T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK HİDROSTATİK BASINÇ İLE GELENEKSEL BADEM EZMESİNİN RAF ÖMRÜNÜN UZATILMASI

Necla SEVİNİR BAKLA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Sami BULUT

EDİRNE-2018

NECLA SEVİNİR BAKLA'nın hazırladığı "YÜKSEK HİDROSTATİK BASINÇ İLE GELENEKSEL BADEM EZMESİNİN RAF ÖMRÜNÜN UZATILMASI" başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında bir Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Ünvan, Ad, Soyad): İmza

Prof. Dr. Zeynep KATNAŞ .....

Doç. Dr. Çiğdem UYSAL PALA .....

Doç. Dr. Sami BULUT .....

Tez Savunma Tarihi: 19/12/2018

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

İmza

Doç. Dr. Sami BULUT

Tez Danışmanı .....

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

.....

Prof. Dr. Murat YURTCAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

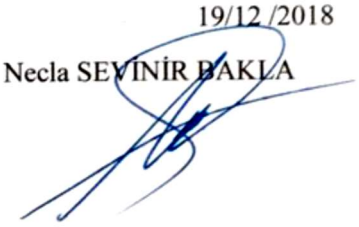
T.Ü.FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS DOĞRULUK BEYANI

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

19/12 /2018

Necla SEVİNİR BAKLA



Yüksek Lisans Tezi

Yüksek Hidrostatik Basınç İle Geleneksel Badem Ezmesinin Raf Ömrünün Uzatılması

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZET

Badem ezmesi ülkemizde geleneksel olarak üretilen ve içerdiği yüksek oranda bademden dolayı besin değeri yüksek olan şekerlemelerin başında gelmektedir. Trakya bölgesinde geleneksel olarak üretilen badem ezmesi, büyük ölçüde Edirne'de bulunan yerel firmalar tarafından üretilmektedir. Badem ezmesinin bileşiminde bulunan şeker, su ile birlikte şerbet haline getirildikten sonra ısıl işleme tabi tutulmakla beraber öğütülmüş bademler eklendikten sonra ısıl işlem uygulanmamaktadır. Öğütülmüş bademde bulunabilecek mikroorganizmalarla birlikte, karıştırma, yoğurma, şekil verme ve paketleme işlemleri sırasında mikrobiyal kontaminasyonlar kaçınılmazdır. Badem ezmesinin su içeriğinin yüksek ve besin açısından zengin olması nedeniyle mikrobiyal bozulmaya yatkın olduğu anlaşılabilir. Üreticilerden aldığımız bilgiler, özellikle küf kaynaklı bozulmalardan ötürü badem ezmesinin raf ömrünün kısıtlı olduğu yönündedir.

Bu çalışmanın amacı, yenilikçi gıda muhafaza yöntemlerinden yüksek hidrostatik basınç (YHB) teknolojisi kullanılarak badem ezmesinin raf ömrünü artırmaktır.

Badem ezmesine uygulanan (YHB) işleminin etkinliğini daha iyi tespit edebilmek için badem ezmesi örneklerine *Eschericihia coli* (ATCC 25922) aşılanarak örneklerin başlangıç mikrobiyal yükü artırıldıktan sonra, 25°C sıcaklığında farklı basınç-süre kombinasyonları kullanılarak yüksek hidrostatik basınç işlemi uygulanmıştır. Tepki yüzeyi kullanılarak en etkin basınç-süre kombinasyonu belirlenmiş ve bu koşullarda

badem ezmesine inokule edilen *E. coli* ile birlikte doğal olarak badem ezmesinde bulunan toplam canlı, maya ve küflerin YHB işleminden nasıl etkilendiği araştırılmıştır. İşlem görmüş badem ezmesi ve kontrol örnekleri oda koşullarında 105 gün bekletilmiştir. Depolama süresince kontrol grubu örnekleri ile analiz grubu örnekleri mikrobiyal yük, pH, renk, tekstürel ve duyusal özellikler açısından 15 günlük sürelerde karşılaştırmalı olarak incelenerek YHB uygulamasının etkileri araştırılmıştır.

Badem ezmesinin su aktivitesi (a_w) nem içeriği ilişkisinin belirlenmesi amacıyla hazırlanan örneklerin farklı bağıl nem ortamlarında dengeye gelmeleri sağlanmış ve dengedeki nem içerikleri tespit edilmiştir. Badem ezmelerinin denge durumundaki a_w değerine karşı, kuru bazda nem içeriği değerleri hesaplanarak nem sorbsiyon izotermi oluşturulmuştur. Oda sıcaklığı (25^0C) koşullarında elde edilen izoterm eğrisi modellenerek, badem ezmesine en uygun modelin Brunauer–Emmett–Teller (BET) modeli olduğu görülmüştür. Badem ezmesinin üretimden hemen sonraki a_w değeri 0,74 olarak bulunmuş ve badem ezmesinde bozulmaya neden olabilecek mikroorganizma türlerinin osmofilik maya ve zerofilik küf kaynaklı olduğu öngörülmüştür.

Elde edilen sonuçlarla YHB uygulaması sonucunda badem ezmesinde küf gelişiminin önemli ölçüde azaltılabileceği gözlemlenmiştir. Raf ömrünü kısıtlayan en büyük etkenin küf olduğu düşünüldüğünde 105 günlük depolama süresi sonunda tespit edilen küf sayısı $<10^3$ olduğu için YHB uygulamasıyla raf ömrünün 15 gün uzatılabileceği sonucuna varılmıştır. Oda koşullarında depolanan örneklerin raf ömrü boyunca yapılan renk ve tekstürel değerlendirmelerinde, YHB uygulamasının badem ezmesinin kalitesini olumsuz yönde etkilemediği bulunmuştur. Ayrıca, depolama süresi tamamlandıktan sonra yapılan duyusal testler sonucunda YHB kullanılarak işlenmiş örnekler duyusal olarak kontrol örneğinden (YHB uygulanmamış) daha yüksek skor almıştır.

Yıl : 2018

Sayfa Sayısı : 59

Anahtar Kelimeler Badem ezmesi, Yüksek hidrostatik basınç, su aktivitesi, raf ömrü

SHELF LİFE EXTENSİON OF MARZİPAN (ALMOND PASTE) BY HİGH HYDROSTATİC PRESSURE

Trakya University Institute of Natural Sciences

Department of Food Engineering

ABSTRACT

Almond paste is a traditional confectionary product with high nutritional value due to its high percentage of almond. Almond paste is produced in bulk by local companies in Edirne. Almond paste undergoes heat treatment upon mixing ground almond with boiling concentrated sugar solution, however no heat treatment is applied during following operations such as mixing, kneading, forming and packaging. This heat treatment may not be enough to inactivate all the microorganisms in the almond flora, besides microbial contamination is inevitable during mixing, kneading, forming and packaging. Thus, although almond paste is a product with high sugar content, it is prone to microbial spoilage due to its high moisture content and rich nutrient content. According to information received from local manufacturers, its shelf life is limited due to mould and yeast growth.

The purpose of this study was to make use of the high hydrostatic pressure (HHP) technology to increase the shelf life of almond paste.

HHP treatment was applied to samples inoculated with *Eschericihia coli* (ATCC 25922) to be able to study process effectiveness. Inocculated samples were HHP treated at 25^0C at different pressure-treatment duration combinations. The optimum pressure-

treatment duration combination was found by Response Surface Methodology (RSM) and the effect of HHP treatment on inocculated *E. coli* together with total microbial content, yeast and mold in almond flora was investigated.

HHP treated almond paste samples and the control samples were stored at room temperature and pressure for 105 days. HHP treated samples and the control samples were analyzed and compared with respect to microbial load, pH, color, texture and sensory properties every 15 days during the storage period.

Water activity (a_w) moisture content relationship for almond paste was determined by equilibration of samples with different relative humidity values at 25^0C supplied in closed systems. Thus, moisture sorption isotherm of almond paste was obtained, and a mathematical sorption isotherm that fits the experimental data was searched. As a result, the moisture sorption isotherm of the almond paste was found to fit best with the Brunauer–Emmett–Teller (BET) model. Water activity of almond paste upon manufacture was measured as 0,74 which indicates that it is prone to spoilage by osmophilic yeast and zerophilic mold.

As a result, it was found out that mold growth in almond paste can be retarded by HHP treatment. Molds was the most important factor in limiting shelf life of almond paste. Because the number of detected mold was $<10^3$ cfu/g at the end of the storage period of 105 days, shelf life may be extended for 15 days with HPP treatment. HHP treatment did not have any negative effects on the color and texture of samples during the 90 days storage period. Moreover, the HHP treated samples scored higher than the control samples in sensory tests.

Year : 2018

Number of Pages : 59

Keywords : Almond Paste, High Hydrostatic Pressure, High Pressure Prosses, Water Activity, Shelf life

TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans eğitimimde ve tez çalışması süresince üzerimde büyük emeği olan değerli danışman hocam Prof. Dr. Zeynep KATNAŞ'a,

Tez çalışmamda bana rehberlik eden değerli danışman hocam Doç. Dr. Sami BULUT 'a

Tez çalışma süresince yardımını esirgemeyen ve tecrübelerinden yararlanırken göstermiş olduğu hoşgörüsünden dolayı değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Ufuk BAĞCI'ya,

Üzerimde emekleri olan değerli hocalarım Doç. Dr. Pelin ONSEKİZOĞLU BAĞCI'ya , Doç. Dr. Hacı Ali GÜLEÇ'e ve Dr. Öğr. Üyesi Abdullah AKGÜN'e

Tezin devamlılığını sağlamak için projenin başından sonuna kadar tüm aşamalarda yardımlarını esirgemeyen ve ihtiyaç duyduğum her an ulaşabildiğim değerli hocalarım Dr. Öğr. Üyesi İrem DAMAR HÜNER'e , Arş. Gör. Emel YILMAZ'a ve Arş. Gör. Kadir ÇINAR'a,

TUBAP 2017/06 no'lu proje kapsamında sağladıkları maddi katkıları ve ilgilerinden dolayı Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne,

Tez çalışması süresince katkılarından dolayı ARSLANZADE firma sahibi sayın Arif MERİÇ'e ve değerli çalışma arkadaşlarıma,

Hayatımın her anında bana destek olan değerli annem Hediye SEVİNİR'e, babam Mehmet SEVİNİR'e, ağabeyim Aytaç SEVİNİR'e

Her zaman beni destekleyen ve yanımda olan eşim Efe BAKLA 'ya ve varlığıyla hayatımı renklendiren oğlum Mehmet Ali BAKLA 'ya teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET iii

ABSTRACT v

TEŞEKKÜR vii

SİMGELER DİZİNİ xi

ŞEKİLLER DİZİNİ xiii

ÇİZELGELER DİZİNİ xv

BÖLÜM 1 1

GİRİŞ 1

BÖLÜM 2 3

GENEL BİLGİLER 3

2.1. BADEM 3

2.2. GELENEKSEL BADEM EZMESİ 4

2.3. BADEM EZMESİNİN RAF ÖMRÜNÜ ETKİLEYEN FAKTÖRLER 5

2.3.1. Su aktivitesi 5

2.3.2. Mikrobiyolojik faktörler 10

2.4. GELENEKSEL BADEM EZMESİNİN RAF ÖMRÜNÜ ARTTIRMAK İÇİN KULLANILAN YÖNTEMLER 11

2.5. YENİLİKÇİ GIDA MUHAFAZA YÖNTEMLERİ VE YÜKSEK HİDROSTATİK BASINÇ TEKNOLOJİSİ 12

2.6. YÜKSEK HİDROSTATİK BASINÇ TEKNOLOJİSİNİN TARİHÇESİ 13

2.7. YÜKSEK HİDROSTATİK BASINÇ TEKNOLOJİSİNİN ETKİ MEKANİZMASI 14

BÖLÜM 3 16
MATERYAL VE METOT 16
3.1. MATERYAL 16
3.2. METOT 16
3.2.1. Badem ezmesi üretimi 16
3.2.2. Badem ezmesinin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi 18
3.2.2.1. Nem tayini 18
3.2.2.2. Su aktivitesi ölçümü 18
3.2.2.3. Badem ezmesinin nem sorbsiyon izoterminin belirlenmesi 18
3.2.3. YHB'ın mikrobiyal inaktivasyona etkisi 20
3.2.4. *E coli* kültürünün çoğaltılması 20
3.2.5. Badem ezmelerinin İnokulasyonu 20
3.2.6. Badem ezmesinin yüksek hidrostatik basınç uygulamasına hazırlanması 20
3.2.7. Yüksek hidrostatik basınç sistemi 21
3.2.8. Badem ezmesine yüksek hidrostatik basınç uygulanması 22
3.2.9. Mikrobiyal sayımlar 24
3.2.9.1. *E. coli* sayımı 24
3.2.9.2. Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı 24
3.2.10. Raf ömrü boyunca badem ezmelerinin fiziksel ve duyusal özelliklerinde ve mikrobiyal yükünde meydana gelen değişimlerin belirlenmesi 25
3.2.10.1. Renk analizi 25
3.2.10.2. Tekstür profil analizi 26
3.2.10.3. pH analizi 27
3.2.10.4. Duyusal analiz 27
3.2.11. İstastiksel değerlendirme 27

BÖLÜM 4 28
SONUÇLAR VE TARTIŞMA 28
4.1. BADEM EZMESİNİN NEMLE İLGİLİ FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ 28
4.2. BADEM EZMESİNİN MİKROBİYAL YÜKÜ 31
4.3. YHB'IN MİKROBİYAL YÜKE ETKİSİ 31
4.4. *E. Coli* İNOKÜLE EDİLMİŞ ÖRNEKLERDE TEPKİ YÜZEYİ İLE YHB'IN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI 31
4.5. İNOKÜLE EDİLMEMİŞ ÖRNEKLERDE TEPKİ YÜZEYİ İLE YHB'IN ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI 32
4.6. RAF ÖMRÜ ÇALIŞMALARI 36
4.6.1. Mikrobiyal yükte meydana gelen değişimler 36
4.6.2. Renk üzerine etkisi 39
4.6.3. Depolama sırasında tekstürel özelliklerdeki değişimler 39
4.6.4. Depolama sırasında pH 'da meydana gelen değişimler 41
4.6.5. Duyusal özellikler üzerine etkisi 42
BÖLÜM 4 46
SONUÇ VE ÖNERİLER 46
KAYNAKLAR 48
EKLER 57
Ek 1: Duyusal analizde kullanılan panel çizelgesi 57
EK 2: DUYUSAL TANIMLAR 58
ÖZGEÇMİŞ 59

SİMGELER DİZİNİ

ATP	Adonezin Tri Fosfat
a_w	Su Aktivitesi Değeri
$BaCl_2$	Baryum Klorür
BET	Brunauer–Emmett–Teller
CH_3COOK,	Potasyum Asetat
DG-18	Dichloran Glycerol Chloramphenicol,
EMB	Eosin Methylene-Blue Lactose Sucrose Agar
FDA	Amerikan gıda ve ilaç dairesi
g	Gram
GAB	Guggenheim-Anderson-de Boer
Hdl	High density lipopretein
IU	International Unit
K_2CO,	Potasyum Korbonat
Kcal	Kilo Kalori
KCl,	Kalsiyum Klorür
K_2SO_4	Potasyum Sülfat
Ldl	Low density lipoprotein
LiCl,	Lityum Klorür

MEA	Malt Extract Agar,
mg	Mili Gram
$MgCl_2$	Magnezyum Klorür
$MgNO_3$,	Magnezyum Nitrat'
MPa	Mega Paskal
MRD	Maximum Recovery Diluent
NaBr,	Sodyum Bromid
NaCl,	Sodyum Klorür
NAOH,	Sodyum hidroksit
OM	Osmofilik Maya
PCA	Plate Count Agar
TMAB	Toplam mezofilik aerobik bakteri
TPA	Tekstür profil analiziyle
TSB	Tryptic Soy Broht
YHB	Yüksek Hidrostatik Basınç
ZK	Zerofilik Küf
α-TE	Alpha Tokopherol
µg	Mikro gram

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. 1. Su aktivitesi ve gıdalarda bozulmaya neden olan etmenler (Pala & Saygı, 1983).(1-Lipit oksidasyonu 2-Sorbsiyon izotermi, 3-enzimatik olmayan esmerleşme, 4-Enzim aktivitesi 5 küf gelişimi, 6-Maya gelişimi,7-Bakterilerin gelişimi) 7
Şekil 2. 2. Gıdalarda görülen sorbsiyon izotermleri 9
Şekil 2. 3.Gıdaların çoğunda görülen Tip II sorsiyon izotermi (Bourne, 2017) 10
Şekil 2. 4. HHP Şematik Gösterimi (Hinrichs, Rademacher et al. 1996) 13
Şekil 2. 5. 30 dk. 500 MPA basınç uygulanmış E. coli ve S.aureus bakterilerinin hücre yapısında meydana gelen değişimlerin TEM görüntüsü. 15
Şekil 3. 1. Geleneksel badem ezmesi üretim akış şeması (Meriç,2018) 17
Şekil 3. 2.Sorbsiyon izotermi oluşturmak için kullanılan kaplar. 19
Şekil 3. 3.Yüksek hidrostatik basınç cihazı (Trakya Üniversitesi, Edirne) 21
Şekil 3. 4. YHB uygulanmış örnekler ve kontrol örnekleri 25
Şekil 3. 5.Tektür profil analizi ile ölçülen parametreler (Bourne 1990) (Kohezyon = B/A, Yapışkanlık =C, Esneklik = (t_2 - t_1) / (t_4 - t_3), Sakızımsılık = Sertlik x Kohezyon, Çiğnenebilirlik = Sakızımsılık x Esneklik) 26
Şekil 4. 1.Badem ezmesi ve mikrokristalin selülozun nem sorbsiyon izotermleri 29
Şekil 4. 2.E. coli inokule edilen örneklerin yüksek hidrostatik basınç işlemi sonrası E. coli sayısındaki azalma ile basınç düzeyi ve basınçlama süresi arasındaki ilişkiyi gösteren tepki yüzeyi. (A: Basınç düzey, B: Süre) 32
Şekil 4. 3. Depolama süresince TAMB sayısındaki değişim. Hata çubukları ± 1 standart sapmayı göstermektedir. (n=3) 37
Şekil 4. 4. Depolama süresince OM sayısındaki değişim. Hata çubukları ± 1 standart sapmayı göstermektedir. (n=3) 38

Şekil 4. 5. Depolama süresince ZK sayısındaki değişim. Hata çubukları ± 1 standart sapmayı göstermektedir. (n=3) 38
Şekil 4. 6.Depolama süresince pH ‘da meydana gelen değişiklikler 42
Şekil 4. 7.Depolama süresince yapılan duyusal testler sonucunda elde edilen lezzet ögelerine ait duyusal skorlar. 44
Şekil 4. 8.Depolama süresince yapılan duyusal testler sonucunda elde edilen doku özelliklerine ait duyusal skorlar. 45

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2. 1. Bademin besin değeri tablosu (Türkomp, 2017).....4
Çizelge 2. 2. Sorbsiyon izotermlerinin belirlenmesinde kullanılan bazı matematiksel modeller modeller (Gamlı 2011, Tejada-Ortigoza, Garcia-Amezquita et al. 2017).....8
Çizelge 3. 1.Sorbsiyon izoterminin belirlenmesinde kullanılan doygun tuz çözeltilerinin a_w değerleri (Fontana Jr 2007) 19

Çizelge 3. 2.YHB deneme planı için belirlenen işlem parametreleri ve değerleri.....22
Çizelge 3. 3.Design-Expert v11 Yazılımı İle Oluşturulan YHB işlemi Deneme Planı ..23
Çizelge 4. 1. Badem ezmesinin nem sorbsiyon izotermine bağlı olarak elde edilen model sabitleri ve regrasyon katsayıları 30

Çizelge 4. 2. İnokule edilememiş örneklerde yüksek hidrostatik basınç işlemi sonrası mikrobiyal yükteki değişimi 33
Çizelge 4. 3 YHB uygulamasından 1 gün sonra belirlenen basınç düzeyi ve basınçlanma süresi arasındaki ilişkiyi ifade eden tepki değerleri 35
Çizelge 4. 4. Deneysel tasarımdan elde edilen sonuçlar 36
Çizelge 4. 5.Depolama süresince 5 dakika boyunca 450 MPA basınç uygulanan örneklerin renk analizi sonuçları 39
Çizelge 4. 6.Badem ezmesinin oda koşullarında depolanması süresince yapılan TPA analizleri ile belirlenen tekstür parametreleri.....40

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Badem ezmesi, badem unu ve şeker kullanılarak hazırlanan bir şekerleme çeşididir. Edirne ekonomisinde ve sosyal hayatında önemli bir yere sahip olan badem ezmesi Türk ve Osmanlı mutfağının izlerini taşımaktadır. Edirne'nin Osmanlı'ya başkentlik yaptığı dönemlerden kalma bir kültürel miras olduğu düşünülmektedir (Gizerler, 2004). Tarihten günümüze ulaşan Saray Mutfağı lezzetlerinden biri olan badem ezmesi bugün Edirne ilinde çok sayıda yerel firma tarafından üretilmekte ve gastronomi kültürünün önemli bir parçasını oluşturmaktadır (Edirne Valiliği, 2005; Er & Bardakoğlu). Edirne'yi ziyarete gelen yerli ve yabacı turistler tarafından tercih edilen yöresel bir lezzet halini almıştır. Ekonomik açıdan oldukça değerli olan badem ezmesinin raf ömrü önem kazanmaktadır. Raf ömrü süresince genellikle küf kaynaklı bozulmalar ve nem kaybetmesiyle yüzeyde meydana gelen kurumalar sonucu tekstür ve duyusal özelliklerinde değişimler olduğu belirtilmiştir (Meriç, 2018).

Bu tip ürünler uzun süre depolandıklarında lipit oksidasyonu, tekstürel değişimler ve mikrobiyal gelişmeler sonucu bozulurlar (Muego-Gnanasekharan & Resurreccion, 1992). Fiziksel, kimyasal ve mikrobiyal davranışların tahmini için su aktivesi (a_w) değeri ve su aktivitesi değerindeki dalgalanmaların etkilerinin belirlenmesi önem taşır.

Gıdaların raf ömrünü uzatmak amacıyla birçok muhafaza tekniği geliştirilmiştir. Isıl işlem geleneksel muhafaza tekniği olarak en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Fakat ısı uygulaması gıdalarda besin değeri kaybına, tekstürel değişimlere, aroma ve lezzet kayıplarına neden olur. Gıda güvenliği sağlamak için ısıl işleme alternatif olarak kimyasal koruyucular, antimikrobiyal maddeler, yüksek basınçlı karbondioksit, yüksek hidrostatik basınç (YHB), yüksek basınç homojenizasyonu, vurgulu elektrik alan, vurgulu ışık, radyasyon, UV ışınlama ve ultrasonik teknolojiler geliştirilmiştir (Barba, Ahrné,

Xanthakis, Landerslev, & Orlien, 2018). Bu yenilikçi teknolojilerden YHB uygulamaları son yıllarda teknolojik altyapının da gelişmesiyle birlikte hız kazanmıştır (C.-Y. Wang, Huang, Hsu, & Yang, 2016).

Bu çalışmanın amacı, yenilikçi muhafaza yöntemi olan YHB uygulaması ile badem ezmesinin raf ömrünü uzatmaktır. Bu kapsamda ilk olarak badem ezmesinin nem içeriğindeki değişimlere tepkilerini öngörmek amacıyla depolama sıcaklığı olan 25^0c sıcaklığında sorbsiyon izotermi elde edilmiştir. Taze badem ezmesinin su aktivitesi değeri ölçülerek bozulmaya neden olacak hakim mikroorganizma türleri belirlenmiştir. Bu çerçevede, yüzey tepkisi yöntemi kullanılarak mikroorganizmalar üzerindeki en etkin basınç-süre kombinasyonu belirlenmiş ve optimum koşullarda HHP uygulanmış örneklerin 105 günlük depolama süresi boyunca mikroorganizma sayımları, renkleri, tekstürel ve duyusal özellikleri işlem görmemiş örneklerle karşılaştırılmıştır.

BÖLÜM 2

GENEL BİLGİLER

2.1. BADEM

Elma, armut, erik ve ahududunun da içerisinde bulunduğu gülgiller familyasında yer alan bir ağacın meyvesi olan badem, (Prunus amygdalus), en çok bilinen kuruyemişler arasında bulunmaktadır. Badem genellikle atıştırmalık gıda olarak veya fırıncılık ve pastacılık ürünlerinin içerisinde işlenerek tüketilir (Sang ve ark., 2002).

Bademin sağlık açısından yararları her geçen gün vurgulanmaktadır. Yapılan çalışmalar bademin diyette yer aldığı durumlarda kolon kanseri riskini azalttığını (Davis & Iwahashi, 2001), kandaki yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) miktarını artırıp düşük yoğunluklu lioprotein (LDL) miktarını azalttığını göstermektedir (Hyson, Schneeman, & Davis, 2002). Antioksidan ve E vitamini bakımından zengin olan bademin; kalp krizi riskini azalttığı, tümör oluşumunu engellediği, böbrek ve karaciğer hastalıklarını azalttığı, eklem ve romatizmal hastalıkların ilerlemesini engellediği ve prostat kanseri riskini azalttığı bilinmektedir (Chen, Milbury, Lapsley, & Blumberg, 2005; Mandalari ve ark., 2010; McManus, Antinoro, & Sacks, 2001; Spiller ve ark., 1998).

Bademin sağlık açısından yararları içerdiği flavanoidler ve diğer fenolik bileşiklerden oluşan antioksidan profili ile ilişkilidir (Takeoka ve ark., 2000). Sağlıklı beslenme için bademin diyet içinde yer alması hem kalori değeri açısından hem de vitamin ve mineral zenginliği açısından (Çizelde2.1.) önem taşımaktadır (Türkomp ,2017).

Çizelge 2. 1. Bademin besin değeri tablosu Türkomp, 2017)

BİLEŞEN	BİRİM	ORTALAMA (100 g)
Enerji	kcal	600
Su	g	3,79
Kül	g	3,06
Protein	g	20,57
Azot	g	3,97
Yağ, toplam	g	50,22
Karbonhidrat	g	10,36
Lif, toplam diyet	g	12,00
Tuz	mg	10
MİNERALLER		
Demir, Fe	mg	5,26
Fosfor, P	mg	645
Kalsiyum, Ca	mg	247
Magnezyum, Mg	mg	303
Potasyum, K	mg	794
Sodyum, Na	mg	4
Çinko, Zn	mg	3,74
Selenyum, Se	µg	6,2
VİTAMİNLER		
Tiamin	mg	0,204
Riboflavin	mg	0,804
Niasin eşdeğerleri, toplam	NE	8,872
Niasin	mg	3,533
B-6 vitamini, toplam	mg	0,141
E vitamini	α-TE	24,79
E vitamini, ıu	IU	36,94

2.2. GELENEKSEL BADEM EZMESİ

Badem ezmesi, çok az haşlanmış ince kabuklu tombul badem içinin kabukları soyulup kurutulduktan sonra çekilip öğütülmesi ile elde edilen badem tozunun koyu şeker şerbetiyle karıştırılması sonucu oluşan hamura şekil verilerek elde edilen bir şekerleme türüdür (Çapanoğlu, 2002). Ülkemizdeki badem ezmesi tüketimine ilişkin veriler kayıt altına alınmamış olmakla birlikte, Edirne'de faaliyet gösteren yerel firmalar her yıl

yaklaşık 200 ton badem ezmesi üretmektedir (Meriç, 2018). Edirne ile özdeşleşmiş bir ürün haline gelen badem ezmesi, özellikle şehri ziyaret eden yerli ve yabancı misafirlerin tercih ettiği, yöreye özgü gastronomi kültürünün önemli bir ürünü olarak kabul görmektedir (Göynüşen, 2011).

Badem ezmesi eski çağlardan beri badem yetiştirilen birkaç yerden biri olan İtalya'nın doğusunda yer alan Sicilya'nın da tipik bir ürünü olan "pasta reale" ile benzerlikler taşır (Baiano & Del Nobile, 2005). Almanya, Danimarka, İngiltere, İsveç gibi Avrupa ülkelerinde de badem ezmesinden yapılan şekerlemeler marzipan olarak bilinmektedir. Badem ezmesi birkaç farklı yöntemle üretilmektedir. Haşlanıp kabuğu soyulan bademler kurutulduktan sonra şeker ile birlikte öğütülür. Öğütme işlemine buhar enjeksiyonuyla düşük devirde başlanır, sonra öğütme işlemi sıcaklık artırılarak yüksek devirde istenilen tane büyüklüğüne ulaşılana kadar sürdürülür (Cunningham, 1999). Badem ezmesi ürünleri tane büyüklüğü ve kullanılan şekerin türüne göre çeşitlenir. "Pasta reale" pudra şekeri kullanılarak yapılır, "marzipan" ise şekerin çözündürülüp işlendikten sonra bademle karıştırılmasıyla elde edilir (Baiano & Del Nobile, 2005).

Türkiye'de badem ezmesi "pataman" adı verilen öğütme makinası kullanılarak üretilir. Bu üretim yönteminde haşlanıp kabuğu soyulan bademler kurutulduktan sonra pudra şekeriyle karıştırılır ve "pataman" kullanılarak öğütülür. İstenilen tekstürün sağlanması amacıyla öğütme işlemi birkaç kez tekrarlanır. Daha sonra elde edilen karışım elle yoğurulur ve şekil verilerek ambalajlanır (Çapanoğlu, 2015).

Bir diğer üretim yönteminde ise şeker ve su, yaklaşık 120°C sıcaklığa ulaşana kadar bakır kazanda kaynatılır, içine sitrik asit ve potasyum tartarat eklenir ve elde edilen koyu kıvamlı şeker şurubu 80°C sıcaklığa soğutulur. Kabuğundan ayrılmış zarsız kuru badem içleri öğütülerek elde edilen badem unu, soğutulan şeker şurubuna eklenerek karıştırılır. Elde edilen badem ezmesi mermer tezgahlarda dinlendirildikten sonra pistonlu form makinasında şekil verilerek paketlenir (Meriç ,2018).

2.3. BADEM EZMESİNİN RAF ÖMRÜNÜ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

2.3.1. Su aktivitesi

Su tüm gıdalar için önemli bir bileşendir. Ancak yapılan araştırmalar gıdadaki aktif suyun gıdanın içerdiği su miktarından çok daha önemli olduğunu ortaya koymuştur

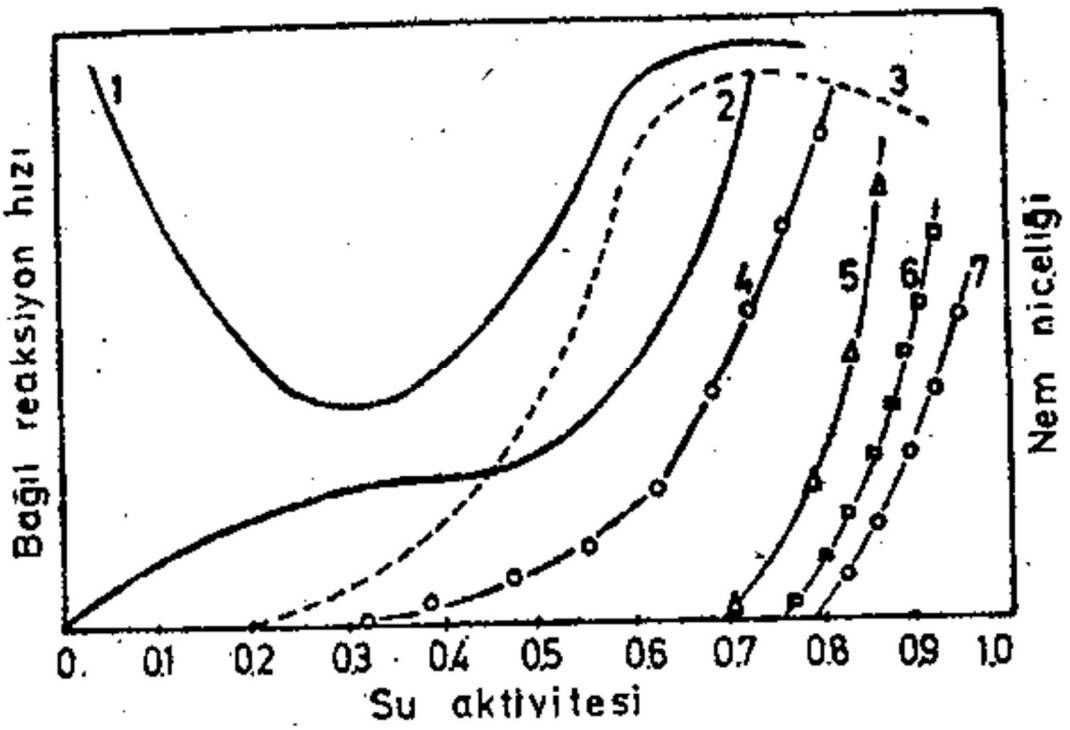
(Rahman, 2009). Gıdalarda su aktivitesi gıdanın içerisinde bulunan suyun buhar basıncının aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncına oranı olarak tanımlanmaktadır (Rahman, 2009). Scott (1953,1957) yürüttüğü çalışmalarda, gıdaların su aktivitesinin sınırlandırılmasıyla bozulma etmeni mikroorganizmaların gelişiminin engellendiğini ortaya koymuştur. Böylece su aktivitesinin gıdaların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleriyle yakından ilişkili olduğu ortaya çıkmıştır (Rockland, 1969; Scott, 1953, 1957).

Badem ezmesinin kalitesini etkileyen en önemli etkenlerden biri de ürünün nem kaybetmesiyle oluşan ağırlık kaybıdır. Çoğu gıda maddesinde olduğu gibi badem ezmesinin de iç ve dış kısmındaki nem oranı farklıdır. Bunun sonucunda, badem ezmesi suyun dışa doğru difüzyonu ile nem kaybederek kurumaktadır. Baiano ve ark. (2005) badem ezmesinin su aktivitesinin (aw) ürünün genelinde 0,58, yüzeyinde 0.56, iç kısmında 0,74 olarak ölçmüş, nem içeriğinin %9,5-12,0 aralığında değiştiğini göstermişlerdir.

Su, şeker, yağ ve protein içeren ezme tipi ürünler uzun süre depolandıklarında esmerleşme, lipit oksitlenmesi ve mikrobiyal gelişme sonucu bozulmaktadır (Muego-Gnanasekharan & Resurreccion, 1992). Lipitlerin nem değişimlerine karşı hassas olduğu bilinmektedir bu nedenle 0-0,2 ve 0,4-0,8 a_w aralıklarında lipit oksidasyonu hızla ilerlemektedir (Pala & Saygı, 1983) (Şekil 2.1.). a_w <0.6 olduğu durumlarda mikrobiyal gelişimin sınırlı olduğu bilinmektedir (Y. Huang, Wilson, Chapman, & Hocking, 2010; Troller, 2012). a_w > 0,6 olduğu durumda küfler , a_w > 0,70 mayalar ve a_w> 0,80 olduğunda ise bakteriler faaliyetlerine devam edebilmektedir (Şekil 2.1.)(Pala & Saygı, 1983). 0.65-0.85 aralığında a_w değerine sahip gıdalar ise orta derece nemli gıda olarak sınıflandırılmışlardır (Brown, 2011). Bu aralıkta genellikle bakteriyel gelişim olmazken maya ve küf gelişimi görülmektedir. En yüksek aw değerinin gözlemlendiği badem ezmesinin iç kısmı orta derecede nemli gıda olarak değerlendirilebilir, dolayısıyla maya ve küflerin gelişmesine uygun ortam sağlamaktadır (Baiano & Del Nobile, 2005).

Su aktivitesindeki dalgalanmalar badem ezmesi gibi şeker içeriği yüksek gıdalarda; şeker kristalizasyonu, yapışkanlık, enzimatik veya enzimatik olmayan renk değişimlerine neden olabilir . Su aktivitesi orta dereceli nemli gıda maddelerinde son ürünün güvenliğini ve kalitesini etkileyen en önemli etmenlerden biridir ve (N. Wang &

Brennan, 1991) bileşenlerin seçiminde, (Mir & Nath, 1995), depolama koşullarının, ambalaj materyalinin belirlenmesinde önem taşır (Saravacos, Tsiourvas, & Tsami, 1986).



Şekil 2. 1. Su aktivitesi ve gıdalarda bozulmaya neden olan etmenler (Pala & Saygı, 1983).(1-Lipit oksidasyonu 2-Sorbsiyon izotermi, 3-enzimatik olmayan esmerleşme, 4-Enzim aktivitesi 5 küf gelişimi, 6-Maya gelişimi,7-Bakterilerin gelişimi)

Sabit sıcaklıkta nem içeriğine karşılık gelen su aktivitesi verilerine sorbsiyon izotermi adı verilir (Raji & Ojediran, 2011; Shih, Daigle, & Champagne, 2011). Nemli katı madde veya sıvı çözelti, sabit sıcaklık ve bağıl nem ortamında hava ile temas ettiğinde nem kazanır veya kaybeder. Yeterli süre verildiğinde dinamik denge oluşur. Katı madde veya sıvı çözeltinin bağıl nemle dengede olan nem içeriği verileri sorpsiyon izotermlerini oluşturur (Dincer & Esin, 1996). Sorpsiyon izotermleri katı maddenin doğasına bağlıdır. Dolayısıyla her katı maddenin sorpsiyon izotermleri kendine özgüdür (Lazouk ve ark., 2015; Sormoli & Langrish, 2015). Gıda maddelerinin de içeriğine ve fiziksel özelliklerine göre sorbsiyon izotermleri çeşitlilik göstermektedir (Al-Muhtaseb, McMinn, & Magee, 2004).

Elde edilen izotermlerin matematiksel eşitliklerle ifade edilmesi için farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Bu eşitlikler arasında Brunauer–Emmett–Teller (BET),

Halsey, Oswin, Guggenheim-Anderson-de Boer (GAB), Kübik, Peleg, Henderson, Chung & Pfost, İglesias & Chiriffe ve Kuhn modelleri yer almaktadır (Boki & Ohno, 1991; Maskan & Göğüş, 1997) (Çizelge 2.2.).

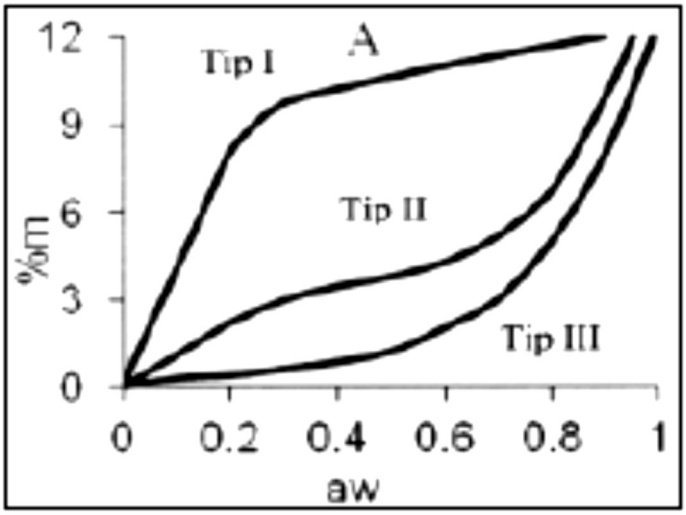
Çizelge 2. 2. Sorbsiyon izotermlerinin belirlenmesinde kullanılan bazı matematiksel modeller (Gamlı 2011, Tejada-Ortigoza, Garcia-Amezquita et al. 2017)

Eşitik adı	Denklem
BET	$M_e=M_oCa_w/[(1-a_w)\ (1-a_w+Ca_w)]$
Kübik	$M_e=A + Ba_w + Ca_w^2 + Da_w^3$
GAB	$M_e/M_o = C\ k\ a_w\ /[(1-ka_w)\ (1-k\ a_w\ +Ck\ a_w)]$
Peleg	$Me =Aa_w^B + Ca_w^D$
Oswin	$Me = A\ [(a_w/(1-a_w))]\ B$
Filonenko & Chuprin	$Me =A/(1-Ba_w) + C$
Kuhn	$Me =A(-Lna_w)\ B + C$

A, B, C, D, k modeldeki katsayılar
M_e denge nem içeriği, g su/100 g k.m
M_o tek tabaka nem değeri, g su/100 g k.m

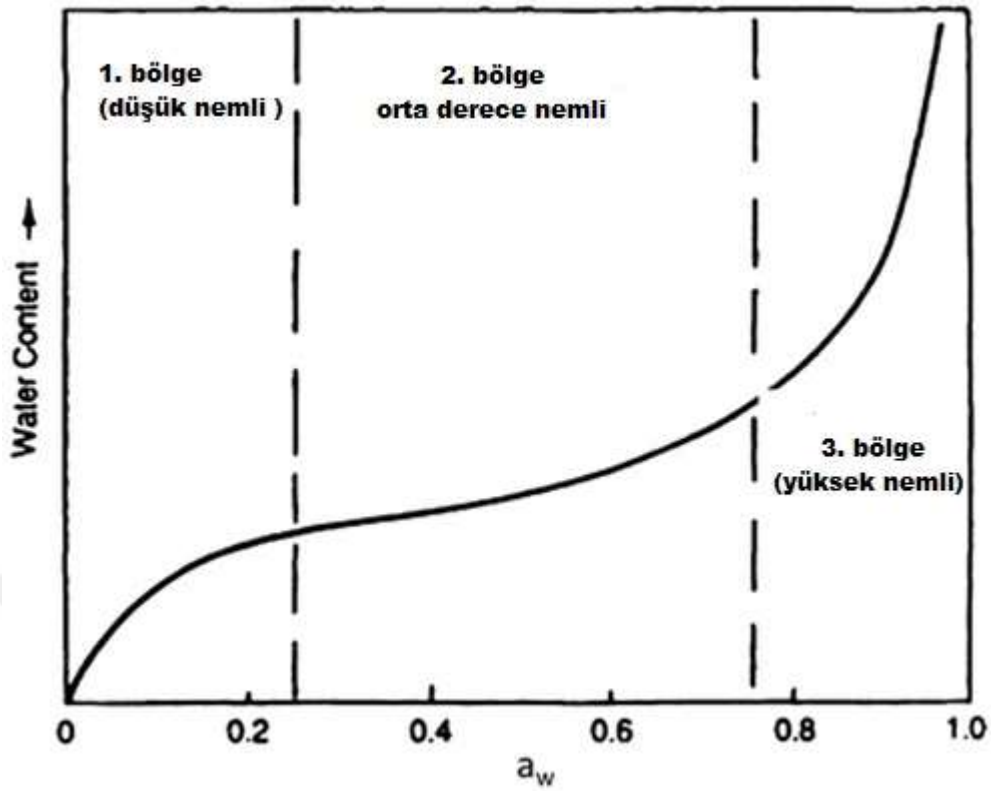
Sorpsiyon izotermleri Bruner-Emmet-Teller (BET) teorisine göre 5 tip olarak sınıflandırılmıştır (Basu, Shivhare, & Mujumdar, 2006; Brunauer, Deming, Deming, & Teller, 1940; Caurie, 2005) .

Organik maddeler genel olarak ilk üç tip izoterme uyarlar (Şekil 2.2.). Tip I olarak bilinen Langmuir izotermi tek tabaka adsorpsiyon için en basit teorik modeldir. Tip III izotermi (J tipi) (Şekil 2.2.), şekerler ve tuzlar gibi saf kristal katıların sorpsiyon izotermidir (Chirife & Iglesias, 1978). Gıdaların çoğu çok tabakalı su içeriğinden Tip II (S-tipi) izoterme uyarlar (Ahmat, Bruneau, Kuitche, & Aregba, 2014; Pantuso, Tolaba, & Aguerre, 2014) .



Şekil 2. 2. Gıdalarda görülen sorbsiyon izotermleri

Tip II izotermi üç bölgede incelenir ve gıdanın tek tabaka ve çoklu tabaka su içeriğini belirlemek için kullanılır (Ahmat ve ark, 2014; Murrieta-Pazos, Galet, Patry, Gaiani, & Scher, 2014). Tip II izotermine göre (Şekil 2.3.) birinci bölgede bulunan su gıdada tek sıra molekül tabakası halinde bulunur ve yapıya en sıkı bağlı sudur. İkinci bölgede çoklu tabaka oluşmaya başlar (Troller, 2012). Üçüncü bölgede ise su, tabakalı yerleşimden uzaklaşarak gıda maddesinin mikro boşluklarını ve kılcal sistemini doldurduğu için yığın suyu veya kapiler su olarak tanımlanır (Altamirano-Fortoul, Hernández-Muñoz, Hernando, & Rosell, 2015). İzotermin her üç bölgesinin büyüklüğü ve eğimi gıdaya bağlı olarak değişmekle birlikte, su ile gıda maddesi arasındaki ilişkilerin irdelenmesi açısından yarar sağlar (Navia, Aponte, & Castillo, 2013) (Martínez-Las Heras, Heredia, Castello, & Andres, 2014) (Argyropoulos, Alex, Kohler, & Müller, 2012) .



Şekil 2. 3.Gıdaların çoğunda görülen Tip II sorsiyon izotermi (Bourne, 2017)

2.3.2. Mikrobiyolojik faktörler

Badem ezmesinde yapılan çalışmalarda mikrobiyal yükün büyük ölçüde küf ve maya türlerinden oluştuğu, toplam koliform, *Eschericihia coli* ve *Bacillus cereus* gibi patojenik bakterilere ise pek rastlanmadığı görülmüştür (Baiano & Del Nobile, 2005; Çapanoğlu, 2002, 2015; Faid, Bakhy, Anchad, & TANTAOUI-ELARAKI, 1995). Çalışmalar sonucunda hâkim mikrofloranın osmofilik mayalar ve *aspergillus* türlerinden oluştuğu tespit edilmiştir. Badem ezmesindeki bu tür mikrobiyolojik riskler ürünün raf ömrünü kısaltmaktadır.

Bu tip ürünlerde bozulmanın başlıca nedeni, taze badem ezmesinin karakteristik tadının yerine istenmeyen bir lezzetin algılanmasında rol oynayan maya fermantasyonudur. Badem ezmesi gibi katı maddelere oksijen difüzyonu zor olduğundan ezmenin iç kısımları anaerobik koşullar altındadır. Bu koşullar bozulma etmeni mayalar tarafından kontamine olmuş gıdalarda şeker fermantasyonu sonucu istenmeyen kokuların gelişmesine ve ürünün lezzetinin bozulmasına neden olur (Faid, Bakhy, & Anchad, 1995). Ozmotolerant-bir maya olan *Debaryomyces hansenii* suşunun badem ezmesinde

istenmeyen (petrol kokusu) karakteristik tat ve aroma oluşumundan sorumlu olduğu tespit edilmiştir (Casas, Garrido, & Quintana, 1996).

2.4. GELENEKSEL BADEM EZMESİNİN RAF ÖMRÜNÜ ARTTIRMAK İÇİN KULLANILAN YÖNTEMLER

Ekonomik açıdan değerli bir ürün olan badem ezmesinin kalitesi ve raf ömrünün iyileştirilmesi için çalışmalar yapılmıştır. Çapanoğlu (2015) üründe zamanla meydana gelen ve istenmeyen değişimleri tespit ederek ürün formülasyonunda antioksidan ve maltoz şurubu kullanımının badem ezmesinin dayanıklılığı ve duyusal özellikleri açısından avantajlı olabileceğini göstermiştir. Faid ve ark. (1995) sorbik asidi badem ezmesinde bozulma etmeni olarak görülen mayaları inhibe etmek için kullanmışlar ve ortamda tarçın bulunduğunda sorbik asidin inhibe edici etkisinin artığını tespit etmişlerdir (Faid, Bakhy, & Anchad, 1995). Baiano ve ark. (2005) badem ezmesinin raf ömrünü uzatmak, oksidatif reaksiyonlar ve nem kaybından oluşan sertleşme problemlerini gidermek amacıyla uygun paketleme malzemesi üzerinde çalışmışlar, paketleme malzemesi olarak düşük molekül ağırlıklı maddelere karşı bariyer özelliğine sahip poli propilen-etilen vinil alkol kopolimer film önermişlerdir. Bu çalışmada bir grup badem ezmesi için yalnızca poli propilen-etilen vinil alkol kopolimer film kullanılmış, diğer grup badem ezmesi yine aynı paketleme malzemesi kullanılarak azot içeren modifiye atmosferde paketleme yapılmıştır. Sonuç olarak etilen vinil alkol içeren filmlerin oksijen ve nem geçişimine karşı iyi bariyer özellikleri taşıdığına ve modifiye atmosfere gerek olmaksızın badem ezmesinin raf ömrünü artırdığına karar vermişlerdir (Baiano & Del Nobile, 2005).

Benzer bir ürün olan antep fıstığı ezmesi ile yapılan bir çalışmada ürünler 4 °C ve 20 ° C de cam kavanozda, vakumlanmış ve vakumlanmamış poli propilen (PP) ambalajlarda olmak üzere 3 farklı şekilde depolanmıştır. Sonuç olarak 4 °C sıcaklığında depolanan örneklerin kimyasal özelliklerinin daha az değiştiğini gözlemleyerek buzdolabı koşullarında depolama öngörmüşlerdir. Cam kavanozda depolanan örneklerde ise pH değeri daha az değişim gösterdiği ve üründe meydana gelen nem kaybının PP ambalajlarda depolananlara göre daha az olduğu gözlenmiştir (Gamlı & Hayoğlu, 2007).

Badem ezmesinin raf ömrünün artırılmasına yönelik literatürdeki çalışmalar; formülasyonda yapılan değişiklikler, koruyucu katkı maddelerinin ilavesi, farklı ambalaj

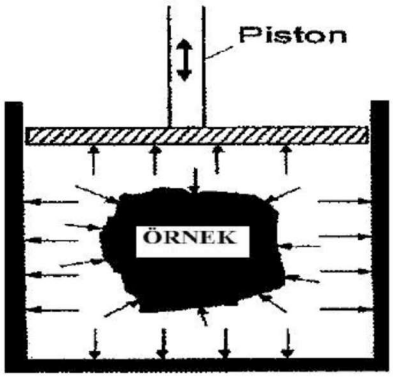
materyalleri ve modifiye atmosfer paketleme olarak özetlenebilir. Literatürde badem ezmesinin mikrobiyal yükünün yüksek hidrostatik basınç (YHB) yöntemi kullanılarak azaltılması ile raf ömrünün artırılmasına yönelik çalışma bulunmamaktadır.

2.5. YENİLİKÇİ GIDA MUHAFAZA YÖNTEMLERİ VE YÜKSEK HİDROSTATİK BASINÇ TEKNOLOJİSİ

Günümüzde gıdaları muhafaza etmek için yeni teknolojiler geliştirilmekte ve kullanıma açılmaktadır. Isıl işleme alternatif teknolojiler kullanıldıkları temel prensiplere göre fiziksel teknolojiler (yüksek hidrostatik basınç ve yüksek basınç homejenisazyonu), elektromanyatik teknolojiler (vurgulu elektrik alan, ohmik ısıtma, radyo frekans, mikrodalga ve UV ışınlama), akustik teknolojiler (ultrasonik) ve memran filtrasyon teknolojileri olarak özetlenebilir (Barba ve ark, 2018). Isıl işleme alternatif yeni teknolojiler kullanılarak mikroorganizmalar inaktive edildiğinde, ısıl işlemin neden olduğu vitamin ve antioksidanların bozunması sonucu besin değerindeki kayıplar, tekstürel ve duyusal özellikler açısından yüksek sıcaklıkların yol açtığı kalite kayıpları büyük ölçüde önlenebilmektedir (Ross, Griffiths, Mittal, & Deeth, 2003).

YHB soğuk pastörizasyon yöntemi olarak da bilinen ısıl işleme alternatif bir muhafaza yöntemidir (Spilimbergo, Elvassore, & Bertucco, 2002). YHB yönteminde gıdalardaki patojen mikroorganizmalar, oda sıcaklığında veya oda sıcaklıklarından daha düşük sıcaklıklarda (Bulut, 2014; H.-W. Huang, Wu, Lu, Shyu, & Wang, 2017) inaktive edilebilmektedir. Böylelikle, gıda maddesinin raf ömrü ısıl işlemin yol açtığı besin değeri ve kalite kayıpları en aza indirilerek uzatılabilmektedir.

YHB ile muhafazada temel prensip, gıdayı çevreleyen sıvıya uygulanan basıncın gıdanın her yönüne eşit olarak iletilmesidir (Şekil 2.4). Gıda maddesi sızdırmaz ve esnek bir pakete yerleştirildikten sonra bir basınç çemberinde basınca maruz bırakılır (Şekil 2.3.). Yüksek basıncın (100 - 600 MPa) aktarımı bir sıvı aracılığıyla sağlanır (Bermúdez-Aguirre & Barbosa-Cánovas, 2011). Böylece basınç gıdanın boyutuna, şekline bağlı kalmaksızın homojen ve hızlı bir şekilde gıda maddesine uygulanmış olur (Balasubramaniam, Martínez-Monteagudo, & Gupta, 2015).



Şekil 2. 4. HHP Şematik Gösterimi (Hinrichs, Rademacher et al. 1996)

2.6. YÜKSEK HİDROSTATİK BASINÇ TEKNOLOJİSİNİN TARİHÇESİ

Yüksek basınç uygulaması gıdalarda mikrobiyal inaktivasyon ve raf ömrünü artırmak için ilk kez 1899 yılında Hite tarafından kullanılmıştır (H.-W. Huang, Lung, Yang, & Wang, 2014). Hite ilk olarak oda sıcaklığında 10 dakika boyunca 680 MPa basınç altında, sütteki mikrobiyal yükün değişimini incelemiş ve mikrobiyal yükte 5 ile 6 logaritmik döngü azalma tespit etmiştir. YHB ile ilgili çalışmalar 1980'li yıllardan sonra giderek yoğunlaşmış ve çok sayıda araştırmacı bu teknoloji üzerinde incelemelerde bulunmaya başlamıştır (Kınık, Kavas, Uysal, & Kesenkaş, 2004).

YHB teknolojisi kullanılarak elde edilen ilk ticari gıda ürünleri 1990'lı yıllarda Japonya'da piyasaya sürülmüştür (Trujillo, Capellas, Saldo, Gervilla, & Guamis, 2002). YHB teknolojisi günümüzde gıda muhafazası için uygulanan en önemli ısıl işleme alternatif gıda muhafaza tekniklerinden biridir (Bermúdez-Aguirre & Barbosa-Cánovas, 2011). YHB ile işlem görmüş ürünlerden elde edilen gelir ise yaklaşık yılda 2,5 milyar dolardır (Balasubramaniam ve ark, 2015). Son yıllarda yüksek basınç sistemi için gerekli ekipmanın da gelişmesiyle yüksek basınç uygulamaları giderek hız kazanmaktadır (C.-Y. Wang ve ark, 2016). Avrupa, Kuzey Amerika ve özellikle Japonya'da meyve ve sebze suları, deniz ürünleri, işlenmiş et ürünleri gibi ticari ürünlerde yüksek basınç uygulamalarına rastlanmaktadır (H.-W. Huang ve ark, 2017).

YHB, gıdanın duyusal ve besinsel kalitesini korurken, gıdayı bozan mikroorganizmaları, patojen mikroorganizmaları ve enzimleri inaktive ederek etkisini göstermektedir (Chaikham, Rattanasena, Phunchaisri, & Sudsanor, 2017). Gıdaların

mikrobiyolojik kriterlerini belirleyen Amerika Ulusal Gıda Güvenliği Merkezi (USDA) yüksek basınç uygulamasını ısıl işleme alternatif soğuk pastörizasyon tekniği olarak tanımlamıştır. Ayrıca Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) ve ABD Tarım bakanlığı yüksek basınç uygulamasının gıdalarda kullanımını onaylamıştır (Barbosa-Cánovas & Juliano, 2008).

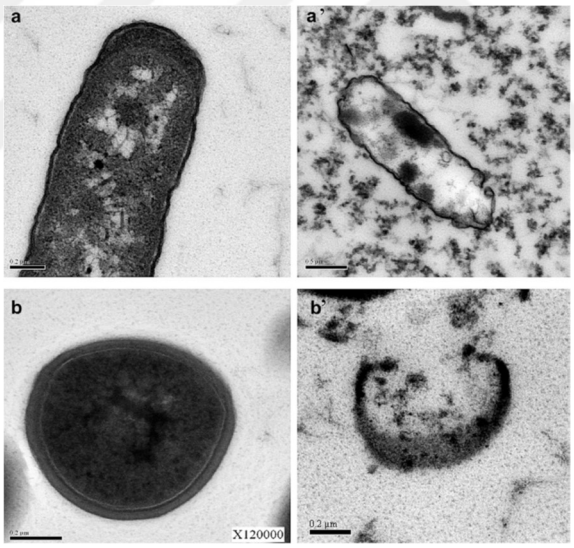
2.7. YÜKSEK HİDROSTATİK BASINÇ TEKNOLOJİSİNİN ETKİ MEKANİZMASI

Isıl işlemdeki sıcaklık parametresinden farklı olarak gıda maddesindeki herhangi bir mikroorganizma grubunu inaktive edebilecek basıncı tanımlamak zordur. Mikrobiyal yükü fazla olan gıda ürünlerinde, mikroorganizmalar arasında oluşan çoğunluk algılaması mekanizması (Quorum Sensing) aracılığıyla hücreler arasında biyofilm tabakası oluşabilir (Gülgör & Korukluoğlu, 2014). Yüksek mikrobiyal yüke sahip gıda ürünlerinde süreç etkinliğinin azalması çoğunluk algılaması mekanizması ile ilişkilendirilmiştir. Gıda maddesinin pH ve su aktivitesi değeri, asitlik derecesi, ortamda antimikrobiyal maddelerin bulunması, şeker ve yağ içeriği gibi karakteristik özellikleri de en etkin basınç-süre kombinasyonunun belirlenmesinde önem taşır (Georget ve ark., 2015) . Gıdanın pH değerinin mikroorganizmaların basınca karşı olan toleransını önemli derecede etkilediği bildirilmiştir (H.-W. Huang ve ark, 2014). Özellikle bakterilerin nötr pH değerlerinde basınca karşı daha dirençli olduğu pH artışı veya azalışının basınç direncini azalttığı belirtilmiştir (Bayındırlı, Alpas, Bozoğlu, & Hızal, 2006). Çevresel faktörler mikroorganizmaların basınç direncinde önemli rol oynasa da gıda maddesinin içeriği de mikrobiyal inaktivasyon için önemli bir etkendir. Gıdanın içerdiği bazı proteinler, şekerler, lipitler koruyucu etki sağlayarak yüksek basınca karşı bir direnç oluşturabilirler (Jordan, Pascual, Bracey, & Mackey, 2001).Yapılan bir çalışmada yüksek konsantrasyonlarda sukrozun *Bacillus cereus* sporlarını yüksek basıncın inaktivasyon etkisinden koruduğu bildirilmiştir (Smiddy ve ark., 2005).

Ürünün raf ömrü boyunca stabil kalabilmesi için gerekli olan basınç düzeyi ve etki süresi mikroorganizmanın türüne bağlıdır. Ökaryotik organizmaların yüksek basınç duyarlığı prokaryotik organizmalara göre daha yüksektir. Çoğu bakteri türünde ise gram pozitif bakteriler gram negatif bakterilere göre yüksek basınca daha göre daha dirençlidirler (H.-W. Huang ve ark, 2014). Vejetatif hücreler 200 ve 700 MPa arasında

düşük basınç uygulamalarıyla inaktive olurken bakteri sporları 1000 MPa ve üzerindeki basınçlarda dahi aktivitelerini sürdürebilirler (Arroyo, Sanz, & Prestamo, 1999). Küf sporları 400 MPa basınç uygulamasıyla inaktive olurken vejatatif formları ise 200-300 MPa basınçla inaktive edilebilir (Aymerich, Picouet, & Monfort, 2008).

Yüksek basınç mikroorganizmaların hücrelerindeki ATP sentezini engeller. Bu durum ATP sentezinde rol alan enzimlerin YHB uygulaması sonucunda inaktive edilmesi ile açıklanmaktadır (Yang ve ark., 2012). Yang ve ark. (2012) 500 MPa basınç uygulamasının *E. Coli* ve *Staphylococcus aure*us bakterilerinin hücre çeperi ve hücre zarında yapısal bozulmalara neden olduğunu, bunun sonucunda sitoplazma içinde kısmi boşluklar oluştuğunu ve basınç etkisiyle oluşan hücresel kopmalar sonucu hücre sıvısının sızdığını gözlemlemişlerdir (Şekil 2.5.)(Yang ve ark, 2012).



Şekil 2. 5. 30 dk. 500 MPA basınç uygulanmış *E. coli* ve S.aureus bakterilerinin hücre yapısında meydana gelen değişimlerin TEM görüntüsü.
a, işlem görmemiş *E.coli ;* a', işlem görmüş *E. coli;* b, işlem görmemiş *S. aureus*; b':işlem görmüş *S. aureus* (Yang ve ark, 2012)

BÖLÜM 3

MATERYAL VE METOT

3.1. MATERYAL

Bademler Tamkur Gıda Üretim Ambalajlama Pazarlama San. Tic. Ltd. Şti. firması, şeker ise Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş 'den tedarik edilmiştir.

Mikrobiyal sayımlar için Plate Count Agar, (PCA, Merck), Malt Extract Agar (MEA, Merck), Maximum Recovery Diluent (MRD, Merck), Tryptic Soy Broth (TSB, Merck), Dichloran glycerol Chloramphenicol (DG-18, Merck) ve Eosin Methylene-blue Lactose Sucrose Agar (EMB, Merck.) besiyerleri kullanılmıştır. Kullanılan besiyerleri üretici firmaların direktiflerine göre hazırlanmıştır.

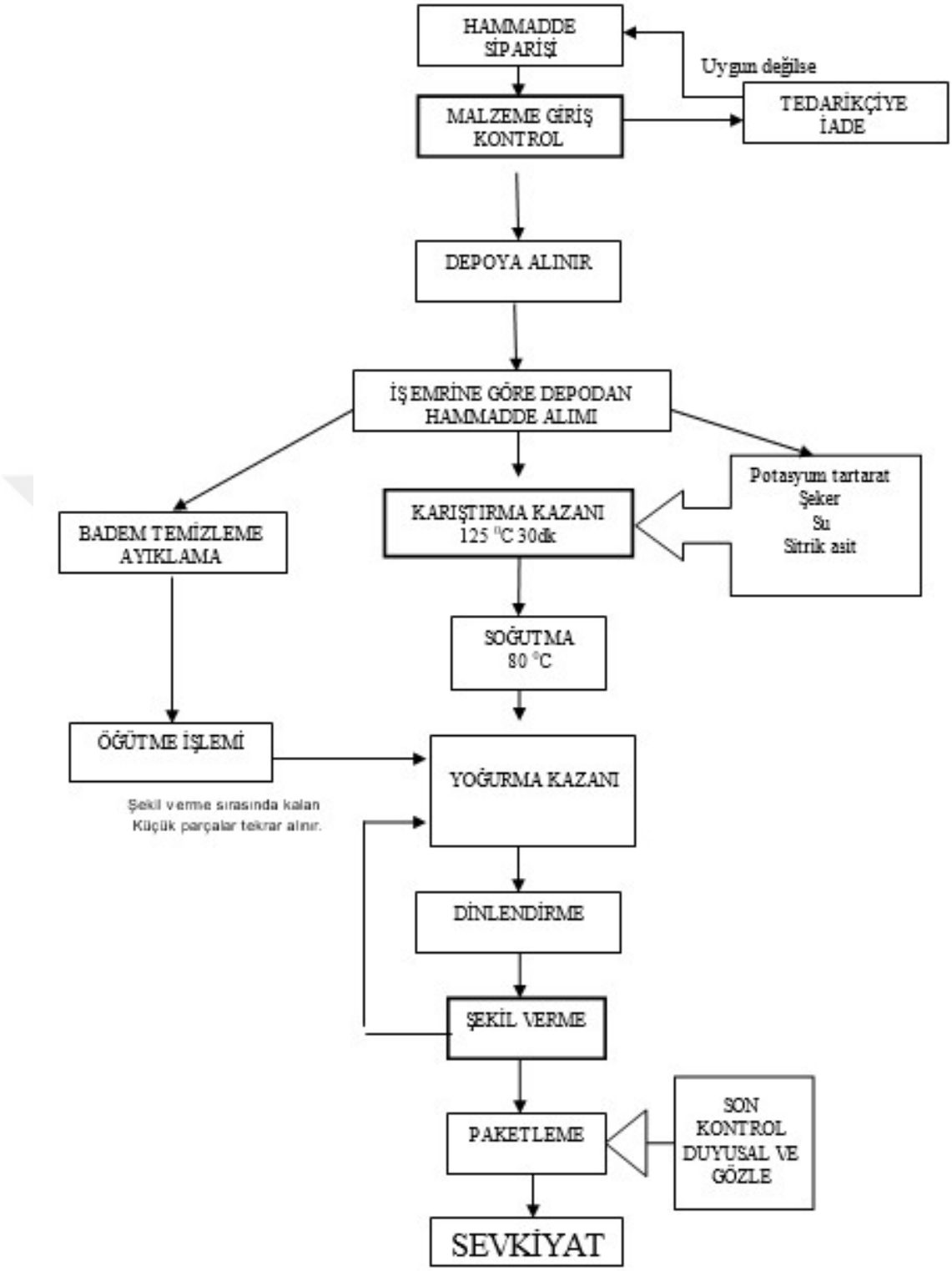
Analizlerde kulllanılan sükroz, gliserol, NAOH, CH_3COOK, K_2CO, $MGNO_3$, NACl, KCl, ve K_2SO_4 Merck firmasından temin edilmiştir.

Sorbsiyon eğrilerinin oluşturulmasında TİTO marka mikrokristalin selüloz kullanılmıştır.

3.2. METOT

3.2.1. Badem ezmesi üretimi

Badem ezmesi Edirne de bir şekerleme üreticisi olan Arslanzade firmasının olanakları kullanılarak üretilmiştir. İlk olarak yaklaşık 1 kg zarsız bademler ayıklanmış ve öğütülmüştür. 200 g su ,500 g şeker, 0,1 g sitrik asit ve 0,35 g potasyum tartarat kaynatılarak oluşan şeker şurubu 80 °C' ye kadar soğutulmuş ve öğütülmüş bademler şerbete eklenmiştir. Oluşan badem ezmesi hamuru dinlendirildikten sonra şekil verme işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1). Badem ezmesi üretiminde mikrobiyal gelişime karşı koruyucu herhangi bir katkı maddesi kullanılmamıştır.



Şekil 3. 1. Geleneksel badem ezmesi üretim akış şeması (Meriç,2018)

3.2.2. Badem ezmesinin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi

3.2.2.1. Nem tayini

Nem miktarı, TS 1201 EN ISO 1741 standardına uygun olarak vakumlu etüv (Nuve, EV018, Ankara, Türkiye) kullanılarak tayin edilmiştir (EN ISO 1741:1994). Homojen bir şekilde karıştırılarak hazırlanan örnekler, 70 °C'de vakum altında sabit tartıma ulaşılıncaya kadar kurutulmuş ve ürünün nem miktarı ağırlık kaybı cinsinden hesaplanmıştır.

3.2.2.2. Su aktivitesi ölçümü

Su aktivitesi tayin cihazı (Aqua Lab Dew Point Water Aktivity Meter, 4TE,USA) kullanılarak tayin edilmiştir. Bu amaçla örnekler (5 g) su aktivitesi tayin cihazı kaplarına konularak su aktivite değerleri 25 °C sıcaklıkta ölçülmüştür.

3.2.2.3. Badem ezmesinin nem sorbsiyon izoterminin belirlenmesi

Nem sorpsiyon izoterminin oluşturulmasında izopiestik yöntem kullanılmıştır (Gal, 2012; Labuza, 1984). Bu yöntemde farklı bağıl nem ortamlarını sağlamak amacı ile LiCl, CH_3COOK, $MgCl_2$, K_2CO_3, Mg $(NO_3)_2$, NaBr, NaCl, KCl ve $BaCl_2$ gibi doymuş tuz çözeltilerinden yararlanılır (Işıksal ve diğ., 2009). Bu çalışmada 25^0 C sıcaklığında nem sorpsiyon izotermi oluşturmak amacıyla NAOH, CH_3COOK, K_2CO, $MgNO_3$, NACl, KCl, K_2SO_4 'ın doymuş çözeltileri hazırlanmıştır (Çizelge 3.1) İçinde doymuş çözelti bulunan hava geçirmez kapların üst kısmına alttaki çözelti ile temas etmeyecek şekilde bir platform yerleştirilmiştir (Şekil 3.2). Badem ezmeleri ve referans madde olarak kullanılan mikrokristalin seluloz platform üzerine yerleştirilirmiş ve denge koşulları sağlanıncaya kadar (sabit tartım) beklemeye bırakılmıştır. Her çözelti için farklı bir kap hazırlanmış ve bu kaplara konan örnekler her gün tartılarak dengeye gelme süresi gözlenmiştir. Dengeye gelen örneklerde nem tayini yapılmış ve kuru bazda nem oranları hesaplanmıştır. Örneklerin denge anındaki kuru bazda nem yüzdeleri ve doygun çözeltilerin 25 °C deki su aktivitelerine karşılık gelen değerler kullanılarak nem sorpsiyon izotermi oluşturulmuştur.

Çizelge 3. 1.Sorbsiyon izoterminin belirlenmesinde kullanılan doygun tuz çözeltilerinin a_w değerleri (Fontana Jr 2007)

Doygun çözelti	a_w
NAOH	0,082
CH_3COOK	0,225
K2CO	0,432
$MGNO_3$	0,529
NACl	0,753
KCl	0,843
K_2SO_4	0,976



Şekil 3. 2.Sorbsiyon izotermi oluşturmak için kullanılan kaplar.

Sorbsiyon izotermlerinin matematiksel modellemesinde literatürde yer alan bazı eşitlikler kullanılmıştır (Al-Muhtaseb ve ark, 2004; Hayoglu & Faruk Gamli, 2007; Mok & Hettiarachchy, 1990) (Çizelge 2.2.). Lineer olmayan eşitliklerinin katsayılarının belirlenmesinde Matlab (R2018b) programı kullanılmıştır. Modellenen denklemlerin

sorbsiyon eğrilerine uygunluk derecelerinin belirlenmesi için regrasyon katsayıları kullanılmıştır.

3.2.3. YHB'ın mikrobiyal inaktivasyona etkisi

Süreç etkinliği, hem doğrudan işletme ortamında (Arslanzade, Edirne) üretilmiş olan badem ezmesi örnekleri üzerinde incelenmiş, hem de süreç etkinliğinin gözlemlenmesini kolaylaştırmak amacıyla mikrobiyal yükü *E. coli* inoküle edilerek artırılan badem ezmesi örnekleri üzerinde araştırılmıştır.

3.2.4. *E coli* kültürünün çoğaltılması

*E. coli (*ATCC 25922) saf kültürü 200 ml steril tryptic soy broth (TSB;Himedia, India) besiyerine inokule edilerek sabit fazda yaklaşık 10^9 kob /ml olacak şekilde 37 °C sıcaklıkta bir gece (yaklaşık 18 saat) çalkalamalı inkübatörde (Shin Saeng, Fine Tech, Kore) inkubasyona bırakılmıştır. Daha sonra santrifüjlenerek (5000 rpm, 5 dakika) stok çözeltide yaklaşık olarak $5x10^9$ kob /ml konsantrasyonda olacak şekilde steril fosfat tampon çözeltiye (PBS,pH 7.1) aktarılmıştır.

3.2.5. Badem ezmelerinin İnokulasyonu

Badem ezmeleri, *E. coli* ATCC 25922 saf kültüründen hazırlanan stok çözeltiden yaklaşık 1000 g badem ezmesine (Arslanzade, Edirne) 25 ml olacak şekilde inokule edilmiş ve homojen dağılım sağlanması için steril stomaher poşetlerinde (ısı ile kapatıldıktan sonra) elle yaklaşık 10 dakika boyunca ezilerek karıştırılmıştır.

3.2.6. Badem ezmesinin yüksek hidrostatik basınç uygulamasına hazırlanması

Hava ve su geçirmesini önlemek için steril plastik filmlere (Poliamid / Polietilen, Saran Plastik Ltd., Duzce, Turkiye) yerleştirilen badem ezmesi örnekleri (10 g) vakum paketleme makinası (model MV – 20 Lipovak Ltd. Gebze, Türkiye) paketlenmiştir. Yüksek basınç uygulaması boyunca transfer sıvısının örneklere sızmasını önlemek amacıyla örneklere ikinci kez vakum paketleme uygulanmıştır.

3.2.7. Yüksek hidrostatik basınç sistemi

Basınçlama denemeleri için 50 mm iç çap ve 0,7 L çalışma hacminde bir basınçlama haznesine sahip olan yüksek basınç cihazı (model MSE-CIP-WB-5500, MSE Teknoloji Ltd., Gebze, Türkiye) (Şekil 3.3) kullanılmıştır. Sistemdeki basınç aktarımı propilen glikol (Kimetsan Co., Ltd., Ankara, Türkiye) katılmış su ile sağlanmıştır. Basınç çemberi ve içerisindeki sıvının sıcaklığı ise soğutucu sirkülatöre (model RE1050S, Lauda Dr. R. Wobser GmbH & Co.KG., Almanya) bağlı, basınç kabını çevreleyen bobinler ile sağlanmıştır (Bulut, 2014).



Şekil 3. 3.Yüksek hidrostatik basınç cihazı (Trakya Üniversitesi, Edirne)

Örnekler basınç çemberine yerleştirildikten sonra basınç istenilen seviyeye (300 MPa- 475 MPa) yaklaşık olarak 6 MPa / s hızla yükseltilmiştir. İstenilen süre boyunca basınçlama işlemi uygulandıktan sonra basınç boşaltma vanası açılarak basınç aşamalı olarak düşürülmüştür. Basınçlama işlemi sırasında iç sıcaklık basınç çemberi kapağında bulunan ısıl çift aracılığıyla gözlemlenmiştir.

3.2.8. Badem ezmesine yüksek hidrostatik basınç uygulanması

Paketlenen örneklere uygulanacak YHB işlemi için gerekli olan deneysel veriler Döndürülebilir Merkezli İstatistiksel Tasarım (Rotatable Centred Composite Statistical Design) deneme planı izlenerek elde edilmiştir. Deneme planı modellemesi Design-Expert v11 (Stat-Ease, Inc. Minneapolis, USA) yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.3). Yanıtlar ile değişkenler arasındaki matematiksel modelleme için iki numerik faktör ve bunların alt ve üst seviyeleri yapılan literatür taramalarından yola çıkılarak Çizelge 3.2.'deki gibi belirlenmiştir. İşlem sonunda tüm örnekler, mikrobiyolojik, tekstürel ve duyusal analizler ile renk ölçümü yapılmak üzere oda koşullarında 105 gün bekletilmiştir.

Çizelge 3. 2.Yüksek Hidrostatik Basınç deneme planı için belirlenen işlem parametreleri ve değerleri

FAKTÖRLER	BAĞIMSIZ DEĞİŞKENLER	DEĞİŞKEN SEVİYELERİ		
		-1	0	1
X_i	BASINÇ DÜZEYİ	350	400	450
X_j	SÜRE	5	10	15

İnoküle edilmemiş örneklerle yapılan denemeler sonucu mikrobiyal yükteki değişim, renk ve tekstürel özelliklerdeki değişimler, inoküle edilen örneklerde ise *E. coli* sayısında meydana gelen değişimler ile basınç düzeyi ve basınçlanma süresi arasındaki ilişkiyi ifade eden tepki değerlerini yorumlamak için Design Expert V11 paket programı kullanılmıştır

Çizelge 3. 3.Design-Expert v11 Yazılımı İle Oluşturulan Yüksek Hidrostatik Basınç işlemi Deneme Planı

Deney no	ZAMAN (dk)	BASINÇ (Mpa)
1	10	329,3
2	2,9	400
3	10	400
4	10	400
5	5	350
6	10	400
7	15	450
8	10	470
9	10	400
10	10	400
11	5	450
12	17,1	400
13	15	350

2 değişkenli 2 seviye değerli döndürülebilir merkezli deneysel tasarımda elde edilen tepkilerin değerlendirilmesinde (3.1) 'de verilen denklemden yararlanılmıştır (Box & Draper, 1987).

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{n} \beta_i X_i + \sum_{i=1}^{n} \beta_{ii} X_i^{\,2} + \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \beta_{ij} X_i X_j \qquad (3.1)$$

Burada;

y : Sistemin tepkisini,

β_0 : Model sabiti

$\beta_i, \beta_{ii}, \beta_{ij}$: Değişken katsayılarını

X_i, X_j : Kodlanmış bağımsız değişkenleri ifade etmektedir.

3.2.9. Mikrobiyal sayımlar

3.2.9.1. *E. coli* sayımı

E. coli sayımı EMB besiyeri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İnokule edilen badem ezmeleri örneklerinden 10^{-9} oranında seyreltmeler MRD ile hazırlanarak damlatma yöntemiyle (0,05 ml) EMB besiyerine ekim yapılmıştır. Çalışmalar iki paralel olarak yürütülmüştür. *E. coli* sayısı 37 °C sıcaklığında 48 saat inkübasyon sonucunda, menekşe renkli ve yansıyan ışıkla yeşilimsi metalik parlak görülen koloniler sayılarak logaritmik olarak ifade edilmiştir

3.2.9.2. Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı

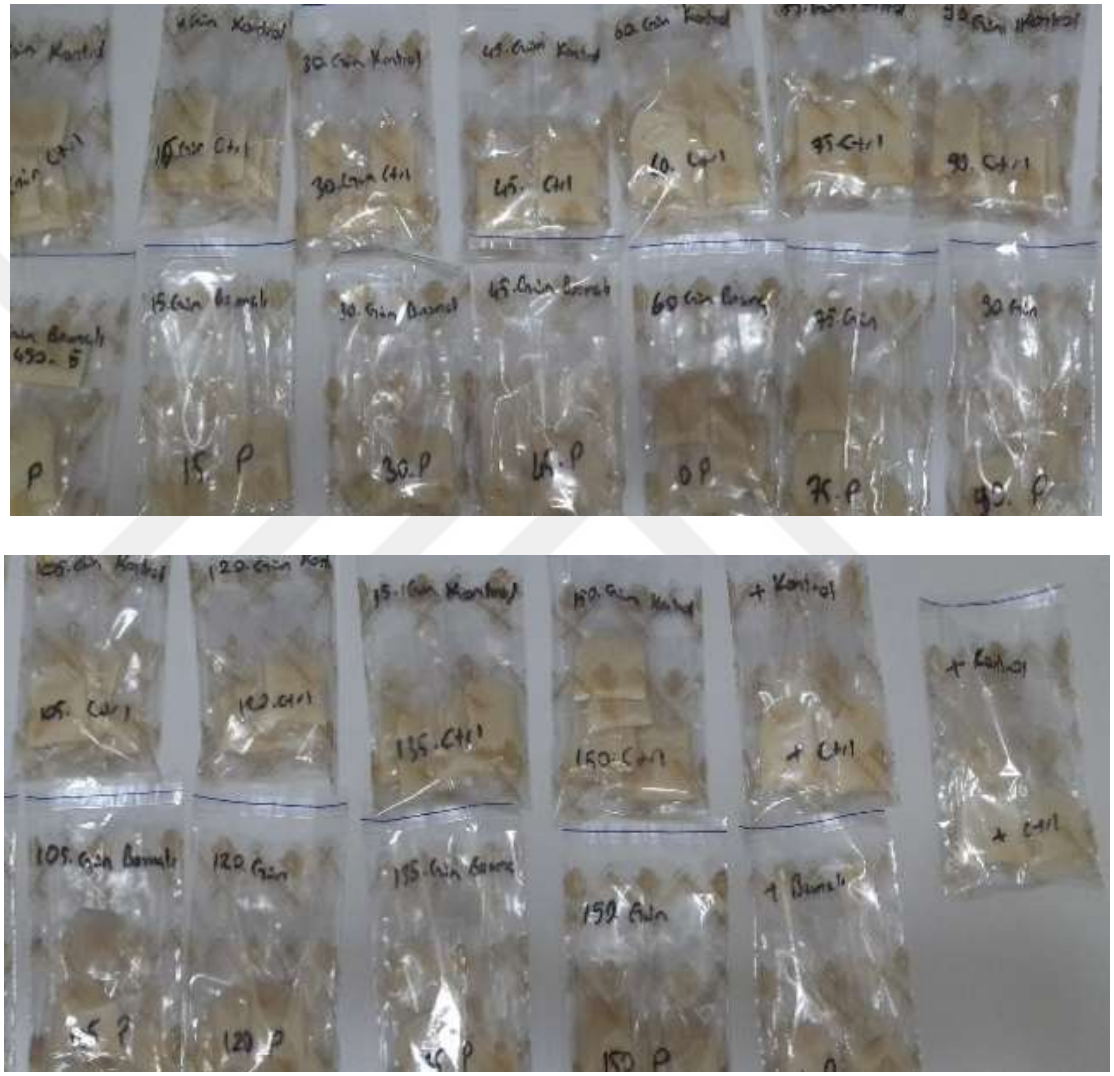
Toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayımı Plate Count Agar (PCA) besiyeri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Badem ezmesi örneklerinden 10^{-6} oranında seyreltmeler MRD ile hazırlanarak, damlatma yöntemiyle (0,05 ml) PCA besiyerine ekim yapılmıştır. Çalışmalar iki paralel olarak yürütülmüştür. TMAB sayısı 37 °C sıcaklığında 48 saat inkübasyon sonucunda kob/ml cinsinden ifade edilmiştir.

3.2.9.3. Toplam küf-maya sayımı

Kontrol örnekleri ve basınçlanmış örnekler (10 g) 90 ml peptonlu su ile karıştırılmış ve 300 devirde 30 s boyunca stomacher cihazında (model Seward 400, UK) homejenize edilmiştir. Peptonlu su ile homejenize edilen örneklerin seri dilüsyonları hazırlanmıştır. Hazırlanan seyreltmelerde zerofilik küf sayısı (ISO 21527-2:2008) 25 °C'de 5 gün inkubasyon sonucunda içerisinde gliserol ilave edilmiş Dichloran Glycerol (DG 18) Agar kullanılarak, osmofilik maya sayısı (Harrigan & McCance, 1976) ise 30°C'de 5 gün inkübasyon sonucunda (2. Gün kontrol etmek koşuluyla) %20 sukroz içeren malt extract agar kullanılarak belirlenmiştir. Çalışmalar iki paralel olarak yürütülmüştür. Badem ezmesi örneklerinin mikrobiyal yüklerindeki değişimler logaritmik olarak ifade edilmiştir.

3.2.10. Raf ömrü boyunca badem ezmelerinin fiziksel ve duyusal özelliklerinde ve mikrobiyal yükünde meydana gelen değişimlerin belirlenmesi

Badem ezmelerinin (Şekil 3.4.) oda koşullarında depolama süresince TMAB, maya ve küf sayımı ile birlikte, renk, tekstür, pH ve duyusal analizleri yapılmıştır.



Şekil 3. 4. YHB uygulanmış örnekler ve kontrol örnekleri

3.2.10.1. Renk analizi

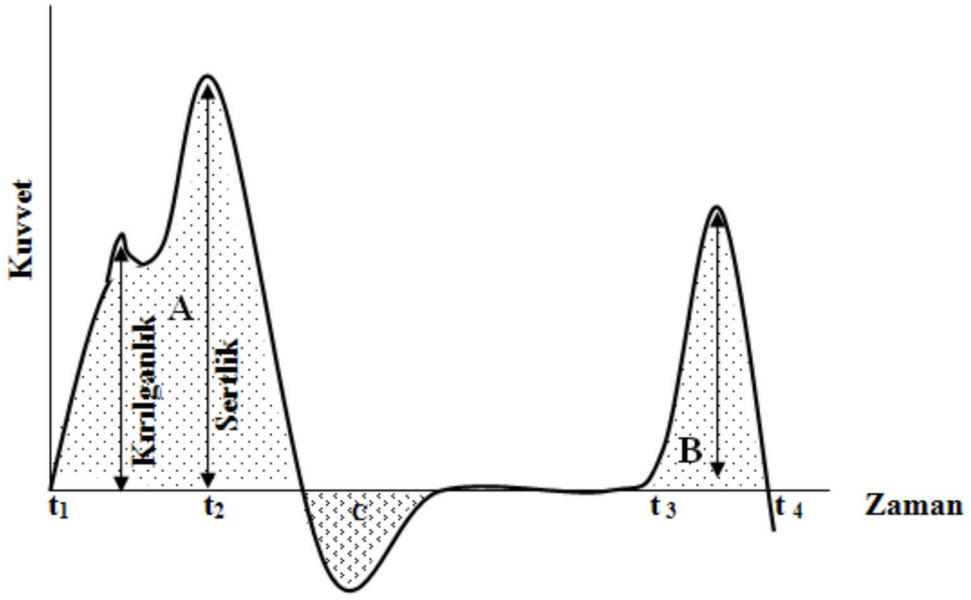
Kontrol ve basınçlanmış örneklerin renk ölçümü Konica Minolta renk ölçüm cihazı (model CM-5, Minolta Co., Ltd., Osaka,Japan) kullanılarak yapılmıştır. Ölçümler

0,3 cm açıklık kullanılarak her bir örnek için üç kez tekrarlanarak gerçekleştirilmiştir. CIE L* (parlaklık), a* (kırmızılık) ve b* (sarılık) her örnek üzerinde üç kez ölçülmüş ve üç okumanın ortalaması kaydedilmiştir. Renk koordinatları CIE-LAB sistemindeki Parlaklık (L*), kırmızılık (a*) ve sarılık (b*) olarak gösterilmiştir. Toplam renk farklılığı (ΔE) aşağıdaki bağıntı kullanılarak hesaplanmıştır (Jung ve ark. 2003). Araştırmalar işlem görmemiş kontrol örnekleriyle karşılaştırmalı olarak yürütülmüş ve ΔE hesaplanması için (3.2.), raf ömrü başlangıcındaki basınçlanmamış örneklerin renk değerleri kullanılmıştır.

$$\Delta E = [(L^*-L_0)^2 + (a^*-a_0)^2 + (b^*-b_0)2]^{1/2} \qquad (3.2.)$$

3.2.10.2. Tekstür profil analizi

Badem ezmesi örneklerinin tekstür profil analizi tekstür analiz cihazı (stable Micro systems, UK) ile yapılmıştır. Tekstür analiz cihazına bağlanan iki plaka arasında badem ezmesi örnekleri (Ø2cm x 2,5 cm) 3 cm çaplı dairesel probla 80 mm yükseklikten % 25 sıkıştırma oranıyla arka arkaya iki kez sıkıştırılarak, cihaza ait özel yazılım aracılığıyla badem ezmesi örneklerinin sertlik, esneklik, çiğnenebilirlik, yapışkanlık, sakızımsılık, sıkıştırılabilirlik değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 3. 5.Tektür profil analizi ile ölçülen parametreler (Bourne 1990) *(*Kohezyon = B/A, Yapışkanlık =C, Esneklik = $(t_2 - t_1) / (t_4 - t_3)$, Sakızımsılık = Sertlik x Kohezyon, Çiğnenebilirlik = Sakızımsılık x Esneklik)

3.2.10.3. pH analizi

Badem ezmesi örnekleri elle homojen bir şekilde yoğurularak pH değerleri katı proplu dijital pH metre (Mettler- Toledo, İsviçre) ile ölçülmüştür. Ölçümler her bir örnek için üç kez tekrarlanarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.10.4. Duyusal analiz

Depolama sonucu yüksek basınç uygulanmış badem ezmelerinde meydana gelen lezzet değişimleri duyusal açıdan tanımlayıcı analiz tekniği kullanılarak yorumlanmıştır. Kontrol örnekleri ve yüksek basınç uygulanmış, mikrobiyolojik açıdan güvenli kabul edilen örneklerin değerlendirilmesi için, üç oturumda gerçekleştirilen panelde, panelistlerden 0 (yok) – 7 (kuvvetli) skalasını kullanmaları istenmiştir (Ek 1). Bu amaçla duyusal testlere başlamadan önce panelistler badem ezmesinin lezzet karakteristikleri ve tanımlamaları (Ek 2) ile bilgilendirilmiştir.

3.2.11. İstastiksel değerlendirme

Design Expert v11 yazılımı (Stat-Ease, Inc. Minneapolis, USA) yazılımı kullanılarak merkezi kompozit tasarım ile belirlenen sıcaklık-süre kombinasyonlarına mikrobiyel unsurların tepkileri, renk, tekstür ve duyusal tepkiler etkileşimli doğrusal istatistiksel model

$$Y=A+Bx+Cy+Dx^2+Ey^2+Fxy \qquad (3.3.)$$

Kullanılarak incelenmiştir. İstatistiksel analizler için anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ için ayarlanmış ve her değişkenin önemi F-testi ile değerlendirilmiştir. Standart sapmalar Microsoft Excel 2016 analysis toolpack kullanılarak hesaplanmıştır.

Matlab (R2018b) programı kullanılarak lineer olmayan eşitliklerin katsayıları bulunmuş ve sorbsiyon eğrilerinin model denklemlere uygunluk derecelerinin belirlenmesi için regrasyon katsayıları kullanılmıştır.

BÖLÜM 4

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

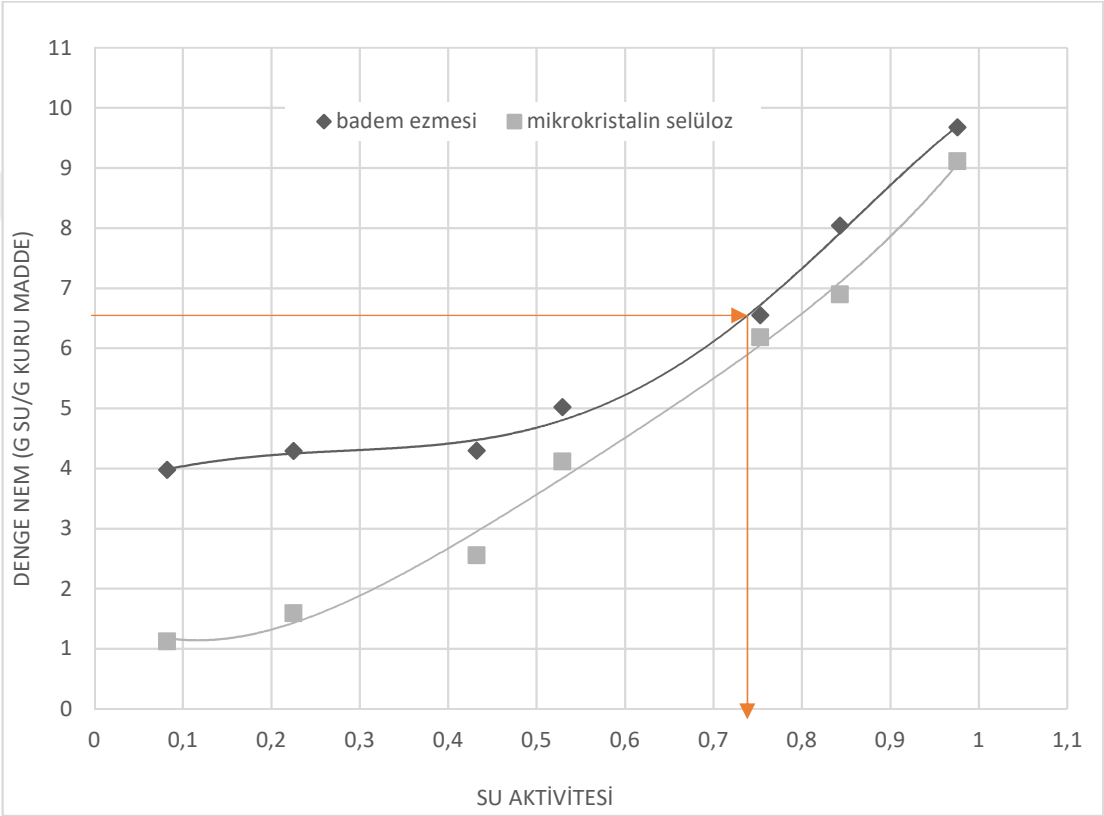
4.1. BADEM EZMESİNİN NEMLE İLGİLİ FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Nem tayini sonucunda taze badem ezmesinin %6,58 ± 0,46 (kuru bazda) nem içerdiği tespit edilmiştir. Bu neme karşılık su aktivitesinin 0,74 olduğu Şekil 4.1'de gösterilen sorbsiyon izoterminden anlaşılmaktadır. Su aktivite tayin cihazıyla teyit amacıyla yapılan ölçümler sonucunda (25 °C) taze badem ezmesinde a_w 0,71 ±0,02 olarak ölçülmüştür. Bulunan bu değerler birbiri ile uyumlu olduğundan mikrobiyolojik değerlendirme ve yorumlar için a_w değeri 0,74 olarak alınmıştır. Bu değere göre badem ezmesi öngörüldüğü şekilde orta derece nemli gıda (Bourne, 2017; Troller, 2012) tanımına uymaktadır ve bakteriyel bozulmalara karşı dayanıklı olmasına rağmen küf ve maya gelişimine açıktır.

Badem ezmesinin gıda maddelerinin çoğunda görülen (Ahmat ve ark, 2014; Pantuso ve ark, 2014) tip II izoterme uyduğu görülmektedir (Şekil 4.1). Elde edilen sorbsiyon izotermine göre, üretimden hemen sonra badem ezmesinde bulunan suyun çok tabakalı su olduğu anlaşılmaktadır.

Badem ezmesinin sorbsiyon izotermlerinin ifade edilmesinde en uygun modelin BET modeli olduğu (R^2 = 0,9745, Çizelge 4.1.) ve modele göre belirlenen tek tabaka su değeri M_0 = 1,6326 g su / 100 g kuru madde olarak bulunmuştur. Bu değer yapı tarafından çok sıkı bir şekilde adsorbe edilmiş ve kimyasal reaksiyonlara giremeyen su değeridir. Tek tabaka su düzeyinde, başta enzimatik reaksiyonlar olmak üzere; enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları, aroma bileşenleri ve lipitlerin oksidasyon reaksiyonları ya çok yavaşlar veya tamamen durur (Menkov & Dinkov, 1999). Eşitlikte bulunan C sabiti tek tabakanın adsorbsiyon ısısıyla ilgili bir sabittir (Chirife & Iglesias, 1978) ve bu

parametrenin büyüklüğüne göre farklı sorbsiyon izoterm tipleri elde edilir. Eğer C parametresi büyük bir değerse BET modeli sınıflandırmasına göre gıdalarda en çok rastlanan Tip II (S tipi) izoterm elde edilir (Roman, Urbicain, & Rotstein, 1982). Badem ezmesinde BET model parametrelerine bakıldığında (Çizelge 4.1.) C değeri 35,69 gibi büyük bir değer bulunmuş ve belirlenen sorbsiyon izotermine bakıldığında (Şekil 4.1.) Tip II izoterm oluşturulduğu gözlenmiştir.



Şekil 4. 1.Badem ezmesi ve mikrokristalin selülozun nem sorbsiyon izotermleri

Mikrokristal selüloz ise GAB ve BET modeline uygunluk göstermiştir. (R^2 = 0,9878, R^2 = 0,9738, Çizelge 4.1.) BET modeli organik maddelerin Şekil 2.1. 'de gösterilen ilk üç tip izoterme uyduğunu belirtmektedir (Caurie, 2005). Buna göre mikrokristal selüloz için belirlenen izotermde (Şekil 4.1.) şekerler ve tuzlar gibi saf kristal katıların oluşturduğu Tip III (j tipi) izoterm gözlenmiştir (Chirife & Iglesias, 1978). Standart olarak kullanılan mikrokristal selüloz için elde edilen verilerin literatür verileriyle (Roja, Moren, & Lopez, 2011) uyum içinde olması, badem ezmesi için elde

edilen sorpsiyon izoterminin deneysel hata payı çerçevesinde badem ezmesine özgü davranış biçimini temsil ettiğini göstermektedir.

Çizelge 4. 1. Badem ezmesinin nem sorbsiyon izotermine bağlı olarak elde edilen model sabitleri ve regrasyon katsayıları

		KATSAYILAR	
EŞİTLİK ADI		BADEM EZMESİ	MİKROKRİSTALİN SELÜLOZ
KÜBİK	A	60,685	42,0365
	B	0,002079	-2,647
	C	0,0000	-0,4697
	D	-0,568	0,6741
	R^2	0,688	0,7236
FLONENKO &CHUPİN	A	0,55026	-0,68367
	B	0,28686	5,2947
	C	39,386	69,3214
	R^2	0,606	0,661
BET	C	35,69	25,364
	M_0	1,6326	0,456
	R^2	0,9745	0,9738
KUHN	A	27,02	32,361
	B	0,8563	1,693
	C	123,02	56,321
	R^2	0,926	0,863
GAB	C	40,89	21,3
	K	3,2667	0,7
	M_0	2,0328	0,12
	R^2	0,9256	0,9878
PELEG	A	47,98	32,136
	B	-0,8163	2,3146
	C	36,89	-25,369
	D	1,35	-2,639
	R^2	0,673	0,623

4.2. BADEM EZMESİNİN MİKROBİYAL YÜKÜ

Geleneksel olarak işletmede üretilen taze badem ezmesinin, 3.6 x 10^3 ±1,08x 10^3 kob/g TAMB, 4.8 x 10^3 ±2,52 x10^3 kob/g osmofilik maya ve 70 ±5,77 kob/g zerofilik küf içerdiği saptanmıştır. Tük Gıda Kodeksi mikrobiyolojik kriterler tebliğine göre şekerli ürünlerde toplam maya küf sayısı < 10^3 olarak belirtilmiştir (Kodeksi, 2000). Bu değerler açısından badem ezmesi örneği tüketilebilir nitelikte olmakla birlikte maya ve küf sayısının tebliğde belirtilen kriterlerden yüksektir. Su aktivitesine göre bakteriyel gelişme beklenmemekle birlikte, maya ve küflerin badem ezmesinin raf ömrü sınırlayabileceği anlaşılmaktadır.

4.3. YHB'IN MİKROBİYAL YÜKE ETKİSİ

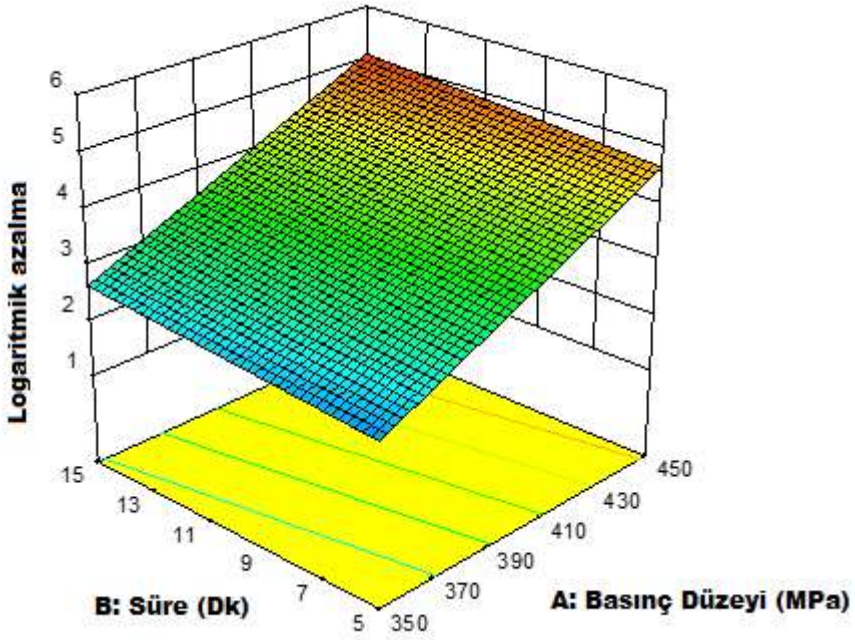
Badem ezmesinin a_w değeri 0,74 olduğu için mikrobiyal açıdan bakteriyel gelişmeyi desteklemeyeceği öngörülmekle birlikte, badem ezmesinde tespit edilen 3.6 x 10^3 ±1,08 x 10^3 kob/g TAMB'nin yüksek basınçtan nasıl etkileneceği önem arz etmektedir. Bunun nedeni tespit edilen bu bakteriyel popülasyon içerisinde patojenlerin bulunabilme ihtimalidir. Bu amaçla YHB'ın bakteriler üzerinde etkisini artırmak amacıyla yapılan ön denemeler sonucunda, basınçlanmış örneklerde bakteriyel gelişme gözlenmemiştir (Minimum tespit sınırı 100 kob/g). Bu nedenle bakteriyel yükü *E. coli* inokule edilerek artırılan örneklerle çalışılarak YHB'ın bakteriler üzerine etkisi araştırılmıştır.

4.4. *E. Coli* İNOKÜLE EDİLMİŞ ÖRNEKLERDE TEPKİ YÜZEYİ İLE YHB'IN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Yaklaşık 10^8 kob/g düzeyinde *E. coli* inokule edilmiş badem ezmesinin farklı basınç- işlem süresi kombinasyonlarında yüksek basınç işlemine tabi tutulması sonrasında mikrobiyal yükte meydana gelen azalmalar tepki yüzeyi olarak Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Tepki yüzeyinden anlaşılacağı üzere, artan basınç *E. coli* inaktivasyonunu önemli ölçüde artırırken ($p < 0,0001$), basınçlama süresinin 5 dakikadan 15 dakikaya artırılması istatistiksel olarak ($p < 0,3090$) mikrobiyal yükte anlamlı bir artışa neden olmamıştır. *E. coli* sayısındaki en yüksek azalma 450 MPa basınçta elde edilmiş olup, bu basınçta 5 ve 15 dakikalık işlem sonucunda sırasıyla 4.3 ve 4.6 logaritmik ünite azalma kaydedilmiştir. Elde edilen tepki yüzeyi doğrusal modele uymuş ($p > 0.0001$) ve

logaritmik azalmayı basınç ve işlem süresi ile ilişkilendiren aşağıdaki denklem elde edilmiştir:

Logaritmik azalma (log kob/g) = 3.67 + 1.22 A + 0.21 B



Şekil 4. 2.*E. coli* inokule edilen örneklerin yüksek hidrostatik basınç işlemi sonrası *E. coli* sayısındaki azalma ile basınç düzeyi ve basınçlama süresi arasındaki ilişkiyi gösteren tepki yüzeyi. (A: Basınç düzey, B: Süre)

4.5. İNOKÜLE EDİLMEMİŞ ÖRNEKLERDE TEPKİ YÜZEYİ İLE YHB'IN ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Mikrobiyal yükünün yüksek olduğu öngörülen raf ömrü sonuna yakın bir partiden alınan badem ezmesi örnekleri ile yapılan basınçlama denemeleri sonucunda osmofilik maya (OM), zerofilik küf (ZK) ve toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısında meydana gelen değişiklikler Çizelge 4.2.'de gösterilmiştir. Tüm basınçlama parametrelerinde ZK sayısı minimum tespit sınırının (<10 kob /g) altına düşmüştür. OM sayısında (1.5-2.3 logaritmik ünite), önemli sayılabilecek azalmalar kaydedilirken en yüksek bakteriyel inaktivasyon 400 MPa 'da 17 dakikalık işlem sonucunda 0,8 log azalma olarak kaydedilmiştir.

Mikroorganizmaların YHB ile inaktivasyonunun sıvı gıdalarda (meyve suyu, süt vb.), yarı katı gıdalara kıyasla daha etkin olduğu bilinmektedir (Norton & Sun, 2008; Tassou, Galiatsatou, Samaras, & Mallidis, 2007). Badem ezmesi üzerinde YHB ile yapılan bir çalışma olmadığından sonuçların karşılaştırılması mümkün olmamakla birlikte, mikrobiyal yükte kaydedilen sınırlı azalma badem ezmesinin yarı katı (vizkoelastik) bir gıda olması ile açıklanabilir. Literatürde, vizkoelastik yapısından dolayı badem ezmesiyle kıyaslanabilecek ekmek hamuru ve çikolata ile yapılan çalışmalara rastlanmıştır (Bárcenas, Altamirano-Fortoul, & Rosell, 2010). Ekmek hamuruyla yapılan bir çalışmada 2 dakika süreyle 250 MPa basınç uygulamasının TAMB, maya ve küf sayısını yaklaşık 0,5 logaritmik ünite azalttığı bildirilmiştir. Çikolata ile yapılan bir çalışmada ise farklı işlem süresi ve basınç kombinasyonlarında YHB uygulanan örneklerin depolama süresince mikrobiyal aktiviteleri takip edilmiş ve 2,5 dakika süreyle 500 MPa basınç uygulanan örneklerdeki maya ve küf gelişiminin 1,5 dakika süreyle 400 MPa basınç uygulanan örneklere göre 2,54 logaritmik ünite daha az olduğu görülmüştür (Dias, Coelho, Alvarenga, Duarte, & Saraiva, 2018). Cheon ve ark (2016) 5 dakika süresince 600 MPa basınç uygulanan esmer pirinçlerde TAMB sayısını yaklaşık 3 logaritmik ünite azaltmışlardır (Cheon, Lim, Cho, & Hwang, 2016) .

Çizelge 4. 2. İnokule edilememiş örneklerde yüksek hidrostatik basınç işlemi sonrası mikrobiyal yükteki değişimi

BASINÇ	ZAMAN	Zerofilik küf (Kob)/g	Osmofilik maya (Kob)/g	Toplam aerobik mezofilik bakteri (Kob)/g
Kontrol		150	$3,98x10^4$	$3,16x10^4$
329	10	<10	$1,0x10^3$	$1,25x10^4$
400	3	<10	$7,94x10^2$	$1,0x10^4$
400	10	<10	$5,01x10^2$	$1,0x10^4$
400	10	<10	$5,01x10^2$	$7,94x10^3$
350	5	<10	$7,94x10^2$	$1,99x10^4$
400	10	<10	$3,98x10^2$	$1,58x10^4$
450	15	<10	$7,94x10^2$	$7,94x10^3$
470	10	<10	$2,0x10^2$	$5,01x10^3$
400	10	<10	$7,94x10^2$	$1,0x10^4$
400	10	<10	$7,94x10^2$	$7,94x10^3$
450	5	<10	$6,31x10^2$	$7,94x10^3$
400	17	<10	$1,26x10^3$	$5,01x10^3$
350	15	<10	$6,31x10^2$	$1,58x10^4$

YHB etkinliğinin süre – basınç kombinasyonu ile ilişkili olduğu bilinmektedir (Rendueles ve ark., 2011). Buna paralel olarak yaptığımız çalışmada da mikrobiyal yüklerdeki en yüksek inaktivasyonun 470 MPa basınçta olduğu görülmektedir (Çizelge 4.2.).

Badem ezmesi gibi yüksek şeker içerikli, düşük su aktiviteli gıdalarda bozulma etmeni mikroorganizmaların küf kaynaklı olduğu bilinmektedir (Bone, 1987; Karel, Fennema, & Lund, 1975; Labuza, 1975). Dolayısıyla badem ezmesindeki zerofilik küflerin inaktivasyonu temel bozulma etmenlerinden biri olan küflerin YHB uygulamasıyla inaktive edilebileceğini ve raf ömrünün uzamasına katkıda bulunabileceğini göstermektedir.

YHB uygulamasının TMAB ve OM sayısı üzerinde istatistiksel açıdan ($p<0.05$) anlamlı bir etkisi olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.4.). Benzer şekilde YHB uygulamasının tekstürel özellikler ve renk üzerine etkilerine bakıldığında elde edilen modellerin R^2 ve F değerleri düşük olduğundan (Çizelge 4.4) YHB uygulamasının badem ezmesinin fiziksel özellikleri üzerinde etkisi olmadığı görülmüştür.

Bu bulgular çerçevesinde sürdürülecek raf ömrü çalışmalarında kullanılacak örneklerin, *E. coli* inaktivasyonunun en yüksek olduğu 450 MPa basınç düzeyinde yapılması planlanmıştır. Mikrobiyal inaktivasyonda basınç faktörünün en önemli faktör olduğunun bulunması ile raf ömrü çalışmalarında kullanılacak örnekler tasarım matrisinin düşük işlem süresi olan (Tablo 3.2) 5 dk. süresince işlenmesi uygun bulunmuştur.

Çizelge 4. 3 YHB uygulamasından 1 gün sonra belirlenen basınç düzeyi ve basınçlanma süresi arasındaki ilişkiyi ifade eden tepki değerleri

DENEY NO	DEĞİŞKENLER (Kodlanmış Değişkenler)		TEPKİ DEĞERLERİ								
			LOGARİTMİK AZALMA			RENK			DOKU PAREMETRELERİ		
	BASINÇ (A)	SÜRE (B)	OM	TAMB	ZK	L	a	b	ELASTİKLİK	ESNEKLİK	YAPIŞIKLIK
1	329,2 (-1,414)	10 (0)	0,755	0,477	TE*	65,49	1,74	21,48	0,048	0,390	0,243
2	400 (0)	2,9 (-1,414)	0,895	0,601	TE*	66,14	1,59	21,74	0,082	0,372	0,232
3	400 (0)	10 (0)	0,994	0,681	TE*	65,53	1,82	21,68	0,050	0,298	0,222
4	400 (0)	10 (0)	1,085	0,778	TE*	65,93	1,83	22,79	0,053	0,311	0,215
5	350 (-1)	5 (-1)	0,810	0,339	TE*	65,62	1,82	21,79	0,062	0,363	0,339
6	400 (0)	10 (0)	1,160	0,477	TE*	65,87	1,74	21,54	0,048	0,375	0,212
7	450 (1)	15 (1)	0,858	0,778	TE*	66,10	1,60	21,43	0,046	0,263	0,350
8	470,7 (1,414)	10 (0)	1,409	0,903	TE*	65,96	1,73	22,20	0,069	0,357	0,219
9	400 (0)	10 (0)	0,844	0,602	TE*	66,13	1,91	21,24	0,048	0,386	0,234
10	400 (0)	10 (0)	0,906	0,778	TE*	64,85	1,80	21,53	0,045	0,389	0,265
11	450 (1)	5 (-1)	0,924	0,778	TE*	66,86	1,82	22,38	0,042	0,331	0,351
12	400 (0)	17,1 (1,414)	0,578	0,903	TE*	66,78	1,76	21,98	0,087	0,301	0,269
13	350 (1)	15 (1)	0,980	0,477	TE*	65,72	1,83	21,82	0,053	0,335	0,401

* TE = Tespit edilemedi

Çizelge 4. 4. Deneysel tasarımdan elde edilen sonuçlar

	TAMB	ELESTİKLİK	OM	ESNEKLİK	YAPIŞIKLIK	a	b	L
R^2	0,71	0,6	0,56	0,35	0,33	0,21	0,19	0,17
F	3,47	2,11	1,85	0,79	0,71	0,38	0,33	0,3
KATSAYILAR								
β_0	0,6635	0,0486	0,99	0,3479	0,24	1,7906	21,674	65,912
β_1	0,1679	0,0065	0,1144	-0,0119	0,0068	-0,0286	-0,0241	0,1342
β_2	0,0705	0,0039	-0,043	-0,6195	0,0162	-0,0246	-0,1115	0,0889

* P<0,05

4.6. RAF ÖMRÜ ÇALIŞMALARI

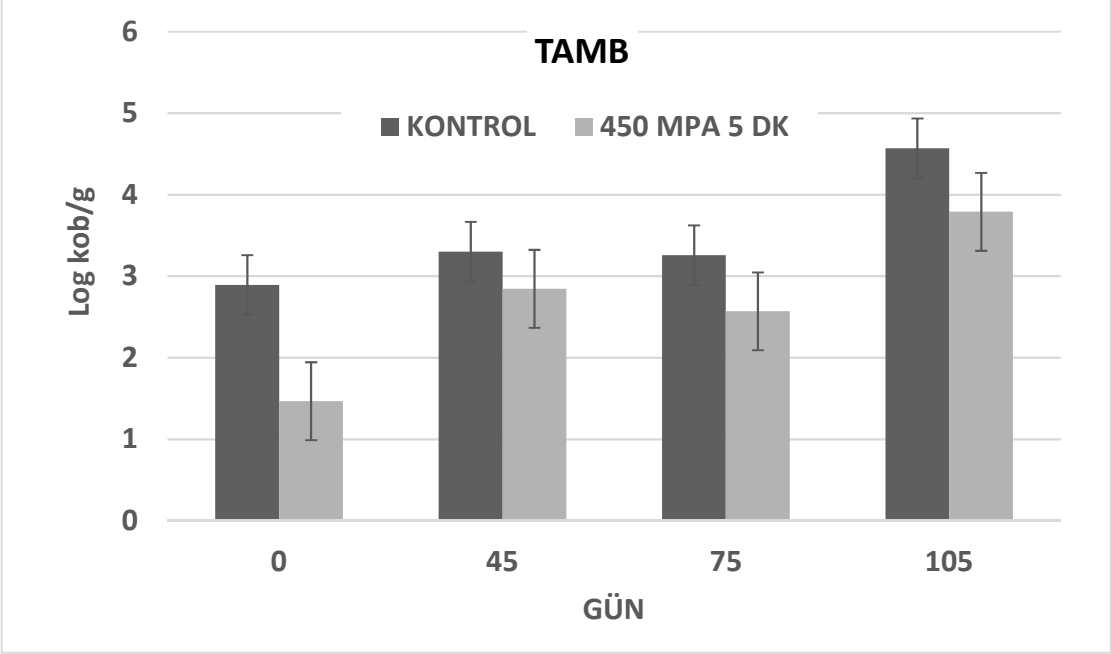
4.6.1. Mikrobiyal yükte meydana gelen değişimler

Oda koşullarında depolanan örneklerde depolama süresince TAMB ($7,76 \times 10^2$ $\pm 6,58 \times 10^1$ kob/g) ve ZK sayısı (60 ± 10^1 kob/g) kontrol ve YHB uygulanan örneklerde zamanla artış göstermiş fakat ZK sayısı kontrol örneklerine kıyasla belirgin derecede düşük kalmıştır. Bu da tepki yüzey yöntemiyle YHB uygulamasının badem ezmesinde en yüksek etkiyi ZK üzerinde gösterdiği sonucunu desteklemektedir. Badem ezmesinde raf ömrü boyunca küf kaynaklı bozulmalar tespit edilmiştir (Meriç,2018). Depolama sonunda (105 gün) kontrol örneklerinde ZK sayısı 3,5 log değerindeyken YHB uygulanan örneklerde 2,6 log değerinde ZK tespit edilmiştir. (Şekil 4.5.) Kontrol örneklerinde depolama sonunda TAMB sayısı 4,5 log değerindeyken, YHB uygulanan örneklerde 3,7 log değerinde TAMB tespit edilmiştir (Şekil 4.3.). OM sayısı ($3,31 \times 10^4$ $\pm 2,46 \times 10^4$) ise kontrol örneklerinde zamanla azalırken, YHB uygulanan örneklerde ilk 45 günden sonra artış eğilimi göstermiştir (Şekil 4.4). Depolama sonundaki kontrol örneklerinde tespit edilen OM sayısı 3,36 log değerindeyken, YHB uygulanmış örneklerde bu değer 4,5 log olarak tespit edilmiştir.

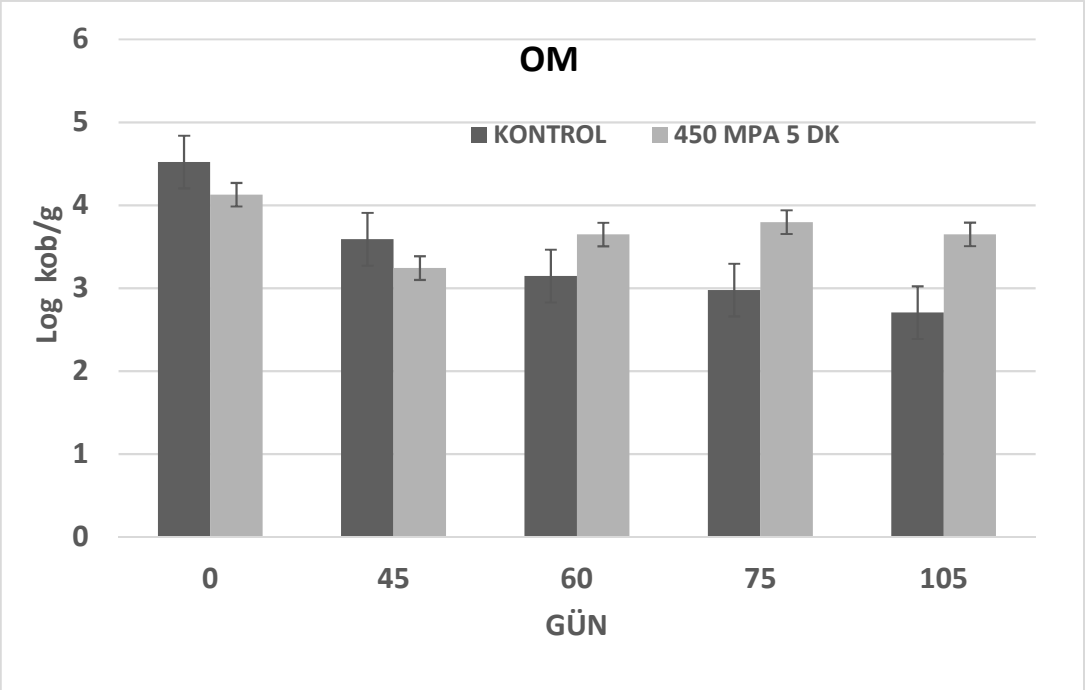
Basınçlanmış örneklerdeki OM sayısındaki artış, YHB uygulamasıyla osmofilik mayaların bir kısmının inaktive olmayıp sadece zarar gördüğünü ve yeterli aktivite gösteremediğini fakat zamanla hasar gören mikroorganizmaların yeniden aktif hale gelebileceğini göstermektedir.

Ayrıca ortamda bulunan besin miktarının mikrobiyal gelişmeyi etkileyen faktörlerden biri olduğu ve besin gereksinimine göre mikroorganizmalar sıralandığında besine en çok ihtiyaç duyan mikroorganizmalar sırasıyla bakteriler, mayalar ve küfler olduğu bilinmektedir (Gıda Mikrobiyolojisi, 2000). Bu çerçevede, kontrol örneklerinde raf ömrü boyunca en az besine ihtiyaç duyan ZK sayısındaki artışın zamanla OM gelişimini baskıladığı düşünülebilir. Ayrıca, küflerin gelişimim sonucu besin ortamına salınmış olabilecek metobolitlerin de OM'leri baskılamış olabileceği düşünülebilir. Nitekim mikotoksinlerin *Saccharomyces serevisiae* üzerine toksik etkileri bulunarak gelişimini yavaşlattıkları rapor edilmiştir (Suzuki, Sirisattha, Mori, & Iwahashi, 2009).

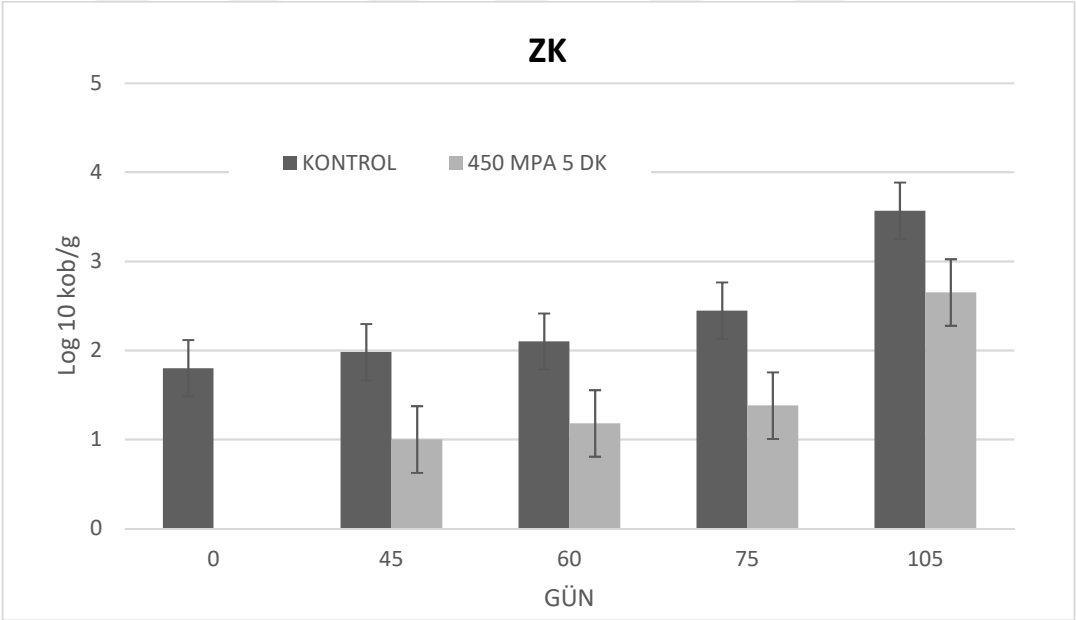
Sonuç olarak YHB işleminin TAMB, OM ve ZK üzerinde tamamen inaktivasyon sağlamadığı, başlangıçta bazı mikroorganizmalara sadece hasar verdiği, zamanla mikroorganizmaların yaşamsal faaliyetlerini tekrar sürdürebilecek düzeye geldiği anlaşılmaktadır.



Şekil 4. 3. Depolama süresince TAMB sayısındaki değişim. Hata çubukları ± 1 standart sapmayı göstermektedir (n=3).



Şekil 4. 4. Depolama süresince OM sayısındaki değişim. Hata çubukları ± 1 standart sapmayı göstermektedir (n=3).



Şekil 4. 5. Depolama süresince ZK sayısındaki değişim. Hata çubukları ± 1 standart sapmayı göstermektedir (n=3).

4.6.2. Renk üzerine etkisi

Depolama süresince yapılan ölçümler sonucunda tüm örnekler için en yüksek *ΔE* değeri 2,05 olarak tespit edilmiştir (Giese, 1995), Hunter Lab (2001) tarafından önerildiği üzere değeri *ΔE* değeri <10' dan daha düşük olduğunda genel olarak iki örnek arasındaki renk farkının önemsiz olduğu varsayılmaktadır. Badem ezmesi için elde edilen veriler YHB kullanılarak işlenmiş ve kontrol örneklerindeki renk değişikliğinin önemsiz olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.5.).

Çizelge 4. 5.Depolama süresince 5 dakika boyunca 450 MPA basınç uygulanan örneklerin renk analizi sonuçları

	L		A		b		ΔE	
GÜN	KONTROL	BASINÇLI	KONTROL	BASINÇLI	KONTROL	BASINÇLI	KONTROL	BASINÇ
0	68,48 ±0,13	67,45 ±0,3	2,56 ±0,03	2,73 ±0,01	22,1 ±0,36	22,25 ±0,27	0	0
15	68,42 ± 0,10	67,41 ±0,20	2,58 ±0,03	2,79 ±0,17	22,7 ±0,58	22,64 ±0,45	0,60	0,40
30	68,38 ±0,06	67,43 ±0,29	2,62 ±0,03	2,81 ±0,04	23,22 ±0,55	23,27 ±0,19	1,14	1,03
45	68,29 ±0,20	67,38 ±0,09	2,65 ±0,02	2,85 ±0,15	23,78 ±0,11	23,78 ±0,07	1,70	1,54
60	68,28 ±0,15	67,02 ± 0,55	2,73 ±0,03	2,91 ±0,07	23,65 ±0,41	23,82 ±0,05	1,63	1,64
75	68,02 ±0,10	66,91 ±0,24	2,9 ±0,03	3,07 ±0,09	23,74 ±0,40	23,84 ±0,35	1,76	1,72
90	67,93 ±0,38	66,53 ±0,19	3,25 ±0,25	3,29 ±0,23	24,41 ±0,24	23,98 ±0,25	2,50	2,04
105	67,84 ±0,30	66,64 ±0,23	3,31 ±0,17	3,36 ±0,23	24,53 ±0,14	24,02 ±0,35	2,6	2,05

4.6.3. Depolama sırasında tekstürel özelliklerdeki değişimler

Raf ömrü çalışmaları süresince TPA analizinden elde edilen veriler Çizelge 4.6 'da verilmiştir. Kontrol örnekleri ile kıyaslandığında, basınçlanmış örneklerdeki en belirgin farklılığın sertlik, kırılganlık ve yapışkanlık parametrelerinde olduğu görülmektedir. Sertlik açısından bakıldığında 45. gün hariç, bütün örneklerde YHB ile işlenmiş örneklerin kontrolden daha sert olduğu ve sertlikteki farklılığın raf ömrü sonlarına doğru azaldığı gözlemlenmiştir. Benzer bir durum yapışkanlık için de geçerlidir. Basınçlanmış örneklerin yapışkanlığı kontrol örneklerinden daha yüksek olarak gözlemlenmiştir. Öte taraftan, basınçlanmış örnekler kontrol örneklerine nazaran daha kırılgan bir yapı göstermiştir.

Çizelge 4. 6.Badem ezmesinin oda koşullarında depolanması süresince yapılan TPA analizleri ile belirlenen tekstür parametreleri.

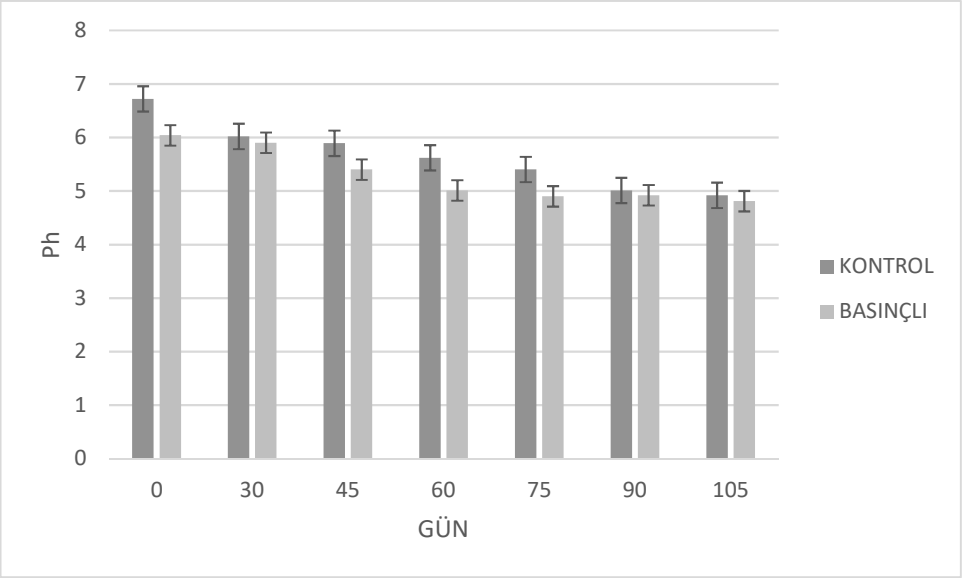
GÜN	SERTLİK		KIRILGANLIK		YAPIŞKANLIK		ESNEKLİK		YAPIŞIKLIK		SAKIZIMSILIK		ÇİĞNENEBİLİRLİK		ELASTİKLİK	
	KONTROL	BASINÇLI	KONTROL	BASINÇLI	KONTROL	BASINÇLI	KONTROL	BASINÇLI	KONTROL	BASINÇLI	KONTROL	BASINÇLI	KONTROL	BASINÇLI	KONTROL	BASINÇLI
0	65,48 ±1,03	77,38 ±0,41	65,48 ±0,60	59,52 ±0,65	-640,57 ±1,66	-766,67 ±1,70	0,08 ±0,0	0,08 ±0,0	0,30 ±0,0	0,27 ±0,01	19,50 ±0,37	20,87 ±0,10	1,50 ±0,06	1,67 ±0,007	0,07 ±0,01	0,05 ±0,02
30	68,21 ±1,33	66,60 ±0,94	78,37 ±0,45	59,33 ±0,93	-245,65 ±1,00	-769,56 ±0,79	0,07 ±0,0	0,07 ±0,0	0,21 ±0,02	0,22 ±0,01	14,38 ±1,99	14,69 ±0,2	11,37 ±0,10	11,61 ±0,17	0,05 ±0,02	0,04 ±0,03
45	71,42 ±2,14	47,62 ±0,32	83,33 ±0,53	59,56 ±1,62	-333,45 ±1,67	-874,08 ±0,81	0,08 ±0,0	0,08 ±0,0	0,20 ±0,01	0,22 ±0,02	13,99 ±0,97	10,26 ±0,20	1,15 ±0,06	0,82 ±0,01	0,04 ±0,01	0,04 ±0,01
60	29,76 ±1,43	41,67 ±0,8	119,05 ±1,56	47,62 ±01,61	-173,01 ±0,62	-2108,27 ±1,41	0,08 ±0,0	0,09 ±0,0	0,23 ±0,01	0,20 ±0,01	6,76 ±0,37	8,26 ±0,0,17	0,55 ±0,02	0,71 ±0,02	0,05 ±0,01	0,04 ±0,03
75	32,41 ±1,69	39,57 ±0,59	80,65 ±0,55	35,47 ±0,89	-703,66 ±0,24	-921,65 ±1,36	0,08 ±0,0	0,08 ±0,0	0,22 ±0,01	0,20 ±0,01	6,99 ±0,45	7,90 ±0,11	0,57 ±0,02	0,65 ±0,01	0,05 ±0,01	0,04 ±0,01
90	35,27 ±2,69	37,59 ±0,74	54,79 ±1,82	32,58 ±0,83	-846,16 ±1,64	-923,46 ±0,31	0,08 ±0,0	0,08 ±0,0	0,21 ±0,01	0,20 ±0,1	7,41 ±0,57	7,53 ±0,14	0,63 ±0,01	0,63 ±0,04	0,04 ±0,01	0,40 ±0,01
105	35,71 ±1,06	35,71±1,17	35,71 ±1,32	29,76 ±0,9	-905,21 ±1,147	-955,57 ±2,82	0,09 ±0,0	0,08 ±0,0	0,21 ±0,01	0,21 ±0,01	7,53 ±0,23	7,37 ±0,30	0,64 ±0,01	0,62 ±0,05	0,04 ±0,01	0,04 ±0,01

4.6.4. Depolama sırasında pH ’da meydana gelen değişimler

Depolama süresince örneklerin pH analizi sonuçları Şekil 4.6’da verilmiştir. Kontrol örneklerinde olduğu gibi basınçlanmış örneklerin pH’sında da raf ömrü süresince düşüş gözlemlenmiştir. Basınçlanmadan hemen sonra yapılan ölçümlerde, basınçlanmış örneklerin pH’sı kontrol örneklerinden yaklaşık 0.7 birim daha düşük olarak kaydedilmiştir. Bu durum basınçlanmış örneklerde meydana gelebilecek olan lipit oksidasyonu ile açıklanabilir. Literatürde de yağlı ürünlerin basınçlanması ile lipit oksidasyonu oluşabileceğinden bahsedilmektedir (Cheah & Ledward, 1996). Bununla birlikte, YHB ile işlenmiş ve kontrol örnekleri arasındaki pH farkı, pH ölçüm yönteminden da kaynaklanmış olabilir. Şöyle ki, pH ölçümü için yarı katı gıdalarda doğrudan ölçüm yapmak için tasarlanmış bir pH probu kullanılmıştır. Doğrudan badem ezmesine batırılarak ölçüm yapılırken, pH probu kontrol örneklerinde daha gözenekli (hava boşluklu) bir yapı ile temas halindeyken, basınçlanmış örneklerde daha sıkı bir yapı ile temas halinde olacağı varsayılabilir. Nitekim kontrol örnekleri ve basınçlanmış örnekler için sertlik değerlerine bakıldığında (Çizelge 4.6.) 45. gün hariç, sertlik değerleri ile pH değerleri arasında bir paralellik gözlemlenmektedir.

İlk 30 günden sonra pH’taki düşüşün belirgin olduğu gözlemlenmiştir. Ürünün su aktivitesi bakteriyel gelişime izin vermediğinden, kontrol örneklerinde raf ömrü süresince gözlemlenen pH’taki düşüş badem ezmesinde devam eden maya faaliyeti ile açıklanabilir. Ancak YHB ile işlenmiş örneklerde, maya sayısı 60. günden sonra kontrol örneklerinden daha fazla olmasına rağmen pH’taki düşüşünün aynı ölçüde olmaması, pH düşüşünün ZK faaliyetleri sonucunda da ortaya çıkmış olabileceği ihtimalini ortaya koymaktadır. Nitekim, kontrol örneklerindeki ZK sayısı raf ömrü süresince YHB ile işlenmiş örneklerden daha yüksek düzeylerde tespit edilmiştir. Bir diğer ifade ile, pH düşüşü maya ve küf faaliyetleri ile birlikte oksidatif reaksiyonların da rol oynadığı karmaşık bir mekanizma ile ortaya çıkmış olabilir, ancak bu mekanizmanın aydınlatılması bu tez çalışmasının kapsamı dışında kalmıştır.

.



Şekil 4. 6.Depolama süresince pH ‘da meydana gelen değişiklikler

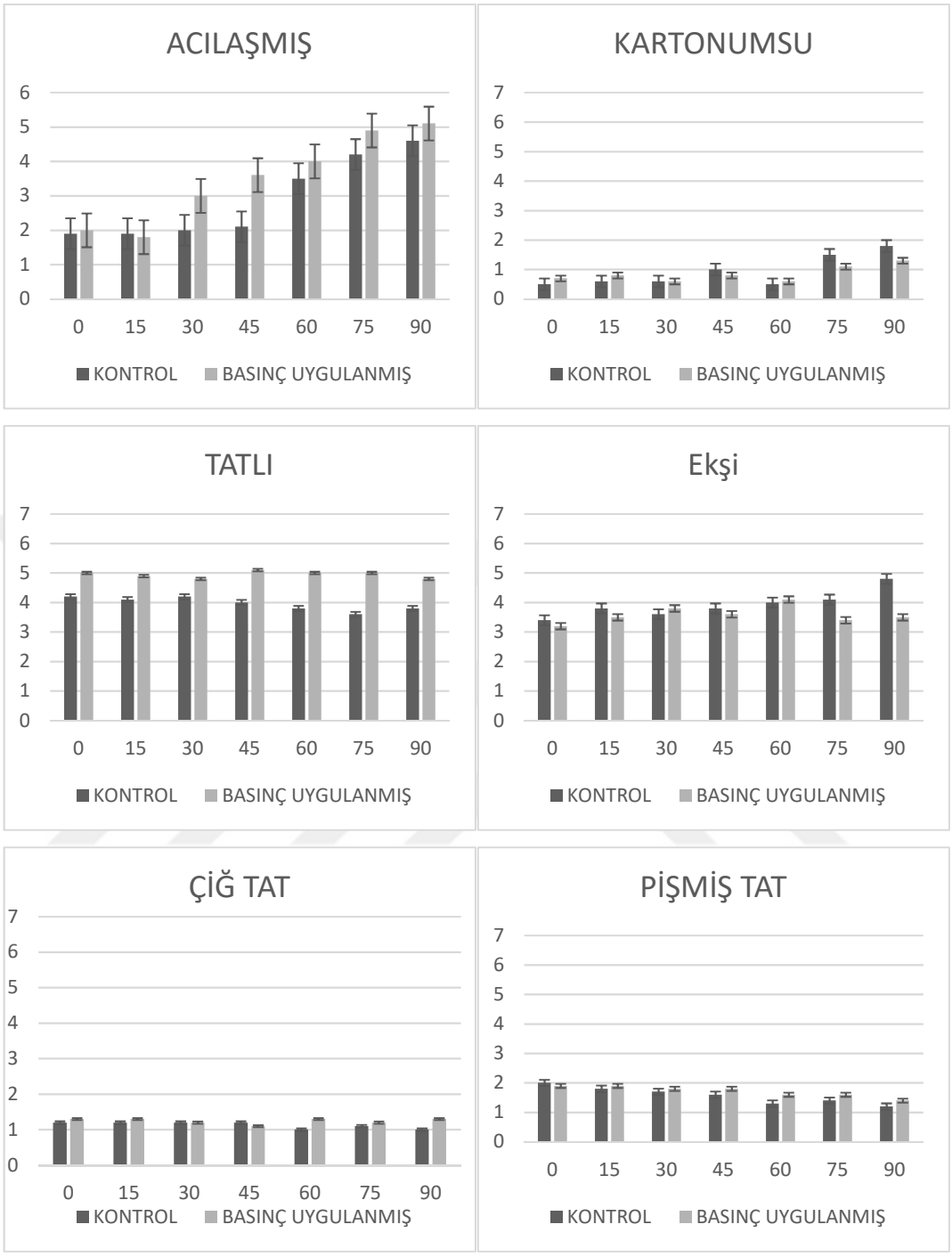
4.6.5. Duyusal özellikler üzerine etkisi

YHB ile işlenmiş örneklerde tatlılık algısının raf ömrü boyunca kontrol örneklerinden daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 4.7.).

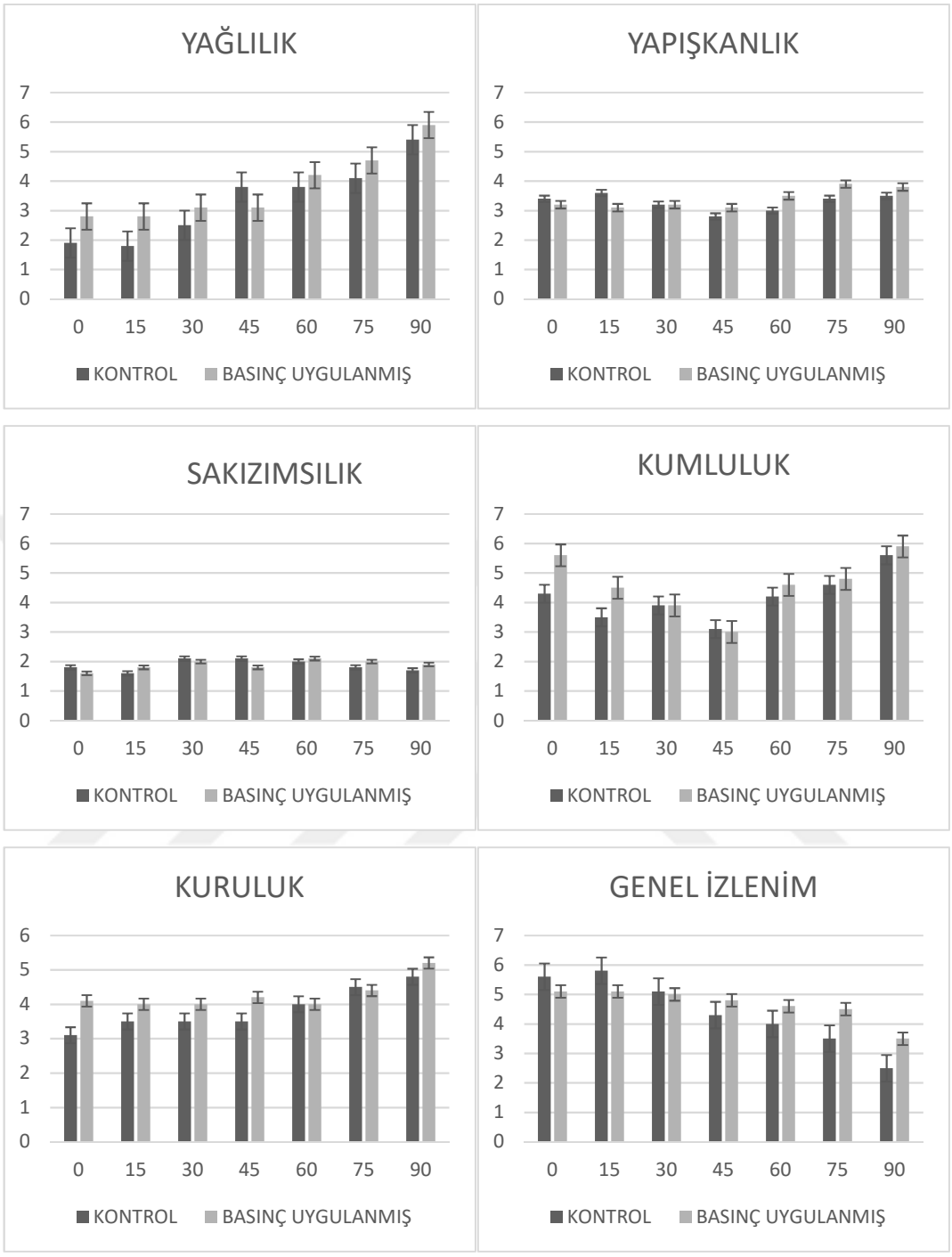
YHB ile işlenmiş örneklerin pH değeri depolama süresi boyunca kontrol örneğinden daha hızlı düştüğü (Şekil 4.6.) göz önüne alındığında acılaşma olgusunun pH değerinin düşmesiyle ilişkili olduğu ortaya çıkmaktadır Ayrıca lipit oksidasyonu da acı tat oluşumuna neden olabilir. Bu çalışmada elde edilen acılaşma bulgularına paralel olarak, antioksidan madde ilavesiyle düşük sıcaklıklarda depolanan badem ezmesinde oksidasyon sonucu acılaşmanın önemli ölçüde azaldığı gözlenmiştir (Çapanoğlu ,2015) Diğer lezzet öğeleri açısından YHB ile işlenmiş örnekler ile kontrol örnekleri arasında belirgin bir farklılık gözlemlenmemiştir (Şekil 4.8.).

Doku özellikleri açısından ise yaklaşık ilk 45 günlük depolama sırasında YHB ile işlenmiş örneklerin daha kumlu ve kuru algılandığı ancak 45 günden sonra bu farkın ortadan kalktığı gözlemlenmiştir. Tekstür analizinde elde edilen sonuçlara göre YHB ile işlenmiş ve kontrol örneklerindeki çiğnenebilirlik değerinde gözlenen azalma da bu sonucu desteklemektedir (Çizelge 4.6.). Genel olarak YHB ile işlenmiş örneklerin daha yağlı algılandığı anlaşılmaktadır. Genel izlenim olarak ise, ilk 15 gün kontrol örnekleri daha yüksek skor alırken, daha sonraki sürelerde yapılan testlerden YHB ile işlenmiş

örnekler daha yüksek skor almıştır. (Şekil 4.8) Aroma bileşenlerinin proteine bağlanması yolu ile gıdalara istenilen tat ve koku özelliklerinin kazandırıldığı bildirilmektedir (Özcan & Delikanlı, 2011). Depolamanın ilk zamanlarında kontrol örneklerinin yüksek skor alması YHB uygulamasının proteinler üzerinde oluşturduğu etkilerle ilişkili olabilir. YHB uygulamasının proteinlerin yapılarındaki kovalent, disülfit ve hidrojen bağlarının birçoğunun kırılmasına neden olduğu ve bunun sonucunda proteinlerin aroma bağlama kapasitelerinde değişimler meydana geldiği bilinmektedir (Hendrickx, Ludikhuyze, Van den Broeck, & Weemaes, 1998). Ayrıca kontrol örneklerinde YHB ile işlenmiş örneklere kıyasla ZK ve TAMB sayısının fazla olması sebebiyle mikrobiyal faaliyetler sonucunda tat ve aroma değişimlerinin daha fazla olması bu sonucu destekler niteliktedir.



Şekil 4. 7.Depolama süresince yapılan duyusal testler sonucunda elde edilen lezzet ögelerine ait duyusal skorlar.



Şekil 4. 8.Depolama süresince yapılan duyusal testler sonucunda elde edilen doku özelliklerine ait duyusal skorlar.

BÖLÜM 4

SONUÇ VE ÖNERİLER

Badem ezmesinin su aktivitesi değeri (a_w 0,74) badem ezmesinin orta derecede nemli gıda grubuna girdiğini ve bakteriyel gelişim beklenmezken maya ve küf gelişimini gözlenebileceği sonucuna varılmıştır. Taze badem ezmesinin pH değerinin (6,72 ±0,04) mikrobiyal üremeyi teşvik edecek düzeyde olduğu gözlemlenmiştir. Oluşturulan sorbsiyon eğrisi matematiksel eşitlikler ile modellenerek badem ezmesinin BET modeline uygunluk gösterdiği belirlenmiştir.

Tepki yüzeyi yöntemiyle YHB işlem parametreleri, 450 MPa basınç düzeyi ve 5 dk. işlem süresi olarak belirlenmiştir. YHB uygulanan örneklerin ve kontrol örneklerinin mikrobiyolojik analizleri sonucunda YHB işleminden sonra ZK sayısı minimum tespit sınırının (10 kob/g) altında saptanmıştır. İnokule edilen örneklerde ise YHB işleminin *E. coli* sayısını istatistiksel olarak önemli ölçüde etkilediği bulunmuştur ($p < 0,05$). ZK sayısının önemli ölçüde düşmesiyle YHB uygulamasının badem ezmesinin bozulmasının en önemli nedeni olan küflerin etkinliklerini azaltabileceği sonucuna varılmıştır.

Yapılan duyusal testler sonucunda lezzet özelliklerindeki en belirgin değişim kontrol ve YHB ile işlenmiş örneklerdeki acı tat artışı olduğu görülmüştür. Bununla birlikte raf ömrü boyunca panelistlerin genel izlenimi, YHB ile işlenmiş örneklerin kabul edilebilirliklerinin kontrol örneklerinden daha yüksek olduğunu göstermiştir.

Sonuç olarak badem ezmesinde YHB uygulamasıyla ZK üzerinde önemli bir azalma sağlamıştır. 105 günlük depolama sonunda YHB uygulanan örneklerde ZK sayısının $<10^3$ olduğu tespit edilmiştir. Buna göre YHB uygulamasıyla badem ezmesinin raf ömründe 15 günlük bir artış sağlanabilir. Fakat badem ezmesinde YHB uygulaması

tek başına yeterli olmayabilir. Buna ek olarak ürün formülasyonu şeker oranı yükseltilerek veya su oranı düşürülerek su aktivitesini azaltacak yönde değiştirilebilir. Genel olarak gıdalarda mikrobiyal gelişim için minimum a_w = 0,60 kabul edildiği (Bone, 1987; Karel ve ark, 1975; Labuza, 1975) düşünülürse badem ezmesinin de a_w değeri, kaliteyi etkilemediği sürece bu yönde değiştirilerek mikrobiyal gelişim sınırlandırılabilir. Ayrıca depolama koşulları değiştirilerek veya doğal antioksidanlar ilave edilerek oksidasyonu önleyici önlemler alınabilir. Ayrıca, YHB uygulamasından sonra aseptik şartlar altında modifiye atmosfer paketleme yapılarak raf ömrü boyunca badem ezmesinin daha güvenli ve kaliteli kalması sağlanabilir.

KAYNAKLAR

Ahmat, T., Bruneau, D., Kuitche, A., & Aregba, A. W. (2014). Desorption isotherms for fresh beef: An experimental and modeling approach. *Meat science, 96*(4), 1417-1424.

Al-Muhtaseb, A., McMinn, W., & Magee, T. (2004). Water sorption isotherms of starch powders: part 1: mathematical description of experimental data. *Journal of food engineering, 61*(3), 297-307.

Altamirano-Fortoul, R., Hernández-Muñoz, P., Hernando, I., & Rosell, C. M. (2015). Mechanical, microstructure and permeability properties of a model bread crust: Effect of different food additives. *Journal of food engineering, 163*, 25-31.

Argyropoulos, D., Alex, R., Kohler, R., & Müller, J. (2012). Moisture sorption isotherms and isosteric heat of sorption of leaves and stems of lemon balm (Melissa officinalis L.) established by dynamic vapor sorption. *LWT-Food Science and Technology, 47*(2), 324-331.

Arroyo, G., Sanz, P., & Prestamo, G. (1999). Response to high-pressure, low-temperature treatment in vegetables: determination of survival rates of microbial populations using flow cytometry and detection of peroxidase activity using confocal microscopy. *Journal of applied microbiology, 86*(3), 544-544.

Aymerich, T., Picouet, P. A., & Monfort, J. M. (2008). Decontamination technologies for meat products. *Meat science, 78*(1-2), 114-129.

Baiano, A., & Del Nobile, M. A. (2005). Shelf life extension of almond paste pastries. *Journal of food engineering, 66*(4), 487-495.

Balasubramaniam, V., Martínez-Monteagudo, S. I., & Gupta, R. (2015). Principles and application of high pressure–based technologies in the food industry. *Annual Review of Food Science and Technology, 6*, 435-462.

Barba, F. J., Ahrné, L., Xanthakis, E., Landerslev, M. G., & Orlien, V. (2018). Innovative Technologies for Food Preservation. In *Innovative Technologies for Food Preservation* (pp. 25-51): Elsevier.

Barbosa-Cánovas, G. V., & Juliano, P. (2008). Food sterilization by combining high pressure and thermal energy. *Food engineering: Integrated approaches*, 9-46.

Bárcenas, M. E., Altamirano-Fortoul, R., & Rosell, C. M. (2010). Effect of high pressure processing on wheat dough and bread characteristics. *LWT-Food Science and Technology, 43*(1), 12-19.

Basu, S., Shivhare, U. S., & Mujumdar, A. (2006). Models for sorption isotherms for foods: a review. *Drying technology, 24*(8), 917-930.

Bayındırlı, A., Alpas, H., Bozoğlu, F., & Hızal, M. (2006). Efficiency of high pressure treatment on inactivation of pathogenic microorganisms and enzymes in apple, orange, apricot and sour cherry juices. *Food Control, 17*(1), 52-58.

Bermúdez-Aguirre, D., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2011). An update on high hydrostatic pressure, from the laboratory to industrial applications. *Food Engineering Reviews, 3*(1), 44-61.

Boki, K., & Ohno, S. (1991). Equilibrium isotherm equations to represent moisture sorption on starch. *Journal of food science, 56*(4), 1106-1107.

Bone, D. P. (1987). *Practical applications of water activity and moisture relations in foods* (Vol. 369): Marcel Dekker, New York.

Bourne, M. C. (2017). Effects of water activity on textural properties of food. In *Water Activity* (pp. 75-99): Routledge.

Box, G. E., & Draper, N. R. (1987). *Empirical model-building and response surfaces*: John Wiley & Sons.

Brown, M. (2011). Processing and food and beverage shelf life. In *Food and beverage stability and shelf life* (pp. 184-243): Elsevier.

Brunauer, S., Deming, L. S., Deming, W. E., & Teller, E. (1940). On a theory of the van der Waals adsorption of gases. *Journal of the American chemical society, 62*(7), 1723-1732.

Bulut, S. (2014). The effects of high-pressure processing at low and subzero temperatures on inactivation of microorganisms in frozen and unfrozen beef mince inoculated

with Escherichia coli strain ATCC 25922. *Food and bioprocess technology, 7*(10), 3033-3044.

Casas, E., Garrido, M., & Quintana, M. (1996). Spoilage of marzipan products by an osmotolerant yeast. *Advances in food sciences, 18*(1-2), 56-60.

Caurie, M. (2005). The unimolecular character of the classical Brunauer, Emmett and Teller adsorption equation and moisture adsorption. *International journal of food science & technology, 40*(3), 283-293.

Chaikham, P., Rattanasena, P., Phunchaisri, C., & Sudsanor, P. (2017). Quality changes of litchi (Litchi chinensis Sonn.) in syrup due to thermal and high pressure processes. *LWT-Food Science and Technology, 75*, 751-760.

Cheah, P., & Ledward, D. (1996). High pressure effects on lipid oxidation in minced pork. *Meat science, 43*(2), 123-134.

Chen, C.-Y., Milbury, P. E., Lapsley, K., & Blumberg, J. B. (2005). Flavonoids from almond skins are bioavailable and act synergistically with vitamins C and E to enhance hamster and human LDL resistance to oxidation. *The Journal of nutrition, 135*(6), 1366-1373.

Cheon, H., Lim, T., Cho, W.-I., & Hwang, K. T. (2016). Textural characteristics and bacterial reduction in glutinous rice and brown rice pretreated with ultra-high pressure. *Korean Journal of Food Science and Technology, 48*(1), 92-95.

Chirife, J., & Iglesias, H. A. (1978). Equations for fitting water sorption isotherms of foods: Part 1—a review. *International journal of food science & technology, 13*(3), 159-174.

Çapanoğlu, E. (2002). *Badem Ezmesinde Kalite Ve Raf Ömrünün İyileştirilmesi.* Fen Bilimleri Enstitüsü,

Çapanoğlu, E. (2015). *Badem ezmesinde kalite ve raf ömrünün iyileştirilmesi.* Fen Bilimleri Enstitüsü,

Davis, P. A., & Iwahashi, C. K. (2001). Whole almonds and almond fractions reduce aberrant crypt foci in a rat model of colon carcinogenesis. *Cancer letters, 165*(1), 27-33.

Dias, J., Coelho, P., Alvarenga, N. B., Duarte, R. V., & Saraiva, J. A. (2018). Evaluation of the impact of high pressure on the storage of filled traditional chocolates. *Innovative Food Science & Emerging Technologies, 45*, 36-41.

Dincer, T., & Esin, A. (1996). Sorption isotherms for macaroni. *Journal of food engineering, 27*(2), 211-228.

Edirne Valiliği, T. E. (2005). Edirne İl Yıllığı. *Edirne İl Özel İdaresi, İstanbul: Acar Basım*.

Er, Ö., & Bardakoğlu, Ö. Kültürel Mirasin Sürdürülebilir Turizm Ürünü Çeşidi Olarak Değerlendirilmesi: Edirne Örneği. *Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, 17*(2), 95-111.

Faid, M., Bakhy, K., & Anchad, M. (1995). Almond paste: physicochemical and microbiological characterization and preservation with sorbic acid and cinnamon. *Journal of Food Protection, 58*(5), 547-550.

Faid, M., Bakhy, K., Anchad, M., & Tantaoui-Elaraki, A. (1995). Almond paste: physicochemical and microbiological characterization and preservation with sorbic acid and cinnamon. *Journal of Food Protection, 58*(5), 547-550.

Gal, S. (2012). *Recent advances in techniques for the determination of sorption isotherms.* Paper presented at the Water Relations of Foods: Proceedings of an International Symposium held in Glasgow, September 1974.

Gamlı, Ö. F., & Hayoğlu, İ. (2007). The effect of the different packaging and storage conditions on the quality of pistachio nut paste. *Journal of food engineering, 78*(2), 443-448.

Georget, E., Sevenich, R., Reineke, K., Mathys, A., Heinz, V., Callanan, M., . . . Knorr, D. (2015). Inactivation of microorganisms by high isostatic pressure processing in complex matrices: A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies, 27*, 1-14.

Gıda Mikrobiyolojisi, G. (2000). Uygulamaları. 2. *Baskı. Ankara*.

Giese, J. (1995). Measuring physical properties of foods. *Food technology (USA)*.

Gizerler, M. (2004). *Türk mutfağı ve Edirne'den yemek kültürümüz*: Edirne Valiliği.

Göynüşen, S. E. (2011). *Edirne'deki gastronomik kültürün kentin pazarlama ve markalaşmasına etkileri.*

Gülgör, G., & Korukluoğlu, M. (2014). Mikroorganizmalar Arasında Çoğunluk Algılanması (Quorum Sensing). *Journal of Agricultural Faculty, 28*(2), 83-92.

Harrigan, W. F., & McCance, M. E. (1976). *Laboratory methods in food and dairy microbiology*: Academic Press Inc.(London) Ltd.

Hayoglu, I., & Faruk Gamli, O. (2007). Water sorption isotherms of pistachio nut paste. *International journal of food science & technology, 42*(2), 224-227.

Hendrickx, M., Ludikhuyze, L., Van den Broeck, I., & Weemaes, C. (1998). Effects of high pressure on enzymes related to food quality. *Trends in Food Science & Technology, 9*(5), 197-203.

Huang, H.-W., Lung, H.-M., Yang, B. B., & Wang, C.-Y. (2014). Responses of microorganisms to high hydrostatic pressure processing. *Food Control, 40*, 250-259.

Huang, H.-W., Wu, S.-J., Lu, J.-K., Shyu, Y.-T., & Wang, C.-Y. (2017). Current status and future trends of high-pressure processing in food industry. *Food Control, 72*, 1-8.

Huang, Y., Wilson, M., Chapman, B., & Hocking, A. D. (2010). Evaluation of the efficacy of four weak acids as antifungal preservatives in low-acid intermediate moisture model food systems. *Food microbiology, 27*(1), 33-36.

Hyson, D. A., Schneeman, B. O., & Davis, P. A. (2002). Almonds and almond oil have similar effects on plasma lipids and LDL oxidation in healthy men and women. *The Journal of nutrition, 132*(4), 703-707.

Jordan, S., Pascual, C., Bracey, E., & Mackey, B. (2001). Inactivation and injury of pressure-resistant strains of Escherichia coli O157 and Listeria monocytogenes in fruit juices. *Journal of applied microbiology, 91*(3), 463-469.

Karel, M., Fennema, O. R., & Lund, D. B. (1975). *Principles of food science. Part II. Physical principles of food preservation*: Marcel Dekker, Inc.

Kınık, Ö., Kavas, G., Uysal, H., & Kesenkaş, H. (2004). Yüksek hidrostatik basınç tekniğinin süt endüstrisindeki uygulamaları. *GIDA/THE JOURNAL OF FOOD, 29*(1).

Kodeksi, T. G. (2000). Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği. *Tarım ve Köy şleri Bakanlığı, 23960*, 2001-2019.

Labuza, T. P. (1975). Sorption phenomena in foods: theoretical and practical aspects. In *Theory, determination and control of physical properties of food materials* (pp. 197-219): Springer.

Labuza, T. P. (1984). Moisture sorption: practical aspects of isotherm measurement and use.

Lazouk, M.-A., Savoire, R., Kaddour, A., Castello, J., Lanoisellé, J.-L., Van Hecke, E., & Thomasset, B. (2015). Oilseeds sorption isoterms, mechanical properties and pressing: Global view of water impact. *Journal of food engineering, 153*, 73-80.

Mandalari, G., Tomaino, A., Arcoraci, T., Martorana, M., Turco, V. L., Cacciola, F., . . . Dugo, P. (2010). Characterization of polyphenols, lipids and dietary fibre from almond skins (Amygdalus communis L.). *Journal of Food composition and analysis, 23*(2), 166-174.

Martínez-Las Heras, R., Heredia, A., Castello, M., & Andres, A. (2014). Moisture sorption isotherms and isosteric heat of sorption of dry persimmon leaves. *Food Bioscience, 7*, 88-94.

Maskan, M., & Göğüş, F. (1997). The fitting of various models to water sorption isotherms of pistachio nut paste. *Journal of food engineering, 33*(3-4), 227-237.

McManus, K., Antinoro, L., & Sacks, F. (2001). A randomized controlled trial of a moderate-fat, low-energy diet compared with a low fat, low-energy diet for weight loss in overweight adults. *International Journal of Obesity & Related Metabolic Disorders, 25*(10).

Menkov, N., & Dinkov, K. (1999). Moisture sorption isotherms of tobacco seeds at three temperatures. *Journal of Agricultural Engineering Research, 74*(3), 261-266.

Mir, M. A., & Nath, N. (1995). Sorption isotherms of fortified mango bars. *Journal of food engineering, 25*(1), 141-150.

Mok, C., & Hettiarachchy, N. (1990). Moisture sorption characteristics of ground sunflower nutmeat and its products. *Journal of food science, 55*(3), 786-789.

Muego-Gnanasekharan, K., & Resurreccion, A. (1992). Physicochemical and sensory characteristics of peanut paste stored at different temperatures. *Journal of food science, 57*(6), 1385-1389.

Murrieta-Pazos, I., Galet, L., Patry, S., Gaiani, C., & Scher, J. (2014). Evolution of particle structure during water sorption observed on different size fractions of durum wheat semolina. *Powder Technology, 255*, 66-73.

Navia, D. P., Aponte, A. A. A., & Castillo, H. S. V. (2013). Determinación de Isotermas de Adsorción de agua en biocompuestos de harina termoplástica y fique. *INGRESAR A LA REVISTA, 11*(1), 144-153.

Norton, T., & Sun, D.-W. (2008). Recent advances in the use of high pressure as an effective processing technique in the food industry. *Food and bioprocess technology, 1*(1), 2-34.

Özcan, T., & Delikanlı, B. (2011). Gıdaların tekstürel özelliklerinin geliştirilmesinde peynir altı suyu protein katkılarının fonksiyonel etkileri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 25*(2), 77-88.

Pala, M., & Saygı, Y. B. (1983). Su Aktivitesi ve Gıda İşletmedeki Önemi. *Gıda Dergisi, 8*(1).

Pantuso, F., Tolaba, M. P., & Aguerre, R. J. (2014). A BET approach to multilayer adsorption in swelling products. *Journal of food engineering, 122*, 68-71.

Rahman, M. S. (2009). *Food properties handbook*: CRC press.

Raji, A., & Ojediran, J. (2011). Moisture sorption isotherms of two varieties of millet. *Food and bioproducts processing, 89*(3), 178-184.

Rendueles, E., Omer, M., Alvseike, O., Alonso-Calleja, C., Capita, R., & Prieto, M. (2011). Microbiological food safety assessment of high hydrostatic pressure processing: a review. *LWT-Food Science and Technology, 44*(5), 1251-1260.

Rockland, L. B. (1969). Water activity and storage stability. *Food Technology*, 123-124.

Roja, J., Moren, S., & Lopez, A. (2011). Assessment of the water sorption properties of several microcrystalline celluloses. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research, 3*(7), 1302.

Roman, G. N., Urbicain, M. J., & Rotstein, E. (1982). Moisture equilibrium in apples at several temperatures: experimental data and theoretical considerations. *Journal of food science, 47*(5), 1484-1488.

Ross, A. I., Griffiths, M. W., Mittal, G. S., & Deeth, H. C. (2003). Combining nonthermal technologies to control foodborne microorganisms. *International journal of food microbiology, 89*(2), 125-138.

Sang, S., Cheng, X., Fu, H.-Y., Shieh, D.-E., Bai, N., Lapsley, K., . . . Ho, C.-T. (2002). New type sesquiterpene lactone from almond hulls (Prunus amygdalus Batsch). *Tetrahedron letters, 43*(14), 2547-2549.

Saravacos, G., Tsiourvas, D., & Tsami, E. (1986). Effect of temperature on the water adsorption isotherms of sultana raisins. *Journal of food science, 51*(2), 381-383.

Scott, W. (1953). Water relations of Staphylococcus aureus at 30 C. *Australian journal of biological sciences, 6*(4), 549-564.

Scott, W. (1957). Water relations of food spoilage microorganisms. In *Advances in food research* (Vol. 7, pp. 83-127): Elsevier.

Shih, F., Daigle, K., & Champagne, E. (2011). Effect of rice wax on water vapour permeability and sorption properties of edible pullulan films. *Food Chemistry, 127*(1), 118-121.

Smiddy, M., O'Gorman, L., Sleator, R. D., Kerry, J. P., Patterson, M. F., Kelly, A. L., & Hill, C. (2005). Greater high-pressure resistance of bacteria in oysters than in buffer. *Innovative Food Science & Emerging Technologies, 6*(1), 83-90.

Sormoli, M. E., & Langrish, T. A. (2015). Moisture sorption isotherms and net isosteric heat of sorption for spray-dried pure orange juice powder. *LWT-Food Science and Technology, 62*(1), 875-882.

Spilimbergo, S., Elvassore, N., & Bertucco, A. (2002). Microbial inactivation by high-pressure. *The Journal of Supercritical Fluids, 22*(1), 55-63.

Spiller, G. A., Jenkins, D. A., Bosello, O., Gates, J. E., Cragen, L. N., & Bruce, B. (1998). Nuts and plasma lipids: an almond-based diet lowers LDL-C while preserving HDL-C. *Journal of the American College of Nutrition, 17*(3), 285-290.

Suzuki, T., Sirisattha, S., Mori, K., & Iwahashi, Y. (2009). Mycotoxin toxicity in Saccharomyces cerevisiae differs depending on gene mutations. *Food science and technology research, 15*(4), 453-458.

Takeoka, G., Dao, L., Teranishi, R., Wong, R., Flessa, S., Harden, L., & Edwards, R. (2000). Identification of three triterpenoids in almond hulls. *Journal of agricultural and food chemistry, 48*(8), 3437-3439.

Tassou, C. C., Galiatsatou, P., Samaras, F. J., & Mallidis, C. G. (2007). Inactivation kinetics of a piezotolerant Staphylococcus aureus isolated from high-pressure-treated sliced ham by high pressure in buffer and in a ham model system: evaluation in selective and non-selective medium. *Innovative Food Science & Emerging Technologies, 8*(4), 478-484.

Troller, J. (2012). *Water activity and food*: Elsevier.

Trujillo, A. J., Capellas, M., Saldo, J., Gervilla, R., & Guamis, B. (2002). Applications of high-hydrostatic pressure on milk and dairy products: a review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies, 3*(4), 295-307.

Wang, C.-Y., Huang, H.-W., Hsu, C.-P., & Yang, B. B. (2016). Recent advances in food processing using high hydrostatic pressure technology. *Critical reviews in food science and nutrition, 56*(4), 527-540.

Wang, N., & Brennan, J. (1991). Moisture sorption isotherm characteristics of potatoes at four temperatures. *Journal of food engineering, 14*(4), 269-287.

Yang, B., Shi, Y., Xia, X., Xi, M., Wang, X., Ji, B., & Meng, J. (2012). Inactivation of foodborne pathogens in raw milk using high hydrostatic pressure. *Food Control, 28*(2), 273-278.

EKLER

Ek 1: Duyusal analizde kullanılan panel çizelgesi

	Tanımlar	Puan							
		0	1	2	3	4	5	6	7
LEZZET KARAKTERİSTİKLERİ	Çiğ								
	Pişmiş								
	Acılaşmış								
	Kartonumsu								
	Tatlı								
	EKŞİ								
DOKU KARARKTERİSTİKLERİ	Yağlılık								
	Yapışkanlık								
	Sakızımsılık								
	Kumluluk								
	Kuruluk								
	GENEL İZLENİM								

EK 2: DUYUSAL TANIMLAR

Lezzet karakteristikleri ve tanımlamaları (Çapanoğlu 2002)

Karakteristik	**Tanımı**
Çiğ	Pişmemiş fasulye ya da bezelye lezzeti
Pişmiş	Suda haşlanmış fıstık tadı
Acılaşmış	Yanmaya benzeyen, keskin dildeki acıma hissi (yağın acılığı)
Kartonumsu	Oksidize sütün karakteristik aroma kusurları
Tatlı	Farkedilen doğal tatlılık derecesi
Acı	Ağızda algılanan acı tat.

Doku karakteristikleri ve tanımlamaları/değerlendirilmeleri (Çapanoğlu 2002)

Karakteristik	**Tanımı**
Yağlılık	Örneğin yüzeyindeki yağlı tabaka.
Yapışkanlık	Örneği azı dişlerinin arasına koy ve sıkıştır. Kırılmadan (kopmadan) önce sıkıştırılma derecesini ekmeğe göre değerlendir
Sakızımsılık	Örneği ağzına koy ve gıda parçalanmaya başlamadan önce dil ve damak arasında gıdanın döndürülerek parçalanmaya hazır hale getirilmesi aşamasını değerlendir
Kumluluk	Ayvadaki tanecikli, kumlu doku.
Sertlik:	Örneğin dış yüzeyinin kurumasıyla ortaya çıkan kabuk oluşumu

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	: Necla Sevinir BAKLA
Doğum Yeri	: Merkez / Edirne
Doğum Tarihi	: 20.10.1989
Medeni Hali	: Evli
E-Posta	: neclasevinir@hotmail.com

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise	: 2003 – 2007 Edirne Lisesi
Lisans	: 2008 – 2012 Trakya Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü
Lisans	: 2008 – 2013 Anadolu Üniversitesi İşletme Bölümü
Yabancı Dil	: İngilizce

İş Tecrübesi

2012-2013;	Marmara Gıda Mad. San. Tic. A.Ş.
	Sorumlu yönetici
2013- Devam;	Arslanzade Şekerleme
	Kalite Müdürü