



**HAMBURGER EKMEĞİNİN RAF ÖMRÜ ÜZERİNE
KORUYUCU, RADYO FREKANSI VE OKSİJEN EMİCİ
KULLANIMININ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Kübra ÇAKIROĞLU

Danışman: Prof. Dr. Mustafa Fatih ERTUGAY

Doktora Tezi

Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

2020

(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**HAMBURGER EKMEĞİNİN RAF ÖMRÜ ÜZERİNE KORUYUCU, RADYO
FREKANSI VE OKSİJEN EMİCİ KULLANIMININ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

(Investigation of the Effects of Preservative, Radio Frequency and Oxygen Absorber on the Shelf Life of Hamburger Bread)

DOKTORA TEZİ

Kübra ÇAKIROĞLU

Danışman: Prof. Dr. Mustafa Fatih ERTUGAY

Erzurum
Kasım, 2020

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü

TEZ KABUL VE ONAY TUTANAĞI

HAMBURGER EKMEĞİNİN RAF ÖMRÜ ÜZERİNE KORUYUCU, RADYO FREKANSI
VE OKSİJEN EMİCİ KULLANIMININ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Prof. Dr. M. Fatih ERTUGAY danışmanlığında, Kübra ÇAKIROĞLU tarafından hazırlanan bu çalışma, 18/11/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Gıda Mühendisliği Bilim Dalı'nda Doktora tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Prof. Dr. M. Murat KARAOĞLU
Atatürk Üniversitesi

Danışman: Prof. Dr. M. Fatih ERTUGAY
Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi

Jüri Üyesi: Prof. Dr. Mehmet ERTUĞRUL
Atatürk Üniversitesi

Jüri Üyesi: Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ
Akdeniz Üniversitesi

Jüri Üyesi: Doç. Dr. İlyas ÇELİK
Pamukkale Üniversitesi

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Mehmet KARAKAN
Enstitü Müdürü

BAP (Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi) projeleri kapsamında desteklenmiştir.
Proje No: FEN-A-080715-0171

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Doktora Tezi olarak *Prof. Dr. MustafaFatih ERTUGAY* danışmanlığında sunulan “Hamburger ekmeğinin raf ömrü üzerine koruyucu, radyo frekansı ve oksijen emici kullanımının etkilerinin incelenmesi ” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	3	30
Kuramsal Temeller	4	30
Materyal ve Yöntem	17	35
Bulgular	11	20
Tartışma	3	20
Tezin Geneli	10	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Kübra ÇAKIROĞLU	Prof. Dr. Mustafa Fatih ERTUGAY
16.12.2020	16.12.2020

* Tez ile ilgili YÖKTEZ’de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın düzenlenmesi, yürütülmesi ve sonuçların değerlendirilmesinde, bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım, bana yol gösteren ve destekleyen değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mustafa Fatih ERTUGAY'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalar esnasında desteğini benden esirgemeyen bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım değerli hocam Sayın Prof. Dr. M. Murat KARAOĞLU'na ve değerli katkılarından dolayı tez izleme komitesi üyelerinden Sayın Prof. Dr. Mehmet ERTUĞRUL hocama teşekkür ederim.

Çalışma süresince yardımlarından dolayı Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mert KARAOĞLAN ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi İlyas ATALAR'a ve Trabzon Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü'ndeki çalışma arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Hamburger ekmeği üretimi konusundaki desteklerinden dolayı Öztadal Unlu Gıda Mamulleri Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti'ne, ambalaj temini için Yenipak Ambalaj Sanayi'ye, Oksijen emici temini için ITOCHU Corporation İstanbul Branch'a ve vermiş oldukları maddi desteklerden dolayı Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projesi Koordinasyon Birimine teşekkür ederim.

Hayatımın her evresinde olduğu gibi doktora eğitimim süresince de gösterdikleri özveri, ilgi, sabır, maddi ve manevi desteklerinden dolayı annem, babam ve kardeşlerime, desteklerini eksik etmeyen sevgili eşim'e ve varlığıyla hayatıma anlam katan biricik oğlum Gökalp'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Kübra ÇAKIROĞLU

ÖZET

DOKTORA TEZİ

HAMBURGER EKMEĞİNİN RAF ÖMRÜ ÜZERİNE KORUYUCU, RADYO FREKANSI VE OKSİJEN EMİCİ KULLANIMININ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Kübra ÇAKIROĞLU

Danışman: Prof. Dr. Mustafa Fatih ERTUGAY

Amaç: Çalışmada farklı düzeylerde koruyucu (%0, %0,1 ve %0,2 kalsiyum propiyonat), sıcak hava yardımcı radyo frekansı uygulaması (RF) ve oksijen emici (OA) kullanımının ayrı ayrı ve birlikte uygulanmasıyla yapılan işlemlerin hamburger ekmeğinin raf ömürleri üzerindeki etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yöntem: Radyo frekansı sistemi için optimum koşullar merkezi yanıt yöntemi ile belirlenmiştir. Hamburger ekmeğine depolama süresince (1., 7., 14., 21. ve 28. gün) pH, nem, su aktivitesi, toplam maya ve küf, toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısı, rop sporu, Enterobacteriaceae, koliform, *B. cereus*, *Cl. perfringens*, tekstür ve duyu analizi yapılmıştır. Üretim sonrası en ideal örneğin belirlenmesinde çok kriterli karar verme tekniği olan TOPSIS yönteminden yararlanılmıştır.

Bulgular: Optimum radyo frekansı 105 mm/55 s olarak belirlenmiştir. Örneklerin pH ve nem değerleri depolamayla birlikte azalırken su aktivitesi değerleri nispeten stabil kalmıştır. *B. cereus* <2 log kob/g, rop sporu <30 EMS/g, Enterobacteriaceae ve koliform <1 log kob/g olarak bulunmuştur. *Cl. perfringens* ise OA kullanılan örneklerde depolama sonunda analiz edilmiş ve yöntem tespit limitinin altında (<1 log kob/g) bulunmuştur. Depolama süresince tüm örneklerin toplam maya ve küf sayısı <2 – 6,07 log kob/g, TAMB sayısı <1 – 6,28 log kob/g olarak saptanmıştır. Depolama ile birlikte sertlik ve çiğnenebilirlik değerleri artmış, kohesivlik değerleri azalmış, esneklik değerleri ise nispeten stabil bir davranış göstermiştir. OA ilavesi ve RF uygulamasının genel kabul edilebilirlik değerleri üzerine etkisi 7. günden sonra anlamlı bulunmuştur (p<0,05).

Sonuç: %0,1 ve %0,2 oranında kalsiyum propiyonat içeren, RF uygulanan ve OA kullanılan örnekler en uzun raf ömrüne (>28 gün) sahip olmuştur. RF uygulaması, OA kullanımı ve bunların kombinasyonunun hamburger ekmeğinin raf ömrünün uzamasında etkili bir yöntem olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Radyo frekansı, oksijen emici, hamburger ekmeği

Kasım 2020, 119 sayfa

ABSTRACT

DOCTORAL DISSERTATION

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF PRESERVATIVE, RADIO FREQUENCY AND OXYGEN ABSORBER ON THE SHELF LIFE OF HAMBURGER BREAD

Kübra ÇAKIROĞLU

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa Fatih ERTUGAY

Purpose: In this study, it was aimed to determine the effect of different levels of preservatives (0%, 0.1% and 0.2% calcium propionate), air assisted radio frequency application (RF) and the use of oxygen absorbers (OA) separately and their combinations on the shelf life of hamburger breads.

Method: Optimum conditions for the radio frequency system were determined by the central response method. pH, humidity, water activity, total yeast and mold, total aerobic mesophilic bacteria (TAMB) count, rope spore, Enterobacteriaceae, coliform, *B. cereus*, *Cl. perfringes*, texture and sensory analysis were made during the storage period of hamburger breads (1st, 7th, 14th, 21st and 28th days). The TOPSIS method, a multi-criteria decision making technique, was used to determine the most ideal sample after production.

Findings: The optimum radio frequency has been determined as 105 mm / 55 sec. While the pH and humidity values of the samples decreased with storage, the water activity values remained relatively stable. *B. cereus*, rope spore, Enterobacteriaceae and coliform were found as <2 log cfu / g, <30 MPN/ g and <1 log cfu / g, respectively. *Cl. perfringes* were analyzed at the end of storage in samples with OA and was found to below of the method detection limit (<1 log cfu / g). During storage, total yeast and mold counts of all samples were <2 - 6.07 log cfu / g, aerobic mesophilic bacteria count was <1 - 6.28 log cfu / g. With storage, the hardness and chewiness values increased, the cohesiveness values decreased, and the flexibility values showed a relatively stable behavior. The effect of OA and RF treatments on the general acceptability values was found to be significant after the 7th day.

Results: Samples containing 0.1% and 0.2% preservatives, RF application and using OA had the longest shelf life (> 28 days). RF application, OA and their combinations were found to be an effective method for extending the shelf life of hamburger bread.

Keywords: Radio frequency, oxygen absorber, hamburger bread

November 2020, 119 pages

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAY TUTANAĞI	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ	xv
GİRİŞ.....	1
KURAMSAL TEMELLER.....	6
Kimyasal Koruyucular	6
Oksijen Emiciler.....	7
Radyo Frekanslı	9
Ekmek ve Kalite Özellikleri.....	10
MATERYAL ve METOT	13
Materyal	13
Hamburger Ekmeği Üretimi.....	14
Radyo Frekanslı Sistemi	15
Radyo frekanslı sistemi koşullarının belirlenmesi	16
Radyo frekanslı sisteminin mikrobiyal inaktivasyon üzerine etkisinin belirlenmesi.....	16
Sıcaklık Dağılımının Ölçülmesi	17
Un Analizleri.....	17
Farinograf Denemesi.....	17
Ekmek Analizleri	17
Ekmek İçi Teksür Profil Analizi	17
Mikrobiyolojik Analizler	19
Duyusal Analizler.....	19
TOPSIS Yöntemi	20
İstatistiksel Analizler.....	22
ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	23
Buğday Ununa Ait Bazı Özellikler	23
Una Ait Farinograf Özellikleri	24

Radyo Frekanslı Koşullarının Belirlenmesi	24
Elektrot-süre çalışması	24
Radyo frekanslı uygulaması	26
Oksijen Emici Kullanımı.....	30
Fiziksel ve Kimyasal Analizler	30
Hamburger ekmeği örneklerinin pH değerleri	30
Hamburger ekmeği örneklerinin nem değerleri (%)	35
Ekmek örneklerinin su aktivitesi (a_w) değerleri	39
Mikrobiyolojik Analizler	44
Hamburger ekmeği örneklerinin toplam maya ve küf sayımı.....	45
Hamburger ekmeği örneklerinin toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısı	50
Hamburger ekmeği örneklerinin <i>B.cereus</i> sayısı	56
Hamburger ekmeği örneklerinin Koliform grubu bakteri sayısı.....	56
Hamburger ekmeği örneklerinin rop sporu sayısı.....	56
Hamburger ekmeği örneklerinin Enterobacteriaceae sayısı.....	57
Hamburger ekmeği örneklerinin Sülfid indirgeyen bakteri (<i>Cl. perfringes</i>) sayısı	57
Tekstür Analizi.....	57
Sertlik	59
Kohesivlik	63
Esneklik.....	67
Çiğnenebilirlik	71
Duyusal Analizler.....	75
TOPSIS Tekniği ile Üretim Sonrası Örneklerin Değerlendirilmesi	88
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	92
KAYNAKLAR.....	95
EKLER	101
EK 1. Duyusal Analiz Formu.....	101
ÖZGEÇMİŞ.....	102

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1. Gaz, vakum paketlenme ve oksijen emici kullanımının avantajları ve dezavantajları..	8
Tablo 2. Hamburger ekmeği formülasyonunda kullanılan malzemeler ve miktarları	14
Tablo 3. TOPSIS yönteminde kullanılacak karar noktalarına ait ağırlıklar.....	21
Tablo 4. Buğday ununa ait bazı kalite özellikleri	23
Tablo 5. Hamura ait farinogram özellikleri	24
Tablo 6. Radyo frekansı (RF) sistemi içerisinde ekmek varken farklı elektrot mesafelerinde farklı sürelerde sistemin çektiği akım.....	25
Tablo 7. Radyo frekansı (RF) sistemi içerisinde ekmek yokken farklı elektrot mesafelerinde farklı sürelerde sistemin çektiği akım.....	25
Tablo 8. Merkezi Yanıt Yöntemi deneme planı ve elde edilen ortalama deneysel sonuçlar...	27
Tablo 9. Her bir yanıt üzerine lineer, quadratik ve interaksiyon terimlerinin bireysel etkisini gösteren ANOVA tablosu.....	28
Tablo 10. Optimum noktadaki deneysel değerler	29
Tablo 11. Hamburger ekmeği örneklerinin depolama süresince pH değerlerine ait ortalamalar	30
Tablo 12. Koruyucu, radyo frekansı, oksijen emici ve bunların kombinasyonu ile elde edilen hamburger ekmeği örneklerinin pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları	31
Tablo 13. Koruyucu, radyo frekansı, oksijen emici ve bunların kombinasyonu ile elde edilen hamburger ekmeklerinin depolama süresince pH değerlerindeki değişime ait varyans analiz sonuçları.....	32
Tablo 14. Hamburger ekmeklerinde koruyucu seviyesi değişkenine ait pH değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	32
Tablo 15. Hamburger ekmeklerinde oksijen emici değişkenine ait pH değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	33
Tablo 16. Hamburger ekmeklerinde radyo frekansı değişkenine ait pH değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	34
Tablo 17. Hamburger ekmeği örneklerinin depolama süresince nem değerlerine (%) ait ortalamaları.....	35
Tablo 18. Koruyucu, radyo frekansı, oksijen emici, depolama ve bunların kombinasyonu ile elde edilen hamburger ekmeklerinin nem değerlerine (%) ait varyans analiz sonuçları	36

Tablo 19. Koruyucu, radyo frekansı, oksijen emici ve bunların interaksyonu ile elde edilen hamburger ekmeklerinin depolama süresince nem değerlerine (%) ait varyans analiz sonuçları.....	36
Tablo 20. Hamburger ekmeklerinde koruyucu seviyesi değişkenine ait nem değeri (%) ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	37
Tablo 21. Hamburger ekmeklerinde oksijen emici değişkenine ait nem değeri (%) ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	38
Tablo 22. Hamburger ekmeklerinde radyo frekansı değişkenine ait nem değeri (%) ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	38
Tablo 23. Koruyucu, radyo frekansı, oksijen emici ve bunların kombinasyonu ile elde edilen hamburger ekmeklerinin depolama süresince su aktivitesi (a_w) değerlerine ait ortalamaları.....	40
Tablo 24. Koruyucu, radyo frekansı, oksijen emici ve bunların kombinasyonu ile elde edilen hamburger ekmeklerinin su aktivitesi (a_w) değerlerine ait varyans analiz sonuçları	40
Tablo 25. Koruyucu, radyo frekansı, oksijen emici ve bunların kombinasyonu ile elde edilen hamburger ekmeklerinin depolama süresince su aktivitesi (a_w) değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	41
Tablo 26. Hamburger ekmeklerinde koruyucu seviyesi değişkenine ait su aktivitesi (a_w) ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	41
Tablo 27. Hamburger ekmeklerinde oksijen emici değişkenine ait su aktivitesi (a_w) ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	42
Tablo 28. Hamburger ekmeklerinde radyo frekansı değişkenine ait su aktivitesi (a_w) ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	43
Tablo 29. Koruyucu, radyo frekansı, oksijen emici ve bunların kombinasyonu ile elde edilen hamburger ekmeklerinin bazı mikrobiyolojik değerlerine ait varyans analiz sonuçları	44
Tablo 30. Hamburger ekmeği örneklerinin depolama süresince maya ve küf sayısına ait ortalamaları ($\log \text{kob/g}$).....	45
Tablo 31. Hamburger ekmeklerinin depolama süresince toplam maya ve küf sayısına ait varyans analiz sonuçları.....	46
Tablo 32. Hamburger ekmeklerinde koruyucu seviyesi değişkenine ait maya ve küf sayısı ($\log \text{kob/g}$) ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	46
Tablo 33. Hamburger ekmeklerinde oksijen emici değişkenine ait maya ve küf sayısı ($\log \text{kob/g}$) ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	47

Tablo 34. Hamburger ekmeklerinde radyo frekansı değişkenine ait maya ve küf sayısı (log kob/g) ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	48
Tablo 35. Hamburger ekmeği örneklerinin depolama süresince toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısına ait ortalamaları (log kob/g).....	50
Tablo 36. Hamburger ekmeklerinin depolama süresince toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısına ait varyans analiz sonuçları	52
Tablo 37. Hamburger ekmeklerinde koruyucu seviyesi değişkenine ait toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısı ortalamalarının (log kob/g) Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	52
Tablo 38. Hamburger ekmeklerinde oksijen emici değişkenine ait toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısı ortalamalarının (log kob/g) Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	53
Tablo 39. Hamburger ekmeklerinde radyo frekansı değişkenine ait toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısı ortalamalarının (log kob/g) Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	54
Tablo 40. Hamburger ekmeği örneklerinin tekstürel özelliklerine (Sertlik, yapışkanlık, kohesivlik, elastikiyet, çiğnenebilirlik) ait varyans analiz sonuçları.....	58
Tablo 41. Hamburger ekmeği örneklerinin depolama süresince sertlik (N) değerlerine ait ortalamaları.....	59
Tablo 42. Hamburger ekmeği örneklerinin depolama süresince sertlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	60
Tablo 43. Hamburger ekmeklerinde koruyucu seviyesi değişkenine ait sertlik (N) ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	60
Tablo 44. Hamburger ekmeklerinde oksijen emici değişkenine ait sertlik (N) ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	61
Tablo 45. Hamburger ekmeklerinde radyo frekansı değişkenine ait sertlik (N) ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	62
Tablo 46. Hamburger ekmeği örneklerinin depolama süresince kohesivlik değerlerine ait ortalamaları.....	63
Tablo 47. Hamburger ekmeği örneklerinin depolama süresince kohesivlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	64
Tablo 48. Hamburger ekmeklerinde koruyucu seviyesi değişkenine ait kohesivlik ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	65
Tablo 49. Hamburger ekmeklerinde oksijen emici değişkenine ait kohesivlik ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	65

Tablo 50. Hamburger ekmeklerinde radyo frekansı değişkenine ait kohesivlik ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	66
Tablo 51. Hamburger ekmeği örneklerinin depolama süresince esneklik değerlerine ait ortalamaları.....	67
Tablo 52. Hamburger ekmeklerinin depolama süresince esneklik değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	68
Tablo 53. Hamburger ekmeklerinde koruyucu seviyesi değişkenine ait esneklik ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	69
Tablo 54. Hamburger ekmeklerinde oksijen emici değişkenine ait esneklik ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	69
Tablo 55. Hamburger ekmeklerinde radyo frekansı değişkenine ait esneklik ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	70
Tablo 56. Hamburger ekmeği örneklerinin depolama süresince çığnenebilirlik değerlerine ait ortalamaları.....	71
Tablo 57. Hamburger ekmeklerinin depolama süresince çığnenebilirlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	72
Tablo 58. Hamburger ekmeklerinde koruyucu seviyesi değişkenine ait çığnenebilirlik ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	72
Tablo 59. Hamburger ekmeklerinde oksijen emici değişkenine ait çığnenebilirlik ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	73
Tablo 60. Hamburger ekmeklerinde radyo frekansı değişkenine ait çığnenebilirlik ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	73
Tablo 61. Hamburger ekmeği örneklerinin duyuşal analiz (renk görünüş, koku, yumuşaklık, ufalanma, genel kabul edilebilirlik) değerlerine ait varyans analiz sonuçları	75
Tablo 62. Hamburger ekmeğiörneklerine ait 1. gün renk görünüş, koku, yumuşaklık, ufalanma ve genel kabul edilebilirlik değerleri ortalamaları.....	76
Tablo 63. Hamburger ekmeği örneklerine ait 7. gün renk görünüş, koku, yumuşaklık, ufalanma ve genel kabul edilebilirlik değerleri ortalamaları.....	77
Tablo 64. Koruyucu değişkeninin depolamanın 7. gününde ekmeklerin duyuşal özelliklerine ait ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	78
Tablo 65. Oksijen emici değişkeninin depolamanın 7. gününde ekmeklerin duyuşal özelliklerine ait ortalama değerleri	78
Tablo 66. Radyo frekansı değişkeninin depolamanın 7. gününde ekmeklerin duyuşal özelliklerine ait ortalama değerleri	78

Tablo 67. Hamburger ekmekleri örneklerine ait 14. gün renk görünüş, koku, yumuşaklık, ufalanma ve genel kabul edilebilirlik değerleri ortalamaları.....	80
Tablo 68. Koruyucu değişkeninin depolamanın 14. gününde ekmeklerin duyuşal özelliklerine ait ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	81
Tablo 69. Oksijen emici değişkeninin depolamanın 14. gününde ekmeklerin duyuşal özelliklerine ait ortalama değerleri	81
Tablo 70. Radyo frekansı değişkeninin depolamanın 14. gününde ekmeklerin duyuşal özelliklerine ait ortalama değerleri	81
Tablo 71. Hamburger ekmekleri örneklerine ait 21. gün renk görünüş, koku, yumuşaklık, ufalanma ve genel kabul edilebilirlik değerleri ortalamaları.....	83
Tablo 72. Koruyucu değişkeninin depolamanın 21. gününde ekmeklerin duyuşal özelliklerine ait ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	84
Tablo 73. Oksijen emici değişkeninin depolamanın 21. gününde ekmeklerin duyuşal özelliklerine ait ortalama değerleri	84
Tablo 74. Radyo frekansı değişkeninin depolamanın 21. gününde ekmeklerin duyuşal özelliklerine ait ortalama değerleri	84
Tablo 75. Hamburger ekmekleri örneklerine ait 28. gün renk görünüş, koku, yumuşaklık, ufalanma ve genel kabul edilebilirlik değerleri ortalamaları.....	86
Tablo 76. Koruyucu değişkeninin depolamanın 28. gününde ekmeklerin duyuşal özelliklerine ait ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	87
Tablo 77. Oksijen emici değişkeninin depolamanın 28. gününde ekmeklerin duyuşal özelliklerine ait ortalama değerleri	87
Tablo 78. Radyo frekansı değişkeninin depolamanın 28. gününde ekmeklerin duyuşal özelliklerine ait ortalama değerleri	87
Tablo 79. TOPSIS tekniğı kullanılarak elde edilen değerler ve nihai sıralama.....	89
Tablo 80. Örneklere ait raf ömrü değerleri	90

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Elektromanyetik spektrum	10
Şekil 2. Oksijen emici ve Anaerotest®'in ambalajlı hamburger ekmeğindeki görüntüsü	13
Şekil 3. Hamburger ekmeği üretimi	15
Şekil 4. Radyo frekansı sistemi	16
Şekil 5. Bir kenarı 2,5 cm olan küp şeklinde kesilmiş ekmek örnekleri	18
Şekil 6. Örnek TPA kurvesi	18
Şekil 7. Denemelerde kullanılan una ait farinogram	24
Şekil 8. Radyo frekansı sisteminde farklı elektrot mesafelerindeki çıkış gücü.....	26
Şekil 9. Radyo frekansı sisteminin farklı elektrot mesafelerindeki 0-3 dakika aralığındaki çıkış gücü.....	26
Şekil 10. Elektrot mesafesi ve süre değişkenlerinin ekmek merkez sıcaklığı üzerindeki etkisi	29
Şekil 11. Koruyucu seviyesi (K) X radyo Frekansı (RF) X oksijen emici (OA) X depolama süresi interaksiyonunun pH üzerine etkisi.....	34
Şekil 12. Koruyucu seviyesi (K) X radyo frekansı (RF) X oksijen emici (OA) X depolama süresi interaksiyonunun nem değeri (%) üzerine etkisi.....	39
Şekil 13. Koruyucu seviyesi (K) X radyo frekansı (RF) X oksijen emici (OA) X depolama süresi interaksiyonunun su aktivitesi (a_w) değeri üzerine etkisi	43
Şekil 14. Koruyucu seviyesi (K) X radyo frekansı (RF) X oksijen emici (OA) X depolama süresi interaksiyonunun maya ve küf sayısı (log kob/g) üzerine etkisi.....	49
Şekil 15. Koruyucu seviyesi (K) X radyo frekansı (RF) X oksijen emici (OA) X depolama süresi interaksiyonunun maya ve küf sayısı (log kob/g) sayısı üzerine yığılmış etkisi	50
Şekil 16. Koruyucu seviyesi (K) X radyo frekansı (RF) X oksijen emici (OA) X depolama süresi interaksiyonunun TAMB (log kob/g) sayısı üzerine etkisi	55
Şekil 17. Koruyucu seviyesi (K) X radyo frekansı (RF) X oksijen emici (OA) X depolama süresi interaksiyonunun TAMB (log kob/g) sayısı üzerine yığılmış etkisi	55
Şekil 18. Koruyucu seviyesi (K) X radyo frekansı (RF) X oksijen emici (OA) X depolama süresi interaksiyonunun sertlik (N) değeri üzerine etkisi	63
Şekil 19. Koruyucu seviyesi (K) X radyo frekansı (RF) X oksijen emici (OA) X depolama süresi interaksiyonunun kohesivlik değeri üzerine etkisi.....	66
Şekil 20. Koruyucu seviyesi (K) X radyo frekansı (RF) X oksijen emici (OA) X depolama süresi interaksiyonunun esneklik değeri üzerine etkisi	70

Şekil 21. Koruyucu seviyesi (K) X radyo frekansı (RF) X oksijen emici (OA) X depolama süresi interaksiyonunun çığnenebilirlik değeri üzerine etkisi	74
Şekil 22. Koruyucu seviyesi (K) X Radyo Frekansı (RF) X Oksijen Emici (OA) X Depolama süresi interaksiyonunun depolamanın 7. gününde duyusal özellikler üzerine etkisi.....	79
Şekil 23. Koruyucu seviyesi (K) X Radyo Frekansı (RF) X Oksijen Emici (OA) X Depolama süresi interaksiyonunun depolamanın 14. gününde duyusal özellikler üzerine etkisi.....	82
Şekil 24. Koruyucu seviyesi (K) X Radyo Frekansı (RF) X Oksijen Emici (OA) X Depolama süresi interaksiyonunun depolamanın 21. gününde duyusal özellikler üzerine etkisi.....	85
Şekil 25. Koruyucu seviyesi (K) X Radyo Frekansı (RF) X Oksijen Emici (OA) X Depolama süresi interaksiyonunun depolamanın 28.gününde duyusal özellikler üzerine etkisi.....	88

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

A	Amper
AC	Alternatif akım
a_w	Su aktivitesi
BN	Bağıl nem
CPP	Çift yönde oryente edilmiş polipropilen
EMS	En muhtemel sayı yöntemi
g	gram
I	Elektrik akımı
kob	Koloni oluşturan birim
kW	Kilowatt
l	Litre
LDPE	Düşük yoğunluklu polietilen
LLDPE	Lineer bağlı düşük yoğunluklu polietilen
P	Güç
$p<0,01$	İstatistik analizde %1 önem seviyesi
$p<0,05$	İstatistik analizde %5 önem seviyesi
RF	Radyo frekansı
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

GİRİŞ

Hububat temelli gıdalar ve özellikle fırın ürünleri binlerce yıldır dengeli beslenmenin önemli bir parçası olmuştur. İlk ekmek tipi ürün tahıl tanelerinin su ile karıştırılıp ateşte pişirilmesiyle elde edilmiştir. Günümüzde ekmek ve diğer fırın ürünlerinin üretimi ilkel ve küçük ölçekli üretim halinden gelişerek milyar dolarlık modern bir endüstri haline gelmiştir (Smith *et al.* 2004).

Fırın ürünleri, hızlı bayatlamalarından dolayı sınırlı raf ömrüne sahip ürünler olarak karakterize edilmektedir (Fik *et al.* 2012). Fırın ürünlerinde bozulma problemleri; fiziksel bozulma (nem kaybı), kimyasal bozulma (ransidite) ve mikrobiyal bozulma (küf, maya, bakteri) olmak üzere üç kısımda incelenebilmektedir (Smith *et al.* 2004; Certel vd 2009a, Galic *et al.* 2009).

Ekmeğin bayatlaması; nemin yeniden dağılması, kurutma, nişasta retrogradasyonu artan sertlik ve kırılabilirliğin (gevreklik) yanında aroma ve lezzet kaybını da içeren fiziksel ve kimyasal bir süreçtir (He and Hosney 1990; Kotsianis *et al.* 2002).

Fıncılık ürünleri içinde özellikle yüksek yağ oranı içerenler kimyasal bozulmaya ya da ransiditeye maruz kalırlar. Ransidite (acılaşma) lipid bozulmasının bir sonucu olarak aroma ve lezzet kaybı olarak tanımlanabilir. Oksidatif ransidite ve hidrolitik ransidite olarak iki ayrı formda gerçekleşebilmektedir. Kimyasal bozulmanın önlenmesi amacıyla genellikle bütillendirilmiş hidroksi anisol (BHA), bütillendirilmiş hidroksi tolüen (BHT), α - tokoferol, askorbik asit ve tuzları ve bazı gamlar gibi antioksidanlar kullanılmaktadır. Ransiditenin geciktirilmesi için bir başka yaklaşım da mikrobiyolojik problemler sorun oluşturmadığı durumlarda düşük nemli fırın ürünlerinde atmosferik oksijenin N₂ ile yer değiştirmesidir (Smith *et al.* 2004). Rodriguez *et al.* (2000) ekmeklerde koruyucu (kalsiyum propiyonat) kullanılmaksızın CO₂:N₂ (50:50) ile ambalajlandıkları ekmek örneklerinde raf ömrünün 15-25°C'de %158-117 oranında artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

Ekmeğin raf ömrünü sınırlayan esas etmenler mikrobiyal bozulma ve bayatlamadır. Ekmek fırından çıktıktan sonra küf ve bakteri açısından güvenlidir ancak pişirme işlemi sonrasında bazı bakteri sporları canlılıklarına devam ediyor olabilir veya ambalajlama işlemi tamamlanmadan önce bir bulaş meydana gelmiş olabilir. Ekmeğin sahip olduğu su aktivitesi seviyesinde küf ve maya gelişimi de gözlenebilmektedir (Kotsianis *et al.* 2002). Fıncılık ürünleri bakteri gelişimine dayanıklı ancak küf ve maya gelişimine uygun orta nemli gıdalar sınıfında yer aldığı için (Özay vd 1993) bozulma etmeni mikroorganizmalar küf ve mayadır.

Ancak rop etmeni ve ısıya dirençli endospor oluşturan bir bakteri olan *Bacillus subtilis*'den kaynaklanma bozulma da meydana gelmektedir (Suhr and Nielsen 2004).

Gıdanın bozulmasını engelleme/azaltma ve gıdayı güvenli hale getirmek amacıyla yaygın olarak koruyucular kullanılmaktadır. Organik asitler ve bunların tuzları ekme ve ekme benzeri ürünlerde küflenmeyi önleyici olarak kullanılan ana katkılardandır (Van Eijk *et al.* 2014). Fırıncılık ürünlerinde genellikle sodyum ve kalsiyum propiyonat, sorbik asit, potasyum sorbat, metilparaben, propilparaben, sodyum benzoat, sodyum diasetat ve asetik asit kullanılmaktadır (Smith *et al.* 2004).

Katkı maddelerinden ayrı olarak fıırıncılık ürünlerinde bozulmayı geciktirmek amacıyla modifiye atmosferde ambalajlama da kullanılabilir. Fırıncılık ürünlerinde modifiye atmosfer ambalajlama (MAP), düşük oksijen atmosferine sahip özel ambalajlarda saklanan ürünün kimyasal koruyucu ve küflenme oluşmadan, raf ömrünü uzatma yöntemlerinden birisidir. Bu yöntem özel ambalaj ve ekipman gerektirdiğinden dolayı daha maliyetlidir (Van Eijk *et al.* 2014).

Kalıntı oksijen seviyesinin %1'in altına inmesi küf gelişimini durdurmak için genellikle yeterlidir. Ambalajlanmış gıdalarda düşük seviyedeki kalıntı oksijen seviyesinin sürdürülebilmesi özel ambalajlama ve oksijen emici (oxygen scavenger) kombinasyonu ile başarılabilmektedir (Smith *et al.* 1986; Salminen *et al.* 1996; Van Eijk *et al.* 2014; Janjarasskul *et al.* 2016). Mikrobiyal bozulmalara karşı ekme ve diğer fırın ürünlerinde oksijen emicilerin kullanımının modifiye atmosfer paketleme teknolojisini geliştirdiği bildirilmiştir (Salminen *et al.* 1996). Salminen *et al.* (1996) yaptığı çalışmada oksijen emicilerin ekmeğin depolanması süresince duysal kalitesinde herhangi bir etkide bulunmadığını bildirmiştir.

Fırıncılık ürünleri uluslararası gıda pazarının önemli bir parçası haline geldiğii için fıırıncılık endüstrisi hızlı bir değıişim süreci geçirmektedir. Endüstri bu ürünler için sağlıklı beslenme eğilimlerini ve talepleri karşılayarak tüketicileri tatmin etmeye çalışmalıdır (Kotsianis *et al.* 2002).

Gıda katkı maddeleri ve MAP uygulamalarına paralel olarak gıdalarda bozulmayı önlemek veya geciktirmek için çeşitli gıda muhafaza teknikleri de kullanılmaktadır. Bunlardan birisi de radyo frekansı (RF) uygulamasıdır. RF ısıtma modern ısıtma yöntemlerinden biri olup elektrik enerjisinin gıda yoluyla ve gıdanın içinde direkt olarak ısıya dönüşmesi ile oluşmaktadır. Radyo frekansı 1940'lı yıllardan itibaren gıda endüstrisinde pişirme, ısıtma, çözündürme, pastörizasyon gibi çok sayıda uygulamada kendine yer bulmuştur (Fiore *et al.* 2013). Fırıncılık ürünlerinin kurutulmasında güvenilir ve kabul edilebilir teknik haline gelmiştir. RF kurutucuların pişirme fırınından sonra ürünün nem içeriğini tam ve yeknesak

olarak kontrol etmekte etkili olduğu, verimliliği ve kaliteyi arttırmakta yarar sağladığı bildirilmiştir. RF kurutma tekniği ürün kalitesinin geliştirilmesi amacıyla bisküvi, kraker gibi ürünlerin son kurutulmasında yıllardan beri başarıyla uygulanmaktadır (Koklamaz *et al.* 2014).

Radyo frekansı elektrik alanı ile fırıncılık ürünlerinde küf ve rop etmeni bakterilerin gelişiminin azaltılması ve/veya tamamen yok edilmesi mümkün olabilmektedir (Fehr and Russ 1966). Küf gelişimini kontrol etmek ve tüketime hazır fırın ürünlerinin raf ömrünü uzatmak için bir araç olarak RF ısıtma çeşitli araştırmacılar tarafından çalışılmıştır (Cathcart *et al.* 1947; Bartholomew *et al.* 1948; Piyasena *et al.* 2003). Bu çalışmalarda;

Cathcart *et al.* (1947), ambalajlanmış beyaz ekmeğin RF enerjisiyle 60°C'ye ısıtılmasıyla birlikte, 10 günlük depolamada tiyamin azalması olmaksızın küf gelişiminin kontrol edilebileceğini bildirmiştir.

Bartholomew *et al.* (1948), inoküle edilen Boston tipi kahverengi ekmeğin RF ile 66 °C'ye ısıtıldıktan sonra, depolama ömrünün 12 gün uzatıldığını bildirmiştir. Çalışmada RF işlemi ile *Penicillium* ve *Aspergillus* sporlarında 4 logaritmik birimlik azalma saptamışlardır.

Cathcart *et al.* (1947) ve Bartholomew *et al.* (1948)'a göre RF muamelesinden sonra ekmeğin parçacıklarının yüzeyinde şiddetli yoğunlaşma tespit edildiği, bu durumun da ekmeğin ve onu çevreleyen hava arasındaki sıcaklık farkından kaynaklandığı ifade edilmiştir. Liu *et al.* (2011) yaptıkları çalışmada havanın sıfır göreceli bir kayıp faktörüne sahip olduğunu ve RF enerjisi ile ısıtılamayacağını belirtmiş, bu nedenle hacimsel ısıtma için RF kullanırken, ekmeğinin yüzey sıcaklığını korumak için de sıcak hava kullanmışlardır.

Radyo frekansı ile yapılmış birçok mikrobiyal inaktivasyon çalışmaları bulunmaktadır (Lagunas-Solar *et al.* 2005; Uemura *et al.* 2010; Gao *et al.* 2011; Liu *et al.* 2011; Kim *et al.* 2012; Ukuku and Geveke 2012; Sisquella *et al.* 2013; Jeong and Kang 2014; Michael *et al.* 2014; Sisquella *et al.* 2014; Villa-Rojas *et al.* 2017; Liu *et al.* 2018).

Lagunas-Solar *et al.* (2005) 6-14 MHz 170-1200 W RF sisteminde balık ununda 70-90 °C'de 1-2 dakikalık işlem sonunda *Salmonella* spp de 3,3-6,2 log; *Escherichia coli* O157:H7'de 3,1-5,3 log inaktivasyon sağladıklarını bildirirken toplam kolonide ise 3,4-4,5 log düzeyinde inaktivasyon sağladıklarını bildirmişlerdir.

Uemura *et al.* (2010) 28 MHz 1 kW RF sisteminde soya sütünde yaptıkları araştırma sonunda 115 °C'de 0,4 saniyelik uygulamanın *Bacillus subtilis*'te 4 log düzeyinde azalmayı sağladıklarını bildirmişlerdir. Gao *et al.* (2011) 27,12 MHz 9 kW RF sisteminde kabuklu bademlerin 75 °C üzerinde 2-4 dakika ısıtma sonrasında *Salmonella* inaktivasyonunun 5 log düzeyinde olduğunu saptamışlardır.

Liu *et al.* (2011) 27,12 MHz 9 kW RF sistemini kullanarak zenginleştirilmiş beyaz ekmekte 58°C'de 4,6 dakika *Penicillium citrinium*'un 4 log düzeyinde azaldığını bildirmiştir.

Kim *et al.* (2012) 27,12 MHz 9 kW RF sisteminde kırmızı ve karabiber baharatlarında 60 °C'de 40 ve 50 saniyelik işlemler sonucunda *S. Typhimurium* ve *E. coli* O157:H7'de sırasıyla 3,38-5 log ve 2,80-4,29 log düzeyinde azalma olduğunu bildirmişlerdir.

Ukuku and Geveke (2012) 25 kV/cm, 20-60 kHz RF sisteminde voltaj kaynağına bağlı olarak değişmekle birlikte 25, 55, 75 °C'de 1,6 saniye işleme maruz bırakılan elma suyunda *E. coli* 0,8 log 7,3 log ve 6,6 log düzeyinde azalma tespit etmişlerdir.

Sisquella *et al.* (2013) 5,8 kW 27,12 MHz RF sisteminde üst elektrot arasında 40-45 mm olacak şekilde 20 °C'de su içine daldırdığı yapay olarak bulaştırılmış şeftali ve nektarin örneklerini taşıyıcı banta yerleştirmiş ve değişik sürelerde RF işlemi uygulamıştır. İşlem sonucunda 9 dakikalık işlemin şeftali ve nektarin örnekleri için kahverengi çürüğe sebep olan *Monilinia spp.* nin üründe herhangi bir kalite kaybı olmaksızın kontrol edilebildiğini bildirmişlerdir.

Jeong and Kang (2014) 9 kW, 27,12 MHz RF sisteminde değişik su aktivitelerine sahip karabiber ve kırmızıbiber baharatlarında yaptıkları çalışmada 90 °C'ye ısıtılmış sistemde 34-42 saniye süreli işlem sonunda *Salmonella typhimurium* ve *Escherichia coli* O157:H7'de 5-6 log düzeyinde inaktivasyon sağlamışlardır.

Michael *et al.* (2014) 3 kW, 27,12 MHz RF sisteminde yağsız süt tozunu önce 75-90 °C'de 4,3-5,5 dakika süre ile ısıtmış daha sonra bu sıcaklıkta 13,6 ile 75 dakika süre aralığında tutmuştur. Süre sonunda *Cronobacter sakazakii* ve *Salmonella* bakterilerinde 3 log düzeyinde bir azalma tespit etmişlerdir.

Sisquella *et al.* (2014) 5,8 kW, 27,12 MHz ve 112 mm elektrot mesafesi ile çalıştığı RF sisteminde 40 °C'de su içine daldırdığı yapay olarak bulaştırılmış şeftali ve nektarin örneklerini taşıyıcı banta yerleştirmiş ve 35°C civarında ısıtılmış işlem ve 4,5 dakika süre ile RF işlemi uygulamıştır. İşlem sonucunda kahverengi çürüğe sebep olan *Monilinia spp.* nin üründe herhangi bir kalite kaybı olmaksızın kontrol edilebildiğini bildirmişlerdir.

Villa-Rojas *et al.* (2017) 500 W, 27,12 MHz RF sisteminde buğday ununa 75 °C'de 8,5-9 dakikalık işlem sonucunda *Salmonella enteritidis*, *Enterococcus faecium* bakteri türlerinde sırasıyla 3,7-5 log düzeyinde inaktivasyon sağlamışlardır. Buğday ununun pastörizasyonu için radyo frekansının kullanıldığı başka bir çalışmada, Liu *et al.* (2018) buğday ununun pastörizasyonu işlemi için radyo frekansı sistemini kullanmış ve mikrobiyal validasyon çalışması yapmıştır. Çalışmada; 6 kW, 27,12 MHz RF sisteminde buğday unu 85 °C'de 15

dakikada ısıtılmış ve bu sıcaklıkta da 25 dakika tutulmuştur. İşlem sonucunda *Salmonella Enteritidis*, *Enterococcus faecium* bakteri türlerinde sırasıyla 3,7 log ve 5 log düzeyinde inaktivasyon sağlandığını bildirmişlerdir.

Chuaythong and Rachtanap un (2018) koruyucu içermeyen Çin böreğini (kha-nom-pia) oksijen emici ve naylon/LLDPE veya naylon/PPP ambalajlamış, kontrol örneğini ise oksijen emici kullanmadan yalnızca polipropilen ambalaj ile paketlemiştir. Yaptıkları çalışma sonucunda kontrol örneğinin raf ömrünün 5 gün, oksijen emici kullanılan iki ambalajda çeşidinde ise raf ömrünün 30 günün üzerinde olduğunu bildirmişlerdir.

Upasen and Wattanachai (2018) içerisinde farklı kapasitede oksijen emici bulunan tek tabaka LDPE film, oksijen emici bulunan tek tabaka LDPE film ve ortasında farklı oksijen emici kapasitesine sahip oksijen emici bulunan ve O-naylon ile lamine edilmiş 3 tabaka LDPE içeren ambalajlarla kapladığı ekmeklerde yaptıkları çalışma sonucunda başlangıç oksijen seviyesinin %5 gibi düşük seviyede tutulması durumunda ekmek ömrünün 5-7 gün kadar uzatılabileceğini bildirmişlerdir.

Fırın ürünlerinde bozulmalar endüstride önemli ekonomik kayıplarla sonuçlanan ciddi problemler oluşturmaktadır. Ekmekte küfün sebep olduğu kayıp sadece Batı Avrupada yıllık 200 milyon avro olduğu tahmin edilmektedir (Samapundo *et al.* 2017). T.C. Ticaret Bakanlığı tarafından yayınlanan Türkiye İsrar Raporu (2019)'na göre ise ülkemizde ekmek israfı yıllık 2 milyar adet olduğu bildirilmiştir (Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı, 2018).

Günümüzde tüketiciler fırıncılık ürünlerinde ilave edilen koruyucuların azaltılmasını talep etmektedirler (Suhr and Nielsen 2004). Gıda endüstrisinde son yıllardaki eğilim tek bir yöntem ile gıdayı koruma şeklinde olmayıp kombine yöntemler kullanılmakta ve bu yöntemler arasındaki sinerjinin bir sonucu olarak ürün stabile edilmektedir. Engeller teknolojisi (Hurdle effect) olarak da adlandırılan bu yöntemler ile gıdanın duyuşal özelliklerinde minimum değişiklik ve tek başına ısıl proseslerle işlenenlere göre daha kabul edilebilir ürünler elde edilmektedir (Mexis *et al.* 2012). Bu kapsamda hamburger ekmeği üzerine yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle bu çalışmada fırıncılık ürünlerinde küf gelişimin engellenmesi ve raf ömrünün uzatılması amacıyla radyo frekansı, koruyucu ve oksijen emici kombinasyonları kullanılarak deney tasarımı yapılmıştır.

Bu çalışmada sıcak hava yardımcı radyo frekansı uygulaması, oksijen emici kullanımı ve farklı düzeylerde ilave edilen koruyucu (%0, 0,1 ve 0,2 oranında kalsiyum propiyonat) ilavesi ve bunların farklı birleşimleri ile hamburger ekmekleri hazırlanmış ve 28 günlük depolama süresince hazırlanan ekmeklerin fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik, tekstürel ve duyuşal özelliklerindeki değişimler araştırılmıştır.

KURAMSAL TEMELLER

Kimyasal Koruyucular

Kimyasal koruyucular, gıdaya ilave edildiğinde bozulmayı engelleme ya da yavaşlatma eğilimi gösteren kimyasallardır. Fırın ürünlerinde kalsiyum ve sodyum propiyonat, sorbik asit, potasyum sorbat, sodyum diasetat, metil paraben, propilparaben, sodyum benzoat ve asetik asit kullanılırken (Smith *et al.* 2004) en yaygın kullanılanları propiyonik, sorbik ve benzoik asittir (Suhr and Nielsen 2004). Bu zayıf organik asitler mikroorganizmaların gelişimini durdurarak fırın ürünlerinin ömrünü uzatırlar (Legan 1993; Gould 1996; Guynot *et al.* 2005; Van Eijk *et al.* 2014). Tuzlar sulu çözeltilerinde daha çözünür olduğundan koruyucu olarak sıklıkla asit tuzları şeklinde kullanılmaktadırlar. Bu zayıf asitlerin antimikrobiyal aktivitesi temelde ayrışmamış moleküllere bağlıdır (Marin *et al.* 2002; Guynot *et al.* 2005). Kalsiyum propiyonat ve sodyum benzoatın fırın ürünlerine pH 4,5' de ve % 0,3 konsantrasyonda uygulandığında antimikrobiyal etki gösterdiği bildirilmiştir (Marin *et al.* 2002). Propiyonik asit küf ve *Bacillus* sporlarını engellerken, mayalara aynı etkinliği göstermemesi sebebiyle ekmeğin korunmasında tercih edilmektedir (Suhr and Nielsen 2004). Sorbik asitin de gıdalarda yaygın kullanımı bulunmaktadır. Küf maya ve bazı bakteri türleri üzerine etkilidir. Çözünürlük ve maliyet düşünüldüğünde potasyum sorbat yaygın kullanılmaktadır. Aynı miktarı propiyonik asite kıyasla küf gelişiminin kontrolünde iki kat daha etkilidir ancak maya gelişimine olumsuz etki etmekte ve ekmeğin hacmini azaltmaktadır (Smith *et al.* 2004). Benzoik asit ise daha çok asidik ürünlerde kullanılmaktadır. Yine sorbik asitle beraber kullanımı mevcuttur (Saranj and Sivasakthivelan 2016). Propiyonik, sorbik ve benzoik asitlerin pKa değerleri sırasıyla 4,88 4,76 ve 4,18 iken maksimum aktivite gösterdikleri pH aralıkları; sorbat için 6,0 – 6,5; propiyonat için 5,0 – 5,5 ve benzoat için 4,0 – 4,5 olduğu bildirilmiştir (Suhr and Nielsen 2004).

Bu kimyasal koruyucuların kullanımının dezavantajları da bulunmaktadır. Arzu edilmeyen tat, aroma ve kokuya neden olabilmektedirler. Sadece hamur mayalanmasında kullanılan mayanın aktivitesini engellemekle kalmayıp bunun yanında hamurun gaz tutma kapasitesinin azalmasına, bunun sonucunda da düşük hacim ve kalitesiz ekmeğin yapıya neden olmaktadır. Bir diğer olumsuzluk ise çoğu ülkede propiyonat kullanım miktarının sınırlandırılmış olmasıdır (Van Eijk *et al.* 2014). Örneğin ülkemizde E280-283 koduna sahip propiyonik asit ve propiyonatlar Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'nde hazır ambalajlı ekmeğin en çok 1000 mg/kg, hazır ambalajlı sandviç ekmeğinde en çok

2000 mg/kg, hazır ambalajlı dilimli ekmeklerde ise en çok 3000 mg/kg olarak sınırlandırılmıştır (Anonim 2011). Ayrıca bunlar yapay kimyasallar olarak nitelendirilmekte ve bu tip kimyasalların kullanımı, tüketiciler tarafından üründe tercih etmeme eğilimi gösterebilmektedir (Van Eijk *et al.* 2014).

Oksijen Emiciler

Gıda endüstrisinde ileri ambalaj teknolojileri son on yılda daha da önemli hale gelmiştir. Modifiye atmosfer paketlenme uygulamaları (MAP) ve aktif ambalajlama ürünlerin raf ömürlerini uzatmada kullanılan metotlardandır. Modifiye atmosfer uygulaması ambalaj yoluyla yapılabildiği gibi depolama sırasında solunum yapmayan gıdaların çevresindeki atmosferin gazlar yoluyla değiştirilmesi ile de yapılabilir. Fırın ürünlerinde çoğu MAP temelde antimikrobiyal ajan olarak kabul edilen karbondioksitin yüksek miktarda bırakılarak oksijenin elimine edilmesi şeklindedir. Karbondioksitin suda çözünüp karbonik asit oluşturarak pH değerini düşürmesi ile özellikle bakterilerin gelişimi engellenmektedir (Upasen and Wattanachai 2018). MAP ile başarılı sonuçlar elde edilmesine rağmen, aktif ambalajlama ile daha başarılı sonuçlar elde etmek için bazı emiciler ve yayıcılar kullanılmaktadır. Aktif ambalajlama tipleri oksijen emicileri (ya da tutucular), etilen emicileri, karbondioksit yayıcıları, antimikrobiyal ambalajlamayı, nem emicileri vb. içermektedir (Dey and Neogi 2019). Çeşitli gıdalarda küf ve bakteri gelişiminin önlenmesinde oksijen emiciler etkili olmaktadır (Vermeiren *et al.* 1999).

Modifiye atmosfer uygulamaları fırıncılıkta uygulandığında bazı zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu konuda ekmeğin için en önemli problemin yapısında fazlaca boşluk (gözenek) bulunması ve bu boşlukların oksijeni yakalama eğilimi göstermesi olarak bildirilmiştir (Galic *et al.* 2009). Oksijen gıdalarda renk, tat ve aromada değişiklik meydana getirmekte ayrıca aerobik bakteri ve küflerin gelişimini teşvik etmektedir (Aday *et al.* 2011). Oksijene bağlı bozulmaların kısıtladığı raf ömrünü arttırabilmek, gıdanın özel gereksinimlerinin ambalaj özelliğiyle eşleştirilmesi ile mümkündür ve ambalaj içerisindeki oksijeni, oksijen emici kullanımı ile azaltma önerilmektedir (Latou *et al.* 2010). Bu sayede ürüne ilave edilecek katkı maddesi ihtiyacı azaltılmış olacaktır. Oksijen emicilerin özellikle oksijen ve ışığa duyarlı fırın ürünleri ve pizzalar vb. gibi küf gelişimi ve renk değişiminin problem oluşturacağı ürünlerde kullanımı avantajlar sağlamaktadır.

Oksijen emicilerin en önemli avantajı oksijen seviyesini ultra düşük seviyeye indirmesidir. Ticari gaz ambalajlamalarda bu kadar düşük seviye mümkün olamamaktadır. Yüksek oksijen düzeyi, çoğu bakterilerin, küflerin ve mayaların gelişimini hızlandırmaktadır. Oksidatif reaksiyonlar aracılığıyla ransidite oluşmakta ya da renk pigmentleri, aroma ve besin

bileşenlerinde kayıplar meydana gelmektedir. Oksijen emici ile aktif ambalajlama ambalaj tepe boşluğundaki oksijen konsantrasyonunu aktif bir şekilde azaltmakta (%0,01'in altında) bu sayede gıdalarda oksidasyon süreci, renk değişimi, küf ve maya gelişimi vb. olayların gecikmesine neden olmaktadır. Dahası absorber yeterli kapasiteye sahipse gözeneklerde bulunan oksijeni de absorbe ederek raf ömrünün uzamasını sağlamaktadır (Ohlsson and Bengtsson 2002). Aktif ambalajlama koruyucu gaz kullanılarak yapılan modifiye atmosfer ambalajlamaya göre birçok avantaja sahip olmasına karşın bazı dezavantajları da mevcuttur (Tablo 1.).

Tablo 1. Gaz, vakum paketlenme ve oksijen emici kullanımının avantajları ve dezavantajları (Hurme and Ahvenainen 1996)

	Gaz paketlenme	Vakum paketlenme	Oksijen emici
Yatırım maliyeti	-	+	++
Paketlenme maliyeti	+	++	-
Koruyucu ajan ihtiyacı	-	-	+
Raf ömrü/ Gıda kalitesi	+	+	++
Ambalaj hacmi / az yer kaplama	-	++	+
Kaçak tespit kolaylığı	-	+	-
Yumuşak ürünlere uygunluk	+	-	+
Görünürlük/ Görünmezlik	+	+	+/- ¹
Metal dedektörü ile kullanılabilirlik	+	+	+/- ²

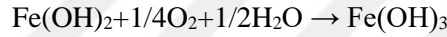
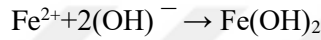
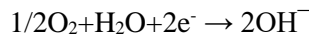
1: Geniş olarak çalışılmamış, 2: Oksijen emicinin tipine bağlı

Aktif paketlenmenin gaz paketlenmeye göre en önemli avantajı yatırım maliyetinin çok daha uygun olmasıdır. Bu tür paketlenmenin temelinde en gerekli yatırım ambalajın sızdırmazlığının sağlanması için gerekli sistemdir. Sistemin en önemli dezavantajı ise içerisindeki oksijen emicilerin görünür olmasıdır ki gaz paketlenmede gazlar görünmemektedir.

Kolayca oksitlenebilir bileşikler (toz halinde demir, askorbik asit, doymamış yağ asitleri ve doymamış hidrokarbonlar), enzimler (glikoz oksidaz ve alkol oksidaz) veya ışığa duyarlı boyalar oksijen emici olarak kullanılır (Wyrwa and Barska 2017). Günümüzde ticari olarak kullanılan oksijen emici markalarından bazıları; Ageless®, Amosorb, ATCO®, Bioka, Cryovac®, Freshilizer®, Freshmax®, Freshpax®, Oxbar™, Oxycap, Oxy-guard™, PureSeal, Sanso-cut®, Seaquil, Vitalon® ve Zero 2™ dir (Cooksey 2010).

Oksijen emicilerin seçiminde gıdanın şekli, ebatı, ağırlığı gibi özellikleri, su aktivitesi, gıdadaki çözünür oksijenin miktarı, gıdanın arzulanan raf ömrü, ambalaj tepe boşluğundaki başlangıç oksijen seviyesi ve ambalaj materyalinin oksijen geçirgenliği etkili faktörlerdendir (Galić *et al.* 2009).

Yaygın olarak kullanılan oksijen emicilerden birisi demir oksidasyonuna dayalı olanlardır. Gıda endüstrisinde gıdaların korunmasında nitrojen ve vakum paketleme tekniklerine alternatif olarak geniş bir yer bulmuştur (Mexis *et al.* 2012). Demir bileşiklerinin yüksek oksijen tutma kapasitesi nedeniyle demir oksidasyonuna bağlı olan oksijen emiciler en etkililerdendir (Wyrwa and Barska 2017). Toksik olmaması ve gıdalarda kalıntı bırakmadan küf ve aerobik bakteri gelişimini engellemesi en önemli avantajlarından birisidir (Mexis *et al.* 2012). Bu oksijen emiciler 1-4 gün içerisinde oda sıcaklığında tutulduğunda ambalaj içerisindeki oksijen seviyesini %0,01'in altına düşürmektedir (Galić *et al.* 2009). Demir oksidasyonuna dayalı oksijen emicilerin reaksiyonu aşağıdaki gibidir:

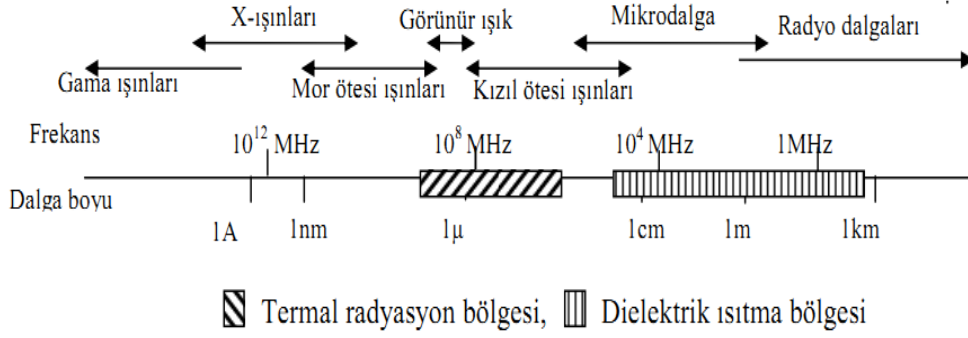


Oksijen emicilerin depolama süresince duyu kaliteyi önemli ölçüde etkileyen oksidatif bozulmaları engellemeleri ve anaerobik koşullar oluşturarak aerobik mikroorganizma gelişimini geciktirmesi en önemli avantajlarından biridir. Bunun yanında maliyetli olması ve içerisinde bulunduğu ambalajdan çıkarıldıktan sonra çocuklar ve evcil hayvanlar tarafından kaza ile mideye alımı olasılığı dezavantajlarından biridir (Seiler 1998, Kotsianis *et al.* 2002).

Radyo Frekansı

Fırıncılık açısından küf gelişimini kontrol etme metotları büyük önem taşımaktadır. Küf gelişimini kontrol etmek ve fırınlanmış ürünlerin raf ömrünü uzatmak amacıyla radyo frekansı (RF) ısıtma yöntemi çalışılmaktadır (Liu *et al.* 2011). Radyo dalgaları, dalga boyu ve frekans ile nitelenmekte olup, bir elektromanyetik dalga döngüsü tarafından kapsanan uzaklık dalga boyunu tanımlarken verilen bir noktadan bir saniye içerisinde geçen elektromanyetik dalga sayısı frekans olarak tanımlanmaktadır (Çakmak ve Tavman 2011).

Radyo frekansı elektromanyetik spektrumda 1-300 MHz'lik alanı kaplamaktadır (Şekil 1.). Endüstriyel alanda kullanılan esas frekanslar 10-50 MHz olup son zamanlarda 13,56±0,00678 MHz, 27,12±0,16272 MHz, 40,68±0,02034 MHz sırasıyla endüstriyel, bilimsel ve medikal uygulamalar için izin verilen seçilmiş frekanslardır (Çakmak ve Tavman 2011). Üretilen elektromanyetik dalgaların frekansları ohmik ısıtma ve vurgulu elektrik alan uygulamalarında kullanılan dalgalardan çok yüksektir (Manzocco *et al.* 2008).



Şekil 1. Elektromanyetik spektrum (Wang *et al.* 2010)

Geleneksel gıda ısıtıcılığında, harici olarak üretilen ısı; konveksiyon, kondüksiyon veya radyasyonla gıda ürününe aktarılır (Jeong and Kang 2014). RF ısıtma modern ısıtma yöntemlerinden biri olup elektrik enerjisinin gıda yoluyla ve gıdanın içinde ısıya direkt olarak dönüşmesi ile oluşmaktadır (Marra *et al.* 2009). Geleneksel ısıtmanın tersine radyo frekansı, harici olarak uygulanan AC elektrik alanının neden olduğu boşluk yer değiştirme ve polar dielektrik moleküllerin salınım hareketi nedeniyle gıdanın içerisinde hızlıca ısı oluşturur (Jeong and Kang 2014). Mikrodalga ile ısıtmada hem dipol dönmesi hem de iyonik polarizasyon baskın ısıtma mekanizmaları iken düşük frekanslı radyo frekansı bölgesinde genellikle hakim olan ısıtma mekanizması iyonik polarizasyondur. Elektrik alan gıdaya uygulandığında materyaldeki pozitif iyonlar elektrik alandaki negatif bölgeye, negatif iyonlar ise pozitif bölgeye hareket eder. İyonlardaki bu hareketlilik iyonik polarizasyon olarak tanımlanır. Yüksek frekanslarda polarlığın devamlı olarak değişmesiyle alan statik olmaz ve bu sayede ısıtma meydana gelir (Marra *et al.* 2009). Moleküler sürtünme ve çarpışmalar dipolden enerji kaybına neden olarak dielektrik ısı oluşturur (Xu 2015). Bu enerji ve ısı gıda tarafından direkt olarak tutulmakta bu sayede sadece pişirme süresinden tasarruf edilmekle kalmayıp enerjide de kazanç olmaktadır (Schlisselberg *et al.* 2013).

Radyo frekansı ısıtma işlemi ürünü hedef aldığı yani çevreleyen havayı ısıtmadığı için ürünün iç kısmı yüzeyden daha çabuk ısınmaktadır. Ayrıca radyo dalgalarının özelliği sayesinde paketlenme malzemesinin içine önemli bir enerji kaybı olmadan nüfuz edebilme özelliği bulunmaktadır (Orsat and Raghaven 2014).

Ekmek ve Kalite Özellikleri

Ekmek; buğday unu, maya, tuz ve belirli oranda suyun karıştırılıp yoğurulmasının ardından fermantasyona bırakılıp daha sonra da pişirilmesi ile elde edilen bir üründür (Kotancılar vd 1995).

Fırın ürünlerinde bozulma problemleri; fiziksel bozulma, kimyasal bozulma ve mikrobiyal bozulma olmak üzere üç kısımda incelenebilmektedir. Nem kaybı, nem kazanımı, bayatlama gibi tekstürel değişimler fiziksel bozulmaların temelini oluşturmaktadır. Ambalaj malzemesinde geçirgenlik seçimi doğru yapılarak nem kazanımı veya kaybı problemleri aşılabilmektedir. Tüketici tercihini azaltan bayatlama ise pişirme işleminden sonra nemin geri taşınması ile nişasta retrogradasyonu, sertlikteki artış, aroma ve lezzet kaybı gibi değişiklikler meydana gelmektedir. Fırın ürünlerinde bayatlamayı engellemek amacıyla formülasyona lipidler, shorteninger, surfektanlar, emülsifyerler, gamlar, mono ve di gliseritler, bayatlama engelleyici enzimler kullanılmaktadır (Smith *et al.* 2004).

Bir diğer bozulma sebebi olan mikrobiyolojik bozulmalar en ciddi bozulma sebebidir (Saranj and Sivasakthivelan 2016). Ekmek gerek karbonhidrat ve protein kaynağı olması gerekse de yüksek su aktivitesi ve pH değerine sahip olması sebebiyle mikroorganizmaların gelişmesi için uygun ortama sahiptir. Fırın ürünleri spor oluşturan mezofilik aerob bakteriler tarafından kolayca bozulabilen riskli gıdalardan değildir (Certel vd 2009). Bu ürünler için küflenme ciddi ve maliyetli bir problem olmakla birlikte raf ömrünü sınırlayan en önemli unsurlardandır (Guynot *et al.* 2005). Fırıncılık endüstrisindeki ekonomik kayıpların temel sebebinin küflenme olduğu birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Smith *et al.* 2004, Van Eijk *et al.* 2014, Gerez *et al.* 2015). Orta nemli gıdalardan olan bu ürünlerde yaygın olarak bulunan ve önemli derecede ekonomik kayıplara neden olan bozulma etmeni mikrobiyota kserofilik küflerdir (Guynot *et al.* 2005). Unlarda önemli miktarda küf sporu bulunur ve bu yolla ekmeğe de bulaşır. Küf sporları uygulanan ısı işlemle beraber yok edilirken, fırınlanmış malların soğutulması, dilimlenmesi, paketlenmesi ve depolama işlemleri sırasında hava kaynaklı küfler ile kontamine olmasıyla ekmekte bozulma meydana gelebilmektedir (Marin *et al.* 2002; Certel vd 2009, Gerez *et al.* 2015). Diğer bir ifade ile bulaş unsurları bozulma problemlerinin kaynağını oluşturmaktadır. Ekmekte başlıca kontaminantlar *Penicillium* ve *Aspergillus* türleridir (Smith *et al.* 2004; Guynot *et al.* 2005; Pateras 2007; Liu *et al.* 2011). Küflenme problemi hava yoluyla oluşan kontaminasyon ile meydana gelebilmekte ve özellikle yazın daha sıcak ve daha nemli depolama koşulları nedeniyle daha büyük bir sorun olabilmektedir. Ayrıca ürünlerin tamamen soğutulmadan paketlenmesi de bir neden olabilmektedir. Soğutulmadan paketlenme ile birlikte ürün yüzeyi ve ambalaj içerisinde küf gelişimi için uygun nem oluşmaktadır (Smith *et al.* 2004).

Ekmekte bir diğer önemli mikrobiyolojik bozulma da sünmedir. Yüksek mikrobiyal yüke sahip hamur içeriğinin sıcak ve nemli iklime sahip bölgelerde hijyenik olmayan koşullarda üretim yapılması sonucunda oluşan bakteriyel bir bozulma olmakla birlikte bu bozulma

ekmekte hastalık olarak tanımlanmaktadır. Hastalık etmeni temel mikroorganizma *Bacillus subtilis* olmakla beraber bazı *Bacillus* türleri de hastalığa sebep olabilmektedir (Certel vd 2009a). Ekmek ürünlerinde rope sporu mikroorganizmaları çoğunlukla içerikten özellikle de un ve mayadan gelmektedir. Pişirme sıcaklıklarına maruz bırakılınca yok edilen küflerden farklı olarak (Saranj and Sivasakthivelan 2016) bu mikroorganizmalar ekmekte pişirme sonrasında merkez sıcaklığın 100 °C'nin altında kalması sonucu vejetatif formların spor oluşturmasıyla canlılıklarını sürdürür. Bakteriler 36-48 saat içinde gelişir. Hastalık meyvemsi ağır koku, yumuşak, lifli, yapışkan, kahverengi ve benekli ekmek içi yapısına sahip bir hal almasıyla karakterize edilebilir (Certel vd 2009a).



MATERYAL ve METOT

Materyal

Hamburger ekmeği yapımında kullanılan un (Pakun), fungal alfa amilaz (Puratos), tuz, maya ve koruyucu olarak kullanılan kalsiyum propiyonat piyasadan temin edilmiştir. Hamburger ekmeği standart formülasyonla Öztadal Unlu Gıda Mamulleri Sanayi ve Ticaret Ltd.Şti'de (Trabzon) üretilmiştir.

Hamburger ekmeği üretildikten sonra POLIBARR® ZO5A1 (Polinas, Yenipak Ambalaj San. İstanbul, Türkiye) iki kat Polietilen (PE) içerisinde Etilen Vinil Alkol Kopolimer (EVOH) içeren yüksek oksijen bariyer özelliğine sahip ambalaj materyali (PE-EVOH-PE) ile ambalajlanmıştır. Ambalaj materyali 55 µm kalınlığa ve 5 cm³/m²/24h oksijen geçirgenliğine sahiptir.

Mitsubishi firmasına ait Ageless® marka oksijen emici ITOCHU Corporation (Istanbul Branch, İstanbul, Türkiye)'den temin edilmiştir. Kullanılan oksijen emici 200 ml oksijen emme kapasitesine sahiptir (En x boy: 4,5 mm x 5,5 mm). Ortamda oksijen varlığının tespiti için Microbiology Anaerotest® (Merck, Almanya) kullanılmıştır. Oksijen emici ve anaerotest ile ambalajlanmış ürüne ait görüntü Şekil 2'de sunulmuştur.



Şekil 2. Oksijen emici ve Anaerotest®'in ambalajlı hamburger ekmeğindeki görüntüsü

Maya ve Küf analizi için Dichloran (18%) Glycerol Agar (Merck, Almanya), Gliserol %85 (Isolab, Almanya), Toplam aerobik bakteri sayımı için Plate Count Agar (Merck, Almanya), Rop sporu analizinde kullanılacak Amos Kont Jones besiyeri bileşimi için Sodyum klorür (Merck, Almanya), Pepton (LabM, Birleşik Krallık), Et ekstraktı (LabM, Birleşik Krallık), *Bacillus cereus* analizi için Mannitol Egg Yolk Polymixin agar (LabM, Birleşik Krallık), Polimixin B(Merck, Almanya), Yumurta sarısı (Merck, Almanya), Enterobacteriaceae

analizi için Violet red bile dextrose agar (LabM, Birleşik Krallık), Koliform bakteri analizi için Violet red bile agar (LabM, Birleşik Krallık), Sülfite indirgeyen bakteri (*Clostridium perfringens*) analizi için Tripton Sulfite Cycloserine agar ve D- cycloserine (Merck, Almanya) kullanılmış olup tüm kimyasallar analitik saflıktadır. *Penicillium* stok kültürü için Patato Dextrose Agar (Merck, Almanya), Tween 20 (Sigma, Almanya) küf sporu sayımı için Neubauer lamı (Marienfeld, Almanya) kullanılmıştır.

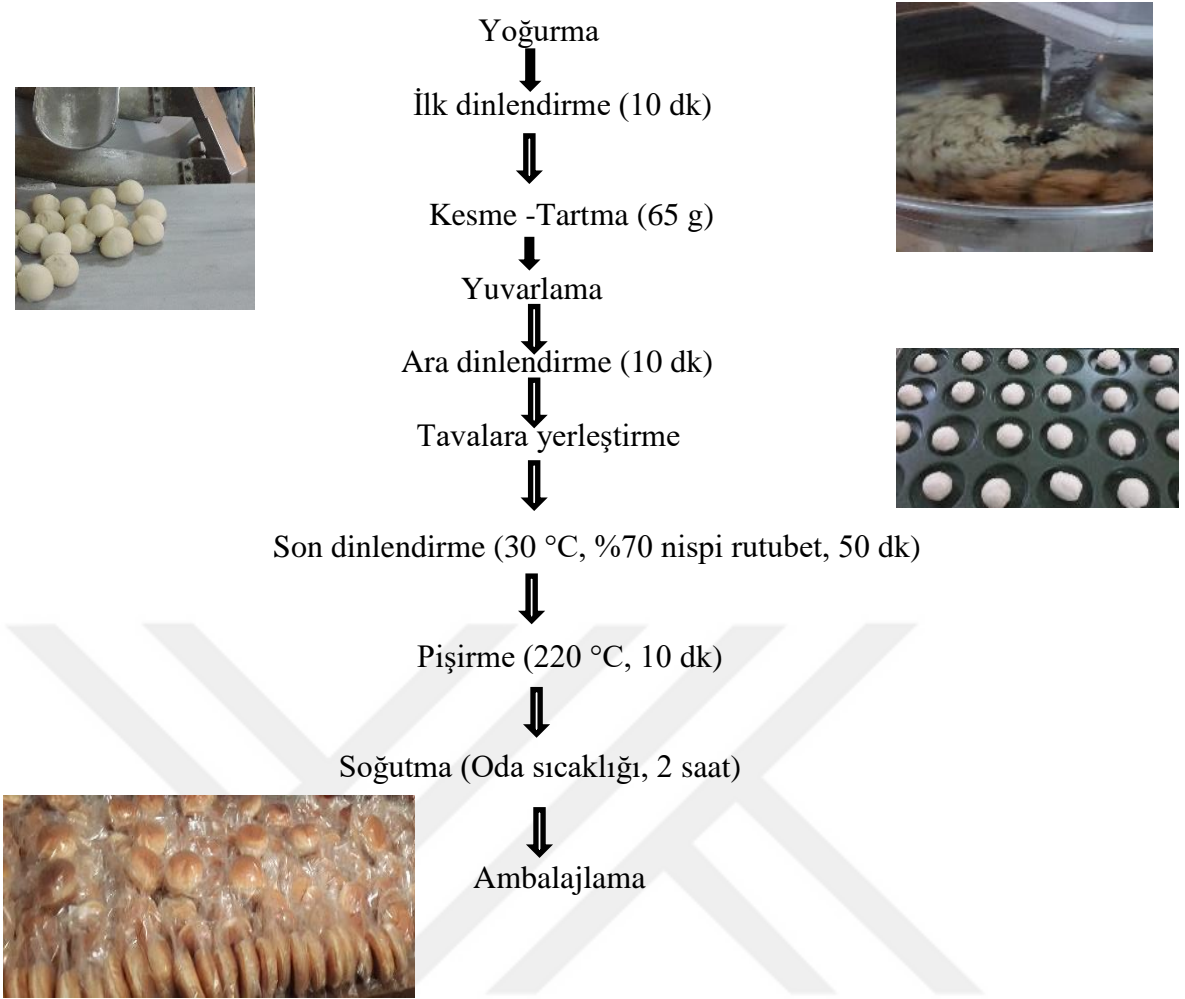
Hamburger Ekmeği Üretimi

Hamburger ekmeği Öztadal Unlu Gıda Mamulleri Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti’de (Trabzon) tesislerinde üretilmiştir. Hamburger ekmeği Tablo 2’de verilen formülasyona göre hazırlanmıştır. Üretime ait akış şeması Şekil 3’de sunulmuştur.

Tablo 2. Hamburger ekmeği formülasyonunda kullanılan malzemeler ve miktarları

Malzemeler	Miktar (g)
Su	57
Tuz	2
Şeker	10
Yağ	3,5
Glüten	1
Enzim	0,35
Un	100
Maya	5
Kalsiyum propiyonat	0-0,1-0,2

Hamburger ekmeği %0,1 ve %0,2 oranında kalsiyum propiyonat içeren, “koruyuculu” ve kalsiyum propiyonat içermeyen, “koruyucusuz” olmak üzere üç farklı çeşitte 50 g olacak şekilde üretilmiştir. Ekmekler özel ambalaj materyallerine tek tek konulmuştur. Paketleme işlemi masa üstü poşet kapatıcı yardımı ile (Packtech impulse sealer, PCS200, Türkiye) yapılmıştır.



Şekil 3. Hamburger ekmeği üretimi

Radyo Frekansı Sistemi

Radyo frekansı (RF) sistemine ait şematik görüntü Şekil 4’de sunulmuştur. Laboratuvar ölçekli RF sistemi (Sonar, İzmir, Türkiye) 5 kW enerjiye ve 27,12 MHz dalga boyuna sahip olup sıcak hava (0-90 °C) sistemini de içermektedir. Sistemde iki elektrot arasındaki mesafe 80-150 mm olacak şekilde ayarlanabilmektedir. Örneğin ısıtılması ve gerekli sıcaklığın stabil olabilmesi için işlem uygulanmadan yaklaşık bir saat öncesinden RF fırını boş olarak çalıştırılmıştır.



Şekil 4. Radyo frekansı sistemi

Radyo frekansı sistemi koşullarının belirlenmesi

Elektrot mesafesi ve elektrik akımı (I, A) arasındaki genel ilişkiyi belirlemek amacıyla 80-150 mm elektrot mesafelerinde 10 mm aralıklarda noktalar seçilmiştir. Elektrot mesafesi ayarlandıktan sonra cihazın içerisinde ekme varken/yokken sistem çalıştırılarak 180 saniye içerisinde cihazın çektiği akım kaydedilmiştir. Cihazın çektiği akım cihazın dijital kontrol panelinden kaydedilmiştir. Çıkış gücü (Output power, P, kW) üreticinin sağladığı ilişki ile ($P = I \times 2,73$) hesaplanmıştır.

Radyo frekansı sisteminin mikrobiyal inaktivasyon üzerine etkisinin belirlenmesi

Radyo frekansı sistemi koşullarının belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmalardan biri mikrobiyal inaktivasyon çalışmasıdır. Bu çalışmada önce belli bir yükte küf spor süspansiyonu elde edilir, daha sonra elde edilen süspansiyon hamburger ekmeğine bulaştırılır. Küf sporu bulaştırılmış hamburger ekmeği radyo frekansına tabi tutularak inaktivasyon miktarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu denemelerle birlikte uygulanacak optimum radyo frekansı koşullarının belirlenmesi hedeflenmiştir.

Küf spor süspansiyonunun hazırlanması: Ekmekte en fazla görülen küf türü olan *Penicillium chrysogenum*, Patatoes Dextrose Agar (PDA) besiyerinde geliştirilmiş, tek koloni düşürme tekniği ile çizilmiş ve yine aynı besiyerinde yatık agar şeklinde stok olarak saklanmıştır. Saklanan stok küf kültürü üzerine %1'lik Tween 20 çözeltisi ilave edilip, steril swap ile küf sporunun çözeltiliye geçmesi sağlanmıştır. Steril cam yününden geçirildikten sonra elde edilen küf spor süspansiyonu Neubauer lamı ile sayılmış ve küf seviyesi belirlenmiştir (Liu *et al.* 2011). Çalışmada kullanılmak üzere hazırlanan spor süspansiyonu 10^7 kob/ml olarak hesaplanmıştır.

Küf bulaştırılmış ekme örneklerinin hazırlanması: İşlem öncesinde hamburger ekmeği ve ambalaj malzemeleri 30 dakika süre ile UV lambaya maruz bırakılmıştır. Ardından bir

önceki aşamada hazırlanan küf sporu steril kabin içerisinde ambalaja inoküle edilmiş ve hamburger ekmeği ambalaja yerleştirilmiştir. Ekmeğin nem dengesinin sağlanması için yaklaşık 10 dakika süre ile ekmekler bekletilmiş ardından ambalaj kapatılmıştır (Liu *et al.* 2011). Hesaplamalar sonucunda 10^7 kob/ml olarak belirlenen spor süspansiyonu ile hamburger ekmeklerine 10^5 kob/g düzeyinde küf sporu bulaştırılmıştır.

Sıcaklık Dağılımının Ölçülmesi

Paralel elektrotlar arasına yerleştirilen ekmeklerin sıcaklıkları radyo frekansı işlemi uygulanmasının ardından 10 saniye içerisinde Termal kamera (Thermal Imager, Testo 881, Almanya) ile ardışık olarak üç kere ölçülmüştür.

Un Analizleri

Hamburger ekmeği üretiminde kullanılan unda; rutubet, kül, yağ ve kuru öz (Yücebaş Makine, Türkiye), sedimentasyon değeri (Yücebaş Makine, Türkiye) ve düşme sayısı (Erkaya, FN200, Türkiye), sırasıyla ICC (International Association for Cereal Science and Technology) Metot No 110/1 (ICC 1976), 104/1 (ICC 1990), 137/1 (ICC 1994), 116/1 (ICC 1994) ve 107/1 (ICC 1995)'e göre yapılmıştır. Hunter L, a ve b renk değerleri, Minolta CR-400 (Minolta, Japonya) renk tayin cihazı ile belirlenmiş ve en az 8 ayrı noktadan ölçüm alınmıştır. Kaydedilen renk değerlerinden L, koyuluk-parlaklık (0-siyah,100-beyaz), a değeri kırmızıdan yeşile ve b değeri de sarıdan maviye olan renk değerlerini göstermektedir.

Farinograf Denemesi

Una ait yoğurma özellikleri ICC Metot No 115/1'e göre (ICC 1998) farinograf (Yücebaş Makine, Türkiye) belirlenmiştir. Elde edilen farinogramlardan su absorpsiyonu (SA, %), gelişme süresi (GS, dk.), stabilite (S, dk.) ve 10. ve 12. dakikalardaki yumuşama derecesi (YM, Brabender birimi – BU) değerleri hesaplanmıştır.

Ekmek Analizleri

Hamburger ekmeğinde; rutubet analizi ICC Metot No 110/1'e (ICC 1976) göre belirlenmiştir. Su aktivitesi 25 °C'de su aktivitesi tayin cihazı (Novasina lab master) yardımı ile saptanmıştır. pH değerleri ise pH metre aracılığı ile ölçülmüştür.

Ekmek İçi Teksür Profil Analizi

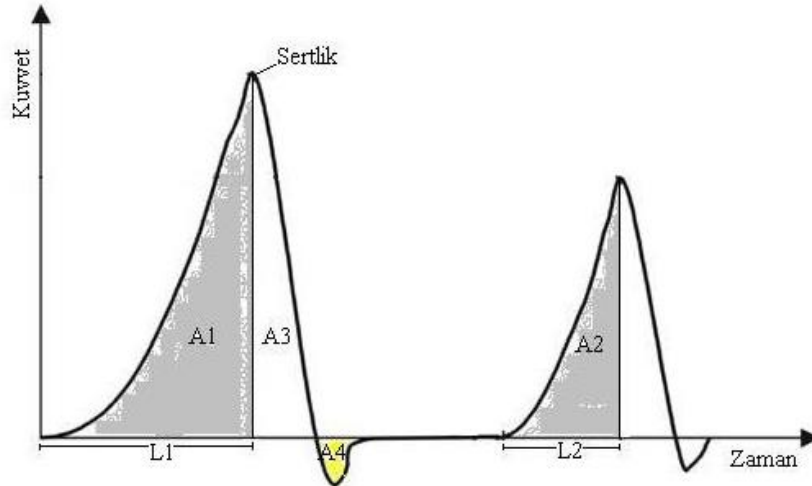
Ekmek içi teksür profil analizleri TA.XT plus teksür analiz cihazı (Texture Analyzer, XT plus, Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Birleşik Krallık) ile 36 mm'lik (P-36) silindirik prob kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5. Bir kenarı 2,5 cm olan küp şeklinde kesilmiş ekmek örnekleri

2,5 x 2,5 x 2,5 ebatında küp şeklinde kesilen ekmekler (Şekil 5.) için TPA (Tekstür Profil Analizi) metodu aşağıdaki koşullar altında yürütülmüştür.

- Ön test hızı 2 mm/s,
- Test hızı 1 mm/s,
- Test sonrası hız 5 mm/s,
- Zaman 5 s,
- Tetikleme gücü 10,0 g ve
- Sıkıştırma oranı %50
- Ortam koşulları ise 26 °C / %22 BN dir.



Şekil 6. Örnek TPA kurvesi

Bu şartlar altında çizdirilen eğriden (Şekil 6.) parametreler aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

Sertlik: İlk sıkıştırma esnasında pik gücü (N),

Elastikiyet: (L2/ L1),

Kohesivlik: (A2/ A1)

Yapışkanlık: (A4) ve

Çiğnenebilirlik (sertlik x kohesivlik x elastikiyet) değerleri hesaplanmıştır. Ölçümler her örnekten 8 ekmek dilimi olacak şekilde yapılmıştır.

Mikrobiyolojik Analizler

Numune hazırlanması: Steril filtrelili poşete 10 g numune ve 90 ml peptonlu su tartılarak peristaltik homojenizatör ile muamele edilmiş ve analizlerde kullanılmıştır.

Maya ve küf sayımı ISO 21527-2 (International Organization for Standardization [ISO] 2008) metoduna göre yapılmış olup yöntemine göre, hazırlanan dilüsyonlardan 0.1 ml alınarak %18 gliserol ilaveli DG18 (Dichloran glycerol chloramphenicol agar) besiyerine paralelli olarak yayılarak ekim yapılmış, petri kapları 25 °C’de 5 gün inkübasyona bırakılmıştır.

Toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı için ISO 4833 (ISO 2013) metodu kullanılmış bu yöntemine göre PCA (plate count agar) besiyerine 1ml dökme ekim yapılarak petriler 30 °C’ de 3 gün süre ile inkübasyona bırakılmıştır.

Rope sporu analizi ekmekler için TS 5000’e göre (Anonim 2010) AKJ (Amos kont jones) besiyeri hazırlanarak EMS (En muhtemel sayı) tekniği ile yapılmıştır.

Depolamanın başında *B. cereus*, Koliform ve Enterobacteriaceae analizi yapılmıştır. *B. cereus* sayımı için ISO 7932 (ISO 2004a) metoduna göre polymyxin B ve yumurta sarısı ilave edilmiş MYP (Mannitol egg yolk polymyxin) besiyerine 0,1 ml yayma yöntemi ile ekim yapılmış, 30 °C’de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. Koliform bakteri analizi ISO 4832 (ISO 2006) metoduna göre Violet red bile agar besiyerine çift kat dökme yöntemi ile yapılmış 35-37 °C de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. Enterobacteriaceae sayımı için ISO 21528-2 (ISO 2017) metoduna göre VRBD (Violet red bile dextrose agar) besiyeri ile çift kat dökme yöntemi ile ekim yapılmış 35-37 °C de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır.

Sülfit indirgeyen bakteri (*Cl. perfringes*) analizi sadece oksijen emici kullanılan örneklerde depolama periyodu sonunda TS EN 7937 metoduna göre TSC Agar (Tryptose Sulfite Cycloserine Agar), yumurta sarısı ve D cycloserine kullanılmış, petriler 37 °C de 24 saat anaerobik koşullarda inkübasyona bırakılmıştır (ISO 2004b).

Duyusal Analizler

Duyusal analizler eğitimli 10 kişi ile gerçekleştirilmiştir. Her örneğe ait ekmeklerin iç kısımları dikdörtgen şekilde dilimlenip cam petrilerde duysal analize sunulmuştur. Örnekler her seferinde karışık olarak sıralanmıştır. Duyusal analize ait form örneği EK-1’de sunulmuştur.

Örneklerin renk ve görünüş, koku, yabancı madde, yumuşaklık, ufalanma ve genel kabul edilebilirlik açısından 1 (çok kötü)-5 (çok iyi) ölçeğinde puanlanması istenmiştir. Puanlar ≤ 3 tüketilebilir ancak satışa sunulamaz, ≤ 2 tüketim açısından kabul edilemez olarak değerlendirilmiştir.

TOPSIS Yöntemi

TOPSIS “Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution” yaklaşımı Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilen çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir. TOPSIS yönteminin temelinde pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözümün belirlenmesi vardır. Yöntemde alternatiflerin sıralanması ideal çözüme yakınlıkla alakalıdır. Pozitif ideal çözüme en yakın olan ve negatif ideal çözüme ise en uzak olan en iyi alternatif olarak belirlenmektedir (Ballı and Korukoglu 2019).

Üretim sonrası en ideal örneğin belirlenmesi amacıyla TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. %0, 0,1 ve 0,2 oranında koruyucu seviyesi; RF uygulaması ve oksijen emici kullanımları ve kombinasyonları karar noktalarını oluştururken, pH, nem, su aktivitesi (a_w), sertlik, kohesivlik, elastikiyet, çiğnenebilirlik değerleri ise değerlendirme faktörleri olarak belirlenmiştir ve karar matrisi oluşturulmuştur. Diğer faktörler depolamanın ilk gününde anlamlı bir farklılık oluşturmadığından dolayı değerlendirmeye dahil edilmemiştir. pH, su aktivitesi, nem, kohesivlik ve elastikiyet değerlerinin yüksek olması arzu edildiğinden bu değerler pozitif ölçüt, diğerleri ise negatif ölçüt olarak belirlenmiştir. Yöntem adımları aşağıdaki gibidir.

1. Adım : Karar Matrisinin (A) Oluşturulması

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

A_{ij} matrisinde m karar noktası sayısını, n değerlendirme faktörü sayısını verir.

2. Adım : Standart Karar Matrisinin (R) Oluşturulması

$$r_{ij} = \frac{w_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^j w_{ij}^2}} \quad j=1,2,3,\dots,J \quad i=1,2,3,\dots,n$$

3. Adım : Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (V) Oluşturulması

$$v_{ij}=w_{ij}^* r_{ij} \quad j=1,2,3,\dots,J \quad i=1,2,3,\dots,n$$

Kriterlere ait ağırlıklar Tablo 3’de sunulmuştur.

Tablo 3. TOPSIS yönteminde kullanılacak karar noktalarına ait ağırlıklar

	pH	nem	a _w	Sertlik	Kohesivlik	Elastikiyet	Çiğnenebilirlik
W _i	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1

4. Adım: Pozitif İdeal (A^{*}) ve Negatif İdeal (A⁻) Çözümlerin Belirlenmesi

$$A^* = \left\{ \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\} \quad A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$$

$$A^- = \left\{ \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\} \quad A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$$

J fayda (maksimizasyon), J' ise kayıp (minimizasyon) değerini göstermektedir.

5. Adım: Her bir alternatifin Pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözümden uzaklığının belirlenmesi

İdeal ayırım (d_i^{*}) ölçüsünün hesaplanması, negatif ideal ayırım (d_i⁻) ölçüsünün hesaplanması aşağıda gösterilen şekildedir.

$$d_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}$$

Burada hesaplanacak d_i^{*} ve d_i⁻ sayısı doğal olarak karar noktası sayısı kadar olacaktır.

6. Adım: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması

Her bir karar noktasının ideal çözüme göreli yakınlığının (C_i^{*}) hesaplanmasında ideal ve negatif ideal ayırım ölçülerinden yararlanılır. Burada kullanılan ölçüt, negatif ideal ayırım ölçüsünün toplam ayırım ölçüsü içindeki payıdır. İdeal çözüme göreli yakınlık değerinin hesaplanması aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

$$C_i^* = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^*}$$

Burada C_i^* değeri $0 \leq C_i^* \leq 1$ aralığında değer alır ve $C_i^* = 1$ ilgili karar noktasının ideal çözüme, $C_i^* = 0$ ilgili karar noktasının negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını gösterir.

İstatistiksel Analizler

Ön deneme deseni, Design Expert 7.0 (Stat-Ease, Minneapolis, A.B.D) (deneme versiyonu) istatistik programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Optimum koşulların belirlenmesi için istenirlik fonksiyonu kullanılmıştır. Toplam istenirlik 0 ile 1 arasında değişmektedir. Bu değer 1'e yakın olması istenilen değere yakınlığını, uzak olması ise tersini ifade etmektedir (Wu 2004; Jeong and Kim 2009).

Deney deneme deseni 3 seviye (%0, %0,1 ve %0,2) koruyucu (K), 2 seviye (var/yok) oksijen emici (O), 2 seviye (var/yok) radyo frekansı (R) uygulaması ve 5 farklı depolama (S) süresi (1, 7, 14, 21, 28. gün) olmak üzere 3K X 2O X 2R X 5S (n=60) faktöriyel düzende tam şansa bağlı deneme planına göre iki tekerrürde yürütülmüştür. Mikrobiyolojik sonuçlar koloni oluşturan birimden (kob/g) logaritmik sayılara (log kob/g) dönüştürülmüştür. Varyans analizi (ANOVA) SPSS paket programı (IBM SPSS 16.0) ile yapılmıştır. Sonuçlar ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Varyasyon kaynaklarına ait ortalamalar arasında önemli farklılıklar %95 güven aralığı dikkate alınarak Duncan çoklu karşılaştırma testi ve bağımsız t testi ile karşılaştırılmıştır (p<0,05).

Üretim sonrası ilk gün ekmeklerinde en iyi örnek çeşiti/ çeşitlerini belirlemek için TOPSIS yönteminden yararlanılmıştır. Hesaplamalar ise Microsoft Excel® (2016) ile yapılmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Buğday Ununa Ait Bazı Özellikler

Kullanılan buğday ununa ait bazı kalite özellikleri Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4. Buğday ununa ait bazı kalite özellikleri

Rutubet miktarı (%)	12,4
Kül (%KM'de)	0,65
Düşme sayısı (s)	310
Normal sedimantasyon değeri (ml)	28
Düzeltilmiş sedimantasyon değeri	27,5
Yaş glüten miktarı (%KM'de)	27,4
Kuru glüten miktarı (%)	8,5
Su aktivitesi (a_w)	0,66
L^*	92,18
a^*	-1,46
b^*	11,01

Tablo 4'te sunulan değerler incelendiğinde denemelerde kullanılan buğday ununun nem değeri %12,4 olarak saptanmıştır. Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği'ne (Anonim 2013) göre buğday ununda nem miktarı %14,5'ten fazla olmamalıdır. Buna göre kullanılan un nem içeriği bakımından tebliğe uygundur.

Una ait kuru maddede kül miktarı %0,65 olarak tespit edilmiştir. Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği'nde (Anonim 2013) özel amaçlı buğday unu için % kül miktarı aranmaz.

Una ait yaş glüten miktarı kuru madde esasına göre %27,4 iken kuru glüten miktarı 8,5 olarak saptanmıştır. Glüten kalitesi iyi olarak nitelendirilebilir. Yapılan sedimantasyon testi sonucunda unun sedimantasyon değeri 27,5 ml olarak saptanmış olup iyi bir sedimantasyon değerine sahip olduğu söylenebilir. Su aktivitesi ise 0,66 olarak saptanmıştır.

Düşme sayısı değeri incelendiğinde 310 saniye olarak ölçülmüş olup unun amilaz aktivitesinin düşük olduğunu ve enzim ilave edilmesi gerektiğini ifade etmektedir.

Renk değerleri incelendiğinde L değeri 92,18; (-) a değeri 1,46 ve b değeri ise 11,01 olarak ölçülmüştür.

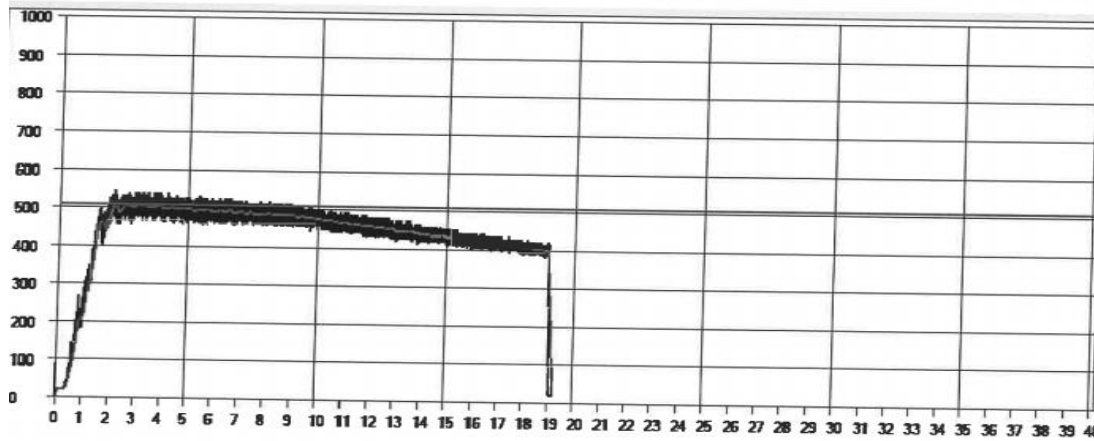
Una Ait Farinograf Özellikleri

Hamura ait su absorpsiyonu (SA, %), gelişme süresi (GS, dk), stabilite (S, dk) ve yumuşama derecesi (YM, 10.dk) değerleri AACC 54-21 (AACC 1983) yöntemine göre Yücebaş Makine marka farinografta yapılmış olup elde edilen farinogramdan tespit edilmiştir. Elde edilen farinogram Şekil 7’de sunulmuştur.

Denemelerde kullanılan un örneğinin farinogram değerleri (Tablo 5.) incelendiğinde unun su absorpsiyonu %57,2 gelişme süresi 2,4 dakika stabilite değeri 6,5 dakika, yumuşama derecesi 10. dakika için 20 B.U, 12. dakika için ise 76 B.U, yoğurma toleransı ise 20 B.U olarak saptanmıştır.

Tablo 5. Hamura ait farinogram özellikleri

	Su absorpsiyonu (%)	Gelişme Süresi (dk)	Stabilite (dk)	Yumuşama Derecesi 10.dk (B.U)	Yumuşama Derecesi 12.dk (B.U)	Yoğurma Tolerans Sayısı (B.U)
Un	57,2	2,4	6,5	20	76	20



Şekil 7. Denemelerde kullanılan una ait farinogram

Radyo Frekansı Koşullarının Belirlenmesi

Elektrot-süre çalışması

Cihazın boş iken çektiği akım ile ekmek varken çektiği akım arasındaki fark ne kadar büyükse radyo frekansı o kadar etkili çalışmaktadır. Veriler incelendiğinde cihazın çektiği elektrik akımını içerisinde ekmek yokken elektrot mesafelerine bağlı olarak 0,47-0,55 A, ekmek var iken ise 0,48-0,65 A'dır. 100 mm elektrot mesafesinden itibaren cihazın çektiği elektrik akımını sabit bir etki göstermeye başlamıştır (Tablo 6. ve Tablo 7.). Çalışmaya ait ham veriler aşağıdaki gibidir.

Tablo 6. Radyo frekans (RF) sistemi içerisinde ekmek varken farklı elektrot mesafelerinde farklı sürelerde sistemin çektiği akım

mm/A	0,5 dk	1 dk	1,5 dk	2 dk	2,5 dk	3 dk
80*	0,654	0,648	0,630	0,618	0,618	0,618
90*	0,565	0,579	0,580	0,574	0,570	0,570
100*	0,540	0,547	0,544	0,541	0,540	0,538
110*	0,525	0,529	0,528	0,526	0,526	0,525
120*	0,502	0,505	0,508	0,511	0,511	0,514
130*	0,495	0,498	0,501	0,501	0,502	0,504
140*	0,486	0,487	0,489	0,489	0,490	0,492
150*	0,480	0,478	0,480	0,481	0,483	0,484

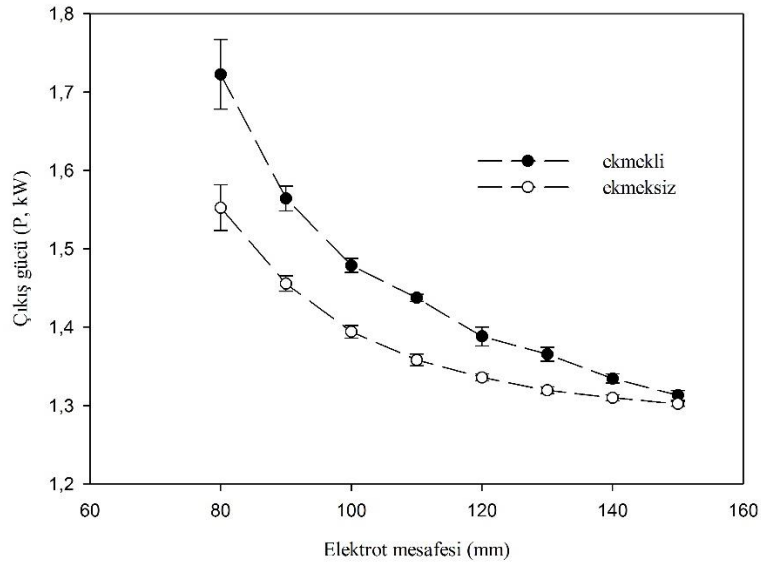
Tablo 7. Radyo frekans (RF) sistemi içerisinde ekmek yokken farklı elektrot mesafelerinde farklı sürelerde sistemin çektiği akım

mm/A	0,5 dk	1 dk	1,5 dk	2 dk	2,5 dk	3 dk
80	0,553	0,564	0,586	0,568	0,571	0,570
90	0,526	0,534	0,535	0,534	0,535	0,535
100	0,505	0,511	0,511	0,511	0,513	0,513
110	0,492	0,498	0,498	0,499	0,499	0,499
120	0,487	0,489	0,489	0,489	0,490	0,492
130	0,480	0,484	0,484	0,484	0,484	0,484
140	0,478	0,478	0,480	0,481	0,481	0,481
150	0,475	0,477	0,477	0,477	0,478	0,478

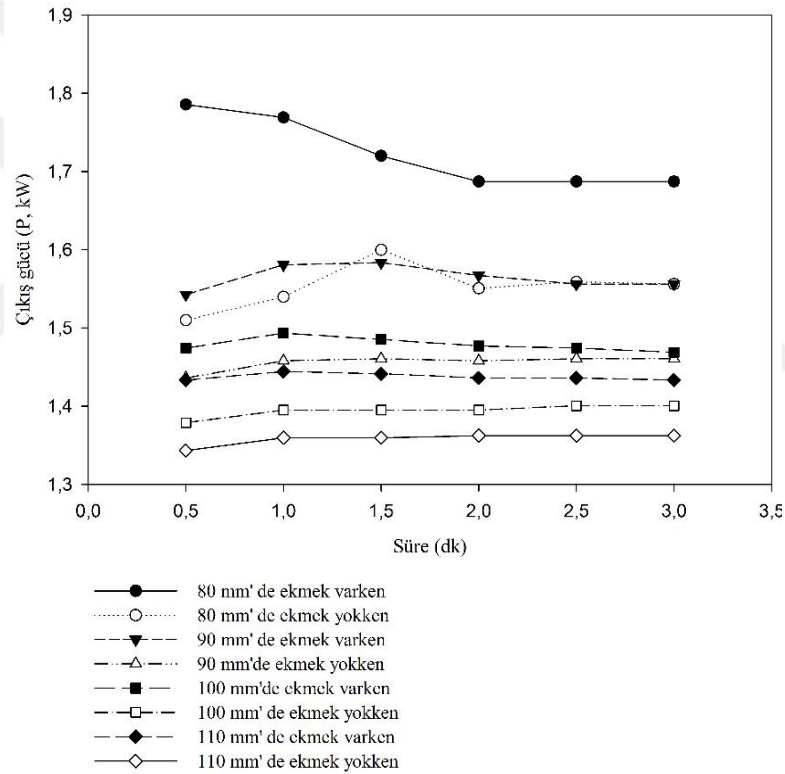
Değerler incelendiğinde sistemin boş olduğu ve dolu olduğu durumda aradaki farkın maksimum olduğu elektrot mesafesi 80 mm'dir. Ancak bu mesafede içerisinde ekmek örneği bulunurken uygulanan radyo frekans işlemi ile ekmek kalitesinde gözle görülür bir kayıp mevcuttur.

Radyo frekans sistemi farklı elektrot mesafelerinde ekmek varken ve ekmek yokken çalıştırıldığında çıkış gücünde meydana gelen değişim Şekil 8'de sunulmuştur. Grafik incelendiğinde elektrot mesafesi 80 mm'den 150 mm'ye doğru arttığında çıkış gücünde azalma meydana geldiği görülmüştür. Li *et al.* (2017) yaptığı çalışmada da benzer bir eğilim mevcuttur.

Şekil 9'da 80-110 mm elektrot mesafesinde 3 dakikalık süre içerisinde radyo frekans sistemi içerisinde ekmek varken ve yokken çıkış gücündeki değişim sunulmuştur. 110 mm den sonra çıkış gücündeki değişimde belirgin azalma olmasından dolayı grafikte gösterilmemiştir. Çıkış gücü elektrot mesafesi ölçümlerin başında 80 mm'de 1,78 kW iken, 110 mm'de 1,43 kW seviyesine inmektedir (içerisinde ekmek varken). Tüm elektrot mesafelerinde 1,5 dakikalık işlem sonunda çıkış gücü sabitlenmektedir.



Şekil 8. Radyo frekansı sisteminde farklı elektrot mesafelerindeki çıkış gücü



Şekil 9. Radyo frekansı sisteminin farklı elektrot mesafelerindeki 0-3 dakika aralığındaki çıkış gücü

Radyo frekansı uygulaması

Küf sporu bulaştırılmış ve bulaştırılmamış koruyucu içermeyen hamburger ekmeklerine Tablo 8'deki farklı elektrot mesafesi ve sürelerde radyo frekansı uygulanmıştır. Küf sporu bulaştırılan ekmeklerde uygulanan işlem sonucunda tespit edilen küf sayısı, küf sporu bulaştırılmayan ekmeklerde ise uygulanan işlem sonucunda ekmeğin merkez sıcaklığı ve duysal raf ömrü Tablo 8'de sunulmuştur. Duyusal raf ömrü hamburger ekmeklerinde

küflenme ve/veya sertleşme görüldüğü günden bir gün öncesi olarak kabul edilmiştir. Deneylere ait veriler Design Expert 7.0 programı ile incelenmiştir.

Tablo 8. Merkezi Yanıt Yöntemi deneme planı ve elde edilen ortalama deneysel sonuçlar

	X ₁ Mesafe (mm)	X ₂ Süre(s)	Küf sayısı (log kob/g)	Raf ömrü (gün)	Merkezi Sıcaklık (°C)
1	110	85	4	6	60
2	98	0	4,7	6	23
3	98	100	<2	1*	72
4	85	85	<2	1*	74
5	98	50	<2	20	63
6	98	50	<2	20	68
7	85	15	3,1	6	38
8	98	50	<2	13	50,1
9	110	15	4,4	8	53,2
10	98	50	2,3	13	55,2
11	80	50	2,6	6	40,3
12	115	50	<2	28	55
13	98	50	<2	28	61

Ekmeklerdeki başlangıç küf miktarı 4,7 log kob/g dır. En düşük küf sayısı <2 log kob/g olarak bulunmuş olup yaklaşık 2,7 log düzeyinde inaktivasyon saptanmıştır.

Elde edilen sonuçlara bağlı olarak işlem değişkenlerinin her bir yanıt üzerindeki etkisi varyans analizi (ANOVA) tablosunda gösterilmiştir (Tablo 9.). Olasılık değeri (p) 0.05'ten büyük olan etkiler önemsiz kabul edilmiştir. Bağımsız değişkenler ile her bir yanıt arasındaki ilişkiyi ifade eden matematiksel modeller çoklu lineer regresyon analizi yapılarak oluşturulmuştur. Bunun için modellere her bir değişkenin lineer, quadratik ve interaksiyon etki terimleri sırası ile eklenmiş ve kareler toplamındaki artış ve model uygunsuzluğu testi (LOF) değerleri analiz edilmiştir.

$$Y=b_0+ b_1 X_1+ b_2X_2+ b_{12} X_1X_2+ b_{11} X_1X_1+ b_{22}X_2X_2$$

Denklemdede; b₀ regresyon sabiti, b₁, b₂ lineer, b₁₁, b₂₂ quadratik, b₁₂ etkileşim katsayıları ve X₁, X₂ bağımsız değişkenlerdir.

Tablo 9. Her bir yanıt üzerine lineer, quadratik ve interaksiyon terimlerinin bireysel etkisini gösteren ANOVA tablosu

	Raf ömrü (gün)		Sıcaklık (°C)	
	Katsayı	P değeri	Katsayı	P değeri
b ₀	18,80		59,46	
b ₁	4,76	0,0678	2,75	0,3798
b ₂	-1,58	0,4967	14,01	0,0020
b _{1,2}	0,75	0,8170	-7,30	0,1218
b _{1,1}	-2,09	0,4071	-3,72	0,2750
b _{2,2}	-9,09	0,0064	-3,80	0,2663
Model uygunluğu				
R ²	0,742		0,8074	
p		0,0485		0,0191
LOF		0,4733		0,2587

a: Elektrot mesafesi, b: Süre ,

Model uygunsuzluğu değeri (LOF) $p > 0,05$ ise önemli değildir. Modelin deneysel verileri ne ölçüde karşıladığını belirlemede regresyon katsayısı (R^2) ve varyasyon katsayı değerleri kullanılmıştır. Varyasyon katsayı değeri ortalama değerden sapma değerini ifade ederken düşük olması (<%10) sistemin tekrarlanabilirliği açısından önem taşımaktadır (Šumić *et al.* 2016). Varyasyon katsayıları çalışmada raf ömrü için (%52,4), sıcaklık için (%15,13) olarak tespit edilmiş yani %10'dan büyük çıkmıştır (veri gösterilmemiştir) yani ortalama değerden sapmaların fazla olduğuna işaret etmektedir. Çalışmada elde edilen yanıtlar için yeterli tahminleme değeri raf ömrü için (5,42), sıcaklık için (7,77) olmak üzere 4'ten büyük olarak bulunmuştur (veri gösterilmemiştir). Regresyon modelinin sonradan tahminleme modeli olarak kullanılabilmesi için yeterli tahminleme (adequate precision) kullanılır ve bu değer 4'ten büyük olması gerekmektedir (Atalar 2018). Model için elde edilen R^2 değeri ise 0,74-0,81 arasındadır.

Uygulanan işlemin raf ömrü üzerine etkisi;

Uygulanan model raf ömrü için önemli bulunmuştur. Ancak elektrot mesafesi ve sürenin etkisi önemli bulunmazken, $b_{2,2}$ önemli bulunmuştur.

Oluşturulan örnek model denklem;

$$\text{Raf ömrü} = 18,80 + 4,76 * X_1 - 1,58 * X_2 + 0,75 * X_1 * X_2 - 2,09 * X_{1,1} - 9,09 * X_{2,2}$$

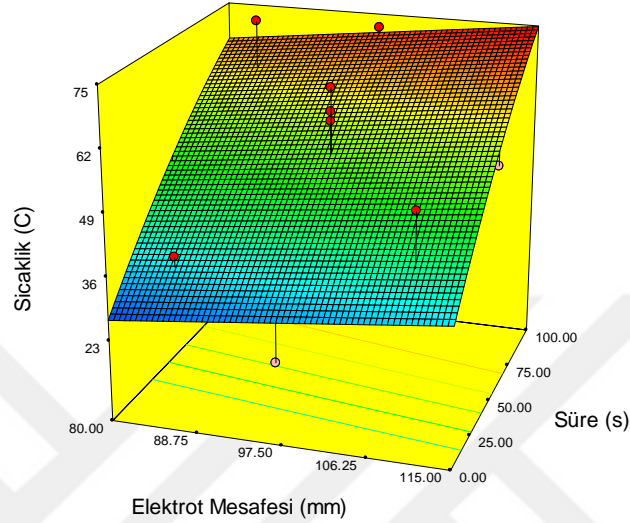
Uygulanan işlemin ekmek merkez sıcaklığı üzerine etkisi;

Ekmek merkez sıcaklığı üzerine elektrot mesafesinin etkisi önemli bulunmazken, bir diğer değişken olan süre önemli bulunmuştur. İşlem süresi arttıkça merkez sıcaklıkta artış

meydana gelmektedir. Bağımsız değişkenlerin fonksiyonu olarak ekmek deneme örneklerinin ekmek merkez sıcaklığında meydana gelen değişimi ifade eden yanıt yüzey grafiği ve eşyükselti eğrileri Şekil 10’da gösterilmiştir.

Oluşturulan örnek model denklem;

$$\text{Sıcaklık} = 54,17 + 2,78 * X_1 + 14,04 * X_2 - 1,53 * X_2 * X_2$$



Şekil 10. Elektrot mesafesi ve süre değişkenlerinin ekmek merkez sıcaklığı üzerindeki etkisi

Deneysel çalışmalarda düşük elektrot mesafelerinde ekmekte aşırı ısınma ve yoğunlaşma problemleri gözlenmiştir. Cathcart *et al.* (1947) ve Bartholomew *et al.* (1948) RF muamelesinden sonra ekmek ve onu çevreleyen hava arasındaki sıcaklık farkından kaynaklanan şiddetli yoğunlaşmanın ekmek yüzeylerinde ortaya çıktığını bildirmişlerdir. Hava, sıfır kayıp faktörüne sahiptir ve RF enerjisi ile ısıtılamaz. Bu sebeple Liu *et al.* (2011) yaptıkları çalışmada hacimsel ısıtma için RF kullanırken, ekmeğin yüzey sıcaklığını sağlamak için sıcak hava kullanmışlardır. Yoğunlaşmanın önlenmesi amacıyla çalışmamızda radyo frekansı 55 °C sıcak hava sirkülasyonu ile birlikte kullanılmıştır.

Tablo 10. Optimum noktadaki deneysel değerler

X ₁ Elektrot mesafesi (mm)	X ₂ süre (s)	Raf ömrü (gün)	Sıcaklık (°C)	İstenirlik
107.5	53.4	21	59.9	0.863

Model optimizasyonu istenirlik fonksiyonuna göre gerçekleştirilmiştir. Bu parametreler doğrultusunda optimum deneysel değerler Tablo 10’da sunulmuştur. Radyo frekansının 5’er mm mesafelerde ayarlanması sebebiyle işlem koşulları 55 °C sıcak hava sirkülasyonu ile 105 mm elektrot mesafesi ve yaklaşık 55 saniyelik işlem süresi olarak belirlenmiştir (bundan sonraki bölümlerde radyo frekansı uygulaması olarak bahsedilecektir).

Oksijen Emici Kullanımı

Oksijen emici hamburger ekmeğinin içerisine yerleştirilmiş ardından ambalaj kapatılmıştır. Ancak radyo frekansı uygulanacak örnekler için önce hamburger ekmeğine radyo frekansı uygulanmış ardından ambalaja oksijen emici yerleştirilmiş ve ambalaj kapatılmıştır.

Yaklaşık 10 saatlik depolamanın sonunda oksijen emici ambalaj içerisindeki oksijen miktarını %0,01 düzeyine getirmiş ve en az 52 gün boyunca bu düzeyde tutmuştur. Latou *et al.* (2010) dilimlenmiş buğday ekmeklerinde oksijen emici kullanmış ve yaklaşık 8 saatlik depolamanın sonunda oksijen seviyesinin %0,01'e indiğini ve 30 gün süre ile bu seviyenin korunduğunu bildirmişlerdir. Salminen *et al.* (1996) oksijen emici ile ambalajlanmış çavdar ekmeğinde birkaç gün içerisinde ambalaj içi oksijen konsantrasyonunun tespit seviyesinin (%0,1'in) altına düştüğünü bildirmiştir.

Fiziksel ve Kimyasal Analizler

Hamburger ekmeği örneklerinin pH değerleri

Tablo 11'de koruyucu, radyo frekansı, oksijen emici ve bunların kombinasyonu ile elde edilen hamburger ekmeklerinin pH değerlerine ait ortalamaları, Tablo 12 ve Tablo 13'te ise varyans analiz sonuçları verilmiştir.

Tablo 11. Hamburger ekmeği örneklerinin depolama süresince pH değerlerine ait ortalamalar

Koruyucu (%)	Oksijen emici	RF	Depolama süresi				
			1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
0	Var	Var	5,56±0,00	5,51±0,00	5,39±0,00	5,47±0,00	5,40±0,00
		Yok	5,62±0,01	5,46±0,01	5,46±0,00	5,52±0,03	5,39±0,00
	Yok	Var	5,57±0,01	5,47±0,00	5,41±0,00	5,37±0,00	5,34±0,05
		Yok	5,67±0,00	5,58±0,00	5,42±0,00	5,45±0,00	5,57±0,00
0,1	Var	Var	5,54±0,00	5,50±0,01	5,46±0,00	5,56±0,04	5,46±0,00
		Yok	5,58±0,00	5,51±0,00	5,40±0,00	5,53±0,00	5,41±0,01
	Yok	Var	5,50±0,00	5,45±0,00	5,49±0,00	5,46±0,00	5,33±0,03
		Yok	5,54±0,00	5,43±0,00	5,42±0,00	5,53±0,00	5,39±0,00
0,2	Var	Var	5,53±0,00	5,51±0,00	5,35±0,02	5,49±0,00	5,48±0,02
		Yok	5,55±0,00	5,49±0,00	5,31±0,00	5,46±0,00	5,44±0,00
	Yok	Var	5,54±0,00	5,42±0,00	5,40±0,01	5,43±0,00	5,11±0,02
		Yok	5,47±0,00	5,44±0,00	5,38±0,00	5,50±0,00	5,39±0,00

Örneklere ait pH değerleri incelendiğinde hamburger ekmeklerinin başlangıç değerleri 5,47-5,67 arasında değişmektedir. Channaiah *et al.* (2016) ürettikleri hamburger ekmeklerinin

ortalama pH değerlerini 5,46 olarak bildirmiştir. Quilez *et al.* (2006) çalışmasında ekmeklere ait başlangıç pH değeri 5,6-6,3 arasında değişiklik göstermiştir. Bizim çalışmamız ile uyumludur. Rosenkvist and Hansen (1995)'de kepekli ekmekte başlangıç pH'sını benzer aralıkta bulmuştur. Latou *et al.* (2010) yaptıkları çalışmada ekmek örneklerinde başlangıç pH değerlerini 6,4-6,3 olarak tespit etmiştir.

Depolama süresince pH değerlerindeki genel eğilim azalış yönünde olmuştur. Depolama süresi boyunca en çok azalış (0,43 birim) %0,2 koruyucu kullanılan ve radyo frekansı uygulanan örnekte, en stabil kalan ise 0,5 birimlik azalma ile %0,2 koruyucu kullanılan oksijen emici kullanılmış ve radyo frekansı uygulanmış örnekte saptanmıştır.

Tablo 12. Koruyucu, radyo frekansı, oksijen emici ve bunların kombinasyonu ile elde edilen hamburger ekmeği örneklerinin pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	F
Koruyucu seviyesi (K)	2	308,274**
Radyo frekansı uygulaması (R)	1	240,894**
Oksijen emici kullanımı (O)	1	302,233**
Depolama (S)	4	1232,00**
KxR	2	137,569**
KxO	2	115,920**
KxS	8	77,080**
RxO	1	390,114**
RxS	4	92,650**
OxS	4	101,719**
KxRxO	2	19,656**
KxRxS	8	29,601**
KxOxS	8	123,274**
RxOxS	4	171,881**
KxRxOxS	8	34,025**

*p<0,05 **p<0,01 SD: Serbest değişken VK: Varyasyon kaynağı, n=3

Tablo 12'ye göre koruyucu seviyesi, oksijen emici kullanımı, radyo frekansı uygulaması ve depolamanın pH değeri üzerinde (p<0.01) düzeyde öneme sahip oldukları görülmektedir. Faktörlerin ikili, üçlü ve dördü interaksiyonları da pH değeri üzerine önemli düzeyde etkili bulunmuştur.

Tablo 13. Koruyucu, radyo frekansı, oksijen emici ve bunların kombinasyonu ile elde edilen hamburger ekmeklerinin depolama süresince pH değerlerindeki değişime ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	F Değeri				
		Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
Koruyucu seviyesi (K)	2	656,470**	147,526**	409,421**	82,383**	44,462**
Radyo frekansı Uygulaması (R)	1	234,772**	14,832**	68,211**	63,790**	161,983**
Oksijen emici kullanımı (O)	1	60,251**	245,984**	101,895**	109,970**	161,983**
KxR	2	245,513**	30,766**	166,263**	10,900**	37,322**
KxO	2	117,303**	317,246**	73,316**	20,570**	162,678**
RxO	1	14,289**	193,150**	7,579*	76,769**	343,934**
KxRxO	2	101,916**	168,336**	28,895**	7,166**	22,612**

*p<0,05 **p<0,01 SD: Serbest değişken VK: Varyasyon kaynağı, n=3

Tablo 13 incelendiğinde tüm faktörlerin ve bunların ikili ve üçlü interaksiyonlarının depolama günlerinin tamamında (p<0,01) düzeyinde önemli olduğu sadece 14. günde radyo frekansı ve oksijen emici ikili interaksiyonunun (p<0,05) düzeyinde önemli olduğu görülmüştür.

Önemli değişkenlere ait karşılaştırmalar yapılırken koruyucu kullanımına ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 14, Tablo 15 ve Tablo 16’da sunulmuştur.

Tablo 14. Hamburger ekmeklerinde koruyucu seviyesi değişkenine ait pH değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Koruyucu (%)	n	Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
0	12	5,60±0,06aA	5,50±0,05aB	5,42±0,03bC	5,45±0,06cC	5,42±0,09aC
0,1	12	5,54±0,03bA	5,47±0,03bB	5,44±0,04aC	5,52±0,04aA	5,40±0,05bD
0,2	12	5,52±0,03cA	5,46±0,04cA	5,36±0,04cB	5,47±0,03bA	5,35±0,02cB

* Aynı satırda aynı harfle (A-D) gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p >0,05). Aynı sütunda aynı harfle (a-c) gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p >0,05).

Tablo 14’te verilen çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre depolamayla birlikte farklı seviyelerde koruyucu kullanılan (%0, 0,1 ve 0,2) tüm örneklerde pH değerlerinde azalma meydana gelmiştir.

Farklı koruyucu düzeyleri kullanılan örneklerin depolama süresince pH değerleri 5,35 ile 5,60 arasında değişiklik göstermektedir. En yüksek pH değeri 1. gün koruyucu kullanılmayan (%0) örneklerde tespit edilirken, en düşük pH değeri ise %0,2 koruyucu kullanılan örneğin 28. gününde tespit edilmiştir.

Depolamanın başında koruyucu miktarındaki artışa bağlı olarak pH değerinde azalma meydana gelirken, depolamanın 7., 14. ve 21. günlerinde bu durum değişiklik göstermiş 28.

günün sonunda ise tekrar depolama başındaki gibi sıra almıştır.

Koruyucu kullanımı ile pH değişimi koruyucu içermeyen örnekte 5,48 %0,1 oranında koruyucu içeren örnekte 5,47 ve %0,2 oranında koruyucu içeren örnekte 5,43 olarak bulunmuştur. Propiyonatların maksimum etki gösterdikleri pH aralıkları 5,0-5,5 olduğu bildirilmiştir (Suhr and Nielsen 2004). Değerlerimiz bu aralıktadır. Soares *et al.* (2002) farklı düzeylerde sodyum propiyonat içeren selüloz asetat filmlerle kapladıkları ekmeklerde depolama süresince pH değerlerinin koruyucu seviyesine bağlı olmadığını bildirmişlerdir. Latou *et al.* (2010) yaptığı çalışmada ekmek dilimlerinin başlangıç pH değerlerini koruyucu içeren ekmeklerde 6,3 içermeyen örneklerde ise 6,4 olarak kaydetmiş ve bunlar arasında istatistik farkın olmadığını bildirmişlerdir. Başka çalışmalarda farklı pH değerleri kaydedilmesi ekmek içeriğindeki ve üretim aşamalarındaki farklılıklardan kaynaklanabilir.

Tablo 15. Hamburger ekmeklerinde oksijen emici değişkenine ait pH değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Oksijen emici	n	Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
Var	18	5,56±0,03A	5,50±0,02B	5,39±0,06D	5,50±0,05B	5,43±0,04C
Yok	18	5,55±0,05A	5,46±0,05B	5,42±0,03B	5,46±0,05B	5,35±0,14C

* Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p > 0,05).

En yüksek pH değeri (5,56) 1. gün, en düşük pH değeri (5,35) ise 28. günde oksijen emici olmayan örneklerde tespit edilmiştir.

Gruplar depolama süresince pH değerlerine karşılık incelendiğinde oksijen emici kullanılan örneklerde 14. güne kadar azalma, 21. gün artış ve tekrar azalma gözlenirken (p>0,05), oksijen emici kullanılmayan örneklerde 1. günden sonra 7., 14. ve 21. günlerde azalma meydana gelmiş ancak bu azalmalar istatistik olarak anlamlı bulunmamıştır (p<0,05).

Oksijen emici değişkeninin ekmeklerin depolama süresince pH değerlerine etkisi bağımsız t testi ile incelendiğinde depolamanın 7. gününden itibaren gruplar arasındaki fark önemli bulunmuştur. Aday *et al.* (2011) oksijen ve karbon dioksit emici kullanarak paketledikleri çileklerde farklı oksijen emicilerin pH değeri üzerine etkisinin depolama süresince kontrol örneğine göre önemli olduğunu bildirmişlerdir.

Tablo 16. Hamburger ekmeklerinde radyo frekansı değişkenine ait pH değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

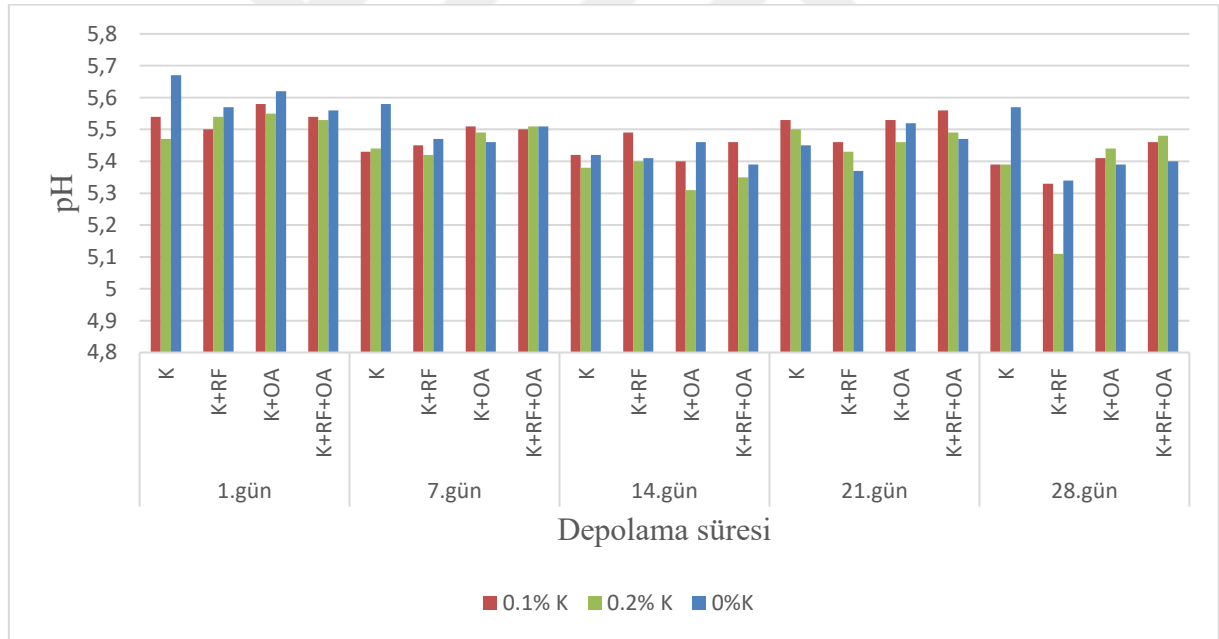
Radyo frekansı	n	Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
Var	18	5,54±0,02A	5,48±0,03B	5,42±0,05C	5,46±0,06BC	5,35±0,13D
Yok	18	5,57±0,06A	5,48±0,05B	5,40±0,05C	5,50±0,03B	5,43±0,07C

* Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p > 0,05).

En yüksek pH değeri (5,57) 1.gün radyo frekansı uygulanmayan örneklerde, en düşük pH değeri (5,35) ise 28. günde radyo frekansı uygulanan örneklerde tespit edilmiştir.

Gruplar depolama süresince pH değerlerine karşılık incelendiğinde radyo frekansı uygulanan örneklerde anlamlı bir azalma gözlenirken (p>0,05), radyo frekansı uygulanmayan örneklerde 21.günde artış meydana gelmiş ve sonra tekrar azalmaya devam etmiştir.

Radyo frekansı uygulamasının ekmeklerin depolama süresince pH değerlerine etkisi bağımsız t –testi ile incelendiğinde depolamanın 7.gününün ardından gruplar arasındaki fark önemli bulunmuştur.



Şekil 11. Koruyucu seviyesi (K) X radyo Frekansı (RF) X oksijen emici (OA) X depolama süresi interaksiyonunun pH üzerine etkisi

Depolama süresince koruyucu seviyesi ile pH değeri arasındaki ilişki incelendiğinde genellikle koruyucu ilave edilmeyen örneklerde en yüksek pH değeri saptanmıştır. pH değerleri arasında en büyük fark radyo frekansı (RF) uygulanan ve koruyucu ilave edilmeyen (%0) ile RF uygulanan ve %0,2 oranında koruyucu ilave edilen örnekler arasında olduğu tespit edilmiştir. En yüksek pH değeri 1. gün koruyucu ilave edilmeyen ve başka işlem uygulanmayan

örnekte iken en düşük pH değeri ise 28. gün de %0,2 oranında koruyucu ilave edilen ve RF uygulanan örnekte bulunmuştur (Şekil 11.).

Hamburger ekmeği örneklerinin nem değerleri (%)

Tablo 17’de koruyucu, radyo frekansı, oksijen emici ve bunların kombinasyonu ile elde edilen hamburger ekmeklerinin nem değerlerine (%) ait ortalamaları, Tablo 18 ve Tablo 19’da ise varyans analiz sonuçları verilmiştir.

Tablo 17. Hamburger ekmeği örneklerinin depolama süresince nem değerlerine (%) ait ortalamaları

Koruyucu (%)	Oksijen emici	RF	Depolama süresi				
			1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
0	Var	Var	29,14±0,15	28,87±0,29	28,34±0,06	28,68±0,05	27,34±0,27
		Yok	29,57±0,28	28,80±0,18	29,13±0,00	28,43±0,37	29,61±0,64
	Yok	Var	30,34±0,20	28,31±0,15	29,17±0,00	27,94±0,22	26,25±0,29
		Yok	31,54±1,20	29,96±0,07	29,40±0,00	29,56±0,10	29,22±0,13
0,1	Var	Var	31,43±0,35	30,94±0,23	28,01±0,00	29,54±0,05	26,62±0,03
		Yok	31,39±0,69	29,26±0,66	30,45±0,00	29,87±0,19	27,98±0,77
	Yok	Var	30,05±0,47	31,53±0,45	30,94±0,00	29,65±0,13	27,71±0,22
		Yok	32,15±0,04	30,88±0,09	31,98±0,69	31,07±0,07	30,63±0,09
0,2	Var	Var	29,98±0,15	28,08±0,06	28,62±0,54	28,46±0,05	27,25±0,21
		Yok	30,86±0,06	29,48±0,80	28,87±0,00	27,93±0,53	28,87±0,49
	Yok	Var	28,87±0,08	28,77±0,68	26,13±0,18	30,11±0,12	27,60±0,13
		Yok	30,16±0,55	27,94±0,21	27,94±0,94	26,98±0,07	28,99±0,57

Örneklere ait nem değerleri incelendiğinde hamburger ekmeklerinin başlangıç değerleri %28,87-%32,15 arasında değişmektedir. Depolama süresince nem değerlerindeki genel eğilim azalış yönünde olmuştur. Depolama süresi boyunca en çok azalış (4,81) %0,1 koruyucu kullanılan ve radyo frekansı uygulanan ve oksijen emici kullanılan örnekte saptanırken koruyucu kullanılmayan ve oksijen emici kullanılan örnekte ise %0,4’lük bir artış saptanmıştır.

Ekmeğin tekstürel bozulmaları için bazı çalışmalarda depolama sürecinde meydana gelen nem değişimi sebep olarak gösterilirken bazı çalışmalarda ise ekmeğin bayatlamasından nem değişimi sorumlu tutulmamıştır (Fik *et al.* 2012). Çalışmamızda ekmeğin örneklerindeki nem içeriği depolama süresince azalış göstermiştir ve ekmeklerin depolama sürecinde etkili bir faktör olduğu söylenebilir. He and Hooseney (1990) ekmeklerin 180 günlük uzun süreli depolama süreci içerisindeki nem ve tekstür değişimini araştırdığı çalışmalarında, ekmeğin nem içeriğini başlangıçta %41 olarak tespit etmiş ve depolama ile birlikte başlangıçta keskin bir azalış olduğunu, 30 gün sonrasında ise ekmeğin neminin %31,5 seviyesinde sabitlendiğini

bildirmişlerdir. Muizniece-Brasava *et al.* (2012) ise ekmek örneklerinin başlangıç nem içeriğinin %33,8 olduğunu bildirmişlerdir. Salminen *et al.* (1996) çavdar ekmeklerinin altı haftalık depolama süresince nem içeriğinin %40 civarında olduğunu bildirmiştir.

Tablo 18. Koruyucu, radyo frekansı, oksijen emici, depolama ve bunların kombinasyonu ile elde edilen hamburger ekmeklerinin nem değerlerine (%) ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	F
Koruyucu seviyesi (K)	2	261,342**
Radyo frekansı uygulaması (R)	1	233,595**
Oksijen emici kullanımı (O)	1	48,332**
Depolama (S)	4	171,529**
KxR	2	19,358**
KxO	2	67,315**
KxS	8	21,560**
RxO	1	5,022 *
RxS	4	41,781**
OxS	4	3,041 *
KxRxO	2	15,486**
KxRxS	8	21,166**
KxOxS	8	24,308**
RxOxS	4	6,478**
KxRxOxS	8	11,315**

Tablo 18'e göre koruyucu seviyesi, oksijen emici kullanımı, radyo frekansı uygulaması ve depolamanın nem değeri üzerinde ($p < 0,01$) düzeyde öneme sahip oldukları görülmektedir. Faktörlerin ikili interaksiyonlarında radyo frekansı uygulaması X oksijen emici kullanımı, oksijen emici kullanımı X depolama $p < 0,05$ düzeyinde etkili bulunurken bunların dışında kalan ikili, üçlü ve dördü interaksiyonlar nem değeri üzerine $p < 0,01$ düzeyinde oldukça önemli bulunmuştur.

Tablo 19. Koruyucu, radyo frekansı, oksijen emici ve bunların interaksiyonu ile elde edilen hamburger ekmeklerinin depolama süresince nem değerlerine (%) ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	F Değeri				
		Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
Koruyucu seviyesi (K)	2	25,496**	87,985**	128,611**	269,976**	0,334
Radyo frekansı uygulaması (R)	1	37,565**	0,043	76,505**	11,559**	253,148**
Oksijen emici kullanımı (O)	1	0,566	5,760*	8,210**	103,094**	11,913**
KxR	2	0,258	18,535**	8,104**	215,907**	6,030**
KxO	2	22,133**	10,506**	83,167**	11,669**	33,644**
RxO	1	12,079**	0,444	0,289	14,206**	6,565*
KxRxO	2	2,740	20,172**	12,405**	56,309**	3,839*

* $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ SD: Serbest değişken VK: Varyasyon kaynağı, n=3

Tablo 19’da varyasyon kaynakları nem değerlerine karşılık depolama süresince incelendiğinde koruyucu seviyesi 28. günde radyo frekansı uygulaması ise 7. günde önemli bulunmazken diğer tüm günlerde $p<0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Oksijen emici kullanımı ise 7. günde $p<0,05$ düzeyinde 14, 21 ve 28.günlerde ise $p<0,01$ düzeyinde etkisi önemli bulunmuştur.

İkili interaksiyonlar incelendiğinde koruyucu seviyesi X radyo frekansı uygulaması 1. gün, radyo frekansı uygulaması X oksijen emici kullanımının 7. ve 14. günlerde nem değerine etkisi önemli bulunmamıştır.

Faktörlerin tamamının kullanımı incelendiğinde koruyucu seviyesi X radyo frekansı uygulaması X oksijen emici kullanımının nem değerine etkisi 1. günde önemli bulunmazken diğer günlerde önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Önemli değişkenlere ait karşılaştırmalar yapılırken koruyucu kullanımına ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 20, Tablo 21 ve Tablo 22’de sunulmuştur.

Tablo 20. Hamburger ekmeklerinde koruyucu seviyesi değişkenine ait nem değeri (%) ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Koruyucu (%)	n	Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
0	12	30,15±1,09bA	28,98±0,65bB	29,01±0,42bB	28,15±1,10bBC	28,10±1,47aC
0,1	12	31,26±0,88aA	30,65±0,95aAB	30,34±1,55aAB	30,03±0,65aB	28,23±1,58aC
0,2	12	29,97±0,79bA	28,57±0,79bB	27,89±1,21cB	28,37±1,21bB	28,18±0,87aB

* Aynı satırda aynı harfle (A-C) gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p >0,05$) . Aynı sütunda aynı harfle (a-c) gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p >0,05$).

Tablo 20’de çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre depolamayla birlikte farklı seviyelerde koruyucu kullanılan (%0, 0,1 ve 0,2) tüm örneklerde nem değerlerinde azalma meydana gelmiştir.

En yüksek nem değeri 1. gün %0,1 oranında koruyucu kullanılan örneklerde (%31,3) tespit edilirken, en düşük nem değeri ise %0,2 oranında koruyucu kullanılan örneğin 14. gününde (%27,9) tespit edilmiştir.

Koruyucu kullanılmayan örneklerde ve %0,1 oranında koruyucu kullanılan örneklerde depolama süresince önemli azalış tespit edilirken ($p<0,05$), %0,2 oranında koruyucu içeren örneklerin 7. gün ve sonrasında nem değerinde meydana gelen değişimler istatistik olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$). Soares *et al.* (2002) farklı düzeylerde sodyum propiyonat içeren selüloz asetat filmlerle kapladıkları ekmeklerde depolama süresince nem değerlerinin koruyucu seviyesine bağlı olmadığını bildirmişlerdir

Koruyucu miktarına bağılı olmaksızın depolama süresi sonundaki nem değerleri arasında istatistik olarak önemli bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

Tablo 21. Hamburger ekmeklerinde oksijen emici değişkenine ait nem değeri (%) ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Oksijen emici	n	Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
Var	18	30,40±0,96A	29,24±0,98B	28,90±0,82BC	28,48±1,10CD	27,95±1,12D
Yok	18	30,52±1,19A	29,57±1,40AB	29,26±2,00BC	29,22±1,40BC	28,40±1,46C

* Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistik olarak birbirinden farklıdır ($p>0,05$).

En yüksek nem değeri (%30,52) 1. gün oksijen emici kullanılmayan, en düşük nem değeri (%27,95) ise 28. günde oksijen emici kullanılan örneklerde tespit edilmiştir.

Gruplar depolama süresince nem değerlerine karşılık incelendiğinde oksijen emici kullanılan ve kullanılmayan örneklerde depolama süresince azalma meydana geldiği görülmüştür ($p<0,05$).

Oksijen emici değişkeninin ekmeklerin depolama süresince nem değerlerine etkisi bağımsız t testi ile incelendiğinde gruplar arasında önemli bir fark bulunmamıştır. Salminen *et al.* (1986), oksijen emici ve etanol yayıcı kullanarak ambalajladığı çavdar ekmeklerinde her iki faktöründe depolama süresince nem değerleri üzerine etkide bulunmadığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde Muizniece-Brasava *et al.* (2012) da Multibarier 60 (APA/TIE/PA/EVOH/PA/TIE/PE/PE) kullanarak ambalajladığı dilimlenmiş ekmek örneklerinde oksijen emici içeren ve içermeyenler ile depolama süresince örneklerin nem değerleri arasında anlamlı bir ilişki bulunmadığını bildirmişlerdir.

Tablo 22. Hamburger ekmeklerinde radyo frekansı değişkenine ait nem değeri (%) ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Radyo frekansı	n	Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
Var	18	29,97±0,89 A	29,42±1,40 AB	28,53±1,49 C	28,73±1,21BC	27,13±0,57 D
Yok	18	30,95±1,03 A	29,39±1,01 B	29,63±1,38 B	28,97±1,41 B	29,22±0,93 B

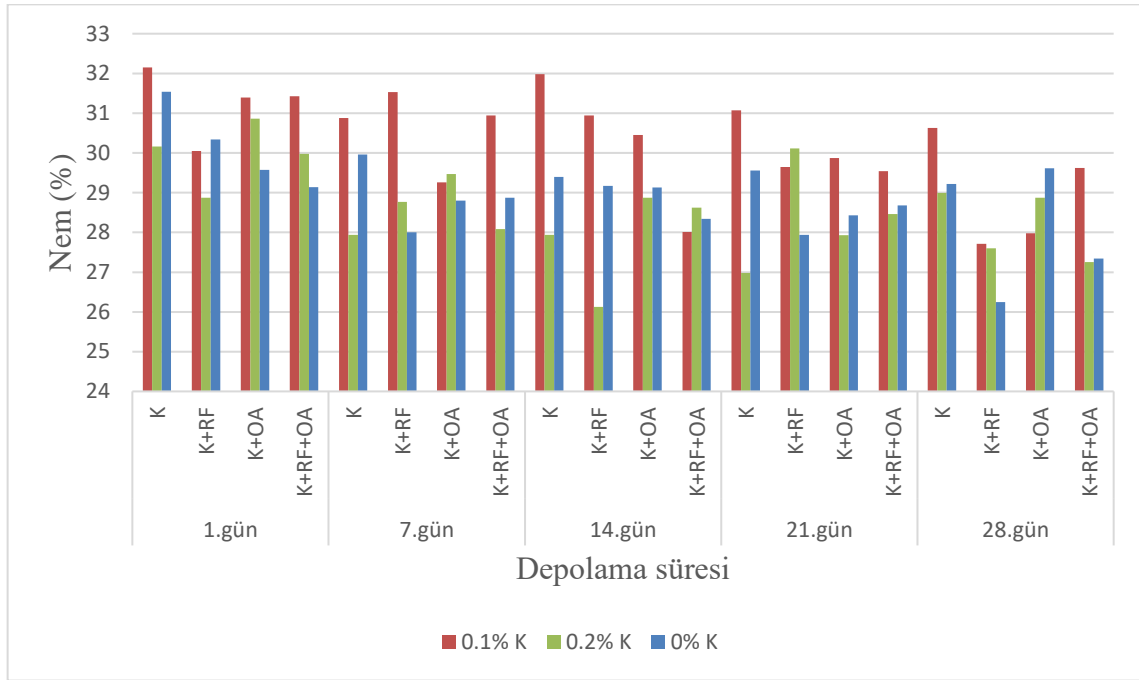
* Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistik olarak birbirinden farklıdır ($p > 0,05$).

En yüksek nem değeri (%30,95) 1. gün radyo frekansı uygulanmayan örneklerde, en düşük nem değeri (%27,13) ise 28. günde radyo frekansı uygulanan örneklerde tespit edilmiştir.

Gruplar depolama süresince nem değerlerine karşılık incelendiğinde radyo frekansı uygulanan örneklerde anlamlı bir azalma gözlenirken ($p<0,05$), radyo frekansı uygulanmayan

örneklerde 1. günün ardından meydana gelen değişimler istatistik olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$).

Radio frekansı değişkeninin ekmeklerin depolama süresince nem değerlerine etkisi bağımsız t –testi ile incelendiğinde gruplar arasında 1., 14. ve 28. günlerde fark bulunurken diğer günlerde fark önemli bulunmamıştır.



Şekil 12. Koruyucu seviyesi (K) X radyo frekansı (RF) X oksijen emici (OA) X depolama süresi interaksiyonunun nem değeri (%) üzerine etkisi

Depolama süresince koruyucu seviyesi ile nem değeri (%) arasındaki ilişki incelendiğinde genellikle %0,1 oranında koruyucu ilave edilen örneklerde en yüksek değer saptanmıştır. En yüksek nem değeri 1. gün %0,1 oranında koruyucu ilave edilen örnekte iken en düşük nem değeri ise 14. gün de %0,2 oranında koruyucu ilave edilen ve RF uygulanan örnekte bulunmuştur. Depolamanın 1. gününde nem değerleri incelendiğinde en düşük başlangıç nem değerlerine radyo frekansı uygulanmış örneklerin sahip olduğu görülmekle birlikte Liu *et al.* (2011) radyo frekansı ve sıcak hava kombinasyonu uyguladıkları ekmeklerinde işlem sırasında ekmek içindeki nemin buharlaşarak göç ettiğini bununla yaklaşık %4 oranında bir nem kaybını beraberinde getirdiğini bildirmiştir (Şekil 12.).

Ekmek örneklerinin su aktivitesi (a_w) değerleri

Tablo 23'te koruyucu, radyo frekansı, oksijen emici ve bunların interaksiyonu ile elde edilen hamburger ekmeklerinin su aktivitesi (a_w) değerlerine ait ortalamaları, Tablo 24 ve Tablo 25'te ise varyans analiz sonuçları verilmiştir.

Tablo 23. Koruyucu, radyo frekansı, oksijen emici ve bunların kombinasyonu ile elde edilen hamburger ekmeklerinin depolama süresince su aktivitesi (a_w) değerlerine ait ortalamaları

Koruyucu (%)	Oksijen emici	RF	Depolama süresi				
			1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
0	Var	Var	0,88±0,00	0,88±0,00	0,87±0,00	0,87±0,00	0,89±0,00
		Yok	0,90±0,00	0,89±0,00	0,84±0,00	0,89±0,00	0,89±0,00
	Yok	Var	0,88±0,00	0,88±0,00	0,88±0,00	0,89±0,00	0,88±0,00
		Yok	0,90±0,00	0,89±0,00	0,88±0,00	0,91±0,00	0,89±0,00
0,1	Var	Var	0,88±0,00	0,91±0,00	0,88±0,01	0,90±0,00	0,88±0,00
		Yok	0,91±0,00	0,89±0,00	0,89±0,00	0,90±0,00	0,89±0,01
	Yok	Var	0,91±0,00	0,90±0,00	0,88±0,00	0,89±0,00	0,88±0,00
		Yok	0,90±0,00	0,90±0,00	0,91±0,00	0,90±0,00	0,91±0,00
0,2	Var	Var	0,88±0,00	0,87±0,00	0,88±0,00	0,90±0,00	0,87±0,00
		Yok	0,90±0,00	0,91±0,00	0,87±0,00	0,90±0,00	0,89±0,00
	Yok	Var	0,91±0,00	0,90±0,01	0,86±0,00	0,89±0,00	0,87±0,00
		Yok	0,90±0,00	0,89±0,00	0,86±0,00	0,89±0,00	0,90±0,00

Örneklere ait su aktivitesi (a_w) değerleri incelendiğinde 0,86-0,91 arasında değişiklik göstermektedir. Hamburger ekmeklerinin başlangıç değerleri ise 0,88-0,91 arasında değişmektedir. Depolama süresince hamburger ekmeklerdeki su aktivitesi (a_w) değerlerinin değişmemesi ekmeğin ambalajlı olarak depolanmasından kaynaklanmıştır.

Tablo 24. Koruyucu, radyo frekansı, oksijen emici ve bunların kombinasyonu ile elde edilen hamburger ekmeklerinin su aktivitesi (a_w) değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	F
Koruyucu seviyesi (K)	2	579,654**
Radyo frekansı uygulaması (R)	1	860,405**
Oksijen emici kullanımı (O)	1	93,772**
Depolama (S)	4	611,095**
KxR	2	6,385**
KxO	2	31,978**
KxS	8	98,849**
RxO	1	15,136**
RxS	4	151,102**
OxS	4	50,828 **
KxRxO	2	158,909**
KxRxS	8	181,771**
KxOxS	8	113,739**
RxOxS	4	123,776**
KxRxOxS	8	39,728**

Tablo 24'e göre tüm varyasyon kaynaklarının ve bunların ikili, üçlü ve dörtlü interaksiyonlarının su aktivitesi değeri üzerine etkisi çok önemli bulunmuştur ($p<0.01$).

Tablo 25. Koruyucu, radyo frekansı, oksijen emici ve bunların kombinasyonu ile elde edilen hamburger ekmeklerinin depolama süresince su aktivitesi (a_w) değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	F Değeri				
		Depolama süresi				
		1. gün	7. gün	14. gün	21. gün	28. gün
Koruyucu seviyesi (K)	2	161.339**	217.442**	684.500**	77.636**	74.280**
Radyo frekansı Uygulaması (R)	1	551.988**	56.637**	0.346	150.284**	432.654**
Oksijen emici kullanımı (O)	1	132.239**	.000	58.500**	54.102**	61.593**
KxR	2	83.503**	154.947**	433.385**	144.864**	71.696**
KxO	2	30.633**	0.504	301.500**	256.909**	42.238**
RxO	1	466.437**	43.363**	258.615**	1.375	0.870
KxRxO	2	36.748**	268.310**	39.846**	4.682*	24.184**

* $p<0,05$ ** $p<0,01$ SD: Serbest değişken VK: Varyasyon kaynağı, n=3

Tablo 25 incelendiğinde varyasyon kaynaklarından 14. gündeki radyo frekansı uygulaması ve 7. gündeki oksijen emici kullanımı hariç hepsinin depolama günlerinin tamamında su aktivitesi üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur ($p<0,01$).

Varyasyon kaynaklarının ikili interaksiyonları incelendiğinde 7.günde koruyucu seviyesi X oksijen emici kullanımı ile 21. ve 28. günlerdeki radyo frekansı uygulaması X oksijen emici kullanımı interaksiyonları hariç diğer tüm interaksiyonların depolama süresince su aktivitesi değerleri üzerine etkisi çok önemli bulunmuştur ($p<0,01$).

Varyasyon kaynaklarının üçlü interaksiyonu (koruyucu seviyesi X radyo frekansı uygulaması X oksijen emici kullanımı) su aktivitesi değerlerine karşılık incelendiğinde ise 21. gün $p<0,05$ düzeyinde öneme sahip olurken diğer günler $p<0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Önemli değişkenlere ait karşılaştırmalar yapılırken koruyucu kullanımına ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 26, Tablo 27 ve Tablo 28'de sunulmuştur.

Tablo 26. Hamburger ekmeklerinde koruyucu seviyesi değişkenine ait su aktivitesi (a_w) ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Koruyucu (%)	n	Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
0	12	0,89±0,01b,A	0,88±0,01c,A	0,87±0,02b,B	0,89±0,01b,A	0,89±0,00a,A
0,1	12	0,90±0,01a,A	0,90±0,01a,A	0,89±0,01a,B	0,90±0,01a,A	0,89±0,01a,B
0,2	12	0,90±0,01a,A	0,89±0,01b,A	0,87±0,01c,B	0,89±0,01b,A	0,88±0,02b,B

* Aynı satırda aynı harfle (A-B) gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p >0,05$) . Aynı sütunda aynı harfle (a-c) gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p >0,05$).

Tablo 26’da çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre depolamayla birlikte farklı seviyelerde koruyucu kullanılan (%0, 0,1 ve 0,2) tüm örneklerde su aktivitesi değerlerinde değişim meydana gelmiştir.

Koruyucu seviyesine göre depolama periyodu boyunca su aktivitesi değerleri 0,87 ile 0,90 arasında değişiklik göstermektedir. En yüksek su aktivitesi değeri 0,90 ile 1.gün %0,1 oranında koruyucu kullanılan örneklerin 1., 7. ve 21. günlerinde ve %0,2 oranında koruyucu kullanılan örneklerin 1.gününde tespit edilirken, en düşük su aktivitesi değeri 0,87 ise %0,2 oranında koruyucu kullanılan ve koruyucu kullanılmayan örneklerin 14.gününde tespit edilmiştir.

Su aktivitesi değerleri incelendiğinde koruyucu seviyesine bağlı olmaksızın 14. günde anlamlı bir azalma meydana gelmiş olduğu görülmektedir. Depolamanın başından sonuna kadar %0,1 oranında koruyucu içeren örneklere ait su aktivitesi değeri diğerlerine göre daha yüksektir. Soares *et al.* (2002) farklı düzeylerde sodyum propiyonat içeren selüloz asetat filmlerle kapladıkları ekmeklerde depolama süresince su aktivitesi değerlerinin koruyucu seviyesine bağlı olmadığını bildirmişlerdir.

Tablo 27. Hamburger ekmeklerinde oksijen emici değişkenine ait su aktivitesi (a_w) ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Oksijen emici	n	Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
Var	18	0,89±0,01A	0,89±0,01A	0,87±0,02B	0,89±0,01A	0,87±0,01B
Yok	18	0,90±0,01A	0,89±0,01AB	0,88±0,01C	0,89±0,01AB	0,90±0,01B

* Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistik olarak birbirinden farklıdır ($p>0,05$).

Oksijen emici kullanılan ve kullanılmayan örneklerde depolama periyodu boyunca su aktivitesi değerleri 0,87-0,90 arasında değişiklik göstermektedir. En yüksek su aktivitesi değeri (0,90) 1. gün ve 28. gün oksijen emici kullanılmayan örneklerde, en düşük su aktivitesi değeri (0,87) ise 14. ve 28. günde oksijen emici olmayan örneklerde tespit edilmiştir.

Gruplar depolama süresince su aktivitesi değerlerine karşılık incelendiğinde oksijen emici kullanılan örneklerde 14. güne kadar azalma, 21. gün artış ve tekrar azalma gözlenirken, oksijen emici kullanılmayan örneklerde 14. günde azalma sonra artış meydana gelmiştir ($p>0,05$).

Hamburger ekmeklerinin depolama süresince su aktivitesi değerlerine oksijen emici değişkeninin etkisi bağımsız t testi ile incelendiğinde gruplar arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır.

Tablo 28. Hamburger ekmeklerinde radyo frekansı değişkenine ait su aktivitesi (a_w) ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Radyo frekansı	n	Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
Var	18	0,89±0,01A	0,89±0,01A	0,88±0,01B	0,89±0,01A	0,87±0,01B
Yok	18	0,90±0,01A	0,89±0,01A	0,87±0,02B	0,90±0,01A	0,90±0,01A

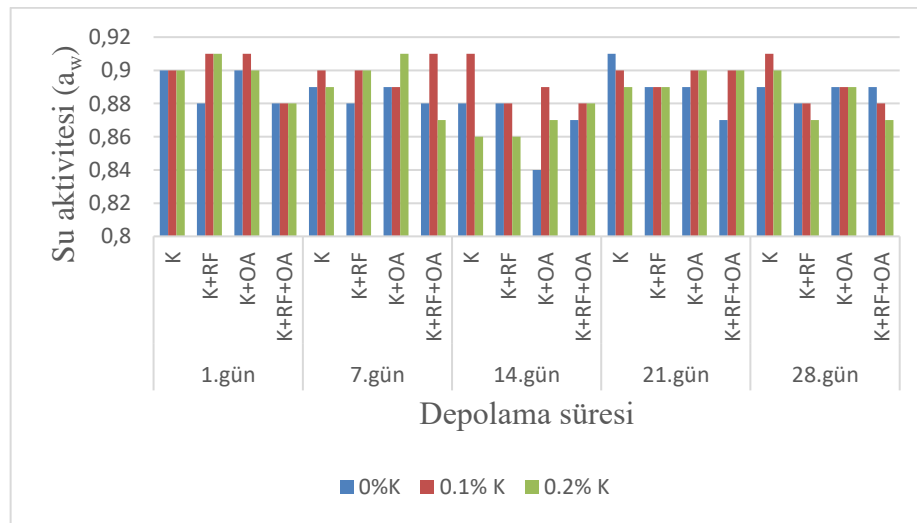
* Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistik olarak birbirinden farklıdır ($p>0,05$).

Radyo frekansı uygulanan ve uygulanmayan örneklerde depolama süresi boyunca su aktivitesi değeri 0,87-0,90 arasında değişiklik göstermektedir. En yüksek su aktivitesi değeri (0,90) 1., 21. ve 28. gün radyo frekansı uygulanmayan örneklerde, en düşük su aktivitesi değeri (0,87) ise 28. günde radyo frekansı uygulanan örneklerde tespit edilmiştir.

Gruplar depolama süresince su aktivitesi değerlerine karşılık incelendiğinde radyo frekansı uygulanan örneklerde anlamlı bir azalma gözlenirken ($p>0,05$), radyo frekansı uygulanmayan örneklerde 14. günde azalış meydana gelmiş ve depolama sonunda başlangıçtaki halini almıştır.

Radyo frekansı uygulamasının ekmeklerin depolama süresince su aktivitesi değerlerine etkisi bağımsız t testi ile incelendiğinde depolamanın 1., 21. ve 28. günlerinde gruplar arasındaki fark önemli bulunmuştur.

Liu *et al.* (2011) yaptığı çalışmada ekmeklerde uyguladığı RF işleminde 1 haftalık depolamanın ardından su aktivitesindeki ufak artışa dikkat çekmiş ve bunu sıcak hava yardımcı RF işlemi sonucunda ekmek içinden kabuğuna taşınarak oluşan yüzey neminin tekrar absorbe edilmiş olmasından kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Küflerin gelişimi için ihtiyaç duydukları su aktivitesi değeri 0,80 ve üzeri değerler olup, depolama boyunca örnekler incelendiğinde 0,80 su aktivitesi değerinin altına düşmediği görülmektedir.



Şekil 13. Koruyucu seviyesi (K) X radyo frekansı (RF) X oksijen emici (OA) X depolama süresi etkisinin su aktivitesi (a_w) değeri üzerine etkisi

Su aktivitesi (a_w) değerleri incelendiğinde en büyük fark 14.gün %0,1 oranında koruyucu ilave edilen ve %0,2 oranında koruyucu ilave edilen örnekler ve yine 14. gün %0,1 oranında koruyucu ilave edilen ve oksijen emici (OA) kullanılan örnek ile koruyucu ilave edilmeyen ve OA kullanılan örnek arasında saptanmıştır. En düşük su aktivitesi değeri 14.gün koruyucu ilave edilmeyen ve OA kullanılan örnekte bulunmuştur (şekil 13).

Mikrobiyolojik Analizler

Hamburger ekmeği örneklerinde yapılan bazı mikrobiyolojik incelemelere ait varyans analiz sonuçları Tablo 29’da verilmiştir.

Tablo 29. Koruyucu, radyo frekansı, oksijen emici ve bunların kombinasyonu ile elde edilen hamburger ekmeklerinin bazı mikrobiyolojik değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	F Değeri					
		Maya ve Küf sayısı	TAMB sayısı	<i>B.cereus</i>	Koliform grubu bakteri sayısı	Rop sporu	Enterobacteriaceae
Koruyucu seviyesi (K)	2	198,335**	631,793**	-	-	-	-
Radyo frekansı uygulaması (R)	1	2446**	1209**	-	-	-	-
Oksijen emici kullanımı (O)	1	6292**	1467**	-	-	-	-
Depolama (S)	4	906,092**	1616**	-	-	-	-
KxR	2	88,838**	142,061**	-	-	-	-
KxO	2	345,784**	22,293**	-	-	-	-
KxS	8	74,591**	64,415**	-	-	-	-
RxO	1	2326**	2550**	-	-	-	-
RxS	4	153,971**	164,941**	-	-	-	-
OxS	4	616,374**	119,339**	-	-	-	-
KxRxO	2	71,262**	241,274**	-	-	-	-
KxRxS	8	18,567**	19,787**	-	-	-	-
KxOxS	8	32,981**	24,557**	-	-	-	-
RxOxS	4	161,888**	204,555**	-	-	-	-
KxRxOxS	8	49,278**	86,373**	-	-	-	-

Hamburger ekmeklerinde toplam maya ve küf sayımı sonuçları ve toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı sonuçları üzerine depolama, koruyucu seviyesi, oksijen emici kullanımı ve radyo frekansı uygulaması ve bunların ikili, üçlü ve dörtlü interaksiyonlarının etkileri $p<0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Hamburger ekmeği örneklerinin toplam maya ve küf sayımı

Tablo 30’da koruyucu seviyesi, radyo frekansı uygulaması, oksijen emici kullanımı ve bunların kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin toplam maya ve küf sayısına ait ortalamaları, Tablo 31’de ise varyans analiz sonuçları verilmiştir.

Tablo 30. Hamburger ekmeği örneklerinin depolama süresince maya ve küf sayısına ait ortalamaları (log kob/g)

Koruyucu (%)	Oksijen emici	RF	Depolama süresi				
			1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
0	Var	Var	<2	<2	<2	<2	<2
		Yok	<2	<2	<2	<2	<2
	Yok	Var	<2	<2	2,80±0,17	3,20±0,31	3,20±0,08
		Yok	<2	3,87±0,21	5,04±0,07	5,32±0,09	5,73±0,14
0,1	Var	Var	<2	<2	<2	<2	2,71±0,10
		Yok	<2	2,03±0,04	<2	<2	2,03±0,04
	Yok	Var	<2	<2	<2	<2	2,11±0,02
		Yok	<2	2,96±0,14	3,41±0,10	4,75±0,76	6,07±0,17
0,2	Var	Var	<2	<2	<2	<2	<2
		Yok	<2	<2	<2	<2	<2
	Yok	Var	<2	<2	<2	2,46±0,06	2,86±0,04
		Yok	<2	2,67±0,12	3,34±0,23	3,41±0,20	4,10±0,09

En düşük maya ve küf sayısı <2 log kob/g yani tespit limitinin altında bulunmuştur. Depolama süresince maya ve küf sayısı sonuçları incelendiğinde genel olarak oksijen emici kullanılan örneklerin en düşük maya ve küf sayısına sahip olduğu görülmektedir. En yüksek maya ve küf sayısı ise 6,07 log kob/g ile %0,1 oranında koruyucu içeren oksijen emici kullanılmamış ve radyo frekansı uygulanmamış örneğin 28. gününde tespit edilmiştir.

Toplam maya ve küf sayısı yaklaşık 3,3 log kob/g düzeyine ulaştığında, gelişim ekmeğ yüzeyinde görünür hale gelmektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda Latou *et al.* (2010) 4,0 log kob/g düzeyinde Fernandez *et al.* (2006) 3,0 log kob/g düzeyinde ve Rodriguez *et al.* (2000) ise 2,7 log kob/g düzeyinde toplam maya ve küf gelişiminin yüzeyde görünür seviye olduğunu bildirmişlerdir.

Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Tebliğine göre ekmeğ ve ekmeğ çeşitleri için maya ve küf miktarı için izin verilen limit $n=5$, $c=2$ için $m=10^2$, $M=10^3$ kob/g düzeyindedir (Anonim 2011). Bu düzey 2-3 log kob/g aralığına denktir. Bu sınır dikkate alındığında, koruyucusuz ve oksijen emicisiz örneklerde radyo frekansı uygulanan ve uygulanmayan,

sadece %0,1 oranında koruyucu kullanılan ekmek ve sadece %0,2 oranında koruyucu kullanılan ekmek örnekleri hariç diğer örneklerin depolama boyunca toplam maya ve küf açısından güvenli olduğu söylenebilir.

Tablo 31. Hamburger ekmeklerinin depolama süresince toplam maya ve küf sayısına ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	F Değeri				
		Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
Koruyucu seviyesi (K)	2	-	61,741**	369,723**	30,158**	440,688**
Radyo frekansı uygulaması (R)	1	-	2190**	1509**	189,910**	1861**
Oksijen emici kullanımı (O)	1	-	1153**	3463**	818,368**	8794**
KxR	2	-	61,741**	0,708	24,343**	118,849**
KxO	2	-	111,767**	369,723**	30,158**	345,321**
RxO	1	-	1153**	1509**	189,910**	2648**
KxRxO	2	-	111,767**	0,708	24,343**	329,983**

*p<0,05 **p<0,01 SD: Serbest değişken VK: Varyasyon kaynağı, n=3

Tablo 31. incelendiğinde varyasyon kaynaklarının hepsinin depolama günlerinin tamamında maya ve küf sayısı üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur (p<0,01) diğer bir ifade ile toplam maya ve küf sayısının değişimi üzerine depolama süreleri arasındaki fark önemlidir.

Varyasyon kaynaklarının ikili interaksiyonları incelendiğinde 14. günde koruyucu seviyesi X radyo frekansı uygulaması hariç diğer tüm interaksiyonlar depolama süresince maya ve küf sayısı üzerine etkisi çok önemli bulunmuştur (p<0,01).

Varyasyon kaynaklarının üçlü interaksiyonunun (koruyucu seviyesi X radyo frekansı uygulaması X oksijen emici kullanımı) maya ve küf sayısı üzerine etkisi incelendiğinde 14. gün hariç diğer tüm günlerde p<0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Önemli değişkenlere ait karşılaştırmalar yapılırken koruyucu kullanımına ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 32, Tablo 33 ve Tablo 34'te sunulmuştur.

Tablo 32. Hamburger ekmeklerinde koruyucu seviyesi değişkenine ait maya ve küf sayısı (log kob/g) ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Koruyucu (%)	n	Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
0	12	<2a,B	<2a,B	2,46±1,74a,A	2,63±1,87a,A	2,73±2,03b,A
0,1	12	<2a,B	<2a,B	<2b,B	<2b,B	3,23±1,73a,A
0,2	12	<2a,B	<2a,B	<2b,B	<2b,B	2,24±1,37c,A

* Aynı satırda aynı harfle (A-B) gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p >0,05) . Aynı sütunda aynı harfle (a-c) gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p >0,05).

Farklı düzeyde koruyucu ile üretilen ekmeklerde yapılan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre, <2 log kob/g (başka bir deyişle tespit seviyesinin altında) olan en düşük ortalama maya ve küf sayısına koruyucu kullanılmayan örneklerde 14. güne kadar, %0,1 ve %0,2 oranında koruyucu içeren ekmeklerde ise 28. güne kadar saptanırken en yüksek maya ve küf sayısı ise 3,23 log kob/g ile %0,1 oranında koruyucu içeren ekmeklerde 28. günün sonunda tespit edilmiştir.

Koruyucu içermeyen örneklerde depolama ile birlikte maya ve küf sayısında artış meydana gelmiş ancak 7-28 günler arasındaki değişimler istatistik olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$). Koruyucu içeren örnekler incelendiğinde koruyucunun miktara bağlı olmaksızın 21. gün sonuna kadar küf gelişimini inhibe ettiği görülmektedir. 28. günde ise %0,2 koruyucu içeren örnekler %0,1 koruyucu içeren örneklere göre daha koruyucu etki göstermiştir. Kalsiyum propiyonat etkili bir koruyucu olmasına karşın bazı küf türleri %0,3 oranındaki yüksek konsantrasyonlarına karşı bile direnç gösterebilmektedir (Garcia *et al.* 2019). Fernandez *et al.* (2006) soya ekmeğinde koruyucu kullanmadan ve koruyucu (kalsiyum propiyonat) kullanarak yaptıkları çalışmada 21 °C'de 12 günlük depolama süresi boyunca toplam maya ve küf sayısında anlamlı bir farklılık olmadığını bildirmiştir. Latou *et al.* (2010) koruyucu kullanmaksızın ürettiği ekmeklerinde 5. gün sonunda 4 log kob/g düzeyinde koruyucu kullandığı örneklerinde ise 7-8 günün sonunda yine aynı düzeye ulaştığını bildirmiştir. Değirmenci *et al.* (2011) modifiye atmosfer ambalaj ve potasyum sorbatın (%0,15) beyaz ekmekler üzerine etkisini araştırdığı çalışmasında, atmosferik hava ile paketlenen ve koruyuculu ve koruyucusuz kontrol örneklerinde depolamanın 14. gününde küf gelişiminin gözlemlendiğini, modifiye ambalajlanan örneklerin ise hiçbirinde 21. günlük depolama süresince küflenme belirtisinin olmadığını bildirmiştir. Bizim çalışmamızda 7-14 günler arasında koruyucu kullanılan örneklerle kullanılmayan örnek arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($p<0,05$).

Depolama süresi sonunda en yüksek maya ve küf sayısına 3,23 log kob/g ile %0,1 oranında koruyucu içeren ekme örnekleri sahip iken %0,2 koruyucu oranına sahip olan ekme örneklerinde en düşük maya ve küf sayısı tespit edilmiştir.

Tablo 33. Hamburger ekmeklerinde oksijen emici değişkenine ait maya ve küf sayısı (log kob/g) ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Oksijen emici	n	Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
Var	18	<2 A	<2 A	<2 A	<2 A	<2 A
Yok	18	<2 D	2,08±1,18 C	2,77±1,47 BC	3,36±1,49 AB	4,01±1,50 A

*Aynı satırda (A-C) aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistik olarak birbirinden farklıdır ($p > 0,05$).

Oksijen emici kullanımının hamburger ekmeklerinin maya ve küf değerleri üzerine etkisi incelendiğinde, en yüksek maya ve küf sayısı 4,01 log kob/g ile oksijen emici kullanılmayan örneklerin 28. gününde tespit edilmiş olup, oksijen emici kullanılan örneklerde depolama boyunca maya ve küf sayısı tespit limitinin altında <2 log kob/g olarak bulunmuştur.

Oksijen emici kullanılmayan örneklerin maya ve küf sayılarında 1. günden sonra artış meydana gelmiş ve bu artış istatistik olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$).

Oksijen emici değişkeninin ekmeklerin depolama süresince maya ve küf sayısı üzerine etkisi bağımsız t testi ile incelendiğinde gruplar arasında önemli bir fark 1. günden sonra anlamlı bulunmuştur.

Powers and Berkowitz (1990) tepe boşluğundaki oksijen miktarının %0,4'ün altına düşürülmesiyle küf gelişiminin tamamen engellenebileceğini bildirmişlerdir. Salminen *et al.* (1996) dilimlenmiş çavdar ekmeğinde etanol yayıcı ve oksijen emicinin etkinliğini araştırdığı çalışmada, etanol yayıcı ve oksijen emiciyi beraber kullandığında 20 °C'de depolanmış ekmeklerde 42 gün boyunca görünür mikrobiyal bozulmanın olmadığını bildirmiştir. Del Nobile *et al.* (2003) aktif ambalajlama kullanarak durum buğday ekmeğinin raf ömrünü uzatmayı araştırdığı çalışmada oksijen emici kullanılan örneklerde oksijen emici kullanılmadan atmosferik oksijenle paketlenen örneklerde 3. günde küf gelişimi gözlenirken, oksijen emici kullanılan örneklerin 38 günlük depolaması boyunca küf oluşmadığını bildirmiştir. Latou *et al.* (2010) oksijen emici etanol yayıcı ile birlikte oksijen emici kullandığı ekmek örneklerinde 30 günlük depolama süresince küf gelişiminin gözle görülebilir seviye olarak belirlediği 4 log kob/g'a ulaşmadığını bildirmiştir.

Modifiye atmosfer ve oksijen emici kullanılarak yapılan bir çalışmada keklerde küf gelişiminin düşük su aktivitesine (0,8) kıyasla yüksek su aktivitesi (0,9) değerlerinde daha yararlı sonuçlar alındığını bildirmişlerdir (Guynot *et al.* 2003).

Tablo 34. Hamburger ekmeklerinde radyo frekansı değişkenine ait maya ve küf sayısı (log kob/g) ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Radyo frekansı	n	Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
Var	18	<2 B	<2 B	<2 B	<2 B	2,15±0,90A
Yok	18	<2 B	2,25±1,07A	2,46±1,61A	2,75±1,90A	3,32±2,16A

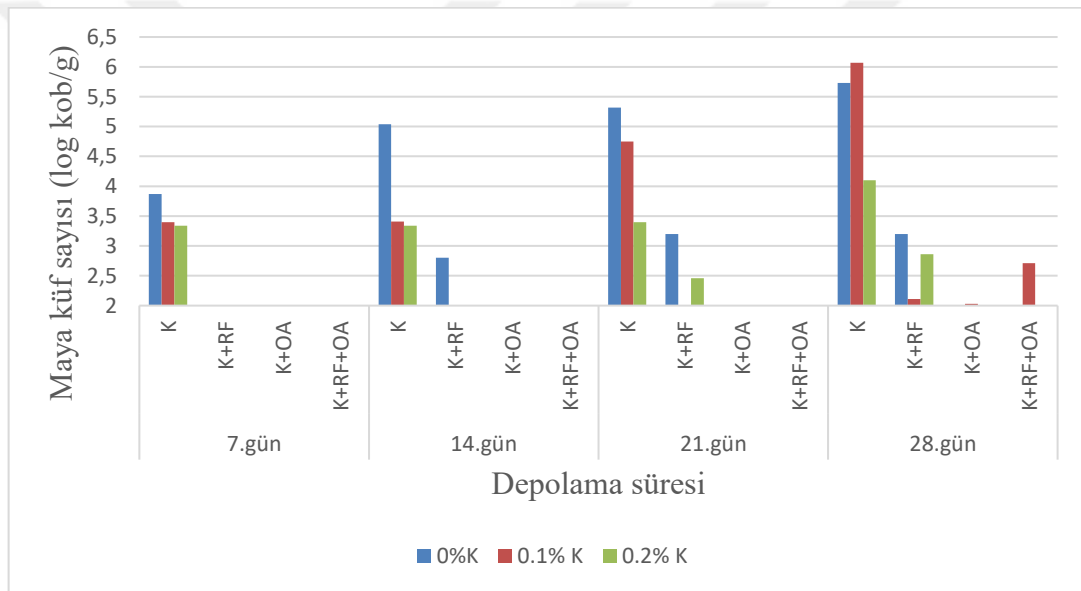
Aynı satırda (A-B) aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p>0,05$).

Radyo frekansı uygulamasının hamburger ekmeklerinin maya ve küf değerleri üzerine etkisi incelendiğinde, en yüksek maya ve küf sayısı 3,32 log kob/g ile radyo frekansı uygulanmayan örneklerin 28. gününde tespit edilmiş olup, radyo frekansı uygulanan örneklerde

28. güne kadar maya ve küf sayısı tespit limitinin altında bulunurken 28. günde 2,15 log kob/g olarak hesaplanmıştır.

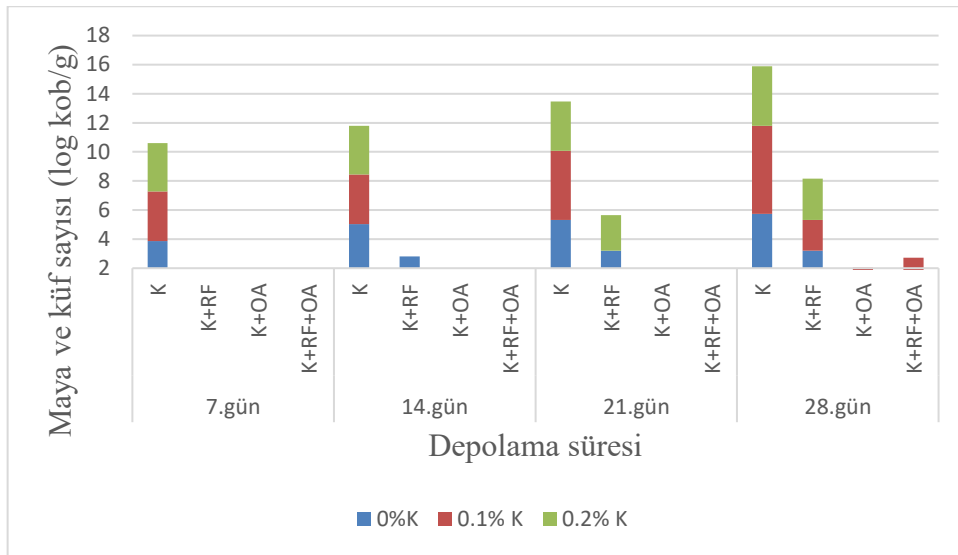
Radio frekansı uygulanmayan örneklerde 1. günden sonra artış görülürken 7. günden sonra meydana gelen artışlar istatistik olarak anlamlı bulunmamıştır ($p < 0,05$).

Ekmeklerin depolama süresince maya ve küf sayısı üzerine radyo frekansı uygulamasının etkisi bağımsız t testi ile incelendiğinde 1. günden sonra gruplar arasındaki fark anlamlı bulunmuştur. Küfler normal olarak 0,8 a_w değeri üzerinde gelişmeye başlar (Smith *et al.* 2004). Su aktivite değerleri incelendiğinde radyo frekansı uygulanan hiçbir ekmeğin depolama süresince bu değer ve altına düşmemiştir. Ancak küflenmeye karşı radyo frekansının etkisi su aktivitesini düşürmesinden dolayı değil meydana gelen termal etkiden kaynaklandığı Liu *et al.* (2011) tarafından bildirilmiştir.



Şekil 14. Koruyucu seviyesi (K) X radyo frekansı (RF) X oksijen emici (OA) X depolama süresi etkisinin maya ve küf sayısı (log kob/g) üzerine etkisi

Depolama süresince koruyucu seviyesi ile maya ve küf sayısı (log kob/g) ilişkisi incelendiğinde beklenildiği gibi genellikle koruyucu (K) ilave edilmeyen örneklerde en yüksek değer saptanmıştır. Koruyucu (%0, 0,1 ve 0,2) ilave edilen ve oksijen emici (OA) kullanılan örneklerin en düşük maya ve küf sayısı (log kob/g)'na sahip olduğu görülmekle birlikte üçlü etkileşim (K+RF+OA) onu takip etmiştir. En düşük değerler depolamanın 1. günü en yüksek değerler ise depolamanın 28. gününde tespit edilmiştir (Şekil 14.).



Şekil 15. Koruyucu seviyesi (K) X radyo frekansı (RF) X oksijen emici (OA) X depolama süresi interaksiyonunun maya ve küf sayısı (log kob/g) sayısı üzerine yığılmış etkisi

Tüm uygulamaların toplam etkinliği incelendiğinde koruyucu (K) ve oksijen emici (OA) uygulamasının depolama süresince ve koruyucu, oksijen emici ve radyo frekansı (RF) uygulamasının ise depolamanın 28. gününe kadar tespit limiti olan 2 log kob/g seviyesinin altında olduğu görülmektedir. Toplam maya ve küf sayısı bakımından gerek OA gerek RF gerekse de OA+RF interaksiyon uygulamalarının toplam etkisinin tek başına koruyucu kullanımının toplam etkisinden daha etkili olduğu da söylenebilir (Şekil 15.).

Hamburger ekmeği örneklerinin toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısı

Tablo 35'te koruyucu, radyo frekansı, oksijen emici ve bunların kombinasyonu ile elde edilen hamburger ekmeklerinin toplam aerobik mezofilik bakteri sayısına ait ortalamaları, Tablo 36'da ise varyans analiz sonuçları verilmiştir.

Tablo 35. Hamburger ekmeği örneklerinin depolama süresince toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısına ait ortalamaları (log kob/g)

Koruyucu (%)	Oksijen emici	RF	Depolama süresi				
			1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
0	Var	Var	<1	1,04±0,1	1,46±0,1	2,58±0,6	2,93±0,2
		Yok	<1	1,87±0,3	1,96±±0,1	3,90±0,3	3,93±0,6
	Yok	Var	<1	<1	3,03±0,1	4,21±0,1	4,26±0,1
		Yok	<1	3,98±0,0	5,34±0,2	5,46±0,1	6,28±0,43
0,1	Var	Var	<1	<1	2,46±0,1	2,95±0,2	3,11±0,1
		Yok	<1	<1	<1	<1	2,53±0,1
	Yok	Var	<1	<1	<1	0,80±0,6	1,54±0,1
		Yok	<1	3,22±0,3	4,95±0,2	5,36±0,1	6,23±0,1
0,2	Var	Var	<1	<1	1,77±0,1	2,73±0,2	2,90±0,2
		Yok	<1	<1	<1	<1	<1
	Yok	Var	<1	<1	<1	2,04±0,2	2,47±0,1
		Yok	<1	3,12±0,2	3,36±0,3	3,47±0,1	5,03±0,2

En düşük toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısı <1 log kob/g yani tespit limitinin altında bulunmuştur. Depolama süresince TAMB sonuçları incelendiğinde genel olarak oksijen emici kullanılan örneklerin en düşük TAMB sayısına sahip olduğu görülmektedir. En yüksek TAMB sayısı ise 6,28 log kob/g ile koruyucu içermeyen oksijen emici kullanılmamış ve radyo frekansı uygulanmamış örneğin 28. gününde tespit edilmiştir.

Hamburger ekmeğinde toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısına izin verilen limit Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler tebliğinde bulunmamaktadır (Anonim 2011). Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler tebliğinde (2001 yılında yayınlanan) ise ekmekte toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı için izin verilen limit $n=5$, $c=2$ için $m=1 \times 10^4$, $M=1 \times 10^5$ kob/g olarak yani 4-5 log kob/g olarak belirlenmişti. Bu sınır dikkate alındığında oksijen emici kullanılmamış ve radyo frekansı uygulanmamış örneklerde koruyucu katılmamış örnek 7-14. günde, %0,1 oranında koruyucu ilave edilen örnek 14-21.günde, %0,2 oranında koruyucu ilave edilen örnek ise 21-28.günde sınır limitini aşmış olup diğer örnekler depolama süresince toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı açısından güvenilirdir. Gıdaların Mikrobiyolojik Özellikleri Uluslararası Komisyonu (ICMSF, The International Commission on Microbiological Specifications for Foods) toplam aerobik mezofilik bakteri sayısında 7 log kob/g değerinin aşılmasını gıdalar için üst mikrobiyolojik limit olarak belirlemiştir (ICMSF 1986). Çalışmamızda elde edilen TAMB sayıları incelendiğinde 28 günlük depolama süresince bu değer hiçbir örnekte aşılmamış ancak, 28. günde 6,23 ve 6,28 log kob/g ile bu sınır değere iki örnek yaklaşmıştır. Daha önce yapılan çalışmalarda Latou. *et al.* (2010) koruyucu kullanmadığı ekmeklerde bu sınıra 7-8. günde, sadece koruyucu kullandığı ekmek örneklerinde ise 14-15. günde ulaşırken etanol yayıcı ve oksijen emici kullandığı örneklerde 30 günlük depolama süresince bu değere ulaşılmadığını bildirmiştir.

Gıda Güvenliği Ofisi (Centre for Food Safety) tarafından fırın ürünlerinde 10^4 kob/g'ın altı yeterli, 10^6 kob/g'dan fazlası yetersiz bulunurken ara değerler sınır çizgisi olarak belirlenmiştir. Buna göre çalışmamızda kontrol örneği 7. güne kadar yeterli bulunmuştur (Centre for Food Safety, 2014).

Tablo 36. Hamburger ekmeklerinin depolama süresince toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısına ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	F Değeri				
		Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
Koruyucu seviyesi (K)	2	-	91,916**	392,100**	160,929**	166,879**
Radyo frekansı uygulaması (R)	1	-	1606**	576,104**	27,695**	219,417**
Oksijen emici kullanımı (O)	1	-	218,054**	989,778**	235,074**	490,668**
KxR	2	-	45,286**	14,481**	34,102**	71,087**
KxO	2	-	41,143**	109,711**	0,665	19,993**
RxO	1	-	416,969**	2361**	379,852**	627,312**
KxRxO	2	-	50,014**	268,186**	122,823**	85,480**

*p<0,05 **p<0,01 SD: Serbest değişken VK: Varyasyon kaynağı, n=3

Tablo 36 incelendiğinde varyasyon kaynaklarının hepsinin depolama günlerinin tamamının toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısı üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur (p<0,01) diğer bir ifade ile TAMB sayısının değişimi üzerine depolama sürelerinin etkisi önemlidir.

Varyasyon kaynaklarının ikili interaksiyonları incelendiğinde 21. günde koruyucu seviyesi X oksijen emici kullanımı hariç diğer tüm interaksiyonların depolama süresince toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı üzerine etkisi çok önemli bulunmuştur (p<0,01).

Varyasyon kaynaklarının üçlü interaksiyonunun (koruyucu seviyesi X radyo frekansı uygulaması X oksijen emici kullanımı) toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı üzerine etkisi depolama süresi boyunca p<0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Önemli değişkenlere ait karşılaştırmalar yapılırken koruyucu kullanımına ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 37, Tablo 38, Tablo 39 ve Tablo 40'da sunulmuştur.

Tablo 37. Hamburger ekmeklerinde koruyucu seviyesi değişkenine ait toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısı ortalamalarının (log kob/g) Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Koruyucu (%)	n	Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
0	12	<1a,D	1,75±1,51a,C	2,95±1,56a,B	4,04±1,11a,A	4,35±1,30a,A
0,1	12	<1a,C	1,49±1,48b,BC	1,90±2,09b,AB	2,30±2,17b,AB	3,35±1,84b,A
0,2	12	<1a,C	<1c,C	1,33±1,42c,BC	2,08±1,31b,AB	2,62±1,83c,A

* Aynı satırda aynı harfle (A-B) gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p >0,05) . Aynı sütunda aynı harfle (a-c) gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p >0,05).

Farklı düzeyde koruyucu ile üretilen ekmeklerde yapılan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre, <1 log kob/g (başka bir deyişle tespit seviyesinin altında) olan en düşük ortalama toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısına koruyucu kullanılmayan ve %0,1 oranında koruyucu içeren örneklerde 1-7. gün, %0,2 oranında koruyucu içeren ekmeklerde ise 7-14. gününde saptanırken en yüksek TAMB sayısı ise 4,35 log kob/g ile koruyucu içermeyen ekmeklerde 28. günün sonunda tespit edilmiştir.

Koruyucu içeren ve içermeyen örnekler arasında TAMB sayısı açısından ilk gün fark bulunmazken diğer günlerde fark anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Koruyucu içermeyen örneklerde depolama ile birlikte TAMB sayısında artış meydana gelmiş ancak 21-28. günler arasındaki değişimler istatistik olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$). Fernandez *et al.* (2006) soya ekmeğinde koruyucu kullanmadan ve koruyucu (kalsiyum propiyonat) kullanarak yaptıkları çalışmada, 12 günlük depolama süresi boyunca TAMB sayısını 0,5-2 log kob/g olarak bulmuş ve aralarında anlamlı farklılık olduğunu bildirmiştir. Latou *et al.* (2010) koruyucu kullanmaksızın ürettiği ve sadece koruyucu kullandığı ekmeklerinde 15 günlük süre içerisinde 7 log kob/g seviyesinin üzerine çıktığını bildirmiştir. Değirmencioğlu *et al.* (2011) % 0, 0,15 ve 0,30 oranında potasyum sorbat kullanarak ve atmosferik hava ortamında ambalajladığı beyaz ekmeklerde TAMB değerini sadece depolamanın 1. gününde 3 log kob/g'ın altında tespit etmiştir ve koruyucu seviyesinin TAMB değeri üzerine etkisinin depolama süresince istatistik olarak anlamlı olduğunu bildirmişlerdir.

Depolama süresi sonunda en yüksek TAMB sayısına 4,35 log kob/g ile koruyucu içermeyen örneklerde tespit edilirken %0,2 koruyucu oranına sahip olan ekme örneklerinde ise en düşük TAMB sayısı tespit edilmiştir.

Tablo 38. Hamburger ekmeklerinde oksijen emici değişkenine ait toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısı ortalamalarının (log kob/g) Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Oksijen emici	n	Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
Var	18	<1C	<1C	1,31±0,93B	2,06±1,51A	2,58±1,25A
Yok	18	<1D	1,77±1,75C	2,81±2,15BC	3,56±1,76AB	4,30±1,84A

*Aynı satırda (A-D) aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistik olarak birbirinden farklıdır ($p>0,05$).

Oksijen emici kullanımının hamburger ekmeklerinin TAMB sayısı üzerine etkisi incelendiğinde, en yüksek TAMB sayısı 4,30 log kob/g ile oksijen emici kullanılmayan örneklerin 28. gününde tespit edilmiştir. En düşük TAMB sayısı ise sayısı oksijen emici kullanılmayan örneklerde 1-7 gün, kullanılan örneklerde ise 7-14. gün de tespit limitinin altında <1 log kob/g olarak bulunmuştur.

Oksijen emici kullanılan ve kullanılmayan örneklerin TAMB sayısındaki depolama süresince meydana gelen artış 21. günden sonra istatistik olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$).

Oksijen emici değişkeninin ekmeklerin depolama süresince toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısı üzerine etkisi bağımsız t testi ile incelendiğinde gruplar arasında 1. günden sonra anlamlı bir fark bulunmuştur. Benzer şekilde Muizniece-Brasava *et al.* (2012) 11. günden sonra oksijen emici içeren ekmek örneklerine ait TAMB sayısının içermeyen örneklerden belirgin bir şekilde az olduğunu bildirmişlerdir. Buğday ekmeğinde oksijen emici yardımı ile gerçekleştirilen aktif ambalajlamanın mikrobiyal bozulmanın engellenmesinde 14. güne arttırıcı bir etki gösterdiğini tespit etmişlerdir (Muizniece-Brasava *et al.* 2012). Oksijen emiciler orta ve yüksek nem içeren fırın ürünlerinde özellikle küfler gibi bozulma yapıcı aerobik mikroorganizmaların gelişmesini önlemede etkili bir şekilde kullanılmaktadır (Smith *et al.* 1995, Guynot *et al.* 2005). Black *et al.* (1993), ekmeğin ambalajlanmasından önce mikrobiyal kontaminasyon en düşük seviyede tutulur ve ambalaj içerisindeki oksijen seviyesi oksijen emici ile %1'in altına düşürülürse pita ekmeğinde raf ömrünün uzun olabileceğini bildirmişlerdir. Latou *et al.* (2010) etanol yayıcı ile birlikte oksijen emici kullandığı ekmek örneklerinde 30 günlük depolama süresince TAMB sayısı 4-5 log kob/g düzeyinde tespit etmiştir.

Tablo 39. Hamburger ekmeklerinde radyo frekansı değişkenine ait toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısı ortalamalarının (log kob/g) Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

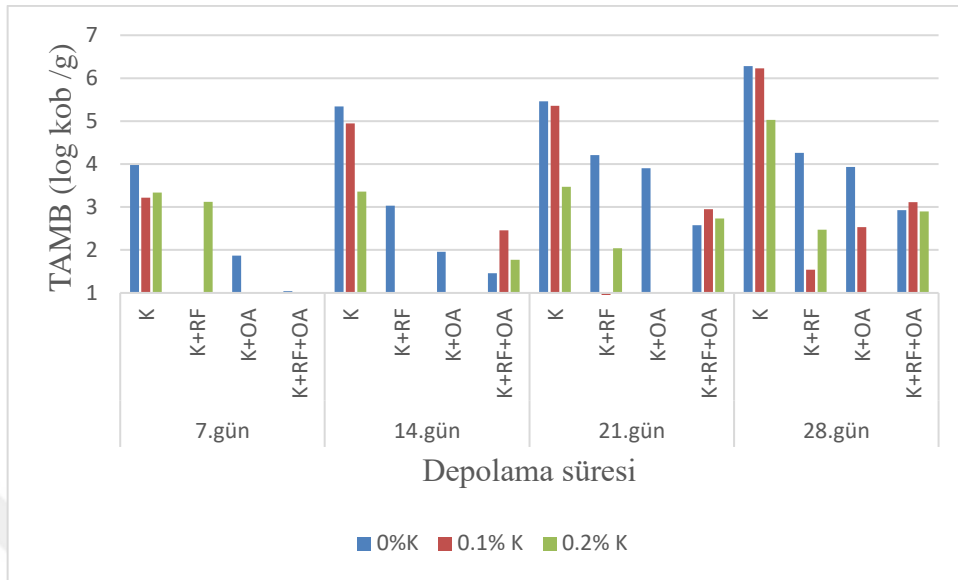
Radyo frekansı	n	Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
Var	18	<1 C	<1 C	1,49±1,13B	2,55±1,10A	2,87±0,84A
Yok	18	<1 C	2,47±1,29B	2,64±2,17B	3,07±2,28AB	4,02±2,26A

*Aynı satırda (A-C) aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistik olarak birbirinden farklıdır ($p >0,05$).

Radyo frekansı uygulamasının hamburger ekmeklerinin TAMB sayısı üzerine etkisi incelendiğinde, en yüksek TAMB sayısı 4,02 log kob/g ile radyo frekansı uygulanmayan örneklerin 28. gününde tespit edilmiş olup, radyo frekansı uygulanan örneklerde 28. günde bu değer 2,87 olup neredeyse yarısı kadardır.

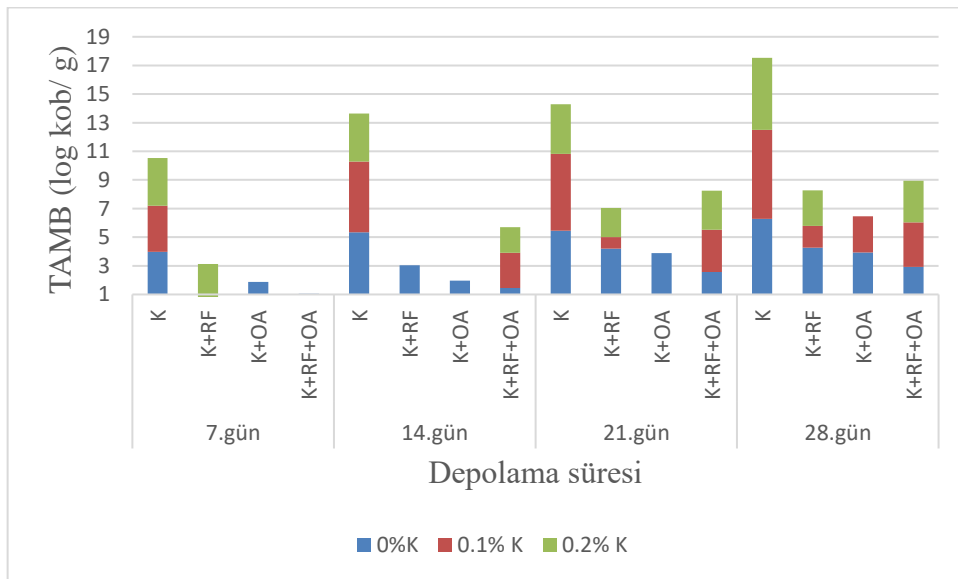
Radyo frekansı uygulanan örneklerde TAMB sayısında 7. günden sonra artış görülürken, 21. günden sonra meydana gelen artışlar istatistik olarak anlamlı bulunmamıştır ($p<0,05$). Radyo frekansı uygulanmayan örneklerde ise TAMB sayısında 1. günden sonra artış görülürken 7-14. gün arasındaki artış anlamlı bulunmamıştır ($p<0,05$).

Hamburger ekmeklerinin depolama süresince toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısı üzerine radyo frekansı uygulamasının etkisi bağımsız t testi ile incelendiğinde 1. günden sonra gruplar arasındaki fark anlamlı bulunmuştur.



Şekil 16. Koruyucu seviyesi (K) X radyo frekansı (RF) X oksijen emici (OA) X depolama süresi interaksiyonunun TAMB (log kob/g) sayısı üzerine etkisi

Depolama süresince koruyucu seviyesi ile TAMB (Toplam aerobik mezofilik bakteri) sayısı arasındaki ilişki incelendiğinde tüm örnek çeşitlerinde genellikle koruyucu (K) ilave edilmeyen örneklerde en yüksek değer saptanmıştır. TAMB sayısı depolamanın 1. gününde tüm örnekler tespit limiti (1 log kob/g)'nin altında bulunmuştur. Depolama süresince %0,2 oranında koruyucu ilave edilen ve oksijen emici (OA) kullanılan örnekte TAMB sayısı <1 log kob/g'dır (Şekil 16.).



Şekil 17. Koruyucu seviyesi (K) X radyo frekansı (RF) X oksijen emici (OA) X depolama süresi interaksiyonunun TAMB (log kob/g) sayısı üzerine yığılmış etkisi

Tüm uygulamaların toplam etkinliği incelendiğinde 7. günde K+RF+OA uygulamasının, 14., 21. ve 28. günlerde ise K+OA uygulamasının diğer uygulamalara göre en etkili olduğu görülmektedir. Toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı bakımından gerek OA gerek RF gerekse de OA+RF interaksiyon uygulamalarının toplam etkisinin tek başına koruyucu kullanımının toplam etkisinden daha etkili olduğu da söylenebilir (Şekil 17.).

Hamburger ekmeği örneklerinin *B.cereus* sayısı

B. cereus spor oluşturan gram pozitif hareketli fakültatif anaerobik bir bakteri olup, ekmekte bozulmaya sebep olan aynı zamanda da gıda zehirlenmesine neden olan bir bakteridir. Bu çalışmada depolama başında tespit limiti olan 2 log kob/g'ın altında kalmıştır. *B. cereus* fırınlama işlemi sonrasında ekmekte kolaylıkla canlı kalmaz. Yapılan bir çalışmada yaklaşık olarak 10^4 spor/g inoküle edilen *B. cereus* 400 g ekmekte fırınlama sonrası hayatta kalamamışken 800 g ekmekte canlı kalmıştır (Smith *et al.* 2004; Kaur 1986).

Latou *et al.* (2010) çalışmasında, başlangıç gününde 2 log kob/g'ın altında kalırken depolamanın ilerleyen aşamalarında küf gelişimine bağlı olarak *B. cereus* miktarında da artış olduğunu bildirmişlerdir.

Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği'ne göre *B. cereus* için izin verilen limit tüketime hazır ürünlerde $n=5$, $c=2$ için $m=10^2$, $M=10^3$ kob/g düzeyindedir (Anonim 2011). EFSA (2005)'ya göre gıda zehirlenmesine sebep olabilmesi için 10^5 düzeyine çıkması gerekir. Çalışmamızdaki örneklerde *B. cereus* değerleri bu limitlerin altında kalmıştır (veri gösterilmemiştir).

Hamburger ekmeği örneklerinin Koliform grubu bakteri sayısı

Koliform grubu bakteriler; gram negatif, fakültatif anaerob, spor oluşturmeyen, 35-37 °C'de laktozdan gaz oluşturan çubuk şeklinde bakterilerdir (Doğan vd 2001). Koliform bakteriler gıdalarda indikatör olarak aranılır. Herhangi bir gıdada koliform, fekal koliform ve E.coli bulunması gıdanın çeşidine, üretim şekline ve gıdaya uygulanan işleme bağlı olarak yorumlanır (Özkan 2009). Çalışmamızda 1. gün örneklerine koliform grubu bakteri analizi yapılmış olup tüm değerler yöntem tespit limitinin altında (<1 lob kob/g) olarak bulunmuştur (veri gösterilmemiştir). Üretim sırasında ya da kullanılan ambalaj malzemesinden herhangi bir bulaşının olmadığı söylenebilir.

Hamburger ekmeği örneklerinin rop sporu sayısı

Rop hastalığı özellikle sıcak havalarda evsel ölçekte yapılan ekmeklerde yaygın olarak görülebilmektedir. Rop hastalığına sebep olan bakterilerin başlıcaları *Bacillus subtilis* ve *B.*

licheniformis 'tir. Bu bakterilerin sporları yüksek sıcaklıklara dayanıklılık gösterebilmektedir (Ayub vd 2003). Örneklerin depolama süresince rop sporu analizi yapılmış olup tüm değerler <30 EMS/g olarak bulunmuştur (veri gösterilmemiştir). Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği'ne göre ekmekte sünme (rop) sporu sayısı için izin verilen limit $n=5$, $c=2$ için $m=4,5 \times 10^3$, $M=1,1 \times 10^4$ EMS/g düzeyindedir (Anonim 2011).

Hamburger ekmeği örneklerinin Enterobacteriaceae sayısı

Hijyen indikatörü olarak kullanılan fakültatif anaerobik bakteri grubu olan Enterobacteriaceae örneklerde depolama başında incelenmiş olup örneklerin tümünde metot tespit limiti olan 1 log kob/g'ın altında bulunmuştur (veri gösterilmemiştir). Sonuçlar, ekmek üretimi ve ambalajlama sırasında yapılan bütün aşamalara dikkat edildiği zaman Enterobacteriaceae'nın tespit edilebilir limitin altında kalacağını ortaya çıkarmaktadır. Benzer sonuçlar Latou *et al.* (2010)'da çalışmasında tespit edilmiştir.

Hamburger ekmeği örneklerinin Sülfid indirgeyen bakteri (*Cl. perfringes*) sayısı

Oksijen seviyesinin düşük seviyelere indirilmesi patojenik Clostridia'nın gelişimi ve toksin üretimi için risk oluşturmaktadır. Düşük su aktivitesi ve düşük pH bu bakterilerin inhibe eder ve ürün bu gruba girmiyorsa oksijen emici ile ambalajlanan ürünün bu bakteri açısından dikkatlice incelenmesi gerekmektedir (Powers and Berkowitz 1990). Oksijen emici kullanılan hamburger ekmeği örneklerinin hepsinde, depolama sonunda sülfid indirgeyen bakteri (*Cl.perfringes*) sayıları tespit edilebilir seviyenin (<1 log kob/g) altında olduğu görülmüştür (veri gösterilmemiştir). Benzer sonuçlar, Latou *et al.* (2010)'da çalışmasında tespit edilmiştir. Latou *et al.* (2010)'da çalışmasında ekmek örneklerinde 25 g'da *Clostridium* spp. olmadığını bildirmiştir.

Tekstür Analizi

Ekmeğin depolama süresince tekstürel kalitesindeki değişime neden olarak nem göçü ve nişasta retrogradasyonunu içeren mekanizmalar gösterilebilmektedir. Nem bariyerine sahip ambalaj nem içeriğinin değişmesini yavaşlatacağından nem göçünü de önlemede etkili olmaktadır (Janjarasskul *et al.* 2016).

Hamburger ekmeği örneklerinin bazı tekstürel özellikleri incelenmiş olup yalnızca yapışkanlık değerleri tüm örneklerde depolama boyunca bulunmadığından dolayı tablolarda bu özelliğe yer verilmemiştir. Diğer özelliklere ait varyans analizi sonuçları Tablo 40'da verilmiştir.

Tablo 40. Hamburger ekmeği örneklerinin tekstürel özelliklerine (Sertlik, yapışkanlık, kohesivlik, elastikiyet, çığnenebilirlik) ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	F Değeri				
		Sertlik	Kohesivlik	Elastikiyet	Çığnenebilirlik	Yapışkanlık
Koruyucu seviyesi (K)	2	654,117**	68,554**	2,352	291,616**	-
Radyo frekansı uygulaması (R)	1	117,760**	18,649**	127,950**	135,101**	-
Oksijen emici kullanımı (O)	1	12,273**	4,908**	22,764**	17,039**	-
Depolama (S)	4	2288**	156,300**	17,659**	592,336**	-
KxR	2	29,342**	10,412**	0,631	31,104**	-
KxO	2	67,412**	60,015**	56,430**	96,385**	-
KxS	8	39,896**	4,274**	5,187**	21,028**	-
RxO	1	106,402**	35,472**	2,067	80,560**	-
RxS	4	55,297**	4,150**	18,660**	37,169**	-
OxS	4	6,688**	5,233**	20,830**	2,724*	-
KxRxO	2	366,618**	48,993**	30,507**	117,434**	-
KxRxS	8	10,418**	3,507**	2,183*	11,263**	-
KxOxS	8	31,981**	6,189**	19,465**	11,511**	-
RxOxS	4	32,657**	5,858**	20,842**	15,527**	-
KxRxOxS	8	23,626**	3,377**	5,255**	11,425**	-

*p<0,05 **p<0,01 SD: Serbest değişken VK: Varyasyon kaynağı, n=3

Sertlik, kohesivlik, elastikiyet ve çığnenebilirlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları incelendiğinde sadece kullanılan koruyucu seviyesinin elastikiyet üzerine etkisi anlamlı bulunmazken diğer tüm faktörlerin tekstürel özellikler üzerine etkisi istatistik olarak etkili bulunmuştur (p<0,01).

İkili interaksiyonlar incelendiğinde oksijen emici kullanımı X depolama faktörünün çığnenebilirlik üzerine etkisi (p<0,05) olmak üzere sertlik, kohesivlik ve çığnenebilirlik özellikleri üzerine tüm faktörler istatistik olarak anlamlı etki göstermiştir (p<0,01). Elastikiyet üzerine koruyucu kullanımı X radyo frekansı uygulaması ve radyo frekansı uygulaması X oksijen emici kullanımı faktörlerinin etkisi anlamlı bulunmazken (p>0,05) diğer faktörler anlamlı bulunmuştur (p<0,01).

Üçlü interaksiyonlar incelendiğinde sadece koruyucu seviyesi X radyo frekansı uygulaması X depolama interaksiyonunun elastikiyet üzerine etkisi p<0,05 düzeyinde etkili bulunurken diğer tüm interaksiyonlar tüm faktörler üzerine p<0,01 düzeyinde etkilidir.

Dörtlü interaksiyonun tüm tekstürel özellikler üzerine etkisi istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$).

Sertlik

Tablo 41’de Koruyucu, radyo frekansı, oksijen emici ve bunların kombinasyonu ile elde edilen hamburger ekmeklerinin depolama süresince sertlik değerlerine ait ortalamalar Tablo 42, Tablo 43, Tablo 44 ve Tablo 45’te ise varyans analiz sonuçları verilmiştir.

Tablo 41. Hamburger ekmeği örneklerinin depolama süresince sertlik (N) değerlerine ait ortalamaları

Koruyucu (%)	Oksijen emici	RF	Depolama süresi				
			1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
0	Var	Var	4,03±0,06	8,56±0,00	8,55±0,27	10,85±0,32	14,48±0,61
		Yok	3,07±0,01	6,32±0,20	7,09±0,01	7,09±0,28	7,29±0,04
	Yok	Var	4,06±0,02	5,16±0,02	6,37±0,29	7,53±0,13	10,49±0,13
		Yok	4,14±0,08	5,84±0,22	7,62±0,27	9,06±0,08	11,27±0,03
0,1	Var	Var	3,10±0,31	4,08±0,02	6,60±0,23	8,43±0,11	11,61±0,22
		Yok	3,08±0,00	3,67±0,35	6,44±0,02	6,57±0,15	9,35±0,18
	Yok	Var	2,12±0,05	6,30±0,28	7,51±0,07	8,27±0,43	10,32±0,09
		Yok	2,98±0,04	5,49±0,03	7,47±0,42	8,27±0,26	11,15±1,06
0,2	Var	Var	3,13±0,02	3,35±0,03	4,09±0,39	6,42±0,10	7,16±0,12
		Yok	3,07±0,03	4,39±0,03	6,54±0,07	6,63±0,03	7,27±0,03
	Yok	Var	2,79±0,00	5,20±0,23	6,56±0,42	7,12±0,24	9,87±0,51
		Yok	2,08±0,04	4,09±0,21	5,67±0,11	5,69±0,37	6,73±0,09

Tablo 41’de hamburger ekmeği örneklerine ait sertlik analiz sonuçları verilmiştir. Sertlik (firmness), fiziksel olarak deformasyon için gerekli olan, duyuşal olarak ise ön dişler arasındaki maddeyi sıkıştırmak için gerekli olan güç olarak tanımlanmaktadır. Hesaplama ise ilk sıkıştırma çevrimi esnasındaki pik gücü (birinci eğrinin yüksekliği) olarak ifade edilmektedir (Gerçekaslan vd 2007).

Tablo incelendiğinde en düşük sertlik değeri sadece %0,2 oranında koruyucu içeren örneğin 1. gününde (2,08 N) en yüksek sertlik değeri ise koruyucu içermeyen radyo frekansı uygulanan ve oksijen emici içeren örneğin 28. gününde (14,48 N) saptanmıştır. Tüm örneklere ait ortalama sertlik değeri 6,49 N dur.

Tüm hamburger ekmeği örneklerinde sertlik değerleri depolama ile birlikte artış göstermiştir. Ekmek tekstüründeki bu değişim nişasta retrogradasyonu, nem göçü gibi ekmekte meydana gelebilecek mekanizmalardan meydana gelmiş olabilir.

Tablo 42. Hamburger ekmeği örneklerinin depolama süresince sertlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	F Değeri				
		Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
Koruyucu seviyesi (K)	2	314,386**	311,711**	91,843**	166,930**	151,495**
Radyo frekansı uygulaması (R)	1	12,006**	40,513**	3,308	80,491**	124,583**
Oksijen emici kullanımı (O)	1	31,146**	14,561**	8,677*	0,009	7,526*
KxR	2	50,588**	9,072	7,627**	2,278	20,403**
KxO	2	98,120**	245,273**	28,798**	18,470**	4,101*
RxO	1	29,971**	0,700	0,610	86,793**	63,914**
KxRxO	2	47,802**	99,090**	67,795**	103,259**	99,768**

*p<0,05 **p<0,01 SD: Serbest değişken VK: Varyasyon kaynağı, n=3

Tablo 42 incelendiğinde hamburger ekmeklerinin sertlik değerleri üzerine depolama süresince koruyucu seviyesi çok önemli derecede ($p<0,01$) etkili bulunurken radyo frekansı uygulamasının ve oksijen emici kullanımının etkisi sadece sırasıyla 14. günde ve 21. günde önemli bulunmamıştır ($p>0,05$).

İkili interaksiyonlar incelendiğinde koruyucu seviyesi X radyo frekansı uygulaması 7. ve 21. günde, radyo frekansı uygulaması X oksijen emici kullanımı uygulaması 7. ve 14. günde sertlik üzerine etkisi önemli bulunmazken ($p>0,05$), koruyucu seviyesi X oksijen emici interaksiyonu depolama süresi boyunca sertlik üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$).

Üçlü interaksiyon olan koruyucu seviyesi X oksijen emici kullanımı X radyo frekansı uygulaması depolama süresince sertlik üzerine etkisi $p>0,01$ düzeyinde anlamlı bulunmuştur.

Tablo 43. Hamburger ekmeklerinde koruyucu seviyesi değişkenine ait sertlik (N) ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Koruyucu (%)	n	Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
0	8	3,83±0,47aD	6,47±1,37aC	7,41±0,87aBC	8,63±1,58aB	10,88±2,74aA
0,1	8	2,82±0,45bE	4,88±1,14bD	7,00±0,55aC	7,89±0,84aB	10,61±1,01aA
0,2	8	2,77±0,44bD	4,25±0,72bC	5,72±1,09bB	6,47±0,57bB	7,76±1,34bA

* Aynı satırda aynı harfle (A-D) gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p > 0,05$) . Aynı sütunda aynı harfle (a-c) gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p > 0,05$).

Koruyucu kullanımının hamburger ekmeklerinin sertlik değerleri üzerine etkisi incelendiğinde koruyucu seviyesi arttıkça sertlik değerlerinin azaldığı saptanmıştır.

Depolamadan bağımsız olarak koruyucu seviyesine göre ortalama sertlik değerleri %0 için 7,44 %0,1 için 6,64 ve %0,2 için ise 5,39 N dur.

Tablo 43'te çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre farklı seviyelerde koruyucu kullanılan (%0, 0,1 ve 0,2) tüm örneklerin sertlik değerlerinde depolamayla birlikte artış meydana gelmiştir ve bu artışlar istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

En yüksek sertlik değeri 28. günde koruyucu kullanılmayan örnekte 10,88 N olarak tespit edilirken, en düşük sertlik değeri ise %0,2 oranında koruyucu kullanılan örneğin 1. gününde 2,77 N olarak tespit edilmiştir.

Latou *et al.* (2010) koruyucu kullanarak ya da kullanılmaksızın ürettikleri ekmek örneklerinde başlangıç sertlik değerleri sırasıyla 4,8 N ve 12.5 N'dur. Bu kadar keskin olmamakla birlikte bizim çalışmamızda da koruyucu kullanılan ekmekler ile kullanılmayan ekmeklerin sertlik değerleri arasında istatistik olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

Tablo 44. Hamburger ekmeklerinde oksijen emici değişkenine ait sertlik (N) ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Oksijen emici	n	Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
Var	12	3,25±0,38D	5,06±1,92C	6,55±1,38BC	7,67±1,65B	9,53±2,85A
Yok	12	3,03±0,86D	5,35±0,73C	6,87±0,78B	7,66±1,14B	9,97±1,63A

*Aynı satırda (A-D) aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p>0,05$).

Oksijen emici kullanılan ve kullanılmayan örneklerde depolama periyodu boyunca sertlik değerleri 3,03-9,97 N arasında değişiklik göstermektedir. En yüksek sertlik değeri (9,97 N) depolamanın 28. gününde oksijen emici kullanılmayan örneklerde, en düşük sertlik değeri (3,03 N) ise depolamanın 1. gününde oksijen emici kullanılmayan örneklerde tespit edilmiştir.

Gruplar depolama süresince sertlik değerlerine karşılık incelendiğinde oksijen emici kullanılan ve kullanılmayan örneklerde depolama süresince artış tespit edilmiştir.

Oksijen emici kullanılan örneklere ait ortalama sertlik değeri 6,41 N iken kullanılmayan örneklere ait sertlik değeri ise 6,57 N dur. Hamburger ekmeklerinin depolama süresince sertlik değeri üzerine oksijen emici değişkeninin etkisi bağımsız t testi ile incelendiğinde gruplar arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$).

Tablo 45. Hamburger ekmeklerinde radyo frekansı değişkenine ait sertlik (N) ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Radyo frekansı	n	Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
Var	12	3,21±0,72D	5,44±1,75C	6,61±1,43C	8,10±1,48B	10,66±2,29A
Yok	12	3,07±0,62D	4,97±1,02C	6,81±0,71B	7,22±1,19B	8,84±1,97A

*Aynı satırda (A-D) aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p >0,05).

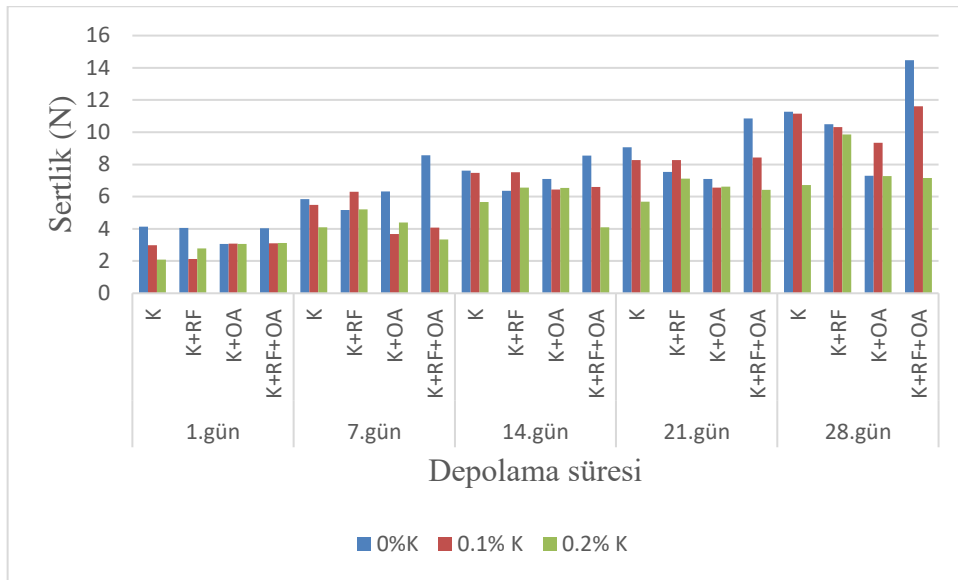
Radyo frekansı uygulanan ve uygulanmayan örneklerde depolama periyodu boyunca sertlik değerleri 3,07-10,66 N arasında değişiklik göstermektedir. En yüksek sertlik değeri (10,66 N) depolamanın 28. gününde radyo frekansı uygulanan örneklerde, en düşük sertlik değeri (3,07 N) ise depolamanın 1. gününde radyo frekansı uygulanmayan örneklerde tespit edilmiştir.

Gruplar depolama süresince sertlik değerlerine karşılık incelendiğinde radyo frekansı uygulanan ve uygulanmayan örneklerde depolama süresince artış tespit edilmiştir.

Radyo frekansı uygulanan örneklere ait ortalama sertlik değeri 6,80 N iken uygulanmayan örneklere ait sertlik değeri 6,18 N dur. Radyo frekansı değişkeninin ekmeklerin depolama süresince sertlik değeri üzerine etkisi bağımsız t testi ile incelendiğinde gruplar arasındaki fark depolamanın 28. günü dışında anlamlı bulunmamıştır (p>0,05). Benzer şekilde kurabiyelerde kurutma sonrası kullanılan radyo frekansının sertlik üzerinde ters bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir (Palazoğlu *et al.* 2012). Bunun aksine Liu *et al.* (2011) sıcak hava ve radyo frekansını beraber uyguladığı ekmek örneklerinde depolama süresince sertlik değerinin kontrol örneğine göre daha fazla artış gösterdiğini bildirmiştir.

Glüten proteinlerinin ve kısmi olarak çözülmüş nişastanın arasında çapraz bağların oluşması ekmek sertliğinin nedenidir. Ekmekte su plastikleştirici olarak görev alır. Nem azaldığında nişasta ve protein arasındaki çapraz bağların oluşumunu hızlandırır ve ekmek hızlı bir şekilde sertleşir bu nedenle sertlik ile nem yakın ilişkilidir. Nem ne kadar yüksekse sertlik o kadar düşüktür (He and Hooseney 1990). Çalışmamızda sertlik değerleri sonuçları nem değerleri ile karşılıklı incelendiğinde sonuçların bu bilgi ile paralel sonuçlar verdiği görülmektedir.

Oksijen emici ve radyo frekansı uygulamasının birlikte kullanımı ile elde edilen sertlik değerleri koruyucu ilave edilmeyen örnekte 9,30 N, %0,1 oranında ilave edilen örnekte 6,76 N ve %0,2 oranında ilave edilen örnekte ise 4,83N olarak tespit edilmiş olup ortalama 6,96 N dur.



Şekil 18. Koruyucu seviyesi (K) X radyo frekansı (RF) X oksijen emici (OA) X depolama süresi etkisinin sertlik (N) değeri üzerine etkisi

Depolama süresince koruyucu seviyesi ile sertlik (N) değeri arasındaki ilişki incelendiğinde koruyucu ilave edilmeyen örneklerde en yüksek değer saptanmıştır. Tüm örnek çeşitlerinin sertlik değerinde depolama süresince artış görülmüştür. En yüksek sertlik değeri depolamanın 28. gününde koruyucu ilave edilmemiş, radyo frekansı uygulanmış ve oksijen emici kullanılmış örnekte bulunmuştur. Bunun yanında en düşük sertlik değeri ise %0,2 oranında koruyucu ilave edilmiş örneğin 1. gününde bulunmuştur (Şekil 18.).

Kohesivlik

Tablo 46’da koruyucu, radyo frekansı, oksijen emici ve bunların kombinasyonu ile elde edilen hamburger ekmeklerinin depolama süresince kohesivlik değerlerine ait ortalamaları Tablo 47, Tablo 48, Tablo 49 ve Tablo 50’de ise varyans analiz sonuçları verilmiştir.

Tablo 46. Hamburger ekmeği örneklerinin depolama süresince kohesivlik değerlerine ait ortalamaları

Koruyucu (%)	Oksijen emici	RF	Depolama süresi				
			1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
0	Var	Var	0,509±0,006	0,459±0,005	0,429±0,002	0,434±0,025	0,427±0,000
		Yok	0,522±0,008	0,440±0,024	0,442±0,011	0,438±0,006	0,402±0,010
	Yok	Var	0,502±0,005	0,465±0,009	0,466±0,004	0,440±0,041	0,433±0,013
		Yok	0,471±0,009	0,440±0,000	0,448±0,007	0,392±0,021	0,373±0,008
0,1	Var	Var	0,539±0,004	0,514±0,006	0,488±0,009	0,454±0,027	0,431±0,017
		Yok	0,447±0,006	0,439±0,002	0,468±0,012	0,470±0,028	0,364±0,002
	Yok	Var	0,576±0,002	0,495±0,016	0,473±0,009	0,462±0,001	0,404±0,007
		Yok	0,614±0,028	0,529±0,031	0,522±0,001	0,522±0,015	0,523±0,004
0,2	Var	Var	0,536±0,002	0,520±0,004	0,514±0,001	0,422±0,015	0,448±0,001
		Yok	0,480±0,007	0,487±0,020	0,441±0,005	0,449±0,004	0,387±0,003
	Yok	Var	0,541±0,020	0,473±0,037	0,415±0,046	0,418±0,008	0,397±0,006
		Yok	0,519±0,004	0,475±0,002	0,447±0,039	0,393±0,010	0,366±0,007

Tablo 46’da hamburger ekmeği örneklerine ait kohesivlik analiz sonuçları verilmiştir. Kohesivlik, fiziksel olarak iç bağların dayanma gücü, duyuşal olarak ise madde ısırılırken kopmadan önceki deformasyon miktarı olarak tanımlanmaktadır. Hesaplama da ise her iki çevrim için de sıkıştırmanın olmadığı alanlar hariç, ikinci sıkıştırma anındaki pozitif güç alanının birinci sıkıştırmadaki alana oranı olarak ifade edilmektedir (Gerçekaslan vd 2007).

Kohesivlik değerleri incelendiğinde depolamanın 28. gününde %0,1 koruyucu içeren ve oksijen emici kullanılmış ve radyo frekansı uygulanmamış olan örnek en yüksek değere ise depolamanın 1. gününde %0,1 koruyucu içeren ve oksijen emici kullanılmamış ve radyo frekansı uygulanmamış örnek sahiptir.

Tablo 47. Hamburger ekmeği örneklerinin depolama süresince kohesivlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	F Değeri				
		Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
Koruyucu seviyesi (K)	2	29,054**	13,910**	11,073**	19,025**	29,136**
Radyo frekansı uygulaması (R)	1	30,253**	13,910**	0,129	0,445	37,895**
Oksijen emici kullanımı (O)	1	46,817**	0,162	0,063	0,629	3,262
KxR	2	3,429	0,087	1,730	4,507*	47,863**
KxO	2	67,685**	6,683*	8,578**	5,065*	82,401**
RxO	1	18,451**	10,089**	9,755**	1,489	78,371**
KxRxO	2	29,441**	5,428*	7,067**	3,687	93,105**

*p<0,05 **p<0,01 SD: Serbest değişken VK: Varyasyon kaynağı, n=3

Tablo 47 incelendiğinde hamburger ekmeğinin kohesivlik değerleri üzerine depolama süresince koruyucu seviyesi çok önemli derecede (p<0,01) etkili bulunurken radyo frekansı uygulamasının etkisi 1., 7. ve 28. günde, oksijen emici kullanımının etkisi ise sadece 1. günde önemli bulunmuştur (p<0,01).

İkili interaksiyonlar incelendiğinde koruyucu seviyesi X radyo frekansı uygulaması 21. ve 28. günde kohesivlik değerleri üzerine etkili bulunurken (p<0,05), radyo frekansı uygulaması X oksijen emici kullanımı interaksiyonu yalnızca 21. günde kohesivlik üzerine önemli etkide bulunmamıştır (p>0,05). Koruyucu seviyesi X oksijen emici interaksiyonunun depolama süresi boyunca kohesivlik üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur (p<0,05).

Üçlü interaksiyon olan koruyucu seviyesi X oksijen emici kullanımı X radyo frekansı uygulaması depolama süresince kohesivlik üzerine etkisi depolamanın 21. günü dışında anlamlı bulunmuştur (p<0,05).

Tablo 48. Hamburger ekmeklerinde koruyucu seviyesi değişkenine ait kohesivlik ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Koruyucu (%)	n	Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
0	8	0,501±0,021aA	0,451±0,015bB	0,446±0,015bBC	0,426±0,029bCD	0,409±0,026aD
0.1	8	0,544±0,067aA	0,494±0,039aB	0,488±0,023aB	0,477±0,032aBC	0,431±0,063aC
0.2	8	0,519±0,027aA	0,489±0,026aA	0,454±0,045bB	0,420±0,022bC	0,400±0,032aC

* Aynı satırda aynı harfle (A-D) gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p >0,05) . Aynı sütunda aynı harfle (a-b) gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p >0,05).

Koruyucu kullanımının kohesivlik değerleri üzerine etkisi incelendiğinde depolama başında ve sonunda koruyucu düzeyleri arasında istatistik olarak anlamlı bir fark tespit edilememiştir (p>0,05).

Depolamadan bağımsız olarak koruyucu seviyesine göre ortalama sertlik değerleri %0 için 0,447 %0,1 için 0,487 ve %0,2 için ise 0,457 dir. Tablo 48’de çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre farklı seviyelerde koruyucu kullanılan (%0, 0,1 ve 0,2) tüm örneklerde kohesivlik değerlerinde depolamayla birlikte azalma meydana gelmiştir ve bu artışlar istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

En yüksek kohesivlik değeri depolamanın 1. gününde %0,1 oranında koruyucu kullanılan örnekte 0,544 olarak tespit edilirken, en düşük kohesivlik değeri ise %0,2 oranında koruyucu kullanılan örneğin 28. gününde 0,400 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 49. Hamburger ekmeklerinde oksijen emici değişkenine ait kohesivlik ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Oksijen emici	n	Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
Var	12	0,506±0,034A	0,476±0,036B	0,464±0,032BC	0,444±0,022C	0,410±0,030D
Yok	12	0,537±0,050A	0,479±0,032B	0,462±0,039BC	0,438±0,049CD	0,416±0,055D

*Aynı satırda (A-D) aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p>0,05).

Oksijen emici kullanılan ve kullanılmayan örneklerde depolama periyodu boyunca kohesivlik değerleri 0,410- 0,537 arasında değişiklik göstermektedir. En yüksek kohesivlik değeri depolamanın 1. gününde oksijen emici kullanılmayan örneklerde, en düşük kohesivlik değeri ise depolamanın 28. gününde oksijen emici kullanılan örneklerde tespit edilmiştir.

Gruplar depolama süresince kohesivlik değerlerine karşılık incelendiğinde oksijen emici kullanılan ve kullanılmayan örneklerde depolama süresince azalış tespit edilmiştir.

Oksijen emici kullanılan örneklere ait ortalama kohesivlik değeri 0,460 iken kullanılmayan örneklere ait sertlik değeri ise 0,467 dir. Hamburger ekmeklerinin depolama süresince kohesivlik değeri üzerine oksijen emici değişkeninin etkisi bağımsız t testi ile incelendiğinde gruplar arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır (p>0,05).

Tablo 50. Hamburger ekmeklerinde radyo frekansı değişkenine ait kohesivlik ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Radyo frekansı	n	Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
Var	12	0,534±0,026A	0,488±0,028B	0,464±0,038C	0,438±0,024D	0,423±0,019D
Yok	12	0,509±0,057A	0,468±0,037B	0,461±0,032B	0,444±0,048B	0,403±0,058C

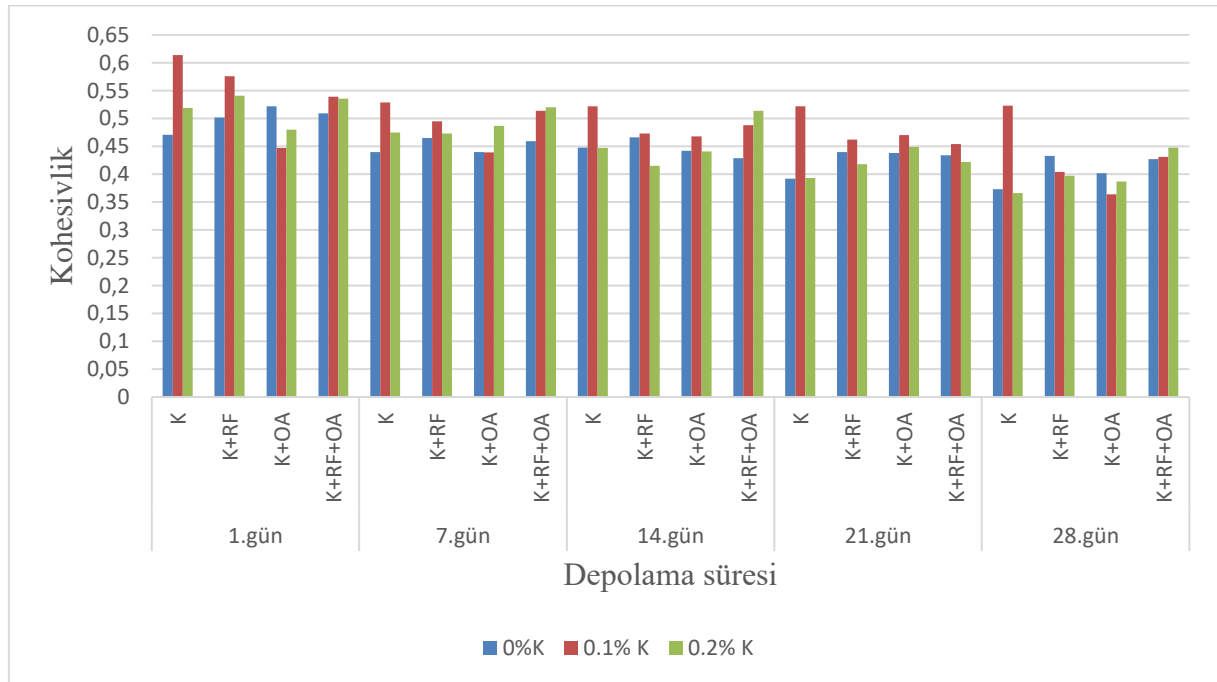
*Aynı satırda (A-D) aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p> 0,05).

Radyo frekansı uygulanan ve uygulanmayan örneklerde depolama periyodu boyunca kohesivlik değerleri 0,403- 0,534 arasında değişiklik göstermektedir. En yüksek kohesivlik değeri depolamanın 28. gününde radyo frekansı uygulanmayan örneklerde, en düşük kohesivlik değeri ise depolamanın 1. gününde radyo frekansı uygulanan örneklerde tespit edilmiştir.

Gruplar depolama süresince kohesivlik değerlerine karşılık incelendiğinde radyo frekansı uygulanan ve uygulanmayan örneklerde depolama süresince azalış tespit edilmiştir.

Radyo frekansı değişkeninin ekmeklerin depolama süresince kohesivlik değeri üzerine etkisi bağımsız t testi ile incelendiğinde gruplar arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır (p>0,05).

Oksijen emici ve radyo frekansı uygulamasının birlikte kullanımı ile elde edilen kohesivlik değerleri koruyucu ilave edilmeyen örnekte 0,452, %0,1 oranında ilave edilen örnekte 0,485 ve %0,2 oranında ilave edilen örnekte ise 0,488 olarak tespit edilmiş olup ortalama 0,475 dir.



Şekil 19. Koruyucu seviyesi (K) X radyo frekansı (RF) X oksijen emici (OA) X depolama süresi etkisinin kohesivlik değeri üzerine etkisi

Koruyucu seviyesi ve kohesivlik değeri arasındaki ilişki incelendiğinde %0,1 oranında koruyucu ilave edilen örneğin kohesivlik değerlerinin genellikle yüksek olduğu saptanmıştır. En yüksek kohesivlik değeri depolamanın 1. gününde %0,1 oranında koruyucu ilave edilen örnekte, en düşük değer ise depolamanın 28. gününde %0,1 oranında koruyucu ilave edilen ve oksijen emici kullanılan örnekte bulunmuştur (Şekil 19.).

Esneklik

Tablo 51’de koruyucu, radyo frekansı, oksijen emici ve bunların kombinasyonu ile elde edilen hamburger ekmeklerinin depolama süresince esneklik değerlerine ait ortalamaları Tablo 52, Tablo 53, Tablo 54 ve Tablo 55’de ise varyans analiz sonuçları verilmiştir.

Tablo 51. Hamburger ekmeği örneklerinin depolama süresince esneklik değerlerine ait ortalamaları

Koruyucu (%)	Oksijen emici	RF	Depolama süresi				
			1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
0	Var	Var	0,88±0,01	0,90±0,01	0,86±0,02	0,87±0,00	0,88±0,00
		Yok	0,84±0,02	0,88±0,00	0,92±0,01	0,87±0,00	0,86±0,00
	Yok	Var	0,90±0,00	0,88±0,01	0,90±0,00	0,91±0,01	0,89±0,00
		Yok	0,86±0,01	0,89±0,03	0,89±0,01	0,85±0,01	0,78±0,04
0,1	Var	Var	0,90±0,00	0,89±0,00	0,89±0,00	0,88±0,01	0,86±0,00
		Yok	0,79±0,01	0,80±0,03	0,89±0,00	0,87±0,02	0,79±0,01
	Yok	Var	0,94±0,00	0,90±0,00	0,90±0,01	0,89±0,00	0,89±0,02
		Yok	0,95±0,00	0,91±0,00	0,88±0,00	0,87±0,00	0,89±0,00
0,2	Var	Var	0,92±0,01	0,90±0,01	0,90±0,00	0,86±0,00	0,88±0,00
		Yok	0,83±0,00	0,89±0,03	0,88±0,00	0,87±0,00	0,86±0,01
	Yok	Var	0,91±0,00	0,88±0,00	0,83±0,04	0,89±0,00	0,88±0,01
		Yok	0,90±0,00	0,88±0,01	0,86±0,00	0,84±0,00	0,81±0,22

Tablo 51’de hamburger ekmeği örneklerine ait esneklik analiz sonuçları verilmiştir. Esneklik (springiness), fiziksel olarak deforme eden gücün ortadan kalkmasıyla birlikte materyalin deforme olmamış haline dönme oranıdır. Duyusal olarak ise, azı dişleriyle kısmi olarak sıkıştırılan maddenin orijinal yüksekliğine dönme oranı ve hızı olarak tanımlanır. Hesaplama birinci sıkıştırmanın sonu ile ikinci sıkıştırmanın başı arasındaki yükseklik farkı olup, ne kadarlık bir geri gelmenin olduğunu göstermektedir (Gerçekaslan vd 2007).

Esneklik değerleri incelendiğinde en düşük esneklik değerine kontrol örneği olan koruyucusuz, oksijen emici kullanılmayan ve radyo frekansı uygulanmamış örnekte depolamanın 28. gününde, en yüksek değere ise %0,1 oranında koruyucu kullanılan oksijen

emici kullanılmamış ve radyo frekansı uygulanan örnekte depolamanın 1.gününde rastlanılmıştır.

Esneklik değerleri depolama boyunca incelendiğinde artış azalışlar görülmektedir. Benzer şekilde Minarro *et al.* (2012) nohut unu kullanarak ürettikleri ekmeklerin esneklik değerlerinde depolama süresince doğrusal bir değişim eğilimi olmadığını bildirmişlerdir.

Tablo 52. Hamburger ekmeklerinin depolama süresince esneklik değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	F Değeri				
		Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
Koruyucu seviyesi (K)	2	11,667**	2,268	6,950*	4,654*	0,656
Radyo frekansı uygulaması (R)	1	140,391**	7,873*	0,624	30,075**	83,260**
Oksijen emici kullanımı (O)	1	144,890**	3,501	5,878*	0,815	0,704
KxR	2	0,185	3,165	1,851	0,589	1,783
KxO	2	38,893**	11,993**	7,396**	0,317	35,024**
RxO	1	68,097**	11,833**	0,569	28,834**	6,909*
KxRxO	2	18,553**	4,095*	8,676**	1,728	21,452**

* $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ SD: Serbest değişken VK: Varyasyon kaynağı, n=3

Tablo 52 incelendiğinde hamburger ekmeklerinin esneklik değerleri üzerine depolama süresince radyo frekansı uygulaması depolamanın 14. günü haricinde etkili bulunurken ($p < 0,05$), koruyucu seviyesinin etkisi 7. ve 28. günde, oksijen emici kullanımının etkisi ise 7, 21, ve 28. günde önemli bulunmamıştır ($p > 0,05$).

İkili interaksiyonlar incelendiğinde radyo frekansı uygulaması X oksijen emici kullanımı interaksiyonu yalnızca 14. günde, koruyucu seviyesi X oksijen emici interaksiyonu ise yalnızca 21. günde esneklik üzerine önemli etkide bulunmamıştır ($p > 0,05$). Koruyucu seviyesi X radyo frekansı uygulamasının depolama süresi boyunca esneklik üzerine etkisi anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$).

Üçlü interaksiyon olan koruyucu seviyesi X oksijen emici kullanımı X radyo frekansı uygulaması depolama süresince esneklik üzerine etkisi depolamanın 21. günü dışında anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Tablo 53. Hamburger ekmeklerinde koruyucu seviyesi değişkenine ait esneklik ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Koruyucu (%)	n	Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
0	8	0,87±0,03AB	0,89±0,01A	0,89±0,02A	0,88±0,02AB	0,85±0,05C
0,1	8	0,89±0,07A	0,87±0,05A	0,89±0,01A	0,88±0,01A	0,86±0,05A
0,2	8	0,90±0,04A	0,89±0,01A	0,88±0,03A	0,87±0,03A	0,86±0,05A

* Aynı satırda aynı harfle (A-B) gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p>0,05$). Aynı sütunda aynı harfle (a-c) gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p >0,05$).

Koruyucu kullanımının hamburger ekmeklerinin esneklik değerleri üzerine etkisi incelendiğinde koruyucu seviyesi ile esneklik değerleri arasındaki değişim istatistik olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$).

Koruyucu seviyesine göre ortalama esneklik değeri %0 için; 0,877 %0,1 için 0,880 ve %0,2 için 0,874 tür.

Tablo 53'te çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre farklı seviyelerde koruyucu kullanılan (%0, 0,1 ve 0,2) örneklerde esneklik değerlerinde depolamayla birlikte genellikle azalış meydana gelmiştir ve bu değişimler sadece koruyucu kullanılmayan örnekte istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

En yüksek esneklik değeri depolamanın 1. gününde %0,2 oranında koruyucu kullanılan örnekte tespit edilirken, en düşük esneklik değeri ise koruyucu kullanılmayan örneğin 28. gününde tespit edilmiştir.

Tablo 54. Hamburger ekmeklerinde oksijen emici değişkenine ait esneklik ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Oksijen emici	n	Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
Var	12	0,86±0,05B	0,88±0,04AB	0,89±0,02A	0,87±0,01AB	0,86±0,03B
Yok	12	0,91±0,03A	0,89±0,01AB	0,88±0,03BC	0,87±0,03BC	0,86±0,05C

* Aynı satırda (A-C) aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p>0,05$).

Oksijen emici kullanılan ve kullanılmayan örneklerde depolama periyodu boyunca esneklik değerleri 0,86-0,91 arasında değişiklik göstermektedir.

Gruplar depolama süresince esneklik değerlerine karşılık incelendiğinde oksijen emici kullanılan ve kullanılmayan örneklerde depolama süresince genellikle azalış tespit edilmiştir. Bunun aksine Salminen *et al.* (1996) oksijen emici kullandığı çavdar ekmeğinde depolama süresince esneklik değerlerinin hafif bir şekilde artış gösterdiğini bildirmiştir.

Oksijen emici kullanılan örneklere ait ortalama esneklik değeri 0,871 iken kullanılmayan örneklere ait esneklik değeri ise 0,883 dür. Hamburger ekmeklerinin depolama süresince esneklik değeri üzerine oksijen emici değişkeninin etkisi bağımsız t testi ile

incelendiğinde gruplar arasındaki fark depolamanın 1. günü dışında anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$).

Tablo 55. Hamburger ekmeklerinde radyo frekansı değişkenine ait esneklik ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Radyo frekansı	n	Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
Var	12	0,91±0,02A	0,89±0,01B	0,88±0,03B	0,88±0,02B	0,88±0,01B
Yok	12	0,86±0,06AB	0,87±0,04A	0,88±0,02A	0,86±0,01AB	0,83±0,04B

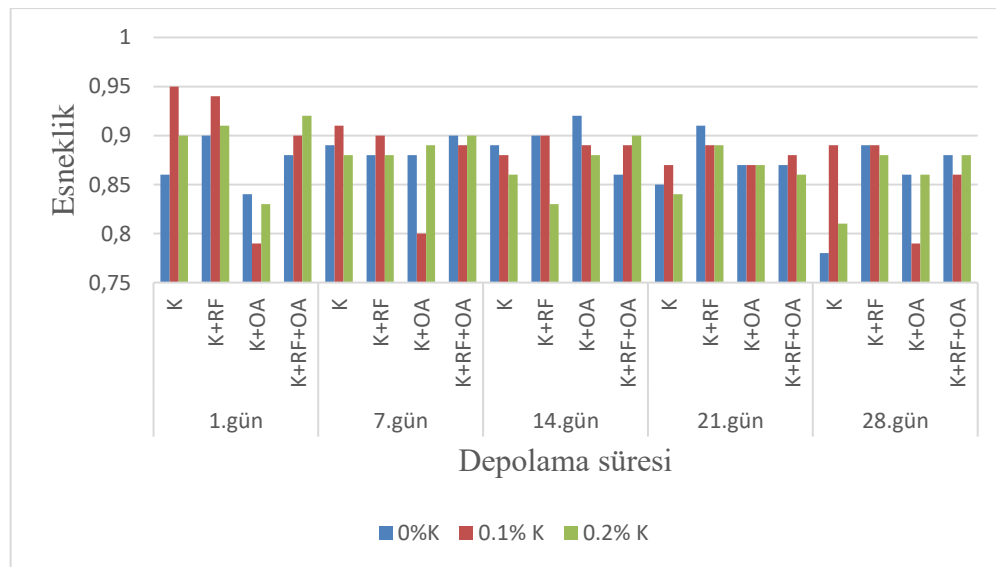
*Aynı satırda (A-B) aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistik olarak birbirinden farklıdır ($p>0,05$).

Radyo frekansı uygulanan ve uygulanmayan örneklerde depolama periyodu boyunca esneklik değerleri 0,83-0,91 arasında değişiklik göstermektedir. En yüksek esneklik değeri depolamanın 1. gününde radyo frekansı uygulanan örneklerde, en düşük esneklik değeri ise depolamanın 28. gününde radyo frekansı uygulanmayan örneklerde tespit edilmiştir.

Gruplar depolama süresince esneklik değerlerine karşılık incelendiğinde radyo frekansı uygulanan örneklerde depolama süresince azalış, uygulanmayan örneklerde ise depolama süresince önce artış sonra azalış tespit edilmiştir.

Radyo frekansı uygulanan örneklere ait ortalama esneklik değeri 0,891 iken uygulanmayan örneklere ait esneklik değeri ise 0,864 tür. Radyo frekansı değişkeninin ekmeklerin depolama süresince esneklik değeri üzerine etkisi bağımsız t testi ile incelendiğinde gruplar arasındaki fark sadece depolamanın 1. ve 21. gününde anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$).

Oksijen emici ve radyo frekansı uygulamasının birlikte kullanımı ile elde edilen esneklik değerleri koruyucu ilave edilmeyen örnekte 0,881, %0,1 oranında ilave edilen örnekte 0,885 ve %0,2 oranında ilave edilen örnekte ise 0,894 olarak tespit edilmiş olup ortalama 0,887 dir.



Şekil 20. Koruyucu seviyesi (K) X radyo frekansı (RF) X oksijen emici (OA) X depolama süresi interaksiyonunun esneklik değeri üzerine etkisi

Koruyucu seviyesi ile esneklik değeri arasındaki ilişki incelendiğinde genellikle %0,1 oranında koruyucu ilave edilen örneklerde en yüksek değer saptanmıştır. En yüksek esneklik değeri %0,1 oranında koruyucu ilave edilen örneğin 1. gün değeri, en düşük esneklik değeri ise koruyucu ilave edilmemiş örneğin 28. gün değeri olarak bulunmuştur (Şekil 20.).

Çiğnenebilirlik

Tablo 56’da koruyucu, radyo frekansı, oksijen emici ve bunların kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin depolama süresince çiğnenebilirlik değerlerine ait ortalamaları Tablo 57, Tablo 58, Tablo 59 ve Tablo 60’da ise varyans analiz sonuçları verilmiştir.

Tablo 56. Hamburger ekmeği örneklerinin depolama süresince çiğnenebilirlik değerlerine ait ortalamaları

Koruyucu (%)	Oksijen emici	RF	Depolama süresi				
			1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
0	Var	Var	1,79±0,04	3,55±0,05	3,03±0,00	4,13±0,15	5,43±0,22
		Yok	1,34±0,05	2,48±0,24	2,89±0,12	2,71±0,14	2,54±0,06
	Yok	Var	1,84±0,05	2,09±0,04	2,72±0,16	3,01±0,37	4,07±0,07
		Yok	1,67±0,01	2,27±0,17	3,03±0,20	3,03±0,18	3,29±0,17
0,1	Var	Var	1,49±0,14	1,87±0,04	2,84±0,06	3,35±0,22	4,33±0,22
		Yok	1,08±0,03	1,30±0,19	2,68±0,04	2,69±0,16	2,70±0,11
	Yok	Var	1,15±0,01	2,80±0,02	3,17±0,08	3,40±0,17	3,75±0,01
		Yok	1,74±0,11	2,63±0,17	3,44±0,17	3,74±0,22	5,19±0,39
0,2	Var	Var	1,55±0,04	1,57±0,04	1,89±0,16	2,34±0,14	2,82±0,05
		Yok	1,22±0,01	1,90±0,17	2,53±0,01	2,58±0,03	2,42±0,08
	Yok	Var	1,37±0,05	2,14±0,05	2,28±0,51	2,65±0,16	3,45±0,16
		Yok	0,97±0,03	1,69±0,14	2,17±0,24	1,87±0,17	2,01±0,07

Tablo 56’da hamburger ekmeği örneklerine ait çiğnenebilirlik analiz sonuçları verilmiştir. Çiğnenebilirlik fiziksel anlamda katı bir gıda maddesini yutmaya hazır hale getirmek amacıyla parçalamak için gerekli enerji, duyuusal anlamda ise saniyede bir çiğneme olacak şekilde gıdanın çiğnenebilmesi için gerekli çiğneme sayısı ve gıdanın kıvamını çiğnemeye uygun hale getirebilmek için uygulanan sabit orandaki kuvvet olarak tanımlanır (Szczeniak 1998, Certel vd 2009b)

Tablo 56 incelendiğinde en düşük çiğnenebilirlik değeri sadece %0,2 oranında koruyucu içeren örneğin 1. gününde, en yüksek çiğnenebilirlik değeri ise kontrol örneğinde (koruyucu içermeyen, oksijen emici kullanılmayan ve radyo frekansı uygulanmayan) depolamanın 28. gününde saptanmıştır.

Tüm ekmek örneklerinde çiğnenebilirlik değerleri depolama ile birlikte genellikle artış göstermiştir.

Tablo 57. Hamburger ekmeklerinin depolama süresince çignenebilirlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	F Değeri				
		Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
Koruyucu seviyesi (K)	2	89,389**	68,936**	39,891**	58,487**	148,671**
Radyo frekansı uygulaması (R)	1	63,698**	29,169**	2,798*	22,971**	193,574**
Oksijen emici kullanımı (O)	1	3,023	8,790*	3,778	0,047	13,796**
KxR	2	33,531**	4,756*	0,659	4,444*	54,141**
KxO	2	27,548**	109,592**	5,905*	13,469**	29,260**
RxO	1	66,783**	7,275*	0,075	9,063*	102,579**
KxRxO	2	41,354**	29,534**	6,149*	23,057**	83,218**

*p<0,05 **p<0,01 SD: Serbest değişken VK: Varyasyon kaynağı, n=3

Tablo 57 incelendiğinde depolama süresince koruyucu seviyesi ve radyo frekansı uygulaması ekmeklerin çignenebilirlik değerleri üzerine önemli düzeyde etkili bulunurken, oksijen emici kullanımının etkisi sadece 7. ve 28. günde önemli bulunmuştur (p<0,05).

İkili interaksiyonlar incelendiğinde koruyucu seviyesi X oksijen emici interaksiyonu depolama süresince ekmeklerin çignenebilirlik değerleri üzerine etkisi anlamlı bulunurken, radyo frekansı uygulaması X oksijen emici kullanımı ve koruyucu seviyesi X radyo frekansı uygulaması interaksiyonu ise depolamanın 14.gün dışında ekmeklerin çignenebilirlik değerleri üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur (p<0,05).

Üçlü interaksiyon olan koruyucu seviyesi X oksijen emici kullanımı X radyo frekansı uygulaması depolama süresince ekmeklerin çignenebilirlik değerleri üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur (p<0,05).

Tablo 58. Hamburger ekmeklerinde koruyucu seviyesi değişkenine ait çignenebilirlik ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Koruyucu (%)	n	Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
0	8	1,66±0,21aC	2,60±0,62aB	2,92±0,17aB	3,22±0,60aAB	3,83±1,15aA
0,1	8	1,36±0,29bD	2,15±0,65abC	3,03±0,32aB	3,30±0,43aB	3,99±0,98aA
0,2	8	1,27±0,23bD	1,83±0,25bC	2,22±0,33bB	2,36±0,34bAB	2,67±0,57bA

* Aynı satırda aynı harfle (A-B) gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p >0,05) . Aynı sütunda aynı harfle (a-c) gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p >0,05).

Koruyucu kullanımının ekmeklerin çignenebilirlik değerleri üzerine etkisi incelendiğinde koruyucu seviyesi arttıkça çignenebilirlik değerlerinin azaldığı saptanmıştır.

Depolamadan bağımsız olarak koruyucu seviyesine göre ortalama çiğnenebilirlik değerleri %0 için 2,85 %0,1 için 2,77 ve %0,2 için ise 2,07 dir.

Tablo 58’de çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre farklı seviyelerde koruyucu kullanılan (%0, 0,1 ve 0,2) tüm örneklerde çiğnenebilirlik değerlerinde depolamayla birlikte artış meydana gelmiştir ve bu artışlar istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).

En yüksek çiğnenebilirlik değeri 28. günde %0,1 oranında koruyucu kullanılan örnekte 3,99 olarak tespit edilirken, en düşük çiğnenebilirlik değeri ise %0,2 oranında koruyucu kullanılan örneğin 1. gününde 2,77 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 59. Hamburger ekmeklerinde oksijen emici değişkenine ait çiğnenebilirlik ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Oksijen emici	n	Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
Var	12	1,41±0,25D	2,11±0,78C	2,64±0,39BC	2,97±0,64AB	3,37±1,17A
Yok	12	1,45±0,34D	2,27±0,39C	2,80±0,52B	2,95±0,64B	3,63±1,00A

*Aynı satırda (A-D) aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p > 0,05$).

Oksijen emici kullanılan ve kullanılmayan örneklerde depolama periyodu boyunca çiğnenebilirlik değerleri 1,41-3,63 arasında değişiklik göstermektedir. En yüksek çiğnenebilirlik değeri depolamanın 28. gününde oksijen emici kullanılmayan örneklerde, en düşük çiğnenebilirlik değeri ise depolamanın 1. gününde oksijen emici kullanılan örneklerde tespit edilmiştir.

Gruplar depolama süresince çiğnenebilirlik değerlerine karşılık incelendiğinde oksijen emici kullanılan ve kullanılmayan örneklerde depolama süresince artış tespit edilmiştir ($p < 0,05$).

Oksijen emici kullanılan örneklere ait ortalama çiğnenebilirlik değeri 2,50 iken kullanılmayan örneklere ait çiğnenebilirlik değeri ise 2,62 dir. Oksijen emici değişkeninin ekmeklerin depolama süresince çiğnenebilirlik değeri üzerine etkisi bağımsız t testi ile incelendiğinde gruplar arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$). Benzer şekilde Salminen *et al.* (1996) etanol yayıcı ve oksijen emici kullanarak ambalajladığı çavdar ekmeğinde oksijen emicinin tekstürel değişimler üzerine etkisinin olmadığını bildirmiştir.

Tablo 60. Hamburger ekmeklerinde radyo frekansı değişkenine ait çiğnenebilirlik ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Radyo frekansı	n	Depolama süresi				
		1.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün
Var	12	1,53±0,25D	2,34±0,69C	2,65±0,49BC	3,15±0,62B	3,97±0,85A
Yok	12	1,33±0,30C	2,05±0,50B	2,79±0,43A	2,77±0,59A	3,02±1,10A

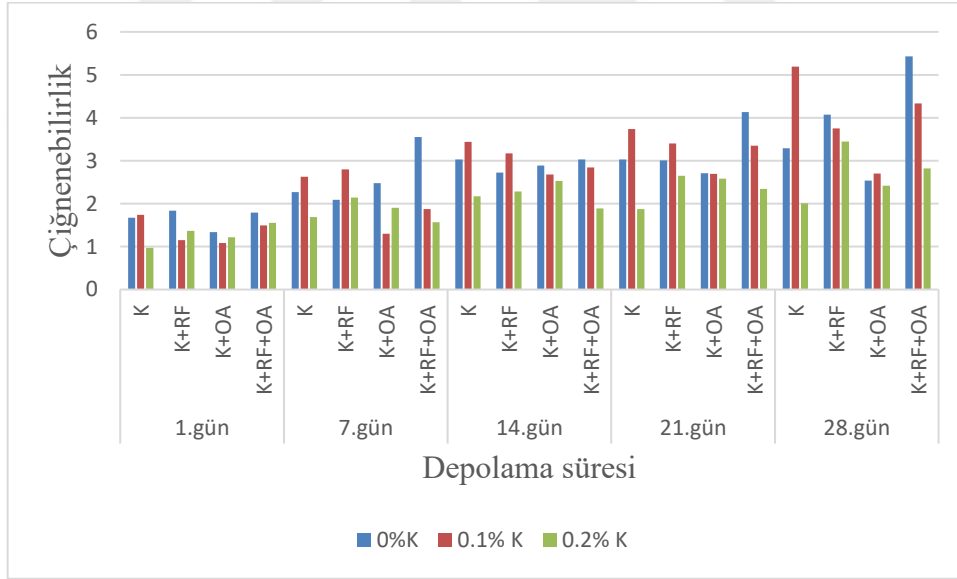
*Aynı satırda (A-D) aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p > 0,05$).

Radyo frekansını uygulanan ve uygulanmayan örneklerde depolama periyodu boyunca çığnenebilirlik değerleri 1,33-3,97 arasında değişiklik göstermektedir. En yüksek çığnenebilirlik değeri depolamanın 28. gününde radyo frekansını uygulanan örneklerde, en düşük çığnenebilirlik değeri ise depolamanın 1. gününde radyo frekansını uygulanmayan örneklerde tespit edilmiştir.

Gruplar depolama süresince çığnenebilirlik değerlerine karşılık incelendiğinde radyo frekansını uygulanan ve uygulanmayan örneklerde depolama süresince artış tespit edilmiştir.

Radyo frekansını uygulanan örneklere ait ortalama çığnenebilirlik değeri 2,73 iken uygulanmayan örneklere ait çığnenebilirlik değeri 2,39 dur. Radyo frekansını değişkeninin etkilerinin depolama süresince çığnenebilirlik değeri üzerine etkisi bağımsız t testi ile incelendiğinde gruplar arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$).

Oksijen emici ve radyo frekansını uygulamasının birlikte kullanımı ile elde edilen çığnenebilirlik değerleri koruyucu ilave edilmeyen örnekte 3,59, %0,1 oranında ilave edilen örnekte 2,78 ve %0,2 oranında ilave edilen örnekte ise 2,03 olarak tespit edilmiş olup ortalama 2,80 dir.



Şekil 21. Koruyucu seviyesi (K) X radyo frekansını (RF) X oksijen emici (OA) X depolama süresi etkisinin çığnenebilirlik değeri üzerine etkisi

Koruyucu seviyesi ile çığnenebilirlik değeri arasındaki ilişki incelendiğinde genellikle koruyucu ilave edilmeyen örneklerde en yüksek değer saptanmıştır. Depolama süresince çığnenebilirlik değerlerinde artış görülmüştür. En yüksek çığnenebilirlik değeri 28. gün koruyucu ilave edilmeyen ve radyo frekansını uygulanan ve oksijen emici kullanılan örnekte iken en düşük çığnenebilirlik değeri ise 1. gün de %0,2 oranında koruyucu ilave edilen örnekte bulunmuştur (Şekil 21.).

Duyusal Analizler

Hamburger ekmeği örneklerinde duyuşal olarak renk görünüş, koku, yumuşaklık, ufalanma, yabancı madde ve genel kabul edilebilirlik değerleri incelenmiş olup yabancı madde depolama süresince örneklerin hiçbirinde saptanmamış olmasından dolayı bu özelliğe tablolarda yer verilmemiştir.

Tablo 61. Hamburger ekmeği örneklerinin duyuşal analiz (renk görünüş, koku, yumuşaklık, ufalanma, genel kabul edilebilirlik) değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	F Değeri				
		Renk- Görünüş	Koku	Yumuşaklık	Ufalanma	Genel Kabul edilebilirlik
Koruyucu seviyesi (K)	2	158,059**	951,408**	554,098**	66,334**	100,202**
Radyo frekansı uygulaması (R)	1	1264,0**	788,344**	2,882	105,151**	829,758**
Oksijen emici kullanımı (O)	1	928,761**	1443,0**	109,909**	172,766**	1087,0**
Depolama (S)	4	1047,0**	788,344**	1504,0**	480,184**	845,164**
KxR	2	76,911**	107,388**	10,885**	3,079*	1,638
KxO	2	182,608**	0,909	5,542**	11,081**	27,150**
KxS	8	23,532**	164,813**	188,931**	28,794**	79,242**
RxO	1	800,819**	7,577**	4,727*	1,935	205,678**
RxS	4	230,627**	180,581**	62,572**	46,065**	137,470**
OxS	4	243,066**	194,468**	30,055**	25,365**	210,525**
KxRxO	2	225,847**	16,707**	15,801**	13,616**	2,344
KxRxS	8	31,891**	43,870**	17,834**	22,766**	31,059**
KxOxS	8	53,757**	29,865**	19,465**	24,974**	28,371**
RxOxS	4	144,760**	165,649**	78,604**	62,765**	35,191**
KxRxOxS	8	59,483**	48,246**	21,823**	3,473**	7,537**

*p<0,05 **p<0,01 SD: Serbest değişken VK: Varyasyon kaynağı, n=3

Hamburger ekmeklerinin duyuşal özelliklerine ait değerler incelendiğinde, radyo frekansı uygulamasının yumuşaklık değerleri üzerine etkisi dışındaki diğer tüm faktörlerin duyuşal özellikler üzerine etkisi önemli bulunmuştur.

İkili interaksiyonlar incelendiğinde, koruyucu seviyesi X radyo frekansı uygulaması genel kabul edilebilirlik üzerindeki etkisi, koruyucu seviyesi X oksijen emici kullanımının koku üzerindeki etkisi, radyo frekansı uygulaması X oksijen emici kullanımının ufalanma üzerine etkisi istatistik olarak anlamlı bulunmazken diğer tüm ikili interaksiyonlar duyuşal değerler üzerine etkisi önemli bulunmuştur (p<0,05).

Üçlü interaksiyonlar incelendiğinde sadece koruyucu seviyesi X radyo frekansı uygulaması X oksijen emici kullanımı interaksiyonunun genel kabul edilebilirlik üzerindeki etkisi önemli bulunmamıştır (p>0,05).

Koruyucu seviyesi X radyo frekansı uygulaması X oksijen emici kullanımı X depolama interaksiyonunun duysal özellikler üzerine etkisi çok önemli bulunmuştur ($p<0,01$).

Tablo 62’de Koruyucu, radyo frekansı, oksijen emici ve bunların kombinasyonu ile elde edilen ekmeklere ait 1. gün renk görünüş, koku, yumuşaklık, ufalanma ve genel kabul edilebilirlik değerleri ortalama sonuçları verilmiştir.

Tablo 62. Hamburger ekmeğiörneklerine ait 1. gün renk görünüş, koku, yumuşaklık, ufalanma ve genel kabul edilebilirlik değerleri ortalamaları

Koruyucu (%)	Oksijen emici	RF	Renk-Görünüş	Koku	Yumuşaklık	Ufalanma	Genel Kabul edilebilirlik
0	Var	Var	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0
		Yok	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0
	Yok	Var	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0
		Yok	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0
0,1	Var	Var	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0
		Yok	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0
	Yok	Var	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0
		Yok	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0
0,2	Var	Var	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0
		Yok	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0
	Yok	Var	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0
		Yok	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0	5,0±0,0

1. güne ait tüm duysal parametreler incelendiğinde tüm örneklerin mükemmel olan 5,0 puanını aldığı görülmektedir. Tüm örnekler kontrol örneğiyle benzer özellikler sergilemekte olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 63’te koruyucu, radyo frekansı, oksijen emici ve bunların kombinasyonu ile elde edilen ekmeklere ait 7.gün renk görünüş, koku, yumuşaklık, ufalanma ve genel kabul edilebilirlik değerleri ortalama sonuçları verilmiştir.

Tablo 63. Hamburger ekmeği örneklerine ait 7. gün renk görünüş, koku, yumuşaklık, ufalanma ve genel kabul edilebilirlik değerleri ortalamaları

Koruyucu (%)	Oksijen emici	RF	Renk-Görünüş	Koku	Yumuşaklık	Ufalanma	Genel edilebilirlik	Kabul
0	Var	Var	5,0±0,0	3,0±0,3	2,9±0,3	4,0±0,4	3,9±0,3	
		Yok	5,0±0,0	4,0±0,2	3,9±0,3	3,9±0,4	4,0±0,3	
	Yok	Var	5,0±0,0	4,2±0,3	3,0±0,5	3,9±0,3	5,0±0,0	
		Yok	3,0±0,3	2,9±0,5	2,9±0,2	3,9±0,4	5,0±0,0	
0,1	Var	Var	5,0±0,0	4,0±0,2	3,2±0,3	4,0±0,3	4,0±0,4	
		Yok	5,0±0,0	5,0±0,0	4,0±0,2	3,3±0,4	4,0±0,4	
	Yok	Var	5,0±0,0	4,5±0,5	3,6±0,3	3,7±0,4	3,6±0,4	
		Yok	5,0±0,0	3,6±0,2	2,9±0,3	3,3±0,3	3,0±0,4	
0,2	Var	Var	5,0±0,0	4,0±0,3	3,7±0,4	3,3±0,4	5,0±0,0	
		Yok	5,0±0,0	5,0±0,0	4,1±0,5	4,0±0,3	5,0±0,0	
	Yok	Var	5,0±0,0	5,0±0,0	4,0±0,5	3,3±0,3	5,0±0,0	
		Yok	5,0±0,0	4,6±0,4	4,3±0,3	4,0±0,4	5,0±0,0	

7. güne ait renk ve görünüş değerleri incelendiğinde koruyucu içermeyen oksijen emici kullanılmayan ve radyo frekansı uygulanmayan örnek hariç diğer tüm hamburger ekmeği örnekleri en yüksek değer olan 5,0 ile “çok iyi” olarak değerlendirilmiştir.

7. güne ait koku değerleri incelendiğinde en yüksek değer 5,0 ile %0,1 ve %0,2 oranında koruyucu içeren, oksijen emici kullanılan ve radyo frekansı uygulanmayan ekmekte ve %0,2 oranında koruyucu içeren, oksijen emici kullanılmayan ve radyo frekansı uygulanmayan örnekte tespit edilirken; en düşük değer 2,9 ile koruyucu içermeyen oksijen emici kullanılmayan ve radyo frekansı uygulanmayan örnekte tespit edilmiştir.

7. güne ait yumuşaklık değerleri incelendiğinde en yüksek değer 4,3 ile %0,2 oranında koruyucu içeren, oksijen emici kullanılmayan ve radyo frekansı uygulanmayan ekmek örneğinde tespit edilirken; en düşük değer 2,9 ile koruyucu içermeyen oksijen emici kullanılan ve radyo frekansı uygulanan örnekte, oksijen emici kullanılmayan ve radyo frekansı uygulanmayan koruyucu kullanılmayan ve %0,1 oranında koruyucu kullanılan örneklerde tespit edilmiştir.

7. güne ait ufalanma değerleri incelendiğinde en yüksek değer 4,0 ile % 0,2 oranında koruyucu içeren radyo frekansı uygulanmayan oksijen emici kullanılan ve kullanılmayan örneklerde ve koruyucusuz ve %0,1 oranında koruyucu kullanılan ekmeklerde oksijen emici kullanılan ve radyo frekansı uygulananlarda tespit edilirken; en düşük değer ise 3,3 ile %0,1 oranında koruyucu kullanılan radyo frekansı uygulanmayan oksijen emici kullanılan ve

kullanılmayan ekmeklerde ve %0,2 oranında koruyucu kullanılan radyo frekansı uygulanan oksijen emici kullanılan ve kullanılmayan ekmeklerde tespit edilmiştir.

7. güne ait genel kabul edilebilirlik değerleri incelendiğinde en yüksek değer 5,0 ile % 0,2 oranında koruyucu içeren tüm örnekler ve koruyucu kullanılmayan radyo frekansı uygulanmayıp oksijen emici kullanılan ve kullanılmayan örneklerde tespit edilirken; en düşük değer ise 3,0 ile %0,1 oranında koruyucu kullanılan radyo frekansı uygulanmayan ve oksijen emici kullanılmayan ekmeklerde tespit edilmiştir.

Tablo 64. Koruyucu değişkeninin depolamanın 7. gününde ekmeklerin duyuşal özelliklerine ait ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Koruyucu %	n	Renk görünüş	Koku	Yumuşaklık	Ufalanma	Genel kabul edilebilirlik
0	40	4,50±0,89b	3,55±0,69c	3,21±0,55c	3,96±0,36a	4,48±0,56b
0,1	40	5,00±0,00a	3,98±0,71b	3,46±0,50b	3,57±0,47b	3,66±0,57c
0,2	40	5,00±0,00a	4,65±0,48a	4,02±0,49a	3,66±0,52b	5,00±0,00a

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p > 0,05).

Depolamanın 7. gününde koruyucu değişkenine ait ortalama değerler incelendiğinde duyuşal özelliklerin tamamına etkisinin anlamlı bulunmuştur (p < 0,05). Tablo 64'e göre %0,2 oranında koruyucu içeren ekmeklerin duyuşal özellikleri daha yüksek puan almıştır.

Tablo 65. Oksijen emici değişkeninin depolamanın 7. gününde ekmeklerin duyuşal özelliklerine ait ortalama değerleri

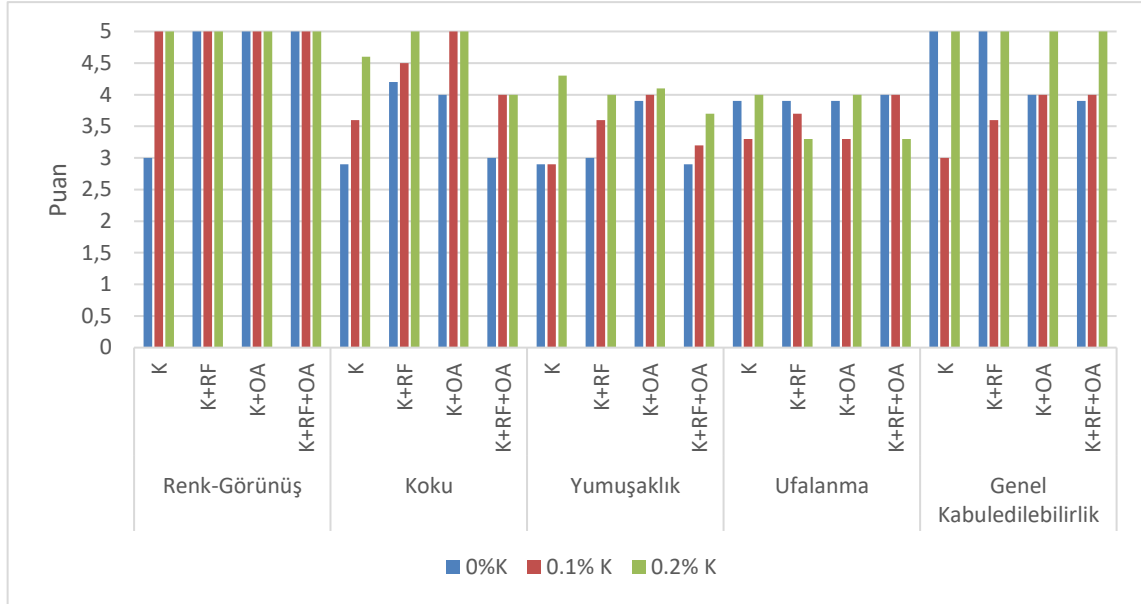
Oksijen emici	n	Renk görünüş	Koku	Yumuşaklık	Ufalanma	Genel kabul edilebilirlik
Var	60	5,00±0,00	4,17±0,73	3,66±0,55	3,76±0,50	4,32±0,56
Yok	60	4,67±0,76	3,95±0,81	3,48±0,67	3,70±0,47	4,44±0,85

Depolamanın 7. gününde oksijen emici değişkenine ait ortalama değerler bağımsız t-testi ile incelendiğinde oksijen emici değişkeninin duyuşal özelliklerden sadece renk-görünüş değeri üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur (p < 0,05). Cullen and Vaylen (1994) oksijen emici kullanımının örneklerin duyuşal özellikleri üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığını bildirmiştir.

Tablo 66. Radyo frekansı değişkeninin depolamanın 7. gününde ekmeklerin duyuşal özelliklerine ait ortalama değerleri

Radyo frekansı	n	Renk görünüş	Koku	Yumuşaklık	Ufalanma	Genel kabul edilebilirlik
Var	60	5,00±0,00	3,98±0,66	3,43±0,56	3,71±0,47	4,43±0,63
Yok	60	4,67±0,76	4,14±0,87	3,71±0,64	3,76±0,50	4,33±0,80

Depolamanın 7. gününde radyo frekansı değişkenine ait ortalama değerler bağımsız t-testi ile incelendiğinde radyo frekansı değişkeninin duyuşal özelliklerden renk-görünüş ve yumuşaklık değerleri üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Radyo frekansı uygulanmayan ekmekler daha yumuşak bulunmuştur.



Şekil 22. Koruyucu seviyesi (K) X Radyo Frekansı (RF) X Oksijen Emici (OA) X Depolama süresi interaksiyonunun depolamanın 7. gününde duyuşal özellikler üzerine etkisi

Depolamanın 7. gününde koruyucu ilave edilmeyen örnek hariç diğer tüm örnekler renk-görünüş açısından çok iyi durumda bulunmuştur. Koku değerleri incelendiğinde en yüksek değerler %0,2 oranında koruyucu ilave edilmiş ve radyo frekansı uygulanmış örnek ile %0,2 oranında koruyucu ilave edilmiş ve oksijen emici kullanılmış örnekte bulunmuştur. Yumuşaklık değeri oranında %0,2 oranında koruyucu içeren örnek en yüksek değere sahipken en düşük değer %0,1 oranında koruyucu içeren ve koruyucu içermeyen örnekte saptanmıştır. Oksijen emici kullanılan örneklerin daha yüksek yumuşaklık değerine sahip olduğu görülmüştür. Ufalanma değerlerinde tüm örnekler 3 puanın üzerinde bulunmuştur. Genel kabul edilebilirlik değerlerinde %0,1 oranında koruyucu ilave edilen örneklerin genellikle daha düşük, Radyo frekansı uygulanan örneklerin ise daha yüksek puana sahip olduğu görülmüştür (Şekil 22.).

Tablo 67’de Koruyucu, radyo frekansı, oksijen emici ve bunların kombinasyonu ile elde edilen ekmeklere ait 14. gün renk görünüş, koku, yumuşaklık, ufalanma ve genel kabul edilebilirlik değerleri ortalama sonuçları verilmiştir.

Tablo 67. Hamburger ekmekleri örneklerine ait 14. gün renk görünüş, koku, yumuşaklık, ufalanma ve genel kabul edilebilirlik değerleri ortalamaları

Koruyucu (%)	Oksijen emici	RF	Renk-Görünüş	Koku	Yumuşaklık	Ufalanma	Genel Kabul edilebilirlik
0	Var	Var	5,0±0,0	3,3±0,3	3,6±0,4	4,0±4,4	3,7±0,2
		Yok	5,0±0,0	2,2±0,3	3,0±0,1	4,3±0,5	3,6±0,5
	Yok	Var	5,0±0,0	2,3±0,4	3,0±0,1	4,3±0,5	2,9±0,3
		Yok	2,5±0,3	1,0±0,0	3,7±0,2	2,0±0,3	1,0±0,0
0,1	Var	Var	5,0±0,0	4,2±0,3	3,7±0,2	3,6±0,5	4,7±0,2
		Yok	5,0±0,0	4,0±0,5	4,0±0,5	3,3±0,4	4,3±0,3
	Yok	Var	5,0±0,0	4,1±0,4	3,0±0,2	4,6±0,4	4,6±0,4
		Yok	4,3±0,4	4,0±0,2	3,6±0,2	2,0±0,2	2,0±0,3
0,2	Var	Var	5,0±0,0	5,0±0,0	3,2±0,3	3,0±0,5	4,2±0,4
		Yok	4,3±0,4	3,0±0,3	4,0±0,2	3,0±0,4	3,9±0,5
	Yok	Var	5,0±0,0	3,3±0,4	3,3±0,3	3,0±0,6	3,7±0,5
		Yok	5,0±0,0	1,7±0,3	5,0±0,0	2,0±0,5	2,3±0,4

14. güne ait renk ve görünüş değerleri incelendiğinde koruyucu içermeyen oksijen emici kullanılmayan ve radyo frekansı uygulanmayan örnek, %0,1 oranında koruyucu içeren oksijen emici kullanılmayan ve radyo frekansı uygulanmayan örnek ve %0,2 oranında koruyucu içeren oksijen emici kullanılan ve radyo frekansı uygulanmayan örnek hariç diğer tüm hamburger ekmeği örnekleri en yüksek değer olan 5,0 ile “çok iyi” olarak değerlendirilmiştir.

14. güne ait koku değerleri incelendiğinde en yüksek değer 5,0 ile %0,2 oranında koruyucu içeren, oksijen emici kullanılan ve radyo frekansı uygulanan ekmekte tespit edilirken; en düşük değer 1,0 ile koruyucu içermeyen oksijen emici kullanılmayan ve radyo frekansı uygulanmayan örnekte tespit edilmiştir.

14. güne ait yumuşaklık değerleri incelendiğinde en yüksek değer 5,0 ile %0,2 oranında koruyucu içeren, oksijen emici kullanılmayan ve radyo frekansı uygulanmayan ekmek örneğinde tespit edilirken; en düşük değer 3,0 ile koruyucu içermeyen oksijen emici kullanılan ve radyo frekansı uygulanmayan örnekte, koruyucu içermeyen oksijen emici kullanılmayan ve radyo frekansı uygulanan örnekte ve %0,1 oranında koruyucu kullanılan oksijen emici kullanılmayan ve radyo frekansı uygulanan örnekte tespit edilmiştir.

14. güne ait ufalanma değerleri incelendiğinde en yüksek değer 4,6 ile %0,1 oranında koruyucu içeren oksijen emici kullanılmayan ve radyo frekansı uygulanan örnekte tespit edilirken; en düşük değer ise 2,0 ile koruyucu kullanılmayan, %0,1 ve %0,2 oranında koruyucu kullanılan ekmeklerin oksijen emici kullanılmayan ve radyo frekansı uygulanmayanlarında tespit edilmiştir.

14. güne ait genel kabul edilebilirlik değerleri incelendiğinde en yüksek değer 4,7 ile % 0,1 oranında koruyucu içeren oksijen emici kullanılan ve radyo frekansı uygulanan ekmekte tespit edilirken; en düşük değer ise 1,0 ile koruyucu kullanılmayan radyo frekansı uygulanmayan ve oksijen emici kullanılmayan ekmekte tespit edilmiştir.

Tablo 68. Koruyucu değişkeninin depolamanın 14. gününde ekmeklerin duyuşal özelliklerine ait ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Koruyucu (%)	n	Renk görünüş	Koku	Yumuşaklık	Ufalanma	Genel kabul edilebilirlik
0	40	4,37±1,11b	2,21±0,88c	3,36±0,41c	3,65±1,06a	2,82±1,15c
0,1	40	4,83±0,37a	3,87±0,50a	3,58±0,48b	3,41±1,03b	3,92±1,18a
0,2	40	4,82±0,37a	3,26±1,21b	3,89±0,76a	2,76±0,66c	3,56±0,86b

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p>0,05).

Depolamanın 14.gününde koruyucu değişkenine ait ortalama değerler incelendiğinde duyuşal özelliklerin tamamına etkisi anlamlı bulunmuştur (p<0,05). Tablo 68'e göre %0,1 oranında koruyucu içeren ekmeklerin genel kabul edilebilirlik değerleri daha yüksek puan almıştır.

Tablo 69. Oksijen emici değişkeninin depolamanın 14. gününde ekmeklerin duyuşal özelliklerine ait ortalama değerleri

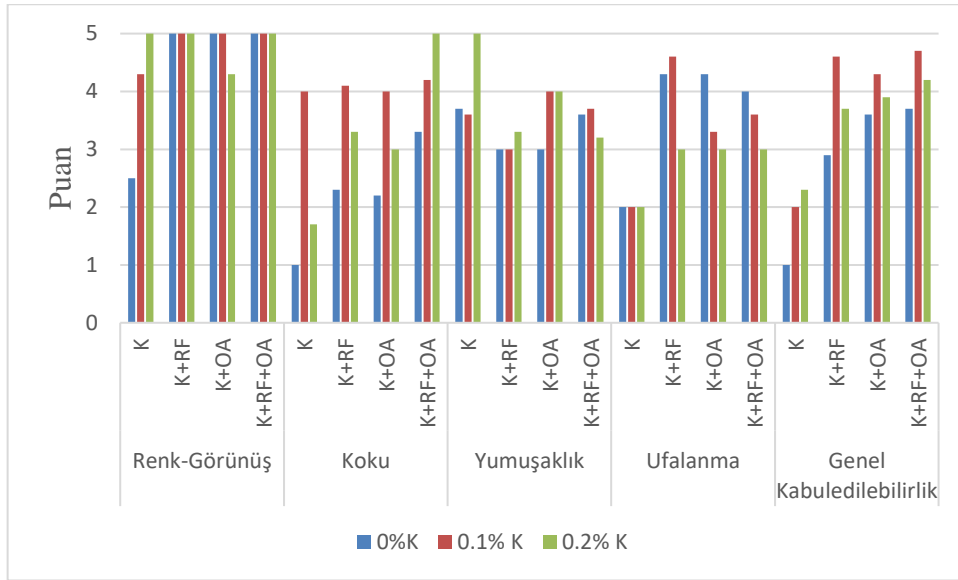
Oksijen emici	n	Renk görünüş	Koku	Yumuşaklık	Ufalanma	Genel kabul edilebilirlik
Var	60	4,88±0,31	3,63±0,96	3,61±0,48	3,56±0,64	4,10±0,53
Yok	60	4,47±0,95	2,60±1,07	3,62±0,71	2,99±1,20	2,77±1,24

Depolamanın 14. gününde oksijen emici değişkenine ait ortalama değerler bağımsız t-testi ile incelendiğinde oksijen emici değişkeninin duyuşal özelliklerden yumuşaklık değeri dışında tamamı üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur(p<0,05). Oksijen emici kullanımı genel kabul edilebilirliği arttırmıştır.

Tablo 70. Radyo frekansı değişkeninin depolamanın 14. gününde ekmeklerin duyuşal özelliklerine ait ortalama değerleri

Radyo frekansı	n	Renk görünüş	Koku	Yumuşaklık	Ufalanma	Genel kabul edilebilirlik
Var	60	5,00±0,00	3,69±0,92	3,32±0,40	3,77±0,77	3,99±0,71
Yok	60	4,68±0,73	2,54±1,05	3,90±0,64	2,77±0,96	2,88±1,26

Depolamanın 14. gününde radyo frekansı uygulamasına ait ortalama değerler bağımsız t-testi ile incelendiğinde radyo frekansı değişkeninin duyuşal özelliklerin tamamı üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur (p<0,05). Radyo frekansı uygulaması genel kabul edilebilirlik üzerine olumlu etki göstermiştir.



Şekil 23. Koruyucu seviyesi (K) X Radyo Frekansı (RF) X Oksijen Emici (OA) X Depolama süresi interaksiyonunun depolamanın 14. gününde duyuşal özellikler üzerine etkisi

Depolamanın 14. gününde koruyucu ilave edilmeyen örnek hariç diğer tüm örnekler renk-görünüş açısından 4 üzerinde puan almıştır. Koku değerleri incelendiğinde en düşük puanı koruyucu ilave edilmemiş örnekte, en yüksek puanı ise %0,2 oranında koruyucu içeren radyo frekansı uygulanan ve oksijen emici kullanılan örnek almıştır. Yumuşaklık değeri açısından %0,2 oranında koruyucu içeren örnek en yüksek puanı almıştır. Gruplar arasında en düşük puanlar radyo frekansı uygulanmış örneklerde dir. Ufalanma değerleri incelendiğinde koruyucu ilave edilen ve edilmeyen örneklerin puanı en düşüktür. Radyo frekansı uygulanan örnekler diğer gruplara göre daha yüksek puan almıştır. Genel kabul edilebilirlik açısından %0,1 oranında koruyucu ilave edilen örnekler genellikle daha yüksek puan almıştır. Radyo frekansı ve oksijen emici interaksiyonunun diğer işlemlere göre daha yüksek puana sahip olduğu görülmüştür (Şekil 23.).

Tablo 71’de koruyucu, radyo frekansı, oksijen emici ve bunların kombinasyonu ile elde edilen ekmeklere ait 21. gün renk görünüş, koku, yumuşaklık, ufalanma ve genel kabul edilebilirlik değerleri ortalama sonuçları verilmiştir.

Tablo 71. Hamburger ekmekleri örneklerine ait 21. gün renk görünüş, koku, yumuşaklık, ufalanma ve genel kabul edilebilirlik değerleri ortalamaları

Koruyucu (%)	Oksijen emici	RF	Renk-Görünüş	Koku	Yumuşaklık	Ufalanma	Genel Kabul edilebilirlik
0	Var	Var	4,6±0,5	4,0±0,3	1,0±0,0	4,0±0,1	3,6±0,3
		Yok	5,0±0,0	3,0±0,2	1,0±0,0	4,0±0,4	3,7±0,5
	Yok	Var	5,0±0,0	3,0±0,2	1,0±0,0	4,0±0,4	3,0±0,4
		Yok	2,3±0,9	1,0±0,0	1,0±0,0	4,0±0,6	1,0±0,0
0,1	Var	Var	5,0±0,0	5,0±0,0	3,7±0,3	3,9±0,8	5,0±0,0
		Yok	4,3±0,5	4,0±0,5	3,7±0,3	3,0±0,5	3,9±0,5
	Yok	Var	5,0±0,0	4,5±0,6	3,6±0,3	3,0±0,5	3,9±0,5
		Yok	4,3±0,5	4,0±0,2	3,0±0,2	3,0±0,4	2,3±0,4
0,2	Var	Var	5,0±0,0	4,0±0,0	3,3±0,2	4,7±0,3	4,2±0,5
		Yok	5,0±0,0	3,3±0,2	4,0±0,4	2,7±0,5	3,9±0,4
	Yok	Var	5,0±0,0	2,9±0,3	4,0±0,2	2,3±0,3	2,9±0,4
		Yok	5,0±0,0	1,9±0,3	1,9±0,3	1,6±0,4	1,5±0,6

21. güne ait renk ve görünüş değerleri incelendiğinde en düşük değere 2,3 ile koruyucu içermeyen oksijen emici kullanılmayan ve radyo frekansı uygulanmayan örnekte tespit edilirken, diğer örnekler iyi olarak değerlendirilmiştir.

21. güne ait koku değerleri incelendiğinde en yüksek değer 5,0 ile %0,1 oranında koruyucu içeren, oksijen emici kullanılan ve radyo frekansı uygulanan ekmekte tespit edilirken; en düşük değer 1,0 ile koruyucu içermeyen oksijen emici kullanılmayan ve radyo frekansı uygulanmayan örnekte tespit edilmiştir.

21. güne ait yumuşaklık değerleri incelendiğinde en yüksek değer 4,0 ile %0,2 oranında koruyucu içeren, oksijen emici kullanılmayan ve radyo frekansı uygulanan ekmekte ve %0,2 oranında koruyucu içeren, oksijen emici kullanılan ve radyo frekansı uygulanmayan ekmekte tespit edilirken; en düşük değer 1,0 ile koruyucu içermeyen tüm örneklerde tespit edilmiştir.

21. güne ait ufalanma değerleri incelendiğinde en yüksek değer 4,7 ile %0,2 oranında koruyucu içeren oksijen emici kullanılan ve radyo frekansı uygulanan örnekte tespit edilirken; en düşük değer ise 1,6 ile %0,2 oranında koruyucu kullanılan oksijen emici kullanılmayan ve radyo frekansı uygulanmayan ekmeklerde tespit edilmiştir.

21. güne ait genel kabul edilebilirlik değerleri incelendiğinde en yüksek değer 5,0 ile %0,1 oranında koruyucu içeren oksijen emici kullanılan ve radyo frekansı uygulanan ekmekte tespit edilirken; en düşük değer ise 1,0 ile koruyucu kullanılmayan radyo frekansı uygulanmayan ve oksijen emici kullanılmayan ekmekte tespit edilmiştir.

Tablo 72. Koruyucu değişkeninin depolamanın 21. gününde ekmeklerin duysal özelliklerine ait ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Koruyucu (%)	n	Renk görünüş	Koku	Yumuşaklık	Ufalanma	Genel kabul edilebilirlik
0	40	4,22±1,25c	2,75±1,13c	1,00±0,00c	4,04±0,43a	2,82±1,15c
0,1	40	4,65±0,48b	3,92±0,87a	3,51±0,43a	3,24±0,68b	3,81±1,03a
0,2	40	5,00±0,00a	3,05±0,78b	3,31±0,90b	2,82±1,24c	3,17±1,17b

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p > 0,05).

Depolamanın 21. gününde koruyucu değişkenine ait ortalama değerler incelendiğinde koruyucu seviyesinin duysal özelliklerin tamamı üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur (p<0,05). Tablo 72'ye göre %0,1 oranında koruyucu içeren ekmeklerin genel kabul edilebilirlik değerleri daha yüksek puan almıştır.

Tablo 73. Oksijen emici değişkeninin depolamanın 21. gününde ekmeklerin duysal özelliklerine ait ortalama değerleri

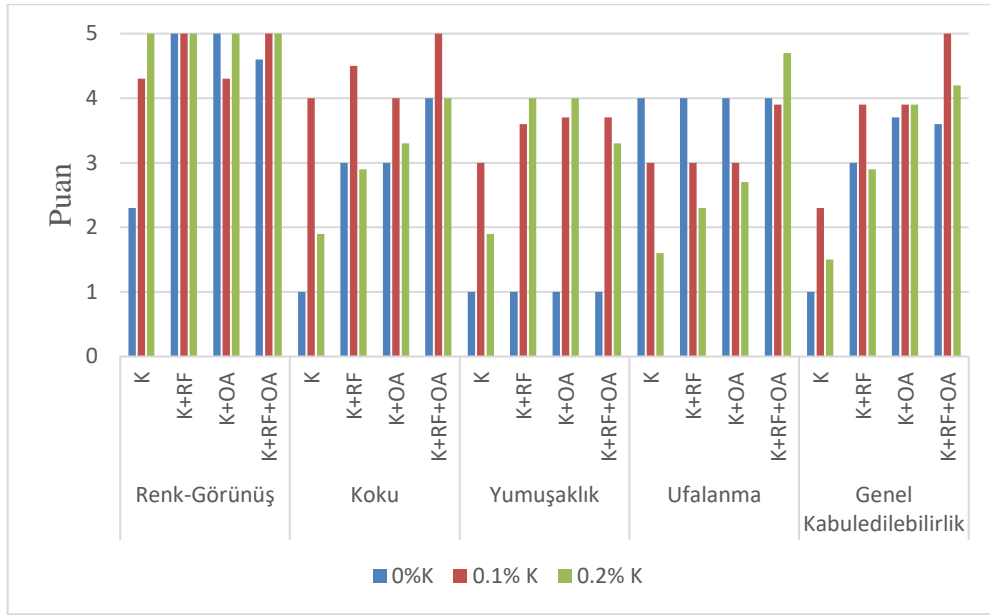
Oksijen emici	n	Renk görünüş	Koku	Yumuşaklık	Ufalanma	Genel kabul edilebilirlik
Var	60	4,82±0,39	3,88±0,69	2,78±1,31	3,74±0,83	4,07±0,61
Yok	60	4,43±1,07	2,60±0,97	2,43±1,23	2,99±0,99	2,47±1,07

Depolamanın 21. gününde oksijen emici değişkenine ait ortalama değerler bağımsız t-testi ile incelendiğinde oksijen emici değişkeninin duysal özelliklerden koku, ufalanma ve genel kabul edilebilirlik değerleri üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur (p<0,05). Oksijen emici kullanımı genel kabul edilebilirlik üzerine olumlu etki göstermiştir.

Tablo 74. Radyo frekansı değişkeninin depolamanın 21. gününde ekmeklerin duysal özelliklerine ait ortalama değerleri

Radyo frekansı	n	Renk görünüş	Koku	Yumuşaklık	Ufalanma	Genel kabul edilebilirlik
Var	60	4,93±0,25	3,82±0,73	2,77±1,30	3,67±0,91	3,79±0,81
Yok	60	4,31±1,06	2,66±1,01	2,44±1,24	3,06±0,96	2,75±1,27

Depolamanın 21. gününde radyo frekansı uygulamasına ait ortalama değerler bağımsız t-testi ile incelendiğinde radyo frekansı değişkeninin duysal özelliklerden yumuşaklık değeri hariç diğer tüm özellikler üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur (p<0,05).



Şekil 24. Koruyucu seviyesi (K) X Radyo Frekansı (RF) X Oksijen Emici (OA) X Depolama süresi etkisinin depolamanın 21. gününde duyusal özellikler üzerine etkisi

Depolamanın 21. gününde koruyucu ilave edilmeyen örnek hariç diğer tüm örnekler renk-görünüş açısından 4 üzerinde puan almıştır. Koku değerleri incelendiğinde en düşük puanı koruyucu ilave edilmemiş örnekte, en yüksek puanı ise %0,1 oranında koruyucu içeren radyo frekansı uygulanan ve oksijen emici kullanılan örnek almıştır. Yumuşaklık değeri açısından %0,2 oranında koruyucu içeren ve radyo frekansı uygulanan örnek ve %0,2 oranında koruyucu içeren ve oksijen emici kullanılan örnek en yüksek puanı almışlardır. Ufalanma değerleri incelendiğinde %0,2 oranında koruyucu ilave edilen örneğin puanı en düşüktür. Koruyucu ilave edilen, radyo frekansı uygulanan ve oksijen emici kullanılan örnekler diğer gruplara göre daha yüksek puan almıştır. Genel kabul edilebilirlik açısından %0,1 oranında koruyucu ilave edilen örnekler genellikle daha yüksek puan almıştır. Radyo frekansı ve oksijen emici etkisinin diğer işlemlere göre daha yüksek puana sahip olduğu görülmüştür (Şekil 24.).

Tablo 75’de Koruyucu, radyo frekansı, oksijen emici ve bunların kombinasyonu ile elde edilen ekmeklere ait 28. gün renk görünüş, koku, yumuşaklık, ufalanma ve genel kabul edilebilirlik değerleri ortalama sonuçları verilmiştir.

Tablo 75. Hamburger ekmekleri örneklerine ait 28. gün renk görünüş, koku, yumuşaklık, ufalanma ve genel kabul edilebilirlik değerleri ortalamaları

Koruyucu (%)	Oksijen emici	RF	Renk-Görünüş	Koku	Yumuşaklık	Ufalanma	Genel kabul edilebilirlik
0	Var	Var	4,0±0,3	4,0±0,3	2,9±0,3	3,0±0,3	4,0±0,5
		Yok	4,0±0,3	1,0±0,0	2,0±0,4	2,9±0,3	2,0±0,5
	Yok	Var	4,0±0,5	1,0±0,0	2,0±0,0	3,0±0,4	3,0±0,4
		Yok	1,0±0,0	1,0±0,0	2,0±0,4	3,0±0,4	1,0±0,0
0,1	Var	Var	5,0±0,0	5,0±0,0	4,0±0,3	3,9±0,4	4,0±0,5
		Yok	4,0±0,4	4,0±0,3	2,9±0,3	4,0±0,6	4,0±0,6
	Yok	Var	3,0±0,3	4,5±0,6	3,0±0,2	2,0±0,3	1,9±0,3
		Yok	1,0±0,0	2,0±0,4	3,0±0,0	2,9±0,4	1,0±0,0
0,2	Var	Var	4,0±0,2	5,0±0,0	3,0±0,3	3,9±0,1	5,0±0,2
		Yok	3,9±0,1	3,9±0,3	3,0±0,3	2,9±0,4	2,9±0,5
	Yok	Var	5,0±0,0	3,9±0,3	2,0±0,2	3,0±0,3	4,0±0,5
		Yok	1,0±0,0	2,0±0,4	2,0±0,2	2,9±0,4	1,0±0,0

28. güne ait renk ve görünüş değerleri incelendiğinde en düşük değere 1,0 ile koruyucu içermeyen, %0,1 ve %0,2 oranında koruyucu içeren ve başka işlem uygulanmayan örneklerde tespit edilmiştir. En yüksek değerler ise %0,1 oranında koruyucu kullanılan oksijen emici içeren ve radyo frekansı uygulanan örnekte ve %0,2 oranında koruyucu kullanılan oksijen emici içermeyen ve radyo frekansı uygulanmayan örneklerde saptanmıştır.

28. güne ait koku değerleri incelendiğinde en yüksek değer 5,0 ile %0,1 ve %0,2 oranında koruyucu içeren, oksijen emici kullanılan ve radyo frekansı uygulanan ekmekte tespit edilirken; koruyucu içermeyen ekmeklerin üçlü interaksyonu dışındaki tüm örneklerinde en düşük değer (1,0) tespit edilmiştir.

28. güne ait yumuşaklık değerleri incelendiğinde en yüksek değer 4,0 ile %0,1 oranında koruyucu içeren, oksijen emici kullanılan ve radyo frekansı uygulanan ekmekte; en düşük değer 2,0 ile koruyucu içermeyen ekmeklerin üçlü interaksyonu dışındaki tüm örneklerinde, %0,2 oranında koruyucu içeren ekmeklerin ise oksijen emici içermeyenlerinde tespit edilmiştir.

28. güne ait ufalanma değerleri incelendiğinde en yüksek değer 4,0 ile %0,1 oranında koruyucu içeren oksijen emici kullanılan ve radyo frekansı uygulanan örnekte tespit edilirken; en düşük değer ise 2,0 ile %0,1 oranında koruyucu kullanılan oksijen emici kullanılmayan ve radyo frekansı uygulanmış ekmekte tespit edilmiştir.

28. güne ait genel kabul edilebilirlik değerleri incelendiğinde en yüksek değer 5,0 ile %0,2 oranında koruyucu içeren oksijen emici kullanılan ve radyo frekansı uygulanan ekmekte

tespit edilirken; en düşük değer ise 1,0 ile oksijen emici kullanılmayan ve radyo frekansı uygulanmamış ekmeklerde tespit edilmiştir.

Tablo 76. Koruyucu değişkeninin depolamanın 28. gününde ekmeklerin duyuşal özelliklerine ait ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Koruyucu (%)	n	Renk görünüş	Koku	Yumuşaklık	Ufalanma	Genel kabul edilebilirlik
0	40	3,26±1,36b	1,75±1,32b	2,24±0,52c	2,99±0,35b	2,51±1,20c
0,1	40	3,25±1,52b	3,75±1,14a	3,24±0,51a	3,22±0,93a	2,75±1,39b
0,2	40	3,49±1,52a	3,74±1,11a	2,50±0,57b	3,21±0,54a	3,24±1,54a

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p > 0,05).

Depolamanın 28. gününde koruyucu değişkenine ait ortalama değerler incelendiğinde duyuşal özelliklerin tamamına etkisi anlamlı bulunmuştur (p<0,05). Tablo 76'ya göre %0,2 oranında koruyucu içeren ekmeklerin genel kabul edilebilirlik değerleri daha yüksek puan almıştır.

Tablo 77. Oksijen emici değişkeninin depolamanın 28. gününde ekmeklerin duyuşal özelliklerine ait ortalama değerleri

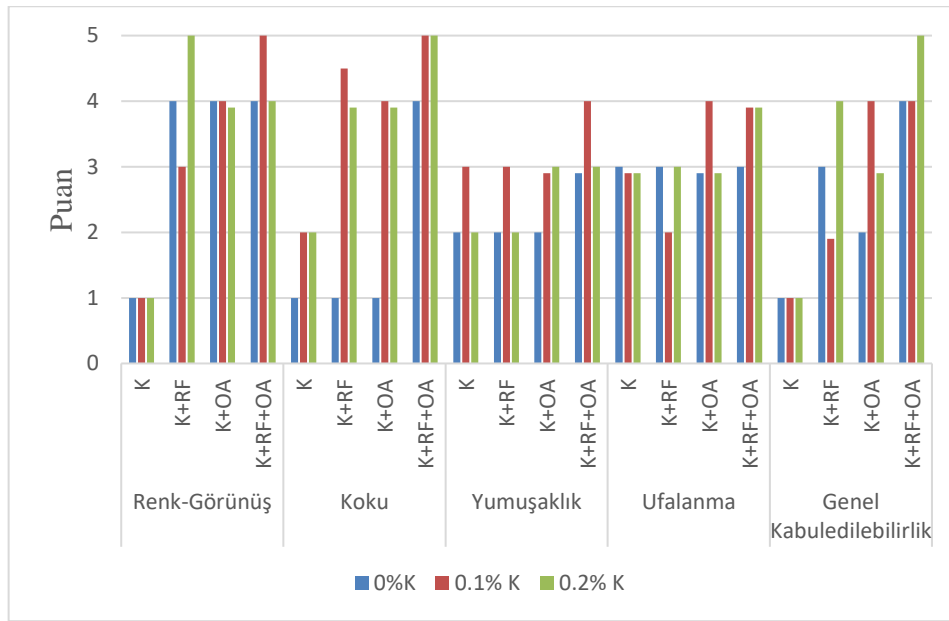
Oksijen emici	n	Renk görünüş	Koku	Yumuşaklık	Ufalanma	Genel kabul edilebilirlik
Var	60	4,17±0,46	3,82±1,37	2,98±0,66	3,47±0,62	3,67±1,06
Yok	60	2,50±1,64	2,33±1,27	2,33±0,52	2,82±0,52	2,00±1,20

Depolamanın 28. gününde oksijen emici değişkenine ait ortalama değerler bağımsız t-testi ile incelendiğinde oksijen emici değişkeninin duyuşal özelliklerin tamamı üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur (p<0,05). Oksijen emici kullanımı genel kabul edilebilirlik üzerine olumlu etki göstermiştir.

Tablo 78. Radyo frekansı değişkeninin depolamanın 28. gününde ekmeklerin duyuşal özelliklerine ait ortalama değerleri

Radyo frekansı	n	Renk görünüş	Koku	Yumuşaklık	Ufalanma	Genel kabul edilebilirlik
Var	60	4,17±0,75	3,49±1,53	2,83±0,73	3,15±0,74	3,67±1,03
Yok	60	2,50±1,53	2,67±1,40	2,49±0,58	3,13±0,56	2,00±1,23

Depolamanın 28. gününde radyo frekansı uygulamasına ait ortalama değerler bağımsız t-testi ile incelendiğinde radyo frekansı uygulamasının duyuşal özelliklerden sadece ufalanma değeri üzerine etkisi anlamlı bulunmamıştır (p>0,05).



Şekil 25. Koruyucu seviyesi (K) X Radyo Frekansı (RF) X Oksijen Emici (OA) X Depolama süresi interaksiyonunun depolamanın 28.gününde duyuusal özellikler üzerine etkisi

Depolamanın 28. gününde sadece koruyucu ilave edilen ve edilmeyen örnekler renk ve görünüş açısından çok kötü olarak değerlendirilmiştir. Diğer örnekler ise 3 puanın üzerindedir. Koku değerleri incelendiğinde en düşük puanı koruyucu ilave edilmemiş örnekler, en yüksek puanı ise genellikle %0,1 oranında koruyucu içeren örnekler almıştır. Yumuşaklık değeri açısından %0,1 oranında koruyucu içeren, radyo frekansı uygulanan ve oksijen emici kullanılan örnek en yüksek puanı almıştır. Ufalanma değerleri incelendiğinde %0,1 oranında koruyucu ilave edilen ve radyo frekansı uygulanan örneğin puanı en düşüktür. Genel kabul edilebilirlik açısından %0,2 oranında koruyucu ilave edilen, radyo frekansı uygulanan ve oksijen emici kullanılan örnek en yüksek puanı almıştır. Radyo frekansı ve oksijen emici interaksiyonu diğer işlemlere göre daha yüksek puana sahip olduğu görülmüştür (Şekil 24.).

TOPSIS Tekniği ile Üretim Sonrası Örneklerin Değerlendirilmesi

Üretim sonrası elde edilen veriler arasında en iyi alternatifi belirlemek için TOPSIS yaklaşımı kullanılmıştır.

Değerlendirme sonuçları Tablo 79'da sunulmuştur. (d_i^+ : Pozitif ideal çözüm aralığı; d_i^- : negatif çözüm aralığı; C: yatkinlik katsayısı)

Tablo 79. TOPSIS tekniği kullanılarak elde edilen değerler ve nihai sıralama

Koruyucu (%)	Oksijen emici (OA)	RF	pH	aw	Nem	Sertlik	Kohesivlik	Elastikiyet	Çiğnenebilirlik	di+	di-	C	Sıra
			0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1				
0	Var	Var	0,01515	0,0914	0,0026	0,0324	0,1551	0,0934	0,0712	0,000030	0,000004	0,126	10
		Yok	0,01515	0,0934	0,0027	0,0251	0,1582	0,0891	0,0514	0,000013	0,000012	0,471	7
	Yok	Var	0,01515	0,0914	0,0027	0,0332	0,1521	0,0955	0,0712	0,000032	0,000004	0,102	11
		Yok	0,01542	0,0934	0,0028	0,0332	0,1429	0,0913	0,0673	0,000037	0,000001	0,033	12
0,1	Var	Var	0,01488	0,0914	0,0028	0,0251	0,1642	0,0955	0,0594	0,000012	0,000013	0,523	6
		Yok	0,01515	0,0945	0,0028	0,0251	0,1369	0,0838	0,0435	0,000029	0,000011	0,267	9
	Yok	Var	0,01488	0,0945	0,0027	0,0170	0,1764	0,0998	0,0435	0,000001	0,000037	0,973	1
		Yok	0,01488	0,0934	0,0029	0,0243	0,1855	0,1008	0,0673	0,000010	0,000030	0,753	3
0,2	Var	Var	0,01488	0,0914	0,0027	0,0251	0,1642	0,0976	0,0594	0,000012	0,000013	0,537	5
		Yok	0,01488	0,0934	0,0028	0,0251	0,1460	0,0881	0,0475	0,000021	0,000009	0,315	8
	Yok	Var	0,01488	0,0945	0,0026	0,0227	0,1642	0,0966	0,0554	0,000009	0,000016	0,659	4
		Yok	0,01488	0,0934	0,0027	0,0170	0,1582	0,0955	0,0396	0,000008	0,000027	0,773	2
			mak	mak	mak	min	mak	mak	min				
		V+	0,00154	0,0189	0,0006	0,0034	0,0186	0,0101	0,0040				
		V-	0,00149	0,0183	0,0005	0,0066	0,0137	0,0084	0,0071				

Üretim sonrası en ideal örneğin belirlenmesi amacıyla TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. %0, 0,1 ve 0,2 oranında koruyucu seviyesi; RF uygulaması ve Oksijen emici kullanımları ve kombinasyonları karar noktalarını oluştururken, pH, nem, su aktivitesi (a_w), sertlik, kohesivlik, elastikiyet, çignenebilirlik değerleri ise değerlendirme faktörleri olarak belirlenmiştir ve karar matrisi oluşturulmuştur. Diğer faktörler depolamanın ilk gününde anlamlı bir farklılık oluşturmadığından dolayı değerlendirmeye dahil edilmemiştir. pH, su aktivitesi, nem, kohesivlik ve elastikiyet değerlerinin yüksek olması arzu edildiğinden bu değerler pozitif kriter, diğerleri ise negatif kriter olarak belirlenmiştir. Önce sırasıyla d_i^+ (Pozitif ideal çözüm aralığı), d_i^- (negatif çözüm aralığı) daha sonra da C değeri (Yatkınlık katsayısı) hesaplanmıştır.

En yüksek C değeri karar noktasında ideal çözüme mutlak yakınlığı vermektedir. Buna göre; depolamanın 1. gününde yatkınlık katsayısı olan C değeri 0,033-0,973 aralığında olup en yüksek değer %0,1 oranında koruyucu içeren ve radyo frekansı uygulanan örnek iken en düşük değer koruyucu kullanılmayan oksijen emici kullanılmayan ve radyo frekansı uygulanmayan örnek olmuştur. Üretim sonrasında yapılan ilk değerlendirmeye göre uygulanan tüm işlemler kontrol örneğine göre daha iyi çıkmıştır.

Kabul Kriterleri ve Değerlendirme

Araştırma bulguları değerlendirilirken duyu analizi değerlerinde genel kabul edilebilirlik 4 ve üzeri, diğer değerlerde ise 3'ün üzeri uygun olarak kabul edilmiştir. Mikrobiyolojik analiz sonuçlarında kabul kriterleri ise toplam maya ve küf sayısı için kriter 3 log kob/g ve altı, toplam aerobik koloni sayısında ise 4 log kob/g'ın altıdır. Tüm örnekler için TAMB sayısına göre, maya küf sayısına göre, duyu kabul edilebilirliğe göre ve bunlardan yola çıkılarak belirlenen raf ömürleri Tablo 80'de sunulmuştur.

Tablo 80. Örnekler için raf ömrü değerleri

Koruyucu (%)	Oksijen emici (OA)	RF	TAMB (gün)	Maya küf sayısı (gün)	Duyu kabul edilebilirlik (gün)	Raf ömrü (gün)
0	Var	Var	>28	>28	2-6	2-6
		Yok	>28	>28	8-13	8-13
	Yok	Var	15-20	15-20	8-13	8-13
		Yok	8-13	2-6	2-6	2-6
0,1	Var	Var	>28	>28	>28	>28
		Yok	>28	>28	15-20	15-20
	Yok	Var	>28	>28	15-20	15-20
		Yok	8-13	8-13	2-6	2-6
0,2	Var	Var	>28	>28	>28	>28
		Yok	>28	>28	15-20	15-20
	Yok	Var	>28	>28	8-13	8-13
		Yok	15-27	8-13	8-13	8-13

Tablo 80 incelendiğinde sadece koruyucu kullanılan kontrol örneklerinde %0, %0,1 ve %0,2 için sırasıyla raf ömürleri 2-6, 2-6 ve 8-13 gün olarak saptanmıştır. Başka bir ifadeyle, oksijen emici kullanımı, radyo frekansı uygulaması ve bunların kombinasyonunun hamburger ekmeğinin raf ömrünü uzatmada etkili olduğu ortaya çıkmaktadır. Uygulanan işlemlerden en az birinin varlığıyla bile raf ömrü dikkate değer bir şekilde artış göstermiştir.

RF işlemi ve oksijen emici kullanımının TAMB ve maya küf sayısı üzerine etkisi olumlu olmakla beraber duyuşal kabul edilebilirlik raf ömrünün azalmasına neden olmuştur. Uygulanan işlemlerde oksijen emici kullanımının maya küf sayısı üzerine etkisi aerobik koloni sayımı üzerine etkisinden daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Tablo 33 ve Tablo 38). MAP maya küf gelişiminin kısıtlanmasında bakterilere göre daha etkilidir ve başka araştırmacılarda benzer sonuçlarla karşılaşmıştır (Fernandez *et al.* 2006, Guynot *et al.* 2004, Rodriguez *et al.* 2003, Rodriguez *et al.* 2000, Lang 1997, Oraikul 1982). RF işleminin TAMB ve Maya küf sayısı üzerine etkisi ise benzerdir (Tablo 34 ve Tablo 39).

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma ile radyo frekansı, koruyucu ilavesi ve oksijen emici kullanımının ayrı ayrı veya birlikte uygulanmasının hamburger ekmeğinin kalitesi üzerindeki etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

Hamburger ekmeği örneklerine ait pH değerleri 5,47- 5,67 arasında olmakla beraber depolama boyunca değerlerde azalma meydana gelmiştir. Oksijen emici kullanımı ve radyo frekansı uygulamaları pH değerleri üzerine istatistik olarak anlamlı bir şekilde etki etmiştir ($p<0,05$).

Depolama boyunca nem değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Oksijen emici kullanımının nem değeri üzerine etkisi anlamlı bulunmazken ($p>0,05$), radyo frekansı uygulamasının 1., 14. ve 28. günlerde etkisi önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Koruyucu kullanılan örneklerde ise depolamanın 28. gününde farklı koruyucu düzeyleri ile nem değerleri arasında fark bulunamamıştır ($p>0,05$).

Bu çalışmada farklı işlemler uygulanan ekmeklerin depolanması ile sertlik ve çignenebilirlik artarken, kohesivlik değeri azalış göstermiştir. Esneklik değeri ise nispeten stabil kalmıştır. En keskin değişiklikler depolamanın 7. gününde saptanmış olup depolamanın devamında nispeten daha stabil bir artış/azalış gerçekleşmiştir.

Radyo frekansı uygulanan örneklerin sertlik değeri (6,80 N) uygulanmayan örneklere (6,18 N) göre daha yüksek bulunmuş ancak gruplar arasındaki fark sadece depolamanın 28. gününde anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Oksijen emici kullanılan örneklerin sertlik değeri (6,41 N) ise kullanılmayan örneklere (6,57 N) göre daha düşük çıkmış ancak bu farklılık istatistik olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$). Oksijen emici ve radyo frekansı uygulamasının birlikte kullanımı ile elde edilen sertlik değerleri 6,96 N dur.

Uygulanan işlemlerin sertlik üzerine etkisi $OA+RF>RF>K>OA$ olup en düşük sertlik değeri oksijen emici kullanılan örneklerde en yüksek sertlik değeri ise Oksijen emici ve radyo frekansının birlikte kullanıldığı örneklerde elde edilmiştir.

Oksijen emici kullanılan örneklere ait ortalama kohesivlik değeri 0,460 iken kullanılmayan örneklere ait kohesivlik değeri ise 0,467 dir. Radyo frekansı uygulanan örneklere ait ortalama kohesivlik değeri 0,470 iken uygulanmayan örneklere ait kohesivlik değeri ise

0,457 dir. Depolama süresince kohesivlik değeri üzerine grupların etkisi bağımsız t testi ile incelendiğinde gruplar arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$). Oksijen emici ve radyo frekansı uygulamasının birlikte kullanımı ile elde edilen kohesivlik değerleri 0,475 tir.

Oksijen emici kullanılan örneklere ait ortalama esneklik değeri 0,871 iken kullanılmayan örneklere ait esneklik değeri ise 0,883 dür. Radyo frekansı uygulanan örneklere ait ortalama esneklik değeri 0,891 iken uygulanmayan örneklere ait esneklik değeri ise 0,864 tür. Oksijen emici ve radyo frekansı uygulamasının birlikte kullanımı ile elde edilen esneklik değeri ortalama 0,887 dir. Uygulanan işlemlerin esneklik üzerine etkisi azalan sıralamayla RF>OA+RF>OA>K olup en düşük esneklik değeri koruyucu kullanılan örneklerde en yüksek esneklik değeri ise radyo frekansının uygulandığı örneklerde elde edilmiştir.

Oksijen emici kullanılan örneklere ait ortalama çignenebilirlik değeri 2,50 iken kullanılmayan örneklere ait çignenebilirlik değeri ise 2,62 dir. Radyo frekansı uygulanan örneklere ait ortalama çignenebilirlik değeri 2,73 iken uygulanmayan örneklere ait çignenebilirlik değeri 2,39 dur. Depolama süresince çignenebilirlik değeri üzerine grupların etkisi bağımsız t testi ile incelendiğinde gruplar arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$) Oksijen emici ve radyo frekansı uygulamasının birlikte kullanımı ile elde edilen çignenebilirlik değeri 2,80 dir.

Toplam maya ve küf sayısı bakımından gerek OA gerek RF gerekse de OA+RF kombinasyon uygulamalarının toplam etkisinin tek başına koruyucu kullanımının toplam etkisinden daha etkili olduğu da söylenebilir. 0-14 günler arasında koruyucu kullanılan örneklerle kullanılmayan örnek arasında TAMB bakımından anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($p<0,05$). %0,2 oranında koruyucu ilave edilen ve oksijen emici (OA) kullanılan örnekte TAMB sayısı $<1 \log \text{ kob/g}$ 'dır.

Kabul kriterleri dikkate alınarak değerler incelendiğinde en uzun raf ömrüne (>28 gün) sahip örnekler oksijen emici içeren, radyo frekansı kullanılmış örneklerin %0,1 ve %0,2 oranında koruyucu ilave edilen olmuştur. Bunu takip eden örnekler ise (15-20 gün) %0,1 oranında koruyucu ilave edilen + oksijen emici içeren, %0,1 oranında koruyucu ilave edilen + RF uygulanan, %0,2 oranında koruyucu içeren + oksijen emici kullanılan örneklerdir.

Depolamanın 28. gününde örneklerde %0,1 ve %0,2 oranında koruyucu kullanılan oksijen emici kullanılan ve radyo frekansı uygulanan iki örnek kabul edilebilir bulunmuştur. Bu örnekler birinci gün örnekleri arasında yapılan TOPSIS sonuçlarına göre sırasıyla 6. ve 5. sıradadır.1. gün C değeri en yüksek olan örnek ile 28. günde kabul edilebilir olarak belirtilen örnekler kıyaslandığında;

- pH değeri üç örnekte de aynı seviyededir.
- Maya küf sayısı ise %0,2 oranında koruyucu içeren radyo frekansı uygulanan ve oksijen emici kullanılmış örnek ile ilk gün C değeri en yüksek olan örnek ile aynı seviyededir.
- Su aktivitesi (aw) değeri, %0,1 oranında koruyucu içeren radyo frekansı uygulanan ve oksijen emici kullanılmış örnekte
- Nem (%), TAMB, sertlik, kohesivlik, elastikiyet ve çiğnenebilirlik değerleri ise %0,2 oranında koruyucu içeren radyo frekansı uygulanan ve oksijen emici kullanılmış örnekte ilk gün C değeri en yüksek olan örneğin değerlerine daha yakın olduğu saptanmıştır.

Oksijen emici kullanımı basit ve oldukça ucuz teknoloji olmasına karşın çocukların, evcil hayvanların erişmesi durumunda tehlikeye yol açabilmesi gibi bazı olumsuz durumlar söz konusu olabilmektedir. Oksijen emici kullanımının tüketiciler tarafından güvenilir olabilmesi için “yemeyiniz” gibi bir uyarıya da ambalajda muhakkak yer verilmesi gerekmektedir.

Radyo frekansı uygulaması ve oksijen emici ilavesinin beraber ve ayrı ayrı kullanımı hamburger ekmeğinin raf ömrü üzerine etkili bulunmuş olup endüstriyel olarak kullanımı mümkündür.

KAYNAKLAR

- AACC,1983. American Association of Cereal Chemists AACC Method 54-21, Farinograph Method for Flour.
- Aday, M. S., Caner, C. and Rahvalı, F., 2011. Effect of oxygen and carbon dioxide absorbers on strawberry quality. *Postharvest Biology and Technology*, 62(2), 179-187.
- Anonim, 2010. TS 5000 Ekmek standardı Türk Standartları Enstitüsü, Necatibey Cad. No:112, Bakanlıklar, Ankara.
- Anonim, 2011. Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği. Resmi Gazete,
- Anonim, 2013. Türk Gıda Kodeksi, Buğday Unu Tebliği, Resmi Gazete 28606 Tebliğ no:2013/6.
- Anonim, 2019. <https://ticaret.gov.tr/data/5c51a78e13b8762dc06a72c9/31-01-2019%20ISRAF%20RAPORU.pdf>
- Atalar, İ., 2018. İstant yoğurt tozu üretim koşullarının optimizasyonu. Doktora Tezi, Ondokuz mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Ayub, M., Wahab, S. and Durrani, Y., 2003. Effect of water activity (aw), moisture content and total microbial count on the overall quality of bread. *International Journal of Agriculture and Biology*, 5(3), 273-278.
- Ballı, S., and Korukoğlu, S., 2009. Operating system selection using fuzzy AHP and TOPSIS methods. *Mathematical and Computational Applications*, 14 (2),119-130.
- Bartholomew, J. W., Harris, R. G. and Sussex, F., 1948. Electronic preservation of Boston brown bread. *Food Technology*, 2 (2), 91-94.
- Black, R. G., Quail, K. J., Reves, V., Kuzyk, M. and Ruddick, L., 1993. Shelf-life extension of pita bread by modified atmosphere packaging. *Food Australia*, 45 (8), 387-391.
- Cathcart, W. H., Parker, J. J. and Beattie, H. G., 1947. The treatment of packaged bread with high frequency heat. *Food Technology*, 1(2), 174-177.
- Cauvain, S. P., 2003. Improving the texture of bread. *Texture in food (Vol. 2)*, Ed: Kilcast,D. Woodhead Publishing, Cambridge, England 432-450.
- Centre for Food Safety, 2014. Microbial guidelines for ready -to-eat foods. https://www.cfs.gov.hk/english/food_leg/files/food_leg_Microbiological_Guidelines_f or Food e.pdf
- Certel, M., Erem, F. ve Karakas, B., 2009a. Farklı depolama kosullarında normal ve kepekli ekmeklerin mikrobiyolojik özellikleri, su aktivitesi ve sünme durumunun değışimi. *Gıda*, 34 (6), 351-358.
- Certel, M., Erem, F., Konak, Ü. İ. ve Karakas, B., 2009b. Dondurulmuş hamur ile kısmi olarak pisirilib dondurulmuş hamurlardan üretilen bevaz ekmeklerin fiziksel tekstürel ve duvusal özellikleri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1), 91-102.
- Channaiah, L. H., Holmgren, E. S., Michael, M., Severt, N. J., Milke, D., Schwan, C. L., ... and Milliken, G. 2016. Validation of baking to control Salmonella serovars in hamburger bun manufacturing, and evaluation of Enterococcus faecium ATCC 8459 and Saccharomyces cerevisiae as nonpathogenic surrogate indicators. *Journal of Food Protection*, 79 (4), 544-552.
- Chuaythong, C. and Rachtanapun, C., 2018. Effect of packaging film and oxygen absorber on shelf life extension of chinese pastry (Kha-Nom Pia). *Italian Journal of Food Science*, 51-56.
- Cooksey, K., 2010. Active Packaging and the shelf life of foods. *Food Packaging and Shelf Life*, 367.
- Cullen J. S. and Vaylen N. E., 1994. Carbon dioxide absorbent packet and process. U.S. Patent No. 5,322,701. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Çakmak, H. ve Tavman, S., 2011. Radyo frekans sistemi ve gıda sanayiindeki uygulamaları. *Gıda*, 36 (6), 383-390.
- Degirmencioglu, N., Göcmen, D., Inkaya, A. N., Aydın, E., Guldaz, M. and Gonenc, S., 2011. Influence of modified atmosphere packaging and potassium sorbate on microbiological characteristics of sliced bread. *Journal of Food Science and Technology*, 48(2), 236-241.
- Del Nobile, M. A., Martoriello, T., Cavella, S., Giudici, P. and Masi, P., 2003. Shelf life extension of durum wheat bread. *Italian Journal of Food Science*, 15(3), 383-393.

- Dey, A. and Neogi, S., 2019. Oxygen scavengers for food packaging applications: A Review. *Trends in Food Science & Technology*, 90, 26-30.
- Doğan, H. B., Cakır, İ., Keven, F., Cosansu, S., Kırıl, N., Dağer, T. İ., Gürsu, G. and Halkman, A. K., 2001. Cesitli gıdalarda koliform, fekal koliform ve *E. coli* varlığı. *Gıda*, 26 (2).
- EFSA (2005) *Bacillus cereus* and other *Bacillus* spp. in foodstuffs. *The EFSA Journal*, 175, p. 1-45
- Fehr, I.N. and Russ, J., 1966. Method of controlling microorganisms in food products, U.S. Patent No. 3,272,636. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Fernandez, U., Vodovotz, Y., Courtney, P., and Pascall, M. A., 2006. Extended shelf life of soy bread using modified atmosphere packaging. *Journal of Food Protection*, 69(3), 693-698.
- Fik, M., Surówka, K., Maciejaszek, I., Macura, M. and Michalczyk, M., 2012. Quality and shelf life of calcium-enriched wholemeal bread stored in a modified atmosphere. *Journal of Cereal Science*, 56(2), 418-424.
- Fiore, A., Di Monaco, R., Cavella, S., Visconti, A., Karneili, O., Bernhardt, S. and Fogliano, V., 2013. Chemical profile and sensory properties of different foods cooked by a new radiofrequency oven. *Food Chemistry*, 139(1-4), 515-520.
- Franke, I., Wijma, E. and Bouma, K., 2002. Shelf life extension of pre-baked buns by an active packaging ethanol emitter. *Food Additives & Contaminants*, 19(3), 314-322.
- Galić, K., Čurić, D. and Gabrić, D., 2009. Shelf life of packaged bakery goods—A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49(5), 405-426.
- Gao, M., Tang, J., Villa-Rojas, R., Wang, Y. and Wang, S., 2011. Pasteurization process development for controlling *Salmonella* in in-shell almonds using radio frequency energy. *Journal of Food Engineering*, 104(2), 299-306.
- Garcia, M. V., Bernardi, A. O. and Copetti, M. V., 2019. The fungal problem in bread production: insights of causes, consequences, and control methods. *Current Opinion in Food Science*, 29, 1-6.
- Gerçekaslan, K. E., Kotancılar, H. G. ve Karaoğlu, M. M., 2007. Ekmek bayatlaması ve bayatlama derecesini ölçmede kullanılan yöntemler: I. *Gıda*, 32(6), 305-315.
- Gerez, C. L., Fornaguera, M. J., Obregozo, M. D., de Valdez, G. F. and Torino, M. I., 2015. Antifungal starter culture for packed bread: influence of two storage conditions. *Revista Argentina de microbiologia*, 47(2), 118-124.
- Gould, G. W., 1996. Methods for preservation and extension of shelf life. *International Journal of Food Microbiology*, 33(1), 51-64.
- Guynot, E. M., S. Marin, V. Sanchis, and A. J. Ramos. 2004. An attempt to minimize potassium sorbate concentration in sponge cakes by modified atmosphere packaging combination to prevent fungal spoilage. *Food Microbiology*, (21), 449-457.
- Guynot, M. E., Ramos, A. J., Sanchis, V. and Marin, S., 2005. Study of benzoate, propionate, and sorbate salts as mould spoilage inhibitors on intermediate moisture bakery products of low pH (4.5-5.5). *International Journal of Food Microbiology*, 101, 161-168.
- Guynot, M. E., Sanchis, V., Ramos, A. J. and Marin, S., 2003. Mold-free shelf-life extension of bakery products by active packaging. *Journal of Food Science*, 68(8), 2547-2552.
- He, H., and Hosney, R. C., 1990. Changes in bread firmness and moisture during long-term storage. *Cereal Chem*, 67(6), 603-605.
- Health Protection Agency, 2009. Guidelines for assessing the microbiological safety of ready-to-eat foods placed on the market.
- Hurme, E. and Ahvenainen, R., 1997. Applicability of oxygen absorbers in food packages (in Finnish). PTR Report no. 44
- Hwang, C. L. and Yoon, K., 1981. Multiple attribute decision making. In: *lecture notes in economics and mathematical systems* 186. Springer-Verlag, Berlin.
- ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods). (1986). *Microorganisms in Foods. 2. Sampling for Microbiological Analysis: Principles and Specific Applications*.
- International Association for Cereal Science and Technology, 1976. Determination of the moisture content of cereals and cereal products (practical method). *International Association for Cereal Science and Technology. Standard, I. C. C. 110/1*.
- International Association for Cereal Science and Technology. 1990. Determination of ash in cereals and cereal products. *International Association for Cereal Science and Technology, Standard, I. C. C. 104*

- International Association for Cereal Science and Technology, 1994. Determination of the Sedimentation Value (according to Zeleny) as an Approximate Measure of Baking Quality. International Association for Cereal Science and Technology, Standard, I. C. C. 116/1.
- International Association for Cereal Science and Technology, 1994. Mechanical Determination of the Wet Gluten Content of Wheat Flour (Perten Glutomatic). International Association for Cereal Science and Technology, Standard, I. C. C. 137/1.
- International Association for Cereal Science and Technology, 1995. Determination of the "Falling Number" According to Hagberg-As a Measure of the Degree of Alpha Amylase Activity in Grain and Flour Alpha-Amylase Activity (Falling Number). International Association for Cereal Science and Technology, Standard, I. C. C. 107/1
- International Association for Cereal Science and Technology, 1998. Method for using the Brabender Farinograph. International Association for Cereal Science and Technology, Standard, I. C. C. 115/1.
- International Organization for Standardization, 2004. Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the enumeration of presumptive *Bacillus cereus* - Colony-count technique at 30 degrees C. ISO 7932.
- International Organization for Standardization, 2004b. Microbiology of food and animal feeding stuffs—horizontal method for the enumeration of *Clostridium perfringens*. Colony-count technique. ISO 7937.
- International Organization for Standardization, 2006. Microbiology of food and animal feeding stuffs — Horizontal method for the enumeration of coliforms — Colony-count technique. ISO 4832.
- International Organization for Standardization, 2008. Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds -- Part 2: Colony count technique in products with water activity less than or equal to 0,95 ISO 21527-2
- International Organization for Standardization, 2013. Methods for microbiological examination of food and animal feeding stuffs. Part 1: Colony count at 30 degrees C by the pour plate technique. ISO 4833.
- International Organization for Standardization, 2017. Microbiology of food and animal feeding stuffs--Horizontal methods for the detection and enumeration of Enterobacteriaceae— Part 2: Colony-count method. ISO 21528-2
- Janjarasskul, T., Tananuwong, K., Kongpensook, V., Tantratian, S. and Kokpol, S., 2016. Shelf life extension of sponge cake by active packaging as an alternative to direct addition of chemical preservatives. *LWT-Food Science and Technology*, 72, 166-174.
- Jeong, I. J. and Kim, K. J., 2009. An interactive desirability function method to multiresponse optimization. *European Journal of Operational Research*, 195(2), 412-426.
- Jeong, S. G. and Kang, D. H., 2014. Influence of moisture content on inactivation of *Escherichia coli* O157: H7 and *Salmonella enterica* serovar Typhimurium in powdered red and black pepper spices by radio-frequency heating. *International Journal of Food Microbiology*, 176, 15-22.
- Kaur, P., 1986. Survival and growth of *Bacillus cereus* in bread. *J. Appl. Bacteriol.*, 60:513.
- Kim, S. Y., Sagong, H. G., Choi, S. H., Ryu, S. and Kang, D. H., 2012. Radio-frequency heating to inactivate *Salmonella Typhimurium* and *Escherichia coli* O157: H7 on black and red pepper spice. *International Journal of Food Microbiology*, 153(1-2), 171-175.
- Koklamaz, E., Palazoğlu, T. K., Kocadağlı, T. and Gökmen, V., 2014. Effect of combining conventional frying with radio-frequency post-drying on acrylamide level and quality attributes of potato chips. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(10), 2002-2008.
- Kotancılar, G., Celik, İ. ve Ertugay, Z., 1995. Ekmeğin besin değeri ve beslenmedeki önemi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(3).
- Kotsianis, I. S., Giannou V., and Tzia, C., 2002. Production and packaging of bakery products using MAP technology. *Trends in Food Science & Technology*, 13, 319-324.
- Lagunas-Solar, M. C., Zeng, N. X., Essert, T. K., Truong, T. D., Pina, C., Cullor, J. S., ... and Larraín, R., 2005. Disinfection of fishmeal with radiofrequency heating for improved quality and energy efficiency. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(13), 2273-2280.
- Lang, R., 1997. Use of special gases in storage and packaging of edible products. *Oils and Fats Int.* 9:17–18, 39.

- Latou, E., Mexis, S. F., Badeka, A. V. and Kontominas, M. G., 2010. Shelf life extension of sliced wheat bread using either an ethanol emitter or an ethanol emitter combined with an oxygen absorber as alternatives to chemical preservatives. *Journal of Cereal Science*, 52(3), 457-465.
- Legan, J. D., 1993. Mould spoilage of bread: the problem and some solutions. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 32(1-3), 33-53.
- Liu, S., Ozturk, S., Xu, J., Kong, F., Gray, P., Zhu, M. J., ... and Tang, J., 2018. Microbial validation of radio frequency pasteurization of wheat flour by inoculated pack studies. *Journal of Food Engineering*, 217, 68-74.
- Liu, Y., Tang, J., Mao, Z., Mah, J. H., Jiao, S. and Wang, S., 2011. Quality and mold control of enriched white bread by combined radio frequency and hot air treatment. *Journal of Food Engineering*, 104(4), 492-498.
- Marin, S., Guynot, M. E., Neira, P., Bernado, M., Sanchis, V. and Ramos, A. J., 2002. Risk assessment of the use of sub-optimal levels of weak-acid preservatives in the control of mould growth on bakery products. *International Journal of Food Microbiology*, 79(3), 203-211.
- Marra, F., Zhang, L. and Lyng, J. G., 2009. Radio frequency treatment of foods: Review of recent advances. *Journal of food engineering*, 91(4), 497-508.
- Mexis, S. F., Chouliara, E. and Kontominas, M. G., 2012. Shelf life extension of ground chicken meat using an oxygen absorber and a citrus extract. *LWT - Food Science and Technology*, 49(1), 21-27.
- Michael, M., Phebus, R. K., Thippareddi, H., Subbiah, J., Birla, S. L. and Schmidt, K. A., 2014. Validation of radio-frequency dielectric heating system for destruction of *Cronobacter sakazakii* and *Salmonella* species in nonfat dry milk. *Journal of Dairy Science*, 97(12), 7316-7324.
- Miñarro, B., Albanell, E., Aguilar, N., Guamis, B. and Capellas, M., 2012. Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free bread. *Journal of Cereal Science*, 56, 476-481.
- Muizniece-Brasava, S., Dukalska, L., Murniece, I., Dabina-Bicka, I., Kozlinskis, E., Sarvi, S. and Silviane, A., 2012. Active packaging influence on shelf life extension of sliced wheat bread. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 67, 1128-1134.
- Ohlsson, T. and Bengtsson, N. 2002. *Minimal processing technologies in the food industries*. Elsevier.
- Ooraikul, B., 1982. Gas packing a bakery product. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.*, 15, 313-315.
- Orsat, V. and Raghavan, G. V., 2014. Radio-frequency processing. In *Emerging technologies for food processing* (pp. 385-398). Academic Press.
- Özay, G., Pala, M. and Saygı B., 1993. Bazı gıdaların su aktivitesi (aw) yönünden incelenmesi. *Gıda*, 18 (6), 377-383.
- Özkan, M., 2009. Tüketime sunulan günlük hazır yemekler ve salataların mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesi. Y. Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Palazoglu, T. K., Coskun, Y., Kocadagli, T. and Gokmen, V., 2012. Effect of radio frequency postdrying of partially baked cookies on acrylamide content, texture, and color of the final product. *J. Food Sc.*, 77(5), E113-E117.
- Pateras, I.M.C., 2007. Bread Spoilage and Staling. In: *Technology of Breadmaking*, Ed: Cauvain, S. P. and Young, L. S. Springer, Boston, MA.275-298.
- Piyasena, P., Dussault, C., Koutchma, T., Ramaswamy, H. S. and Awuah, G. B., 2003. Radio frequency heating of foods: principles, applications and related properties a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43(6), 587-606.
- Powers, E. M. and Berkowitz, D., 1990. Efficacy of an oxygen scavenger to modify the atmosphere and prevent mold growth on meal, ready-to-eat pouched bread. *Journal of food protection*, 53(9), 767-771.
- Quílez, J., Ruiz, J. A. and Romero, M. P., 2006. Relationships between sensory flavor evaluation and volatile and nonvolatile compounds in commercial wheat bread type baguette. *Journal of Food Science*, 71(6), S423-S427.

- Rodriguez, M., M. L. Medina, and R. Jordano. 2003. Influence of modified atmosphere packaging on the shelf life of prebaked pizza dough with and without preservative added. *Nahrung/Food*. 47:122– 125
- Rodriguez, M., Medina, L. M. and Jordano, R.. 2000. Effect of modified atmosphere packaging on the shelf life of sliced wheat flour bread. *Food/Nahrung*. 44(4). 247-252.
- Rosenkvist, H. and Hansen, Å..1995. Contamination profiles and characterisation of *Bacillus* species in wheat bread and raw materials for bread production. *International Journal of Food Microbiology*, 26(3), 353-363.
- Salminen, A., Latva-Kala, K., Randell, K., Hurme, E., Linko, P. and Ahvenainen, R., 1996. The effect of ethanol and oxygen absorption on the shelf-life of packed sliced rye bread. *Packaging Technology and Science*, 9(1), 29-42.
- Samapundo, S., Devlieghere, F., Vroman, A. and Eeckhout, M., 2017. Antifungal activity of fermentates and their potential to replace propionate in bread. *LWT-Food Science and Technology*, 76, 101-107.
- Saranraj, P., and Sivasakthivelan, P., 2016. Microorganisms involved in spoilage of bread and its control measures. *Bread and Its Fortification*, 132.
- Schlisselberg, D. B., Kler, E., Kalily, E., Kisluk, G., Karniel, O. and Yaron, S., 2013. Inactivation of foodborne pathogens in ground beef by cooking with highly controlled radio frequency energy. *International journal of food microbiology*, 160(3), 219-226.
- Seiler, D. A. L., 1998. Bakery products. Blakistone, B. A. (Eds.). *Principles and applications of modified atmosphere packaging of foods*. (2nd ed., pp. 135-137) London, UK: Blackie Academic & Professional.
- Sisquella, M., Casals, C., Picouet, P., Vinas, I., Torres, R. and Usall, J., 2013. Immersion of fruit in water to improve radio frequency treatment to control brown rot in stone fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 80, 31-36.
- Sisquella, M., Viñas, I., Picouet, P., Torres, R. and Usall, J., 2014. Effect of host and *Monilinia* spp. variables on the efficacy of radio frequency treatment on peaches. *Postharvest Biology and Technology*, 87, 6-12.
- Smith, J. P., Hoshino, J. and Abe, Y., 1995. Interactive packaging involving sachet technology. In *Active food packaging* (pp. 143-173). Springer, Boston, MA.
- Smith, J. P., Oraikul, B., Koersen, W. J., Jackson, E. D. and Lawrence, R. A., 1986. Novel approach to oxygen control in modified atmosphere packaging of bakery products. *Food Microbiology*, 3(4), 315-320.
- Smith, J., Daifas, D. P., El-Khoury, W., Koukoutsis, J. and El- Khoury, A., 2004. Shelf life and safety concerns of bakery products. *Crit Rev Food Sci Nutr.*, 44(1), 19-55.
- Soares, N. F. F., Rutishauser, D. M., Melo, N., Cruz, R. S. and Andrade, N. J., 2002. Inhibition of microbial growth in bread through active packaging. *Packaging Technology and Science*, 15(3): 129- 132.
- Suhr, K. I. and Nielsen, P. V., 2004. Effect of weak acid preservatives on growth of bakery product spoilage fungi at different water activities and pH values. *International Journal of Food Microbiology*, 95(1), 67-78.
- Šumić, Z., Vakula, A., Tepić, A., Čakarević, J., Vitas, J. and Pavlić, B., 2016. Modeling and optimization of red currants vacuum drying process by response surface methodology (RSM). *Food Chemistry*, 203, 465-475.
- Szczesniak, A. S. 1998. Sensory texture profiling historical and scientific perspectives. *Food Technology*, 52 (8), 54-57.
- Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı, 2018. Türkiye İsraf Raporu, Ankara, <https://ticaret.gov.tr/data/5c51a78e13b8762dc06a72c9/31-01-2019%20ISRAF%20RAPORU.pdf>
- Uemura, K., Takahashi, C. and Kobayashi, I., 2010. Inactivation of *Bacillus subtilis* spores in soybean milk by radio-frequency flash heating. *Journal of Food Engineering*, 100(4), 622-626.
- Ukuku, D. O., Geveke, D. J. and Cooke, P. H., 2012. Effect of thermal and radio frequency electric fields treatments on *Escherichia coli* bacteria in apple juice. *J Microb Biochem Technol*. 4(3). 076-081.
- Upasen, S. and Wattanachai, P., 2018. Packaging to prolong shelf life of preservative-free white bread. *Heliyon*, 4(9).

- Van Eijk, J., Caron, C. and Kraus, J. K., 2014. Method for extending mold-free shelf life and improving flavor characteristics of baked goods U.S. Patent No. 8,673,377. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Vermeiren, L., Devlieghere, F., van Beest, M., de Kruijf, N. and Debevere, J., 1999. Developments in the active packaging of foods. *Trends in Food Science & Technology*, 10(3), 77-86.
- Villa-Rojas, R., Zhu, M. J., Marks, B. P. and Tang, J., 2017. Radiofrequency inactivation of *Salmonella Enteritidis* PT 30 and *Enterococcus faecium* in wheat flour at different water activities. *Biosystems Engineering*, 156, 7-16.
- Wang, S., Tiwari, G., Jiao, S., Johnson, J. A. and Tang, J., 2010. Developing postharvest disinfestation treatments for legumes using radio frequency energy. *Biosystems Engineering*, 105(3), 341-349.
- Wu, F. C., 2004. Optimization of correlated multiple quality characteristics using desirability function. *Quality Engineering*, 17(1), 119-126.
- Wyrwa, J., Barska, A. 2017. Innovations in the food packaging market: active packaging. *European Food Research and Technology*, 243(10), 1681-1692.
- Xu, J., 2015. Microwave pretreatment. In *Pretreatment of Biomass* (pp. 157-172). Elsevier.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Kübra ÇAKIROĞLU
Doğum tarihi:	18 Temmuz 1988
Doğum Yeri:	Merkez/Rize
Uyruğu:	T.C.
E-mail:	kubraasehir@hotmail.com
Eğitim	
Lise:	Trabzon Lisesi
Lisans:	Ondokuz mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği
Yüksek lisans:	Ondokuz mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı (2013)
Doktora:	Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı (2020)
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce:	ÜDS: 67,5
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar	
-	
Tezden Üretilmiş Yayınlar	
-	