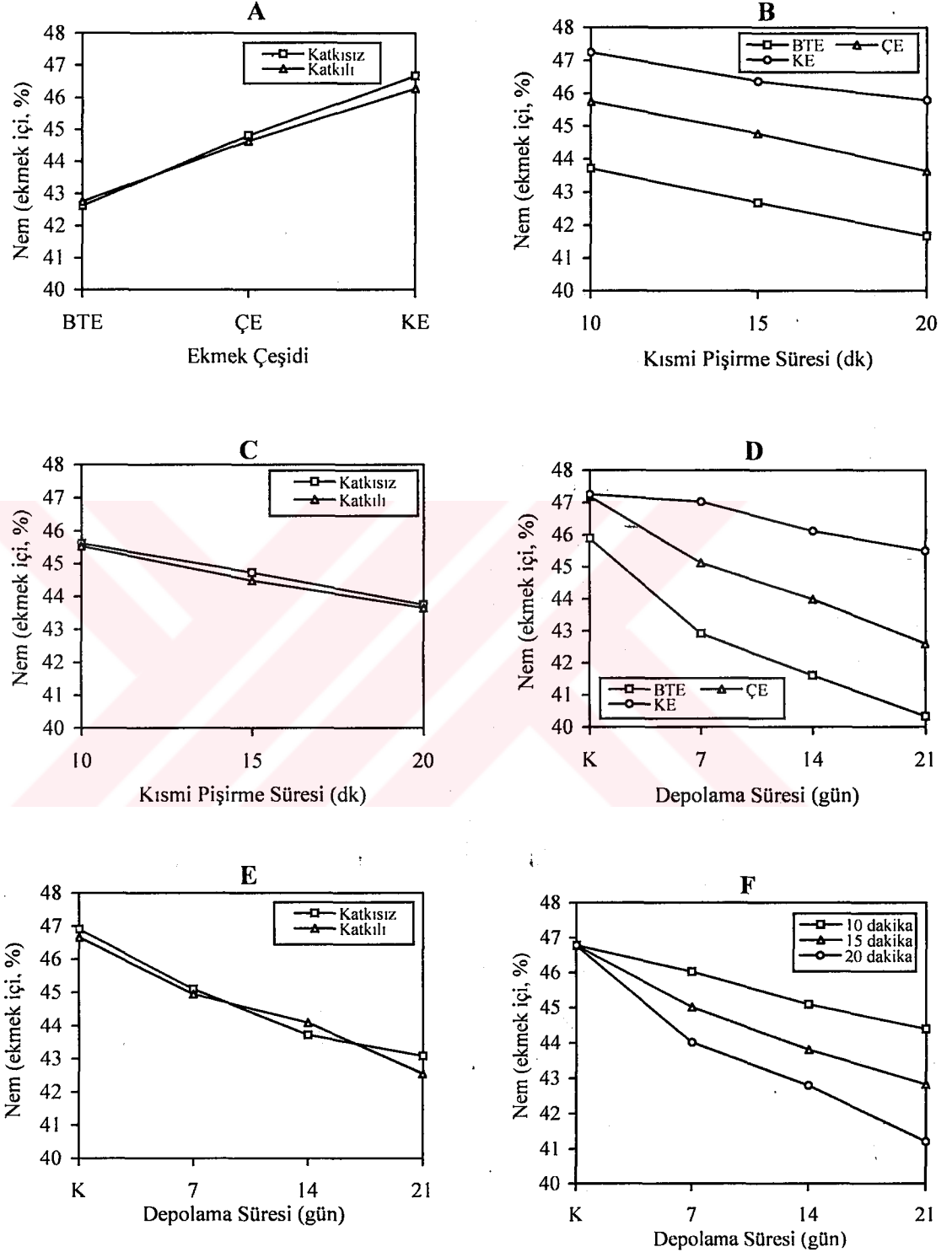
Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde kısmi pişirme süresinin artması bütün ekmeklerde ekmek içi nem miktarını önemli derecede düşürmüştür (şekil 4.12.B). 10 ve 20 dakikalık kısmi pişirme sürelerinde antimikrobiyal katkılı ekmekler katkısızlara yakın değerler verirken, 15 dakikalık kısmi pişirme süresinde ise katkılı ekmeklerde ekmek içi neminde düşüş gözlenmiştir (şekil 4.12.C).

Şekil 4.12.D'de görüldüğü gibi buzdolabı sıcaklığında depolanmış kısmi pişmiş ekmeklerin depolama süresinin artması bütün ekmek çeşitlerinde ekmek içi nem miktarını düşürmüştür. En fazla düşüş depolamanın 21. gününde beyaz tava ekmeğinde görülmüştür.

Buzdolabı sıcaklığında depolamanın 14. günü dışında antimikrobiyal madde uygulaması bütün depolama sürelerinde ekmek içi nemini düşürmüştür (şekil 4.12.E).

Oda sıcaklığında depolamada olduğu gibi, bütün kısmi pişirme sürelerinde buzdolabı sıcaklığında da depolama süresinin artması ekmek içi nem miktarını düşürücü yönde etkili olmuştur (şekil 4.12.F). 10 dakikalık kısmi pişirme süresi bütün depolama sürelerinde daha yüksek ekmek içi nemi vermiştir. Ekmek içi nem miktarı ekmek içi yumuşaklığını etkileyen önemli bir faktördür. Yapılan yumuşaklık ölçümlerinde 10 dakikalık kısmi pişirme süresi daha yüksek ekmek içi yumuşaklık değerine sahip olmuştur (çizelge 4.29). Gil *et al.* (1997) tarafından yapılan araştırmada, ekmek içi nem miktarındaki artışın ekmekte özellikle duyuşal kalıteyi artırdığı ve ekmek içinin bayatlamasını geciktirdiği belirtilmiştir.





**Şekil 4.12.** Buzdolabı sıcaklığında depolananan ekmeklerde ekmek içi nem miktarı üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonları

#### 4.8. Ekmeklerin Renk Değerlerinde Meydana Gelen Değişmeler

##### 4.8.1. Oda Sıcaklığında ( $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) Depolanmış Ekmeklere Ait Sonuçlar

Kısmi pişirilmiş, oda sıcaklığında depolandıktan sonra yeniden pişirmeye tabi tutulmuş beyaz tava, çavdar ve kepekli ekmeklerin ekmek kabuğu renk değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri çizelge 4.33'de, varyans analizi sonuçları ise çizelge 4.34'de verilmiştir. Ekmek çeşidi, antimikrobiyal madde uygulaması, kısmi pişirme ve depolama süresi ekmeklerin kabuk L ve b renk değerleri üzerinde istatistiki olarak  $p<0.01$  seviyesinde etkili olmuştur. Ekmek kabuğu a renk değeri üzerinde ekmek çeşidi ve depolama süresinin etkisi istatistiki olarak  $p<0.01$  seviyesinde önemli bulunmuştur.

Oda sıcaklığında depolanmış ekmeklerde ekmek çeşidi, antimikrobiyal katkı, kısmi pişirme süresi ve depolama süresi değişkenlerine ait ortalama değerlerin Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları sırasıyla çizelge 4.35, 4.36, 4.37 ve 4.38'de verilmiştir.

Çizelge 4.35'de görüldüğü gibi, oda sıcaklığında depolanmış ekmeklerde ekmek kabuğu L renk değerinde çavdar ekmeği ile kepekli ekmek arasında istatistiki olarak fark görülmezken, beyaz tava ekmeğinde L değeri daha yüksek bulunmuştur. En yüksek a renk değerini beyaz tava ekmeği veririrken, kepekli ekmekte düşük bulunmuştur. Çavdar ekmeği ekmek kabuğu, b renk değeri bakımından en yüksek değere sahip bulunmuştur. Formülasyona kepek ve çavdar unu ilavesi ekmek kabuğu ve ekmek içi renginin koyulaşmasına neden olmaktadır (Moder *et al.* 1985, Lai *et al.* 1989).

Antimikrobiyal katkılı oda sıcaklığında depolanmış ekmeklerin, ekmek kabuğu L ve b renk değerleri daha düşük çıkmıştır (çizelge 4.36). Antimikrobiyal katkılı ekmekler daha koyu renkli olmuş ve fırın sıcaklığından daha fazla etkilenmişlerdir. Enzimatik olmayan kahverengileşme reaksiyonlarında, Amadori düzenlemesi aşamasında  $\text{H}^+$  iyonuna ihtiyaç duyulduğu için fermentasyon süresince pH'da meydana gelen düşüşün kahverengileşme reaksiyonlarına pozitif etkide bulunduğu bildirilmiştir (Martinez-Anaya 1996).

**Çizelge 4.33.** Kısmi pişmiş, oda sıcaklığında depolanmış ve yeniden pişirilmeye tabi tutulmuş ekmeklerin renk değerleri analiz sonuçları (I. ve II. Tekerrür)

Antimikrobiyal Katkı	Kısmi pişirme Süresi (dk)	Depolama Süresi (gün)	Beyaz Tava Ekmeği			Çavdar Ekmeği			Kepekli Ekmek			
			L	a	b	L	a	b	L	a	b	
Katkısız	10	K	49.20	15.60	26.42	43.80	14.99	23.91	44.17	14.54	21.93	
			49.28	15.25	26.44	43.90	15.01	23.00	46.76	14.01	22.97	
		3	50.84	14.99	26.00	53.24	14.09	29.31	51.46	13.59	25.41	
			50.90	15.41	27.64	51.21	14.44	28.14	51.71	13.65	25.42	
		5	57.37	12.50	27.38	51.05	14.31	27.05	49.13	13.80	24.78	
		55.70	13.04	28.29	50.99	14.33	27.11	49.04	14.01	24.88		
		7	51.18	15.27	27.07	52.23	13.40	26.73	50.84	12.90	25.50	
		50.80	15.20	26.90	52.19	13.90	25.94	50.92	12.70	25.40		
		15	K	49.20	15.60	26.42	43.80	14.99	23.91	44.17	14.54	21.93
			49.28	15.25	26.44	43.90	15.01	23.00	46.76	14.01	22.97	
	3		49.95	14.44	23.77	49.11	14.35	26.66	49.57	14.16	24.98	
			51.10	14.60	26.77	50.01	14.33	26.51	49.60	14.16	24.91	
		5	50.72	13.52	24.64	49.98	14.29	26.93	48.53	14.23	23.63	
		52.14	14.00	26.31	49.91	14.01	26.88	48.61	14.21	23.56		
		7	49.80	13.80	24.60	50.57	14.67	27.24	49.50	13.90	22.90	
		49.70	14.00	24.90	50.99	15.01	27.35	49.82	13.99	22.70		
	20	K	49.20	15.60	26.42	43.80	14.99	23.91	44.17	14.54	21.93	
		49.28	15.25	26.44	43.90	15.01	23.00	46.76	14.01	22.97		
3		46.30	14.60	23.25	47.62	14.30	22.48	48.34	14.03	23.23		
		47.09	14.22	23.36	46.58	14.31	22.24	48.24	14.00	23.18		
		5	50.05	14.18	24.80	46.86	14.44	23.85	47.78	13.05	21.96	
		45.37	13.50	21.14	46.89	14.45	23.99	47.62	13.11	21.95		
		7	47.10	14.60	25.90	46.09	14.57	25.90	47.98	13.12	22.40	
		46.50	13.90	24.20	46.25	14.48	26.01	47.95	13.12	22.50		
Katkılı	10	K	46.48	15.59	23.12	43.10	14.05	23.20	43.52	13.80	20.24	
			46.55	15.24	23.20	43.05	14.28	23.50	44.01	13.17	20.49	
		3	45.60	14.76	22.46	50.34	14.46	26.83	50.14	13.85	26.50	
			45.37	14.42	22.50	49.90	14.28	26.09	50.17	13.36	26.70	
		5	47.95	15.15	25.76	51.53	15.17	28.76	49.52	13.79	25.91	
		48.43	15.00	25.26	49.52	15.13	28.09	49.69	13.81	26.05		
		7	45.92	15.51	23.68	51.13	14.20	26.66	50.16	12.87	25.03	
		45.80	15.40	23.50	51.25	14.25	26.19	50.21	12.65	25.02		
		15	K	46.48	15.59	23.12	43.10	14.05	23.20	43.52	13.80	20.24
			46.55	15.24	23.20	43.05	14.28	23.50	44.01	13.17	20.49	
	3		46.32	14.22	22.43	45.87	14.83	23.93	48.08	14.70	24.23	
			45.90	14.40	22.45	46.07	14.98	24.97	48.17	14.32	24.30	
		5	51.94	12.90	25.44	49.28	13.99	26.30	48.01	14.21	25.35	
		50.57	12.71	24.90	49.31	14.01	26.28	48.09	14.26	25.60		
		7	47.58	14.66	23.33	49.96	14.51	25.86	47.99	14.09	24.60	
		47.00	14.38	23.26	49.09	14.68	25.92	46.25	14.08	24.70		
	20	K	46.48	15.59	23.12	43.10	14.05	23.20	43.52	13.80	20.24	
		46.55	15.24	23.20	43.05	14.28	23.50	44.01	13.17	20.49		
3		44.65	15.34	23.71	44.38	14.73	23.07	45.59	14.01	22.33		
		44.70	15.40	22.07	44.58	14.59	22.94	45.67	14.17	22.05		
		5	46.98	13.02	20.25	46.36	14.34	24.85	44.82	14.22	22.79	
		49.16	13.52	21.86	46.49	14.44	24.99	45.05	14.31	22.66		
		7	45.65	15.56	23.14	47.90	13.78	23.73	43.59	14.14	21.76	
		45.36	15.05	23.40	47.89	13.91	23.82	44.29	14.36	22.18		

**Çizelge 4.34.** Oda sıcaklığında depolandıktan sonra yeniden pişirilen kısmi pişmiş ekmeklerde ekmek kabuğu L, a ve b renk değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Ekmek Kabuk Rengi					
		L		a		b	
		KO	F	KO	F	KO	F
Ekmek Çeşidi (E)	2	12.007	23.754**	8.517	176.876**	39.038	35.217**
Antimikrobiyal Katkı (A)	1	138.063	273.128**	0.105	2.182	47.668	43.002**
Kısmi pişirme Süresi (K)	2	104.875	207.474**	2.157	0.448	58.553	52.822**
Depolama Süresi (D)	3	104.991	207.703**	2.873	59.666**	19.391	17.493**
E X A	2	12.755	25.233**	0.337	6.992**	24.711	22.292**
E X K	4	2.580	5.105**	1.336	27.738**	1.964	1.771
A X K	2	2.321	4.591**	0.291	6.034**	0.616	0.555
E X D	6	29.685	58.726**	2.454	50.963**	12.722	11.477**
A X D	3	3.555	7.033**	1.465	30.416**	2.967	2.677*
K X D	6	11.982	23.704**	0.250	5.194**	8.335	7.520**
Hata	72	0.505		4.815		1.108	

\* (p<0.05) düzeyinde önemli

\*\* (p<0.01) düzeyinde önemli

**Çizelge 4.35.** Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek çeşidi değişkenine ait ekmek kabuğu renk değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları\*

Ekmek Çeşidi	n	Ekmek Kabuk Rengi		
		L	a	b
Beyaz Tava	48	48.37a	14.63a	24.25b
Çavdar	48	47.59b	14.44b	25.22a
Kepekli	48	47.45b	13.82c	23.41c

\* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p>0.05)

**Çizelge 4.36.** Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde antimikrobiyal katkı maddesi değişkenine ait ekmek kabuğu renk değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları\*

Antimikrobiyal Katkı	n	Ekmek Kabuk Rengi	
		L	b
Katksız	72	48.78a	24.87a
Katkılı	72	46.82b	23.72b

\* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p>0.05)

Oda sıcaklığında depolanmış ekmeklerde kısmi pişirme süresinin artması ekmek kabuklarında L ve b renk değerlerinin düşmesine sebep olmuştur (çizelge 4.37). Diğer bir ifade ile ekmekte kabuk rengi koyuluğu artmıştır. Ekmek kabuk renginin pişirme

şartlarından önemli derecede etkilendiği bildirilmektedir (Martinez-Anaya 1996, Anon., 2001). Ekmeğin pişirilmesi sırasında yüksek sıcaklığın etkisi ile kompleks karbonhidratların polimerizasyonu ve amino asitlerle indirgen şekerler arasında Maillard tipi kahverengileşme reaksiyonları sonucu ekmeğin rengi oluşmaktadır (Elgün ve Ertugay 2000). Kısmi pişmiş ekmekler depolamadan sonra ikinci pişirme işleminde pişirme süreleri 25 dakikaya tamamlanmasına rağmen, ekmek renginin oluşmasında ilk pişirmedeki süre daha etkili olmuştur. Bu durum ilk pişirmede nem miktarı daha yüksek olan hamurun, ikinci pişirmede nem miktarı daha düşük olan ekmekten fırın sıcaklığından farklı şekilde etkilendiğini göstermektedir. Çünkü %70'e kadar olan nispi nem miktarı artışının, maillard reaksiyonu üzerinde artırıcı etkisinin olduğu bildirilmektedir (Ertugay 1983).

**Çizelge 4.37.** Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde kısmi pişirme süresi değişkenine ait ekmek kabuğu renk değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları\*

Kısmi pişirme Süresi (dk)	n	Ekmek Kabuk Rengi	
		L	+b
10	48	49.11a	25.38a
15	48	48.10b	24.32b
20	48	46.20c	23.17c

\* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ( $p>0.05$ )

**Çizelge 4.38.** Oda sıcaklığında depolama süresi değişkenine ait ekmek kabuğu renk değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları\*

Depolama Süresi (gün)	n	Ekmek Kabuk Rengi		
		L	a	b
Kontrol	36	45.32d	14.63a	23.20b
3	36	48.18c	14.40b	24.52a
5	36	49.18a	13.97d	24.73a
7	36	48.54b	14.18c	24.72a

\* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ( $p>0.05$ )

Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek kabuğu L ve b renk değeri kontrol grubu ekmeklere göre artarken, depolama süresinin artması b renk değerine herhangi bir etkide bulunmamıştır (çizelge 4.38). Depolama süresinin artmasıyla ekmek kabuğu a renk değerinde düşüş gözlenmiştir. Kısmi pişmiş ekmeklerin depolanması ile ekmek kabuğu

koyuluğunun azaldığı görülmektedir. Bu durum depolama ile önemli derecede değişime uğrayan ekmek nem miktarı ve asitliğin, son pişirme işleminde ekmeklerin fırın sıcaklığından farklı şekilde etkilenmesine sebep olmasından kaynaklanabilir.

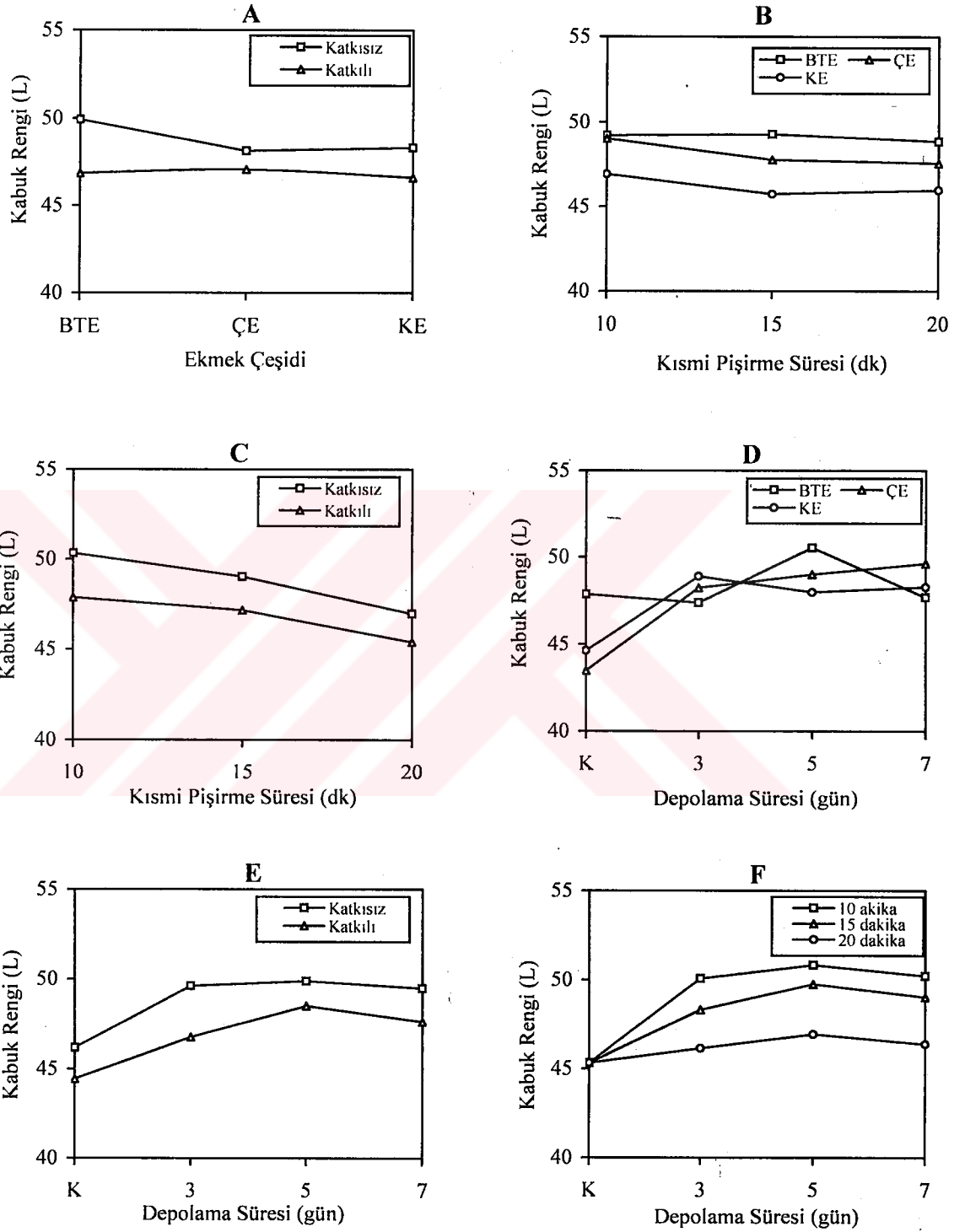
Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek kabuğu L renk değeri üzerinde  $p < 0.01$  seviyesinde önemli olan (çizelge 4.34) ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonlarının seyri şekil 4.13'de gösterilmiştir.

Oda sıcaklığında depolanmış ekmek çeşitlerinde antimikrobiyal katkı ilavesi ekmek kabuk L renk değerini düşürücü etki göstermiştir (şekil 4.13.A).

Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde kısmi pişirme süresinin artmasıyla ekmek çeşitlerinin kabuk L renk değeri azalmış, 10 dakikalık kısmi pişirme süresinde beyaz tava ekmeği ile çavdar ekmeği birbirine yakın sonuçlar verirken, bütün kısmi pişirme sürelerinde beyaz tava ekmeği daha yüksek değerler göstermiştir (şekil 4.13.B). Isıl işlem süresindeki artışın esmerleşme reaksiyonları ile oluşan kahve renkli bileşiklerin artmasına neden olduğu bildirilmektedir (Bağdatlıoğlu ve Hışıl 1993). Kısmi pişirme süresinin artması, antimikrobiyal katkılı ekmeklerde daha fazla olmak üzere, ekmek içi L renk değerinde düşüşe sebep olmuştur (şekil 4.13.C).

Oda sıcaklığında depolama süresinin artmasıyla ekmek kabuğu L renk değeri artarken, en yüksek değeri depolamanın 5. gününde beyaz tava ekmeği göstermiştir (şekil 4.13.D). Depolama süresinin artmasıyla ekmeklerde pişirme kaybının arttığı bildirilmişti (çizelge 4.14). Depolama süresince meydana gelen pişirme kaybı ekmekten suyun uzaklaşması neticesinde oluşmuştur. Ekmekte toplam olarak nem miktarındaki azalma maillard reaksiyonları üzerine olumsuz yönde etkili olmuştur (Ertugay 1983).

Oda sıcaklığında depolama süresinin artması antimikrobiyal katkılı, katkısız ve bütün kısmi pişirme sürelerinde ekmeklerde L renk değerini depolamanın 5. gününe kadar artırmış, 7. günde çok az düşme gözlenmiştir (şekil 4.13.E,F).



**Şekil 4.13.** Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek kabuğu L renk değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonları

Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek kabuğu a renk değeri üzerinde  $p < 0.01$  seviyesinde önemli olan (çizelge 4.34) ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonlarının seyri şekil 4.14'de gösterilmiştir.

Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde antimikrobiyal katkı beyaz tava ekmeğinde ekmek kabuğu a renk değerini artırıcı, çavdar ekmeğinde ise düşürücü yönde etkili olurken, kepekli ekmekte birbirine yakın sonuçlar vermiştir (şekil 4.14.A). En düşük değer kepekli ekmekte gözlenmiştir.

Şekil 4.14.B'de görüldüğü gibi, oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde 10 ve 20 dakikalık kısmi pişirme süreleri ekmek içi a renk değeri üzerinde farklı şekilde etkili olurken, 15 dakikalık kısmi pişirme süresi üç ekmek çeşidinde de birbirine yakın sonuçlar vermiştir. 20 dakikalık kısmi pişirme süresinde bütün ekmek çeşitlerinin a renk değerinde düşüş gözlenmiştir.

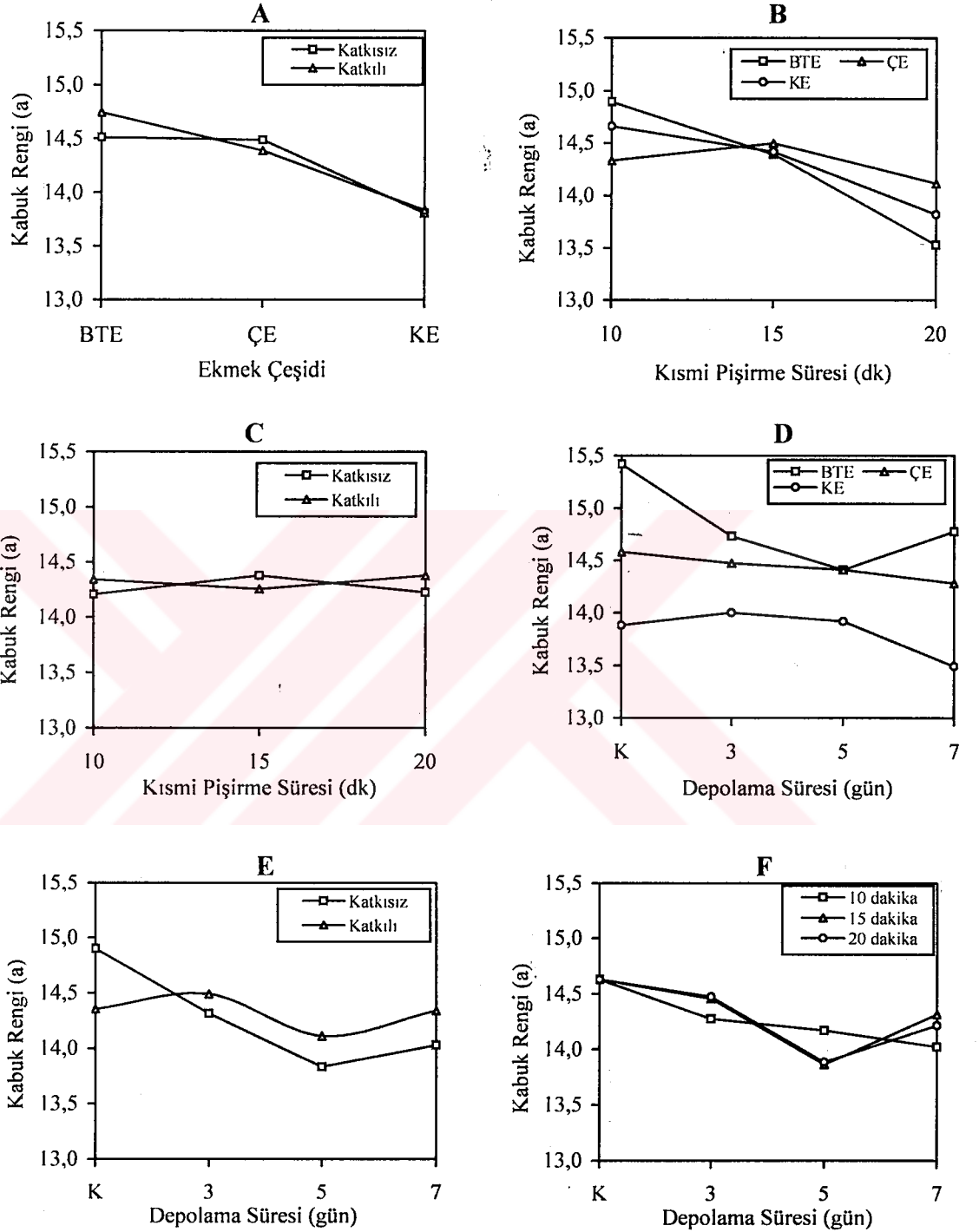
Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde antimikrobiyal madde uygulaması 15 dakikalık kısmi pişirme süresinde 10 ve 20 dakikalık pişirme süresinin aksine ekmek kabuğu a renk değerini düşürürken, kısmi pişirme süresine bağlı olarak fazla bir değişim gözlenmemiştir (şekil 4.14.C).

Oda sıcaklığında depolamanın 3. gününde beyaz tava ve çavdar ekmeğinin kabuk a renk değerinde düşüş meydana gelirken, kepekli ekmekte bir miktar artma görülmüştür (şekil 4.14.D). Depolama süresinin artması genelde ekmek kabuğu a renk değerini düşürürken, beyaz tava ekmeğinde 5 gün depolamadan sonra diğer ekmeklerin aksine a değerinde artış gözlenmiştir.

Antimikrobiyal katkı maddesi uygulaması depolamanın 3. gününde kontrol grubu ekmeklere göre ekmek kabuğu a renk değerini artırmıştır (şekil 4.14.E). 5 günlük depolama sonunda katkılı ve katkısız ekmeklerde düşen a renk değeri, 7. gün depolamanın sonunda bir miktar yükselmiştir.

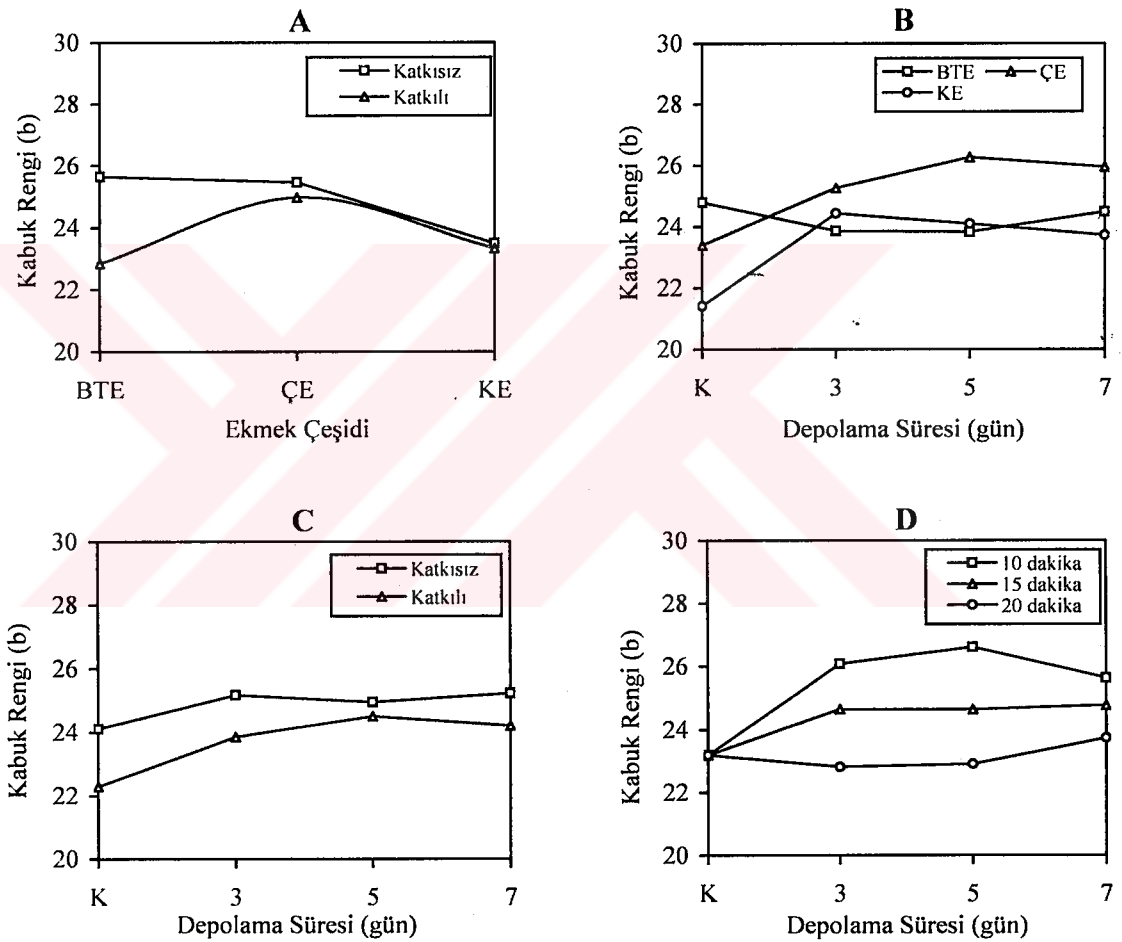
Oda sıcaklığında depolama süresinin artması, kontrol grubuna göre kısmi pişirme sürelerinde ekmek kabuğu a renk değerini düşürücü yönde etkili olmuştur (şekil 4.14.F). En fazla düşüş, 15 ve 20 dakika kısmi pişirilmiş ve 5 gün depolanmış ekmeklerde görülmüştür.





**Şekil 4.14.** Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek kabuğu a renk değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonları

Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek kabuğu b renk değeri üzerinde de önemli olan (çizelge 4.34) ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A,  $p<0.01$ ), ekmek çeşidi x depolama süresi (B,  $p<0.01$ ), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (C,  $p<0.05$ ) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (D,  $p<0.01$ ) interaksiyonlarının seyri şekil 4.15'de gösterilmiştir.



**Şekil 4.15.** Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek kabuğu b renk değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x depolama süresi (B), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (C) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (D) interaksiyonları

Şekil 4.15.A'da görüldüğü gibi, oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde antimikrobiyal katkı maddesi uygulaması beyaz tava ekmeğinde ekmek kabuğu b renk değerini önemli derecede düşürürken, çavdar ve kepekli ekmekte birbirine yakın sonuçlar vermiştir.

Oda sıcaklığında depolanmış çavdar ekmeğinde 5. gün depolamaya kadar artan b renk değeri 7. günde çok az düşüş göstermiştir (şekil 4.15.B). Beyaz tava ekmeğinde depolamanın 3. gününe kadar azalan b renk değeri daha sonra çok az artmış, kepekli ekmekte ise tam tersi bir etki meydana getirmiştir.

Antimikrobiyal katkı maddesi içeren oda sıcaklığında depolanmış ekmekler bütün depolama sürelerinde daha düşük b değerine sahip olmuş, depolama işlemi, kontrol grubu ekmeklere göre ekmek kabuğu b renk değerini artırmıştır (şekil 4.15.C). 10 ve 15 dakika kısmi pişmiş ekmeklerin depolanması, kontrol grubu ekmeklere göre ekmek içi b renk değerini artırırken, 20 dakika kısmi pişmiş ekmekler daha düşük b renk değeri vermiştir (şekil 4.15.D).

#### 4.8.2. Buzdolabı Sıcaklığında ( $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) Depolanmış Ekmeklere Ait Sonuçlar

Kısmi pişirilmiş, buzdolabı sıcaklığında depolandıktan sonra yeniden pişirmeye tabi tutulmuş beyaz tava, çavdar ve kepekli ekmeklerin ekmek kabuğu renk değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri çizelge 4.39'da; varyans analizi sonuçları ise çizelge 4.40'da verilmiştir. Ekmek çeşidi, antimikrobiyal madde uygulaması, kısmi pişirme ve depolama süresi ekmeklerin kabuk L, a ve b renk değerleri üzerinde istatistiki olarak  $p < 0.01$  seviyesinde etkili olmuştur

Buzdolabı sıcaklığında depolanmış ekmeklerde ekmek çeşidi değişkenine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları çizelge 4.41'de, antimikrobiyal katkı maddesi uygulaması değişkenine ait sonuçlar çizelge 4.42'de, kısmi pişirme süresi değişkenine ait sonuçlar çizelge 4.43'de ve depolama süresi değişkenine ait sonuçlar ise çizelge 4.44'de gösterilmiştir.

Buzdolabı sıcaklığında depolanmış ekmeklerde ekmek kabuğu L renk değeri sonucu beyaz tava ekmeğinde en yüksek, çavdar ekmeğinde ise en düşük bulunmuştur. Yine en yüksek a renk değerini çavdar ekmeği gösterirken, kepekli ekmek en düşük a renk değeri göstermiştir. Buzdolabı sıcaklığı, oda sıcaklığına göre L değerinin düşük a değerinin yüksek çıkmasına sebep olmuştur. Ekmek kabuğu b renk değeri en yüksek beyaz tava ekmeğinde bulunmuştur (çizelge 4.41). Antimikrobiyal katkılı ekmeklerin L, a ve b renk değerlerinde düşüş gözlenmiştir (çizelge 4.42).

**Çizelge 4.39.** Kısmi pişmiş, buzdolabı sıcaklığında depolanmış ve yeniden pişirilmeye tabi tutulmuş ekmeklerin renk değerleri analiz sonuçları (I. ve II. Tekerrür)

Antimikrobiyal Katkı	Kısmi pişirme Süresi (dk)	Depolama Süresi (gün)	Beyaz Tava Ekmeği			Çavdar Ekmeği			Kepekli Ekmek		
			L	a	b	L	a	b	L	a	b
Katkısız	10	K	49.20 49.28	15.60 15.25	26.42 26.44	43.80 43.90	14.99 15.01	23.91 23.00	44.17 46.76	14.54 14.01	21.93 22.97
		7	53.24 53.29	14.80 14.20	27.24 27.21	51.00 51.19	14.28 14.22	27.27 27.29	51.73 51.76	14.11 14.17	26.06 25.95
		14	51.25 51.29	13.84 13.87	25.85 24.99	45.19 46.70	15.39 15.33	25.55 25.56	49.59 49.44	14.48 14.52	26.06 25.86
		21	54.09 53.90	14.23 14.25	28.58 30.10	47.70 47.20	15.78 16.01	27.45 27.04	47.48 47.24	14.35 14.43	24.50 24.41
	15	K	49.20 49.28	15.60 15.25	26.42 26.44	43.80 43.90	14.99 15.01	23.91 23.00	44.17 46.76	14.54 14.01	21.93 22.97
		7	51.86 51.65	14.00 14.16	26.51 26.35	45.11 45.19	15.30 15.40	24.68 24.59	47.42 48.46	14.97 14.87	24.25 24.83
		14	51.62 52.66	14.89 14.86	27.64 27.64	43.08 43.20	15.94 15.97	23.75 22.91	47.69 47.90	14.55 14.49	24.31 24.64
		21	50.44 49.82	14.43 14.89	25.26 25.63	43.89 43.78	16.10 16.11	23.18 23.21	46.61 46.21	14.09 14.00	23.41 23.09
	20	K	49.20 49.28	15.60 15.25	26.42 26.44	43.80 43.90	14.99 15.01	23.91 23.00	44.17 46.76	14.54 14.01	21.93 22.97
		7	44.07 44.45	14.72 14.66	21.57 21.68	43.39 44.21	15.81 15.86	23.64 23.81	45.74 45.66	14.45 14.39	22.84 22.95
		14	41.81 42.80	13.97 13.90	18.97 19.09	40.79 41.01	15.31 15.38	20.69 20.30	44.77 45.18	15.04 15.00	23.32 23.65
		21	46.89 47.01	14.55 14.61	23.24 23.10	40.13 40.17	15.50 16.01	20.01 19.90	43.72 43.70	13.69 13.75	20.64 20.77
Katkılı	10	K	46.48 46.55	15.59 15.24	23.12 23.20	43.10 43.05	14.05 14.28	23.20 23.50	43.52 44.01	13.80 13.17	20.24 20.49
		7	48.18 48.70	14.30 14.20	23.26 23.15	44.52 45.54	15.15 14.90	26.54 26.81	49.38 49.51	13.30 13.41	19.26 19.21
		14	48.87 48.99	16.68 16.15	27.96 27.89	47.38 47.89	15.20 15.25	26.10 25.99	49.17 49.35	13.96 13.82	25.40 25.60
		21	47.73 47.81	14.90 14.86	24.38 24.40	50.25 49.18	14.40 14.52	27.67 27.58	49.26 48.93	13.95 13.89	25.52 25.50
	15	K	46.48 46.55	15.59 15.24	23.12 23.20	43.10 43.05	14.05 14.28	23.20 23.50	43.52 44.01	13.80 13.17	20.24 20.49
		7	45.63 45.44	14.89 15.01	23.11 23.18	42.43 42.37	16.50 16.77	23.39 23.35	47.18 47.21	13.05 13.04	18.50 18.21
		14	48.67 48.14	15.30 15.04	25.04 25.88	45.03 45.01	15.30 15.39	24.05 23.09	47.21 47.75	13.51 13.60	25.17 25.24
		21	46.27 46.45	13.81 13.86	23.13 23.79	46.16 45.97	15.65 15.50	25.87 25.69	47.47 47.19	14.01 14.11	25.90 25.27
	20	K	46.48 46.55	15.59 15.24	23.12 23.20	43.10 43.05	14.05 14.28	23.20 23.50	43.52 44.01	13.80 13.17	20.24 20.49
		7	45.84 45.86	14.59 14.57	21.90 21.80	41.08 41.48	16.33 16.29	21.45 21.52	45.01 45.91	13.50 13.31	17.92 17.99
		14	44.48 45.50	14.91 15.00	21.90 21.87	42.10 42.01	15.18 15.21	21.40 20.97	45.04 45.31	13.62 13.03	21.41 20.99
		21	44.92 45.09	13.37 13.13	20.49 19.90	43.00 42.91	14.86 14.92	22.15 22.17	44.05 43.88	13.91 13.69	20.11 20.21

**Çizelge 4.40.** Buzdolabı sıcaklığında depolandıktan sonra yeniden pişirilen kısmi pişmiş ekmeklerde belirlenen ekmek kabuğu L, a ve b renk değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Ekmek Kabuk Rengi					
		L		a		b	
		KO	F	KO	F	KO	F
Ekmek Çeşidi (E)	2	171.258	719.378**	19.981	571.043**	40.453	394.396**
Antimikrobiyal Katkı (A)	1	45.428	190.821**	3.089	88.274**	55.689	542.935**
Kısmi pişirme Süresi (K)	2	198.900	835.490**	0.427	12.201**	142.849	1392.692**
Depolama Süresi (D)	3	18.117	76.102**	0.379	10.826**	7.248	70.663**
E X A	2	24.086	101.175**	3.273	93.535**	18.256	177.987**
E X K	4	3.862	16.222**	0.679	19.411**	4.276	41.686**
A X K	2	9.705	40.767**	0.327	9.341**	0.613	5.972**
E X D	6	6.870	28.858**	2.676	76.464**	11.444	111.574**
A X D	3	15.483	65.037**	0.704	20.131**	23.086	225.073**
K X D	6	24.080	101.147**	0.588	16.809**	18.972	184.964**
Hata	72	0.238		3.499		0.103	

\* ( $p < 0.05$ ) düzeyinde önemli

\*\* ( $p < 0.01$ ) düzeyinde önemli

**Çizelge 4.41.** Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek çeşidi değişkenine ait ekmek kabuğu renk değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları\*

Ekmek Çeşidi	n	Ekmek Kabuk Rengi		
		L	a	b
Beyaz Tava	48	48.11a	14.76b	24.40a
Çavdar	48	44.35c	15.25a	23.90b
Kepekli	48	46.55b	13.97c	22.62c

\* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ( $p > 0.05$ )

**Çizelge 4.42.** Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde antimikrobiyal katkı maddesi değişkenine ait ekmek kabuğu renk değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları\*

Antimikrobiyal Katkı	n	Ekmek Kabuk Rengi		
		L	a	b
Katkısız	72	46.90a	14.81a	24.26a
Katkılı	72	45.77b	14.51b	23.02b

\* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ( $p > 0.05$ )

Kısmi pişirme süresinin artması buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde kabuk renk değerlerinin azalmasına sebep olmuştur (çizelge 4.43).

**Çizelge 4.43.** Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde pişirme süresi değişkenine ait ekmek kabuğu renk değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları\*

Kısmi pişirme Süresi (dk)	n	Ekmek Kabuk Rengi		
		L	a	b
10	48	48.29a	14.60b	25.16a
15	48	46.50b	14.77a	24.00b
20	48	44.22c	14.61b	21.76c

\* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ( $p>0.05$ )

**Çizelge 4.44.** Buzdolabı sıcaklığında depolama süresi değişkenine ait ekmek kabuğu renk değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları\*

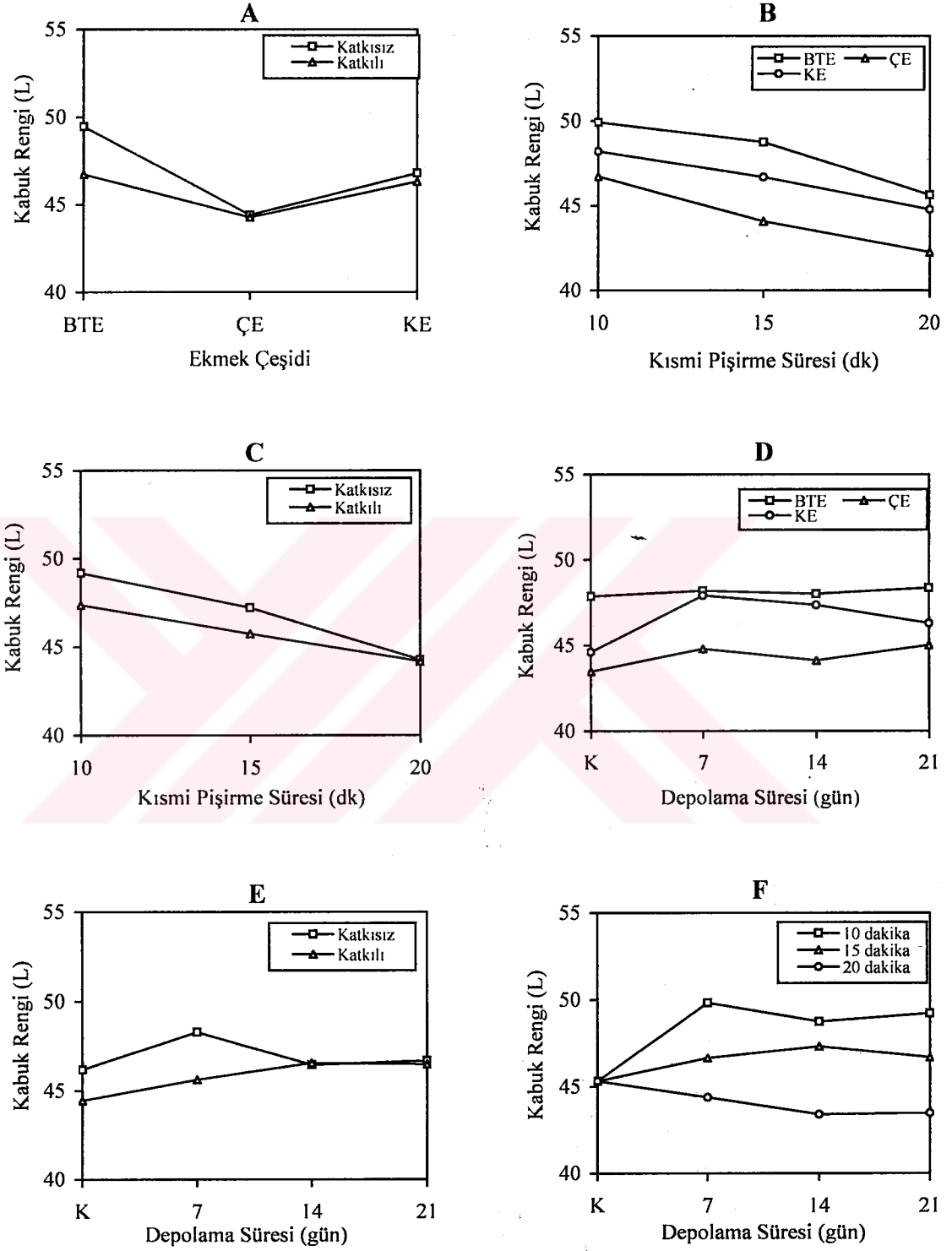
Depolama Süresi (gün)	n	Ekmek Kabuk Rengi		
		L	a	b
Kontrol	36	45.32c	14.62bc	23.20b
7	36	46.96a	14.65b	23.31b
14	36	46.49b	14.80a	24.07a
21	36	46.57b	14.56c	24.98a

\* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ( $p>0.05$ )

Genel olarak, buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerin L, a ve b renk değerleri kontrol grubu ekmeklere göre daha yüksek çıkmıştır (çizelge 4.44).

Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek kabuğu L renk değeri üzerinde  $p<0.01$  seviyesinde önemli olan (çizelge 4.40) ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonlarının seyri şekil 4.16'da gösterilmiştir.

Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde antimikrobiyal katkı maddesi ilavesi beyaz tava ve kepekli ekmekte ekmek kabuk L renk değerini düşürücü yönde etkili olmuştur (şekil 4.16.A). Kısmi pişirme süresinin artması, ekmek çeşitlerinin kabuk L renk değerini oda sıcaklığında depolamadan (çizelge 4.13.B) daha fazla düşürücü yönde etkili olmuştur (şekil 4.16.B). Antimikrobiyal katkı maddesi 10 ve 15 dakikalık kısmi pişirme sürelerinde L renk değerini düşürürken, 20 dakikalık kısmi pişirme süresinde fazla etkili olmamıştır (şekil 4.16.C).



**Şekil 4.16.** Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek kabuğu L renk değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) etkileşimleri

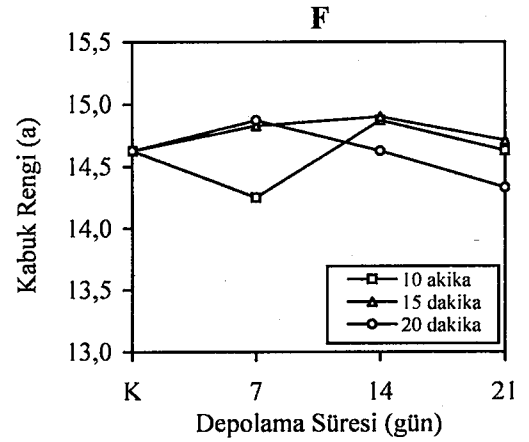
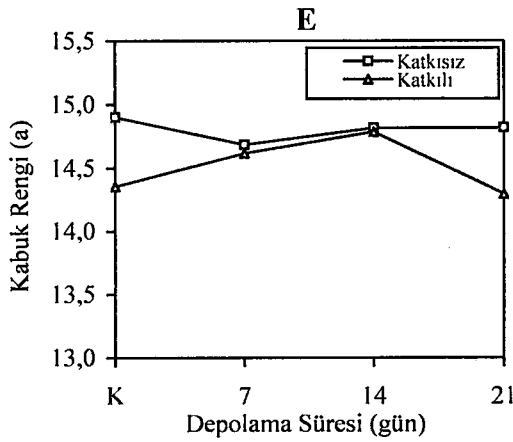
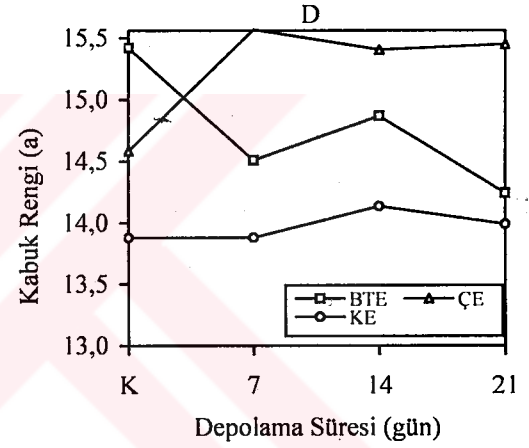
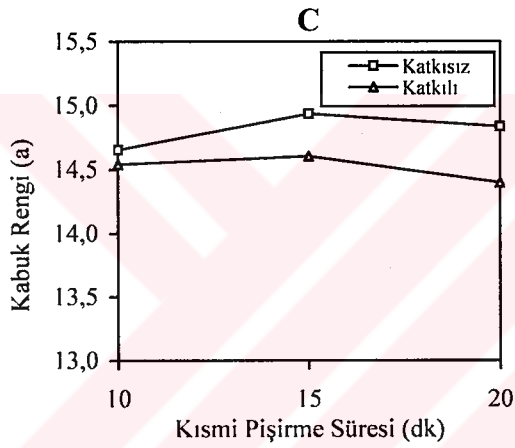
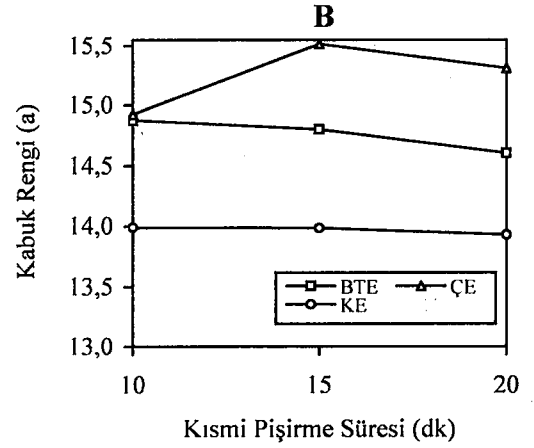
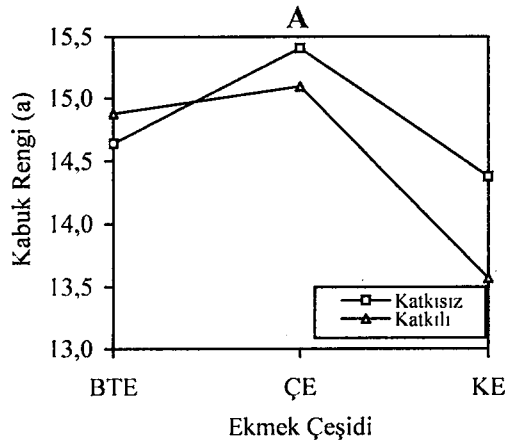
Buzdolabında depolamada, depolama süresinin artması beyaz tava ve çavdar ekmeğinde L değeri üzerinde fazla etkili olmazken, kepekli ekmekte depolamanın 7. gününde artmış, 7. günden sonra düşmüştür (şekil 4.16.D). Antimikrobiyal katkı maddesi uygulaması, kontrol grubu ile buzdolabı sıcaklığında depolamanın 7. gününde ekmek kabuğu L renk değerini düşürürken, 14 ve 21. gün depolamalarda fazla bir etkisi olmamıştır (şekil 4.16.E). Buzdolabı sıcaklığında artan depolama sürelerinde, 10 ve 15 dakikalık kısmi pişirme süresi L renk değerini artırıcı yönde etkili olurken, 20 dakikalık kısmi pişirme süresinde ise depolamanın artmasıyla L renk değerinde düşüş gözlenmiştir (şekil 4.16.F).

Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek kabuğu a renk değeri üzerinde  $p < 0.01$  seviyesinde önemli olan (çizelge 4.40) ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonlarının seyri şekil 4.17'de gösterilmiştir.

Buzdolabı sıcaklığında depolanan beyaz tava ekmeğinde antimikrobiyal katkı ilavesi ekmek kabuğu a renk değerini artırırken, diğer ekmeklerde düşürücü yönde etkili olmuştur (şekil 4.17.A). Kısmi pişirme süresinin artması (a renk değerini) çavdar ekmeğinde a renk değeri üzerinde artırıcı, beyaz tava ekmeğinde düşürücü yönde etkili olurken, kepekli ekmekte birbirine yakın sonuçlar vermiştir (şekil 4.17.B). Antimikrobiyal katkı uygulaması 20 dakikada daha fazla olmak üzere, bütün kısmi pişirme sürelerinde a renk değerini düşürücü yönde etkili olmuştur (şekil 4.17.C).

Buzdolabı sıcaklığında depolama süresi çavdar ve kepekli ekmekte a renk değerini artırırken, beyaz tava ekmeğinde düşürmüştür (şekil 4.17.D). Kontrol grubu ve 21. gün depolamada daha fazla olmak üzere antimikrobiyal katkı uygulaması bütün depolama sürelerinde ekmek kabuğu a renk değerini düşürücü etkide bulunmuştur (şekil 4.17.E). Buzdolabı sıcaklığında depolama süresinin artmasıyla 10 dakikalık kısmi pişirme süresinin dışında diğer pişirme sürelerinde a renk değerinde önce artma daha sonra düşüş meydana gelmiştir (şekil 4.17.F).



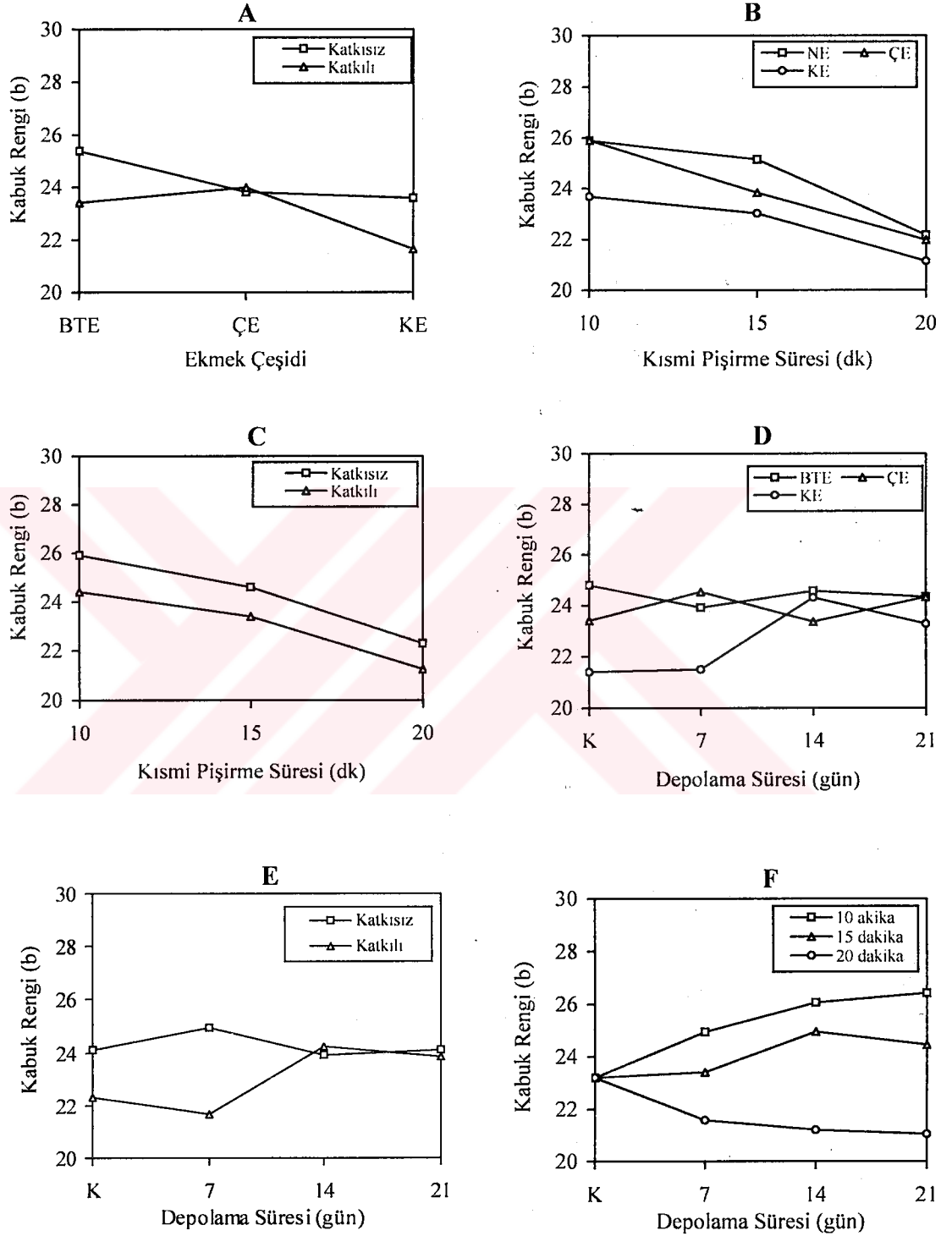


**Şekil 4.17.** Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek kabuğu a renk değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonları

Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek kabuğu b renk değeri üzerinde  $p < 0.01$  seviyesinde önemli olan (çizelge 4.40) ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonlarının seyri şekil 4.18'de gösterilmiştir.

Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde antimikrobiyal katkı uygulaması, çavdar ekmeğinde etkili olmazken, beyaz tava ve kepekli ekmekte b renk değerini düşürmüştür (şekil 4.18.A). Kısmi pişirme süresinin artması, antimikrobiyal katkılı ekmeklerde daha fazla olmak üzere, ekmek çeşitlerinde b renk değerini düşürücü yönde etkili olmuştur (şekil 4.18.B,C).

Beyaz tava ve çavdar ekmeklerinin b renk değerlerinde buzdolabı sıcaklığında depolama ile fazla bir değişim meydana gelmezken, kepekli ekmekte depolamanın 7. gününden sonra artış gözlenmiştir (şekil 4.18.D). Antimikrobiyal katkı maddesi uygulaması kontrol ve 7 gün depolamada düşürücü yönde etkili olurken, 14 ve 21. gün depolamada birbirine yakın değerler vermiştir (şekil 4.18.E). Kısmi pişirme süresi 20 dakika olan ekmeklerin depolama ile b renk değerlerinde düşme meydana gelirken, 10 ve 15 dakikalık kısmi pişirme sürelerinde artış gözlenmiştir (şekil 4.18.F).



**Şekil 4.18.** Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek kabuğu b renk değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) etkileşimleri

## 4.9. Ekmeklerin Hidrasyon Kapasitesi ve Yumuşaklık Değerlerinde Meydana Gelen Değişmeler

### 4.9.1. Oda Sıcaklığında ( $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) Depolanmış Ekmeklere Ait Sonuçlar

Kısmi pişirilmiş, oda sıcaklığında depolandıktan sonra yeniden pişirmeye tabi tutulmuş beyaz tava, çavdar ve kepekli ekmeklerin hidrasyon kapasitesi ve ekmek içi yumuşaklık değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri çizelge 4.45'de; varyans analizi sonuçları ise çizelge 4.46'da verilmiştir. Ekmek çeşidi, antimikrobiyal madde uygulaması, kısmi pişirme ve depolama süresi ekmek içi hidrasyon kapasitesi ve yumuşaklık değerleri üzerinde istatistiki olarak ( $p<0.01$ ) seviyesinde etkili olmuştur.

Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek çeşidi değişkenine ait ortalama değerlerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları çizelge 4.47'de, antimikrobiyal katkı maddesi uygulaması değişkenine ait sonuçlar çizelge 4.48'de, kısmi pişirme süresi değişkenine ait sonuçlar çizelge 4.49'de ve depolama süresi değişkenine ait sonuçlar ise çizelge 4.50'de verilmiştir.

Çizelge 4.47'de görüldüğü gibi, oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde hidrasyon kapasitesi değeri beyaz tava ekmeğinde en yüksek, kepekli ekmekte en düşük bulunmuştur. Çavdar ununun daha fazla pentozan içermesi, kepekli ekmeğe göre hidrasyon kapasitesinin yüksek olmasına sebep olmuş olabilir. 24., 48. ve 72. saat yumuşaklık değerinde ise çavdar ekmeğinde daha fazla olmak üzere beyaz tava ekmeğine göre düşüş gözlenmiştir. Oda sıcaklığında depolamada kepekli ekmek, çavdar ekmeğine göre daha yumuşak ekmek içi verirken, buzdolabında depolamada çavdar ekmeği daha yumuşak bulunmuştur (çizelge 4.53). Bu durum muhtemelen çavdar unu bileşiminin farklılığından kaynaklanmaktadır. Uzun vade de çavdar ekmeğinin daha yumuşak olduğu ve iyi bir raf ömrüne sahip olduğu bildirilmektedir (Mettler ve Seibel 1995, Ragae *et al.* 2001).

Ekmek formülasyonuna antimikrobiyal katkı maddesi ilavesi oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek içinin hidrasyon kapasitesini artırırken, ekmek yumuşaklık değerini düşürücü yönde etkili olmuştur (çizelge 4.48).

**Çizelge 4.45.** Kısmi pişmiş, oda sıcaklığında depolanmış ve yeniden pişirilmeye tabi tutulmuş ekmeklerin hidrasyon kapasitesi ve yumuşaklık değerleri (I. ve II. Tekerrür)

Antimikrobiyal Katkı	Kısmi pişirme süresi (dk)	Depolama Süresi (gün)	Beyaz Tava Ekmeği				Çavdar Ekmeği				Kepekli Ekmek			
			Hidrasyon Kapasitesi	Yumuşaklık (PU)			Hidrasyon Kapasitesi	Yumuşaklık (PU)			Hidrasyon Kapasitesi	Yumuşaklık (PU)		
				24. saat	48. saat	72. saat		24. saat	48. saat	72. saat		24. saat	48. saat	72. saat
Katkısız	10	K	2.29	61.55	46.53	41.83	2.03	31.76	22.83	19.43	2.01	32.00	29.21	23.08
			2.28	62.23	46.71	42.16	2.04	31.58	22.66	19.51	1.99	31.40	29.80	24.17
		3	1.96	64.52	46.92	44.50	2.02	32.87	23.37	19.87	1.92	36.40	33.60	26.50
			1.95	63.80	45.52	44.50	2.01	32.90	23.57	19.93	1.92	36.77	33.40	26.83
		5	1.85	63.82	45.52	43.04	2.00	32.21	22.98	19.11	1.98	32.60	27.00	23.83
	1.90		62.70	46.52	43.16	1.99	32.55	22.99	19.36	1.99	32.33	26.97	23.90	
	7	1.93	51.14	45.10	43.02	1.97	30.00	22.07	19.05	1.81	31.76	26.67	22.22	
		1.91	50.85	45.56	42.67	1.97	29.97	23.40	18.99	1.82	31.77	26.73	22.20	
	15	K	2.29	61.55	46.53	41.83	2.03	31.76	22.83	19.43	2.01	32.00	29.21	23.08
			2.28	62.23	46.71	42.16	2.04	31.58	22.66	19.51	1.99	31.40	29.80	24.17
		3	1.91	63.04	48.18	37.64	2.05	31.30	22.10	19.30	1.99	38.80	27.57	23.60
			1.90	64.96	47.20	38.64	2.07	31.47	22.50	19.47	1.99	30.90	27.57	23.70
		5	2.01	59.38	47.18	38.72	2.03	29.17	20.51	19.05	2.05	29.70	23.33	22.77
	1.99		61.25	46.88	37.66	2.04	29.21	21.50	18.99	2.04	29.60	23.73	22.80	
	7	2.00	57.16	48.08	36.88	2.01	25.60	19.97	18.07	1.99	29.47	23.00	21.67	
		1.99	56.44	48.62	37.02	2.01	26.27	20.43	18.30	1.99	29.50	22.97	22.13	
	20	K	2.29	61.55	46.53	41.83	2.03	31.76	22.83	19.43	2.01	32.00	29.21	23.08
			2.28	62.23	46.71	42.16	2.04	31.58	22.66	19.51	1.99	31.40	29.80	24.17
		3	2.0	54.86	46.47	41.00	2.08	23.87	20.00	16.83	1.98	26.67	24.60	21.97
			2.0	55.12	45.90	39.20	2.09	25.60	19.53	16.93	1.98	26.73	24.43	22.00
5		2.05	54.84	44.75	38.52	2.04	21.95	19.57	17.25	2.01	22.57	21.27	20.00	
	2.04	55.14	44.85	38.22	2.04	21.86	19.66	17.82	2.01	22.60	21.27	20.10		
7	2.00	48.90	42.95	35.32	2.03	20.47	19.00	17.53	1.94	21.57	20.57	19.60		
	1.99	47.76	41.20	34.15	2.03	20.13	18.73	17.23	1.94	21.67	20.57	18.90		
Katkılı	10	K	2.12	60.60	45.56	41.56	2.16	30.73	22.50	18.70	2.04	29.90	24.10	22.90
			2.14	61.46	46.19	41.28	2.17	30.71	22.61	18.79	2.05	28.50	24.40	22.61
		3	2.05	63.33	46.65	45.42	2.05	31.23	22.97	18.87	2.01	31.70	23.07	22.10
			2.05	65.47	47.93	45.00	2.05	31.07	23.00	18.90	2.01	31.67	24.23	21.87
		5	2.08	58.10	45.93	41.17	1.93	31.37	20.77	18.97	1.91	30.63	23.70	22.00
	2.08		58.60	45.53	41.40	1.93	31.37	20.93	18.87	1.92	30.83	23.76	21.90	
	7	1.99	57.20	42.72	40.35	1.89	28.50	22.80	18.40	1.85	28.57	24.07	21.20	
		1.98	55.15	41.10	39.05	1.89	28.20	22.67	18.50	1.88	28.90	22.57	21.16	
	15	K	2.12	60.60	45.56	41.56	2.16	30.73	22.50	18.70	2.04	29.90	24.10	22.90
			2.14	61.46	46.19	41.28	2.17	30.71	22.61	18.79	2.05	28.50	24.40	22.61
		3	2.09	62.93	48.62	45.50	2.11	26.13	21.13	18.47	2.03	28.83	22.40	21.20
			2.09	62.63	48.05	44.25	2.11	30.87	21.20	18.13	2.03	28.73	22.50	21.17
		5	2.12	58.55	45.45	41.62	1.97	25.23	18.87	18.17	1.96	27.63	21.63	19.57
	2.14		57.95	44.27	41.66	1.97	25.20	18.73	18.07	1.96	27.57	21.70	19.67	
	7	2.04	48.87	40.75	35.86	1.93	25.23	18.60	17.66	2.01	26.97	21.47	18.90	
		2.09	49.20	40.30	33.33	1.93	25.80	18.60	17.50	2.02	27.46	21.47	18.80	
	20	K	2.12	60.60	45.56	41.56	2.16	30.73	22.50	18.70	2.04	29.90	24.10	22.90
			2.14	61.46	46.19	41.28	2.17	30.71	22.61	18.79	2.05	28.50	24.40	22.61
		3	2.08	55.03	39.25	35.65	1.88	20.13	18.73	15.47	1.99	27.87	20.20	19.97
			2.07	56.55	38.83	36.50	1.89	20.17	18.67	14.70	2.00	27.63	20.33	19.93
5		2.09	52.10	36.23	34.87	1.85	17.65	17.33	14.50	1.95	26.20	20.00	18.23	
	2.09	51.76	36.10	35.20	1.84	17.50	17.13	15.17	1.95	26.13	19.97	18.47		
7	2.01	44.47	34.40	31.57	1.88	18.17	16.37	12.83	1.94	23.67	19.37	17.77		
	2.02	45.00	33.27	31.87	1.88	17.47	16.17	12.67	1.93	23.77	19.47	17.70		

**Çizelge 4.46.** Oda sıcaklığında depolandıktan sonra yeniden pişirilen kısmi pişmiş ekmeklerin hidrasyon kapasitesi ve ekmek içi yumuşaklık değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Hidrasyon Kapasitesi		Yumuşaklık (PU)					
				24. saat		48. saat		72. saat	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Ekmek Çeş. (E)	2	8.665	945.326**	13912.698	16126.004**	7773.316	43152.959**	6538.138	37639.652**
A. Katkı (A)	1	1.111	12.121**	119.921	138.998**	276.973	1537.593**	65.273	375.772**
Kıs.Piş. Sür. (K)	2	2.545	277.598**	527.529	611.451**	167.044	927.332**	137.564	791.949**
Dep. Süresi (D)	3	0.152	1656.657**	332.524	385.424**	107.608	597.376**	74.754	430.356**
E X A	2	1.313	143.235**	1.073	1.244	24.584	136.476**	5.108	29.405**
E X K	4	4.743	51.746**	9.408	10.905**	13.195	73.249**	10.093	58.104**
A X K	2	1.579	172.280**	7.929	9.191**	5.849	32.470**	9.464	54.481**
E X D	6	1.815	197.952**	41.691	48.323**	4.913	27.275**	8.908	51.281**
A X D	3	6.469	70.566**	1.356	1.571	2.582	14.335**	3.644	20.978**
K X D	6	5.171	56.407**	59.636	69.124**	18.967	105.294**	15.969	91.934**
Hata	72	9.167		.863		0.180		0.174	

\* (p<0.05) düzeyinde önemli

\*\* (p<0.01) düzeyinde önemli

**Çizelge 4.47.** Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek çeşidi değişkenine ait hidrasyon kapasitesi ve yumuşaklık değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları\*

Ekmek Çeşidi	n	Hidrasyon Kapasitesi	Yumuşaklık (PU)		
			24. saat	48. saat	72. saat
Beyaz Tava	48	2.06a	57.83a	44.54a	39.89a
Çavdar	48	2.01b	27.56c	21.01c	18.19c
Kepekli	48	1.98c	29.19b	24.37b	21.76b

\* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p>0.05)

**Çizelge 4.48.** Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde antimikrobiyal katkı maddesi değişkenine ait hidrasyon kapasitesi ve yumuşaklık değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları\*

Antimikrobiyal Katkı	n	Hidrasyon Kapasitesi	Yumuşaklık (PU)		
			24. saat	48. saat	72. saat
Katkısız	72	2.01b	39.11a	31.36a	27.25a
Katkılı	72	2.02a	37.29b	28.58b	25.91b

\* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p>0.05)

Oda sıcaklığında depolanmış ekmeklerde en düşük hidrasyon kapasitesi 10 dakikalık kısmi pişirme süresine sahip ekmeklerde görülürken, en yüksek değeri 15 dakikalık kısmi pişirme süresi vermiştir (çizelge 4.49). Ekmek içi yumuşaklık değerlerinde, kısmi

pişirme süresinin artmasıyla düşme gözlenmiştir. Kısmi pişirme süresindeki artışın, ekmek içi nem miktarını düşürdüğü belirtilmişti (çizelge 4.25). Ekmek içinde nem miktarının azalması bayatlamaya yol açan etmenleri teşvik etmektedir (Özer 1998). Kısmi pişirme süresindeki artışın ekmek içi nem miktarını düşürmesi, ekmek içi yumuşaklığının da düşmesine neden olmuştur.

**Çizelge 4.49.** Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde kısmi pişirme süresi değişkenine hidrasyon kapasitesi ve yumuşaklık değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları\*

Kısmi Pişirme Süresi (dk)	n	Hidrasyon Kapasitesi	Yumuşaklık (PU)		
			24. saat	48. saat	72. saat
10	48	1.99c	40.90a	31.57a	28.20a
15	48	2.04a	39.19b	30.42b	26.71b
20	48	2.02b	34.50c	27.92c	24.83c

\* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ( $p>0.05$ )

Oda sıcaklığında depolama süresinin artması ile ekmek içi hidrasyon kapasitesi ve ekmek içi yumuşaklık değerleri azalmıştır (çizelge 4.50). Kısmi pişmiş ekmeklerin depolama süresinin artmasıyla ekmek içi yumuşaklığı düşmüş, bayatlama artmıştır. Ekmek içi hidrasyon kapasitesinin ekmeğin bayatlamasıyla azalacağı bildirilmektedir (Morad ve D'Appolonia 1980, Sidhu *et al.* 1997). Yapılan bu araştırmada da, ekmek içi yumuşaklığını azaltan depolama süresindeki artış, ekmek içi hidrasyon kapasitesini de düşürmüştür.

**Çizelge 4.50.** Oda sıcaklığında depolama süresi değişkenine ait hidrasyon kapasitesi ve yumuşaklık değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları\*

Depolama Süresi (gün)	n	Hidrasyon Kapasitesi	Yumuşaklık (PU)		
			24. saat	48. saat	72. saat
Kontrol	36	2.11a	41.03a	31.92a	28.00a
3	36	2.01b	40.07b	30.84b	27.37b
5	36	1.99c	37.44c	29.01c	26.22c
7	36	1.96d	34.25d	28.10d	24.72d

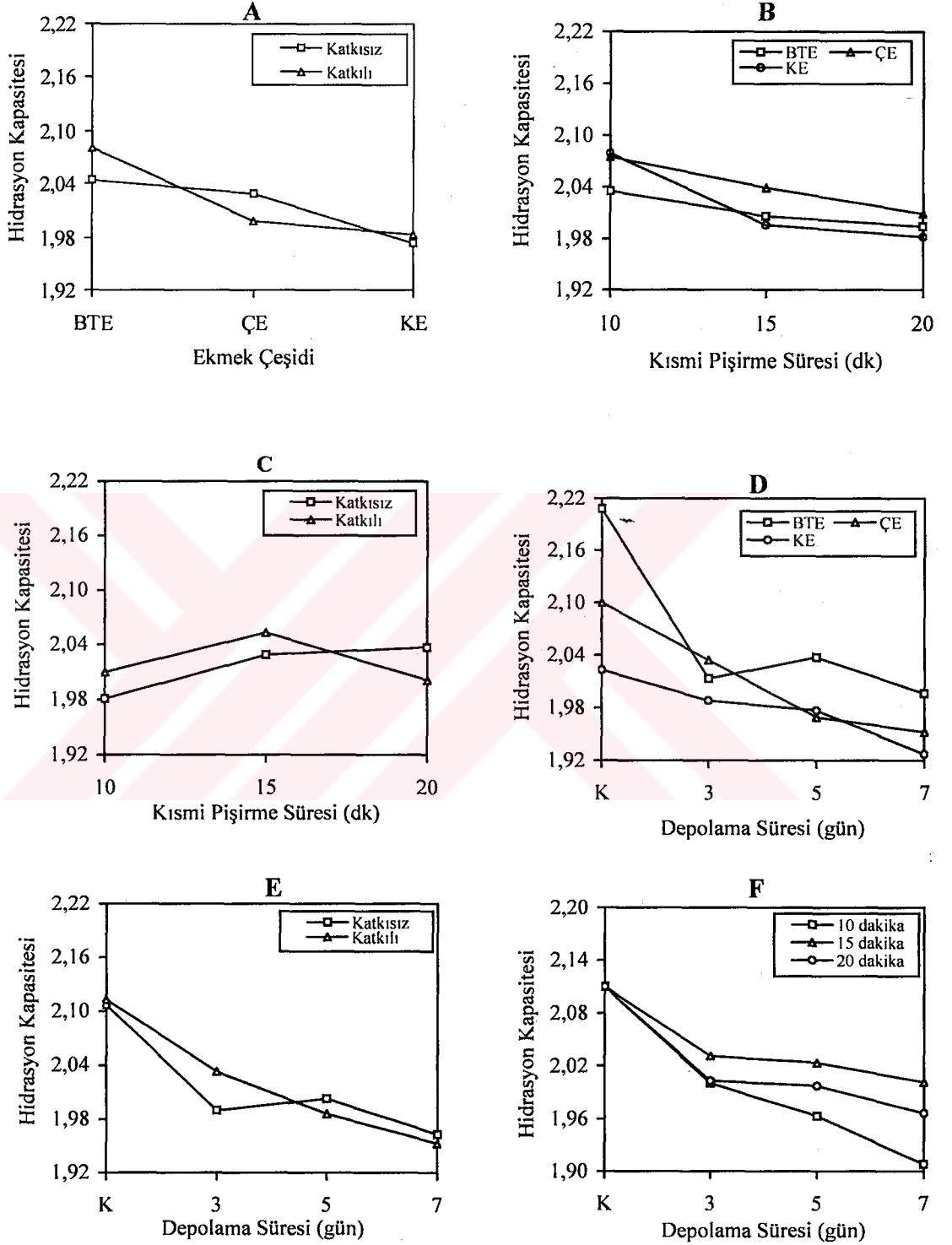
\* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ( $p>0.05$ )

Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek içi hidrasyon kapasitesi üzerinde  $p < 0.01$  seviyesinde önemli olan (çizelge 4.46) ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonlarının seyri şekil 4.19'da gösterilmiştir.

Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerden beyaz tava ekmeğinde antimikrobiyal katkı maddesi ilavesi hidrasyon kapasitesini artırırken çavdar ekmeğinde düşürmüş, kepekli ekmekte ise birbirine yakın değerler vermiştir (şekil 4.19.A). Kısmi pişirme süresinin artması her üç ekmek çeşidinde de aynı etkiyi göstererek hidrasyon kapasitesinin düşmesine sebep olmuştur (şekil 4.19.B). Antimikrobiyal katkı uygulaması 15 dakikalık pişirme süresine kadar hidrasyon kapasitesini artırırken, 20 dakikalık kısmi pişirme süresinde düşürücü yönde etkili olmuştur (şekil 4.19.C). Genel olarak, araştırmada ekmek içi yumuşaklığını etkileyen varyasyon kaynakları, ekmek içi hidrasyon kapasitesi üzerine de aynı etkiyi göstermiştir.

Oda sıcaklığında depolama süresinin artmasıyla beyaz tava ekmeğinde daha fazla olmak üzere bütün ekmek çeşitlerinde hidrasyon kapasitesi düşmüştür (şekil 4.19.D). Antimikrobiyal katkı depolamanın 3. gününde katkısızlara göre daha yüksek hidrasyon kapasitesi verirken, artan depolama sürelerinde düşürücü yönde etkili olmuştur (şekil 4.19.E). Kısmi pişirme sürelerinde, depolama süresinin artması kontrol grubuna göre hidrasyon kapasitesini önemli derecede düşürmüştür (şekil 4.19.F). Ekmek içi hidrasyon kapasitesinin bayatlama ile azaldığı bildirilmektedir (Morad ve D'aAppolonia 1980, Boyacıoğlu 1981). Beyaz tava ekmeğinin ekmek içi yumuşaklık değerleri (şekil 4.20.C) depolama ile daha fazla düştüğü için hidrasyon kapasitesindeki düşüş de diğer ekmeklerden daha fazla olmuştur.





**Şekil 4.19.** Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek içi hidrasyon kapasitesi değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonları

Oda sıcaklığında ekmek içi 24.saat yumuşaklık değeri üzerinde  $p<0.01$  seviyesinde önemli olan (çizelge 4.46) ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (A), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (B), ekmek çeşidi x depolama süresi (C) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (D) interaksiyonlarının seyri şekil 4.20'de gösterilmiştir.

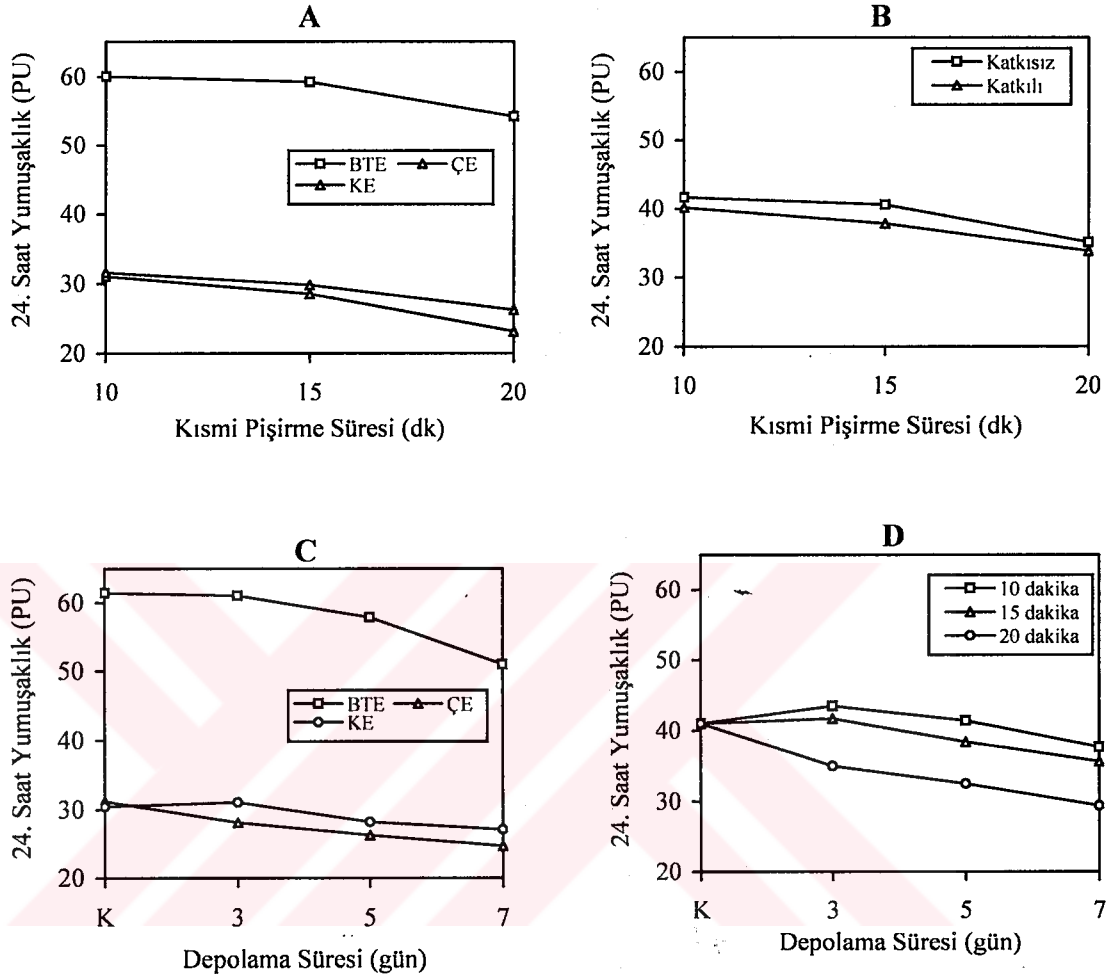
Şekil 4.20.A'da görüldüğü, gibi oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde kısmi pişirme süresindeki artış her üç ekmek çeşidinde de ekmek içinin 24. saat yumuşaklığını düşürücü yönde etkiye sahiptir.

Antimikrobiyal katkı uygulaması oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde bütün kısmi pişirme sürelerinde 24. saat yumuşaklığı düşürmüş, en fazla düşüş 20 dakikalık kısmi pişirme süresine sahip ekmeklerde gözlenmiştir (şekil 4.20.B).

Her üç ekmek çeşidinde de oda sıcaklığında depolamanın 3. gününden sonra 24. saat yumuşaklık değerlerinde düşüş gözlenirken, kısmi pişmiş ekmeklerin 3 günlük depolanması sonucunda 24. saat yumuşaklıkta kontrol grubuna göre fazla bir değişim olmamış, hatta kepekli ekmeğin yumuşaklık değerinde kontrole göre artış gözlenmiştir (şekil 4.16.C).

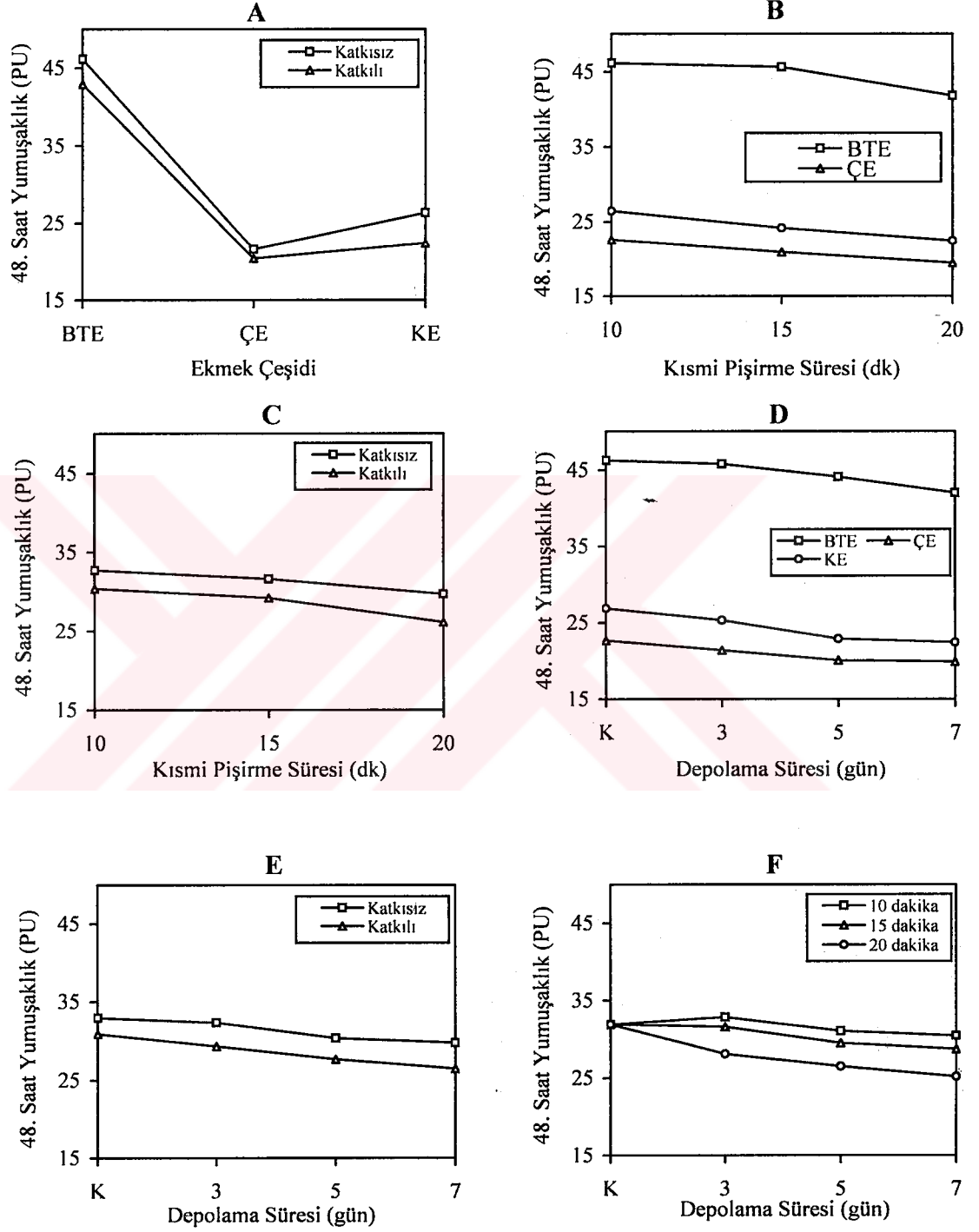
Artan oda sıcaklığında depolama ve kısmi pişirme süresi ekmek içi 24. saat yumuşaklık değerini düşürmüştür (şekil 4.20.D). Ancak 10 ve 15 dakikalık kısmi pişmiş ekmekler depolamanın 3. gününde kontrol grubu ekmeklerden daha yüksek ekmek içi yumuşaklık değerine sahip olmuştur.

Ekmekte nem miktarı bayatlamayı etkileyen önemli bir faktördür. Nem miktarı yüksek olan ekmeklerde bayatlama oranının daha düşük olduğu bildirilmektedir (Fessas ve Schiraldi 1998). Araştırmada düşük kısmi pişirme süresine sahip oda sıcaklığında depolanmış ekmeklerde, ekmek içi nem miktarı daha yüksek çıkmıştır (çizelge 4.25, şekil 4.9.B). Bu nedenle yapılan yumuşaklık ölçümlerinde 10 ve 15 dakika kısmi pişirme süresine sahip ekmeklerde ekmek içi yumuşaklığı bakımından daha yüksek değerler tespit edilmiştir. Özellikle 10 dakikalık kısmi pişirme süresi, oda sıcaklığı ve buzdolabında depolamada düşük depolama sürelerinde kontrol grubu ekmeklere göre daha yumuşak ekmek içi değeri vermiştir.



**Şekil 4.20.** Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek içi 24. saat yumuşaklık değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (A), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (B), ekmek çeşidi x depolama süresi (C) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (D) interaksiyonları

Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek içi 48. saat yumuşaklık değeri üzerinde  $p < 0.01$  seviyesinde önemli olan (çizelge 4.46) ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonlarının seyri şekil 4.21’de gösterilmiştir.



**Şekil 4.21.** Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek içi 48. saat yumuşaklık değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonları

Antimikrobiyal katkı maddesi uygulaması oda sıcaklığında depolanmış bütün ekmek çeşitlerinde ekmek içinin 48.saat yumuşaklık değerini düşürücü yönde etkili olmuştur (şekil 4.21.A). En yüksek değeri katkısız beyaz tava ekmeği verirken, en düşük değere ise katkılı çavdar ekmeği sahip olmuştur.

Oda sıcaklığında depolanan ekmek çeşitlerinde kısmi pişirme süresindeki artış 48. saat yumuşaklık değerini düşürücü yönde etkili olmuştur (şekil 4.21.B).

Antimikrobiyal katkı maddesi kullanımı, oda sıcaklığında depolanmış bütün kısmi pişirme sürelerinde ekmeklerin 48. saat yumuşaklık değerini düşürücü yönde etkili olmuştur (şekil 4.17.C).

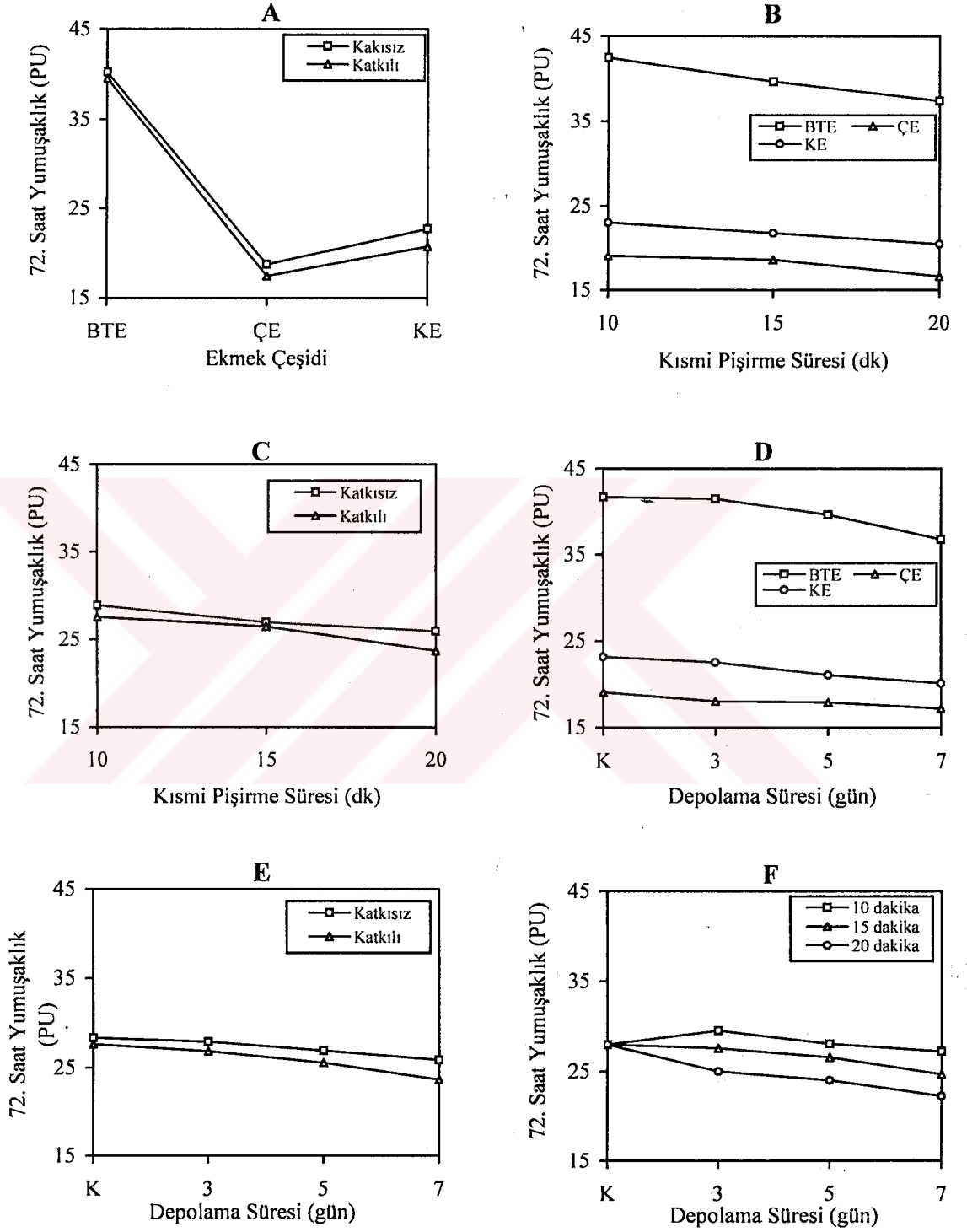
Oda sıcaklığında depolama süresinin artması her üç ekmek çeşidinde de ekmeklerin 48. saat yumuşaklık değerini düşürmüştür (şekil 4.21.D). Depolama sürelerinde en yüksek değere beyaz tava ekmeği sahip olurken, çavdar ekmeğinde ekmek içi yumuşaklığı daha düşük bulunmuştur.

Antimikrobiyal madde uygulaması oda sıcaklığında bütün depolama sürelerinde ekmek içi 48. saat yumuşaklık değerini düşürücü yönde etkili olmuştur (şekil 4.21.E). Depolama süresinin artmasıyla katkılı ve katkısız ekmeklerde ekmek içi yumuşaklığı düşüş göstermiştir.

Oda sıcaklığında depolama ve kısmi pişirme süresinin artması özellikle 3 günlük depolamadan sonra ekmeklerde ekmek içi 48. saat yumuşaklık değerini düşürücü yönde etkili olurken, 10 dakika kısmi pişirme işlemi, depolamanın 3. gününde kontrol grubu ekmeklerden daha yüksek ekmek içi yumuşaklık değeri vermiştir (şekil 4.21.F).

Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek içi 72.saat yumuşaklık değeri üzerinde  $p < 0.01$  seviyesinde önemli olan (çizelge 4.46) ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonlarının seyri şekil 4.22'de gösterilmiştir.

Şekil 4.22 (A, B, C, D, E, F)'de görüldüğü gibi, oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde 48. saat yumuşaklık değerleri üzerinde bütün interaksiyonların meydana getirdiği etkiler (şekil 4.21), 72. saat yumuşaklık değerleri üzerinde de benzer şekilde olmuştur.



**Şekil 4.22.** Oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek içi 72. saat yumuşaklık değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) etkileşimlerini göstermektedir.

#### 4.9.2. Buzdolabı Sıcaklığında ( $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) Depolanmış Ekmeklere Ait Sonuçlar

Kısmi pişirilmiş, buzdolabı sıcaklığında depolandıktan sonra yeniden pişirmeye tabi tutulmuş beyaz tava, çavdar ve kepekli ekmeklerin hidrasyon kapasitesi ve ekmek içi yumuşaklık değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri çizelge 4.51'de, varyans analizi sonuçları çizelge 4.52'de verilmiştir. Ekmek çeşidi, antimikrobiyal madde uygulaması, kısmi pişirme ve depolama süresi ekmek içi hidrasyon kapasitesi ve yumuşaklık değerleri üzerinde istatistiki olarak  $p < 0.01$  seviyesinde etkili olmuştur.

Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek çeşidi, antimikrobiyal katkı, kısmi pişirme süresi ve depolama süresi değişkenlerine ait ortalama değerlerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları sırasıyla çizelge 4.53, 4.54, 4.55 ve 4.56'da verilmiştir.

Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde hidrasyon kapasitesi, oda sıcaklığında depolamada olduğu gibi, beyaz tava ekmeğinde en yüksek, kepekli ekmekte en düşük bulunmuştur (çizelge 4.53). 24., 48. ve 72. saat yumuşaklık değerleri kepekli ekmekte en düşük, beyaz tava ekmeğinde ise en yüksek olmuştur. Ekmekte depolama sıcaklığı bayatlamayı etkileyen önemli bir faktördür. Normalde buzdolabı sıcaklığında ekmeğin daha hızlı bayatladığı, depolama sıcaklığının artmasıyla ( $35^{\circ}\text{C}$ ) bayatlama oranının düştüğü bildirilmektedir (Saygın 1972, Kim ve D'Appolonia 1977, Russel 1985, Fik ve Macuro 2001). Yapılan araştırmada kısmi pişmiş beyaz tava ekmeklerinin buzdolabı sıcaklığında depolanmaları ekmek içi yumuşaklık değerlerini yukarıda belirtildiği gibi düşürücü yönde etkili olmuştur. Ancak çavdar ve kepekli ekmekte buzdolabında depolama, oda sıcaklığında depolamaya göre ekmek içi yumuşaklığını artırıcı yönde etkili olmuştur. Bu durum çavdar ve kepekli ekmeğin beyaz tava ekmeğinden daha fazla nem içermesinden kaynaklanabilir. Nitekim oda sıcaklığında depolamanın (çizelge 4.23), buzdolabında depolamaya göre (çizelge 4.29) çavdar ve kepekli ekmeklerde ekmek içi nem miktarını artırıcı yönde etkili olduğu bildirilmiştir. Yapılan bir çalışmada, ekmekteki nem miktarını sabit tutmak şartıyla uygulanan ikinci bir ısıl işlemin ekmek içi yumuşaklığını artırdığı bildirilmektedir (Campbell *et al.* 1991).

**Çizelge 4.51.** Yarı pişmiş, buzdolabı sıcaklığında depolanmış ve yeniden pişirmeye tabi tutulmuş ekmeklerin analiz sonuçları (I. ve II. Tekerrür)

Antimikrobiyal Katkı	Kısmi pişirme süresi (dk)	Depolama Süresi (gün)	Beyaz Tava Ekmeği				Çavdar Ekmeği				Kepekli Ekmek			
			Hidasyon Kapasitesi	Yumuşaklık (PU)			Hidasyon Kapasitesi	Yumuşaklık (PU)			Hidasyon Kapasitesi	Yumuşaklık (PU)		
				24. saat	48. saat	72. saat		24. saat	48. saat	72. saat		24. saat	48. saat	72. saat
Katkısız	10	0	2.29	61.55	46.53	41.83	2.03	31.76	22.83	19.43	2.01	32.00	29.21	23.08
			2.28	62.23	46.71	42.16	2.04	31.58	22.66	19.51	1.99	31.40	29.80	24.17
		3	2.06	70.50	51.80	44.73	1.95	39.76	33.76	30.33	1.88	33.93	28.90	25.60
			2.07	72.37	52.83	44.83	1.95	39.10	33.77	30.43	1.89	34.17	29.23	25.63
	15	5	2.12	57.13	45.90	43.17	1.97	38.84	30.03	29.57	1.99	32.37	27.73	25.07
			2.18	59.53	46.17	44.40	1.97	38.84	30.10	29.67	1.97	32.37	27.60	24.73
		7	2.05	54.25	45.93	42.03	1.96	37.50	30.00	28.43	1.99	29.17	23.60	22.13
			2.06	52.53	44.50	41.37	1.96	38.17	29.97	28.47	2.00	29.46	23.71	22.33
	20	0	2.29	61.55	46.53	41.83	2.03	31.76	22.83	19.43	2.01	32.00	29.21	23.08
			2.28	62.23	46.71	42.16	2.04	31.58	22.66	19.51	1.99	31.40	29.80	24.17
		3	2.09	55.83	40.52	38.80	2.03	33.37	29.17	27.37	1.91	30.83	25.33	22.57
			2.09	54.20	42.80	37.73	2.03	33.50	28.66	27.43	1.91	31.70	25.00	22.70
Katkılı	10	0	2.18	53.50	41.47	35.15	2.11	31.83	27.77	26.23	2.06	27.37	24.70	21.60
			2.18	54.90	40.35	35.27	2.12	31.70	27.87	26.23	2.05	27.47	24.70	21.67
		7	2.12	52.70	36.77	35.23	2.12	31.63	24.93	24.83	1.98	22.80	20.43	20.03
			2.12	52.80	37.43	35.00	2.13	31.57	24.50	24.80	1.99	22.93	20.46	20.20
15	0	2.29	61.55	46.53	41.83	2.03	31.76	22.83	19.43	2.01	32.00	29.21	23.08	
		2.28	62.23	46.71	42.16	2.04	31.58	22.66	19.51	1.99	31.40	29.80	24.17	
	3	2.11	58.63	41.30	36.40	1.98	27.87	25.67	23.43	1.86	27.93	21.93	20.20	
		2.10	58.57	39.90	35.93	1.97	27.73	25.87	23.50	1.86	27.07	22.03	19.87	
20	5	2.18	47.22	43.47	35.70	1.99	26.97	24.00	22.83	2.09	24.73	21.10	19.27	
		2.18	47.07	42.56	35.63	1.99	26.87	24.17	22.97	2.11	24.77	21.07	19.33	
	7	2.15	43.43	29.47	28.13	2.04	24.53	22.00	21.37	1.91	21.83	21.13	17.33	
		2.15	44.63	29.43	28.00	2.05	24.43	22.27	21.17	1.91	21.97	20.20	17.37	
Katkılı	10	0	2.12	60.60	45.56	41.56	2.16	30.73	22.50	18.70	2.04	29.90	24.10	22.90
			2.14	61.46	46.19	41.28	2.17	30.71	22.61	18.79	2.05	28.50	24.40	22.61
		3	1.97	59.87	45.30	40.10	1.96	38.70	30.73	28.36	1.88	34.97	28.53	25.67
			1.97	60.63	45.30	40.50	1.95	38.93	31.63	28.53	1.87	34.93	28.97	25.67
	15	5	2.03	53.23	43.53	39.60	1.95	36.56	29.60	26.43	1.93	32.53	26.97	24.57
			2.04	52.43	43.40	40.00	1.96	36.63	29.37	26.73	1.92	32.67	27.33	24.53
		7	2.11	46.23	42.70	38.27	1.92	33.63	25.70	24.23	1.90	31.70	27.13	23.50
			2.10	45.23	42.07	38.10	1.93	33.76	26.10	24.13	1.91	31.70	27.07	23.67
	20	0	2.12	60.60	45.56	41.56	2.16	30.73	22.50	18.70	2.04	29.90	24.10	22.90
			2.14	61.46	46.19	41.28	2.17	30.71	22.61	18.79	2.05	28.50	24.40	22.61
		3	2.02	58.67	39.07	39.20	2.00	32.17	27.33	25.50	1.92	27.83	25.17	23.07
			2.00	57.17	40.86	39.06	2.00	32.13	27.37	24.17	1.95	28.37	25.20	22.97
Katkılı	5	2.11	49.87	41.10	38.77	2.00	30.67	23.87	21.27	1.95	26.70	24.17	22.63	
		2.12	47.10	39.13	38.80	2.00	30.37	23.53	21.73	1.95	26.63	24.30	22.70	
	7	2.21	44.10	36.20	32.00	2.08	29.63	22.80	21.20	1.94	25.70	23.87	19.70	
		2.21	45.05	38.57	33.50	2.08	29.53	22.67	21.23	1.94	25.83	23.40	19.83	
20	0	2.12	60.60	45.56	41.56	2.16	30.73	22.50	18.70	2.04	29.90	24.10	22.90	
		2.14	61.46	46.19	41.28	2.17	30.71	22.61	18.79	2.05	28.50	24.40	22.61	
	3	1.99	42.53	39.25	29.63	2.02	30.50	23.80	23.43	1.83	25.20	21.27	19.40	
		2.00	43.27	39.75	29.66	2.03	30.90	23.80	23.10	1.84	25.03	21.50	19.10	
5	2.06	41.12	32.20	29.11	1.92	27.30	20.00	19.27	1.93	24.00	20.27	19.00		
	2.07	40.47	32.90	29.07	1.92	27.50	20.10	19.27	1.83	24.57	20.53	18.83		
7	2.24	39.17	29.66	28.10	2.06	21.60	19.50	15.60	1.84	23.77	19.53	16.17		
	2.24	40.17	29.87	28.03	2.05	21.63	19.43	15.83	1.83	23.57	18.90	16.33		



**Çizelge 4.52.** Buzdolabı sıcaklığında depolandıktan sonra yeniden pişirilen kısmi pişmiş ekmeklerin hidrasyon kapasitesi ve ekmek içi yumuşaklık değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Hidrasyon Kapasitesi		Yumuşaklık (PU)					
				24. saat		48. saat		72. saat	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Ekmek Çeş. (E)	2	0.369	2423.068**	9236.985	27862.340**	4547.617	19569.698**	3703.192	39935.570**
A. Katkı (A)	1	3.578	235.292**	197.356	595.301**	118.810	511.273**	97.285	1049.134**
Kıs.Piş. Sür. (K)	2	2.973	195.466**	698.037	2105.550**	432.732	1862.170**	403.052	4346.553**
Dep. Süresi (D)	3	0.117	771.475**	385.053	1161.470**	149.027	641.304**	79.899	861.642**
E X A	2	1.967	129.333**	83.276	251.192**	5.017	21.589**	19.016	205.069**
E X K	4	6.848	45.027**	12.632	38.104**	8.452	36.372**	12.011	129.529**
A X K	2	2.799	1.840	3.284	9.905**	5.154	22.180**	6.443	69.477**
E X D	6	8.828	58.046**	123.626	372.905**	76.673	329.946**	89.632	966.602**
A X D	3	1.935	127.262**	4.101	12.371**	6.628	28.524**	3.735	40.282**
K X D	6	4.347	28.580**	81.426	245.613**	51.021	219.557**	46.124	497.410**
Hata	72	1.521		0.332		0.232		9.273	

\* (p<0.05) düzeyinde önemli

\*\* (p<0.01) düzeyinde önemli

**Çizelge 4.53.** Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek çeşidi değişkenine ait hidrasyon kapasitesi ve yumuşaklık değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları\*

Ekmek Çeşidi	n	Hidrasyon Kapasitesi	Yumuşaklık (PU)		
			24. saat	48. saat	72. saat
Beyaz Tava	48	2.13a	54.03a	41.84a	37.70a
Çavdar	48	2.03b	31.68b	25.28b	23.09b
Kepekli	48	1.95c	28.62c	24.70c	21.94c

\* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p>0.05)

**Çizelge 4.54.** Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde antimikrobiyal katkı maddesi değişkenine ait hidrasyon kapasitesi ve yumuşaklık değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları\*

Antimikrobiyal Katkı	n	Hidrasyon Kapasitesi	Yumuşaklık (PU)		
			24. saat	48. saat	72. saat
Katkısız	72	2.05a	39.28a	31.52a	28.40a
Katkılı	72	2.02b	36.94b	29.70b	26.75b

\* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p>0.05)

Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde antimikrobiyal katkı uygulaması ekmek için hidrasyon kapasitesi ve ekmek içi yumuşaklık değerini düşürmüştür (çizelge 4.54).

**Çizelge 4.55.** Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde kısmi pişirme süresi değişkenine ait hidrasyon kapasitesi ve yumuşaklık değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları\*

Kısmi Pişme Süresi (dk)	n	Hidrasyon Kapasitesi	Yumuşaklık (PU)		
			24. saat	48. saat	72. saat
10	48	2.01c	42.01a	33.75a	30.45a
15	48	2.06a	37.93b	30.30b	27.63b
20	48	2.03b	34.39c	27.77c	24.65c

\* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ( $p>0.05$ )

Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde, kısmi pişirme süresine bağlı olarak hidrasyon kapasitesi ve yumuşaklık değerlerinde meydana gelen değişim, oda sıcaklığında depolanan ekmeklerle aynı olmuştur (çizelge 4.55). Kısmi pişirme süresinin düşük tutulması ekmek içi yumuşaklığını artırmada oldukça etkili olmuştur. Ekmek içi yumuşaklığının pişirme sırasında fırın sıcaklığından önemli derecede etkilendiği bildirilmektedir (Giovanelli *et al.* 1997).

**Çizelge 4.56.** Buzdolabı sıcaklığında depolama süresi değişkenine ait hidrasyon kapasitesi ve yumuşaklık değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları\*

Depolama Süresi (gün)	n	Hidrasyon Kapasitesi	Yumuşaklık (PU)		
			24. saat	48. saat	72. saat
Kontrol	36	2.11a	41.03a	31.92b	28.00b
7	36	1.97c	40.52b	32.31a	29.02a
14	36	2.03b	36.77c	30.36c	27.80c
21	36	2.03b	34.12d	27.83d	25.49d

\* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ( $p>0.05$ )

Buzdolabı sıcaklığında depolama ekmek içi hidrasyon kapasitesi ve ekmek içi yumuşaklık değerlerinde düşürücü yönde etkili olmuştur (çizelge 4.56).

Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerin ekmek içi hidrasyon kapasitesi üzerinde  $p<0.01$  seviyesinde önemli olan (çizelge 4.52) ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), ekmek çeşidi x depolama süresi (C), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (D) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (E) etkileşimlerinin seyri şekil 4.23'de gösterilmiştir.

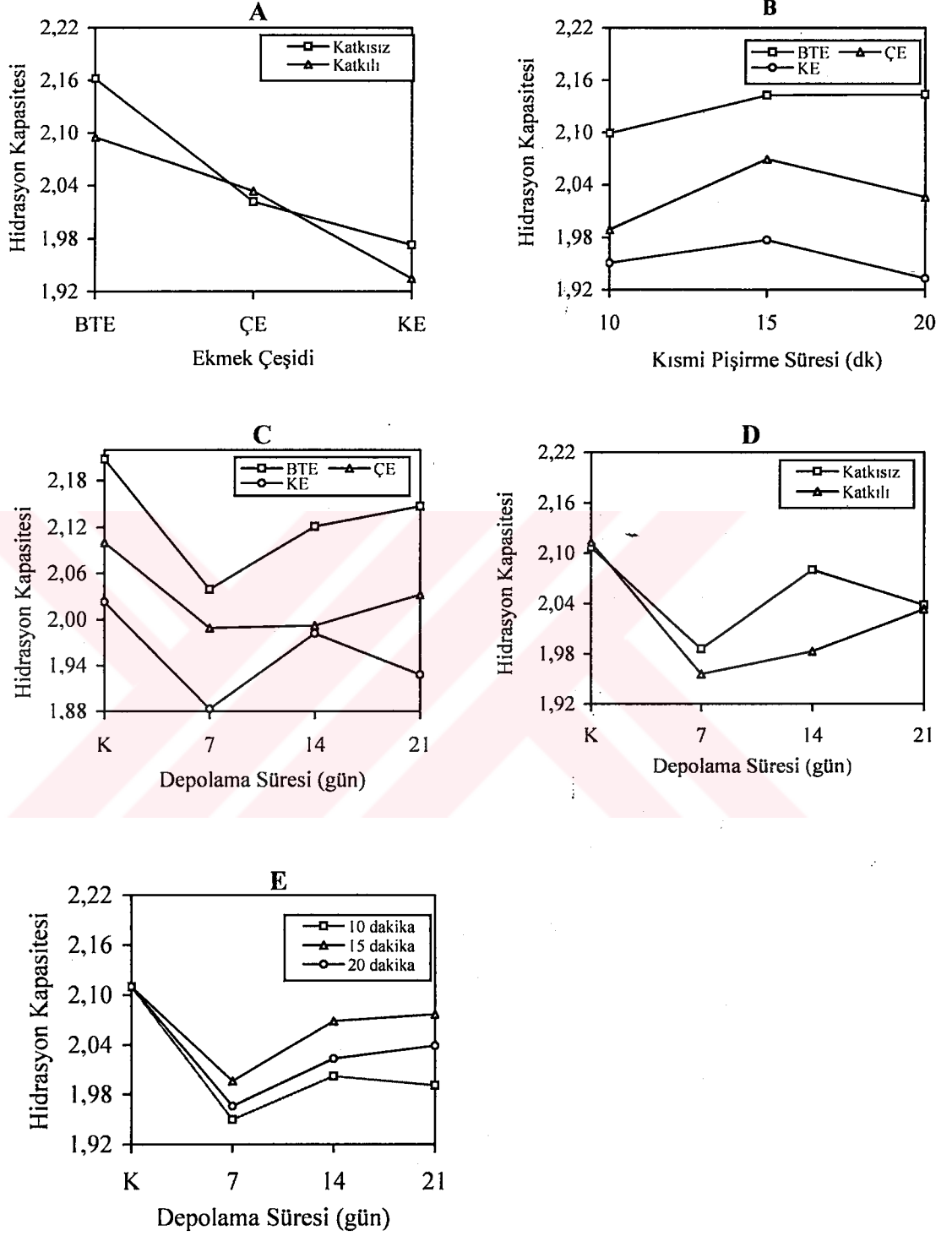
Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerden beyaz tava ve kepekli ekmekte antimikrobiyal katkı maddesi ilavesi hidrasyon kapasitesini düşürürken, çavar ekmeğinde birbirine yakın değerler vermiştir (şekil 4.23.A). Oda sıcaklığında depolamada antimikrobiyal katkı ekmeklerin hidrasyon kapasitesine farklı etkide bulunmuştur (şekil 4. 19. A). Bu durum depolama sıcaklığının hidrasyon kapasitesini önemli derecede etkilediğini göstermektedir.

Kısmi pişirme süresinin 15 dakikaya çıkması buzdolabı sıcaklığında depolanmış ekmeklerin hidrasyon kapasitesini artırmıştır (şekil 4.23.B). 20 dakikada ise beyaz tava ekmeğinde bir miktar artma meydana gelirken, diğer ekmeklerde düşüş gözlenmiştir.

Buzdolabı sıcaklığında depolamanın 7. gününde her üç ekmeğin çeşidinde de kontrole göre hidrasyon kapasitesinde azalma meydana gelirken, depolamanın 7. gününden sonra artış gözlenmiştir (şekil 4.23.C).

Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde antimikrobiyal katkı depolamanın 21. gününde katkısızlarla birbirine yakın değerler verirken, depolamanın 7 ve 14. gününde hidrasyon kapasitesini düşürücü etki yapmıştır (şekil 23.D).

Hidrasyon kapasitesi, bütün kısmi pişirme sürelerinde buzdolabı sıcaklığında depolamanın 7. gününde kontrole göre azalmış, 7. günden sonra ise artmıştır. Ancak, depolamanın 14 ve 21. günlerine ait hidrasyon değerleri de kontrole göre düşük olmuştur (şekil 4.23.E).



**Şekil 4.23.** Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek hidrasyon kapasitesi üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), ekmek çeşidi x depolama süresi (C), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (D) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (E) interaksiyonları

Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek içi 24.saat yumuşaklık değeri üzerinde  $p<0.01$  seviyesinde önemli olan (çizelge 4.52) ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonlarının seyri şekil 4.24'de gösterilmiştir.

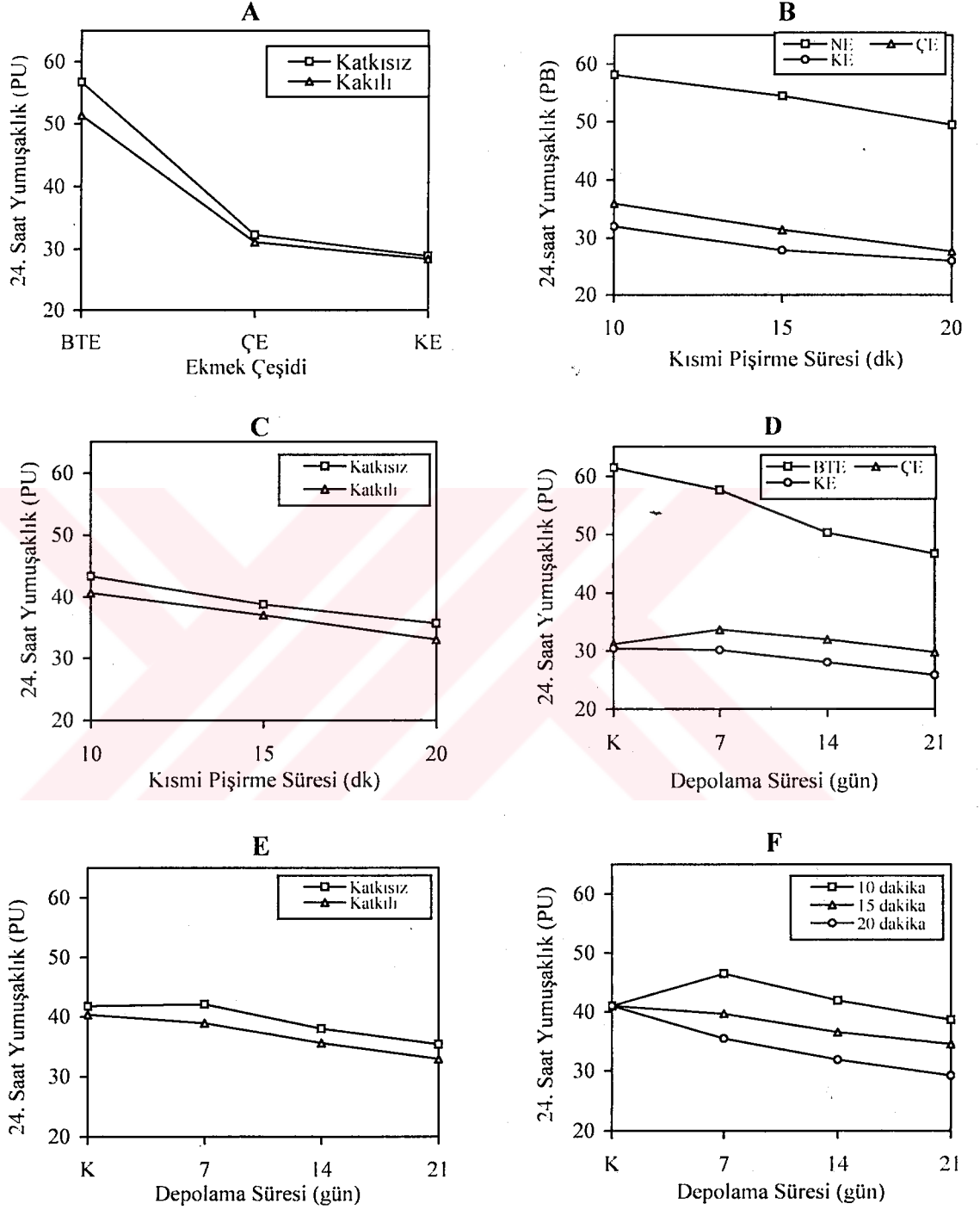
Antimikrobiyal katkı maddesi uygulaması, beyaz tava ekmeğinde daha fazla olmak üzere, buzdolabı sıcaklığında depolanan tüm ekmek çeşitlerinde 24. saat yumuşaklık değerini düşürücü yönde etkili olmuştur (şekil 4.24.A).

Her üç ekmek çeşidinde de, oda sıcaklığında olduğu gibi, buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde de kısmi pişirme süresinin artması 24. saat yumuşaklık değerini düşürmüştür (şekil 4.24.B).

Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde kısmi pişirme sürelerinde, antimikrobiyal katkı uygulaması ekmeklerin 24. saat yumuşaklık değerini düşürmüştür (şekil 4.24.C).

Çavdar ekmeğinde buzdolabı sıcaklığında depolamanın 7. gününde kontrole göre artış gözlenirken, genel olarak depolama süresindeki artış ve antimikrobiyal katkı uygulaması ekmek içi 24.saat yumuşaklık değerini düşürmüştür (şekil 4.24.D, E).

Buzdolabı sıcaklığında depolamanın 7. ve 14. gününde 10 dakikalık kısmi pişirme süresi kontrol grubu ekmeklerden daha yumuşak ekmek içi verirken, depolama süresinin artması ekmek içi 24. saat yumuşaklık değerini düşürmüştür (şekil 4.24.F).



**Şekil 4.24.** Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek içi 24. saat yumuşaklık değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) etkileşimleri

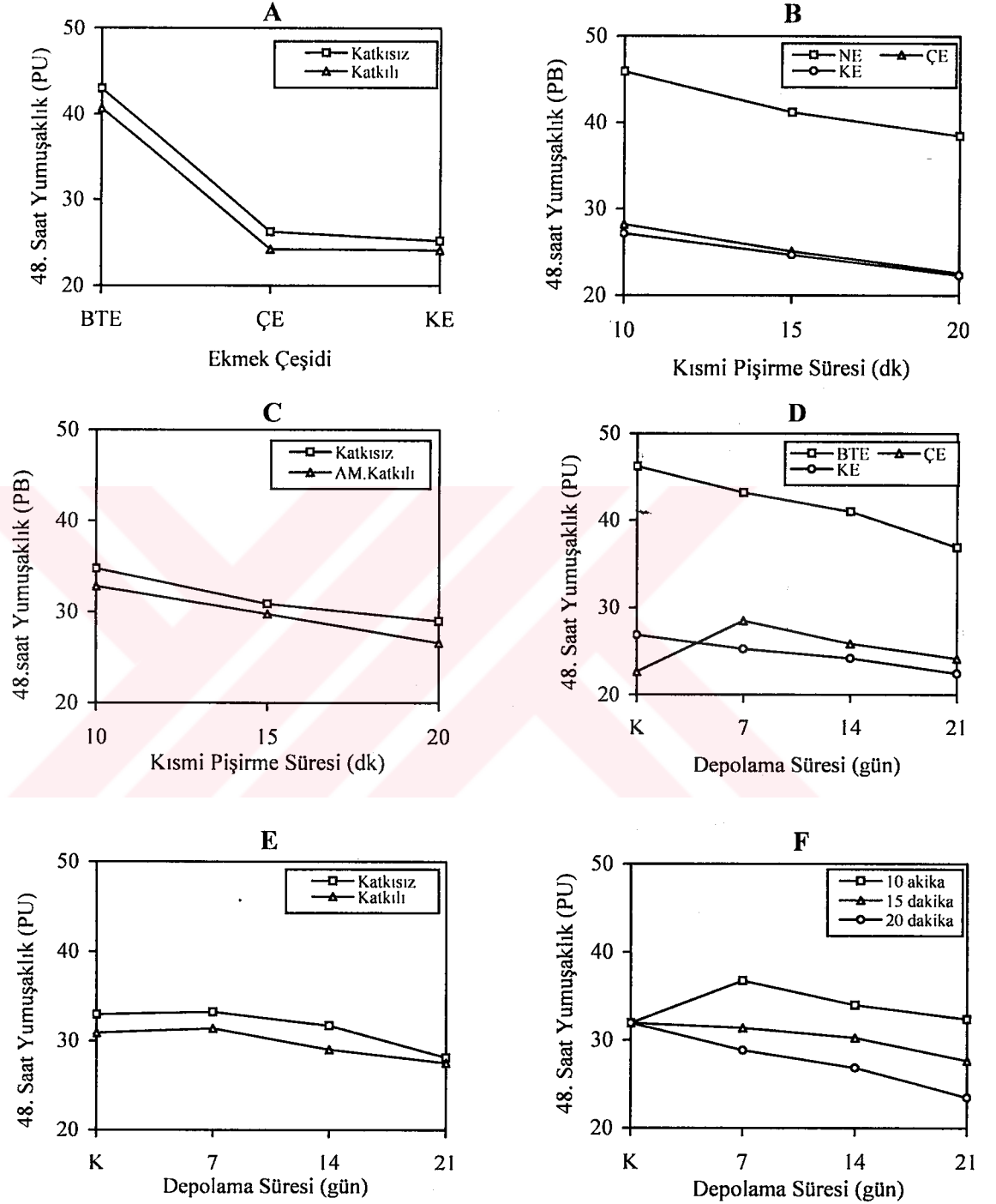
Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek içi 48. saat yumuşaklık değeri üzerinde  $p<0.01$  seviyesinde önemli olan (çizelge 4.52) ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonlarının seyri şekil 4.25'de gösterilmiştir.

Antimikrobiyal katkı uygulaması, buzdolabı sıcaklığında depolanan her üç ekmek çeşidinin, bütün kısmi pişirme ve depolama sürelerinde, ekmek içi 48. saat yumuşaklık değerini düşürücü etkiye sahip olduğu belirlenmiştir (şekil 4.25.A, C, E).

Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde kısmi pişirme süresindeki artış, çavdar ve kepekli ekmekte birbirine yakın değerler vermekle birlikte, ekmeklerin 48. saat yumuşaklık değerlerini düşürücü etki göstermiştir (şekil 4.25.B).

Buzdolabı sıcaklığında depolamanın 7 ve 14. gününde çavdar ekmeği kontrole göre daha yumuşak ekmek içi değeri verirken, depolama süresinin artması bütün ekmek çeşitlerinde ekmek içinin 48. saat yumuşaklık değerini düşürücü yönde etkili olmuştur (şekil 4.25.D).

Şekil 4. 25. F'de görüldüğü gibi, 10 dakikalık kısmi pişirme süresi buzdolabı sıcaklığında bütün depolama sürelerinde kontrole göre ekmek iç yumuşaklığını artırırken, depolama süresinin artması ekmek içi yumuşaklık değerini düşürmüştür. En yüksek ekmek içi 48. saat yumuşaklığını depolamanın 7. gününde 10 dakikalık kısmi pişirme süresi vermiştir.



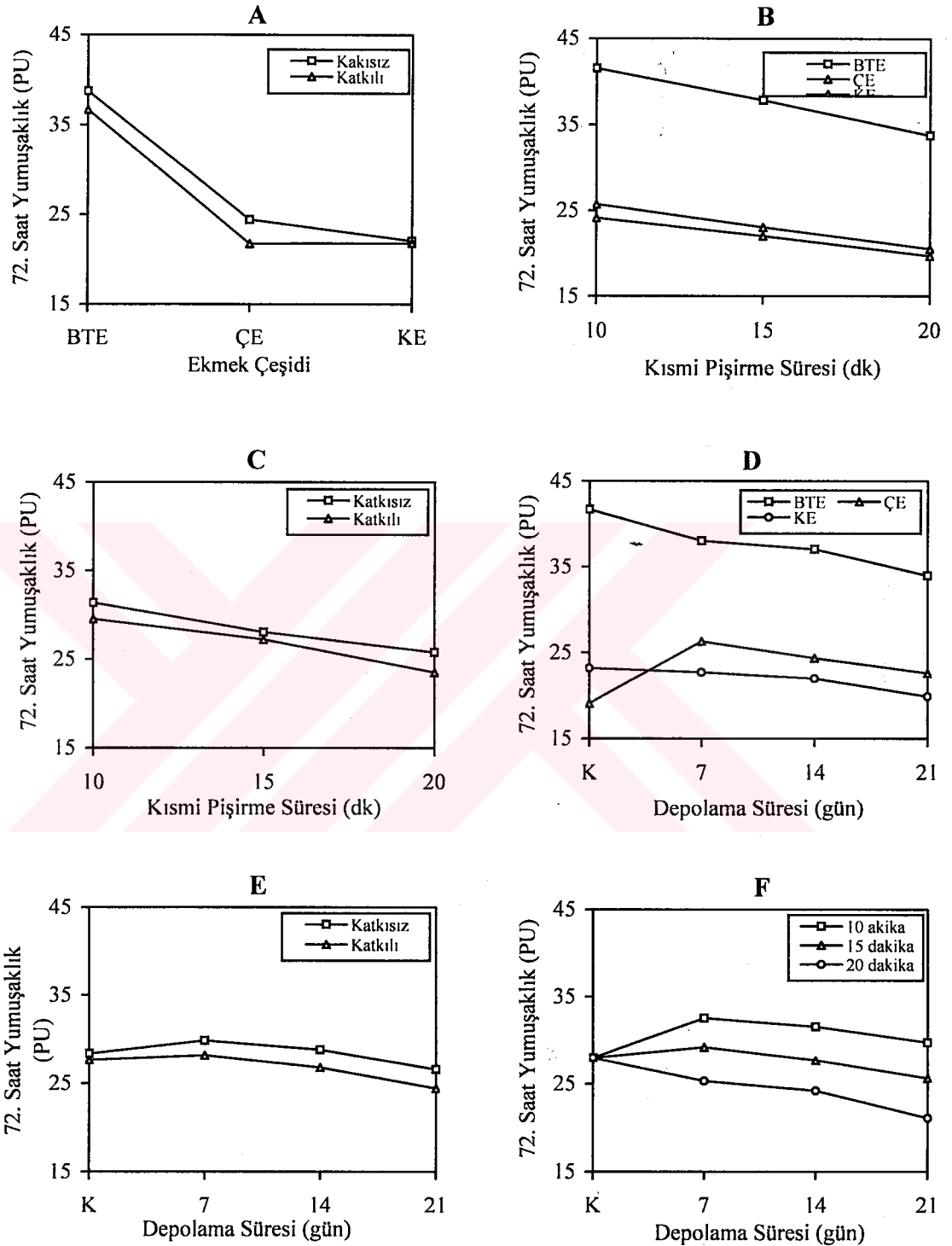
**Şekil 4.25.** Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek içi 48. saat yumuşaklık değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonları



Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek içi 72. saat yumuşaklık değeri üzerinde  $p<0.01$  seviyesinde önemli olan (çizelge 4.52) ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonlarının seyri şekil 4.26'da gösterilmiştir.

48.saat yumuşaklık değerlerinde, oda sıcaklığında depolamada olduğu gibi, buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde antimikrobiyal katkı uygulaması, her üç ekmek çeşidinin, bütün kısmi pişirme ve depolama sürelerinde, ekmek içi 72. saat yumuşaklık değerini düşürücü yönde etkili olmuştur (şekil 4.26.A, C, E).

Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde kısmi pişirme ve depolama sürelerindeki artış her üç ekmek çeşidinde de ekmek içinin 72. saat yumuşaklık değerini düşürücü yönde etkili olmuştur (şekil 4.26.B, D, F). Depolamanın 7. gününde 10 ve 15 dakikalık, 14. ve 21. gününde ise 10 dakikalık kısmi pişirme süreleri kontrol grubu ekmeklere göre daha yumuşak ekmek içi vermiştir.



**Şekil 4.26.** Buzdolabı sıcaklığında depolanan ekmeklerde ekmek içi 72. saat yumuşaklık değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x antimikrobiyal katkı (A), ekmek çeşidi x kısmi pişirme süresi (B), antimikrobiyal katkı x kısmi pişirme süresi (C), ekmek çeşidi x depolama süresi (D), antimikrobiyal katkı x depolama süresi (E) ve kısmi pişirme süresi x depolama süresi (F) interaksiyonları

## 5. SONUÇLAR

Araştırmada, 10, 15 ve 20 dakika kısmi pişirilmiş, antimikrobiyal madde katkılı ve katkısız, beyaz tava, kepekli ve çavdar ekmeği çeşitleri çift katlı polietilen torbalar ile ambalajlandıktan sonra oda sıcaklığında (20°C) 3, 5 ve 7 gün; buzdolabı sıcaklığında (4°C) 7, 14 ve 21 gün depolanmıştır. Depolama sonunda ikinci pişirme işlemi ile ekmeklerin pişirme süreleri kontrol grubu ekmeklerin pişirme sürelerine (25 dakika) tamamlanmıştır. Ekmekler, başta bayatlamamanın bir göstergesi olan yumuşaklık olmak üzere, mikrobiyolojik (Total aerobik mezofilik bakteri, koliform grubu bakteri, *Bacillus* sporu ve maya-küf sayısı), fiziksel ve kimyasal analizlere tabi tutulmuştur.

Araştırma verilerinin istatistiki olarak değerlendirilmesi neticesinde elde edilen bazı temel sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1. Hamur örneklerinde yaklaşık 8 log.CFU/g'a kadar çıkan TAMB ve maya-küf sayısı, kısmi pişmiş ekmeklerde 2 log.CFU/g seviyesine inmiştir. Kısmi pişmiş ekmeklerin depolanması ile özellikle oda sıcaklığında depolamada mikroorganizma sayılarında önemli derecede artış meydana gelmiştir. Ancak depolama sonrası uygulanan son pişirme işlemi, kaybolan ekmek içi tazeliğini tekrar oluşturmakla birlikte, ekmekte mikroorganizma sayılarının önemli derecede düşmesini sağlamıştır. Antimikrobiyal katkı maddesi uygulaması, beklenen etkiyi göstermiş, katkısız ekmeklere göre mikroorganizma sayılarını önemli derecede düşürmüştür. Oda sıcaklığında depolamada, depolamanın 3. gününden sonra ekmeklerde mikrobiyolojik yük çok hızlı artmış ve depolamanın 7. gününde ekmeklerde *Bacillus* sporlarının sebep olduğu sünme hastalığı görülmüştür. Oda sıcaklığında depolanan katkılı ekmekler ile buzdolabı sıcaklığında depolanan katkılı ve katkısız ekmekler mikrobiyolojik açıdan kaliteli bulunmuştur. Bu nedenle, kısmi pişirme yönteminde antimikrobiyal katkı maddesi kullanımının çok önemli olduğu, kullanılmaması durumunda kısmi pişmiş ekmeklerin mutlaka buzdolabı sıcaklığında depolanması gerektiği sonucuna varılmıştır.

2. Pişirme kaybı en düşük (%16.56) kontrol grubu, katkılı çavdar ve en yüksek (%23.73) katkısız, 15 dakika kısmi pişmiş ve oda sıcaklığında depolamanın 5. gününde beyaz tava ekmeğinde bulunmuştur. Antimikrobiyal uygulaması pişirme kaybını düşürmüştür. Kısmi pişirme ve depolama süreleri pişirme kaybı üzerinde önemli derecede etkili olmuş ve artması, ekmeklerde pişirme kaybını artırmıştır.
3. En yüksek spesifik hacim beyaz tava ekmeğinde belirlenirken, çavdar ve kepekli ekmekte beyaz tava ekmeğine göre daha düşük olmakla birlikte, birbirine yakın değerler elde edilmiştir. Antimikrobiyal katkı maddesi uygulaması her üç ekmek çeşidinde de spesifik hacmi düşürmüştür. Her iki depolama sıcaklığında da en yüksek spesifik hacim en uzun kısmi pişirme süresinde (20 dakika) elde edilmiştir.
4. Tekstür değerlendirmesi bakımından buzdolabında depolanan beyaz tava ekmeği en kaliteli bulunurken, oda sıcaklığında depolanmış kepekli ekmek en düşük çıkmıştır. Kısmi pişirme ve depolama süresinin artması ile oda sıcaklığında depolama, ekmeklerde tekstür kalitesini düşürmüştür. Buzdolabında depolamanın aksine, antimikrobiyal katkı uygulaması oda sıcaklığında depolanan ekmeklerde tekstürü iyileştirmiştir. Özellikle uzun depolama sürelerinde, oda sıcaklığında depolanan katkısız ekmeklerde görülen sünme ekmek içi tekstürünü bozmuştur. Oda sıcaklığında depolanacaksa, mikrobiyolojik ve tekstür kalitesi bakımından kısmi pişmiş ekmeklerde antimikrobiyal madde kullanımının zorunlu olacağı sonucuna varılmıştır.
5. Her iki depolama sıcaklığında da, çavdar ve kepekli ekmek birbirine yakın asitlik değeri verirken, beyaz tava ekmeğinde be değer en düşük bulunmuştur. Antimikrobiyal katkı olarak kullanılan kalsiyum propiyonat, propiyonik asit oluşturduğu için ekmelerde asitlik değerini yükseltmiştir. Kısmi pişirme ve depolama sürelerindeki artış ekmeklerde asitliğin artmasına sebep olmuştur.
6. Kabuk nem miktarı en yüksek kepekli ekmekte, en düşük beyaz tava ekmeğinde bulunmuştur. İlk pişirme ve depolama süresinin artması, ekmek içinden kabuğa nem transferinden dolayı ekmeklerde kabuk nemini artırmış, ekmek içi nem miktarını ise düşürmüştür. Ekmek içi nem miktarının düşmesi

ekmekte bayatlamayı artırdığı için kısmi pişirme ve depolama süresinin düşük tutulmasının önemli olduğu söylenebilir.

7. Antimikrobiyal katkı ve kısmi pişirme süresindeki artış her iki depolama sıcaklığında da ekmeklerin kabuk renginin koyulaşmasına sebep olurken, depolama süresinin artması ekmek kabuğunun koyuluğunu azaltmıştır.
8. Çavdar ve kepekli ekmeğe göre beyaz tava ekmeğinde ekmek içi hidrasyon kapasitesi artarken, buzdolabında depolama beyaz tava ve çavdar ekmeğinin aksine, kepekli ekmekte hidrasyon kapasitesini düşürmüştür. Kısmi pişirme ve depolama süresinin uzaması hidrasyon kapasitesini düşürmüştür. Araştırmada, genel olarak ekmek içi hidrasyon kapasitesini düşüren faktörler bayatlamayı da artırmıştır.
9. Beyaz tava ekmeği, her iki depolama sıcaklığında da en yüksek ekmek içi yumuşaklığını vermiştir. Buzdolabında depolama genel olarak ekmeklerde yumuşaklığı düşürmüştür. Ayrıca antimikrobiyal madde uygulaması ile kısmi pişirme ve depolama süresinin uzaması, bayatlamamanın en önemli göstergesi olan ekmek içi yumuşaklığının düşmesine sebep olmuştur. Mikrobiyolojik bozulmanın sorun teşkil etmediği buzdolabı sıcaklığında depolama yapılırsa, ekmek içi yumuşaklık kalitesi bakımından, kısmi pişmiş ekmek üretiminde antimikrobiyal madde kullanılmaması önerilebilir. Ayrıca kısmi pişirme ve depolama süresinin düşük tutulmasının kısmi pişirme yönteminde bayatlamayı geciktirdiği sonucuna varılmıştır. Depolama süresinin uzamasıyla ekmek içi yumuşaklığındaki düşüş beyaz tava ekmeğinin aksine çavdar ve kepekli ekmekte daha az olmuştur. Dolayısıyla kısmi pişirme yönteminin çavdar ve kepekli ekmeklerde ekmek içi yumuşaklığı bakımından daha iyi sonuç verdiği söylenebilir.
10. Genel bir sonuç olarak, kısmi pişirme yönteminin her üç ekmek çeşidine de uygulanabileceği söylenebilir. 10 ve 15 dakika kısmi pişirilmiş, oda sıcaklığında 3 ve 5 gün, buzdolabı sıcaklığında 7 ve 14 gün depolandıktan sonra son pişirmeye tabi tutulan ekmekler, ekmek içi tazeliği bakımından kontrol grubu ekmeklere yakın veya daha üstün kalitede olmuşlardır. Bu nedenle kısmi pişmiş ekmek üretiminde yukarıda belirtilen kısmi pişirme ve depolama sürelerinin kullanılması tavsiye edilebilir. Ayrıca, depolamanın oda sıcaklığında yapılması durumunda, mikrobiyolojik kalite bakımından antimikrobiyal madde kullanımının gerekli olduğu unutulmamalıdır.

**KAYNAKLAR**

- AACC, 1967. International Association for Cereal Chem. (ICC), Approved Methods, Detmold.
- Anonymous, 1996. A guide to baking preservatives. Lallemand Baking Update. American Yeast Sales: 1 (1).
- Anonymous, 2001. Influence of baking condition on part-baked bread properties. AACC Annual Meeting, Charlotte Convention Center 370.
- AACC, 1972. Approved Methods. Of The American Association of Cereal Chem.
- Axford, D. W. E., Colwell K. H., Confor S. J. and Elton G. A. H., 1968. Effect of loaf volume on the rate and extend of staling in bread. J. Sci. Agric., 19, 95-97.
- Bağdatlıoğlu, N. ve Hışıl Y., 1993. Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarında oluşan lezzet bileşikleri. Gıda, 18 (2), 111-116.
- Baik, M. and Chinachoti P., 2000. Moisture redistribution and phase transitions during bread staling. Cereal Chem., 77 (4), 484-488.
- Bailey, C. P. and Von Holy A., 1993. *Bacillus* spore contamination associated with commercial bread manufacture. Food Microbiol., 10, 287-294.
- Banecki, H., 1983. Moisture content of starch and gluten in bread crumb. Getreide Mehl Brot, 37,153.
- Baumgart, J., Firnhaber J. and Spacher G., 1993. Microbiologische Untersuchung von Lebensmitteln. Behr's Verlag. Hamburg, Germany.
- Bechtel, W. G. and Meisner D. F., 1954. Staling studies of bread made with flour fractions. III. Effect of crumb moisture and tailing starch. Cereal Chem., (abst.) 31, 176-181.
- Bechtel, D. B., Pomeranz Y. and De Francisco A., 1978. Breadmaking studied by light and transmission electron microscopy. Cereal Chem., 55, 392-395.
- Berglund, P. T. and Shelton D. R., 1993. Effect of frozen storage duration on firming properties of breads baked from frozen dough. Cereal Foods World, 38 (2), 89-91.
- Beuchat, L. R., 1981. Microbial stability as affected by water activity. Cereal Foods World, 26 (7), 345-349.

- Black, R., Quarl G., Reyes K. J., Kuzyk V. M. and Ruddick L., 1993. Shelf-life extension of pita bread by modified atmosphere packaging (abst.). *Food Aust.*, 45, 387-391.
- Boyacıoğlu, H., 1993. Ekmegin bayatlaması, tanımı, teoriler, tayin yöntemleri ve yavaşlatma yolları. *Unlu Mamüller Dünyası*, 2(2), 15-18.
- Brady, P. L. and Mayer S. M., 1985. Correlations of sensory and instrumental measures of bread texture. *Cereal Chem.*, 62 (1), 70-72.
- Bushuk, W. and Hlynka I., 1964. Water as a constituent of flour, dough, and bread. *Baker's Dig.*, 38 (6), 43- 48.
- Campbell, J and Hill S., 1991. Nutritional characteristics of organic, freshly stone-ground, sourdough & - conventional breads. *Ecological Agriculture Projects*, Publication-35.
- Corsetti, A., Gobetti M., Balestrieri F., Russi L. and Rossi J., 1998. Sourdough lactic acid bacteria effects on bread firmness and staling. *J. Food Sci.*, 63 (2), 347-351.
- Czuchajowska, Z., Pomeranz Y. and Jefers H. C., 1989. Water activity and moisture of dough and bread. *Cereal Chem.*, 66 (2), 128-132.
- Czuchajowska, Z. and Pomeranz Y., 1989. Differential Scanning Calorimetry, water activity, and moisture contents in crumb center and near-crust zones of bread during storage. *Cereal Chem.*, 66 (4), 305-309.
- D'Appolonia, B. L. and Youngs V. L., 1978. Effect of bran and high-protein concentrate from oats on dough properties and bread quality. *Cereal Chem.*, 55 (5), 736-743.
- D'Appolonia, B. L. and Morad M. M., 1981. Bread staling. *Cereal Chem.*, 58 (3), 186-190.
- D'Appolonia, B. L., 1984. Factors for consideration in bread staling. *Baking Sci. And Tech.*, September, 27-28.
- Denli, E. ve Ercan R., 2001. Effect of added pentozans isolated form wheat and rye grain on some properties of bread. *Eur. Food Res. Tech.*, 212, 374-.
- Downey, G., 1988. Proximate analysis of a selection of brown breads commercially produced in the republic of Ireland. *Irish J. Agric. and Food Research*, 12, 13-23.
- Dresse, P. C., Faibon J. M. and Hosenev R. C., 1988. Dynamic reological properties of flour, gluten and gluten-starch dough. *Cereal Chem.*, 65(4), 348-353.

- El-Samahy, S. K. and Tsen C. C., 1981. Effects of varying baking temperature and time on the quality and nutritive value of balady bread. *Cereal Chem.*, 58 (6), 546-548.
- Elgün, A., 1982. Ekmek yapım eknolojisi ve ekmekçiliğimiz. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 13 (1-2), 153-164.
- Elgün, A., Ertugay Z., Certel M. ve Kotancılar H.G., 1999. Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü ve Laboratuar Uygulama Kavuzu. (2.Baskı) Atatürk Üniversitesi Yayın No: 867, Ziraat Fakültesi Yayın No:335, Ders Kitapları Serisi No:82. Erzurum. s:245.
- Elgün, A. ve Ertugay Z., 2000. Tahıl İşleme Teknolojisi. Atatürk Üniv. Ziraat .Fak., Yayın No: 97, Erzurum, s 481.
- Eliasson, A. C. and Hegg P. O., 1980. Thermal stability of wheat gluten. *Cereal Chem.*, 57 (6), 436-437.
- Ellis, W. O., Obubuafo A. K., Ofosu-Okyere A., Marfo E. K., Osei-Agyemang K. and Odame-Darkwah J. K., 1997. A survey of bread defects in Ghana. *Food Control*, 8 (2), 77-82.
- Ertugay, Z., 1983. Ekmek aromasının oluşumu, kaynakları ve aroma oluşumunu etkileyen faktörler. Atatürk Üniv. Ziraat .Fak., Dergisi, 14 (1-2), 129-137.
- Ertugay, Z., Elgün A., Kotancılar H. G. ve Aydın F., 1992. Farklı normlarla uygulanan kısa süreli hamur işleme metotlarının francala ekmeği üretiminde kullanım imkanları üzerine araştırmalar. *Gıda* 17 (6), 375- 386.
- Ercan, R. ve Bildik E., 1993. Ekmeğin bayatlaması ve etki yapan faktörler. *Un Mamülleri Dünyası*, 2 (1), 10-14.
- Faridi, H. A. and Rubenthaler G. L., 1984. Effect of baking time and temperature on bread quality, starch gelatinization, and staling of egyptian balady bread. *Cereal Chem.*, 61 (2), 151-154.
- Farmiloe, F. J., Cornford S. J., Coppock J. B. M. and Ingram M., 1954. The survival of *Bacillus subtilis* spores in the baking of bread. *J. Sci. Food Agric.*, 5, 2292-304.
- Fearn, T. and Russel P. L., 1982. A kinetic study of bread staling by differential scanning calorimetry. The effect of spesific loaf volume. *J. Sci. Fooof Agric.*, 33, 537-548.



- Fessas, D. and Schiraldi A., 1998. Texture and staling of wheat bread crumb: effects of water extractable proteins and pentozans. *Thermochimica Acta*, 323, 17-26.
- Fik, M. and Macura R., 2001. Quality changes during frozen storage and thawing of mixed bread. *Nahrung*, 45 (2) 138-142.
- Lund, F., Filtenborg O., Westall S. and Frisvad J. C., 1996. Associated mycoflora of rye bread. *Letters in Applied Microbiology*, 23 (4) 213-217.
- Finney, P. L., Henry S. and Jeffers H., 1985. Effect of wheat variety, flour grinding and egg yolk on whole wheat bread quality. *Cereal Chem.*, 62 (3), 170-173.
- Garcia-Esteva, R. M., Guerra-Hernandez E. and Garcia-Villanova B., 1999. Phytic acid content in milled cereal products and breads. *Food Research International*, 32, 217-221.
- Ghiasi, K., Hosney R. C., Zeleznok K. and Rogers D. E., 1984. Effect of barley starch and reheating on firmness of bread crumb. *Cereal Chem.*, 61 (4), 281-285.
- Gil, M. J., Callejo M. J. and Rodriguez G., 1997. Effect of water content and storage time on white pan bread quality: instrumental evaluation. *Z. Lebensm. Unters Forsch.*, 205, 268-273.
- Giovanelli, G., Peri C. and Borri V., 1997. Effects of baking temperature on crumb-staling kinetics. *Cereal Chem.*, 74 (6), 710-714.
- Graber, S., 1999. Influence of enzyme treatment on the rheology of rye doughs. *Nahrung*, 43 (4), 249-252.
- Grasten, S. M., Juntunen K. S., Poutanen K. S., Gylling H. K., Miettinen T. A. and Mykkanen H. M., 2000. Rye bread improves bowel function and decreases the concentrations of some compounds that are putative colon cancer risk markers in middle-aged women and men. *J. Nutrition*, 130, 2215-2221.
- Gustafson, N. J., 1985. Wheat foods in the American diet. *Cereal Foods World*, 30 (12), 831-835.
- Hansen, H. B., Anderson M. F., Nielsen M. M., Larsen M. M., Bach Knudsen K. E., Meyer A. S., Christensen L. P. and Hansen A., 2001. Changes in dietary fiber, phenolic acids and activity of endogenous enzymes during rye bread-making. *European Food Research and Tech.*, 1 November.
- Harland, B. F. and Harland J., 1980. Fermentative reduction of phytate in rye, white, and whole wheat breads. *Cereal Chem.*, 57 (3), 226-229.

- He, H. and Hosney R. C., 1990. Changes in bread firmness and moisture during long-term storage. *Cereal Chem.*, 67, 603-605.
- He, H. and Hosney R. C., 1991a. Gas retention in bread dough during baking. *Cereal Chem.*, 68 (5), 521-525.
- He, H. and Hosney R. C., 1991b. Gas retention of different cereals flours. *Cereal Chem.*, 68 (4), 334-336.
- Hebeda, R. E., Bowles L. K. and Teague W. M., 1991. Use of intermediate stability enzymes for retarding staling in bread goods. *Cereal Foods World*, 36 (8), 619-624.
- Inagaki, T. and Seib T., 1992. Firming of bread crumb with cross-linked waxy barley starch substituted for wheat starch. *Cereal Chem.*, 69 (3), 321-325.
- Jackel, S., 1980. Natural breads may cause microbiological problems. *Bakery Production and Marketing*, 15, 138.
- Karaoğlu, M. M. ve Kotancılar H. G., 2000. Tahıl ürünlerinin sağlığımız açısından önemi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32 (1), 101-108.
- Kay, M. and Wilhoft E. M. A., 1972. Bread staling. IV. Electrical properties of the crumb during staling. *J. Sci. Food Agric.*, 23, 321-327.
- Kim, S. K. and D'Appolonia B. L., 1977. Bread staling studies. II. Effect of protein content and storage temperature on the role of starch. *Cereal Chem.*, 54 (2), 216-220.
- Knightly, W. H., 1977. The staling of bread. A review. *Baker's Dig.*, 51(5), 52-56.
- Knorr, D. and Tomlis R. I., 1985. Effect of carbon dioxide modified atmosphere on the compressibility of stored baked goods. *J. Food Sci.*, 50, 1172-1176.
- Kotancılar, H. G., 1995. Farklı Ambalajarda Depolanan Katkılı ve Katkısız Unlarda Meydana Gelen Fiziksel, Kimyasal ve Fizikokimyasal Değişikliklerin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar. *Atatürk Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi)*, Erzurum.
- Kotancılar, H. G., Çelik İ. ve Ertugay Z., 1995. Ekmegin besin değeri ve beslenmedeki önemi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26 (3), 431-442.
- Kou, Y. and Chinachoti P., 1991. Structural damage in bread staling as detected by recoverable work and stress-strain model analysis. *Cereal Foods World*, 36 (10), 888-892.

- Lai, C. S., Hosney R. C. and Davis A. B., 1989a. Effects of wheat bran. *Cereal Chem.*, 66 (3), 217-219.
- Lai, C. S., Davis A. B and Hosney R. C., 1989b. Production of whole wheat bread with good loaf volume. *Cereal Chem.*, 66 (3), 224-227.
- Lai, C. S., Hosney R. C. and Davis A. B., 1989c. Functional effect of shorts in breadmaking. *Cereal Chem.*, 66 (3), 220-223.
- Lehrfeld, J., 1994. HPLC separation and quantification of phytic acid and some inositol phosphates in foods: problems and solutions. *J. Agric. Food Chem.*, 42, 2726-2731.
- Leinonen, K. S., Poutanen K. S. and Mykkanen H. M., 2000. Rye bread decreases serum total and LDL cholesterol in men with moderately elevated serum cholesterol. *J. Nutrition*, 130, 164-170.
- LeMeste, M., Huang V. T., Panama J., Anderson G. and Lentz R., 1992. Glass transition of bread. *Cereal Foods World*, 37 (3), 264-266.
- Leon, A., Duran E. and Barber C. B., 1996. A new approach to study starch changes occurring in the dough-baking process and during bread storage. *Z. Lebensm. Unters Forsch.*, 204, 316-320.
- Leung, H. K., Magnuson J. A. and Bruinsma B. L., 1983. Water binding of wheat flour doughs and breads as studied by deuterium relaxation. *J. Food Sci.*, 48, 95-99.
- Leuschner, R. G., Wehrle K. and Arendt E. K., 1996. Development of a part-baked brown soda bread. *J. Agric. and Food Research*, 35, 199-200.
- Leuschner, R. G. K., O'Callaghan M. J. A and Arendt E. K., 1997. Optimization of baking parameters of part-baked and rebaked Irish brown soda bread by evaluation of some quality characteristics. *Int. J. Food Sci. Tech.*, 32, 487-493.
- Leuschner, R. G. K., O'Callaghan M. J. A. and Arendt E. K., 1998. Bacilli spoilage in part-baked and rebaked brown soda bread. *Int. J. Food Sci. Tech.*, 65 (5), 915-918.
- Leuschner, R. G. K., O'Callaghan M. J. A. and Arendt E. K., 1999. Moisture and microbial quality of part-baked breads as related to storage and rebaking conditions. *Int. J. Food Sci. Tech.*, 64 (3), 543-546.

- Lin, D. D. and Chen T. C., 1995. Relative antifungal efficacies of phosphoric acid and other compounds on fungi isolated from poultry feed. *Animal Feed Sci. and Tech.*, 54, 217-226.
- Lineback, D. R. ve Wongsrikasem E., 1980. Gelatinization of starch in baked products. *J. Food Sci.*, 45, 71-74.
- Lund, F., Filtenborg O., Westall S. and Frisvad J. C., 1996. Associated mycoflora of rye bread. *Letters in Applied Microbiology*, 23 (4), 213-217.
- Maleki, M., Hosney R. C. and Mattern P. J., 1980. Effects of loaf volume, moisture content, and protein quality on the softness and staling rate of bread. *Cereal Chem.*, 57 (2), 138-140.
- Martin, M. L. and Hosney R. C., 1991. A mechanism of bread firming. II. Role of starch hydrolyzing enzymes. *Cereal Chem.*, 68 (5), 503-507.
- Martin, M. L., Zeleznak K. J. and Hosney R. C., 1991. A mechanism of bread firming. I. Role of starch swelling. *Cereal Chem.*, 68 (5), 498-503.
- Matinez-Anaya, M. A., 1996. Enzymes and bread flavor. *J. of Agric. and Food Chem.*, 44 (9), 2470-2480.
- Mettler, E. and Seibel W., 1995. Optimizing of rye bread recipes containing Monodiglyceride, guar gum, and carboxymethylcellulose using a maturograph and an ovenrise recorder. *Cereal Chem.*, 72 (1), 109-115.
- Meyer, S. and Calloway D. H., 1977. Gastrointestinal response to oat and wheat milling fractions in older women. *Cereal Chem.*, 54 (1), 110-119.
- Moder, G. J., Finney K F., Bruinsma B. L., Ponte J. G and Bolte L. C., 1984. Bread-making potential of straight-wheat flours of Triumph and eagle-plainsman V hard red winter whetas. *Cereal Chem.*, 61 (4), 269-273.
- 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 Chem.*, 57 (2), 141-144.
- Nelles, E. M., Randall P. G. and Taylor J. N. R., 1998. Improvement of brown bread quality by prehydration treatment and cultivar selection of bran. *Cereal Chem.*, 75 (4), 536-540.

- Nilson, M., Aman P., Harkönen H., Hallmans G., Bach Knudsen K. E., Mazur W. and Adlercreutz H., 1997. Concent of nutrients and lignans in roller-milled fractions of rye. *J. Sci. Food Agric.*, 73, 143-148.
- Osterwind, G. and Pagenstedt B., 1982. Herstellung und vertriben von vorgebackenen backwaren. *Getreide Mehl und Brot*, 36, 97-102.
- Özboy, Ö. ve Köksel H., 1997. Unexpected strengthening effects of a coarse wheat bran on dough rheological properties and baking quality. *J. Cereal Sci.*, 25, 77-82.
- Özer, M. S., 1988. Kepekli ekmeklerin bazı niteliklerinin incelenmesi ve kalitelerinin iyileştirilmesi olanakları. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Doktora Tezi), Adana.
- Özkaya, H., 1986. Buğday, un ve ekmeğin besin değeri ve ekmeğin zenginleştirilmesi. *Gıda*, 11 (3), 165-173.
- Özkaya, H. ve Kahveci B. 1990. Tahıl ve Ürünleri Analiz Yöntemleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No: 14. Ankara. s.152.
- Özkaya, H., 1992. Ekmeğin beslenmedeki önemi ve ekmeğin türlerinin sağlık açısından farklılıkları. *Unlu Mamüller Dünyası*, 1 (5), 9-15.
- Persaud, J. N., Faubion J. M. and Ponte J. G., 1990. Dynamic rheological properties of bread crumb. I. Effects of storage time, temperature, and position in the loaf. *Cereal. Chem.*, 67 (1), 92-96.
- Piazza, L. and Masi P., 1995. Moisture redistribution throughout the bread loaf during staling and its effect on mechanical properties. *Cereal Chem.*, 72 (3), 320-325.
- Pisesookbunternrg, W. and D'Appolonia B. L., 1983. Bread staling studies. I. Effect of surfactant on moisture from crumb to crust and firmness value of bread crumb. *Cereal Chem.*, 60 (4), 298-301.
- Pisesookbunternrg, W., D'Appolonia B. L and Kulp K., 1983. Bread staling studies. I. The role of refreshing. *Cereal Chem.*, 60 (4), 301-305.
- Pomeranz, Y., Shogren M. D., Finney K. F. and Bechtel D. B., 1977. Fiber in breadmaking – effects on functional properties. *Cereal Chem.*, 54 (1), 25-41.
- Pomeranz, Y., Meyer D. and Seibel W., 1984. Wheat, wheat-rye, and rye dough and bread studied by scanning electron microscopy. *Cereal Chem.*, 61 (1), 53-59.
- Ponte, J. G. J., Titcomb S. T. and Cotton R. H., 1963. Some effects of oven temperature and malted barley flour level on breadmaking. *Baker's Dig.*, 37 (3), 44-48.

- Puhr, D. P. and D'Appolonia B. L., 1992. Effect of baking absorption on bread yield, crumb moisture, and crumb water activity. *Cereal Chem.*, 69 (5), 582-586.
- Ragae, S. M., Campbell G. L., Scoles G. L., McLeod J. G. and Tyler R. T., 2001. Studies on rye (*Scale cereale L.*) lines exhibiting a range of extract viscosities. 2. Rheological and baking characteristics of rye and rye/wheat blends and Feeding value for chicks of wholemeals and breads. *J. Agric. Food Chem.*, 49, 2446-2453.
- Ranhotra, G. S. and Gelroth J., 1988. Soluble and total dietary fiber white bread. *Cereal Chem.*, 65 (2), 155-156.
- Ranhotra, G. S., Gelroth J. A., Astroth K. and Posner E. S., 1990. Distribution of total and soluble fiber in various millstreams of wheat. *J. Food Sci.*, 55 (5), 1349-1351.
- Rao, P. H. and Rao H. M., 1991. Effect of incorporating wheat bran on the rheological characteristics and bread making quality of flour. *J. Food Sci. Tech.*, 28, 92-97.
- Rasco, B. A., Borhan M., Yegge J. M., Lee M. H., Siffring K. and Bruinsma B., 1991. Evaluation of enzyke and chemical treated wheat bran ingredients in yeast-raised breads. *Cereal Chem.*, 68 (3), 295-299.
- Robert, T. and Graham L., 1999. Recommended storage for various food. Food Safety, publication,3, 348-360.
- Rogers, D. and Hosney R. C., 1982. Problems associated with producing whole wheat bread. *Cereal Foods World*, 27 (9), 451-452.
- Rogers, D. E., Zeleznak K. J., Lai C. S. and Hosney R. C., 1988. Effect of native lipids, shortening, and bread moisture on bread firming. *Cereal Chem.*, 65 (5), 398-401.
- Rogers, D. E., Doescher L. C. and Hosney R. C., 1990. Texture charecteristics of reheated bread. *Cereal Chem.*, 67 (2), 188-191.
- Rognerud, G., Wilsher B., Oybo A. M. and Frolich W., 1986. Sensory and nutritional properties in one variety of Norwegian whole garin bread. *Cereal Chem.*, 63 (3), 207-209.
- Rosenkvist, H. and Hansen A., 1995. Contamination profiles and characteristics of *Bacillus* species in wheat bread and raw materials for bread production. *Int. J. Of Food Mic.*, 26, 353-363.

- Russel, P., 1985. *The Master Baker's Book of Breadmaking*, 2 nd ed.
- Salmenkallio-Martilla, M., Katina K. and Autio K., 2001. Effects of bran fermentation on quality and microstructure of high-fiber wheat bread. *Cereal Chem.*, 78 (4), 429-435.
- Saygın, E., 1972. Buğday ekmeğinin bayatlaması üzerine araştırmalar. Ege Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, No:175. İzmir.
- Schiraldi, A., Piazza L. and Riva M., 1996. Bread staling: a calorimetric approach. *Cereal Chem.*, 73 (1), 32-39.
- Sidhu, J. S., Al\_Sager J. and Al\_Zenki S., 1997. Comparison of methods for the assessment of the extent of staling in bread. *Food Chem.*, 58 (1-2), 161-167.
- Sidhu, J. S., Al-Hooti S. N. and Al-Sager J. M., 1999. Effect of adding wheat bran and germ fractions on the chemical composition of high-fiber toast bread. *Food Chem.*, 67, 365-371.
- Siljeström, M., Björck I., Eliasson A., Lönner C., Nyman M. and Asp N., 1988. Effects on polysaccharides during baking and storage of bread-in vitro and in vivo studies. *Cereal Chem.*, 65 (1), 1-8.
- SPSS, SPSS for Windows Release 10.0.1, 1999. SPSS Inc.
- Srikumar, T. S., 2000. Effects of compustion of white bread and brown bread on the concentrations of fecal bile acids and neutral steroids and on fecal enzyme activities. *Nutrition Research*, 20 (3), 327-333.
- Stenberg, R. J. and Geddes W. F., 1960. Some chemical changes which accompany the browning of canned bread during storage. *Cereal Chem.*, 37, 614-617.
- Stöllman, U. and Lundgren B., 1987. Texture changes in white bread: effects of processing and storage. *Cereal Chem.*, 64 (4), 230-236.
- Ünlütürk, A., Turantaş F., Acar J., Karapınar M., Temiz A., Aktuğ Gönül Ş. ve Tunçel G., 1999. *Gıda Mikrobiyolojisi*. Mengi Tan Basımevi, Çınarlı-İzmir, s598.
- Viljoen, C. R., Holy A. V. and Von H. A., 1997. Microbial population associated with commercial bread production. *J. of Microbiology*, 37 (6), 439-444.
- Vittadini, E., Chen X. J. and Chinachoti P., 1996. Thermomechanical changes during reheating pizza shells as related to heating method. *J. Food Sci.*, 61 (5), 990-994.
- Wall, J. S., 1971. A review of the composition, properties, and distribution of some important wheat flour constituents. *Cereal Sci. Today*, 16, 412-418.

- Willhoft, E. M. A., 1971. "Bread staling. III. Measurement of the redistribution of moisture in bread by gravimetry. *J. Sci. Food Agric.*, 22, 647-649.
- Willhoft, E. M. A., 1973. Recent developments on the bread staling problem. *Bakers Dig.*, 47 (6), 14.
- Yasunaga, T., Bushuk W. and Irvien G. N., 1968. Gelatinization of starch during bread baking. *Cereal Chem.*, (abst.) 45, 269.
- Zeleznaek, K. J. and Hosney R. C., 1986. The role of water in the retrogradation of wheat starch gels and bread crumb. *Cereal Chem.*, 63, 407-411.





## ÖZGEÇMİŞ

Erzurum'da 1969 yılında doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Erzurum'da tamamladı. 1989 yılında girdiği Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Bilimi ve Teknolojisi Bölümü'nden 1994 yılında mezun oldu. Ekim 1995-Eylül 1998 yılları arasında, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimini tamamladı.

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde 1995 yılından beri Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.



**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**