



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ



**LİPAZ ENZİMİ İLE MODİFİYE EDİLEN SIVI YUMURTA AKININ
REOLOJİK KARAKTERİZASYONU VE ÜRETİLEN BEZENİN
FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Hatice AŞIK

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

ÇANAKKALE

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

LİPAZ ENZİMİ İLE MODİFİYE EDİLEN SIVI YUMURTA AKININ
REOLOJİK KARAKTERİZASYONU VE ÜRETİLEN BEZENİN
FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Hatice AŞIK

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: 26/08/2019

Tez Danışmanı:

Dr. Öğr. Üyesi Muhammed YÜCEER

ÇANAKKALE

Hatice AŞIK tarafından Dr. Öğr. Üyesi Muhammed YÜCEER yönetiminde hazırlanan ve **26/08/2019** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Lipaz Enzimi İle Modifiye Edilen Sıvı Yumurta Akının Reolojik Karakterizasyonu Ve Üretilen Bezenin Fonksiyonel Özelliklerinin Belirlenmesi**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

Dr. Öğr. Üyesi Muhammed YÜCEER

.....

Başkan

Prof. Dr. Cengiz CANER

.....

Üye

Prof. Dr. Cemalettin SARIÇOBAN

.....

Üye

Prof. Dr. Levent GENÇ

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Sıra No:.....

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiştir. Proje Numarası: 214O376

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI



Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Hatice AŞIK

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca benden yardımlarını esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Muhammed YÜCEER'e
Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgileri ve tavsiyeleriyle beni yönlendiren sayın Prof. Dr. Cengiz CANER ve sayın Doç. Dr. Çiğdem UYSAL PALA'ya,
Gerek yüksek lisans eğitimim sırasında gerek tez çalışmamda bilgi ve yardımlarını esirgemeyen sayın Araş. Gör.Dr. Rıza TEMİZKAN'a
Çalışmalarım esnasında yanımda olan Elif DİNÇER, Elif KARAMAN ve Gıda Mühendisliği yüksek lisans arkadaşlarıma,
Tezin tamamlanmasına destek sağlayan TÜBİTAK'a,
Hayatım boyunca hep desteklerini hissettiğim, yüksek lisans eğitimim boyunca da hiçbir yardım ve fedakarlıktan kaçınmayan annem Ayşe ALDEMİR, babam Ahmet ALDEMİR ve abim Metin ALDEMİR'e,
Son olarak ise her daim sevgi ve desteğiyle yanımda olan değerli eşim Murat AŞIK'a teşekkürlerimi borç bilirim.

Hatice AŞIK
Çanakkale, Ağustos 2019

SİMGELER VE KISALTMALAR

L^*	(0: koyuluk, 100: aydınlık-parlaklık)
a^*	(-: yeşillik, +: kırmızılık)
b^*	(-: mavilik, +: sarılık)
μm	Mikrometre
dk	Dakika
a_w	Su aktivitesi
KM	Kuru madde
γ	Kayma gerinimi
σ	Normal gerilme
$\dot{\gamma}$	Kayma hızı
η	Viskozite
G'	Elastik modül (Depo modülü)
G''	Viskoz modül (Kayıp modülü)
η^*	Kompleks viskozite
$\tan \delta$	Faz açısı
G^*	Kompleks modül
τ	Kayma gerilimi
τ^o	Akma gerilimi
K	Kıvam indeksi
N	Akış davranış indeksi
kg	Kilogram
RWC	Relatif köpük oluşturma kapasitesi
ml	Mililitre
g	Gram
cm^3	Santimetre küp
mm	Milimetre
sn	Saniye
rad	Radyan
Pa	Pascal
TPA	Tekstür profil analizi

ÖZET

LİPAZ ENZİMİ İLE MODİFİYE EDİLEN SIVI YUMURTA AKININ REOLOJİK KARAKTERİZASYONU VE ÜRETİLEN BEZENİN FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Hatice AŞIK

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Muhammed YÜCEER

26/08/2019, 69

Günümüzde gıda sanayinde kabuklu yumurtanın ham madde olarak kullanımı sınırlı düzeydedir. Sıvı yumurtaya işlenen kabuklu yumurtada, işleme sürecinde yumurta akının fonksiyonel özelliklerinde kayıp meydana gelmektedir. Son yıllarda enzimlerin kullanımıyla yumurta ürünlerinin depolama, pastörizasyon veya yumurta akına sarı karışması durumlarında yumurtanın kayba uğrayan fonksiyonel özellikleri geri kazanılabilmekte ve iyileştirilebilmektedir. Tez kapsamında %0,01, %0,02 ve %0,03 oranlarında lipaz enzim uygulamasının sıvı yumurta akının kalite kriterlerine (kuru madde, köpük kapasitesi, köpük stabilitesi, pH, reolojik davranışı, renk, ambalaj içi gaz kompozisyonu) etkileri araştırılmıştır. Bunun yanında beze hamurunda yoğunluk ve hamurun reolojik davranışı incelenmiştir. Ayrıca lipaz enzimiyle üretilen bezelerin kaliteye etkisi (renk, su aktivitesi, tekstür profil analizi ve duyu özellikleri) karakterize edilmiştir.

Enzim uygulamasının yumurta akı kuru madde değerlerine istatistiksel olarak önemli bir etkisi olmazken %0,03 konsantrasyonda depolama sonucunda L* ve b* değerlerinde bir stabilizasyon sağlanabilmiştir. Sıvı yumurta akının ambalaj içi gaz konsantrasyonlarında O₂ değerleri depolama ile azalırken CO₂ değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. Yumurta akı köpük kapasitesinin kontrol grubunda %613,33 seviyelerinde olduğu görülürken %0,03 konsantrasyonda bu değer %766,66 seviyelerine ulaştığı gözlemlenmiştir. Beze hamuru yoğunluğu kontrol grubunda 0,5055 g/cm³ iken %0,03 enzim konsantrasyonunda beklendiği gibi 0,3266 g/cm³ seviyelerine inmiştir. Üretilen bezelerde yapılan renk

analizleri sonucuna göre parlaklık değerlerinde istatistiksel açıdan önemli bir artış gözlemlenmiş; bezelerin duyusal analiz sonuçlarında ise en düşük değerleri kontrol grubunun aldığı ve enzim uygulama gruplarının daha kabul edilebilir olduğu kaydedilmiştir.

Sonuç olarak lipaz enziminin sıvı yumurta akı ve beze kalitesini geliştirdiğı görölmüş ve endüstride kullanılabilirliğini ortaya koymuştur.

Anahtar sözcükler: Yumurta, Sıvı Yumurta Akı, Lipaz Enzimi, Beze, Fonksiyonel Özellik, Reolojik Davranış.



ABSTRACT

RHEOLOGICAL BEHAVIORS OF LIPASE ENZYME MODIFIED LIQUID EGG WHITE AND FUNCTIONAL CHARACTERIZATION OF THE PRODUCED MERINGUE

Hatice AŞIK

Canakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master of Science Thesis in Food Engineering

Advisor: Assist. Prof. Dr. Muhammed YÜCEER

26/08/2019, 69

Nowadays, the use of the shell egg as a raw material in the food industry is limited. And processing of eggs causes loss of functional properties of egg whites. In egg products, the decrease in functional properties caused by yolk contamination, pasteurization or storage recovered by developing enzyme technology. In this thesis; the effects of lipase enzyme treatment by different concentration on the quality criteria of liquid egg white (dry matter, relative whipping capacity, foam stability, pH, rheological behavior, and color values) was investigated. Besides, the study evaluated the texture profile analyses, water activity, color of meringues produced by lipase enzyme-treated liquid egg white. Enzyme application didn't affect egg white dry matter values. At 0,03% concentration during storage, stabilization of L* and b* values were achieved. When looking at the gas concentrations of liquid egg whites, it observed that O₂ values decreased with storage and CO₂ values increased as expected. While egg white foam capacity was found 613,33% in the control group, this value reached 766,66% in 0,03% concentration. While the dough density in the control group was 0,5055 g/cm³, it was decreased at the 0,03% enzyme concentration to 0,33266 g/cm³ as expected. According to results of color analysis, an increase in brightness values was observed. Sensory analysis of meringues showed that the lowest scores obtained by the control group, and the enzyme treatment groups were acceptable. As a result, lipase enzyme was found to improve the quality of liquid egg white and meringues and showed its usability in industry.

Keywords: Egg, Liquid Egg White, Lipase Enzyme, Meringue, Functional Properties, Rheological Behavior.



İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ SINAVI SONUÇ FORMU	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	v
ÖZET	vi
ABSTRACT.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiv
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1.Yumurtanın Yapısı.....	2
1.1.1. Yumurtanın Morfolojik Yapısı.....	2
1.1.1.1. Yumurta Kabuğu.....	3
1.1.1.1.1. Kütikül Tabakası.....	3
1.1.1.1.2. Palisat Bölgesi	3
1.1.1.1.3. Mememsi Tabaka	4
1.1.1.1.4. Kabuk Membranları.....	4
1.1.1.2. Yumurta Akı	4
1.1.1.3. Yumurta Sarısı	4
1.1.2. Yumurtanın Kimyasal Bileşimi.....	5
1.1.2.1. Yumurta Kabuğunun Kimyasal Bileşimi	5
1.1.2.2. Yumurta Akının Kimyasal Bileşimi.....	5
1.1.2.3. Yumurta Sarısının Kimyasal Bileşimi.....	7
1.1.3. Yumurta Akının Fonksiyonel Özellikleri	7
1.1.3.1. Koagülasyon	7
1.1.3.2. Köpürme	7
1.1.3.3. Emülsiyon Oluşturma.....	8
1.1.3.4. Lezzet ve Renk.....	9
1.1.4. Yumurta Akının Fonksiyonel Özelliklerine Etki Eden Faktörler	9
1.1.5. Yumurta İşleme Prosesi	10
1.1.6. Yumurta İşlemede Lipaz Enziminin Önemi	11
1.1.7. Reoloji.....	12

BÖLÜM 2

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	18
-------------------------	----

BÖLÜM 3	23
---------------	----

MATERYAL VE YÖNTEM.....	23
-------------------------	----

3.1. Materyal.....	23
--------------------	----

3.1.1. Sıvı Yumurta Akı	23
-------------------------------	----

3.1.2. Lipaz Enzimi	23
---------------------------	----

3.2. Yöntem	23
-------------------	----

3.2.1. Lipaz Enzimi ile Sıvı Yumurta Akının Muamele Edilmesi	23
--	----

3.2.2. Beze Üretimi	23
---------------------------	----

3.2.3. Analizler.....	24
-----------------------	----

3.2.3.1. pH Tayini.....	24
-------------------------	----

3.2.3.2. Suda Çözünabilir Kuru Madde	24
--	----

3.2.3.3. Renk Analizleri	24
--------------------------------	----

3.2.3.4. Köpük Özellikleri.....	24
---------------------------------	----

3.2.3.5. Beze Hamur Yoğunluğu	25
-------------------------------------	----

3.2.3.6. Reolojik Ölçümler.....	26
---------------------------------	----

3.2.3.7. Ambalaj İçi Gaz Kompozisyonu.....	27
--	----

3.2.3.8. Su Aktivitesi	27
------------------------------	----

3.2.3.9. Tekstür Analizi.....	27
-------------------------------	----

3.2.3.10. Duyusal analizler.....	28
----------------------------------	----

3.2.3.11. İstatistiksel Analizler.....	28
--	----

BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	29
---------------------------------------	----

4.1. Lipaz Enzimi ile Sıvı Yumurta Akının Muamele Edilmesi ve Sıvı Yumurtanın Kalitesi Üzerine Etkileri.....	29
--	----

4.1.1. pH Analizi	29
-------------------------	----

4.1.2. Suda Çözünabilir Kuru Madde.....	30
---	----

4.1.3. Sıvı Yumurta Akı Renk Analizleri	31
---	----

4.1.4. Ambalaj İçi Gaz Kompozisyonu	34
---	----

4.1.4.1. Ambalaj İçi O ₂ Konsantrasyon Değerleri.....	34
--	----

4.1.4.2. Ambalaj İçi CO ₂ Konsantrasyon Değerleri	34
--	----

4.2. Sıvı Yumurta Akı Köpük Özellikleri	36
---	----

4.2.1. Sıvı Yumurta Akı Köpük Kapasitesi	36
--	----

4.2.2. Sıvı Yumurta Akı Köpük Stabilitesi.....	37
4.3. Beze Analizleri	39
4.3.1. Beze Hamur Yoğunluğu	39
4.3.2. Beze Renk Analizleri.....	40
4.3.3. Beze Su Aktivitesi	42
4.3.4. Tekstür Analizleri.....	43
4.3.4.1. Sertlik	44
4.3.4.2. Çiğnenebilirlik	45
4.3.4.3. Dış Yapışkanlık.....	46
4.3.4.4. Elastikiyet	46
4.3.4.5. Esneklik	47
4.3.4.6. İç Yapışkanlık	48
4.3.4.7. Kırılgenlik.....	48
4.3.4.8. Sakızimsılık	49
4.3.5. Duyusal Analizler.....	50
4.4. Reolojik Analizler.....	52
4.4.1. Sıvı Yumurta Akı Kayma Hızı Tarama Sonuçları	52
4.4.2. Sıvı Yumurta Akı Deformasyon Tarama Sonuçları	53
4.4.3. Sıvı Yumurta Akı Frekans Tarama Sonuçları	53
4.4.4. Sıvı Yumurta Akı Sıcaklık Tarama Sonuçları	54
4.4.5. Beze Hamuru Creep Test Sonuçları	55
BÖLÜM 5	
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	57
KAYNAKLAR	59
ÖZGEÇMİŞ	I

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1.1. Yumurtanın morfolojik yapısı	2
Şekil 1.2. Yumurta işleme akış şeması.....	11
Şekil 1.3. Kayma gerilimi ve kayma hızının gösterimi	14
Şekil 1.4. Reolojik davranış biçimleri	15
Şekil 1.5. Zamandan bağımsız reolojik davranış biçimleri	16
Şekil 1.6. Zamana bağımlı reolojik davranış biçimleri	17
Şekil 4.1. Kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akları ile üretilen bezeler	43
Şekil 4.2. Kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akları ile üretilen bezelerin 0. gün duyusal analiz verileri	50
Şekil 4.3. Kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akları ile üretilen bezelerin 60. gün duyusal analiz verileri	51
Şekil 4.4. Kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akları ile üretilen bezelerin 90. gün duyusal analiz verileri	51
Şekil 4.5. Kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akı numunelerinin kayma hızı tarama eğrileri	52
Şekil 4.6. Kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akı numunelerinin deformasyon tarama eğrileri	53
Şekil 4.7. Kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akı numunelerinin frekans tarama eğrileri	54
Şekil 4.8. Kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akı numunelerinin sıcaklık tarama eğrileri	55
Şekil 4.9. Sıvı yumurta akı-normal ve lipaz enzimi ile modifiye edilen sıvı yumurta akından üretilen beze hamuru numunelerinin creep test eğrileri	56

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Yumurta bileşenlerinin içeriği -yaş bazda.....	2
Çizelge 1.2. Standart reolojik parametreler	13
Çizelge 4.1. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akının depolama süresi boyunca pH değerleri üzerine etkisi	29
Çizelge 4.2. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akının depolama süresince KM değerlerindeki değişim.....	31
Çizelge 4.3. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akının depolama süresince L* değerlerindeki değişim.....	32
Çizelge 4.4. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akının depolama süresince a* değerlerindeki değişim.....	33
Çizelge 4.5. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akının depolama süresince b* değerlerindeki değişim.....	33
Çizelge 4.6. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akının depolama süresince O2 değerlerindeki değişim.....	34
Çizelge 4.7. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akının depolama süresince CO ₂ değerlerindeki değişim.....	35
Çizelge 4.8. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akının depolama süresince köpük kapasitesindeki değişimi.....	37
Çizelge 4.9. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akının depolama süresince köpük stabilitesi değişimi.....	38
Çizelge 4.10. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akından elde edilen beze hamuru yoğunluk değerleri	39
Çizelge 4.11. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akından elde edilen bezelerin depolama süresince L* değerlerindeki değişimi	40
Çizelge 4.12. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akından elde edilen bezelerin depolama süresince a* değerlerindeki değişimi	41
Çizelge 4.13. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akından elde edilen bezelerin depolama süresince b* değerlerindeki değişimi.....	41
Çizelge 4.14. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akından elde edilen bezelerin depolama süresince aw değerlerindeki değişimi	43
Çizelge 4.15. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akından üretilen bezenin depolama süresi boyunca sertlik değerlerindeki değişimi	44
Çizelge 4.16. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akından üretilen bezenin depolama süresi boyunca çiğnenebilirlik değerlerindeki değişimi.....	45
Çizelge 4.17. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akından üretilen bezenin depolama süresi boyunca dış yapışkanlık değerlerindeki değişimi.....	46
Çizelge 4.18. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akından üretilen bezenin depolama süresi boyunca elastikiyet değerlerindeki değişimi	47
Çizelge 4.19. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akından üretilen bezenin depolama süresi boyunca esneklik değerlerindeki değişimi	47
Çizelge 4.20. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akından üretilen bezenin depolama süresi boyunca iç yapışkanlık değerlerindeki değişimi.....	48
Çizelge 4.21. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akından üretilen bezenin depolama süresi boyunca kırılgeçirlik değerlerindeki değişimi	49
Çizelge 4.22. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akından üretilen bezenin depolama süresi boyunca sakızimsılık değerlerindeki değişimi	49

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Yumurta; tavuk, ördek, bıldırcın gibi kanatlı kümes hayvanlarından elde edilen; anne sütünden sonra, insanın temel ihtiyacı olan tüm besin öğelerini yapısında bulunduran tek besin kaynağıdır (Anonim, 2011). Bunun yanında ticari değer olarak tavuk yumurtası ön plana çıkmaktadır. Türk Gıda Kodeksi içerisinde yer alan Yumurta Tebliğine göre yumurta; *Gallus gallus var. domesticus* cinsi tavuklardan elde edilen ve doğrudan insan tüketimine veya gıda sanayisinin kullanımına sunulan veya yumurta ürünlerinin hazırlanmasına uygun olan kabuklu yumurta olarak belirtilmektedir. Yumurta ürünleri tanımı ise; kabuğundan ayrılmış tüm yumurta, yumurta sarısı, yumurta akı veya karışımlarından elde edilen, diğer gıda maddeleri ile de kombine edilebilen; tekniğine uygun şekilde üretilmiş, en az %50 oranında yumurta içeren sıvı, konsantre edilmiş, kurutulmuş, dondurulmuş, koagüle edilmiş, kristalize ve benzeri ürünler olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2014). İnsan beslenmesinde önemli bir yeri olan yumurtanın biyolojik değeri %93,7 olarak ifade edilmektedir (Durmuş ve ark., 2007; Algan, 2007). Folikülde olgunlaşan ovum, ovulasyonun gerçekleşmesinden sonra infundibulum tarafından yakalanır ve magnum, isthmus, uterus ve vajinadan geçerek olgun yumurta olarak yumurtlanır. Bu işlemin tamamlanması yaklaşık 24,5-25 saat gerektirmektedir (Durmuş ve ark., 2007).

Yumurta; vücudunun ihtiyacı olan tüm besin elementlerini içerdiğinden dolayı süt ile birlikte en iyi besin kaynağı olarak kabul görmüştür. Ayrıca yumurta gelişim dönemindeki çocuklar ile profesyonel sporcuların ve anne adaylarının dengeli beslenmesinde önemlidir (Anonim, 2011). Bunun yanında yumurtanın köpürme, kabarma, kristallenmeyi geciktirici, emülsiyon yapma, aroma ve renk sağlama gibi birçok fonksiyonel özelliği bulunmaktadır. Tüm bu özellikleriyle yumurta birçok endüstriyel gıda ürünlerinin imalatında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Howard ve ark., 2012).

Türkiye’de kişi başı yumurta tüketim miktarı 2018 yılında 214 adet iken, Japonya’da bu miktar 2018 yılı itibarıyla 333, ABD’de 277 adet olarak bildirilmiştir (Anonim, 2018). Ülkemizde yumurta sektörü son 10 yılda iç tüketim ve ihracatın etkisi ile sürekli bir büyüme trendindedir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre; 2018 yılında ülkemiz 127.372.689 adet tavuk sayısı ile üretilen yumurta miktarı 19.643.711 adede ulaşmıştır. Bu durum arz fazlası olarak iç piyasada yumurta fiyatlarında dengesizlik

oluşturmakla birlikte ihracatta kabuklu yumurta fiyatlarının düşmesine ve ürünün hak ettiği değere erişememesine neden olmaktadır.

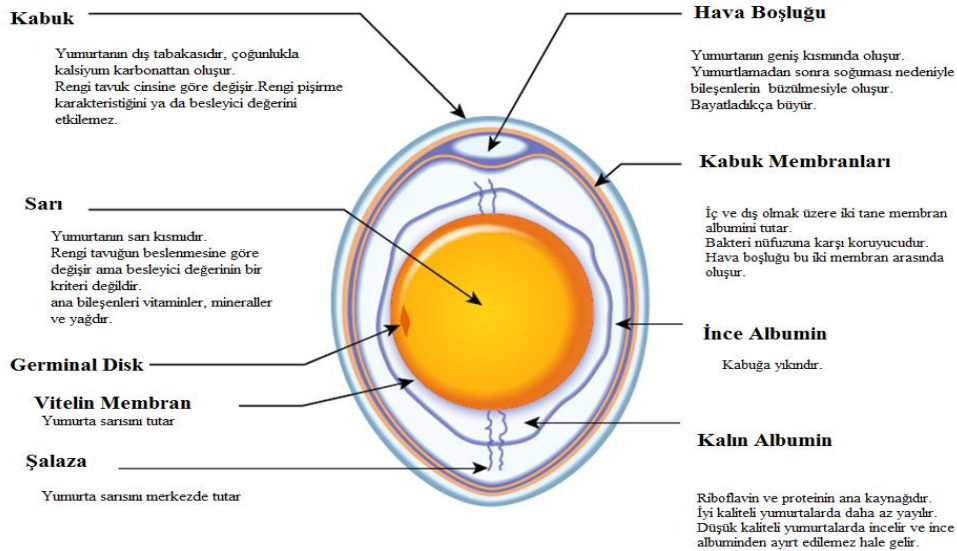
1.1.Yumurtanın Yapısı

1.1.1. Yumurtanın Morfolojik Yapısı

Kabuklu yumurta temelde 3 ana yapıdan oluşmakta olup, bunlar yumurta kabuğu (%9-11), yumurta akı (%60-63) ve yumurta sarısıdır (%28-29). En dış kısımda yumurta kabuğu onun altında yumurta akı ve iç kısımda merkezi yapıda ise yumurta sarısı yer almaktadır (Şekil 1.1). Bunlara ek olarak yumurta kabuğu zarı, yumurta akı ile yumurta kabuğu arasında yer almaktadır (Mine ve Zhang, 2013). Yumurta bileşenlerinin içeriği Çizelge 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Yumurta bileşenlerinin içeriği -yaş bazda (Mine ve Zhang, 2013)

Yumurta Bileşeni	Protein (%)	Lipit (%)	Karbonhidrat (%)	Kül (%)
Yumurta akı	9,7-10,6	0,03	0,4-0,9	0,5-0,6
Yumurta sarısı	15,7-16,6	32,0-35,0	0,2-1,0	1,1
Bütün yumurta	12,8	10,5-11,8	0,3-1,0	0,8-1,0



Şekil 1.1. Yumurtanın morfolojik yapısı (Mine ve Zhang, 2013)

1.1.1.1. Yumurta Kabuğu

Yumurtayı çevresel dış etmenlere karşı muhafaza eden ve yumurtaya kendine özgü görünümünü veren yapıdır (Kovacs-Nolan ve ark., 2005). Yaklaşık olarak 0,35 mm kalınlığındadır. Yumurta kabuğunun mukavemeti yem içeriğindeki kalsiyum, fosfor, manganez ve vitamin D miktarı ile yumurtanın şekilsel büyüklüğüne bağlı olarak değişmektedir. Yumurtanın büyüklüğü arttıkça kabuk kalınlığı ve mukavemeti azalmaktadır (Karoui ve ark., 2009). Yumurta kabuğunun rengi, hayvan ırkına göre farklılık göstermektedir. Yumurtanın kabuk rengi ırka göre değişmekte olup, rengin kahverengi-beyaz olmasıyla bileşimi ve besleyici değeri arasında önemli bir farklılık olmadığı ifade edilmiştir. (Anonim, 2011). Yumurtada kahverengi rengin oluşumunda protoporfirin düzeyi ve biliverdin rol üstlenmektedir (Karoui ve ark., 2009). Yumurta kabuğu çok taneli (polycrystalline) bir yapıya sahip olup, 4 ana tabakadan oluşmaktadır (Mine ve Zhang, 2013).

1.1.1.1.1. Kütikül Tabakası

Yumurta kabuğu 7000-17000 arasında rastgele dağılmış por kanalını içerir (Mine ve Zhang, 2013). Porlar sayesinde yumurtadan CO₂ ve nem kaybı olurken yumurta içine O₂ girişi olmaktadır (Vaclavik ve Christian, 2003). Kütikül tabakası 10-30 µm kalınlığında olup mineralize ve organik tabakaları aynı zamanda pigmentleri içermektedir (Mine ve Zhang, 2013). Kütikül tabakası kaygan bir yapıda olup, depolama süresinde kaybolmaktadır. Kütikül porların üzerini de kapladığı için yumurtanın muhafazasında önemli bir etkindir (Anonim, 2011). Kirin uzaklaştırılması için yumurtanın yıkanması veya aşındırıcı kullanımı kütikül tabakasını bozmakta ve böylelikle yumurta mikroorganizmalara karşı açık hedef haline gelmektedir (Algan, 2007).

1.1.1.1.2. Palisat Bölgesi

Kabuk kalınlığının 2/3'sini kapsayan, yoğun dikey kristal katmandır (Belitz ve ark., 2009). Kalsifiye süngerimsi bir matriksten oluşmakta ve yaklaşık 200 µm kalınlığındadır (Mine ve Zhang, 2013).

1.1.1.1.3. Mememsi Tabaka

Mememsi tabaka, bir tarafı palisat bölgesine sıkıca bağlı diğer tarafı kabuk zarının dış yüzeyine sıkıca tutunmuş topuz benzeri küçük yapılardan oluşmaktadır. Aynı zamanda iç kalsifiye katman olarak da anılmakta ve kalsiyum rezervini içermektedir (Belitz ve ark., 2009; Mine ve Zhang, 2013).

1.1.1.1.4. Kabuk Membranları

Kabuk membranı keratinden oluşmaktadır. Yumurta akı ve mememsi tabaka arasında konumlanmıştır ve mikroorganizma girişini engellemektedir. İç membran yaklaşık 20 µm, dış membran ise yaklaşık 50 µm kalınlığındadır (Mine ve Zhang, 2013). Yumurtlamanın ardından yumurta sıcaklığı 41°C iken ortam sıcaklığı bundan daha düşük olduğu için yumurtanın iç kısmının soğumasının etkisiyle yumurtanın küt kısmında bulunan iki zar birbirinden ayrılmakta ve hava boşluğu oluşmaktadır. Yumurtanın depolanma süresi uzadığında, porlardan hava girmesi ile hava boşluğu dolmaktadır (Anonim, 2011). Hava boşluğunun büyüklüğü ölçülerek yumurtanın tazelik durumu belirlenebilmektedir (Algan, 2007).

1.1.1.2. Yumurta Akı

Yumurta akı, iyi bilinen fonksiyonel ve besleyici bir besin maddesidir. Yumurta akı, yumurtanın %60-63'ünü oluşturur. Toplam katı madde miktarı, tavuğun cins ve yaşına bağlı olarak yumurta akının %11-13'ü arasında değişebilir. Yumurta akı dış sulu ak, koyu ak, iç sulu ak ve şalaz veya iç koyu ak bölümleri sırasıyla %23,2, %57,3, %16,8 ve %2,7 oranında olmak üzere 4 katmana ayrılmıştır (Anonim, 2011; Hoppe, 2010; Mine ve Zhang, 2013; Yüceer, 2019). Yumurta akında şalaz isimli yapı yumurta sarısını iki yönden çevreleyerek ortada kalmasını sağlamaktadır (Algan, 2007). Yumurta akının viskozitesi içerisindeki ovomusin düzeyine bağlı olup, akışkanlık değeri kayma hızı arttıkça viskozitesi azalan, Newtonyan olmayan yani psödoplastik akışkan bir sıvıdır. Yumurta akının içeriği rasyon, çevresel koşullar ile yumurtanın büyüklüğüne ve tavuk yaşına bağlı olarak değişebilmektedir (Mine ve Zhang, 2013).

1.1.1.3. Yumurta Sarısı

Yumurta sarısı yumurtanın merkezinde yer alır ve etrafı vitellin zar adı verilen ince membran ile çevrilidir (Mine ve Zhang, 2013). Yumurta sarısı seyreltme ve santrifüj yöntemleriyle plazma ve granül olmak üzere iki fraksiyona ayrılabilir. Yumurta

sarısının rengi sarı veya sarı-kırmızıdır ve bu farklılığın nedeni hayvansal metabolizma sonucu değil bitkisel kökenli renk maddelerinin karışımının bir sonucudur. Sarının rengi genotip, yaş, yemdeki lisin düzeyi, yetiştirme sistemi, yağlar ve antioksidanlar, vitamin A ve kalsiyum tüketimi, antibiyotikler ve ilaçlar ile bilinmeyen bazı faktörlerden etkilenir. Sarı pigmentler karotenoid, ksantofil ya da likopen olabilir. Ancak soluk yumurta sarısı yumurtada vitamin A eksikliğini ifade etmemektedir (Anonim, 2011; Vaclavik ve Christian, 2003; Yüceer, 2019).

1.1.2. Yumurtanın Kimyasal Bileşimi

Bir tavuk yumurtasının ortalama ağırlığı 58 gramdır. Bunun %10'u kabuk (5-6 g), %58'i yumurta akı (33 g), %32'sini yumurta sarısı (19 g) oluşturmaktadır. Yumurta su, protein, yağ asidi, mineraller, vitaminler ve pigmentler gibi çok çeşitli kimyasal bileşenlerden oluşur (Mine ve Zhang, 2013; Yüceer ve ark., 2012). Yumurtanın besin içeriği; yem rasyonu, yumurtanın depolama şartları ve süresine bağlı olarak değişim göstermektedir (Algan, 2007).

1.1.2.1. Yumurta Kabuğunun Kimyasal Bileşimi

Yumurta kabuğunun %95'i minerallerden oluşmaktadır ve önemli bir kısmını kalsiyum karbonat oluşturmaktadır. Ayrıca fosfor ve magnezyum mineralleri de bulunmaktadır. Yumurta kabuğundaki kütikül tabakası %87 protein, %4 karbonhidrat, %3 yağ ve %3 külden oluşmaktadır (Karoui ve ark., 2009; Mine ve Zhang, 2013).

1.1.2.2. Yumurta Akının Kimyasal Bileşimi

Yumurta akının ana bileşeni su olup, toplam kuru madde içeriği ise %11-14 arasında değişmektedir. Kuru maddesinde ise ana bileşen proteinlerdir. Yumurta akının antimikrobiyel, hücre büyümesi uyarıcı, metal bağlama, vitamin bağlama ve immünolojik faaliyetler gibi birçok fonksiyonel özelliği bulunmaktadır (Ledesma-Hernandez ve Hsieh, 2013). Taze yumurta akında pH 7,6-7,9 arasındadır ve CO₂ varlığından dolayı opak görünümdedir. Yumurtanın depolama süresi arttıkça porlardan CO₂ kaybına bağlı olarak pH artarak yumurta akının viskozitesi düşmektedir. Taze yumurta akında 62-65 °C arasında koagülasyon meydana gelirken depolamanın etkisiyle oluşan pH değişimi sonrası koagülasyonun meydana geldiği sıcaklık düşmektedir (Karoui ve ark., 2009).

Yumurta akındaki karbonhidratlar hem bağlı hem de serbest halde bulunabilirler. Serbest halde iken genelde glukoz olarak bulunurken karbonhidratların yaklaşık %0,5'i

mannoz ve galaktoz ünitelerini içeren glikoprotein formunda bulunur. Yumurta akının mineral içeriği yem rasyonu, çevresel koşullar, sıcaklık, mevsim ve tavuğun yaşından da etkilenmektedir. Yumurta akındaki vitaminler riboflavin, niasin ve biyotindir (Vaclavik ve Christian, 2003). Yumurta akında bulunan proteinler hakkında özet bilgi aşağıda verilmiştir. Ovalbümin; molekül ağırlığı 45 kDa olan monomerik bir fosfoglikoprotein olup, yumurta akı proteinlerinin %55'ini oluşturmakta ve köpük oluşturma özelliği bulunmaktadır (Sheng ve ark., 2018). Yumurta akındaki proteinler arasında ovalbüminden sonra konalbumin (ovotransferrin) yer almaktadır. Konalbumin pI değeri 6,1 olan ve 77,7 kDa moleküler ağırlığa sahip bir glikoproteindir. Ovotransferrinin denatürasyonu 61-65 °C arasında gerçekleşmektedir. Metalik iyonla oluşan bu kompleks aynı zamanda proteolize de dirençlidir. Gram negatif bakteriler için esansiyel olan demiri bağlama özelliğiyle bakteri gelişimini engellemektedir (Mine, 1995). Ovomukoid ise moleküler ağırlığı 28,0 kDa ve pI 4,1 olan bir glikoprotein olup, 77 °C'de denatürasyon başlamaktadır. Yumurta akının jel oluşumunu sağlar. 9 disülfid köprüsü vardır ve serbest sülfhidril grubu bulunmamaktadır. Ovomukoid, iyi bir tripsin ve proteaz inhibitörüdür. Ovomukoid, disülfür köprülerinden dolayı çok karardır ve asidik koşullarda 100 °C'de fizikokimyasal olarak stabildir (Kulchaiyawat, 2015; Mine, 1995). Ovomusin, yumurta akı proteinlerinin %1,5-3,5'ini oluşturan viskoz yapıda olan bir glikoproteindir. Moleküler ağırlığı 5,5-8,8 arasında değişmektedir. α -ovomusin ve β -ovomusin'in karbonhidrat içeriği, sırasıyla ~%15 ve ~%50'dir. Karbonhidrat zincirleri %15-18,6 hekzoz, %7-12 hekzosamin ve %2,5-8 sialik asittir. Yumurta akına viskozitesini verir. Yumurtanın depolanması sırasında yumurta akının incilmesi problemi ovomusin degradasyonu nedeniyle olur. Köpük stabilitesinden sorumlu olup iyi bir jelleşme ajanıdır (Mine, 1995). Lizozimin moleküler ağırlığı 14,3 kDa ve pI değeri 10,7 olan 129 amino asitten oluşan küçük bir proteindir. Serbest sülfhidril grupları içermeyen dört disülfid bağı içeren basit bir proteindir. Lizozim, uzun bir α sarmalına bağlı olan iki alan içermektedir. N-terminal alanı çoğunlukla, birkaç alan içeren anti-paralel β -tabakadan oluşurken, diğer alan çoğunlukla α sarmaldır. Gram negatif bakterilerin hücre duvarında bulunan polisakkaritleri (N-asetilmuramik asit ile N-asetil glukozamin arasındaki β -(1,4) bağlarını) hidrolize ederek bakteriyel kaynaklı bozulmayı engellemektedir. 69-77 °C arasında denatüre olmaktadır (Lesnierowski ve ark., 2005; Mine, 1995). Yumurta akı proteinlerinden olan avidin ise biyotini bağlamakta ve avidin-biyotin antimikrobiyel ve ısıya dayanıklı kompleksi oluşmaktadır. Gelişiminde biyotine ihtiyaç duyan bakterileri ve mayaları inhibe etmektedir. Biyotinle bağlandığında,

kompleks, 131 °C'ye kadar stabilitesini koruyabilmektedir (Huopalahti ve ark., 2007; Kovacs-Nolan ve ark., 2005; Yüceer, 2019).

1.1.2.3. Yumurta Sarısının Kimyasal Bileşimi

Yumurta sarısının toplam kuru madde içeriği %45-50 arasındadır. Yumurta sarısının temel besin bileşenleri proteinler ve lipitlerdir. Yumurtada bulunan yağın tümü sarısında yer almaktadır. Triglicerit, fosfolipit ve sterol olmak üzere yağları içermektedir. Proteinlerin önemli bir kısmı ise lipitlerle kompleks halde bulunmaktadır (lipovitelin, livetin). Lipitlerin çoğu düşük yoğunluklu lipoprotein olarak bulunurlar. Yumurta sarısının lipitleri %65,5 triglicerit, %28,3 fosfolipit ve %5,2 kolesterolden oluşmaktadır (Algan, 2007; Vaclavik ve Christian, 2003).

1.1.3. Yumurta Akının Fonksiyonel Özellikleri

1.1.3.1. Koagülasyon

Koagülasyon terimi karışımın sıvı fazdan katı ya da yarı katı hale gelmesini ifade etmektedir. Pişmiş birçok gıdanın elde edilmesi proteinlerin, özellikle de yumurta proteinlerinin ısı ile geri dönüşümsüz koagüle olması özelliğine bağlıdır. Bu özellik için hem sarı hem de ak kullanılabilir. Yumurta protein moleküllerinin yapısındaki değişiklik ile olan koagülasyon; ısıyla, mekanik olarak, tuz, asit alkali ya da diğer bazı ajanların katılması ile sağlanabilmektedir. Yumurtanın koagülasyonunu etkileyen etmenleri ise şu şekilde sıralayabiliriz: sıcaklık, tuz, şeker, asit ve alkali ortam. Şeker; koagülasyon sıcaklığını artırırken, ortamda tuzun varlığı ve asitliğin artması ise koagülasyonu kolaylaştırmaktadır (Altalhi, 2013; Chen ve ark., 2015; Vaclavik ve Christian, 2003; Yüceer, 2019).

1.1.3.2. Köpürme

Köpüklerde dispers gaz fazı, sıvı ya da katı bir sürekli faz tarafından sarılmaktadır. Sürekli faz genellikle bir sıvı olur ancak bu sıvı ısıtma ya da dondurma gibi bir prosesle katı benzeri bir yapıya çevrilir. Yumurta biraz çırpıldığında geniş hava kabarcıkları karışımın içine dağılmakta ve proteinler denatüre olmaktadır. Ardından denatüre olmuş proteinler küçük hava kabarcıklarının etrafını sararak yapıyı oluşturur. Böylece gıda köpükleri gaz, sıvı ve yüzey aktif ajanı denilen proteinden oluşmuş olur. Çırpma sırasında yumurta beyazı hacmini 8 kat kadar artırabilir. Hava kabarcıkları protein tarafından tutulmaktadır. Protein; yüksek viskozite, düşük yoğunluklu yüksek yüzey alanı ve yüksek

yüzey enerjisi gibi özellikler sergilemektedir. Köpürmeyi etkileyen etmenleri ise şu şekilde sıralayabiliriz: sıcaklık, homojenizasyon, pH, karıştırma, tuz, şeker, asit-baz, su, yağ ve bakır bulunması. Çırpmanın gereğinden fazla uzun olması ise köpük kapasitesini azaltmaktadır. Yumurta akındaki proteinler doğal pH değeri olan 8-9 arasında ve izoelektrik pH değeri ise 4-5 arasında maksimum köpük performansını göstermektedir. Proteinlerin uygun köpük oluşturup stabil kalabilmesi için sahip olması gereken özellikleri şöyle sıralayabiliriz: düşük molekül ağırlığı, yüksek yüzey hidrofobikliği, iyi çözünürlük ve kolay denatürasyon. Yumurta akı proteinlerinden globülinler, ovalbümin, ovotransferrin ve lizozimin köpürme indeksine olan katkıları sırasıyla 4,71 cm³/g/dk, 0,59 cm³/g/dk, 0,34 cm³/g/dk, 0,12 cm³/g/dk olarak sayılabilir. Etkili bir köpük için proteinin sıvı fazda çözünmesi ve hızlıca gaz baloncuklarının etrafında ara yüzey filmi oluşturması gerekmektedir (Altalhi, 2013; Lindon ve Lorient, 1999; Mine, 1995; Yavuz, 2016; Yüceer, 2019). Yumurta akı serbest sülfidril grupları ve disülfür bağları içeren bazı globüler proteinleri içermekte ve bunlar denatüre oldukları zaman hidrofobik etkileşim ve molekül içi sülfidril-disülfür değişim reaksiyonları aracılığıyla etkileşim göstermektedir (Altalhi, 2013; Yavuz, 2016). Köpük, hava kabarcıklarının duvarı olan bir lamel içermektedir. Lameller kalın ve bol miktarda sıvı ile doludur. Hava kabarcığı plato kenarlığı ile çevrilidir. Hava kabarcığı, yüksek iç basınçlı küresel bir şekle sahiptir. Lamellada bulunan proteinlerin ana işlevi, birleşmeyi önlemek amacıyla hava kabarcıklarını dengelemektir (Alleoni, 2006).

Köpük stabilitesini etkileyen birçok faktör vardır. Bunlar sıvı drenaj oluşumu, kabarcık birleşmesi, köpük çökmesi, köpük yapısı ve dokusunun kaybolmasına yol açan kabarcık yüzeylerin birbirine yaklaşması olarak sıralanabilir (Keogh ve ark., 2004). Köpük oluşumundan sonra drenaj hemen başlar. Sıvı drenajın son hacmi köpükteki sıvı fazın başlangıç hacmine yaklaşır (Lau ve Dickinson, 2005). Köpük ayrıca küçük çaplı kabarcıklar ve kabarcıklar arasındaki kalın filmler ile karakterizedir. Bir süre sonra küçük hava kabarcıkları genişlemeye başlar ve boyutlarında artış başlar, bu durum köpük çökmesine neden olmaktadır (Altalhi, 2013; Dickinson, 2010; Lau ve Dickinson, 2005).

1.1.3.3. Emülsiyon Oluşturma

Genelde iki tarz dispersiyon bulunmaktadır. Bunlardan birincisi sıvı bir fazın başka bir sıvı faz içinde dağılmasıyla oluşur. İkincisi ise sıvı bir fazın içinde gaz fazının dağılmasıyla oluşmaktadır. Yumurta akının emülsifiye etme özelliği bulunmasının yanında yumurta sarısı daha etkili bir emülsifiye ajanıdır (Altalhi, 2013). Emülsifikasyon esnasında

sürekli faz ve dispers faz arasındaki yüzey alanı artar ve bu ilk hali ile kıyaslandığında sistemin enerjisinin artmasına neden olur. Bu enerji artışı ise sistemi termodinamik olarak istikrarsız hale getirir Emülsiyonu stabil hale getirmek için emülsifiyer adı verilen yumurta sarısı veya akı, yağ damlacıklarının etrafında bir film oluşturur ve birleşmelerini önler. Emülsifiyerin polar olmayan bölgesi yağ fazına yönelirken, polar kısım ise su fazına yönelir ve böylece iki faz birbirinden ayrılır ve ara yüz tansiyonu en aza indirilerek stabilizasyon sağlanmış olmaktadır (Altalhi, 2013; Yüceer, 2019).

1.1.3.4. Lezzet ve Renk

Yumurta sarısının içeriğindeki yağ ile lezzet öğelerini beraberinde bulundurmaktadır. Bunun yanında yumurta sarısı poğaça gibi ürünlerin yüzeylerine sürülerek ürünün kendine has renginin almasına doğrudan etkilidir. Fırıncılık ve pastacılık sektöründe daha iyi bir renk eldesinde farklı yumurta akı ve sarısı içeren yumurta karışımları tercih edilmektedir (Lindon ve Lorient, 1999).

1.1.4. Yumurta Akının Fonksiyonel Özelliklerine Etki Eden Faktörler

Yumurta akının fonksiyonel özellikleri arasında köpük oluşturma kabiliyeti en iyi bilinen özelliğidir. Köpük mekanizması hava ve sıvı fazlarından meydana gelen kolloidal bir dispersiyon olup, iyi bir yüzey-aktif protein hızlıca ara yüze ilerler ve kolaylıkla açılarak daha stabil bir film için oldukça yüksek viskoelastikliğe sahip olur. Beze ve kek yapımında sıvı yumurta akının kullanılması yumurtanın mükemmel köpürme özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Yumurta akına sarının karışması yumurta akının köpük özelliklerini zayıflatmaktadır ve bu durum yumurta endüstrisinde önemli bir problem oluşturmaktadır (Liu ve ark., 2014). Yumurta akına %0,5 oranında dahi sarı karışması, köpük oluşturma özelliklerinin kaybına sebep olmaktadır (Macherey, 2007). Bunu; rekabetçi bir adsorpsiyon ile hava/su arayüzünün içine girip, önleyerek gerçekleştirir (Lindon ve Lorient, 1999). Gelişmiş yumurta kırma ve ayırma makinelerinde bile yumurta akına sarı bulaşmasını engellemek güç olmaktadır. Yumurta akında depolama süresinin ilerlemesiyle pH değeri artmakta ve depolama sıcaklığının artmasıyla da yumurta akının fonksiyonel kalitesinin daha hızlı bozulmasına neden olmaktadır (Lee ve ark., 2016). Yumurta oda sıcaklığında buzdolabı sıcaklığına göre daha düşük yüzey tansiyonuna sahip olduğu için hızlı köpük oluşturur (Vaclavik ve Christian, 2003). Ayrıca homojenizasyon işlemi çırpma süresini ve ‘beyaz pasta’ kekinin hacmini azaltmaktadır. Bu durum ovomusunun lif uzunluğunu değiştirerek kekin yapısal-tekstürel özelliklerini de

etkilemektedir (Lomakina ve Mikova, 2006). Pastörizasyon köpük kapasitesinin azalmasına ve böylece bundan elde edilecek olan ürünlerin kalitesinin azalmasına neden olur. Bunun nedeni ise 53 °C'de ovotransferrinin denatüre olmasıdır (Lomakina ve Mikova, 2006). Uzun süreli çırpma ile yumurta akı stabil olmayan köpük oluşturma eğilimindedir (Lindon ve Lorient, 1999; Lomakina ve Mikova, 2006; Matringe ve ark., 1999). Yumurta akına az miktarlarda sülfürik asit ya da sodyum hidroksit eklenmesiyle asidik ve nötral koşullarda daha yüksek kapasiteli köpük hacmi tespit edilmiştir (Lomakina ve Mikova, 2006). Sadahira ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada pH 3'te pH 4,5'da olduğundan daha yüksek kapasiteli köpük elde etmişlerdir. Yumurta akına yağ eklenmesi ise yumurta sarısı karışmasına benzer bir mekanizma ile köpük özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir (Lomakina ve Mikova, 2006). Tuz köpük oluşumunu geciktirerek düşük hacim ve stabilitesi olan köpüklerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu durum protein solüsyonun viskozitesinin azalmasından ileri gelmektedir (Lindon ve Lorient, 1999). Tuz; yumurtaya köpük oluşumundan sonra eklenmelidir (Vaclavik ve Christian, 2003). Yine ışınlamanın yumurta akının pH değerini etkilemediği ancak köpük yoğunluğu ile köpük stabilitesi ve viskozite değerlerini azaltırken köpük hacmini arttırdığı bildirilmiştir (Liu ve ark., 2009; Sarıbay ve Köseoğlu, 2012; Yüceer, 2019).

1.1.5. Yumurta İşleme Prosesi

Yumurta; dondurularak, kurutularak veya pastörize edilerek fırıncılık ve pastacılık gibi endüstrilerde farklı ürünlerin üretiminde hammadde veya yardımcı bileşen olarak kullanılmaktadır. Yumurtanın işlenmesine olan ilgi; kabuklu yumurtanın depolanması için gereken geniş alan ihtiyacı, yumurta kırmanın gerektirdiği işçilik, harcanan zaman ve atık sorunu ile mikrobiyel bulaşma endişesi nedeniyle her geçen gün daha da artmaktadır (Radvanyi ve ark., 2012). Bu amaçla yumurta pastörizasyon, kurutma ya da dondurma teknikleriyle işlenerek tüketiciye ulaşmaktadır. Yumurta üretiminde uygulanan işlemler şöyle sayılabilir. Öncelikle yumurtalar boylarına göre sınıflandırılır, kabuklarında çatlak ve kırık bulunan yumurtalar ayrılır. Kırma öncesinde klor çözeltisiyle yıkanır, fırçalanır ve sonrasında basınçlı suyla durulanır (Froning ve Hartung, 1968). Yıkanan yumurtalar kırılır, ihtiyaca göre sarısı ve akı ayrılır ya da bütün olarak işlem görürler. Manuel ya da mekanik kırmanın yumurtanın fonksiyonel özelliklerine etkisi olduğu bildirildiği için bu konuda dikkatli olunmalıdır (Lechevalier ve ark., 2005). Kabukları uzaklaştırmak için filtrasyon uygulanır. Yumurta pastörizasyonunda; tüm patojenik bakterilerin arasında hedeflenen,

yumurtada en çok rastlanan bakteri olan *Salmonella enteritidis*'in yıkımlanmasıdır (Hoppe, 2010).

Pastörize edilen yumurta karışımı hızla 3,3 °C'ye soğutulur. Yumurta ürünlerinin dolumu yapılır. Yumurta tozu üretim aşamaları Şekil 1.2'de gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Yumurta işleme akış şeması (Yüceer ve Caner, 2019)

1.1.6. Yumurta İşlemede Lipaz Enziminin Önemi

Günümüzde gıda sanayinde yumurta oldukça aranan bir ham maddedir. Ancak kabuklu yumurtanın ham madde olarak kullanımı sınırlı düzeydedir. Raf ömrünün arttırılması ve gıda güvenliği açısından patojen mikroorganizmaların inaktivasyonu için pastörizasyon tekniği tercih edilmektedir. Ancak pastörizasyon işlemi özellikle yumurta akının fonksiyonel özelliklerinde kayba neden olmaktadır. Ayrıca yumurta kırma ve sarının ayrılması aşamalarında yumurta akına sarı kontaminasyonu olabilmektedir. Günümüzde enzimlerin kullanımıyla yumurta ürünlerinin depolama, pastörizasyon veya beyaza sarı karışması durumlarında yumurtanın kayba uğrayan fonksiyonel özellikleri geri kazanılabilmektedir (Macherey, 2007; Nielsen, 2000).

Lipazlar yağ-su yüzeylerindeki uzun açilgliserol zincirlerini gliserol ve serbest yağ asitlerine hidrolizini katalize eden ve suda çözünen, karboksil esterazlardır (Macherey, 2007; Abousalham ve Verger, 2000; Sharma ve ark., 2001). Lipazlar için doğal substratlar

uzun zincirlerdir ancak kısa ve orta uzunluktaki gliserol ester zincirlerinin uzun olanlara göre daha hızlı hidrolizasyonu gerçekleşmektedir (Abousalham ve Verger, 2000). Lipazlar trigliseritleri digliserit ve monogliseritlere parçalamaktadırlar (Macherey, 2007). Lipaz enzimi kek karışımlarında hava/su yüzey gerilimini ve viskozitesini azaltmaktadır (Rodríguez-García ve ark., 2014). Aynı zamanda lipazlar yumurta akında monogliserid ve digliserit oluşumu ile köpürme özelliğini iyileştirilmektedirler (Fadıloğlu ve Erkmen, 2004). Lipaz; bitki ve mikroorganizmalarda olduğu gibi hayvanlarda da bulunmaktadır. Ancak aralarında mikrobiyel lipaz; saflaştırması en uygun ve ucuz olduğu ve diğerlerine göre daha stabil olduğu için en kullanışlı olanıdır (Macherey, 2007). Macherey (2007) tarafından yapılan çalışmada yumurta sarısı karışan yumurta akının fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesinde lipaz enziminin etkinliği araştırılmış ve lipaz enziminin yumurta sarısında bulunan trigliseritleri serbest yağ asitlerine, digliserit ve monogliserite hidrolize ettiği belirtilmiştir.

1.1.7. Reoloji

Reoloji terimi Yunanca akmak anlamına gelen ‘rheos’ kelimesinden ortaya çıkmıştır. 1929 senesinde bir toplantıda Prof. E.C. Bingham reoloji terimini ilk defa kullanmış ve tanımını yapmıştır (Süren, 2010). Reoloji, maddelerin deformasyonu ve akışkanlığını inceleyen bir bilim dalıdır (Kasapis ve Bannikova, 2017). Gıda teknolojisindeyse reoloji bilimi; ürünün viskozitesi, yapısı, esnekliği üzerine bilgi edinmemize olanak sağlar. Gıdalar; su, protein, karbonhidrat, yağ ve liften oluşan çok kompleks materyallerdir. Tüm bu bileşenler gıdanın yapısını ve böylece akış özelliklerini etkiler. Bu nedenle de her gıdanın reolojik özelliği birbirinden çok farklıdır (Ahmed ve ark., 2017). Gıda sanayinde; maddenin reolojik özellikleri, üretim ve kalitesi açısından dikkat edilmesi gereken en önemli özelliklerden biridir. Özellikle düşük maliyetli ürün geliştirme ve bu amaçla proses tasarımı için büyük önemi olan reolojik davranış yanında, kalite kontrol, raf ömrü analizleri ve duyu analizlerde ürün içeriğinde kullanılan maddelerin fonksiyonel özelliklerinin saptanmasında kullanılmaktadır (Gülen, 2010; Özgen, 2010). Gıda reolojisi günümüzde yalnızca gıdanın viskozitesinin ölçülmesine dayanan bir tanım değildir. Gıdaların mikro yapısının ve bunun gıdanın tekstür ve reolojisiyle olan bağlantısının anlaşılmasına yönelik de büyüyen bir ilgi vardır. Bu ilgi sayesinde de tekstürel hatalar azaltılıp tüketici tatmini arttırılabilmektedir (Ahmed ve ark., 2017).

Prensipte çalışmalar; ya bir güç (stres) uygulanıp örneğin deformasyonunu (strain) ölçmeye ya da belli bir hareket uygulayıp (strain) örnekte oluşan stresi ölçmeye dayanır

(Day ve Golding, 2016). Yani çalışmalar stres ve strain arasındaki ilişki ve bu iki veriden doğan parametrelere dayanarak gıdanın yapısı hakkında bilgi sahibi olma temelinde yatar (Zhong ve Daubert, 2013). Reolojik özellikler kayma hızı ($\dot{\gamma}$), kayma hızının uygulanma süresi, basınç, konsantrasyon, pH, su aktivitesi, nem oranı, sıcaklık, daha önce uygulanan deformasyon, ürünün bileşimi (partikül boyutu ve miktarı) ve yapısına bağlıdır (Gülen, 2010; Kumru, 2013; Özgen, 2010).

Maddenin reolojik davranışı ideal sıvıdan ideal katıya farklılık gösterebilir (Kumru, 2013). İdeal elastik maddelere uygulanan kuvvet ortadan kalktığında cisim orijinal pozisyonuna geri döner. Bir diğer deyişle ideal elastik maddeler uygulanan mekanik enerjiyi depolayıp enerjiyi geri verebilmektedirler. İdeal viskoz maddeler ise, uygulanan mekanik enerjiyi başka formdaki enerjiye çevirirler ve deformasyondan sonra geri dönüşüm sağlanamaz. Ancak çoğu madde viskoelastik olarak adlandırılır ve bu maddeler hem elastik hem viskoz özellikleri bir arada göstermektedirler. Bu maddelerde uygulanan enerjinin bir kısmı saklanır ve geri verilirken enerjinin bir kısmı ısıya katılır ve geri verilemez (Kor-Ulukut, 2010; Zhong ve Daubert, 2013). Bu noktada elastik modülü, bir diğer deyişle depo modülü (G') maddenin yapısının bir ölçümüdür. Elastik modülün büyüklüğü örnekte bulunan etkileşimlerin sayısı ve gücüyle orantılıdır. Diğer yandan viskos modülü yani kayıp modül (G'') ise maddenin akma özelliklerinin bir ölçütüdür. Kompleks modül (G^*) ise cismin deformasyona karşı dayanıklılığını gösterir (Kasapis ve Bannikova, 2017; Kor-Ulukut, 2010). Çizelge 1.2’de standart reolojik parametrelere yer verilmiştir.

Sıvıların da akışkanlık ve deformasyonları üzerine çalışan reoloji bilimi; uygulanan kuvvet karşısında akışkanın akış özelliklerini gösterir ve maddeye uygulanan stres ile oluşan şekil değişikliği arasındaki ilişkinin anlaşılmasına yardımcı olur (Gülen, 2010).

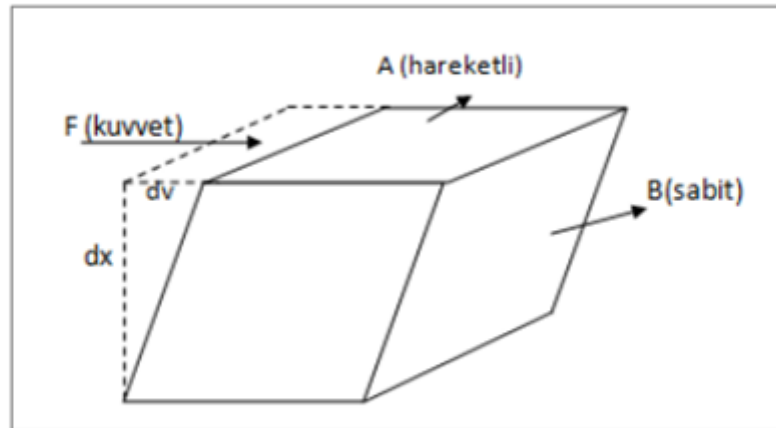
Çizelge 1.2. Standart reolojik parametreler (Kasapis ve Bannikova, 2017)

Parametre	Tanımlama	Sembol	Ünite
Kayma Gerilimi	Birim alana düşen güç	σ	Pa
Kayma Gerinimi	Kaymada oluşan kısmi deformasyon	γ	-
Kayma Hızı	Birim zamanda kayma gerinimindeki değişim	$\dot{\gamma}$	s^{-1}
Viskozite	Akmaya karşı direnç	η	Pa s

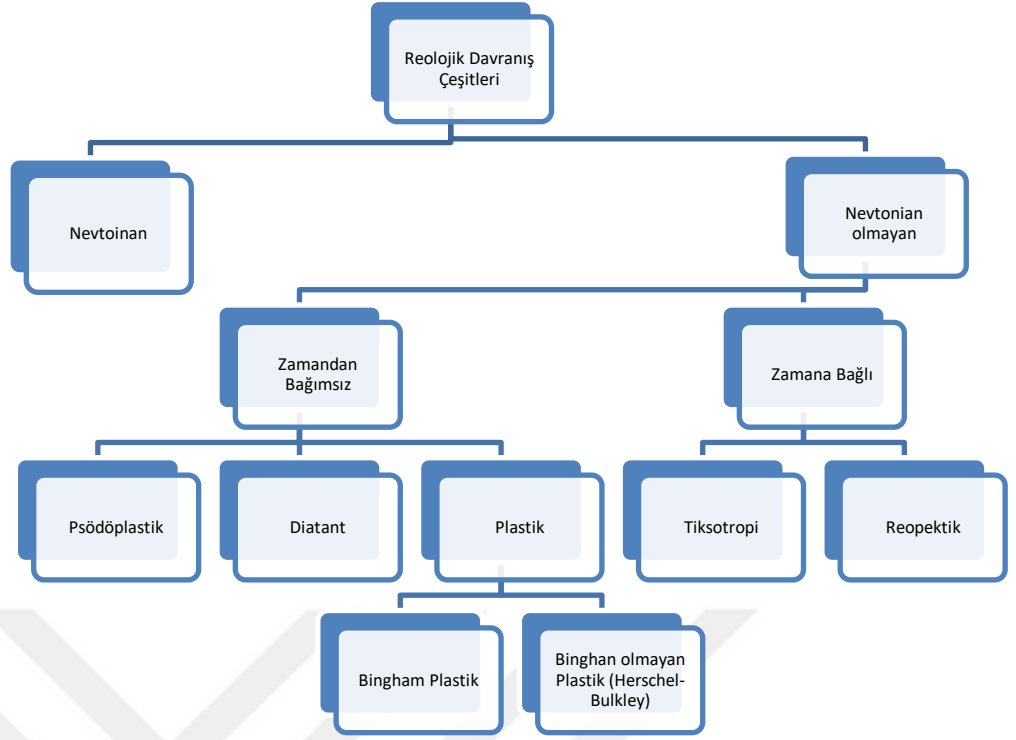
Çizelge 1.2'nin devamı

Elastik Modül (Depo Modülü)	Materyal elastikliğinin bir ölçüsü	G'	Pa
Viskoz Modül (Kayıp Modülü)	Materyalin enerjiyi harcama kabiliyeti	G''	Pa
Kompleks Viskozite	Salınım hareketinde viskoz ya da elastik akış olarak oluşan, örneğin akmaya karşı direnci	η^*	Pa s
Faz Açısı	Viskoelastiklik derecesi	$\tan \delta$	-

Kayma gerilimi (shear stress) ve kayma hızı (shear rate) terimlerini Şekil 1.3. ile şu şekilde açıklayabiliriz. Sıvının blok halinde paralel tabakalardan oluştuğu düşünülür ve en alt kısım sabit kalmak üzere; en üst parçanın uygulanan bir F kuvveti sayesinde 1cm/sn hızla hareket ettiği varsayıldığında alttaki her tabaka sabit duran alt kısma olan uzaklıklarına bağlı olarak belirli bir hızla hareket edecektir. Üst kısma yakın olanlar daha hızlı, alt kısma yakın olanlarsa daha yavaş hareket edeceklerdir. En altta sabit duran kısım konumunu koruyabilmek için F kuvvetine ters ve aynı büyüklükte bir kuvvetle cevap verecek ve böylece bir gerilim ortaya çıkacaktır. Kuvvetin uygulandığı alana A denilirse F/A birim alana düşen kuvveti tanımlayacaktır ve buna da kayma gerilimi denmektedir. Bu harekette, tabakalar arasındaki uzaklığa x , tabakaların kayma hızına da v dersek dv/dx kayma hızı (shear rate) olacaktır (Çelebi, 2009; Kantekin Erdoğan, 2014).



Şekil 1.3. Kayma gerilimi ve kayma hızının gösterimi (Kantekin Erdoğan, 2014)



Şekil 1.4. Reolojik davranış biçimleri (Özgen, 2010)

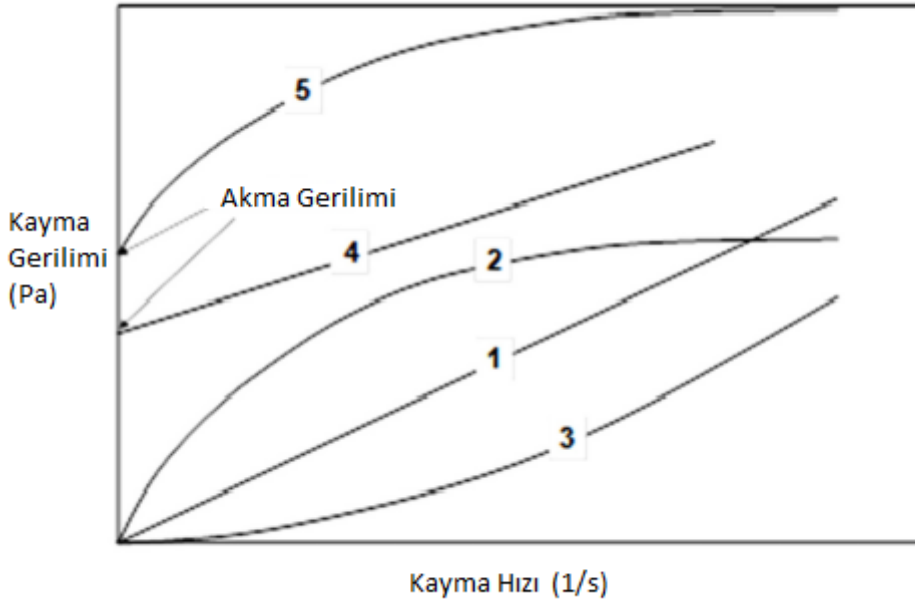
Reolojik davranışlar çoğunlukla kayma hızına karşı kayma gerilimi grafiğinin fonksiyonel bağıntılarla matematiksel modellemesinin yapılmasıyla ölçülerek yorumlanır. Reolojik hareketler, Nevtonyen ve Nevtonyen dışı olmak üzere ikiye ayrılır. Nevtonyen akışta, kayma gerilimine karşı kayma hızı ile elde edilen grafik doğrusal olup eğim viskozite olarak adlandırılmaktadır. Viskozite bir sıvının akmaya karşı olan direncini ifade eder. Nevtonyen davranışta viskozite kayma hızından bağımsızdır. Bir diğer değişle viskozite sabittir ve sadece sıcaklık ve maddenin bileşimine bağlıdır. Nevtonyen davranışta tek kayma hızında viskozite ölçümü yeterli olmaktadır. Su, süt, çay, bira ve bazı meyve suları gibi gıdalar Nevtonyen akışa örnek gösterilebilir. Nevtonyen dışı akışkanlar kayma hızına ve zamana bağlı olan akışkanlardır ve böylece sabit bir viskozite değeri bulunmaz. Viskozitenin sabit olmaması dolayısıyla artık, belli bir kayma hızında gözlenen viskozitelerden bahsedilir. Görünen viskozite diğer bir adıyla plastik viskozite, maddenin deformasyonu esnasındaki anlık viskozitesi anlamına gelip, kayma geriliminin kayma hızına oranıdır (Kasapis ve Bannikova, 2017); Özgen, 2010; Kumru, 2013). Çoğu emülsiyon ve süspansiyonlar Nevtonyen dışı davranış sergiler ve bunlar zamandan bağımsız ve zamana bağımlı olarak ikiye ayrılır (Özgen, 2010).

Zamandan bağımsız Nevtonyen olmayan davranış gösteren maddelerde kayma gerilimi, kayma hızı süresine bağlı olmayıp; yalnızca kayma hızının fonksiyonu olarak

ortaya çıkar. Nevtonyen olmayan davranışlar psödoplastik (kayma hızıyla viskozitesi düşen yani kayma incelmesi (shear thinning)), dilatant (kayma hızıyla viskozitesi artan yani (shear thickening)), Bingham plastik ve Herschel-Bulkley olarak adlandırılır. Psödoplastik akış gösteren gıdalara yoğurt, salça ve bazı soslar örnek olarak gösterilebilir. Dilatanat akış davranışını çok fazla gıda sergilemezken nişasta çözeltileri örnek gösterilebilir. Dilatant akışta kayma hızı arttıkça gıda katı gibi davranacağından pompalama işlemlerinde sıkıntılara neden olabilmektedir (Kasapis ve Bannikova, 2017; Özgen, 2010).

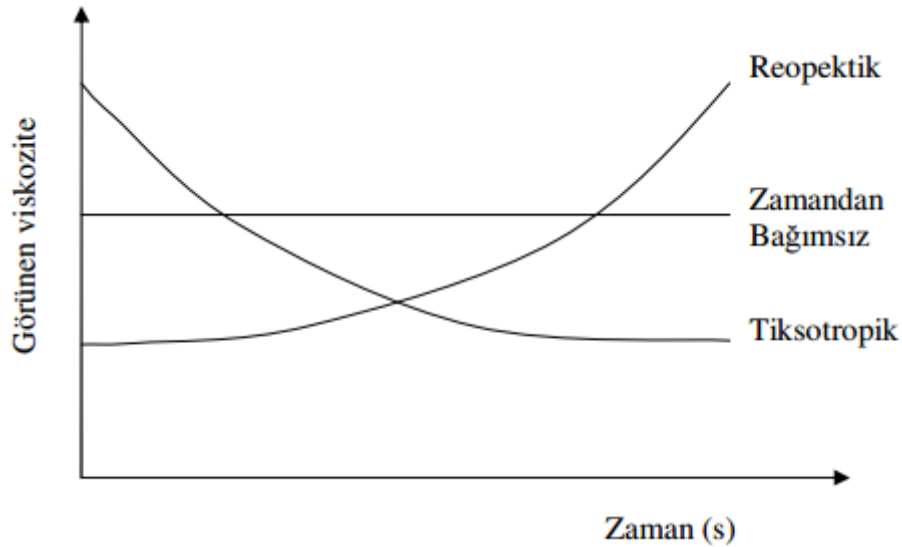
Bingham plastik davranışta akış hemen başlamaz, kayma gerilimi belli bir eşik değerine erişince akış başlar. Bu eşik değerine akma gerilimi de denmektedir (Özgen, 2010; Kasapis & Bannikova, 2016; Zhong & Daubert, 2013). Akma geriliminden düşük olan streslerde materyal katı bir madde gibi davranır (Kumru, 2013). Bu gıdalara verilebilecek en iyi örnek mayonezdır (Özgen, 2010).

Herschel-Bulkley akışkanları da Bingham plastik gibi akışın başlaması için belli bir akma gerilimine sahiptirler ancak bu eşik değeri aşıldıktan sonra madde psödoplastik akış davranışı sergiler yani artan kayma hızıyla viskozitesi düşer (Özgen, 2010; Zhong & Daubert, 2013).



Şekil 1.5. Zamandan bağımsız reolojik davranış biçimleri 1) Nevtonian 2) Psödoplastik 3) Dilatant 4) Bingham Plastik 5) Herschel-Bulkley (Zhong ve Daubert, 2013)

Zamana bağılı reolojik davranışlar tiksotropik ve reopektik olarak sınıflandırılırlar. Tiksotropik davranış, sabit bir kayma hızında zamanla görünen viskozite azalması olarak tanımlanabilir (Özgen, 2010). Terim olarak ise tiksotropi ilk defa 1927’de Peterfi tarafından ortaya atılmıştır (Skočilas ve ark., 2016). Bir gıdanın tiksotropik davranışı sabit kayma hızındaki viskozite değişimi ile belirlenebileceği gibi, kayma hızı önce artırılıp ardından azaltılarak, oluşan grafikte eğrilerin altında kalan alanın (histeresis alanı) hesaplanması ile de belirlenebilir. Tiksotropik maddelerde deformasyondan tersinirdir yani akış durdurulursa madde başlangıçtaki yapılarına kısmen veya bütünüyle geri dönebilir. Salça, yoğurt, mamalar, mayonez, jeller, soslar, sürülebilir peynir tiksotropik gıdalara örnek gösterilebilir. Reopektik davranış ise tiksotropinin tersine sabit kayma hızında zamanla görünür viskozitenin artması olarak tanımlanır. Reopektik davranış sergileyen maddeler dinlenmeye bırakıldığında eski yapılarına kısmen veya tamamen dönebilirler. Çırpılmış yumurta akı ve krema reopektik gıdalara örnek gösterilebilir (Özgen, 2010; Skočilas ve ark., 2016).



Şekil 1.6. Zamana bağımlı reolojik davranış biçimleri (Süren, 2010)

BÖLÜM 2

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Yumurta sarısı bulaşmış yumurta akları yumurta endüstrisinde ciddi bir problem olmaya devam etmektedir. Yumurta akının stabil ve hacimli köpük oluşturma yeteneği, %0,01 ile %0,2 w/w arasında düşük seviyede bir bulaşma bile olsa büyük oranda engellenir. Macherey ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada *Mucor miehei* lipazının yumurta sarısı bulaşmış yumurta akının özelliklerini iyileştirip iyileştiremeyeceği konusu üzerinde araştırmalar yürütmüştür. Yumurta sarısından gelen trigliseritleri hidrolize etmek için yumurta sarısı bulaşmış (%0,2 w/w) yumurta numunelerine *Mucor miehei*'den elde edilen lipaz ve domuz pankreasından elde edilen kolipaz eklemişler ve yumurta sarısı bulaşmış numunelerin lipaz ve kolipaz ile muamelesi nihai köpük hacmi, köpük kapasitesi ve köpürme gücünü de içeren bir takım fonksiyonel özelliklerini önemli derecede ($P<0,05$) gelişmesini sağladığını belirtmişlerdir. Bu fonksiyonel özellikler kontrol seviyelerine göre büyük bir iyileşme olduğunu göstermiştir. Yine de köpük stabilitesi ve köpük drenaj seviyelerinin istatistiksel açıdan, enzimatik olarak muamele edilmemiş yumurta sarısı bulaşmış-kontamine olmuş numunelerden farklı olmadığını bildirmişlerdir. Enzimle muamele edilmiş yumurta sarısı bulaşmış yumurta aklarını aynı zamanda “angel food cake” yaparak da test etmişlerdir. Enzimle muamele edilmiş yumurta sarısı bulaşmış yumurta aklarının, yumurta sarısı bulaşmamış kontrol numuneleri ile benzer ve yumurta sarısı bulaşmış numunelerden daha iyi özellikler gösterdiği bildirilmiştir. Bu sonuç yumurta sarısı kontaminasyonunun çoğu olumsuz sonuçlarının *Mucor miehei* lipazı ve kolipaz ile muamele ederek iyileştirilebileceğini göstermektedir.

Kim ve ark. (2009) mayonez üretiminde fonksiyonel özellikleri arttırmak amacıyla yumurta sarısını fosfolipaz A₂ ile enzimatik olarak modifiye etmişlerdir. Yanıt yüzey yöntemi ile öngörülen optimum reaksiyon koşulları %11,5 (w/w) tuz varlığında 74 dakika için 7432 LEU enzim konsantrasyonudur. Öngörülen değerler deneysel değerlerle oldukça uyumlu olduğu belirtilmiştir. %8 (w/w) taze yumurta sarısıyla hazırlanan mayonezle kıyaslandığında, %6 (w/w) enzimatik olarak modifiye edilmiş yumurta sarısıyla hazırlanmış mayonezde genel kabul edilebilirlikte veya umami, cevizimsi-fındıgımsı lezzet, ekşilik, yağlılık ve ransit lezzetin algılanan yoğunluklarında önemli bir fark olmadığı görülmüştür. %6 (w/w) enzim modifiye yumurta sarısı ile hazırlanan mayonezin stabilitesinin %10 (w/w) taze yumurta sarısıyla hazırlanan mayonezden daha iyi olduğunu

bildirmişlerdir. Sonuçlara dayanarak, optimum koşullarda muamele yapıldığında; fosfolipaz A₂ enzimi ile modifiye edilmiş yumurta sarısıyla hazırlanan mayonezin, modifiye edilmemiş yumurta sarısı ile hazırlanan mayonezin yerine kullanılabileceği bildirilmiştir.

Jin ve ark. (2013)'nın yaptığı çalışmada taze yumurta; sarısı, plazma ve granül olarak ayrılmış. Ardından yumurta sarısı ve fraksiyonları fosfolipaz A₁ ile modifiye edilmiş, fizikokimyasal ve enzimatik değişiklikler araştırılmıştır. Yumurta sarısı ve fraksiyonlarının üzerinde enzim uygulamasının; emülsifikasyon özellikleri, protein çözünürlüğü ve köpürme özellikleri göz önüne alındığında önemli etkileri olduğunu gözlemişlerdir. Yumurta sarısının emülsifiye yapıcı özelliklerinin enzimatik modifikasyon ile etkili bir şekilde arttığını söylemişlerdir. Fosfolipaz ile muamele edilmiş numunelerde daha yüksek köpürme kapasitesi olduğu görülmüştür. Yumurta sarısı, plazma ve granülde enzimatik uygulamadan önce ve sonra renk değişimleri, iç yapı ve termal davranış da araştırılmıştır. Kontrol grubu ve fosfolipaz uygulanmış yumurta sarısı, granül ve plazmanın L*, a* ve b* değerleri arasında önemli değişiklikler olmuştur. Bu çalışma, lizofosfolipitlerin ve yumurta sarısı granüllerindeki yapısal değişimlerin modifiye edilmemiş ve fosfolipaz A₁ ile modifiye edilmiş yumurta sarısı, plazma ve granülün fonksiyonel özelliklerinde önemli değişimlerden sorumlu olabileceğini göstermektedir.

Daimer ve Kulozik (2009) fosfolipaz A₂ ile muameleden sonra yumurta sarısının emülsiyon yapıcı özelliklerini araştırmışlardır. Enzimle muamele edilmiş yumurta sarısı muamele edilmemiş yumurta sarısıyla kıyaslandığında daha iyi emülsiyon yapıcı özellikleri olan bir emülsifiyer olduğu gözlemlenmiştir. Bu; daha yüksek protein çözünürlüğünden ve enzimatik reaksiyon sonucu oluşan lizofosfolipitlerden kaynaklıdır. Fosfolipaz ile muamele sonrasında oluşan lizofosfolipitlerin daha hidrofil olduğu anlaşılmış ve böylece su içinde yağ emülsiyonlarının emülsiyon yapıcı özelliklerinin geliştiği görülmüştür. Modifiye edilmiş yumurta sarısında protein çözünürlüğünün arttığı görülmüştür. Protein çözünürlüğü de yumurta sarısının emülsiyon yapıcı özelliklerini etkilemektedir. Enzim ile muamele edilmiş bütün yağ damlacıkları muamele edilmemiş yağ damlacıklarından daha küçüktür ki bu yumurta sarısının emülsiyon yapıcı özelliklerini arttırmaktadır. Ayrıca emülsiyonlarda; enzimle modifiye edilmiş yumurta sarısının fonksiyonelliğinin çevre koşullarına daha az bağlı olduğu görülmüştür.

Buxmann ve ark. (2010) fosfolipaz D ile muamelesi sonucunda yumurta sarısının reolojik ve emülsiyon yapıcı özelliklerini araştırmışlardır. İnkübasyon esnasında enzimatik aktivite sonucunda oluşan fosfatidik asidin artışıyla orantılı olarak yumurta sarısının

viskozitesinde önemli bir artış gözlemlenmiştir. İnkübe edilmiş yumurta sarısından elde edilen emülsiyonlar, özellikle yüksek yumurta sarısı konsantrasyonlarında daha yüksek viskozite göstermiştir. Daha düşük konsantrasyonlarda ise inkübe edilmiş yumurta sarısından elde edilen emülsiyonlarda muamele edilmemiş emülsiyonlara kıyasla, küçük damlacıkların daha iyi emülsiyonu ifade etmekte olduğu anlaşılmıştır. Yumurta sarısının fosfolipaz D ile inkübe edilmesiyle, emülsiyonun ısı uygulaması sonrası stabilitesinin önemli ölçüde arttırılabileceği görülmüştür.

Kobayashi ve ark. (1980) yedi tip lipazı immobilize etmişler ve yumurta sarısı bulaşmış yumurta akları ile muamele etmişlerdir. %0,05 yumurta sarısı ile kontamine olmuş sprey kurutma ile kurutulmuş yumurta akı çözeltisinin 30 dakika içinde köpük stabilitesinin tamamen iyileşmesini sağlamıştır. Aynı zamanda yalnızca sprey kurutma ile kurutulmuş yumurta akını değil yumurta sarısı ile kontamine olmuş taze yumurta akının da köpük stabilitesi immobilize lipaz ile iyileştirilebilmiştir. Bu immobilize lipazın yumurta sarısı ile kontamine olmuş yumurta aklarının köpük özelliklerinin iyileştirilmesinde kullanılabileceğini göstermektedir.

Regenstein ve ark. (1978) yumurta akını; fisin, bromelin, papain, tripsin ve proteaz ile proteolize uğratmış ve fonksiyonel özelliklerini gözlemlemişlerdir. Değişikliklerin çoğu gerçek proteolizden çok enzim eklenmesi nedeniyle gerçekleşmiştir. Köpük hacmi artmış, stabilitesi azalmış ve kek hacmi artmıştır. Proteoliz ile istenmeyen lezzet oluşmasına rağmen kek hacmi yüksek bir artış göstermiştir.

Grunden ve ark. (1974) yumurta akını 34 °C'de 18 saat boyunca bir takım proteolitik enzimlerle muamele etmişlerdir (fisin, bromelin, papain, tripsin ve proteaz). Enzim muamelesi sonrasında yumurta akının pH'sının 6,2 (proteaz) ile 8,4 (tripsin) arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Papain enzimi hariç yumurta akının enzimler ile muamelesi sonucunda kek hacminin arttığı belirtilmiştir. Genel olarak enzimle muamele edilmiş yumurta aklarında köpük stabilitesi kontrolle kıyaslandığında daha vasat sonuçlar vermiş olmasına rağmen köpük hacminin %6 ile %16 arasında arttığı bildirilmiştir.

Chang ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada, enzimin (PC 10F metaloproteaz) yumurta akı proteinlerinin karakteristikleri üzerine ve pektin eklenmesinin orijinal ya da hidrolize edilmiş yumurta akı proteinleri ile stabilize emülsiyonların özellikleri (termal stabilite, tuz direnci ve antioksidan aktivite) üzerine sinerjik etkinliğinin etkisini araştırmışlardır. Yumurta akı proteinleri çözeltileri, pH 7,0'da 50 °C'de 2 saat inkübe edilmiş ve çeşitli miktarda enzim (%0; %0,5; %1; %2 ve %4) eklenmiştir. Yumurta akı proteinlerinin DPPH ve ABTS radikal temizleme etkinliğinin enzim konsantrasyonu arttıkça arttığı

bildirilmiştir. Böylece enzimatik hidrolizin, yumurta akı proteinleri moleküllerinin yapısal yeniden düzenlenmesini sağlamanın etkili bir yolu olduğunu belirtmişlerdir. Sonuçların, enzimatik ve polisakkaritin birlikte uygulanmasının protein işlevselliğinin geliştirilmesinde kullanılabilmesi için teorik rehberlik sağlayabileceğini gösterdiği söylenmiştir.

Asomaning ve Curtis (2017) yaptıkları araştırmada yumurta sarısı fosfolipitlerinin *mucor miehei*'den elde edilen immobilize sn-1,3 spesifik lipaz enzimi ile modifikasyonu ve bunun fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi üzerine çalışılmıştır. Yumurta sarısı lipitleri gıda saflığında etanol ile ekstrakte edilmiştir ve yumurta fosfolipitleri aseton ile yağdan arındırılarak üretilmiştir. Yumurta fosfolipitlerinin bitkisel yağ ile karıştırılmasında iki fazlı bir ürün elde edilmiş olmasına rağmen enzimatik interesterifikasyon ile tek fazlı sıvı ürün kazanılmıştır. Buna ek olarak yumurta sarısı lipit ekstraktı ile karşılaştırıldığında katı yağ içeriği -10 °C'de %50, 35 °C'de %94 azalmıştır. Erime noktasındaki azalışın interesterifikasyon prosesinden kaynaklandığı söylenmiştir. Doğal ve soya lesitini ile karşılaştırıldığında; interesterifikasyon, su içinde yağ emülsiyonlarında emülsifiyer olarak kullanıldığında emülsiyon stabilite indeksini geliştirdiği belirtilmiştir. Enzim tekrarlanabilirlik testinin 10 çevrimden sonra %63 alıkonma gösterdiği kaydedilmiştir. Genel olarak doğal yumurta fosfolipitlerinin özellikleri enzimatik interesterifikasyon aracılığıyla önemli ölçüde geliştirilebileceği bu çalışma ile belirlenmiştir.

Pokora ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada gıdalarda ve yemlerde protein katkısı olarak kullanılabilecek olan yumurta protein yan ürünlerinin biyolojik aktivitelerini ve fonksiyonel özelliklerini enzimatik hidroliz ile arttırabileceğini belirtmişlerdir. Lesitin, lizozim ve sistain izolasyonu esnasında arda kalan yan ürünler olarak elde edilen yumurta sarısı ve yumurta akı protein preparatların proteolitik enzimlerle modifikasyonunun biyolojik ve fonksiyonel özellikleri üzerinde etkisini ticari nötraz ile muamele ederek değerlendirmişlerdir. Nötrazın, yumurta sarısı ve yumurta akı yan ürünlerinde sırasıyla %27,6 ve %20,9 derece hidroliz meydana getirdiği kaydedilmiştir. Yumurta sarısı hidrolizatının, yüksek düzeyde antioksidan aktivite gösterdiği söylenmiştir. Süpürme giderme kapasitesi, ferrik indirgeme gücü ve şelatlayıcı kapasite sırasıyla 0,44 lmmol/L Trolox mg⁻¹, 177,35 lg Fe²⁺ mg⁻¹, ve 549,87 lg Fe²⁺ mg⁻¹ seviyesinde bildirilmiştir. Yumurta sarısı hidrolizatının da önemli ACE önleyici aktivite sergilediği gösterilmiştir ki bu seviye 59,2 µg'dır. Protein çözünürlüğü, hidroliz derecesi arttıkça önemli ölçüde iyileşmiştir. Yumurta akı hidrolizatı, 43,2 su tutma kapasitesine sahiptir. Bu çalışma,

yumurta sarısı ve yumurta akı hidrolizatlarının gıdalarda doğal antioksidanlar ve işlevsellik artırıcı maddeler olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Yumurta kırma aşamasında yumurta akına karışan yumurta sarısı teknolojik açıdan endüstride sorun kaynağıdır. Küçük miktarlarda sarının bile bulunması yumurta akı köpürme kapasitesinde önemli bir azalmaya neden olur. Yumurta sarısındaki lipitler, hava-su ara yüzünde adsorbe edilecek proteinlerle rekabet eder, daha az stabil bir viskoelastik film oluşturur ve/veya lipitler, yumurta akı içindeki başlıca proteinlerden biri olan ovomusin ile bir kompleks oluşturur ve böylece köpüklenme fonksiyonunu engeller. Otomatik yumurta kırma makineleri endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır ve kırma hızı saatte 144.000 yumurtaya yükselmiştir. Yumurta sarısı bulaşması sorunu, yumurta kırma hızının yüksek olması ve ürün tutarlılığına olan yüksek talep nedeniyle daha da kritik hale gelmiştir. Ticari üretim ölçeğinde tamamen sarısız ak üretmek neredeyse imkansız olduğundan, işleme verimliliğini ve ürün kalitesini artırmak için kırıcı operatöre zamanında geri bildirim sağlamak için hızlı ve hassas bir sıralı algılama yöntemi geliştirmek önemlidir (Yao ve ark., 2014).

Son yıllarda lipaz ve proteinaz gibi enzimlerle sıvı yumurtanın enzimatik modifikasyonu büyük önem kazanmıştır (Daimer ve Kulozik, 2009; Exckert ve ark., 2013; Jin ve ark., 2013; Macherey, 2007; Macherey ve ark., 2011). Enzim kullanılarak yapılan modifiye edilmiş yumurta ürünleri teknolojsi geleneksel işleme yöntemleri ile elde edilemeyen, katma değeri yüksek ve özel ürünlerin üretilebilmesine imkân sağlayan ürünlerin elde edilmesine olanak vermektedir. Lipaz enzimi yumurta akı prosesinde kullanılmakta ve kırım aşamasında yumurta akına kontamine olan sarının degradasyonu ile sarının içermiş olduğu yağ bileşenlerinin köpük oluşturma etkisini azaltarak yumurta akının köpük oluşturma özelliklerini iyileştirmektedir.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Sıvı Yumurta Akı

Çalışmada hammadde olarak kullanılan pastörize sıvı yumurta akı numuneleri yerel endüstriyel ölçekli sıvı yumurta üreticisinden (Keskinoglu Tavukçuluk ve Damızlık İşl. San. Tic. A.Ş., Manisa) aynı üretim/parti numarasına sahip 5 kg'lık bag in box ambalajlarda ve soğuk zincirde (0-4 °C) temin edilerek bölüm laboratuvarına getirilmiştir.

3.1.2. Lipaz Enzimi

Candida cylindracea (rugosa)'dan mikrobiyel fermentasyon tekniği ile elde edilen lipaz enzimi (Lipomod 34P, Biocatalysts Ltd., Wales, İngiltere) tedarik edilmiştir (Anonim, 2015).

3.2. Yöntem

3.2.1. Lipaz Enzimi ile Sıvı Yumurta Akının Muamele Edilmesi

Sıvı yumurta akına (SYA) mikrobiyel fermentasyon tekniği ile elde edilen ticari lipaz enzimi muamelesi (Lipomod 34P, Biocatalysts Ltd., Wales, İngiltere) ve %0,03, %0,02 ve %0,01 oranında üretici firmaların önerdiği uygulama şartları olan $45 \pm 0,2$ °C'de, sitrik asit monohidrat (Tekkim Kimya, İstanbul) ile pH 5'e ayarlanarak 3 saat süreyle protein denatürasyonunun minimize edilmesi için su banyosunda gerçekleştirilmiştir. Enzimle muamele edilip su banyosundan alınan numuneler hızlıca 20 ± 2 °C'ye soğutulmuştur (Anonim, 2015).

3.2.2. Beze Üretimi

Beze ürünü diğer adı ile mereng (meringue), yumurta akı ile şekerin mikserde karıştırılması, çırpılması ve mekanik etki ile havalandırılması ile elde edilen beyaz krema benzeri tatlı bir üründür. Enzimle muamele edilmiş ve edilmemiş 200 ml sıvı yumurta akının sıcaklığı 20 ± 2 °C'ye ayarlandıktan sonra 350 g yerel üreticiden tedarik edilen pudra şekeri eklenmesinin ardından Hobart N50CE (Hobart Foster Scandinavia A/S, Aalborg, Danimarka) mikserde 3. devirde 5 dk. süre ile çırpılmış ve ilk olarak 'soft peak' olarak bilinen beyaz renkli ve yumuşak yumurta akı köpüğü elde edilmiştir. Çırpmaya devam ettikçe 'stiff peak' olarak bilinen sertleşmiş beze hamuru elde edilmiştir (Hui, 2006). Bu

aşamadaki sert köpük çırpıcının ucuyla kaldırıldığında (çırpıcı ters çevrildiğinde) dik olarak kalmaktadır. Elde edilen hamurun krema sıkacağı yardımı ile yağlı kâğıt serili tepsilere dökümü yapıldıktan sonra ısıtılmış 150 °C'deki fırında 45 dakika pişirilmiştir. Üretilen bezeler analizler için oda sıcaklığında, serin ve kuru ortamda 90 gün süresince kuru kaplarda muhafaza edilmiştir.

3.2.3. Analizler

3.2.3.1. pH Tayini

Enzimle muamele edilen ve edilmeyen sıvı yumurta aklarında ölçümler 1,5 dakika manyetik karıştırıcıda (WN-H320, Weightlab Instruments, Hindistan) karıştırıldıktan sonra pH probu batırılarak potansiyometrik olarak pH metreyle (3100, Ohaus Starter, NJ, ABD) 20 ± 2 °C'de yapılmıştır. Analizler depolama periyodu süresince 0., 27. ve 45. günlerde 3 paralel olarak gerçekleştirilmiştir. pH analizlerinde cihazın doğrulaması amacıyla standart 4, 7 ve 9 pH'lı tampon çözeltiler kullanılmıştır (Caner ve Yüceer, 2015a).

3.2.3.2. Suda Çözünabilir Kuru Madde

Enzimle muamele edilen ve edilmeyen sıvı yumurta aklarında ölçümler numunenin sıcaklığı 20 ± 2 °C'de, ilk olarak saf su ile 0 ayarı yapıldıktan sonra Atago Pal-1 (Atago Co. Ltd. Tokyo, Japonya) refraktometre ile yapılarak suda çözünür toplam kuru madde (°Briks) değeri ölçülmüştür (Caner ve Yüceer, 2015a). Analizler depolama periyodu süresince 0. ve 27. günlerde 3 paralelli olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.3. Renk Analizleri

Enzimle muamele edilen ve edilmeyen sıvı yumurta aklarında ve üretilen bezelerde ölçümler kolorimetreye (CR-400, Konica Minolta Sensing, Osaka, Japonya) L^* , a^* , b^* değerlerinin ölçümü ile gerçekleştirilmiştir. Minolta kolorimetresinde parlaklık-beyazlık gösteren ifade L^* ile belirtilirken, $+a$ kırmızılık, $-a$ yeşillik, $+b$ sarılık ve $-b$ mavilik gösteren değeri ifade etmektedir (O'Charoen ve ark., 2014; Yüceer, 2013; Yüceer ve ark., 2015b).

3.2.3.4. Köpük Özellikleri

Enzimle muamele edilmiş ve edilmemiş 100 ml sıvı yumurta akının sıcaklığı 20 ± 2 °C'ye ayarlandıktan sonra Hobart mikserde (N50CE, Hobart Foster Scandinavia A/S, Aalborg, Danimarka) 3. devirde 2 dakika çırpma ile oluşturulan köpük 1000 ml'lik mezüre

alınarak hacim kaydedilmiş ve hesaplamalar yapılmıştır (Caner ve Yüceer, 2015b). Oluşan köpük hacmi kaydedildikten hemen sonra mezür ters çevrilip oda sıcaklığında bir saat beklenerek drenajın bir beherin içine birikmesi sağlanmıştır. Bir saat sonra biriken drenaj 100 ml'lik mezüre alınarak hacmi kaydedilmiştir. Köpük stabilitesi köpüğün oda sıcaklığında 60 dakika boyunca tutulması sonucu oluşan drenajın belirlenmesiyle hesaplanmıştır (Min ve ark., 2005; Yüceer, 2013). Bu veriler kullanılarak köpük kapasitesi ve köpük stabilitesi belirlenmiştir.

Köpük kapasitesi yüzde olarak belirtilmiştir. Köpük kapasitesinin (%) hesaplanması için kullanılan matematiksel metot Janssen (1971) tarafından verilmiş ve 3.1'de verilen eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır.

$$\text{Köpük kapasitesi (\%)} = 100 \times \frac{(\text{köpüğün hacmi})}{(\text{ilk sıvı fazın hacmi})} \quad (3.1)$$

Burada köpüğün hacmi, çırıldıktan sonra oluşan nihai köpüğün hacmini ifade etmekte iken; ilk sıvı fazın hacmi, çırılmadan önceki yumurta akının mililitre olarak hacmini ifade etmektedir (Macherey ve ark., 2011; Patrignani ve ark., 2013).

Köpük stabilitesi yüzde olarak ifade edilmiştir. Köpük stabilitesi, elde edilen köpüğün 1 saat bekletilerek dibe çöken sıvının miktarına bağlı olup, köpük yapısının lamellerinden akan sıvının miktarı olan drenajın gözlemlenmesiyle hesaplanmıştır (Kuropatwa ve ark., 2009). 3.2'deki formül köpürmüş yumurta akının köpük stabilitesini belirlemek için kullanılmaktadır (Janssen (1971)).

$$\text{Köpük stabilitesi (\%)} = 100 \times \frac{(\text{ilk sıvı fazın hacmi}) - (60 \text{ dk sonra oluşan drenaj hacmi})}{\text{ilk sıvı fazın hacmi}} \quad (3.2)$$

Bu denklemde; ilk sıvı faz, çırılmadan önceki yumurta akının mililitre olarak hacmidir; drenajın hacmi oda sıcaklığında bir saat sonra toplanan drenajın mililitre olarak hacmidir (Lomakina ve Mikova, 2006).

3.2.3.5. Beze Hamur Yoğunluğu

Yumurta akılarının pudra şekeri ile birlikte çırılması sonucu elde edilen beze hamurunda yoğunluk ölçümleri veya diğer ifade ile beze krema yoğunluğu daha önceden hacmi saf su ile belirlenen bir kap ile gerçekleştirilmiştir. Bunun için hacmi belirlenmiş sabit kap elde edilen beze hamuru ile tamamen doldurulmuş ve 20 ± 2 °C'de hassas terazide

ağırlığı ölçülüp kaydedilmiş, buradan da yoğunluk hesabı yapılmıştır (g/cm^3) (Mizu ve Nagao, 2010). Analizler 0. günde 3 paralelli olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.6. Reolojik Ölçümler

Enzimle muamele edilmiş ve edilmemiş sıvı yumurta akında reolojik ölçümler HR-2 (Discovery Series Hybrid HR-2, TA Instruments, New Castle, DE, ABD) reometre 40 mm paslanmaz çelik plate/plate geometrili ölçüm sensörü ile 1 mm aralıkta gerçekleştirilmiştir. Her bir test için yaklaşık 1,32 ml sıvı yumurta örneği reometre plakası arasına alınmıştır. Genlik tarama testi dinamik testler öncesinde (frekans taraması, sıcaklık taraması) doğrusal bölge içinde kalan uygun gerilim değerinin saptanması, gerilim/gerilim oranının (modülüs) sabit kaldığı doğrusal bölgenin (LVER) belirlenmesi ve her veri noktası lineer viskoelastik dağılımın doğrulanmasında osilasyon verilerinin sinüs eğrileri lineer analiz yazılım programı yardımıyla yapılmıştır. Kayma hızı taraması (Flow ramp) testi $25 \pm 0,01$ °C’de; düşük kayma hızından (0,01 1/s) yüksek kayma hızına (100 1/s) doğru 150 saniye boyunca gerçekleştirilmiştir. Daha sonraki analizlerde kullanmak üzere lineer viskoelastik bölgedeki en uygun % strain’i bulmak için deformasyon taraması (oscillation amplitude) testi yapılmıştır. Test parametreleri olarak açısal frekans 20 rad/sn ve sıcaklık 25 °C olarak belirlenmiş ve % strain %0,01’den %100’e değişen değerlerde analiz gerçekleştirilmiştir. Bu test sonucunda elde edilen lineer bölgedeki en uygun % strain daha sonraki analizlerde kullanılmış ve bu işlem her numune için yeniden yapılmıştır. Frekans taraması (Oscillation frequency) testi, frekans 0,01 ile 10 Hz aralığında 25 °C’de ve bir önceki analiz sonucu bulunan en uygun % strain değeri kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Ahmed ve ark., 2003; Spencer ve ark., 2008). Her bir numune yenilenerek 3 kere ölçülmüştür. Sıcaklık taraması (Oscillation temperature ramp) testi 40 °C’den 70 °C’ye ısıtma hızı 1 °C/dakika nispetine artırılarak, deformasyon taraması (oscillation amplitude) sonucu elde edilen % strain değerinde ve açısal frekans 20 rad/s’de gerçekleştirilmiştir. Çalışmada G' , G'' , faz açısı, δ ; kompleks viskozite, η^* , kıvam katsayısı ve akış davranış indeksi belirlenmiştir (Akay ve Ertani, 2015; İbanoğlu ve Alben, 2007; Marcet ve ark., 2016; Ruth ve ark., 2013; Yüceer, 2007; Yüceer ve ark., 2015a).

Yumurta aklarının pudra şekeri ile birlikte çırpılması sonucu elde edilen beze hamurunda viskoelastik akış karakterizasyonu için sünme (creeping), gerilme-gevşeme davranışının (strain sweep) ölçümlenerek belirlenmesi Guadarrama-Lezama ve ark. (2016) tarafından kullanılan yöntem modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. Bunun için step creep (transient) testi 25 °C’de iki aşamalı olarak yapılmıştır. Birinci basamağında 5 Pa stress

altında 180 saniye boyunca devam eden testin ikinci basamağı 0 Pa stres altında ve 360 saniye boyunca devam ettirilmiş ve numunenin gerilme gevşemesi tespit edilmiştir. Çalışmada ‘stiff peak’ (ikinci basamak çırpmadaki sertleşmiş beyaz beze hamuru) aşamasındaki beze kullanılmıştır.

3.2.3.7. Ambalaj İçi Gaz Kompozisyonu

SYA depolama süresince metalize bag in bags ambalajlarda 0-4 °C arasında muhafaza edilmiştir. Çalışmada ambalaj içerisinde oluşacak pasif modifiye atmosfer paketleme koşullarının izlenmesi ve gaz değişiminin ölçülmesi amaçlanmıştır. Ambalaj içerisindeki hava boşluğu gaz kompozisyonun (%CO₂ ve %O₂) değişimi üzerinden her pakette eşit ayarlanan 100 ml SYA’da ambalaj açılmadan gaz analizörü (OxyBaby, HTK, Hamburg, Almaya) kullanılarak 20±2 °C’de ölçümler alınmıştır. Ölçümler öncesi gaz analizörünün kalibrasyonu yapılmıştır. Sıvı yumurtada analizler depolama periyodu süresince 0. ve 27. günlerde 3 paralelli olarak gerçekleştirilmiştir (Claire ve ark., 2004; Yüceer, 2018).

3.2.3.8. Su Aktivitesi

Su aktivitesinde amaç numunenin çiğlenme noktasının cihaz ölçüm haznesinde bulunan optik sensör ile tayin edilmesidir. Çalışmada pişmiş yumurta akı ve şeker iki güçlü higroskopik yapı sergilemektedir. Bu nedenle depolama süresince su aktivitesi değerleri önem arz etmektedir. Enzimle muamele edilen ve edilmeyen sıvı yumurta akı numunelerine şeker ilavesiyle imal edilen bezeler, porselen havanda parçalandıktan sonra su aktivitesi ölçüm kaplarına (1,5 g) konularak AquaLab (4TE model, Decagon Devices, ABD) cihazında 20±2 °C’de ölçümler gerçekleştirilmiştir (Cervenka ve ark., 2006). Beze numunelerinde analizler depolama periyodu süresince 0. 60. ve 90. günlerde 3 paralelli olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.9. Tekstür Analizi

Enzimle muamele edilen ve edilmeyen numunelerden üretilen bezelerin tekstür profil analizi (TPA) tekstür analiz cihazı (TA.XT Plus Texture Analyzer, Stable Micro Systems Ltd. Surrey, İngiltere) kullanılarak depolamanın 0. 60. ve 90. Günlerinde 3 paralelli olarak 20±2 °C’de gerçekleştirilmiştir. SMS P/36R kodlu 36 mm çapa sahip alüminyum tekstür probu kullanılarak, test parametreleri olarak ön test hızı: 5,0 mm/s, test hızı 1,0 mm/s; test sonrası hızı: 5,0 mm/s, baskı mesafesi 10 mm ve her iki dönüş arasında durma süresi 5s ve

trigger kuvveti 5,0 g kullanılmıştır. TPA analizi sonucunda elde edilen grafikten, beze numunelerinde sertlik (g), çiğnenebilirlik, dış yapışkanlık (g.sn), elastikiyet, esneklik, iç yapışkanlık, kırılabilirlik (g) ve sakımsızlık parametreleri cihazın programı (Texture Exponent Software) kullanılarak hesaplanmıştır (Marcet ve ark., 2016).

3.2.3.10. Duyusal analizler

Enzimle muamele edilen ve edilmeyen numunelerden üretilen bezeler depolamanın 2., 60. ve 90. günlerinde bezelerin görünüş, koku, tekstür ve lezzet ile ilgili özellikleri panelistler tarafından değerlendirmeye alınmıştır. Çalışma kapsamında 1 ile 9 arasında hedonik gösterge çizelgesi (9 = mükemmel; 7 = çok iyi; 5 = iyi, satışa sunulabilir; 3 = fena değil, kullanılabilirlik sınırında ve 1 = kötü, tüketilemez) kullanılarak numaralandırılan beğeni ölçeği ile sınıflandırma gerçekleştirilmiştir (Chauhan ve Sharma, 2003).

3.2.3.11. İstatistiksel Analizler

Çalışmada lipaz enziminin farklı konsantrasyonlarının (%0,01; %0,02 ve %0,03) SYA kalitesi üzerine etkileri ve üretilen bezenin kalitesi ve özelliklerinin araştırılmasında varyans analizinden (ANOVA) yararlanılmıştır. Depolama boyunca enzim ile modifiye edilen ve edilmeyen yumurta SYA numuneleri ile bu numunelerden elde edilen beze ürünlerinde belirlenen parametreler arasında herhangi bir istatistiksel farklılık olup olmadığını belirlemek için LSM-PROG GLM istatistiksel prosedürü ile istatistik analiz yazılım programı kullanılmıştır (SAS, 2003). İstatistiksel farklılık p değerinin 0,05 veya daha küçük olmasına göre belirlenmiştir.

BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Lipaz Enzimi ile Sıvı Yumurta Akının Muamele Edilmesi ve Sıvı Yumurtanın Kalitesi Üzerine Etkileri

4.1.1. pH Analizi

Yumurta akının pH değeri yumurta tazeliğinin ve kalitesinin önemli bir göstergesidir. Depolama boyunca özellikle yumurta akı pH değerindeki artış, yumurta kabuğunda doğal olarak bulunan ve por adı verilen gözenekler yoluyla CO₂ kaybıyla ilgili olarak bikarbonat tampon sisteminde olan değişiklikler sonucunda meydana gelmektedir. Yumurtanın ilerleyen depolama süresi boyunca akının viskozitesi azalarak kalınlığı inceler ve yumurta akının pH değerinde artış meydana gelir (Yüceer ve Caner, 2014). Depolama boyunca yumurtanın pH değeri, nötr noktasından (pH 7,0) yumurta akının içinde karbonik asidin parçalanmasıyla ve CO₂'nin serbest bırakılması sonucu 9,5'e yükselmektedir ve özellikle de yumurta akının kalitesinin bozulmasından dolayı yapısında yapısal değişiklikler meydana gelmektedir (Caner ve Yüceer, 2015a). Yoğun ak kalınlığındaki kayıp, bu kompleksin doğal çözünmesi ile ilişkilendirilmektedir (Yüceer ve Caner, 2014). Ancak sıvı yumurtada durum farklılık arz etmektedir. Çizelge 4.1'de lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akının depolama süresince pH değerlerindeki değişim verilmiştir. Uygulamalar ile beklenen düşüş gözlemlenmiştir. Ancak özellikle %0,03 konsantrasyonda en düşük pH seviyelerine ulaşılmıştır. Depolamanın etkisi ile de tüm numunelerde sıvı yumurta akının pH değeri istatistiksel olarak önemli düzeyde azalmıştır.

Çizelge 4.1. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akının depolama süresi boyunca pH değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi (gün) / Sıvı Yumurta Akı pH Değerleri			
Muamele	0.Gün	27.Gün	45.Gün
KNT	9,42±0,029 ^{Aa}	8,87±0,036 ^{Ba}	7,85±0,142 ^{Ca}
0.01%	6,93±0,035 ^{Ab}	6,95±0,089 ^{Ab}	6,14±0,040 ^{Bb}
0.02%	6,95±0,064 ^{Ab}	6,44±0,095 ^{Bc}	6,31±0,198 ^{Cc}
0.03%	5,94±0,022 ^{Ac}	5,91±0,008 ^{Ad}	5,66±0,042 ^{Bd}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir. KNT: Kontrol

^{A-C} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit, Depolama: farklı) (p<0,05)

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (p<0,05)

Doğruer ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada pastörize yumurta akındaki pH'yı 10,90 olarak belirlemişlerdir. Min ve ark. (2005) tarafından ise sıvı yumurta akının pH değerini 9,05 olarak kaydetmişlerdir. Souza ve Fernández (2011) yaptıkları çalışmada ise sıvı yumurta akının pH değerini doğal numunede 7,81 ve homojenize edilmiş numunede ise 9,22 olarak tespit etmişlerdir. Bu bulgular bizim kontrol verilerimizle eşleşmekle birlikte uygulama gruplarında beklenen azalış gözlemlenmiştir.

4.1.2. Suda Çözünabilir Kuru Madde

Tam yumurta içindeki katıların içeriği sarı ak oranına ve yumurta sarısı ve akın kimyasal bileşimlerine göre değişmektedir. Homojenize edilmiş üründe, belirli toplam katı içeriği değeri ile karakterize edilebilmesi için düzeltilmesi gerekebilmektedir. Sarının aka oranı, tavuk yaşıyla artan yumurta boyutuyla ilişkilidir ve yumurta sarısı ve beyaz toplam katı içeriği tavuk soyundan da etkilenebilmektedir (Ragni ve ark., 2011). Bütün yumurtada yumurta akı, %10 protein ve yaklaşık %90 sudan oluşmaktadır. Kuru madde (KM) içinde yumurta sarısı, %68 düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL), %16 yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL), %10 globüler proteinler (livetinler), %4 fosfoprotein (fosvitin) ve %2 ise küçük proteinlerden meydana gelmektedir (Huopalahti ve ark., 2007). Yumurta akı toplam kuru madde miktarı yumurta akının sıvı konsantrasyonunun ölçümü olup, yumurta tazeliğinin bir göstergesidir. Yumurta akının sıvılaşması; proteaz enzimlerinden, yükselen pH değerlerindeki hidroksil iyonları veya tiol tipi indirgen ajanların neden olduğu depolimerizasyondan ve ovomusin-lisozim kompleksinin interaksiyonundan meydana gelebilmektedir. Yumurta akının içerdiği su, yumurta sarısına ve yumurta sarısındaki bazı besinsel bileşenler de yumurta akına geçebilmektedir. Yumurta akı toplam kuru madde miktarı depolama periyodu süresince yumurta akına yumurta sarısının karışması nedeniyle artmaktadır (Torrico ve ark., 2011). Uzun depolama süresi boyunca yumurta akına sarı karışması nedeniyle yumurta akının suda çözünür kuru madde değeri artmaktadır. Bunun yanında yumurta akındaki su da yumurta sarısına nüfuz edebilmektedir. Zayıf ve sulu ak yumurta sarısındaki su konsantrasyonlarında değişikliklere neden olabilmektedir. Genel olarak, depolama boyunca sıvılaşma, yumurta akınında akışkanlığın artmasına ve yumurta kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır. Yumurta akının toplam kuru madde içeriğinin %11-13 arasında değiştiği ifade edilmekle birlikte bu değer tavuk ırkı ve yaşına göre değişim gösterdiği bildirilmiştir. Ayrıca depolama ve depolama koşulları (sıcaklık, nispi rutubet) ile birlikte yumurta sarısından yumurta akına madde geçişi (yumurta sarısı

lipitleri) nedeniyle kuru madde difüzyonu söz konusu olmaktadır (Smith, 1958; Yüceer ve ark., 2016). Bu nedenle depolama ile kabuklu yumurta akının kuru madde miktarında artış gözlenmektedir (Hammershøj ve ark., 2002). Çizelge 4.2’de lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akının depolama süresince kuru madde değerlerindeki değişim verilmiş ve kuru madde değerlerinde uygulama ve depolama ile istatistiksel olarak önemli bir fark gözlemlenmemiştir.

Çizelge 4.2. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akının depolama süresince KM değerlerindeki değişim

Depolama Süresi (gün) / Sıvı Yumurta Akı KM Değerleri		
Muamele	0.Gün	27.Gün
KNT	14,22±0,077 ^{Aa}	14,22±0,150 ^{Aa}
0.01%	14,22±0,202 ^{Aa}	14,22±0,183 ^{Aa}
0.02%	14,22±0,051 ^{Aa}	14,23±0,115 ^{Aa}
0.03%	14,23±0,175 ^{Aa}	14,22±0,111 ^{Aa}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir. KNT: Kontrol

^A Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit, Depolama: farklı) (p<0,05)

^a Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (p<0,05)

Yumurta akının toplam kuru madde içeriğini %11-13 arasında değiştiğini ve yumurta akının kuru madde içeriği ırkına ve yaşına göre değişebildiği ifade edilmiştir. Bildirilen bu değerlerin bizim elde ettiğimiz verilerle benzerlik göstermesine rağmen aradaki farkın yukarıda bahsedilen nedenlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Enzim uygulamasının yumurta akı kuru madde değerleri üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır.

4.1.3. Sıvı Yumurta Akı Renk Analizleri

Renk algısı, büyük ölçüde yumurta bileşenlerinin kimyasal ve fiziksel özelliklerine bağlıdır. Yumurta akında, bazı proteinlerin termal koagülasyon sırasında denatürasyonu rengin, opaklığının ya da yarı saydamlığının değişimlerinin ana nedeni olarak açıklanmaktadır (Llave ve ark., 2018).

Çizelge 4.3. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akının depolama süresince L* değerlerindeki değişim

Depolama Süresi (gün) / Sıvı Yumurta Akı L* Değerleri		
Muamele	0.Gün	27.Gün
KNT	37,41±0,26 ^{Aa}	36,48±1,00 ^{Ba}
0.01%	36,51±1,04 ^{Ab}	34,98±1,21 ^{Bb}
0.02%	35,44±0,21 ^{Ac}	34,56±0,56 ^{Ab}
0.03%	34,90±0,67 ^{Ac}	34,50±0,62 ^{Ab}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir. KNT: Kontrol

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit, Depolama: farklı) (p<0,05)

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (p<0,05)

Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akının depolama süresince renk değerlerindeki değişim izlenmiştir. Çizelge 4.3’de L* değerlerindeki değişim, Çizelge 4.4’de a* değerlerindeki değişim ve Çizelge 4.5’de b* değerlerindeki değişim verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre enzim ile sıvı yumurtanın muamele edilmesi sonucu saydamlık durumu değişmiş ve L* parlaklık değerlerinde enzim uygulamasının sağladığı dilüsyondan dolayı azalma tespit edilmiştir. Ayrıca depolama ile tüm gruplarının parlaklık değerleri azalmış ancak %0,02 ve %0,03 enzim konsantrasyonlarında kısmi bir stabilizasyon sağlandığı söylenebilir. 0. gün analizlerinde uygulama konsantrasyonu arttıkça a* değerlerinin yükselme eğiliminde olduğu ve depolama ile kısmi artışın gözlemlendiği belirlenmiştir. 0. gün analizlerinde uygulama konsantrasyonu arttıkça b* değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Depolama ile yalnızca %0,03 konsantrasyonda bir stabilizasyon sağlanırken diğer gruplarda b* değerinin azalma eğiliminde olduğu görülmüştür ve bu azalmanın istatistiksel olarak önemli olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.4. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akının depolama süresince a* değerlerindeki değişim

Depolama Süresi (gün) / Sıvı Yumurta Akı a* Değerleri		
Muamele	0.Gün	27.Gün
KNT	-1,27±0,03 ^{Aa}	-1,16±0,08 ^{Aa}
0.01%	-0,94±0,17 ^{Ab}	-0,91±0,07 ^{Ab}
0.02%	-0,79±0,10 ^{Ac}	-1,01±0,09 ^{Bb}
0.03%	-0,83±0,08 ^{Abc}	-0,98±0,22 ^{Bb}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir. KNT: Kontrol

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit, Depolama: farklı) (p<0,05)

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (p<0,05)

Souza ve Fernandez (2012) yaptıkları çalışmada sıvı yumurta akının L*, a* ve b* değerlerini sırasıyla 42,42±2,12, 0,77±0,04, 32,95±1,65 olarak belirlemişlerdir. Farklı bir çalışmada ise pastörize edilmiş sıvı yumurta akının L*, a*, b* değerlerini sırasıyla 30,16; 1,22; 33,95 olarak bulmuşlardır (Souza ve Fernández, 2011). Bizim elde ettiğimiz verilerle özellikle L* ve a* değerleri paralellik gösterirken b* değerlerindeki farklılığın kullanılan yumurtaların farklılığından ya da uygulama öncesi yumurtanın geçtiği ön işlemlerden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 4.5. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akının depolama süresince b* değerlerindeki değişim

Depolama Süresi (gün) / Sıvı Yumurta Akı b* Değerleri		
Muamele	0.Gün	27.Gün
KNT	11,67±0,56 ^{Aa}	3,72±0,89 ^{Ba}
0.01%	6,01±1,06 ^{Ab}	4,38±1,28 ^{Ba}
0.02%	6,28±0,75 ^{Ab}	3,72±1,04 ^{Ba}
0.03%	3,47±1,99 ^{Ac}	3,88±1,34 ^{Aa}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir. KNT: Kontrol

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit, Depolama: farklı) (p<0,05)

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (p<0,05)

4.1.4. Ambalaj İçi Gaz Kompozisyonu

4.1.4.1. Ambalaj İçi O₂ Konsantrasyon Değerleri

Kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akı numunelerinin depolama sonrası ambalaj içi O₂ değerlerindeki değişim Çizelge 4.6’da verilmiştir. 0. gün için kontrol ile uygulama grupları arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır. Sıvı yumurta akında depolama sonrası ambalaj içerisindeki O₂ düzeyi istatistiki açıdan önemli düzeyde azalmıştır. Depolama ile gelen bu azalmanın; uygulama gruplarında, kontrol grubuna kıyasla daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ancak depolama süresinde uygulama gruplarındaki azalmanın arasındaki fark istatistiki açıdan önemli değildir (p>0.05).

Çizelge 4.6. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akının depolama süresince O₂ değerlerindeki değişim

Depolama Süresi (gün) / Sıvı Yumurta Akı O ₂ Değerleri		
Muamele	0.Gün	27.Gün
KNT	20,95±0,02 ^{Aa}	16,44±0,35 ^{Ba}
0.01%	20,95±0,02 ^{Aa}	15,08±0,22 ^{Bb}
0.02%	20,95±0,02 ^{Aa}	15,53±0,22 ^{Bc}
0.03%	20,95±0,02 ^{Aa}	15,27±0,26 ^{Bbc}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir. KNT: Kontrol

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit, Depolama: farklı) (p<0,05)

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (p<0,05)

4.1.4.2. Ambalaj İçi CO₂ Konsantrasyon Değerleri

Kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akı numunelerinin depolama sonrası ambalaj içi CO₂ değerlerindeki değişim Çizelge 4.7’de verilmiştir. 0. gün için kontrol ile uygulama grupları arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır. Sıvı yumurta akında depolama sonrası ambalaj içerisindeki CO₂ düzeyi istatistiki açıdan önemli düzeyde artmıştır. Ancak kontrol grubunda depolama sonrası ambalaj içi CO₂ düzeyi hızla artarken, uygulama gruplarında bu artışın sınırlı düzeyde kaldığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akının depolama süresince CO₂ değerlerindeki değişim

Depolama Süresi (gün) / Sıvı Yumurta Akı CO ₂ Değerleri		
Muamele	0.Gün	27.Gün
KNT	0,04±0,01 ^{Aa}	1,01±0,21 ^{Ba}
0.01%	0,04±0,01 ^{Aa}	0,62±0,52 ^{Ba}
0.02%	0,04±0,01 ^{Aa}	0,78±0,51 ^{Ba}
0.03%	0,04±0,01 ^{Aa}	0,57±0,48 ^{Ba}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir. KNT: Kontrol

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit, Depolama: farklı) (p<0,05)

^a Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (p<0,05)

Yüceer (2018) tarafından yapılan çalışmada ultrases uygulanan ve depolama boyunca ambalaj içi O₂ ve CO₂ konsantrasyon değerleri izlenen sıvı yumurta numunelerinde bu durum teyit edilmektedir. Ambalaj içi CO₂ değerinin depolama ile artışı numunedeki toplam bakteri florasında bulunan aerobik bakterilerin faaliyeti sonucu ürünün bozulma reaksiyonlarının (pH'daki azalma) gerçekleşmesinin göstergesi olarak değerlendirilmiş ve çalışmada gaz geçirgenliği düşük olan metalize bag in box kullanılmıştır.

Brown ve ark. (1986) taze ve pastörize yumurta akı, sarısı ve bütün yumurtalarda belli bir gün aralığında belli sıcaklıklarda bekletilmişler. Ardından bunları koku ve uçucu bileşen açısından periyodik olarak analiz etmişlerdir. Panelistler depolama yumurtaları "tatmin edici" den "pütrit"e doğru 6 skalada değerlendirmişlerdir (tatmin edici-yumurtamsı-nispeten ekşi-ekşi-nispeten pütrit-pütrit). 7-16 °C'de depolanan numunelerden özellikle 91. saatten sonra pütrit ve nispeten pütrit değerlendirmeleri artış göstermiştir, 100. saatten sonra ise tüm panelistler numuneleri pütrit olarak değerlendirmiştir. Ayrıca depolama saatleri arttıkça bozulmayı işaret eden, tespit edilen dimetil sülfat miktarında artışlar gözlemlenmiştir.

4.2. Sıvı Yumurta Akı Köpük Özellikleri

4.2.1. Sıvı Yumurta Akı Köpük Kapasitesi

Kontrol grubu ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akı köpük kapasitesi değerlerindeki değişim Çizelge 4.8’de verilmiştir. Kaydedilen sonuçlara göre sıvı yumurta akı köpük kapasitesi değeri özellikle %0,03 konsantrasyonda enzim muamelesi ile istatistiksel olarak önemli bir artış göstermiştir. Depolama ile tüm grupların köpük kapasitesi değerlerinde istatistiksel olarak önemli kayıplar gözlenirken yine özellikle %0,03 konsantrasyonda depolama sonrasında en yüksek köpük kapasitesi değerleri kaydedilmiştir.

Macherey (2007) yaptığı çalışmada yumurta sarısı bulaşmamış ve lipaz enzimiyle muamele edilmemiş yumurta aklarında köpük hacmini 342,92 ml olarak belirlemiştir. %0,10 yumurta sarısı bulaşmış yumurta aklarında köpük hacmini enzimle muamele olmadan önce 283,34 olarak bulmuştur. Lipaz enzimiyle muamelenin ardından %0,10 yumurta sarısı bulaşmış yumurta aklarında köpük hacminin 305,13'e arttığını görmüştür. Macherey (2007) yaptığı çalışmada lipaz enzimi ve kofaktörü birlikte kullanıldığında %0,10 yumurta sarısı bulaşmış yumurta aklarında köpük hacminin 335,22'ye yükseldiğini gözlemlemiştir (Macherey, 2007). Yapılan bu çalışma ve bizim çalışmamızda lipaz enzimi ile yumurta akının köpük kapasitesinde iyileşmeler kaydedilmiş olmasına rağmen; iki çalışmada kaydedilen köpük kapasitesi değerlerinin farklılık göstermesinin nedeni, köpük kapasitesinin, kullanılan ham maddeden uygulanan yöntem kadar birçok değişkenden oldukça fazla etkileniyor olmasına bağlanabilir.

Yavuz (2016) yaptığı çalışmada yumurta sarısı bulaştırılmış yumurta akını fosfolipaz ile muamele etmiş ve köpük kapasitesinde 900-1000 birimlik iyileşmeler gözlemlemiştir. Bizim çalışmamızda artış oranının daha düşük kalması, diğer çalışmada yumurta akını yumurta sarısı ile özellikle kontamine edilmesi dolayısıyla kontrol numunesinin köpük kapasitesi değerinin kıyasla daha düşük kalması olarak yorumlanabilir. Yapılan çalışmada köpük kapasitesi uygulama konsantrasyonu arttıkça artmakta ve en yüksek değerine %0,03 konsantrasyona ulaşılmıştır. Depolama ile de köpük kapasitesinde beklenen azalma kaydedilmiştir.

Çizelge 4.8. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akının depolama süresince köpük kapasitesindeki değişimi

Depolama Süresi (gün) / Sıvı Yumurta Akı Köpük Kapasitesi		
Muamele	0.Gün	27.Gün
KNT	613,33±30,55 ^{Aa}	510,00±26,45 ^{Ba}
0.01%	666,66±15,27 ^{Aa}	550,00±20,00 ^{Ba}
0.02%	696,66±15,27 ^{Aab}	580,00±43,58 ^{Ba}
0.03%	766,66±20,81 ^{Ab}	593,22±41,63 ^{Ba}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir. KNT: Kontrol

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit, Depolama: farklı) (p<0,05)

^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (p<0,05)

Yumurta akının asitliğini arttırmak, protein yapısını gevşetmek, köpüğün esnek olmasını ve hava hücrelerini tutacak kadar istikrarlı kalmasını ve ısıtıldığında genleşmesini sağlayarak köpüğün stabilize edilmesine yardımcı olur, böylece daha iyi hacim elde edilir (Munday ve Deno, 2017). Lipaz enziminin artan uygulama konsantrasyonu ile birlikte pH'yı düşürdüğü göz önüne alındığında; köpük kapasitesinin artmasında, pH değişiminin protein çözünürlüğünü artırarak rol oynadığı ifade edilebilir (Gomes ve Pelegrine, 2012). Chen ve ark. (2019) tarafından yapılan çalışmada 4°C'de muhafaza edilen sıvı yumurta akı örneklerinde depolama ile köpük kapasitesi değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Bu açıdan depolamanın etkisi literatür çalışmaları ile desteklenmektedir.

4.2.2. Sıvı Yumurta Akı Köpük Stabilitesi

Köpükler yapı olarak stabil değildirler. Yüzey enerjisini düşürmek için köpükler kendi bileşenleri olan sıvı ve gaz faza ayrılmaya başlarlar. Köpüğün bozulmasında drenaj ve oransızlaşım adı verilen iki önemli mekanizma vardır. Drenaj şu şekilde açıklanabilir. Sulu köpüklerin devamlı fazı sıvı olduğu için akmaya meyillidirler. Yer çekimi köpük yapısından sıvının akmasına ve sonuç olarak sıvı ve gaz fazların birbirinden ayrılmasına neden olur. Daha katı köpük formlarında drenaj ya oluşmaz ya da çok az oluşur. Sıvı fazın film lamellerinin arasından akması filmin incelmeye ve böylece ayrı ayrı duran gaz fazlarının bir araya toplanmasına neden olur. Viskozitenin artması ve yüzey aktif ajanların kullanılması sıvı drenaj oranını azaltır. Ostwald büyümesi olarak da bilinen ve küçük baloncuklardan büyük baloncuklara gaz difüzyonu olarak tanımlanabilir. Küçük

baloncukların büzüşmesi ve büyük baloncukların sayılarının artması ile gelişir. Sonuç olarak ortalama baloncuk boyutları genişlemektedir. Aynı şekilde viskozitenin artması ve yüzey aktif ajanların kullanılması oransızlaşmayı azaltmaktadır (Spencer, 2006).

Kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akı köpük stabilitesi değerlerindeki değişim Çizelge 4.9'da verilmiş olup, kontrol grubu ile uygulama grupları arasındaki fark istatistiki açıdan önemli olmazken %0,02 konsantrasyon uygulaması ile %0,01 ve %0,03 konsantrasyon arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında; %0,01 ve %0,03 konsantrasyon uygulamaları ile kontrol gruplarından daha yüksek köpük stabilitesi değerleri elde edilmişse de bu farkın istatistiksel yönden önemli olduğu söylenememektedir. Köpük stabilite değerlerinde dalgalanmalar olmasına rağmen %0,01 ve %0,03 konsantrasyonunda stabilite değerlerinde iyileşmeler sağlanmıştır. Köpük stabilitesi yüzey elastisitesi; drenaj, köpükler arası gaz difüzyonu ve zıt yüzeylerin etkileşimlerine bağlıdır. Bunlardan bazıları stabiliteyi etkilemektedir. Birinin oluşması diğerini de tetikleyebileceği için karmaşık bir yapısı olduğundan dolayı stabilitede dalgalanmalar olabilmektedir. Köpük stabilitesinin yıkımlanmasındaki farklı mekanizmalar ve bu mekanizmaların birbirini tetiklemesinden dolayı köpük stabilite dalgalanmalar olabilmektedir.

Çizelge 4.9. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akının depolama süresince köpük stabilitesi değişimi

Depolama Süresi (gün) / Sıvı Yumurta Akı Köpük Stabilitesi		
Muamele	0.Gün	27.Gün
KNT	73,33±2,51 ^{Aab}	71,50±6,36 ^{Aa}
0.01%	78,66±1,52 ^{Aa}	57,33±3,78 ^{Bb}
0.02%	69,33±1,15 ^{Ab}	76,33±3,51 ^{Aa}
0.03%	78,33±1,52 ^{Aa}	79,66±0,57 ^{Aa}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir. KNT: Kontrol

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit, Depolama: farklı) (p<0,05)

^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (p<0,05)

Kobayashi ve ark. (1980) yaptıkları çalışmada %0,05 yumurta sarısı içeren yumurta aklarını lipaz ile muamele etmişler ve 30 dakikalık bir uygulama sonucunda köpük stabilite değerlerinde iyileşme gözlemlenmiştir.

Yavuz (2016) yaptığı çalışmada yumurta sarısı bulaştırılmış yumurta akını fosfolipaz ile muamele etmiş ve köpük stabilite değerlerinde 50 birimlik iyileşmeler gözlemlemiştir. Bizim çalışmamızda stabilite değerlerinde iyileşme oranının daha düşük kalması, diğer çalışmada yumurta akını yumurta sarısı ile özellikle kontamine edilmesi dolayısıyla kontrol numunesinin köpük stabilitesi değerinin kıyasla daha yüksek olması olarak yorumlanabilir.

Macherey (2007) tarafından yapılan çalışmada, lipaz enzimi ile muamele edilmiş yumurta sarısı bulaşmış yumurta aklarında her ne kadar köpük kapasitesi ve köpük gücünde iyileşmeler gözlemlemiş olsalar da köpük stabilitesi ve köpük drenajında aynı iyileşme gözlemlenmemiştir. Enzimle muamele edilen numunelerin köpük stabilite değerlerinde az da olsa bir iyileşme gözlemlenmişse de bu iki grup arasındaki fark istatistiki yönden önemli değildir.

4.3. Beze Analizleri

4.3.1. Beze Hamur Yoğunluğu

Kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akı ile üretilen beze hamuru yoğunluk değerleri Çizelge 4.10'da verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kontrol grubu ile uygulama grupları arasındaki fark istatistiki yönden önemliyken, lipaz enzim ile muamele edilen sıvı yumurta aklarıyla üretilen beze hamuru yoğunlukları artan enzim konsantrasyonları ile azalmıştır. Çalışma içerisinde başarı kriteri olarak kabul edilen beze hamur yoğunluğu değeri %0,03 konsantrasyonda ölçülen 0,326 g/cm³ olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubunda ise bu değer 0,505 g/cm³ düzeylerindedir.

Çizelge 4.10. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akından elde edilen beze hamuru yoğunluk değerleri

Beze Hamuru Yoğunlukları	
Muamele	0.Gün
KNT	0,5055±0,011 ^a
0.01%	0,4153±0,008 ^b
0.02%	0,4157±0,010 ^b
0.03%	0,3266±0,011 ^c

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir. KNT: Kontrol

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır.

Sadahira ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada şekerle çırpılmış yumurta aklarının özelliklerini incelemişler ve pH 6'da hamur yoğunluğunu 0,51 olarak tespit etmişlerdir. Kontrol grubunda bizim elde ettiğimiz sonuçlarla eşleşmekle beraber enzim ilavesinin beze hamuru yoğunluğunu azalttığı gözlemlenmektedir.

4.3.2. Beze Renk Analizleri

Çalışma kapsamında üretilen bezelerin renk değerleri ölçülmüş; kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akı ile üretilen beze L* değerleri Çizelge 4.11'de verilmiştir. Enzimle muamele edilerek üretilen beze numunelerinin L* değerlerinin kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresince yapılan ölçümlerde istatistiksel yönden önemli bir fark gözlemlenmezken, 60. gün ve 90. günde yapılan analizlerde uygulama grupları arasındaki farklar da istatistiksel olarak önemli değildir.

Çizelge 4.11. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akından elde edilen bezelerin depolama süresince L* değerlerindeki değişimi

Depolama Süresi (gün) / Beze L* Değerleri			
Muamele	0.Gün	60.Gün	90.Gün
KNT	89,24±0,93 ^{Aa}	90,26±1,33 ^{Aa}	90,08±1,38 ^{Aa}
0.01%	90,03±1,59 ^{Ab}	90,08±1,57 ^{Aa}	89,81±2,18 ^{Aa}
0.02%	90,70±2,93 ^{Ab}	88,21±2,01 ^{Aa}	88,94±2,32 ^{Aa}
0.03%	91,46±2,34 ^{Ab}	89,20±1,71 ^{Aa}	89,84±2,79 ^{Aa}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir. KNT: Kontrol

^A Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit, Depolama: farklı) (p<0,05)

^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (p<0,05)

Kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akı ile üretilen beze a* değerleri Çizelge 4.12'de verilmiştir. Depolama süresince yapılan ölçümlerde istatistiksel olarak önemli bir fark gözlemlenmezken, 60. gün ve 90. günde yapılan analizlerde uygulama grupları arasındaki farklar da istatistiksel olarak önemli değildir. Elde edilen sonuçlara göre lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akından üretilen beze numunelerinde 0. gün kontrol numunesi ile enzim uygulama gruplarıyla arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuş ancak 60. ve 90. gün depolamada enzim uygulama grupları ile kontrol grubu arasındaki fark benzer bulunmuştur (p>0,05).

Çizelge 4.12. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akından elde edilen bezelerin depolama süresince a* değerlerindeki değişimi

Depolama Süresi (gün) / Beze a* Değerleri			
Muamele	0.Gün	60.Gün	90.Gün
KNT	0,60±0,17 ^{Aa}	-0,71±0,85 ^{Aa}	-1,11±0,45 ^{Aa}
0.01%	0,55±0,55 ^{Aa}	-0,15±0,53 ^{Ab}	0,35±0,21 ^{Ab}
0.02%	0,61±0,53 ^{Aa}	0,14±0,77 ^{Ab}	0,06±0,67 ^{Ab}
0.03%	0,68±0,85 ^{Aa}	-0,31±0,51 ^{Ab}	-0,56±0,30 ^{Ab}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir. KNT: Kontrol

^A Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit, Depolama: farklı) (p<0,05)

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (p<0,05)

Kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akı ile üretilen beze b* değerleri Çizelge 4.13’de verilmiştir. Analiz sonucuna göre enzimle muamele edilerek üretilen beze numunelerinin b* değerlerinin depolama süresince yapılan ölçümlerde istatistiksel olarak önemli bir fark gözlemlenmezken, 60. gün ve 90. günde yapılan analizlerde uygulama grupları arasındaki farklar da istatistiksel olarak önemli değildir. Elde edilen sonuçlara göre lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akından üretilen beze numunelerinde 0. gün analizlerinde kontrol numunesinin enzim uygulama gruplarıyla arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve artan enzim konsantrasyonuna bağlı olarak b* değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.13. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akından elde edilen bezelerin depolama süresince b* değerlerindeki değişimi

Depolama Süresi (gün) / Beze b* Değerleri			
Muamele	0.Gün	60.Gün	90.Gün
KNT	17,01±0,92 ^{Aa}	14,88±3,12 ^{Aa}	15,96±2,12 ^{Aa}
0.01%	14,18±0,90 ^{Ab}	13,18±1,11 ^{Aa}	13,07±0,78 ^{Aa}
0.02%	14,15±0,98 ^{Ab}	13,12±1,56 ^{Aa}	13,29±0,60 ^{Aa}
0.03%	10,84±1,82 ^{Ab}	10,42±2,17 ^{Aa}	9,03±2,40 ^{Aa}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir. KNT: Kontrol

^A Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit, Depolama: farklı) (p<0,05)

^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (p<0,05)

O'Charoen ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada beze numunelerinin renk değerleri incelenmiştir. Kontrol numunesinde yani yalnızca şeker ve yumurta akının çırpılıp fırında pişirilmesiyle üretilen bezelerde L^* değeri 85,31, a^* değeri 1,46 ve b^* değeri 14,00 olarak tespit edilmiştir. Tüm bezelerin a^* değerlerinin pozitif olduğu tespit edilmiştir ki bu bezelerin renginin kırmızıya çaldığı söylenebilir. Tüm bezelerin b^* değerlerinin pozitif olduğu tespit edilmiştir ki bu bezelerin renginin sarıya yakın renge dönüşüm sağladığı ifade edilmiştir.

Stantiall ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada yumurta akı ve şeker kullanılarak ürettikleri bezelerde L^* a^* b^* değerlerini sırasıyla $98,1\pm0,1$; $-0,1\pm0,2$; $1,8\pm0,4$ olarak belirlemişlerdir. Bahsedilen çalışmalar ile bizim çalışmamızdan elde ettiğimiz verilerdeki özellikle a^* ve b^* değerlerindeki farklılıkların kullanılan hammadde farklılığından ve özellikle pişirmede uygulanan parametre farklılıklarından kaynaklanabileceği söylenebilir. L^* değerlerinin ise bizim çalışmamızla paralellik gösterdiği söylenebilir.

4.3.3. Beze Su Aktivitesi

Kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akı ile üretilen bezelerin su aktivitesi değerleri Çizelge 4.14'te verilmiştir. Buna göre su aktivitesi değerlerinde %0,01 ve %0,02 konsantrasyonda kontrol grubuna kıyasla kısmi bir artış gözlemlenmiştir ve bu artış istatistiksel yönden önemlidir. Ancak %0,03 enzim konsantrasyonunda ise diğer uygulama gruplarına kıyasla bir azalma kaydedilmiştir ve kontrol seviyesine tekrar ulaşılmıştır.

Kontrol grubunda 0. gün ile 60. gün arasında istatistiksel olarak bir fark gözlemlenmezken 90. güne geçildiğinde bir fark elde edilmiştir. Ancak tüm uygulama konsantrasyonlarında (%0,01, %0,02, %0,03) 0. gün ile 60. gün arasında istatistiksel olarak fark olduğu görülmüştür. Böylece enzim uygulamasının beze su aktivitesi değerlerinde depolama boyunca stabiliteyi azalttığı söylenebilir. 0. gün için su aktivitesi değerleri artan uygulama konsantrasyonu ile azalma eğilimi göstermiş ve %0,03 konsantrasyona gelindiğinde kontrol seviyelerine bir düşüş olduğu gözlemlenmiştir. Beze hamur yoğunluğu; artan enzim konsantrasyonu uygulaması ile köpük kapasitesinin artmasıyla ilişkili olarak yapıya daha fazla havanın katılması sebebiyle azalmıştır. Buna bağlı olarak; beze hamuru yapısına daha fazla havanın katılması dolayısıyla artan enzim konsantrasyonu ile beze su aktivitesi değerleri azalma eğilimi sergilemiştir.

Çizelge 4.14. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akından elde edilen bezelerin depolama süresince aw değerlerindeki değişimi

Depolama Süresi (gün) / Beze Su Aktivitesi Değerleri			
Muamele	0.Gün	60.Gün	90.Gün
KNT	0,330±0,02 ^{Aa}	0,323±0,02 ^{Aa}	0,441±0,01 ^{Ba}
0.01%	0,411±0,01 ^{Ab}	0,443±0,01 ^{Bb}	0,438±0,01 ^{Ba}
0.02%	0,397±0,01 ^{Ab}	0,418±0,01 ^{Bbc}	0,439±0,01 ^{Ba}
0.03%	0,330±0,01 ^{Aa}	0,388±0,01 ^{Bc}	0,423±0,01 ^{Ca}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir. KNT: Kontrol

^{A-C} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit, Depolama: farklı) (p<0,05)

^{a-e} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (p<0,05)

4.3.4. Tekstür Analizleri

Lipaz ile muamele edilen ve edilmeyen sıvı yumurta akı numunelerinden üretilen beze numunelerinde tekstür analiz çalışmaları; sertlik, kırılgenlik, dış yapışkanlık, elastikiyet, iç yapışkanlık, sakızimsılık, çiğnenebilirlik ve esneklik parametreleri 0., 60. ve 90. günlerde analiz edilerek gerçekleştirilmiştir. Kontrol numunesinden üretilen bezelerin oldukça basık olduğu Şekil 4.1.'de görülmekle birlikte sıvı yumurta akına enzim muamelesi sonrası daha yüksek tepe noktaları olan bezeler elde edilmiştir. Bezelerdeki bu tepe noktası yüksekliklerinin farkı tekstür analizi sonuçlarında dalgalanmalara neden olabilmektedir. Bununla birlikte bezelerin iç yapısındaki gözeneklilik de tekstür analizi verilerinde dalgalanmalara sebep olabilmektedir.



Şekil 4.1. Kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akları ile üretilen bezeler

4.3.4.1. Sertlik

Kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akı ile üretilen bezelerde tekstür analizleri yapılmış ve Çizelge 4.15’de sertlik (hardness- g) değerlerindeki değişim verilmiştir. Uygulamada %0,01 enzim konsantrasyonunda kontrole göre istatistiksel açıdan önemli bir düşüş gözlemlenmişse de %0,02 ve %0,03 enzim konsantrasyonlarında sertlik değerlerinin tekrar yükseldiği görülmüştür. Sertlik değerleri depolama ile kontrolde artmış ama uygulama gruplarında azalmıştır. Uygulamada %0,01 ve %0,02 konsantrasyonların sertlik değerlerindeki değişim depolama ile istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Böylelikle enzim uygulamasının sertlik değerlerinde özellikle %0,02 ve %0,03 enzim konsantrasyonlarında stabilite sağladığı ifade edilebilir.

Çizelge 4.15. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akından üretilen bezenin depolama süresi boyunca sertlik değerlerindeki değişimi

Depolama Süresi (gün) / Beze Sertlik Değerleri			
Muamele	0.Gün	60.Gün	90.Gün
KNT	3188,52±219,06 ^{Aa}	5085,31±399,77 ^{Ba}	7401,81±375,31 ^{Ca}
0.01%	2625,02±436,93 ^{Ab}	1928,14±279,80 ^{Ab}	2017,12±191,93 ^{Ab}
0.02%	2945,52±194,17 ^{Aa}	2166,81±241,74 ^{Ab}	2195,78±220,94 ^{Ab}
0.03%	2938,97±237,21 ^{Aa}	1840,42±176,07 ^{Bb}	1715,91±280,65 ^{Bb}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir. KNT: Kontrol

^{A-C} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit, Depolama: farklı) (p<0,05)

^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (p<0,05)

Licciardello ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada pastörize edilmiş yumurta akına %1 sitrik asit ve 0,5/1 (şeker/yumurta akı) oranında şeker ekleyerek elde ettikleri bezede tekstür analizi yapmışlardır. Bu örnek için baskı esnasındaki küçük çatlakları gösteren pikler olduğu yani bezenin baskıya karşı koyamadığı, bezenin kısmen yumuşak olduğu söylenmiştir. Bir diğer numunede ise pastörize edilmiş yumurta akına %1 sitrik asit ve bu sefer 1,5/1 (şeker/yumurta beyazı) oranında şeker ekleyerek elde ettikleri bezede tekstür analizi yapmışlardır. Bu numune ise daha kesikli bir grafik vermiştir. Grafikte bazı keskin düşüşler gözlemlenmiş bunun bezenin iç yapısındaki çöküşlerden kaynaklanabileceği söylenmiştir. Pastörize edilmiş yumurta akına %1 sitrik asit ve 2,5/1 (şeker/yumurta beyazı) oranında şeker ekleyerek elde ettikleri numunenin grafiği ise bu örneğin en sert

beze olduğunu göstermektedir. Böylece yapıdaki şekerin tekstür üzerine oldukça ciddi etkileri olduğu, şeker oranı arttıkça sertliğin arttığı söylenebilir. Bunun yanında Licciardello ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada yumurta akı kalitesinin bezenin mikro yapısını ve tekstürel özelliklerini önemli ölçüde etkilediğini belirtmişlerdir. Daha kaliteli yumurta akı kullanımını daha yumuşak, sertliği daha az olan beze elde edilmesini sağladığını bildirmişlerdir.

Stantiall ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada beze sertliği 590 ± 65 olarak bulunmuştur. Çalışmada değerler arası farklılığın, farklı ölçüm probunun kullanılmış olması, beze reçetesinin farklılığı ve beze ağırlıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.3.4.2. Çiğnenebilirlik

Kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akı ile üretilen bezelerde tekstür analizleri yapılmış ve Çizelge 4.16'da çiğnenebilirlik (chewiness) değerlerindeki değişim verilmiştir. Elde edilen beze numunelerinde en yüksek çiğnenebilirlik değeri 0. günde kontrol grubunda elde edilmiş olmakla birlikte uygulama gruplarındaki çiğnenebilirlik değerlerindeki azalışın istatistiksel olarak önemli olduğu söylenemez. Çiğnenebilirlik değerlerinin 0. güne kıyasla özellikle 60. günde azaldığı ancak 90. güne gelindiğinde tekrar bir artma kaydedildiği görülmüştür. Bununla birlikte uygulama grupları arasında yalnızca %0,01 konsantrasyonda çiğnenebilirlik değerlerindeki değişim depolama ile istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.16. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akından üretilen bezenin depolama süresi boyunca çiğnenebilirlik değerlerindeki değişimi

Depolama Süresi (gün) / Beze Çiğnenebilirlik Değerleri			
Muamele	0.Gün	60.Gün	90.Gün
KNT	$33,08 \pm 6,09^{Aa}$	$5,28 \pm 1,62^{Ba}$	$21,05 \pm 8,02^{Ca}$
0.01%	$20,69 \pm 5,60^{Aa}$	$12,86 \pm 3,38^{Ab}$	$21,90 \pm 5,27^{Aa}$
0.02%	$28,10 \pm 5,56^{Aa}$	$12,83 \pm 2,39^{Bb}$	$28,54 \pm 6,22^{Ca}$
0.03%	$20,77 \pm 5,43^{Aa}$	$11,48 \pm 4,23^{Bb}$	$18,36 \pm 5,33^{Aa}$

Değerler ortalama $\pm$ standart sapma olarak ifade edilmiştir. KNT: Kontrol

^{A-C} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit, Depolama: farklı) ($p < 0,05$)

^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) ($p < 0,05$)

4.3.4.3. Dış Yapışkanlık

Kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akı ile üretilen bezelerdeki dış yapışkanlık (cohesiveness- g.sn) değerlerindeki değişim Çizelge 4.17’de verilmiştir. Uygulama gruplarında artan konsantrasyon ile dış yapışkanlık değerlerinde negatif yönde bir artış gözlemlenmiştir. Kontrol grubuyla tüm uygulama grupları arasında ve uygulama gruplarının kendi arasındaki dış yapışkanlık değerlerin istatistiki yönden birbirinden farklı olduğu kaydedilmiştir. Depolama ile dış yapışkanlık değerlerinde yalnızca kontrol numunesinde istatistiki olarak bir fark gözlenmemiştir. Bununla birlikte depolama ile uygulama gruplarında (%0,01; %0,02; %0,03) dış yapışkanlık değerlerinde gözlemlenen negatif yöndeki azalmalar istatistiki yönden önemlidir. Böylece enzim uygulamasının beze dış yapışkanlık değerlerinde depolama boyunca stabiliteyi azalttığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.17. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akından üretilen bezenin depolama süresi boyunca dış yapışkanlık değerlerindeki değişimi

Depolama Süresi (gün) / Beze Dış Yapışkanlık Değerleri			
Muamele	0.Gün	60.Gün	90.Gün
KNT	-2,74±0,83 ^{Aa}	-1,64±0,82 ^{Aa}	-2,14±0,77 ^{Aa}
0.01%	-5,26±1,06 ^{Ab}	-2,15±0,46 ^{Ba}	-2,53±0,76 ^{Ba}
0.02%	-8,19±1,38 ^{Ac}	-2,72±0,89 ^{Ba}	-4,06±1,17 ^{Ba}
0.03%	-22,22±3,08 ^{Ad}	-3,42±1,59 ^{Ba}	-7,15±1,18 ^{Cb}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir. KNT: Kontrol

^{A-C} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit, Depolama: farklı) (p<0,05)

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (p<0,05)

4.3.4.4. Elastikiyet

Kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akı ile üretilen bezelerin elastikiyet (resilience) değerlerindeki değişim Çizelge 4.18’de verilmiştir. Enzim uygulaması sonucu en yüksek elastikiyet değeri %0,02 uygulama grubunda elde edilmiştir ancak 0. gün için kontrol grubuyla enzim uygulama grupları arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır.

Çizelge 4.18. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akından üretilen bezenin depolama süresi boyunca elastikiyet değerlerindeki değişimi

Depolama Süresi (gün) / Beze Elastikiyet Değerleri			
Muamele	0.Gün	60.Gün	90.Gün
KNT	0,08±0,01 ^{Aa}	0,08±0,01 ^{Aa}	0,01±0,02 ^{Ba}
0.01%	0,08±0,01 ^{Aa}	0,02±0,01 ^{Bb}	0,05±0,02 ^{Cab}
0.02%	0,10±0,01 ^{Aa}	0,03±0,01 ^{Bb}	0,07±0,01 ^{Cb}
0.03%	0,08±0,01 ^{Aa}	0,04±0,01 ^{Bb}	0,06±0,03 ^{Cb}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir. KNT: Kontrol

^{A-C} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit, Depolama: farklı) (p<0,05)

^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (p<0,05)

4.3.4.5. Esneklik

Kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akı ile üretilen bezelerde tekstür analizleri yapılmış ve Çizelge 4.19’da esneklik (springiness) değerlerindeki değişim verilmiştir. Enzim uygulaması sonucu elde edilen beze numunelerinde en yüksek esneklik değeri kontrol grubunda elde edilmiştir. Kontrol grubuyla kıyaslandığında enzim uygulama gruplarının esneklik değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir ve bu fark istatistiki yönden önemlidir. Kontrol grubu ve enzim uygulama gruplarında 0. gün ile 60. gün arasındaki esneklik değerlerindeki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmazken 90. günde kaydedilen artışlar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.19. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akından üretilen bezenin depolama süresi boyunca esneklik değerlerindeki değişimi

Depolama Süresi (gün) / Beze Esneklik Değerleri			
Muamele	0.Gün	60.Gün	90.Gün
KNT	0,03±0,00 ^{Aa}	0,02±0,01 ^{Aa}	0,04±0,01 ^{Ba}
0.01%	0,01±0,01 ^{Ab}	0,01±0,01 ^{Ab}	0,03±0,01 ^{Ba}
0.02%	0,01±0,01 ^{Ab}	0,01±0,01 ^{Ab}	0,03±0,01 ^{Ba}
0.03%	0,01±0,01 ^{Ab}	0,01±0,01 ^{Ab}	0,03±0,01 ^{Ba}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir. KNT: Kontrol

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit, Depolama: farklı) (p<0,05)

^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (p<0,05)

4.3.4.6. İç Yapışkanlık

Kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akı ile üretilen bezelerin iç yapışkanlık (adhesiveness) değerlerindeki değişim Çizelge 4.20’de verilmiştir. Buna göre 0. günde en yüksek iç yapışkanlık değerlerine kontrol grubunda ulaşılmıştır ve özellikle %0,02 ve %0,03 enzim konsantrasyonlarında bezelerin iç yapışkanlık değerlerinde azalma kaydedilmiştir ve bu azalma istatistiki yönden önemlidir. Böylece enzim uygulamasının bezelerde iç yapışkanlık değerini azalttığı söylenebilir. Depolama esnasında %0,02 ve %0,03 enzim konsantrasyonlarında 60. günde iç yapışkanlık değerlerinde ciddi düşüşler olsa da 90. güne gelindiğinde tekrar bir artma kaydedilmiştir.

Çizelge 4.20. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akından üretilen bezenin depolama süresi boyunca iç yapışkanlık değerlerindeki değişimi

Depolama Süresi (gün) / Beze İç Yapışkanlık Değerleri			
Muamele	0.Gün	60.Gün	90.Gün
KNT	0,12±0,04 ^{Aa}	0,09±0,01 ^{Aa}	0,07±0,02 ^{Aa}
0.01%	0,09±0,01 ^{Aab}	0,01±0,01 ^{Bb}	0,07±0,02 ^{Aa}
0.02%	0,07±0,01 ^{Ab}	0,02±0,01 ^{Bb}	0,08±0,01 ^{Aa}
0.03%	0,07±0,01 ^{Ab}	0,03±0,01 ^{Bb}	0,06±0,03 ^{Aa}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir. KNT: Kontrol

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit, Depolama: farklı) (p<0,05)

^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (p<0,05)

4.3.4.7. Kırılgenlik

Kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akı ile üretilen bezelerde kırılgenlik (fracturability- g) tekstür analizleri yapılmış ve Çizelge 4.21’de kırılgenlik değerlerindeki değişim verilmiştir. Çalışmada enzim uygulaması sonucu elde edilen beze numunelerinde 0. gün için en düşük kırılgenlik değeri %0,01 enzim konsantrasyonu uygulaması ile elde edilmiştir. 0. gün analizlerinde; kontrol grubuyla enzim uygulama grupları arasında ve enzim uygulama gruplarının kendi arasında (%0,01, %0,02, %0,03) istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Depolama ile uygulama grupları ve kontrol grubunda yapılan analizlerden elde edilen değerlerde istatistiksel yönden önemli bir fark gözlemlenmemiştir.

Çizelge 4.21. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akından üretilen bezenin depolama süresi boyunca kırılgenlık değlerindeki değışimi

Depolama Süresi (gün) / Beze Kırılgenlık Değerleri			
Muamele	0.Gün	60.Gün	90.Gün
KNT	1004,91±68,74 ^{Aa}	982,00±69,43 ^{Aa}	911,98±84,12 ^{Aa}
0.01%	860,08±96,48 ^{Aa}	932,88±85,29 ^{Aa}	914,41±85,24 ^{Aa}
0.02%	900,75±98,21 ^{Aa}	893,26±95,93 ^{Aa}	939,66±59,68 ^{Aa}
0.03%	893,12±92,84 ^{Aa}	808,36±62,19 ^{Ab}	859,97±86,33 ^{Aa}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir. KNT: Kontrol

^A Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit, Depolama: farklı)

(p<0,05)

^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı)

(p<0,05)

4.3.4.8. Sakızımsılık

Kontrol ve lipaz enzimiyle muamele edilen sıvı yumurta akı ile üretilen bezelerin sakızımsılık (gumminess) değerlerindeki değışim Çizelge 4.22’de verilmiştir. Elde edilen beze numunelerinde 0. gün analizlerinde en yüksek sakızımsılık değeri kontrol grubunda elde edilirken, en düşük değeri %0,01 uygulama grubunda belirlenmiş ancak kontrol grubu ile enzim uygulama grupları arasında istatistiksel yönden bir fark gözlemlenmemiştir. 60. gün ve 90. gün analizlerinde enzim uygulama gruplarının sakızımsılık değerlerinde kontrol grubuna göre dramatik düşüşler olmuştur. Kontrol grubunda ve enzim uygulama gruplarında depolama süresince (0. günden 60. güne ve 60. günden 90. güne) sakızımsılık değerlerindeki değışim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.22. Lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akından üretilen bezenin depolama süresi boyunca sakızımsılık değerlerindeki değışimi

Depolama Süresi (gün) / Beze Sakızımsılık Değerleri			
Muamele	0.Gün	60.Gün	90.Gün
KNT	282,39±25,46 ^{Aa}	90,94±6,25 ^{Ba}	209,80±16,37 ^{Ca}
0.01%	224,81±43,80 ^{Aa}	37,46±8,97 ^{Bb}	111,70±8,71 ^{Cb}
0.02%	249,23±46,63 ^{Aa}	60,17±10,96 ^{Bb}	121,93±15,12 ^{Cb}
0.03%	239,29±41,40 ^{Aa}	55,20±10,18 ^{Bb}	105,10±13,59 ^{Cb}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir. KNT: Kontrol

^{A-C} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit, Depolama: farklı)

(p<0,05)

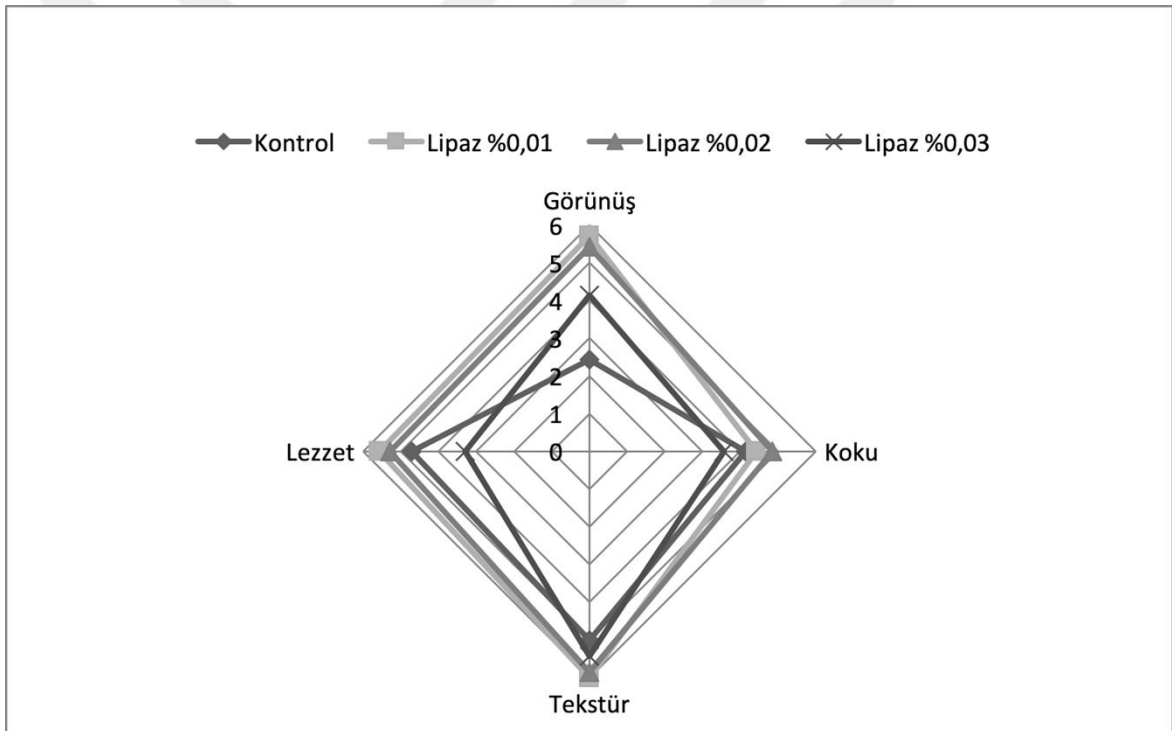
^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı)

(p<0,05)

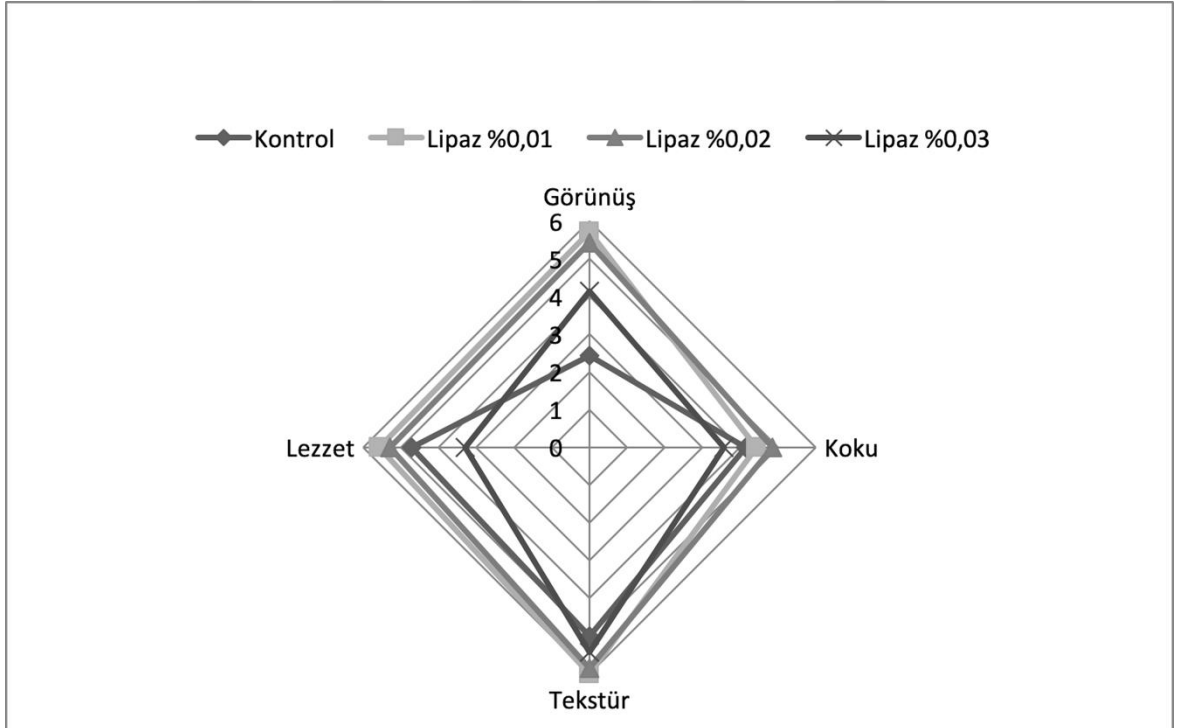
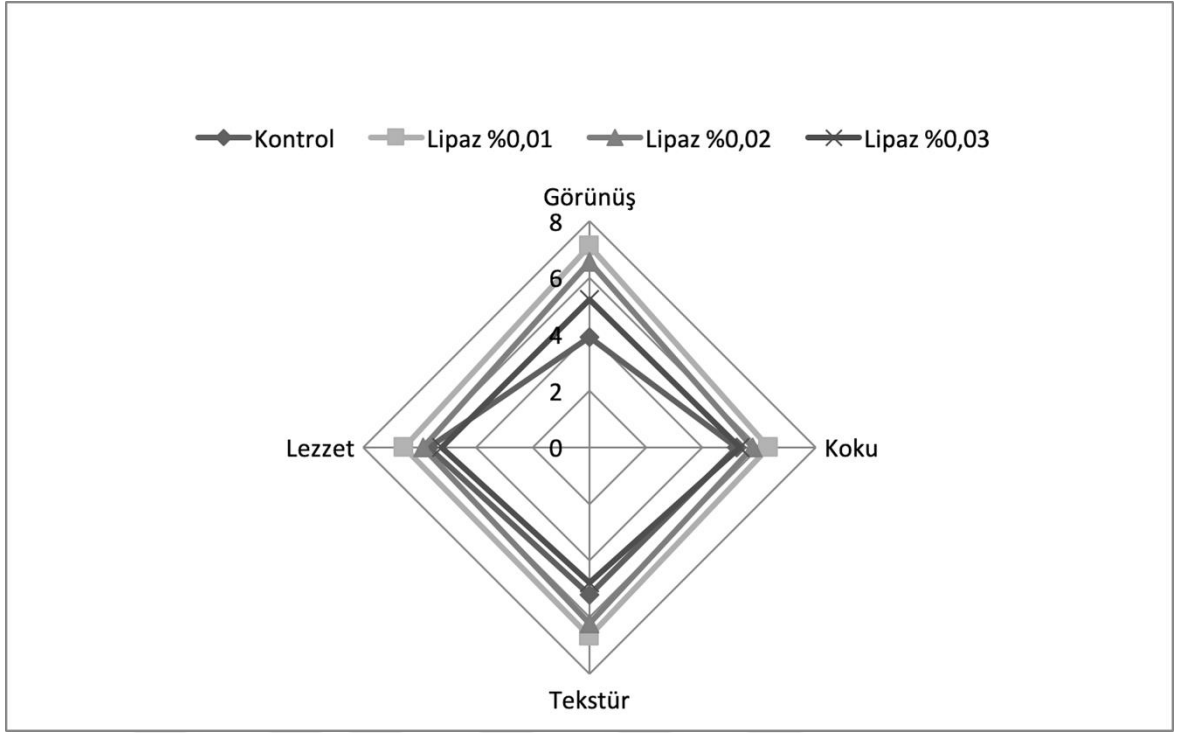
4.3.5. Duyusal Analizler

Kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akları ile üretilen bezelerin duyusal analiz verileri Şekil 4.1, Şekil.4.2 ve Şekil 4.3'te verilmiştir. Sonuçlara bakıldığında özellikle kontrol grubunun görünüş değerlerinin diğer numunelerden düşük olduğu görülmektedir. Tüm değerlendirme başlıkları için (görünüş, koku, tekstür, lezzet) ise en yüksek puanları lipaz enziminin %0,01 ve %0,02 konsantrasyonu ile muamele edilen sıvı yumurta akıyla üretilen bezelerin aldığı görülmektedir.

Stantiall ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada yumurta akı ve şeker kullanarak ürettikleri bezelerde 9 puanlı hedonik skala üzerinden duyusal analiz yapmışlar ve görünüm, lezzet, tekstür ve genel açıdan değerlendirilen bezeler sırasıyla $7,0 \pm 1,7$; $6,6 \pm 1,8$; $6,6 \pm 1,7$ ve $6,6 \pm 1,8$ olarak puanlanmıştır.



Şekil 4.2. Kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akları ile üretilen bezelerin 0. gün duyusal analiz verileri

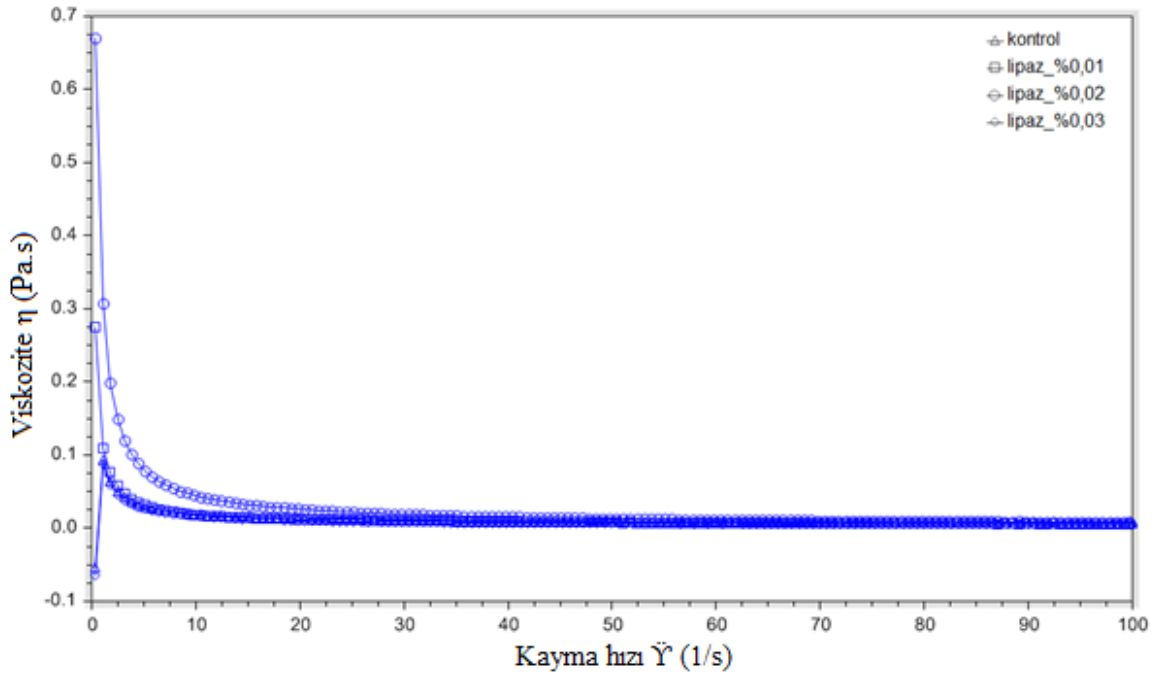


4.4. Reolojik Analizler

4.4.1. Sıvı Yumurta Akı Kayma Hızı Tarama Sonuçları

Sıvı yumurta akının viskoelastik özellikleri, lineer viskoelastik bölgede dinamik süpürme testi ile reometrede gerçekleştirilerek belirlenmiştir. Bu kapsamda elastik ve viskoz modülün frekans ile değişimi gözlenmiştir. Çalışmada yapılan reolojik ölçümlerde kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akı numunelerinin kayma hızı tarama eğrileri Şekil 4.4'te verilmiştir. Kaydedilen sonuçlara göre enzim ile muamele gören sıvı yumurta akı numunelerinin viskozite değerlerinin benzer olduğu belirlenmiştir. Deneysel sonuçlarda kayma hızı tarama sonuçlarının en iyi Herschel-Bulkley modeli ile uyum sağladığı tespit edilmiştir.

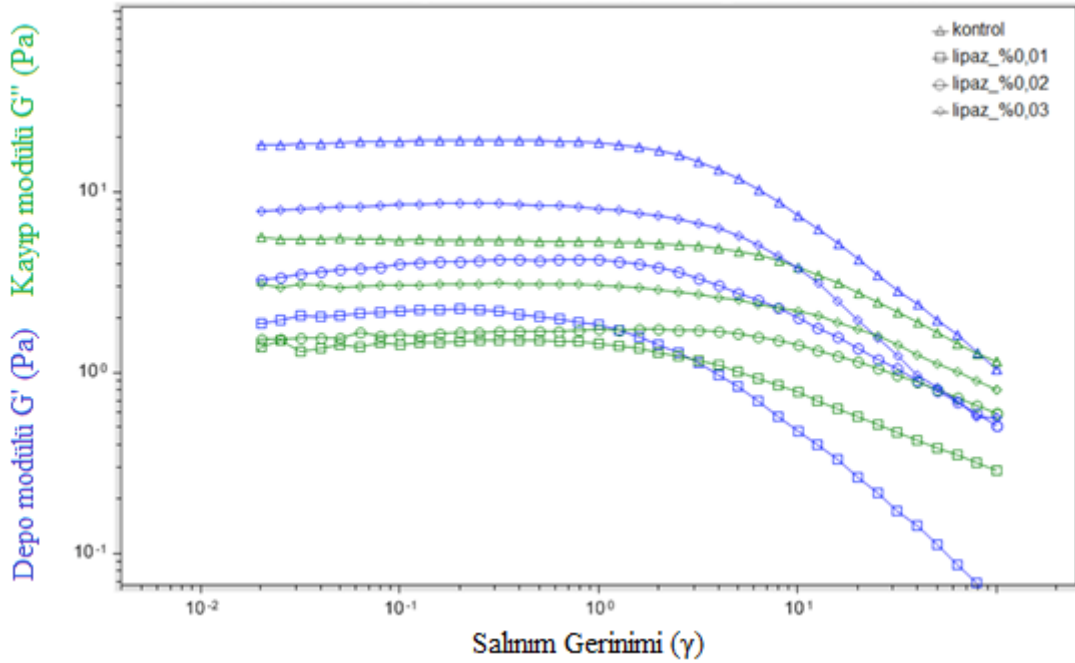
Artan kayma hızı ile tüm konsantrasyonlarda viskozite değerleri beklendiği gibi azalmıştır. Souza ve Fernández (2013) sıvı yumurta ürünlerinin reolojik özelliklerini incelemişler ve kayma hızı tarama sonuçlarında artan kayma hızı ile viskozitenin azaldığını gözlemlemişlerdir. Bu sonuçlar bizim çalışma sonuçlarımızla örtüşmektedir.



Şekil 4.5. Kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akı numunelerinin kayma hızı tarama eğrileri

4.4.2. Sıvı Yumurta Akı Deformasyon Tarama Sonuçları

Kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akı numunelerinin kayma hızı tarama eğrileri, kayma gerilimine karşı elastik modülüs ve doğrusal viskoelastik bölge (LVER) Şekil 4.5'te verilmiş olup; grafikten elde edilen veriler, lineer viskoelastik bölgedeki en uygun gerilim değeri takip eden analizlerde kullanılmıştır.



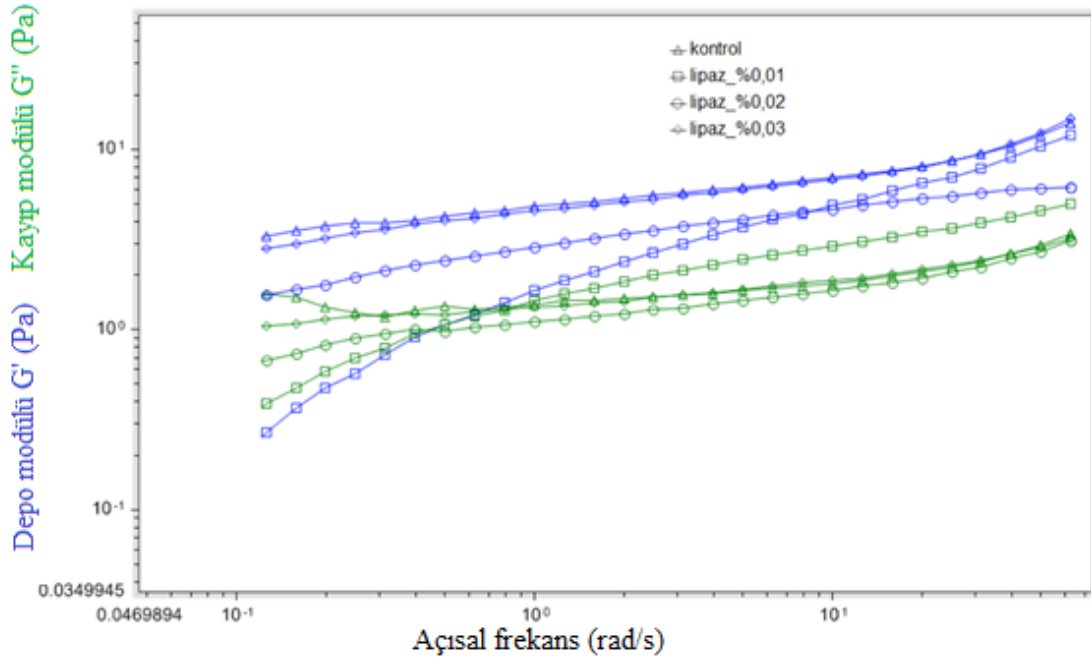
Şekil 4.6. Kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akı numunelerinin deformasyon tarama eğrileri

4.4.3. Sıvı Yumurta Akı Frekans Tarama Sonuçları

Kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akı numunelerinin frekans tarama eğrileri Şekil 4.6'da verilmiştir. Grafikte analiz boyunca depo modülünün (elastik modül-G') kayıp modüle (viskoz modül-G'') oranla daha dominant olduğu gözlemlenmiştir. Frekanstaki artışa bağlı olarak depo modülünün artmasıyla kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akı numunelerinin daha çok elastik yapıda özellik sergiledikleri söylenebilir. Muamele edilen en düşük konsantrasyon olan %0,01 enzim uygulamasında depo modülü ve kayıp modülünün oldukça düşük seyrettiği, en yüksek konsantrasyon olan %0,03 enzim uygulamasının ise kontrole en yakın verileri verdiği gözlemlenmiştir.

Ahmed ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada radyo frekansı ile muamele edilmiş yumurta akı numunelerinin frekans taramaları sonucunda elastik yapıya daha yakın

özellikler sergilediklerini belirlemişlerdir. Stevenson ve ark. (2007) tarafından yapılan çalışmada yumurta akında 25°C'de frekans taraması yapmış ve örneğin önemli oranda elastiklik sergilediğini bildirmiştir. Stevenson ve ark. (2007) ve Ahmed ve ark. (2007) yaptıkları çalışma sonuçları ile bizim bulgularımızın paralel olduğu belirlenmiştir.



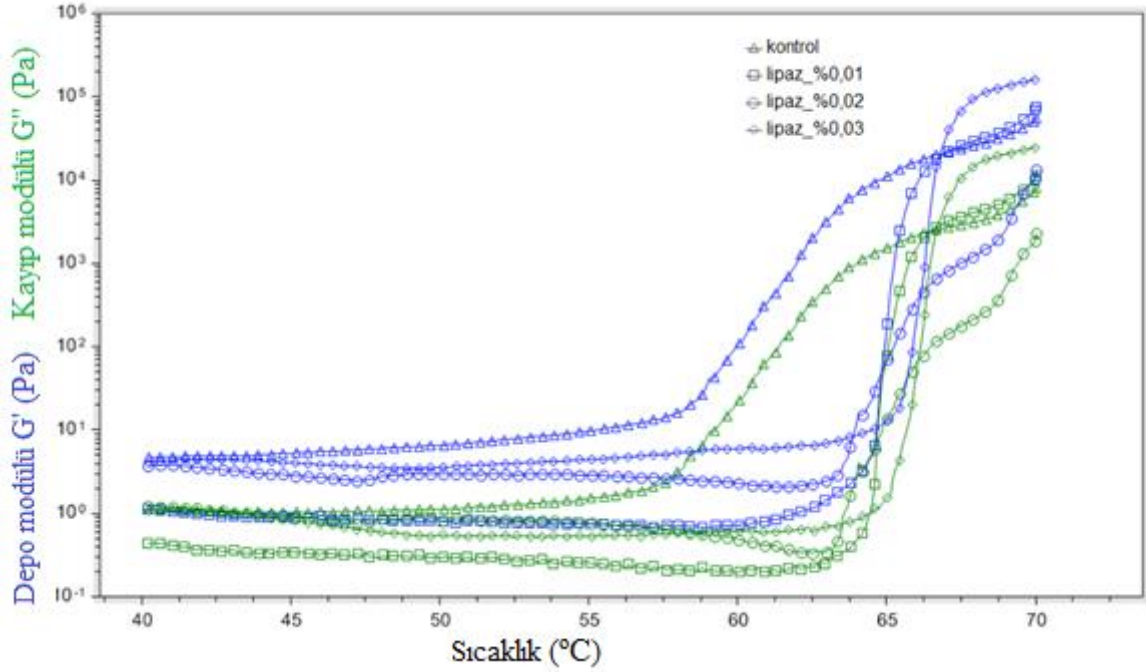
Şekil 4.7. Kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akı numunelerinin frekans tarama eğrileri

4.4.4. Sıvı Yumurta Akı Sıcaklık Tarama Sonuçları

Kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akı numunelerinin sıcaklık tarama eğrileri Şekil 4.7'de verilmiş olup, grafikte artan lipaz enzim konsantrasyonuna bağlı olarak kayıp modül değerleri artmış ve enzim miktarı ile ters orantılı bir değişim gösterdiği saptanmıştır.

Yapılan sıcaklık taramasının sonuçlarına bakıldığında enzimle muamele edilen tüm gruplarda (%0,01-%0,02-%0,03) jelleşme sıcaklığının 65 °C civarında olduğu gözükmemekteyken, bu sıcaklık kontrol grubunda daha düşük olup 60 °C civarında kalmıştır. Buradan hareketle lipaz enzimi ile muamelenin yumurta akının jelleşme sıcaklığını arttırdığı söylenebilir. Yumurta akı numunelerinin (kontrol ve enzimle muamele gruplarının) reolojik özelliklerinin elastik modül ile açıklamak mümkün olmuştur. Nyemb ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada yumurta akı sıcaklık taraması sonuçlarına göre

yumurda aklarını elastik modül ile açıklanabileceğini söylemişlerdir ve bu veriler bizim bulgularımızla paralellik göstermektedir.

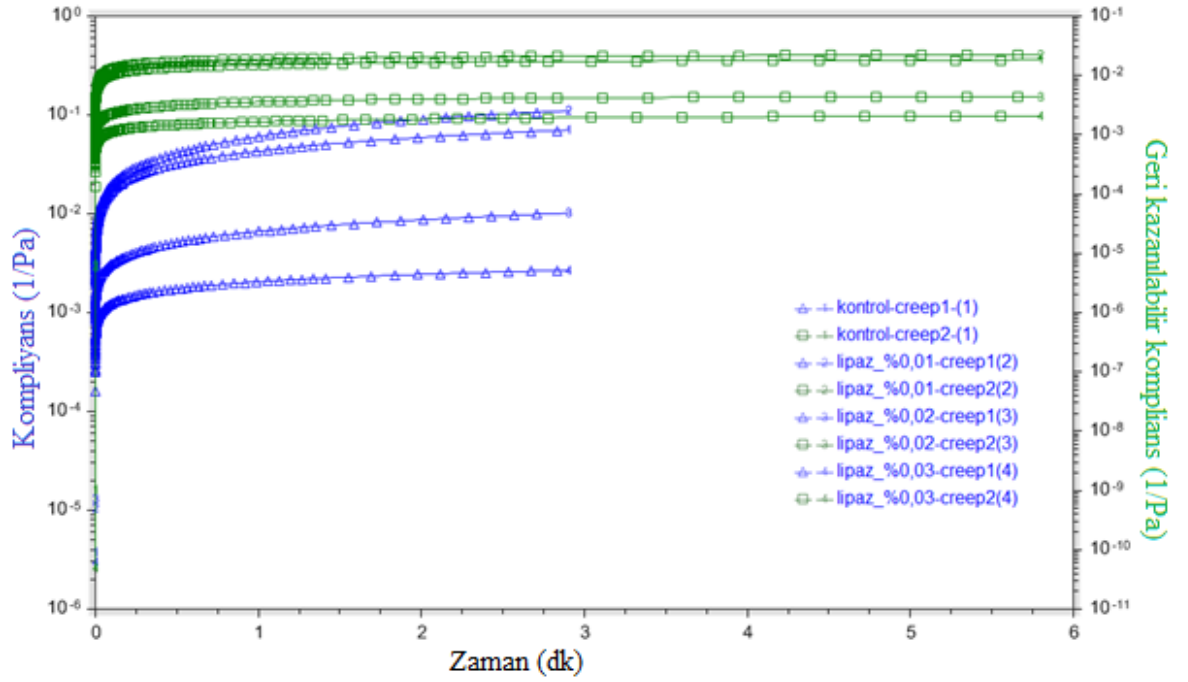


Şekil 4.8. Kontrol ve lipaz enzimi ile muamele edilen sıvı yumurta akı numunelerinin sıcaklık tarama eğrileri

4.4.5. Beze Hamuru Creep Test Sonuçları

Lipaz enzim muamele edilerek üretilen beze hamuru numunelerinin creep test eğrileri Şekil 4.8’de verilmiştir. Bezenin karakteristikleri, yapı oluşturma sürecine (köpük oluşumu) ve yapı bozulma işlemine (köpük drenajı) dayanan mikro yapısı ile ilgilidir. Bu işlemler, şeker ve diğer bileşenlerin ilave edildiği yumurta akı protein köpürme kapasitesi ve köpük stabilitesi ile düzenlenir (O'Charoen ve ark., 2014). Ayrıca Mizu ve Nagao (2010) tarafından yapılan çalışmada artan çırpma süresi ile vizkozitenin arttığı belirlenmiştir.

Sıvı yumurta akının pudra şekeri ile birlikte çırpılması sonucu elde edilen beze hamurunda (beyaz yoğun köpük) sünme ve gerilme-gevşeme davranışının (strain sweep) belirlenmesi amacıyla beze hamur numunelerinin testi gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda beze hamur numunelerinde viskoelastik malzeme davranışı ile tutarlı bir yapı gözlenmiştir. Analiz ile beze köpüğünün sünme ve gerilme gevşeme davranışı incelenmiş ve viskoelastik malzeme davranışı sergilediği görülmüştür.



Şekil 4.9. Sıvı yumurta akı-normal ve lipaz enzimi ile modifiye edilen sıvı yumurta akından üretilen beze hamuru numunelerinin creep test eğrileri

Testte uygulanan çok küçük bir sabit kayma gerilmesinin etkisi altında beze hamurunun yapısı toparlanma ve bağların yeniden düzenlenmesiyle viskoelastik yapının etkisi görülmüştür. Beze ürününün creep test eğrileri literatür verileri ile örtüşmektedir (Mizu ve Nagao, 2010; O'Charoen ve ark., 2014; Stevenson ve ark., 2007).

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yumurta gerek doğrudan tüketimde ve gerekse endüstride vazgeçilmez bir gıda ürünüdür. Endüstride; kullanımında kolaylıklar sağlamasından dolayı sıvı yumurta tercih edilmekle beraber, işleme esnasında özellikle köpürme kapasitesinde azalma olarak tabir edebileceğimiz bir takım fonksiyonel eksiklikler oluşmaktadır. Günümüzde bu kayıpların geri kazanılmasında bazı iyileştirme yöntemleri geliştirilmektedir. Bu amaçla enzim kullanımının araştırılıp geliştirilmesi ise son yıllarda önem kazanmıştır. Lipaz enziminin gıda endüstrisinde kullanımının yaygınlaşması ve yumurtada uygulanabilecek uygun dozların bulunabilmesi için daha fazla çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Lipaz enzim uygulamasının özellikle %0,03 konsantrasyon uygulama grubunda yumurta akında pH'yı 5,94 değerlerine kadar düşürdüğü görülmüştür. Enzim uygulamasının yumurta akı kuru madde değerlerine istatistiki olarak önemli bir etkisi olmazken, L* değerleri yani parlaklığın azaldığı, a* değerlerinin arttığı ve b* değerlerinin azaldığı kaydedilmiştir. Enzim uygulaması ile %0,03 konsantrasyonda depolama sonucunda L* ve b* değerlerinde bir stabilizasyon sağlanabilmiştir. Sıvı yumurta aklarının ambalaj içi gaz konsantrasyonlarına bakıldığında beklendiği gibi O₂ değerleri depolama ile azalırken CO₂ değerlerinin arttığı gözlemlenmiş ancak özellikle %0,03 enzim konsantrasyonunda O₂ değerlerinin azalışı ve CO₂ değerlerinin artışı daha sınırlı kalmıştır ve böylece kısmi bir stabilizasyon sağlandığı söylenebilir. Köpük kapasitesi değerlerinde ürün kalitesini olumlu yönde etkileyen gelişmeler gözlemlenmiştir. Bu açıdan çalışma sonucuna göre en uygun enzim uygulama düzeyinin %0,03 konsantrasyonunun olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Köpük stabilite değerlerinde az da olsa bir iyileşme gözlemlenmişse de uygulama grupları arasında dalgalanmalar olduğu kaydedilmiştir. Çalışmada beze hamur yoğunluğu, enzim uygulama konsantrasyonları arttıkça azalmış ve tüm çalışma içerisinde başarı kriteri olan beze hamur yoğunluğu en düşük değeri yine %0,03 enzim konsantrasyonda tespit edilmiştir. Enzimle modifiye edilmiş ve edilememiş yumurta akları ile üretilen bezelerde yapılan renk analizleri sonucuna göre parlaklık değerlerinde bir artış gözlemlenmiş, a* değerlerinde dalgalanmalar olmakla birlikte özellikle %0,03 enzim konsantrasyon uygulamasında bir artış kaydedilmiştir. Çalışmada b* değerinin ise artan enzim konsantrasyonuyla azaldığı tespit edilmiştir. Kontrol ve uygulama gruplarının tamamında L*, a* ve b* değerlerinde depolama ile istatistiki olarak önemli bir fark gözlemlenmemiştir. Üretilen bezelerin su aktivitesi değerlerine bakıldığında uygulama

gruplarında enzim konsantrasyonu arttıkça su aktivitesi değerlerinin azaldığı ve %0,03 enzim konsantrasyonu uygulamasında kontrol seviyelerine düşüş sağlandığı görülmüştür. Enzim konsantrasyonu arttıkça beze hamur yoğunluğu düşmekte ve bu yapıya daha fazla havanın katıldığını göstermektedir. Böylece beze hamur yoğunluğu azaldıkça beze su aktivitesi değerleri azalma eğilimi göstermiştir. Üretilen bezelerde duyusal analiz yapılmış ve panelistler genellikle kontrol numunesinin görünüş, koku, tekstür ve lezzet değerlendirmesinde düşük puanlar vermişlerdir. En yüksek değerlerin ise %0,01 ve özellikle de %0,02 enzim uygulama konsantrasyonunda kaydedildiği belirlenmiştir. Sıvı yumurta akı kayma hızı tarama sonuçlarına göre artan kayma hızı ile tüm konsantrasyonlarda viskozite değerleri beklendiği gibi azalmıştır. Böylece yumurta aklarının Herschel-Bulkley modeli ile uyum sağladığı tespit edilmiştir. Sıvı yumurta akı frekans tarama sonuçlarında analiz boyunca depo modülünün kayıp modüle oranla daha dominant olduğu gözlemlenmiş böylece sıvı yumurta akı numunelerinin daha çok elastik yapıda özellik sergiledikleri söylenebilmiştir. Sıvı yumurta akı sıcaklık tarama sonuçlarında enzimle muamele edilen tüm gruplarda jelleşme sıcaklığının 65 °C civarında olduğu gözükmekteyken, bu sıcaklık kontrol grubunda daha düşük olup 60 °C civarında kalmıştır. Böylece enzim uygulamasının yumurta akının jelleşme sıcaklığını arttırdığı söylenebilir. Beze hamurunda yapılan creep test sonuçlarına göre numunelerin viskoelastik malzeme davranışı ile tutarlı bir yapı sergilediği görülmüştür. Üretilen bezelerin tekstür analizleri yapıldığında görülen dalgalanmaların kontrol numunesinin basık yapısı, uygulama gruplarının ise sahip olduğu sivri tepe noktasından ve bezelerin gözenekli yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla birlikte en yüksek sertlik değerlerine kontrol grubunda ulaşılmıştır.

Sonuç olarak ticari lipaz enziminin sıvı yumurta akı ve beze kalitesini geliştirme üzerine kullanılabilirliği ortaya konulmuştur. Deneysel çalışma ile elde edilen enzim modifiye sıvı yumurta akı ve bundan üretilen beze ürününün piyasada karşılığı olabileceği saptanmıştır.

KAYNAKLAR

- Abousalham A., Verger R. (2000). Zymogram of pancreatic lipases. *Anal Biochem* 281:234-236.
- Ahmed J., Ptaszek P., Basu S. (2017). Food Rheology: Scientific Development and Importance to Food Industry. in *Advances in Food Rheology and Its Applications* Elsevier Ltd. 1-4.
- Ahmed J., Ramaswamy H. S., Alli I., Ngadi M. (2003). Effect of high pressure on rheological characteristics of liquid egg. *LWT - Food Science and Technology* 36:517-524.
- Ahmed J., Ramaswamy H. S., Alli I., Raghavan V. G. S. (2007). Protein Denaturation, Rheology, and Gelation Characteristics of Radio-Frequency Heated Egg White Dispersions. *International Journal of Food Properties* 10:145-161.
- Akay G., Ertani E. (2015). Gıda Endüstrisinde Nişasta Analizlerine Yönelik Anton Paar Çözümleri. *Dünya Gıda*
- Algan Ö. (2007). *Pastörize Sıvı Yumurtaların Mikrobiyolojik Özellikleri Üzerine Bir Araştırma*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi, Türkiye.
- Alleoni A. C. C. (2006). Albumen Protein and Functional Properties of Gelation and Foaming. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)* 63:291-298.
- Altalhi A. S. (2013). *Egg White Foam*. M.Sc. Dissertation (Yüksek Lisans Tezi). Massey University, Auckland, New Zealand.
- Anonim (2011). Yumurta ve Ürünleri. Milli Eğitim Bakanlığı Ankara
- Anonim 2014. Türk Gıda Kodeksi Yumurta Tebliği in Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Resmi Gazete 29211 Ankara.
- Anonim (2015). Lipomod™ 34P - L034P. Limited., B. Wales, UK.
- Anonim (2018). Yumurta Tavukçuluğu Verileri. Yumurta Üreticileri Merkez Birliği Ankara
- Asomaning J., Curtis J. M. (2017). Enzymatic Modification of Egg Lecithin to Improve Properties. *Food Chem* 220:385-392.

- Belitz H.-D., Grosch W., Schieberle P. (2009). Eggs. in Food Chemistry. Belitz, H.-D., Grosch, W., and Schieberle, P. eds. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, USA. 546-561.
- Brown M. L., Holbrook D. M., Hoerning E. F., Legendre, M. G., Angelo, A. J. S. (1986). Volatile Indicators of Deterioration in Liquid Egg Products. *Poult Sci* 65:1925-1933.
- Buxmann W., Bindrich U., Strijowski U., Heinz V., Knorr D., Franke K. (2010). Influencing Emulsifying Properties of Egg Yolk by Enzymatic Modification with Phospholipase D. Part 2: Structural Changes of Egg Yolk due to Incubation. *Colloids Surf B Biointerfaces* 76:192-198.
- Caner C., Yüceer M. (2015a). Efficacy of Various Protein-Based Coating on Enhancing the Shelf Life of Fresh Eggs during Storage. *Poult Sci* 94:1665-1677.
- Caner C., Yüceer M. (2015b). Maintaining Functional Properties of Shell Eggs by Ultrasound Treatment. *J Sci Food Agric* 95:2880-2891.
- Cervenka L., Brozkova I., Vytrasova J. (2006). Effects of the Principal Ingredients of Biscuits upon Water Activity. *Journal of Food and Nutrition Research* 45:39-43.
- Chang C., Li X., Li J., Niu F., Zhang M., Zhou B., Su Y., Yang Y. (2017). Effect of enzymatic hydrolysis on characteristics and synergistic efficiency of pectin on emulsifying properties of egg white protein. *Food Hydrocolloids* 65:87-95.
- Chauhan V. S., Sharma A. (2003). Studies on Organoleptic Properties of Food Products from Fresh Egg and Egg Powder through Principal Component Analysis. *Nahrung/Food* 47:102-105.
- Chen Y., Sheng L., Gouda M., Ma M. (2019). Studies on foaming and physicochemical properties of egg white during cold storage. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 582:123916.
- Chen Z., Li J., Tu Y., Zhao Y., Luo X., Wang J., Wang M. (2015). Changes in Gel Characteristics of Egg White under Strong Alkali Treatment. *Food Hydrocolloids* 45:1-8.
- Claire B. t., Smith J. P., Khoury W. E., Cayouette B., Ngadi M., Blanchfield B., Austin J. W. (2004). Challenge Studies with *Listeria monocytogenes* and Proteolytic

- Clostridium botulinum* in Hard-Boiled Eggs Packaged under Modified Atmospheres. *Food Microbiol* 21:131-141.
- Çelebi N. (2009). Reoloji. in Modern farmasötik TeknolojiTEB Eczacılık Akademisi. 391-405.
- Daimer K., Kulozik U. (2009). Oil-in-water emulsion properties of egg yolk: Effect of enzymatic modification by phospholipase A2. *Food Hydrocolloids* 23:1366-1373.
- Day L., Golding M. (2016). Food Structure, Rheology, and Texture. in Encyclopedia of Food Chemistry. Melton, L., Shahidi, F., and Varelis, P. eds. Academic Press, Oxford. 125-129.
- Dickinson E. (2010). Food Emulsions and Foams: Stabilization by Particles. *Current Opinion in Colloid & Interface Science* 15:40-49.
- Doğruer Y., Telli N., Telli A. E., Kahraman H. A., Güner A. (2015). Pastörize Sıvı Yumurta ile Kabuklu Yumurtanın bazı Kalite Özellikleri Bakımından Kıyaslanması. *Eurasian J Vet Sci.* 31:177-183.
- Durmuş I., Demirtaş-Erdoğan Ş., Can M., Kalebaşı S. (2007). Ankara İlinde Yumurta Tüketim Alışkanlığının Belirlenmesi. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi* 7:42-45.
- Exckert E., Zambrowicz A., Pokora M., Dabrowska A., Zszoltysik M., Chrzanowska J., Trziszka T. (2013). Application of Microbial Proteases to Obtain Egg Yolk Protein Hydrolysates with Antioxidant and Antimicrobial Activity. *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*:105-118.
- Fadıloğlu S., Erkmen O. (2004). Gıda Sanayiinde enzimlerin Önemi. *Gıda* 29:393-400.
- Froning G. W., Hartung T. E. (1968). Quality Control of Eggs and Egg Products. University of Nebraska, Collage of Agriculture and Home Economics
- Gomes M. T. M. S., Pelegriane D. H. G. (2012). Solubility of Egg White Proteins: Effect of pH and Temperature. *International Journal of Food Engineering* 8
- Grunden L. P., Vadehra D. V., Baker R. C. (1974). Effects of Proteolytic Enzymes on the Functionality of Chicken Egg Albumen. *J Food Sci* 39:841-843.
- Guadarrama-Lezama A. Y., Carrillo-Navas H., Pérez-Alonso C., Vernon-Carter E. J.,

- Alvarez-Ramirez J. (2016). Thermal and Rheological Properties of Sponge Cake Batters and Texture and Microstructural Characteristics of Sponge Cake made with Native Corn Starch in Partial or Total Replacement of Wheat Flour. *LWT - Food Science and Technology* 70:46-54.
- Gülen A. (2010). *Yoğurtlu Dondurma Üretimi ve Reolojik Özellikleri*. Yüksek Lisans Tezi. Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Türkiye.
- Hammershøj M., Larsen L., Andersen A., Qvist K. (2002). Storage of Shell Eggs Influences the Albumen Gelling Properties. *LWT - Food Sci. and Techn.* 35:62-69.
- Hoppe A. (2010). *Examination of egg white proteins and effects of high pressure on select physical and functional properties*. MSc Dissertation (Yüksek Lisans Tezi). University of Nebraska, Lincoln, NE, USA.
- Howard Z. R., O'Bryan C. A., Crandall P. G., Ricke S. C. (2012). Salmonella Enteritidis in Shell Eggs: Current Issues and Prospects for Control. *Food Research International* 45:755-764.
- Hui Y. H. (2006). *Bakery Products Science and Technology*. Blackwell Publishing,
- Huopalahti R., López-Fandiño R., Anton M., Schade R. (2007). *Bioactive Egg Compounds*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg,
- İbanoğlu E., Alben E. (2007). Protein-Hidrokolloid Sistemlerinde Fonksiyonel ve Reolojik Özellikler. TÜBİTAK Gaziantep
- Janssen H. J. L. (1971). Methods of Determination of the Quality of Chicken Egg White. *Voedingsm Technology* 2:11-13.
- Jin Y.-G., Huang D. A. N., Ding T., Ma M.-H., Oh D.-H. (2013). Effect of Phospholipase A1 on the Physicochemical and Functional Properties of Hen's Egg Yolk, Plasma and Granules. *Journal of Food Biochemistry* 37:70-79.
- Kantekin Erdoğan M. N. (2014). *Kısmi Gliseritlerin Mayonezin Emülsiyon Stabilitesi ve Reolojisi Üzerine Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi, Türkiye.
- Karoui R., Ketelaere B. D., Kemps B., Bamelis F., Mertens K., Baerdemaeker J. D. (2009). Eggs and Egg Products. in *Infrared Spectroscopy for Food Quality Analysis and Control*. Sun, D. ed. Elsevier Inc., USA.

- Kasapis S., Bannikova A. (2017). Rheology and Food Microstructure. *Advances in Food Rheology and Its Applications*:7-46.
- Keogh K., Murray C., Kelly J., O'Kennedy B. (2004). Effect of The Particle Size of Spray-Dried Milk Powder on some Properties of Chocolate. *Le Lait* 84:375-384.
- Kim M.-R., Shim J.-Y., Park K.-H., Imm B.-Y., Oh S. (2009). Optimization of the Enzymatic Modification of Egg Yolk by Phospholipase A2 to Improve its Functionality for Mayonnaise Production. *LWT - Food Sci. and Techn.* 42:250-255.
- Kobayashi T., Kato I., Ohmiya K., Shimizu S. (1980). Recovery of Foam Stability of Yolk-contaminated Egg White by Immobilized Lipase. *Agricultural Biological Chemistry* 44:413-418.
- Kor-Ulukut A. G. (2010). *Çezerlik Mısır Hamurunda Nohut Unu, Yerfıstığı Unu ve Kırmızıbiber Tohum Unu Eklenmesi Sonucu Isıl ve Reolojik Özelliklerinde Meydana Gelen Değişimin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye.
- Kovacs-Nolan J., Phillips M., Mine Y. (2005). Advances in the Value of Eggs and Egg Components for Human Health. *J Agric Food Chem* 53:8421-8431.
- Kulchaiyawat C. (2015). *Modification of Egg Albumen to Improve Thermal Stability*. Ph.D. Dissertation (Doktora Tezi). Iowa State University, Ames, Iowa.
- Kumru A. (2013). *Elektroüretimle Nanolif Eldesine Etki Eden Faktörlerin ve Jelatin-Pektin İçeren Nanoliflerin Model Gıdaların Reolojik Özelliklerine Etkilerinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye.
- Kuropatwa M., Tolkach A., Kulozik U. (2009). Impact of pH on the interactions between whey and egg white proteins as assessed by the foamability of their mixtures. *Food Hydrocol.* 23:2174-2181.
- Lau C. K., Dickinson E. (2005). Instability and Structural Change in An Aerated System Containing Egg Albumen and Invert Sugar. *Food Hydrocolloids* 19:111-121.
- Lechevalier V., Perinel E., Jeantet R., Lesaffre C., Croguennec T., Guerin-Dubiard C., Nau F. (2005). Statistical analysis of effects of industrial processing steps on functional properties of pasteurised liquid egg white. *J Sci Food Agric* 85:757-769.

- Ledesma-Hernandez B., Hsieh C.-C. (2013). *Bioactive food peptides in health and disease*. InTech (interchopen.com), Croatia,
- Lee M. H., Cho E. J., Choi E. S., Sohn S. H. (2016). The Effect of Storage Period and Temperature on Egg Quality in Commercial Eggs. *Korean Journal of Poultry Science* 43:31-38.
- Lesnierowski G., Konieczny P., Kijowski J. 2005. An Approach to Apply Surface Hydrophobicity Changes as An Indicator of Lysozyme Modification. Pages 207-213 in XIth European Symposium in the Quality of Eggs and Egg Products, Doorwerth, The Netherlands.
- Licciardello F., Frisullo P., Laverse J., Muratore G., Del Nobile M. A. (2012). Effect of Sugar, Citric Acid and Egg White type on the Microstructural and Mechanical Properties of Meringues. *Journal of Food Engineering* 108:453-462.
- Lindon G., Lorient D. (1999). Egg Products. in *New Ingredients in Food Processing Biochemistry and Agriculture* Woodhead Publishing Limited, Abington. 121-138.
- Liu M., Yao L., Wang T., Li J., Yu C. (2014). Rapid Determination of Egg Yolk Contamination in Egg White by VIS Spectroscopy. *Journal of Food Engineering* 124:117-121.
- Liu X. D., Han R. X., Yun H., Jung K. C., Jin D. I., Lee B. D., Min T. S., Jo C. (2009). Effect of Irradiation on Foaming Properties of Egg White Proteins. *Poult. Sci.* 88:2435-2441.
- Llave Y., Fukuda S., Fukuoka M., Shibata-Ishiwatari N., Sakai N. (2018). Analysis of color changes in chicken egg yolks and whites based on degree of thermal protein denaturation during ohmic heating and water bath treatment. *Journal of Food Engineering* 222:151-161.
- Lomakina K., Mikova K. (2006). A study of the factors affecting the foaming properties of egg white – a review. *Czech Journal of Food Sciences* 24:110-118.
- Macherey L. N. (2007). *Using Lipase to Improve the Functional Properties of Yolk-Contaminated Egg Whites*. MSc Dissertation (Yüksek Lisans Tezi). Virginia Polytechnic Institute and State University, Blackburg, Virigina, USA.

- Macherey L. N., Conforti F. D., Eigel III, W., O'Keefe, S. F. (2011). Use of *Mucor miehei* Lipase to Improve Functional Properties of Yolk-Contaminated Egg Whites. *J Food Sci* 76:C651-C655.
- Marcet I., Collado S., Paredes B., Díaz M. (2016). Rheological and Textural Properties in a Bakery product as a Function of the Proportions of the Egg Yolk Fractions: Discussion and Modelling. *Food Hydrocolloids* 54:119-129.
- Matringe E., Tan Luu R. P., Lorient D. (1999). Functional Properties of Milk-Egg Mixtures. *J Food Sci* 64:787-791.
- Min B. R., Nam K. C., Lee E. J., Ko G. Y., Trampel D. W., Ahn D. U. (2005). Effect of irradiating shell eggs on quality attributes and functional properties of yolk and white. *Poult Sci* 84:1791-1796.
- Mine Y. (1995). Recent Advances in the Understanding of Egg White Protein Functionality. *Trends in Food Sci. & Techn.* 6:225-232.
- Mine Y., Zhang H. (2013). Egg Components in Food Systems. in *Biochemistry of Foods*, 3rd Edition. Eskin, N. A., and Shahidi, F. eds. Academic Press, USA. 215-241.
- Mizu T., Nagao K. (2010). Thermal Conduction in Egg Albumen Foam (Meringue) during Heating. *Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology-Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi* 57:20-25.
- Munday E. W., L., Deno K. (2017). Angel Food Cake Application Research Comparing the Functionality of Eggs to Egg Replacers in Mayonnaise Formulations, . American egg Board CuliNex, LLC, Seattle, USA
- Nielsen H. (2000). Application of Chemical Methods to the Determination of Egg Yolk Contamination in Commercial Productions of Egg White Compared to Enzymatic Determination. *LWT - Food Science and Technology* 33:151-154.
- Nyemb K., Guérin-Dubiard C., Pézenec S., Jardin J., Briard-Bion V., Cauty C., Rutherford, S. M., Dupont, D., Nau, F. (2016). The structural properties of egg white gels impact the extent of in vitro protein digestion and the nature of peptides generated. *Food Hydrocolloids* 54:315-327.
- O'Charoen S., Hayakawa S., Matsumoto Y., Ogawa M. (2014). Effect of D-Psicose Used

- as Sucrose Replacer on the Characteristics of Meringue. *J Food Sci* 79:E2463-E2469.
- Özgen Ö. (2010). *Biberiye (Rosmarinus Officinalis) ve Üzüm Çekirdeği (Vitis Vinifera)'nın Çikolatanın Kristalizasyonuna, Reolojik Özelliklerine, Raf Ömrüne ve Antioksidan Aktivitesine Etkileri*. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Patrignani F., Vannini L., Sado Kamdem S. L., Hernando I., Marco-Molés R., Guerzoni M. E., Lanciotti R. (2013). High pressure homogenization vs heat treatment: Safety and functional properties of liquid whole egg. *Food Microbiol* 36:63-69.
- Pokora M., Eckert E., Zambrowicz A., Bobak L., Szoltysik M., Dabrowska A., Chrzanowska, J., Polanowski, A., Trziszka, T. (2013). Biological and functional properties of proteolytic enzyme-modified egg protein by-products. *Food Sci Nutr* 1:184-195.
- Radvanyi D., Juhasz R., Nemeth C., Suhajda Balla, C., Barta J. (2012). Evaluation of the Stability of Whipped Egg White. *Czech J. Food Sci.* 30:412-420.
- Ragni L., Berardinelli A., Cevol, C., Sirri F. (2011). Admittance Measurements to Assess the Total Solids and Fat Contents in Liquid Whole Egg Products. *J. of Food Eng.* 107:179-185.
- Regenstein J. M., Grunden L. P., Baker R. C. (1978). Proteolytic Enzymes and The Functionality of Chicken Egg Albumen. *J Food Sci* 43:279-280.
- Rodríguez-García J., Sahi S. S., Hernando I. (2014). Functionality of lipase and emulsifiers in low-fat cakes with inulin. *LWT - Food Science and Technology* 58:173-182.
- Ruth C., Veldea J. V., Mathuesa W., Liedekerkeb P. V., Moldenaersa P. 2013. A rheological characterisation of liquid egg albumen. Pages 1-6 in InsideFood Symposium, Leuven, Belgium.
- Sadahira M. S., Rodrigues M. I., Akhtar M., Murray B. S., Netto F. M. (2018). Influence of pH on foaming and rheological properties of aerated high sugar system with egg white protein and hydroxypropylmethylcellulose. *Lwt-Food Science and Technology* 89:350-357.
- Sarıbay M. U., Köseoğlu T. (2012). Işınlamanın Yumurta Beyazının Köpük oluşturma

- Özelligi Üzerine Etkisi. *Gıda* 37:273-278.
- SAS (2003). SAS User Guide Version 9.1.3. Statistical Analysis Systems Institute. Cary, NC, USA.
- Sharma R., Chisti Y., Banerjee U. C. (2001). Production, purification, characterization, and applications of lipases. *Biotechnol Adv* 19:627-662.
- Sheng L., Huang M., Wang J., Xu Q., Hammad H. H. M., Ma M. (2018). A study of Storage Impact on Ovalbumin Structure of Chicken Egg. *Journal of Food Engineering* 219:1-7.
- Skočilas J., Žitný R., Štancl J., Dostál M., Landfeld A., Houška M. (2016). Rheological Properties of Collagen Matter Predicted Using an Extrusion Rheometer. *Journal of Texture Studies* 47:514-522.
- Smith C. F. 1958. Shell Egg Deterioration- Diffusion of Yolk Lipids into Albumen as the Natural Cause of Failures in Performance. Pages 181-192 in IAPI, Chicago, Illinois.
- Souza P. M., Fernandez A. (2012). Consumer acceptance of UV-C treated liquid egg products and preparations with UV-C treated eggs. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 14:107-114.
- Souza P. M., Fernández A. (2011). Effects of UV-C on Physicochemical Quality Attributes and Salmonella enteritidis Inactivation in Liquid Egg Products. *Food Control* 22:1385-1392.
- Souza P. M., Fernández A. (2013). Rheological properties and protein quality of UV-C processed liquid egg products. *Food Hydrocolloids* 31:127-134.
- Spencer J. E. (2006). *Examining the Time-Dependent Changes in the Bubble Structure of Whole Egg and Egg White Foams and Batters Using Small Strain Shear Oscillatory Rheology, Large Strain Shear Flow Rheology and Image Analysis Techniques*. MSc Dissertation (Yüksek Lisans Tezi). University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba, Canada.
- Spencer J. E., Scanlon M. G., Page J. H. (2008). Drainage and Coarsening Effects on the Time-Dependent Rheology of Whole Egg and Egg White Foams and Batters. in Bubbles in Food 2. Campbell, G. M., Scanlon, M. G., and Pyle, D. L. eds. AACC

International Press. 117-129.

Stantiall S. E., Dale K. J., Calizo F. S., Serventi L. (2018). Application of Pulses Cooking Water as Functional Ingredients: The Foaming and Gelling Abilities. *European Food Research and Technology* 244:97-104.

Stevenson P., Mantle M. D., Hicks J. M. (2007). NMRI Studies of the Free Drainage of Egg White and Meringue Mixture Froths. *Food Hydrocolloids* 21:221-229.

Süren F. (2010). *Haşhaş Tohumu Ezmesi ve Üzüm Pekmezi Karışımlarının Reolojik Özellikleri*. Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi, Türkiye.

Torrico D. D., No H. K., Prinyawiwatkul W., Janes M., Corredor J. A., Osorio L. F. (2011). Mineral oil-chitosan emulsion coatings affect quality and shelf-life of coated eggs during refrigerated and room temperature storage. *J Food Sci* 76:S262-268.

Vaclavik V. A., Christian E. W. (2003). Egg and Egg Products. in *Essentials of Food Science*, Second. Ed. Vaclavik, V. A., and Christian, E. W. eds. Kluwar Academic / Plenum Publishers. 187-213.

Yao L., Zhaou W., Wang T., Liu M., Yu C. (2014). Quantification of Egg Yolk Contamination in Egg White Using UV/Vis Spectroscopy - Prediction Model Development and Analysis. *Food Control* 43:88-97.

Yavuz H. K. (2016). *Pastörize Sıvı Yumurta Akında Kullanılan Bazı Kimyasal Katkı Maddelerinin in vitro Çalışmalarda Yumurta Akı Köpük Performansı Üzerine Etkileri*. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Türkiye.

Yüceer M. (2007). *Kolesterolü Azaltılmış Yumurta Sarısı Üretimi ve Düşük Kolesterolü Mayonez Üretiminde Kullanımı*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye.

Yüceer M. (2013). *Yumurtanın Aktif Ambalajlama ve Yeni Muhafaza Yöntemleri ile Raf Ömrünün Arttırılması*. Doktora Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye.

Yüceer M. (2018). Sıvı Yumurtada Ultrases Tekniği Kullanımının Ürünün Bazı Fiziksel ve Fonksiyonel Özellikleri Üzerindeki Etkisi. *Gıda* 43:1019-1029.

Yüceer M. (2019). *Yumurta ve Yumurta Ürünleri İşleme Teknolojisi ve Uygulamaları*

Sidas Medya Ltd.Şti.,

- Yüceer M., Aday M. S., Caner C. (2016). Ozone treatment of shell eggs to preserve functional quality and enhance shelf life during storage. *J Sci Food Agric* 96:2755-2763.
- Yüceer M., Caner C. (2014). Antimicrobial Lysozyme-Chitosan Coatings Affect Functional Properties and Shelf Life of Chicken Eggs during Storage. *J Sci Food Agric* 94:153-162.
- Yüceer M., Caner C. (2019). Endüstriyel Yumurta Ürünlerinin Helal Gıda Açısından Üretim Şartlarının İncelenmesi ve Değerlendirilmesi. *Journal of Halal Life Style* 1:23-34.
- Yüceer M., Temizkan R., Aldemir H., Caner C. 2015a. Enzim Modifiye Sıvı Yumurta Akının Reolojik Karakterizasyonu - Enzyme Modified Liquid Egg White Rheological Characterization in 6. Ulusal Veteriner Gıda Hijyeni kongresi. Sancak, P. D. Y. C. ed. (Sözlü Sunum), Van.
- Yüceer M., Temizkan R., Caner C. (2012). Fonksiyonel Gıda Olarak Yumurta: Bileşenleri ve Fonksiyonel Özellikleri. *Akademik Gıda* 10:70-76.
- Yüceer M., Temizkan R., Caner C. 2015b. Evaluation of color changes in various edible coated eggs during storage in XVI. European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products, Nantes, France.
- Zhong Q., Daubert C. R. (2013). Food Rheology. in Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery Engineering (Second Edition). Kutz, M. ed. Academic Press, San Diego. 403-426.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Hatice AŞIK

Doğum Yeri : Çanakkale

Doğum Tarihi : 11/09/1990

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Manisa Celal Bayar Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü (2012)

Lisans Öğrenimi : Anadolu Üniversitesi İşletme (2016)

Yüksek Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gıda Mühendisliği
Anabilim Dalı (2019)

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Yayınlar -SCI -Diğer

b) Bildiriler -Uluslararası -Ulusal

1. **Aşık H.**, Yüceer M., Caner C. 2019. Rheological Behaviors of Modified Liquid Egg Albumen with Lipase Enzyme. XVIII European Symposium on The Quality of Eggs and Egg Products. 23-26/06/2019. (sözlü sunum), Çeşme-İzmir, ss: 75-78.
2. **Aşık H.**, Yüceer M., Caner C. 2019. Effects of Lipase Enzyme on Physico-Functional Quality of Liquid Egg White. 4th International Anatolian Agriculture Food, Environment, and Biology Conference (TAGID 2019). 20-22/04/2019. (poster bildirisi) Afyonkarahisar, ss:1043-1044.
3. Yuceer M., Caner C., **Aldemir H.**, Temizkan R. 2015. Fosfolipaz Enziminin Sıvı Yumurta Akı Fonksiyonel Kalitesine Etkisi. 9. Gıda Mühendisliği Kongresi, 12-14.11.2015 (poster bildirisi), İzmir
4. Yuceer M., Temizkan R., **Aldemir H.**, Caner C. 2015. Enzim Modifiye Sıvı Yumurta Akının Reolojik Karakterizasyonu. 6. Ulusal Veteriner Gıda Hijyeni Kongresi (sözlü sunum) 7-11/10/2015, Van

5. Yuceer M., Temizkan R., **Aldemir H.**, Caner C. 2015. Atımlı Işıık (Pulsed Light) Uygulamasının Gıdalarda Kullanımı. 6. Ulusal Veteriner Gıda Hijyeni Kongresi (poster bildirii) 7-11/10/2015, Van
6. Yuceer M., Temizkan R., **Aldemir H.**, Caner C. 2015. Gıda İşlemede Isısıl Olmayan Yeni Teknikler. 6. Ulusal Veteriner Gıda Hijyeni Kongresi (poster bildirii) 7-11/10/2015, Van

c) Katıldığı Projeler

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl : SOFRA Yemek Üretim ve Hizmet A.Ş - Sorumlu Yönetici (4 ay / 2013)

Sosyal Güvenlik Kurumu – İcra Memuru (3 yıl / 2016-devam ediyor)

İLETİŞİM

E-posta Adresi : haticeldmr@gmail.com