

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**DÜŞÜK KOLESTEROL VE YAĞ İÇERİKLİ MAYONEZ ÜRETİMİNDE  
AVOKADO PÜRESİNİN KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

**Feride KOMAÇ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ**

**ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**EYLÜL 2018**

**ANTALYA**

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**DÜŞÜK KOLESTEROL VE YAĞ İÇERİKLİ MAYONEZ ÜRETİMİNDE  
AVOKADO PÜRESİNİN KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

**Feride KOMAÇ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ**

**ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**EYLÜL 2018**

**ANTALYA**

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

**DÜŞÜK KOLESTEROL VE YAĞ İÇERİKLİ MAYONEZ ÜRETİMİNDE  
AVOKADO PÜRESİNİN KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

**Feride KOMAÇ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**EYLÜL 2018**

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

**DÜŞÜK KOLESTEROL VE YAĞ İÇERİKLİ MAYONEZ ÜRETİMİNDE**  
**AVOKADO PÜRESİNİN KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

**Feride KOMAÇ**  
**GIDA MÜHENDİSLİĞİ**  
**ANABİLİM DALI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Bu tez 12/09/2018 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet TORUN (Danışman)

Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR

Dr. Öğr. Üyesi Hakan ERİNÇ

## ÖZET

# DÜŞÜK KOLESTEROL VE YAĞ İÇERİKLİ MAYONEZ ÜRETİMİNDE AVOKADO PÜRESİNİN KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Feride KOMAÇ

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet TORUN

Eylül 2018; 79 sayfa

Bu çalışmada mayonezde kullanılan yumurta sarısının yerine avokado püresinde bulunan fosfolipitlerin emülsifiye edici ve diyet lifinin kıvam arttırıcı fonksiyonlarından yararlanarak kolestrolü ve yağı azaltılmış mayonez üretimi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda geleneksel tam yağlı mayonezde kullanılan bileşenler göz önünde bulundurularak mayonez formülasyonunda bulunan yağ ve yumurta sarısı ile formülasyona yumurta sarısı yerine ilave edilmek istenen avokado püresi bağımsız değişkenler olarak seçilmiştir. D-optimal karışım desenine göre 17 farklı desen oluşturulmuş ve yağ miktarı, kolesterol miktarı, parçacık boyutu değeri (D[4,3] değeri), reolojik parametreler (viskozite ve kıvam indeksi) ve emülsiyon kararlılığına göre optimum formülasyon belirlenmiştir. Optimum formülasyonda üretilen ve geleneksel formülasyona göre üretilen mayonezler 3 farklı sıcaklıkta (4, 25 ve 35 °C) 45 gün süreyle depolanarak ürünün depolama stabilitesi belirlenmeye çalışılmıştır. Depolamanın 0., 5., 15., 30. ve 45. günlerinde mayonezlerde renk, emülsiyon kararlılığı, oksidasyon ürünleri (p-Anisidin, peroksit ve totox değerleri) ve  $\alpha$ -tokoferol miktarı analizleri yapılmıştır.

Çalışmanın optimizasyon sonuçlarına göre optimum formülasyon %45 yağ ve %40 avokado püresi içeren mayonez olarak belirlenmiştir. Optimum şartlarda avokado püresi kullanılarak üretilen mayonezde kolesterol tespit edilmezken, yağ miktarı %50.41, viskozite değeri 5.83 Pa.s, kıvam indeksi (K) değeri 70.52 Pa.s<sup>n</sup>, D[4,3] değeri 4.68  $\mu$ m ve emülsiyon kararlılığı %100 olarak belirlenmiştir.

Depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak kontrol örneklerinin L\* değerlerinin 77.52-78.08; a\* değerlerinin (-1.48)-(2.53) ve b\* değerlerinin ise 18.80-21.44 arasında değiştiği, avokado püresi kullanılarak üretilen örneklerin ise L\* değerlerinin 65.23-71.64; a\* değerlerinin (-4.26)-(-8.13) ve b\* değerlerinin ise 25.69-31.22 arasında değiştiği görülmüştür. Geleneksel formülasyona göre üretilen mayonezlerin emülsiyon kararlılığı değerleri %96.31-100 arasında, avokado püresi kullanılarak üretilen mayonez örneklerinin ise %75.23-100 arasında belirlenmiş olup, avokado püresi kullanılarak üretilen mayonezlerin kararlılıklarının yüksek sıcaklıklarda zamanla azaldığı görülmüştür. Geleneksel mayonezlerin toplam oksidasyon (totox) değerlerinin 3.40-24.15 arasında, avokado püresi kullanılarak üretilen mayonezlerin ise 8.71-27.32 arasında değiştiği, toplam oksidasyon değerlerinin depolama sıcaklığı ve süresi ile birlikte arttığı, bu artışın geleneksel mayonezde daha da hızlı ve fazla olduğu belirlenmiştir. Depolama başlangıcında kontrol örneklerinin  $\alpha$ -tokoferol içeriği 132.65 mg/kg olarak belirlenirken, avokado püresi kullanılarak üretilen mayonezlerin bu değeri 79.73 mg/kg olarak belirlenmiştir.

Avokado püresi kullanılarak üretilen mayonez duyusal analiz sonucunda test edilen tüm özellikler için 7 (İyi) ve üzerinde puan almıştır. Genel beğeni açısından geleneksel mayonez 7.17 (İyi) puan alırken, avokado püresi kullanılarak üretilen mayonez ise 8.50 (Çok iyi) puan almıştır.

Tez sonuçları avokado püresi kullanılarak kolestrolsüz ve yağı azaltılmış mayonez üretilebileceğini, ancak ürünün yüksek sıcaklıklardaki kararlılığını arttırmak için formülasyona emülsifiye edici maddelerin de ilave edilmesi gerektiğini göstermiştir.

**ANAHTAR KELİMELER:** Avokado, Emülsiyon, Fosfolipit, Kolesterol, Mayonez, Oksidasyon ürünleri,  $\alpha$ -tokoferol

**JÜRİ:** Dr. Öğr. Üyesi Mehmet TORUN

Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR

Dr. Öğr. Üyesi Hakan ERİNÇ

## ABSTRACT

### INVESTIGATION OF THE USE OF AVOCADO PUREE TO PRODUCE LOW CHOLESTEROL AND FAT CONTAINING MAYONNAISE

Feride KOMAÇ

MSc. Thesis in Food Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Mehmet TORUN

September 2018; 79 pages

In this study, it was aimed to produce cholesterol and low fat mayonnaise by using emulsifying functions of phospholipids and thickening functions of dietary fiber in avocado puree instead of egg yolk. For this purpose, considering the formulation of traditional full-fat mayonnaise, amount of sunflower oil, egg yolk and avocado puree were chosen as independent variables. According to D-Optimal mixture design, 17 different designs were formed and optimum formulation was determined according to response variables of amount of fat, amount of cholesterol, particle size value (D[4,3] value), rheological parameters (viscosity and consistency index values) and emulsion stability. Mayonnaise samples produced according to optimum and traditional formulation were stored at 3 different temperatures (4, 25 and 35 °C) for 45 days to determine the storage stability of the products. Color, emulsion stability, oxidation products (p-Anisidine, peroxide ve totox values) and amount of  $\alpha$ -tocopherol analyses were performed at 0<sup>th</sup>, 5<sup>th</sup>, 15<sup>th</sup>, 30<sup>th</sup> and 45<sup>th</sup> days of storage.

According to the optimization results of the study, the optimum formulation was 45% fat and 40% avocado puree. While the cholesterol was not determined in mayonnaise produced under optimum conditions, the amount of fat was 50.41%, the viscosity value was 5.83 Pa.s, the (consistency index value)  $K$  value was 70.52 Pa.s<sup>n</sup>, D[4,3] value was 4.68  $\mu$ m and the emulsion stability was 100%.

According to storage temperature and time, the  $L^*$  values of the control samples were between 77.52-78.08;  $a^*$  values were (-1.48) - (2.53) and  $b^*$  values were 18.80-21.44, the  $L^*$  values of the samples produced using avocado puree were between 65.23-71.64;  $a^*$  values were (-4.26)-(- 8.13) and  $b^*$  values were 25.69-31.22. It has been determined that the  $L^*$  and  $b^*$  values of mayonnaise produced using avocado puree increased with storage time, especially at high temperatures, while there is no significant change in color values of traditional mayonnaise. The emulsion stability values of traditional mayonnaise changed between 96.31-100% and mayonnaise produced using avocado puree were 75.23-100%. The stability of mayonnaise produced using avocado puree decreased over time at high storage temperatures. It was observed that the total oxidation values (totox) values of traditional mayonnaise ranged from 3.40 to 24.15, while that mayonnaise produced using avocado puree varied from 8.71 to 27.32. It has been determined that the totox values of mayonnaise samples increased with storage temperature and time. The increase has been determined faster and higher in the traditional mayonnaise. At the beginning of storage, the  $\alpha$ -tocopherol content of

control samples was determined as 132.65 mg/kg, while the value of mayonnaise produced using avocado puree was 79.73 mg/kg.

According to sensory analysis results, mayonnaise produced using avocado puree scored 7 (Good) for all of tested sensory attributes. While traditional mayonnaise had a score of 7.17 (Good) in terms of overall acceptance, mayonnaise produced using avocado puree was 8.50 (very good).

This master thesis results showed that cholesterol free and reduced fat mayonnaise can be produced using avocado puree, but emulsifying agents should added to formulation for improvig and thermal stability of the product.

**KEYWORDS:** Avocado, Cholesterol, Emulsion, Mayonnaise, Oxidation products, Phospholipid,  $\alpha$ -tocopherol

**COMMITTEE:** Asst. Prof. Dr. Mehmet TORUN

Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR

Asst. Prof. Dr. Hakan ERİNÇ



## ÖNSÖZ

Mayonez hemen hemen bütün ülkelerde salatalar ve sandviçler başta olmak üzere birçok gıdada kullanılan emülsiyon tipi bir gıda ürünüdür. Mayonezin üretiminde kolesterol içeriği oldukça yüksek olan yumurta sarısı kullanılması gerekliliği sağlıklı beslenme açısından tüketimini sınırlandırmaktadır. Ayrıca diyetlerinde hayvansal kaynaklı gıdalar tüketmeyen insanlar (veganlar) da mayonez ve mayonez içerikli ürünlerden uzak durmaktadır. Tez kapsamında mayonez üretiminde yumurta sarısı yerine avokado püresinin kullanım olanaklarının araştırılarak, kolesterolsüz ve yağı azaltılmış mayonez üretimi amaçlanmıştır.

Tez sonuçları yumurta sarısı kullanılmaksızın avokado püresi ile mayonez üretilebileceğini göstermiştir. Tez sonuçlarının konu ile ilgili araştırmacılara ve sektöre faydalı olmasını dilerim.

Bu çalışmayı tez konum olarak öneren, yüksek lisans öğrenimim sırasında ve tez çalışmalarım boyunca gösterdiği her türlü destek, anlayış ve yardımından dolayı çok değerli hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mehmet TORUN'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım sırasında çocuğum için kreş desteği sağlanmasında yardımcı olan başta rektörümüz Sayın Rektörümüz Prof. Dr. Mustafa ÜNAL olmak üzere, Dekanımız Sayın Prof. Dr. Ayhan TOPUZ'a ve Bölüm Başkanımız Sayın Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Çalışmalarım sırasında bana yardımlarını esirgemeyen çalışma arkadaşlarım Gıda Yüksek Mühendisi Handan BAŞÜNAL'a, Gıda Yüksek Mühendisi Ferhan BALCI TORUN'a, Gıda Yüksek Mühendisi Emrah EROĞLU'na ve Gıda Mühendisi Melis ÖZGÜNER KABAK'a teşekkür ederim.

Ürünlerin kolesterol analizlerindeki desteklerinden dolayı başta kimyager Taner ERKAYMAZ olmak üzere Akdeniz Üniversitesi Gıda Güvenliği ve Tarımsal Araştırmalar Merkez müdürü sayın Prof. Dr. Mehmet İNAN'a ve müdür yardımcısı Dr. Öğr. Üyesi Cüneyt DİNÇER'e içten teşekkürlerimi sunarım.

Yanımda olup maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen, bu çalışmanın başından sonuna kadar her anlamda bana yardımcı olan sevgili eşim Yasin KOMAÇ ve oğlum Çınar KOMAÇ'a yürekten teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ.....	v
AKADEMİK BEYAN.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	2
2.1. Avokado.....	2
2.2. Mayonez.....	7
2.3. Emülsiyon.....	10
2.3.1. Emülsiyon özellikleri.....	11
2.3.2. Emülsiyon tipleri.....	12
2.3.3. Emülsiyonların kararlılığı.....	13
2.4. Yumurta ve kolesterol.....	16
3. MATERYAL VE METOT.....	22
3.1. Materyal.....	22
3.2. Metot.....	22
3.2.1. Geleneksel mayonez ve avokadolu mayonez üretimi.....	22
3.2.2. Depolama.....	24
3.3. Yapılan Analizler.....	24
3.3.1. Fosfolipit miktarı.....	24
3.3.2. Emülsiyon kararlılığı.....	25
3.3.3. Emülsiyonların parçacık boyutu.....	25
3.3.4. Reolojik analizler.....	25
3.3.5. Toplam yağ miktarı.....	25
3.3.6. Kolesterol tayini.....	26
3.3.7. Renk.....	27
3.3.8. Mikroskop ile mikroyapı görüntü analizi.....	27
3.3.9. Oksidasyon testleri.....	27
3.3.9.1. Peroksit değeri.....	27

3.3.9.2. p-Anisidin değeri.....	28
3.3.10. α-tokoferol tayini.....	28
3.3.11. Duyusal analiz.....	30
3.3.12. İstatistiksel analiz.....	31
4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR.....	32
4.1. Avokado Püresi Kullanılarak Optimum Mayonez Formülasyonunun Belirlenmesi .....	32
4.2. Karışım Desenine göre Üretilen Mayonezlerin Yağ Miktarları.....	35
4.3. Karışım Desenine göre Üretilen Mayonezlerin Kolesterol Miktarları.....	36
4.4. Karışım Desenine göre Üretilen Mayonezlerin Reolojik Özellikleri.....	38
4.5. Karışım Desenine göre Üretilen Mayonezlerin Partikül Boyutu (D[4,3] değeri) .....	40
4.6. Karışım Desenine göre Üretilen Mayonezlerin Emülsiyon Kararlılığı.....	42
4.7. Karışım Desenine göre Üretilen Mayonezlerin Mikroskop Görüntüleri .....	44
4.8. Ürün Formülasyonunun Optimizasyonu .....	49
4.9. Depolama Koşullarının Mayonezin Bazı Özellikleri Üzerine Etkisi.....	50
4.9.1. Depolama koşullarına göre mayonezlerin L*, a* ve b* renk değerlerinin değişimi .....	50
4.9.2. Depolama koşullarına göre mayonezlerin emülsiyon kararlılığının değişimi .....	55
4.9.3. Depolama koşullarına göre mayonezlerde oksidasyon ürünleri oluşumu .....	58
4.9.4. Depolama koşullarına göre mayonezlerin α-tokoferol miktarının değişimi .....	63
4.9.5. Duyusal analiz.....	67
5. SONUÇ.....	70
6. KAYNAKLAR.....	72

## ÖZGEÇMİŞ

## AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum  
“DÜŞÜK KOLESTEROL VE YAĞ İÇERİKLİ MAYONEZ ÜRETİMİNDE  
AVOKADO PÜRESİNİN KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI” adlı  
bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu  
tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

12/09/2018

Feride KOMAÇ

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

$\alpha$  : alfa

$\beta$  : beta

$\mu$  : mikro

### Kısaltmalar

BHT : Butilen Hidroksi Toluen

FAO : Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization)

FDA : Amerikan İlaç Dairesi

g : Gram

HDL : Yüksek Yoğunluklu Lipoprotein

KO : Kareler Ortalaması

LDL : Düşük Yoğunluklu Lipoprotein

mg : Miligram

PA : Para Anisidin

PC : Fosfotidilkolin

PD : Peroksit Değeri

PI : Fosfotidilinozitol

PL : Fosfolipit

SD : Serbestlik Derecesi

TO : Toplam Oksidasyon

TSE : Türk Standartları Enstitüsü

TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Lesitinin genel formülü.....	6
Şekil 2.2. Su içinde yağ (y/s), yağ içinde su (s/y) emülsiyonlarının yapısı .....	12
Şekil 2.3. Su içerisinde yağ, yağ içerisinde su emülsiyonu; b) Yağ içerisinde su, su içerisinde yağ emülsiyonu; Çok fazlı emülsiyonların yapısı.....	13
Şekil 2.4. Emülsiyonlarda kremleşme .....	14
Şekil 2.5. Emülsiyonlarda flokülasyon .....	14
Şekil 2.6. Emülsiyonlarda koalesans .....	15
Şekil 2.7. Emülsiyonlarda Ostwald olgunlaşması.....	15
Şekil 2.8. Emülsiyonlarda inversiyon (faz değişimi).....	16
Şekil 2.9. Kolesterolün yapısı .....	17
Şekil 2.10. Yumurta sarısında bulunan fosfolipitlerin yapısı .....	18
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan Hass çeşidi avokado örnekleri .....	22
Şekil 3.2. Laboratuvar şartlarında mayonez üretimi .....	24
Şekil 3.3. Fosfor standart kurvesi .....	25
Şekil 3.4. Örneklerin $\alpha$ -tokoferol miktarlarının hesaplanmasında kullanılan standart eğri.....	29
Şekil 3.5. $\alpha$ -tokoferol çalışmalarına ait kromatogramlar (a: 10 ppm konsantrasyondaki standart $\alpha$ -tokoferol, b: örnek, c: örnek+ $\alpha$ -tokoferol).....	29
Şekil 3.6. Duyusal panelde kullanılan örnekler ve panelden bir görüntü .....	31
Şekil 4.1. Örneklerin yağ miktarının formülasyondaki yağ, yumurta sarısı ve avokado püresi oranlarına göre değişimi .....	36
Şekil 4.2. Örneklerin kolesterol miktarının formülasyondaki yağ, yumurta sarısı ve avokado püresi oranlarına göre değişimi.....	37
Şekil 4.3. Örneklerin viskozite değerlerinin formülasyondaki yağ, yumurta sarısı ve avokado püresi oranlarına göre değişimi.....	39
Şekil 4.4. Örneklerin $K$ değerlerinin formülasyondaki yağ, yumurta sarısı ve avokado püresi oranlarına göre değişimi .....	39
Şekil 4.5. Örneklerin $D[4,3]$ değerlerinin formülasyondaki yağ, yumurta sarısı ve avokado püresi oranlarına göre değişimi .....	42
Şekil 4.6. Örneklerin emülsiyon kararlılığının formülasyondaki yağ, yumurta sarısı ve avokado püresi oranlarına göre değişimi .....	44
Şekil 4.7. Örneklerin mikroskopik görüntüleri .....	46
Şekil 4.8. Karışım desenine göre farklı formülasyonlarda üretilen örneklerin fotoğrafları.....	48
Şekil 4.9. Depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak mayonezlerin $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ renk değerlerinin değişimi .....	53

<b>Şekil 4.10.</b> Depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak mayonezlerin emülsiyon kararlılığı değerlerinin değişimi .....	57
<b>Şekil 4.11.</b> Depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak mayonezlerin peroksit, p-anisidin ve totox değerlerinin değişimi .....	60
<b>Şekil 4.12.</b> Depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak mayonezlerin $\alpha$ -tokoferol miktarı değişimi .....	65
<b>Şekil 4.13.</b> Mayonezlerin duyuşal analiz sonuçları .....	67

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Bazı ülkelerde 2011-2016 yılları arasında avokado üretim miktarı .....	2
Çizelge 2.2. 2011-2016 yılları arasında Türkiye’de avokado üretimi .....	2
Çizelge 2.3. Hass çeşidi avokadonun 100 g meyve etinde bulunan maddelerin miktarı .....	3
Çizelge 2.4. Avokadoda bulunan lipit fraksiyonları (g/100g) .....	7
Çizelge 2.5. Avokadoda bulunan fosfolipit çeşitleri ve miktarı (g/100 g yağ).....	7
Çizelge 2.6. Bazı mayonez formülasyonları .....	10
Çizelge 2.7. Yumurta fosfolipitlerinin tipik kompozisyonu .....	18
Çizelge 3.1. Mayonez üretiminde optimum oranların belirlenmesinde kullanılan karışım deseni.....	23
Çizelge 3.2. Örneklerin kolesterol analizinde uygulanan HPLC (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografi) koşulları .....	26
Çizelge 3.3. Örneklerin $\alpha$ -tokoferol analizinde uygulanan HPLC (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografi) koşulları .....	28
Çizelge 3.4. Duyusal analiz formu.....	30
Çizelge 4.1. Karışım desenine göre analiz edilen cevaplar için seçilen modeller ve istatistiksel analiz sonuçları.....	32
Çizelge 4.2. İstatistiksel açıdan herhangi bir modelle ifade edilen parametrelerin model katsayıları .....	33
Çizelge 4.3. Karışım desenine göre elde edilen mayonezlerin toplam yağ miktarı, kolesterol miktarı, viskozite, $K$ , $D[4,3]$ ve emülsiyon stabilitesi değerlerine ait sonuçlar .....	34
Çizelge 4.4. Örneklerin yağ miktarı sonuçları .....	35
Çizelge 4.5. Örneklerin kolesterol miktarı sonuçları .....	36
Çizelge 4.6. Örneklerin viskozite ve kıvam indeksi ( $K$ ) değerleri.....	38
Çizelge 4.7. Örneklerin $D[4,3]$ değerleri ( $\mu\text{m}$ ) .....	41
Çizelge 4.8. Örneklerin emülsiyon kararlılığı sonuçları .....	43
Çizelge 4.9. Karışım desenine göre optimum şartları sağlayan formülasyonlar ve istenirlik değerleri .....	49
Çizelge 4.10. Optimum formülasyon kullanılarak elde edilen modeller üzerinden hesaplanan cevaplar ile optimum formülasyon ile üretilen örneklerin özellikleri.....	50
Çizelge 4.11. Depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak mayonezlerin $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ renk değerlerinin değişimi .....	51
Çizelge 4.12. Mayonezlerin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları .....	54



<b>Çizelge 4.13.</b> Mayonezlerin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak $L^*$ , $a^*$ ve $b^*$ renk değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları .....	55
<b>Çizelge 4.14.</b> Depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak mayonezlerin emülsiyon kararlılığı değerlerinin değişimi .....	56
<b>Çizelge 4.15.</b> Mayonezlerin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak emülsiyon kararlılığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	57
<b>Çizelge 4.16.</b> Mayonezlerin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak emülsiyon kararlılığı değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları .....	58
<b>Çizelge 4.17.</b> Depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak mayonezlerin peroksit, p-Anisidin ve totox değerlerinin değişimi .....	59
<b>Çizelge 4.18.</b> Mayonezlerin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak peroksit, p-anisidin ve totox değerlerine ait varyans analiz sonuçları .....	62
<b>Çizelge 4.19.</b> Mayonezlerin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak peroksit, p-anisidin ve totox değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları .....	63
<b>Çizelge 4.20.</b> Depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak mayonezlerin $\alpha$ -tokoferol miktarının (mg/kg) değişimi.....	64
<b>Çizelge 4.21.</b> Mayonezlerin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak $\alpha$ -tokoferol miktarlarına ait varyans analiz sonuçları .....	66
<b>Çizelge 4.22.</b> Mayonezlerin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak $\alpha$ -tokoferol miktarı ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları .....	66
<b>Çizelge 4.23.</b> Mayonezlerin duyuusal analiz sonuçları .....	68
<b>Çizelge 4.24.</b> Mayonezlerin duyuusal analiz sonuçlarının ortalamalarına ait varyans analiz sonuçları.....	69

## 1. GİRİŞ

*Lauraceae* familyasına ait her daim yeşil kalabilen çok yıllık bir bitki olan avokado yüksek yağ içeriğine ve fonksiyonel bileşenlere sahip olmasının yanında fosfolipitler gibi emülsifiye edici ve diyet lifi gibi kıvam arttırıcı bileşenler yönünden de zengin bir meyvedir. Dünyada tropik ve subtropik iklime sahip pekçok ülkede yetiştiriciliği olan avokado ülkemizde de iklim özellikleri nedeniyle Antalya, Mersin, Hatay ve Muğla illerimizde yetiştirilmektedir. Ülkemiz insanları tarafından avokadonun tanınması ile birlikte tüketiminin artmasına bağlı olarak üretim alanları ve miktarı da hızla artmaktadır. Yetiştiriciliğine elverişli bölgedeki üreticimiz için alternatif ve önemli zirai ürünlerden biri olan avokadonun farklı ürünlere işlenmesi ile birlikte üretim alanlarının da arttırılacağı ve üretici için önemli ürünlerden biri haline geleceği açıktır. Avokado gıda olarak tüketilmesinin yanında biyoaktif özellikleri nedeniyle eczacılık ve kozmetik sektöründe de kullanılan bir meyvedir. Dünyada farklı ülkelerde avokado püresi, avokado içerikli sos, cips, tatlı, dondurma, peynir, yoğurt, çay, soğuk içecek vb. avokadolu gıdalar tüketiliyor olsa da avokado ülkemizde daha çok salata meyvesi olarak kullanılmaktadır. Ancak ülkemiz insanlarının damak tadı göz önüne alındığında avokado içerikli mayonezin de beğenilerek tüketilebileceği düşünülmektedir.

Soslar bütün dünya mutfaklarında yemeklerin lezzetini arttırmak için kullanılan gıdalar olup, ülkelerin yemek kültürlerine bağlı olarak farklı lezzetlere sahip birçok sos dünya mutfağına kazandırılmıştır. Bu soslardan en yaygın kullanılanlarından biri de Fransız mutfağı kaynaklı olduğu bildirilen mayonezdır. Sandviçler, salatalar ve makarnalar başta olmak üzere pek çok gıda ile birlikte severek tüketilen bir sos olan mayonez, yarı-katı formda yağ içinde su emülsiyonu bir ürün olup, temel olarak %70-80 oranında bitkisel sıvı yağ ile birlikte sirke, yumurta sarısı, kıvam arttırıcı, tuz ve şeker kullanılarak üretilmektedir.

Mayonez üretiminde emülsiyon kararlılığını sağlamada en büyük rolü yumurta sarısındaki bir fosfolipit olan lesitin üstlenmektedir. Ancak, ürüne özgü yapıyı kazandırmak ve depolama sırasındaki stabiliteyi sağlamak için kullanılan yumurta sarısında bulunan yüksek miktardaki kolesterol, bazı insanların mayonez tüketiminden kaçınmasına neden olmaktadır. Ayrıca diyetlerinde hayvansal kaynaklı gıdalar tüketmeyen insanlar (veganlar) da mayonez ve mayonez içerikli ürünlerden uzak durmaktadır. Bu nedenle mayonez üretiminde kolestrolü uzaklaştırılmış yumurta yanında, yumurta sarısı yerine alternatif maddelerin kullanımı da önemli hale gelmiştir. Lesitin veya fosfolipitler, yağı ve kolesterolü azaltılmış sos ve mayonez ürünlerini kararlı hale getirmek için diğer emülsifiye ediciler ve hidrokolloidlerle birlikte kullanılabilirlerdir.

Avokadoda bulunan fosfolipitlerin de önemli bir kısmının lesitinden oluştuğu ve bunların emülsifiye edici özelliklerinin olduğu bilinmektedir. Ayrıca avokado içeriğindeki önemli miktardaki diyet lifi ile de katıldığı gıdalara kıvam kazandırabilme potansiyeline sahiptir. Nitekim bu bilgiler doğrultusunda bu tez kapsamında avokadoda bulunan fosfolipitlerden ve diyet lifi gibi kıvam arttırıcı bileşenlerden yararlanılarak mayonez üretiminde yumurta sarısının yerine avokado püresinin kullanım olanaklarının araştırılması ve kolesterolü ile yağı azaltılmış mayonez üretimi amaçlanmıştır. Ayrıca yumurta sarısı yerine kullanılacak olan avokado püresinde bulunan fenolik bileşenler ile son ürüne fonksiyonel bir özellik kazandırılması da hedeflenmiştir.

## 2. KAYNAK TARAMASI

### 2.1. Avokado

Avokado (*Persea americana* Mill.) *Lauraceae* familyasına ait her daim yeşil kalabilen çok yıllık bir bitkidir. Anavatanı Orta Amerika olup bugün ülkemiz dahil tropik ve subtropik pekçok ülkede yetiştirilmektedir (Bayram 2010). Üretimde ilk sıraları Meksika, Dominik Cumhuriyeti ve Peru gibi ülkeler almaktadır (Çizelge 2.1) (FAO 2013).

**Çizelge 2.1.** Bazı ülkelerde 2011-2016 yılları arasında avokado üretim miktarı (ton)

Ülke	Yıl					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Meksika	1.264.141	1.316.104	1.467.837	152.695	1.644.226	1.889.354
Dominik Cumhuriyeti	295.081	290.011	387.546	428.301	526.438	601.349
Peru	213.662	268.525	288.387	349.317	367.110	455.394
Endonezya	275.953	294.200	289.901	307.326	382.530	304.938
Brezilya	160.376	159.903	157.482	156.699	180.652	195.492
ABD	205.432	238.495	166.106	179.124	203.209	172.630
Şili	156.247	160.000	165.000	160.000	146.204	137.365
Guatemala	96.769	94.605	103.698	108.214	115.099	122.184
İspanya	83.426	76.337	69.400	77.401	86.636	88.011
Güney Afrika	75.765	91.603	83.718	107.176	86.189	86.468
Arjantin	3.872	4.100	4.128	3.891	3.932	3.951

Ülkemizde ise yıldan yıla artış gösteren avokadonun üretimi 2016 yılı verilerine göre 1.950 ton olup, en fazla üretim yetiştirilmesi bakımından iklim koşullarının daha uygun olduğu Antalya (1.463 ton), Mersin (299 ton), Muğla (68 ton) ve Hatay (20 ton) illerinde gerçekleşmiştir (Çizelge 2.2) (TÜİK 2016).

**Çizelge 2.2.** 2011-2016 yılları arasında Türkiye’de avokado üretimi

Yıl	Dikilen Alan (hektar)	Üretim (Ton)
2011	155	1316
2012	183	1463
2013	194	1599
2014	447	1824
2015	473	1850
2016	488	1950

Meyveleri yuvarlak, oval veya armut şeklinde olabilen, alışlagelmiş meyvelerden çok farklı kimyasal bileşim ve lezzeti olan avokadonun dünya genelinde Reed, Rincon, Susan, Pincaton, Lula, Booth 8, Waldin, Ettinger, Nabal, Edran, Ryan, Fuerte, Bacon, Hass, Zutano, Mac Artur gibi pek çok çeşiti bulunmaktadır. Ülkemizde

bu çeşitlerden Fuerte, Bacon, Hass ve Zutano ticari öneme sahip olanlarıdır (Demirkol 1997). Dünya’da ve ülkemizde yukarıda da bahsedildiği üzere üretim alanları ve miktarının arttığı avokado meyvesinin çeşit, yetiştirildiği bölge, iklim koşulları, toprak yapısı ve hasat zamanı gibi pekçok faktöre göre fiziksel ve kimyasal özelliklerinde önemli farklılıklar görülebilmektedir. Özdemir vd. (2004) tarafından hasat zamanı ve hasat sonrası olgunluğa bağlı olarak bazı avokado çeşitlerinin özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada avokadoların ağırlıklarının 157.8-267.5 g ve meyve eti oranlarının % 76.5-86.3 arasında değiştiği belirlenmiştir. Aynı çalışmada avokadonun kuru madde içeriği %21.88-26.25, yağ miktarı 12.22-17.28, toplam asitliği sitrik asit cinsinden %0.08-0.11, protein miktarı %1.63-2.42 ve kül miktarı ise %0.94-1.27 arasında belirlenmiştir.

Yapılan başka bir çalışmada (Knight 2002) avokadonun besin bileşimine ait sonuçlar Çizelge 2.3’de verilmiştir.

**Çizelge 2.3.** Hass çeşidi avokadonun 100 g meyve etinde bulunan maddelerin miktarı

<b>Bileşim</b>	<b>Miktar</b>	<b>Bileşim</b>	<b>Miktar</b>
Enerji (kcal)	160.00	<b>Vitaminler</b>	
Su (g)	73.23	C vitamini (mg)	10.00
Protein (g)	2.00	Tiamin (mg)	0.07
Karbonhidrat (g)	8.53	Riboflavin (mg)	0.13
Kül (g)	1.58	Niasin (mg)	1.74
Toplam şeker (g)	0.66	Pantotenik asit (mg)	1.39
Toplam yağ(g)	14.66	B6 vitamini (mg)	0.26
Kolesterol (mg)	0	Toplam folat (µg)	81.00
Stigmasterol (mg)	2.00	Toplam kolin (mg)	14.20
Kampesterol (mg)	5.00	Betain (mg)	0.70
β-sitosterol (mg)	76.00	A vitamini (µg)	146.00
Toplam lif (g)	6.70	β-karoten (µg)	62.00
<b>Mineraller</b>		α-karoten (µg)	24.00
Kalsiyum (mg)	12.00	β-kriptoksantin (µg)	28.00
Demir (mg)	0.55	Lütein+zeoksantin (µg)	271.00
Magnezyum (mg)	29.00	E vitamini ( α tokoferol) (mg)	2.07
Fosfor (mg)	52.00	K vitamini (µg)	21.00
Potasyum (mg)	485.00	<b>Amino asitler</b>	
Sodyum (mg)	7.00	Lösin (g)	0.14
Çinko (mg)	0.64	Lisin (g)	0.13
Bakır (mg)	0.19	Valin (g)	0.11
Manganez (mg)	0.14	Alanin (g)	0.11
Selenyum (µg)	0.40	Aspartik asit (g)	0.24
Florür (µg)	7.00	Glutamik asit (g)	0.29
		Glisin (g)	0.10
		Serin (g)	0.11

Genel olarak avokado meyvesinin besin bileşimi incelendiğinde yağ içeriğinin ve protein miktarının yüksek olduğu görülmektedir. Meyvelerin protein içeriği genel olarak %1'in altında olmasına karşın avokado %2 civarında protein içermekte ve bu proteinler bazı esansiyel aminoasitler ihtiva etmektedir. Yağ içeriği açısından da diğer meyvelere kıyasla oldukça fazla miktarda yağ içeren avokadonun yağ bileşimi %87.5 trigliserit, %5.65 digliserit, %3.42 monogliserit, %1.71 fosfolipit ve %0.44 serbest yağ asitlerinden oluşmaktadır (Biale ve Young 1971; Gölükçü 2006). Avokado yağının yağ asidi içeriğinin %50'den fazlasını oleik asit oluşturmaktadır. Oleik asidi miktarca sırasıyla palmitik, linoleik ve palmitoleik asitler takip etmektedir. Avokado yağında bulunan doymamış yağ asitlerinin oranı %80'in üzerinde olup, bunun büyük bir bölümünü tekli doymamış yağ asitleri oluşturmaktadır (Özdemir ve Topuz 2004). Bununla birlikte meyvenin diyet lif içeriği de oldukça önemli görülmektedir. Ayrıca mineral madde içeriği bakımından da zengin olan avokado özellikle mangan, fosfor, demir ve potasyum açısından önemli bir meyvedir (Naveh vd. 2002). Avokado sağlık açısından da dikkat çekici olup, özellikle antioksidan özellikleri olduğu bilinen fenolik maddeler açısından da oldukça önemlidir. Gölükçü ve Özdemir (2004) tarafından farklı hasat zamanlarının avokadonun fenolik madde kompozisyonu üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada meyvede gallik asit, protocatechuic asit,  $\alpha$ -resorcylic asit, (-)-epicatechin,  $\gamma$ -resorcylic, caffeic asit ve rutin gibi önemli fenolik bileşenler belirlenmiştir.

Biyolojik olarak bir meyve olmasına karşın bileşim ve tüketim şekli olarak meyveden çok sebze benzeyen avokado esasen bir salata meyvesidir. Ancak dünyanın farklı bölgelerinde çorba, tatlı, likör, dondurma ve sos gibi ürünlere de işlenerek tüketici sofralarını zenginleştirmektedir. Avokado yetiştiriciliğinin yaygın olduğu ülkelerde meyve, rafine avokado yağı üretimi ve püre üretiminde de kullanılmaktadır. Avokado yağ içeriğinin yüksek olması ve aynı zamanda şeker içeriğinin çok düşük olmasından dolayı diyabetli hastalar için yüksek enerjili bir gıda olarak kullanılabilir. Ayrıca avokado, gıda olarak tüketilmesinin yanında, polialkol ve hidrokarbon içermesi nedeniyle eczacılık ve kozmetik endüstrisinde de kullanılmaktadır. Özellikle kozmetik endüstrisinde kullanımı sürekli artmaktadır. Avokado tüketimi ile cilt kırışması ve kemik kırılabilirliği azalmakta, düşük yağlı diyetten daha fazla serum kolesterol düşüşü sağlanmaktadır (Özdemir vd. 2004).

Bileşimi nedeniyle avokado sağlık üzerine olumlu etkileri açısından da oldukça dikkat çekmektedir. İçeriğindeki fenolik bileşenler meyveye antioksidan özellik kazandırmaktadır. Meyve, diğer meyvelerle kıyaslandığında kas aktivitesini düzenleyen ve vücudu kardiyovasküler hastalıklardan koruyan yüksek seviyede potasyum içermektedir (339 mg 100g<sup>-1</sup>). Ayrıca kanserojen bileşikler üzerinde etkili olan güçlü bir antioksidan olan glutatyonun potansiyel kaynağıdır. Önemli ana bileşenlere ek olarak, avokado özellikle lipit fraksiyonunda fitosteroller gibi önemli miktarda biyoaktif bileşik içermekte ve bunlardan  $\beta$ -sitosterol önemli bir yer tutmaktadır. Fitosterol açısından zengin diyetler, toplam kolesterol ve LDL (düşük yoğunluklu lipoprotein) kolesterolünün azalmasına neden olabilmektedir. Bir hafta boyunca günde bir kez avokado tüketen 45 gönüllü ile Meksika'da yapılan bir çalışmada kan kolesterol düzeylerinde %17'lik bir düşüş gözlenmiştir. Fitosterol, yapısı kolesterol ile çok benzer olan bitkisel bir maddedir. Fitosteroller, bağırsak kolesterol emiliminin inhibisyonunu ve hepatik kolesterol sentezini azaltarak vücutta etki etmektedir. HDL (yüksek

yoğunluklu lipoprotein) ve kan trigliseritlerini etkilemeden toplam plazma kolesterolü ve LDL (düşük yoğunluklu lipoprotein) üzerinde etki etmektedir. Kolesterolün azaltılmasının yararı, doymuş yağların doymamış yağlarla değiştirilmesinin, toplam kolesterol ve LDL düzeyinde azalmayı, HDL düzeylerinde bir artışı desteklemesinden kaynaklanmaktadır. Avokadolardaki  $\beta$ -sitosterol ayrıca bağışıklık üzerinde özel bir etkiye sahiptir ve kanser, HIV ve enfeksiyon hastalıklarının tedavisine katkıda bulunmaktadır. Bağışıklık sistemini güçlendirerek karsinogenezi ve HIV'i (İnsan İmmün Yetmezlik Virüsü) baskılamaktadır. Bu bileşik, istilacı mikroorganizmaları inaktive eden lenfosit proliferasyonunu ve doğal öldürücü hücre aktivitesini arttırmaktadır (Bouic vd. 1996). Yapılan çalışmalar,  $\beta$ -sitosterol aktivitesinin, karın bölgesinde kompulsif yeme tıkanıklığı ve yağ birikimini azaltarak kilo kaybına yardımcı olduğunu göstermiştir. Sterollerin ve stanollerin sağlık etkileri çeşitli çalışmalara konu olmuştur. Avokado ayrıca prostat kanserine, katarakt ve sarı nokta hastalığı gibi göz hastalıklarına karşı koruma sağlayan lutein adlı bir karotenoid içermektedir (Mendonça vd. 2016).

Bazı ülkeler tarafından üretilen düşük miktarlarda avokado yağı, ilaç ve kozmetik endüstrileri tarafından ham haliyle kullanılmaktadır. Avokado yağı, cilt tarafından kolayca emilmekte, bu da kozmetik endüstrisine kullanıldığı ürünler açısından büyük bir avantaj sağlamaktadır. Ek olarak, sabunların üretimi için ideal olan emülsiyonu kolayca oluşturmaktadır.

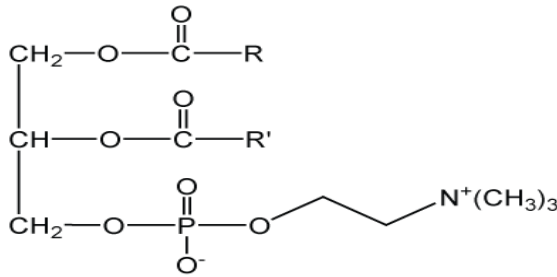
Avokado posasının yüksek lif içeriği, un, ekme ve makarna gibi unlu mamüllerde kullanılmakta ve böylece lif bakımından zengin çeşitli ürünler üretilmektedir. Avokado posasının işlenmiş ürünleri arasında macun ve püre bulunmaktadır. Ayrıca bütün tahıl krakerlerinde, sırasıyla, buğday unu ve tereyağının yerini kısmen avokado yağı almaktadır. Araştırmacılar, avokado posasından elde edilen unun, genel olarak, geleneksel un ve tam buğday unu ile benzer özelliklere sahip olduğunu bildirmişlerdir. Bu un ile hazırlanan bisküvilerin duyuşal özellikleri kabul edilebilir olmakla birlikte daha yüksek mineral ve lif seviyelerine sahip olduğu bildirilmiştir (Mendonça vd. 2016).

Fosfolipitler gıda endüstrisinde emülsifiye edici ajanlar olarak kullanılan önemli bileşenlerdir. Yumurta ve soya fasulyesi gibi ürünler önemli kaynaklarından görülse de avokado püresinin de fosfolipitler açısından zengin olduğu bildirilmektedir. Ayrıca yapılan çalışmada avokado püresinin fosfolipitlerinin önemli bir kısmının fosfatidilkolin (lesitin)'den oluştuğu ve avokado püresinden ekstrakte edilen bu maddelerin emülsiyon oluşturma özelliklerinin oldukça yüksek düzeyde olduğu bildirilmiştir (Züge vd 2017).

Lesitin ham yağ kaynağından elde edilen ve trigliseritler, yağ asitleri, kısmen hidrolize fosfolipitler ve karbonhidratlar gibi çeşitli diğer maddelerle kombinasyon halinde esas olarak fosfolipitleri [fosfatidilkolin (PC), fosfatidiletanolamin (PE), fosfatidilserin (PS), fosfatidilinositol (PI) ve fosfatidik asit (PA)] içeren kompleks karışımlardır (Şekil 2.1). Bireysel fosfolipitlerin içeriği, kaynağın niteliğine bağlı olarak değişebilmekte ve gıda, farmasötik ve kozmetik endüstrilerindeki lesitinlerin uygulanabilirliği için bir kriter haline gelmektedir.

Biyokimyada lesitin saf fosfatidilkolin adı verilen fosfolipit ile eşanlamlı olarak kullanılmaktadır. Lesitin kelimesi aslen Yunancada yumurta sarısı manasını taşıyan "lekithos" kelimesinden gelmektedir. Lesitin aslen bir fosfolipittir ve fosfolipit genel

olarak hücre yapı taşlarını oluşturan, koruyan ve sağlıklı kalmasını sağlayan maddedir. Birçok tohumda bitki tohumu lesitinleri kullanılmaktadır ve on yıllardır margarinlerde yumurta sarısından elde edilen lesitin kullanılmıştır. Günümüzde en yaygın ticari lesitin soya fasulyesi yağından elde edilmektedir. Asetonla çöktürülmüş soya fasulyesi fosfolipitlerinin bileşimi, yaklaşık %41 lesitin, %34 PE (fosfatidil etanolamin), %19 PI (fosfatidil inositol) ve %6 diğer fosfolipitlerden oluşmaktadır. Lesitin genel formülü aşağıdaki gibidir ( Şekil 2.1).



**Şekil 2.1.** Lesitin genel formülü

Lesitin ve diğer fosfolipitler bitki ve hayvan dokularında, yumurta ve sütte bulunmaktadır. Nitekim mayonez üretiminde de kararlı bir emülsifiye yapıyı kazandırmak için yumurta ve lesitin içeren ürünler kullanılmaktadır (Friberg 2004). Yumurta sarısı, emülsifiye kapasitesine katkıda bulunan lipoproteinler, lesitin ve diğer fosfatidleri içermektedir ve ABD’de yumurta sarısı, mayonezde izin verilen tek emülsifiye edici üründür (Langton vd. 1998 ).

Lesitin, çoklu doymamış bir fosfatidilkolin olarak, tüm biyolojik zarların fonksiyonel ve yapısal bir bileşenidir. Buna ek olarak, lesitin safra sekresyonunu arttırmakta, mesanede durgunluğu önlemekte ve sonuç olarak litojeniteyi azaltmaktadır. Bununla birlikte, yumurta lesitin bir bileşeni olarak, kolin, fosfolipitlerin sentezini, metil ve kolinerjik nörotransmisyonun metabolizmasını içeren çok sayıda önemli fizyolojik fonksiyona sahiptir ve beyin normal gelişimi için gerekli olan önemli bir bileşiktir (Miranda vd. 2015 ).

Fosfolipitler (PL), bir hidrofilik başlık (fosforil grubu) ve iki yağ asidinin hidrokarbon zincirleri tarafından yapılan hidrofobik bir kuyruk içeren amfilik moleküller olup, fizikokimyasal özellikleri nedeniyle, dispersiyon, emülsifikasyon, ve stabilizasyon için uygun maddelerdir (Erdoğan 2014). Dahası, suda, bazı fosfolipitler ve özellikle de fosfatidilkolin kendilerini lipozomlar gibi küresel yapılar oluşturabilen esnek çift katmanlar meydana getirmektedirler. Bu nedenle ya emülgatör ya da lipozom membran bileşenlerinin bir parçası olarak, fosfolipitler gıda, kozmetik ve farmasötik ürünlerinde yaygın kullanıma ek olarak, doğal olmalarından dolayı biyo-uyumlu ve biyobozunur bileşenler olarak kabul edilmektedirler (Szücs vd. 1996).

Lesitin, soya fasulyesi, yumurta sarısı, mısır, kanola, ayçiçeği ve buğday tohumu gibi çeşitli ürünlerden elde edilen doğal maddelerdir. Fosfolipitler, tüm lesitin formlarının fonksiyonel bileşenleridir. Yumurta sarısı lesitin yapısı trigliserit ve fosfolipitlerden oluşmaktadır. Lesitin veya fosfolipitler, yağı ve kolestrolü azaltılmış

soslar ve mayonez ürünlerini kararlı hale getirmek için diğer emülsifiye ediciler ve hidrokolloidlerle birlikte kullanılabilir (Ma ve Boye 2012).

Yukarıda da belirtildiği üzere avokado meyvesi de önemli bir fosfolipit kaynağıdır. Avokado meyvesinde bulunan lipit fraksiyonları ve fosfolipit kompozisyonu sırasıyla Çizelge 2.4 ve 2.5’de verilmiştir (Takenaga 2008).

**Çizelge 2.4.** Avokadoda bulunan lipit fraksiyonları (g/100g)

<b>Lipit fraksiyonu</b>	<b>Fuerte</b>	<b>Bacon</b>	<b>Hass</b>
Nötral Lipit	95.2	95.2	96.8
Glikolipit	3.2	2.7	2.5
Fosfolipit	1.6	0.7	2.1

**Çizelge 2.5.** Avokadoda bulunan fosfolipit çeşitleri ve miktarı (g/100 g yağ)

	<b>Fuerte</b>	<b>Bacon</b>	<b>Hass</b>
Fosfatidik Asit	10.4	9.3	11.4
Fosfatidiletanolamin	39.5	41.7	38.6
Fosfatidilgliserol	7.6	6.8	7.0
Fosfatidilkolin	35.9	36.9	34.8
Fosfotidilinozitol	1.0	0.8	1.1
Diğerleri	5.6	4.5	7.1

## 2.2. Mayonez

Emülsiyonlar gıda endüstrisinde oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Doğal emülsiyon mekanizmalarının bilimsel çalışmalar sonucunda anlaşılmasıyla birlikte gıda emülsiyonları hızla yaygınlaşmaya başlamıştır. Kek hamurları, dondurma, margarin ve sos gibi et ürünleri de gıda emülsiyonlarına örnek olarak verilebilmektedir. Üretimi ve tüketimi hızla artan bir başka gıda emülsiyonu da mayonezdır. Mayonezin tüketimindeki hızlı artışın en önemli sebeplerinden biri kuşkusuz ki sandviç ve hamburger gibi hızlı hazırlanıp tüketilen ve fast food adı verilen gıdaların tüketimindeki artış olmuştur (Harrison ve Cunningham 1983).

Mayonez bitkisel yağ, yumurta sarısı, asetik asit veya sitrik asitten oluşan yarı katı bir emülsiyon olarak tanımlanmaktadır (Harrison ve Cunningham 1983). Amerikan Gıda Dairesi (FDA) mayonezin bileşiminde en az %65 bitkisel sıvı yağ bulunması gerektiğini ve emülsifiye edici ajan olarak yumurtanın kullanılması gerektiğini bildirmiştir. Türk Standartları (TS 9777 ve 10914)’na göre mayonez bitkisel sıvı yağ, yumurta ve/veya yumurta ürünleri, asitliği düzenleyiciler, diğer katkı maddeleri ve çeşni maddelerinin bir veya birkaçı ve/veya gerektiğinde içme suyu ilavesi ile tekniğine uygun olarak hazırlanan emülsiyon halinde kıvamlı bir ürün olarak tanımlanmaktadır. Bitkisel sıvı yağ olarak zeytinyağı, pamuk yağı, mısırözü yağı, ayçiçeği yağı ve diğer yemeklik bitkisel yağlardan bir veya birkaçının karışımı; yumurta ve ürünleri olarak



yumurta ve bundan elde edilen yumurta sarısı, yumurta tozu, dondurulmuş yumurta ve yumurta salamurası; asitlendirici ve aroma verici olarak sirke, sitrik asit, limon suyu, laktik asit ve asetik asit; çeşni maddeleri olarak yemeklik tuz, şeker, invert şeker, glukoz, hardal, meyve, sebze ve baharat ekstraktları kullanılabilir. Bu standarda göre toplam yağ içeriği en az %75, yumurta sarısı içeriği en az %6 ve pH değeri ise en çok 4 olmalıdır (Koçak 2006).

Mayonez üretiminde kullanılan her bir bileşen gerek ürün yapısı gerekse duyu özellikleri üzerine farklı fonksiyonlara sahiptir. Yağlar gıda emülsiyonunun lezzet, görünüm, doku ve raf ömrüne katkıda bulunmaktadır. Yağlar aynı zamanda gıdaların ısı iletkenliğini de etkilemektedir. Böylece yağlar görsel, termal, tat, koku ve oral dokusal reseptörleri etkileyebilmektedir. Ancak yüksek oranda yağ tüketimi kardiyovasküler hastalıklara, hipertansiyona ve obeziteye sebep olduğundan tüketici yağı azaltılmış ürünler talep etmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar da gıdaların yağ içeriğini azaltma doğrultusunda olmuştur. Yağ, kullanım hacmine bağlı olarak mayonez üretiminin bileşenleri arasında en yüksek maliyete sahiptir. Yağ içeriğinin azaltılması maliyeti azaltırken, potansiyel yağ damlacıkları da azalmakta ve mayonez kalitesi etkilenmektedir. Ürünün büyük bir kısmını yağ oluşturduğundan yağın kalitesi ürünün lezzeti ve emülsiyonun stabilitesi açısından oldukça önemlidir. Mayonez üretiminde zeytinyağı, pamuk, soya fasulyesi, ayçiçeği, aspir ve mısır yağı kullanılabilir. Düşük sıcaklıklarda katılaştıran yüksek oranda doymuş yağlar (hurma yağı gibi) veya yerfıstığı ve benzer yağlar emülsiyonun düşük sıcaklıklarda kırılmasına neden olduğundan nadiren kullanılmaktadır (Depree ve Savage 2001). Doymamış yağlar, mayonezin lezzetini ve kalitesini etkileyecek şekilde oksitlenme eğilimindedir. Soya yağı doğal antioksidanlar, özellikle yağın oksidasyondan korunmasına yardımcı olan tokoferol açısından zengindir. Soya fasulyesi yağından daha fazla miktarda linolenik aside sahip olan mısır ve ayçiçeği yağları oksidasyona daha duyarlıdır. Mayonez üretimi için kullanılan yağlar oksidasyondan kaynaklanan hiçbir koku içermemelidir. Soya fasulyesi ve pamuk tohumu yağı düşük sıcaklıklarda kristaller oluşturmaktadır. Bu kristaller mayonez emülsiyonunu kırarak yağın diğer bileşenlerden ayrılmasına neden olmaktadır (Smith 2004; Erdoğan 2014).

Yumurta, ürün performansına ve lezzet kalitesine önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Düşük yumurta içeriği, emülsiyonun bozulmasına neden olabilmektedir. Yumurta miktarı ve türü (sarısı veya beyazı), emülsiyon viskozitesi ve kararlılığı üzerinde çeşitli etkilere sahiptir. Yumurta sarısı, emülsifiye kapasitesine katkıda bulunan lipovitellin, lipovitellinin ve liviten de dahil olmak üzere zengin bir lesitin, protein ve lipoprotein kaynağıdır (Depree ve Savage 2001). Yumurta sarısında bulunan bu emülsifiye edici bileşikler, yumurta sarısı ağırlığının yaklaşık %10'unu oluşturmaktadır. Asit ilavesiyle jelleşen yumurta akı içindeki protein, katı bir jel yapısı oluşturarak emülsiyonlaşmaya yardımcı olmaktadır. Mayonez formülasyonunda yumurta içeriği çok düşük olduğunda kararlı bir emülsiyon oluşamamaktadır. Mayonez üretimi için kullanılan yumurta taze, dondurulmuş veya kurutulmuş olabilmektedir (Depree ve Savage 2001). Bununla birlikte, yumurta sarısının işlenmesi yapısını bozabilmekte ve emülsifiye edici özelliğini azaltabilmektedir. Donmuş yumurta sarısı, 6 °C'de donmaya karşı geri dönüşümsüz şekilde jelleşmekte ve mayonez üretimi için kullanılamaz hale gelmektedir. Mekanik işleme (homojenizasyon gibi) veya enzim ilavesi (proteazlar ve fosfolipazlar gibi) yumurta sarısının jelleşmesini

engelleyebilmektedir. Formülasyona %10 tuz, %10 şeker veya yumurta beyazı ilavesi sadece kısmi jelleşmeye izin vererek bu engeli ortadan kaldırmaktadır. Tuz ya da şeker ilaveli dondurulmuş yumurta sarısının uzun süreli depolanması, kalite ve fonksiyonlarında değişikliklere neden olmaktadır. Çözülen yumurta koyu ve dağılıbilir özellikte ve ortaya çıkan mayonez katı ve kremi olmaktadır. Kurutulmuş yumurtalar, emülsiyonun sulu kısmında kolayca dağılmakta ve aynı katı madde içeriğinde dondurulmuş yumurtadan elde edilene göre daha katı bir ürün ortaya çıkmaktadır. Yumurta sarısının pastörizasyonu emülsifiye edici özellikleri etkilememektedir. Yumurta sarısı, 65 °C'nin altındaki sıcaklıklara dayanıklıdır, ancak bu noktadaki sıcaklıklarda, yumurta sarısının denatürasyonu başlamaktadır. Yumurta sarısı mayonez viskozitesi ve emülsiyon kararlılığı üzerindeki etkilere ek olarak, mayoneze renk katmaktadır. Ürünün sarı renginin ana kaynağı yumurta sarısından gelmektedir. Mayonezde başka hiçbir renklendirici malzeme katılmasına izin verilmemektedir. Yağ sarı renge katkıda bulunmamakta, ancak özellikle aspir ve zeytinyağı mayonezin yeşilimsi bir renge sahip olmasına neden olabilmektedir (Smith 2004; Erdoğan 2014).

Sirke, mayonez üretiminde kullanılan en yaygın asit kaynağıdır. Sirke, ağırlıkça %2.5'den az olmamalıdır. Sirke aroması ve daha sonraki mayonez aroması, etil alkol ve asetik aside dönüşen reaksiyonda ara ürün olarak üretilen diğer aroma bileşenleri ve etil asetat seviyelerine göre değişmektedir. Sirke yerine asit kaynağı olarak limon veya limon suyu kullanılabilir. Limon ya da limon suyu mayoneze lezzet katmakta ve sıklıkla gurme ürünler için kullanılmaktadır. Sirkenin koyu rengi mayoneze koyuluk kazandırmaktadır. Asit ilavesi, emülsiyonun pH'sını azaltarak yapıyı etkilemektedir. pH yumurta sarısı proteinlerinin izoelektrik noktasına yaklaştığında, proteinler üzerindeki yük en aza indirgenmekte ve damlacık yüzeyindeki proteinlerin yakın temasta olması sağlanmaktadır. Ortaya çıkan flokülasyon mayonezin viskoelastikliğini ve kararlılığını arttırmaktadır (Smith 2004).

Mayonez üretiminde kullanılan iki çeşit hardalın (beyaz ve kahverengi) lezzete katkısı bulunmakta ve emülsifikasyona yardımcı olmaktadır. Hardal ezmesi, kullanılan hardal tipine, formülasyondaki çeşitli bileşenlerin dengesine ve ürünün hazırlandığı sürece bağlı olarak bazı emülgatör özellikler göstermektedir. Yumurta sarısı ile birlikte eklendiğinde daha etkili olmaktadır. Hardal tohumundan elde edilen hardal yağı, ürünün rengine hardal unu ile aynı oranda katkıda bulunmamakta ve emülsifiye edici bir yardımcı madde olarak işlev görmemektedir. Hardalın lezzete katkısı da içerik seçimine göre değişmektedir. Kokusuz beyaz hardalın tadı acıdır, kahverengi hardal ise keskin bir kokuya sahiptir. Tipik olarak, iki hardal çeşidi istenen lezzet ve koku seviyelerini elde etmek için orantılı olarak karıştırılmaktadır. Kırmızı biber, tuz ve şeker gibi bileşenler ise mayoneze dengeli, pürüzsüz ve zengin bir tat vermektedir. Bu bileşenler ayrıca mayoneze bazı fiziksel kararlılıklar sağlamak ve mikroorganizmaların inhibisyonunu sağlamaktadır (Smith 2004).

Tuz, mayonez özelliklerini üç şekilde geliştirmektedir: (1) Yumurta sarısı granüllerini dağıtmaya yardımcı olduğu için, yumurta sarısı yüzey aktif maddeleri daha kullanılabilir hale getirmekte (2) proteinlerin yağ damlacık yüzeyine adsorpsiyonuna daha fazla izin veren ve damlacık kaplamasının mukavemetini arttıran proteinler üzerindeki yükleri nötralize etmekte (3) bitişik yağ damlacıkları, damlacık yüzeyindeki yükün nötralizasyonu nedeniyle daha güçlü bir şekilde etkileşmektedir. Bu katkılar, mayonezin pH'sı yumurta sarısı proteinlerinin izoelektrik noktasından farklı olsa bile

emülsiyonun kararlılık kazanmasına yardımcı olmaktadır. Bununla birlikte, çok fazla tuz, yumurta sarısı proteinlerinin, lipit damlacık yüzeyinden daha fazla sulu fazda birikmesine neden olarak emülsiyon kararlılığını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Sakaroz ise, lipit damlacıkları arasındaki etkileşimi reaktif gruplar halinde koruyarak, viskozitenin azalması ile zayıflatmaktadır (Smith 2004; Erdoğan 2014). Bu bileşenler kullanılarak üretilen farklı mayonez formülasyonları Çizelge 2.6'da (Yüceer 2007) verilmiştir.

**Çizelge 2.6.** Bazı mayonez formülasyonları

<b>Bileşenler</b>	<b>Standart Mayonez</b>	<b>Standart Mayonez</b>	<b>Light Mayonez</b>	<b>Düşük Yağlı Mayonez</b>
Bitkisel Yağ	65.0-80.0	80.0	5.0-10.0	50.0
Yumurta Sarısı	3.0-6.0	5.0	3.0	4.0
Nişasta ve Gam	0.3-2.5	0	3.25-4.5	4.0
Şeker	0-2.0	1.0	6.0	1.5
Tuz	0.5-1.0	2.0	2.5	0.7
Koruyucu	0-0.2	0	0.2	0
Sirke	3.0-4.0	4.0	4.0	3.0
Baharat	0-3.0	0.5	0.2	1.5
Su	1.3-31.0	7.5	60.0-68.0	35.5
Mikrokristalize selüloz	0	0	1.7-2.0	0

### 2.3. Emülsiyon

Gıda emülsiyonları, kompozisyon ve yapı bakımından oldukça karmaşıktır. Emülsiyon genel olarak hidrofobik bileşikler içeren bir yağ fazından ve suda çözünür bileşenler içeren bir sulu fazdan oluşmaktadır. Emülsiyonlar su içinde yağ veya yağ içinde su emülsiyonları olarak tanımlanmaktadır, burada sulu çözelti ve yağ sırasıyla sürekli fazı oluşturmaktadır. Emülsiyonlar termodinamik olarak kararsızdır ve kinetik faktörler aracılığıyla faz ayrımı önlenmektedir. Kararsızlık, yerçekimi kuvvetleri, parçacıklar arası itici ve çekici güçler, akış kuvvetleri ve moleküler kuvvetlerin etkisine bağlıdır. Kararsızlığa yol açan birincil süreçler, kremleşme, flokülasyon ve birleşmedir (koalesens). Bunlara ek olarak, emülsiyon faz ayrımı ve Ostwald olgunlaşmasının da

göz önüne alınması gerekmektedir. Kremleşme, fazlar arasındaki yoğunluk farkından dolayı damlacıkların yukarı doğru hareketinden kaynaklanan bir faz ayrımıdır. Flokülasyon (çökme), damlacıkların, çarpışmasıyla bir araya toplanmasıdır. Birleşme ise damlacıkların birleşmesi olarak tanımlanmaktadır. Gıda emülsiyonlarının yapısı, sürekli fazın reolojisinden ve damlacıkların hacim fraksiyonundan büyük ölçüde etkilenen reolojik özelliklere bağlıdır, ancak flokülasyon derecesi, damlacık boyutu, damlacık reolojisi ve ara yüzey gibi diğer faktörler de emülsiyon kararlılığında önemli bir rol oynamaktadır. Emülsiyonlar, başka bir sürekli sıvı fazda karışmayan sıvı damlacıkların koloidal dispersiyonlarıdır. Ancak birçok gıda lipidi, krem şanti, tereyağı veya dondurmada olduğu gibi tüketim sıcaklığına bağlı olarak sıvı veya kısmen kristalize olabilmektedir. Gıda emülsiyonlarındaki dağılmış parçacıklar, bileşim ve işlem koşullarına bağlı olarak çeşitli şekil ve boyutlara sahiptir. Süt emülsiyonları veya salata soslarında parçacık veya damlacıkların büyük bir kısmı koloidal aralıktadır ( $>1 \mu\text{m}$ ) (Chiralt 2005; Erdoğan 2014).

### 2.3.1. Emülsiyon özellikleri

Emülsiyonların tüm özelliklerini karakterize etmek zor olsa da, özellikleri genellikle sürekli fazın özelliklerine ve sürekli fazın dağılık faza oranına bağlıdır. Bir emülsiyonun sekiz ana özelliği aşağıda belirtilmiştir (Harrison ve Chunningam 1983).

1. *Görünüm*: Bir emülsiyonun görünümünü kullanılan malzemelerin renkleri ve kırılma indeksindeki farklılıkları ile dağılmış fazın parçacık büyüklüğü etkilemektedir. 0.5 ila 5 mikronluk bir parçacık büyüklüğü, opak görünümde bir emülsiyonu oluşturmaktadır. Emülsiyon rengi genellikle sürekli fazın rengine bağlı olmaktadır.

2. *Dispersiyon ve emülsiyon tipi*: Su içinde yağ emülsiyonları, su ile seyreltilirken, yağ içinde su emülsiyonları da yağlarla seyreltilebilmektedir.

3. *Viskozite*: Emülsiyon viskozitesi büyük ölçüde sürekli fazın viskozitesine ve sürekli fazın dispers faza oranına bağlıdır. Süt gibi düşük dispers faz oranına sahip emülsiyonlarda, emülsiyonun viskozitesi sürekli fazınkine benzer olmaktadır. Dispers fazın konsantrasyonu arttıkça, viskozite de artmakta ve dispers fazın hacmi sürekli fazdan daha büyük olduğunda, mayonez gibi yüksek bir dispers faz oranına sahip emülsiyon oluşmaktadır.

4. *Parçacık boyutu*: Dispers faz globüllerinin çapı genellikle parçacık büyüklüğüdür. İnce emülsiyonlar küçük çaplı partiküller içerirken, kaba emülsiyonlar büyük globüller içermektedir. İyi stabilite genellikle ince, düzgün partikül büyüklüğü ile ilişkili olmaktadır. Emülgatörün türü ve miktarı, katkı maddelerinin eklenme sırası ve emülsiyonu oluşturmak için yapılan işin miktarı parçacık büyüklüğünü etkilemektedir.

5. *Parçacık yükü*: Hemen hemen tüm emülsiyonların dağılmış parçacıkları üzerinde bir yük bulunmaktadır. Bu yük, küçük parçacık boyutlu emülsiyonların stabilitesinin muhafaza edilmesinde son derece önemlidir; ancak mayonez gibi yüksek viskoziteli emülsiyonlarda daha az önemlidir.

6. *İletkenlik*: Yağ içinde su emülsiyonları zayıf iletkenler iken, su içinde yağ emülsiyonları güçlü elektrik iletkenleridir.

7. *pH değeri*: pH'nın son zamanlarda emülsiyon stabilitesi üzerindeki etkileri araştırılmaya başlanmıştır. Emülsiyonlardaki değişiklikler sıklıkla pH'daki değişimlerden ortaya çıkmaktadır.

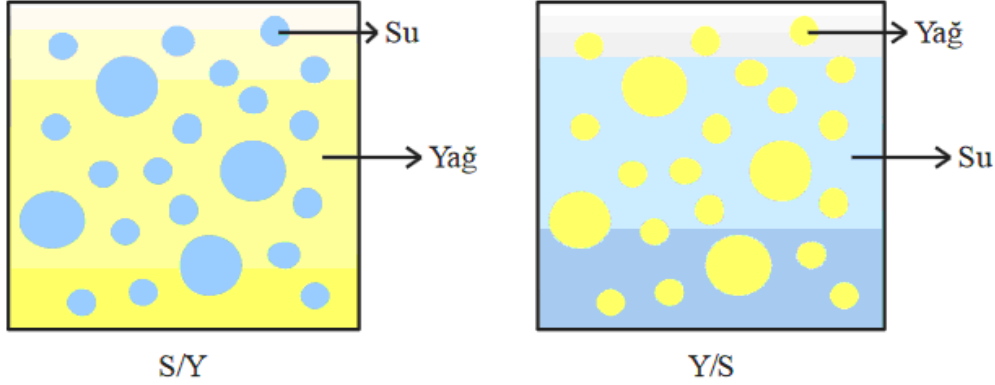
8. *Kararlılık*: Bir emülsiyonun kararlılığı, dispers fazın depolama koşullarında ne kadar süreyle dağıldığını belirtmektedir. Dağılmış fazın damlacıkları birleştiğinde ve fazlar ayrıldığında, emülsiyon "kırılmış" olarak adlandırılmaktadır. Birleşme hızı, emülsiyonlaştırıcının tipine ve konsantrasyonuna, dağılmış damlacıkların büyüklüğüne, parçacıklar üzerindeki yüke, emülsiyon viskozitesine ve emülsiyonun tabii tutulduğu taşıma ve depolama koşullarına bağlı olarak değişmektedir (Harrison ve Chunningam 1983).

### 2.3.2. Emülsiyon tipleri

Gıdalarda genel olarak önemli olan emülsiyonlar 3 gruba ayrılmaktadırlar:

1. *Su içinde yağ (yağ/su; y/s) emülsiyonları*: Yağ damlacıklarının dispersiyon ortamı olan sulu faz içinde dağılmış olduğu emülsiyonlardır. Süt, krema, mayonez bu emülsiyonlara örnek olarak verilebilmektedir.

2. *Yağ içinde su (su/yağ; s/y) emülsiyonları*: Yağın dispersiyon ortamı olduğu ve su damlacıklarının yağ fazı içinde dağıldığı emülsiyonlardır (Şekil 2.2). Tereyağı, margarin bu emülsiyonlara örnek olarak verilebilmektedir (Chiralt 2005).

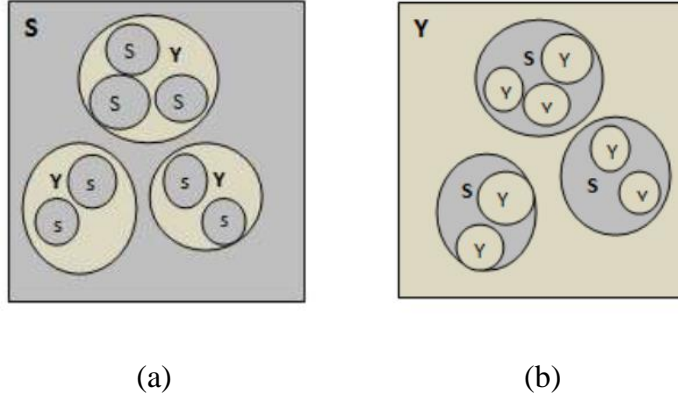


**Şekil 2.2.** Su içinde yağ (y/s), yağ içinde su (s/y) emülsiyonlarının yapısı

3. *Çok fazlı (çoklu, çift) emülsiyonlar*: Basit yağ/su ve su/yağ tipi emülsiyonlardan daha karmaşık yapıda olan çok fazlı emülsiyonlar aynı anda her iki emülsiyon tipini de bir arada bulunduran sistemlerdir (Şekil 2.3). Su/yağ/su (s/y/s) ve yağ/su/yağ (y/s/y) olmak üzere iki tipi bulunmaktadır (Erdoğan 2014).

a. *Su içerisinde yağ, yağ içerisinde su emülsiyonu (su/yağ/su; s/y/s)*: Su fazında süspansiyon olmuş yağ damlacığı aynı anda kendi içinde de su damlacığını sarmış olduğu emülsiyonlardır.

b. Yağ içerisinde su, su içerisinde yağ emülsiyonu (yağ/su/yağ; y/s/y): Yağ fazında dağılmış su damlacığı aynı anda kendi içinde de dağılmış yağ damlacığını sarmış olduğu emülsiyonlardır (Chiralt 2005; Erdoğan 2014).



**Şekil 2.3.** Su içerisinde yağ, yağ içerisinde su emülsiyonu; b) Yağ içerisinde su, su içerisinde yağ emülsiyonu; Çok fazlı emülsiyonların yapısı

Mayonez gibi çoğu gıda emülsiyonu, su içinde yağ emülsiyonudur. Yine de, büyük miktarlarda yağ nispeten az miktarda su içinde emülsifiye edildiğinden mayonez diğer y/s emülsiyonlarından farklıdır. Bu nedenle, mayonez, diğer birçok gıda emülsiyonundan daha kararsızdır.

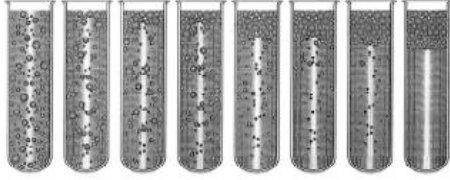
### 2.3.3. Emülsiyonların kararlılığı

Emülsiyon kararlılığı emülsiyon özelliğinin zamanla meydana gelen değişmelere karşı gösterdiği dayanıklılık olarak tanımlanmaktadır. Kararlılığı yüksek emülsiyonlarının dış ortam koşullarına göre değişim hızı oldukça yavaştır. Emülsiyonların kararlılıkları fiziksel ve kimyasal işlemlere bağlı olarak değişebilmektedir. Fiziksel kararsızlık, moleküllerin yapısal organizasyonunun veya mekaniksel dağılımındaki değişikliklerden, kimyasal kararsızlık ise moleküllerin kimyasal yapısındaki değişikliklerden etkilenmektedir. Kremleşme, flokülasyon, kısmi birleşme (koalesens), faz ayrımı (sedimentasyon), Oswald olgunlaşması ve faz değişimi (inversiyon) emülsiyonların fiziksel kararsızlığına, oksidasyon ve hidroliz ise kimyasal kararsızlığına örnek olarak verilebilmektedir.

Kremleşme Stokes eşitliği ile ilişkilidir (Eşitlik 1.1). Partikül büyüklüğü dağılımına ve damlacıklar ile ortam arasındaki yoğunluk farkına bağlı olarak depolama ile birlikte emülsiyonda kırılma meydana gelebilir (Tadros 2013). Kremleşme hızı ile viskozite arasındaki bağlantı Şekil 2.4’de gösterilmiştir (Ertekin vd. 2012). Kremleşme hızı viskozite ile ters orantılıdır. Dağılmış fazın damlacık çapı ile sürekli fazın yoğunluğu kremleşme hızına doğrudan etki ederek emülsiyonun kararlılığını belirler. Sürekli fazın viskozitesindeki artışa paralel olarak emülsiyonun fiziksel kararlılığı yükselmektedir. Emülsiyon içerisindeki iki faz arasındaki yoğunluk farkı büyük olduğu zaman, sürekli fazın viskozitesi daha düşük olmaktadır. Dağılmış faz içerisindeki büyük damlacıklar küçüklere göre daha hızlı kremleşmeye uğramaktadırlar. Kremleşme hızının belirlenmesinde en önemli faktör damlacık çapıdır. Kremleşme hızı damlacık çapı ve sürekli fazın yoğunluğu azaltılarak minimuma indirilebilmektedir.

$$u = -2r^2 (\rho_2 - \rho_1)g / 9\mu \quad (2.2)$$

Burada;  $u$ , kremleşme hızını (m/s);  $\Delta\rho$  yoğunluk farkını ( $\text{kg/m}^3$ );  $r$ , damlacık yarıçapını (m);  $\mu$ , sürekli fazın viskozitesini (Pa.s);  $g$ , yerçekimi ivmesini ( $\text{m/s}^2$ ) ifade etmektedir.



**Şekil 2.4.** Emülsiyonlarda kremleşme

İtme ve çekme kuvvetlerinin büyüklüğü flokülasyonu belirler (Tadros 2013). Flokülasyon iç faz damlacıklarının geri dönüşümlü agregasyonudur (Şekil 2.5) ve emülsifiye olan globüllerin yüzey yüklerinden etkilenmektedir. Eğer ara yüzeyde koruyucu bir mekanik bariyer yoksa ve emülsifiye edici ajan miktarı yeterli değilse, emülsiyon damlacıkları hızla topaklanırlar (Ertekin vd. 2012). Flokülasyon damlacıkların (birincil damlacık büyüklüğünde herhangi bir değişiklik olmadan) daha büyük birimlere kümelenmesini ifade etmekte olup, tüm dispers sistemlerde evrensel olan Van der Waals çekim kuvvetlerinin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Damlacıkları Van der Waals çekim kuvvetlerinin zayıf olduğu mesafeler dışında tutmak için yeterli itme olmadığında flokülasyon oluşur. Flokülasyon çekme kuvvetleri enerjisinin büyüklüğüne bağlı olarak güçlü veya zayıf olabilir (Tadros 2013). Flokülasyon sırasında meydana gelen kararsızlık emülsiyonun viskozitesi ve kayma gerilimi ile yakından ilişkilidir. Yüksek viskozite, damlacıkların hareketlerini önlemekte ve flokülasyona neden olmaktadır. Çalkalama ile damlacıklar arasındaki etkileşimler bozulmakta ve viskozite düşmektedir (Ertekin vd. 2012).



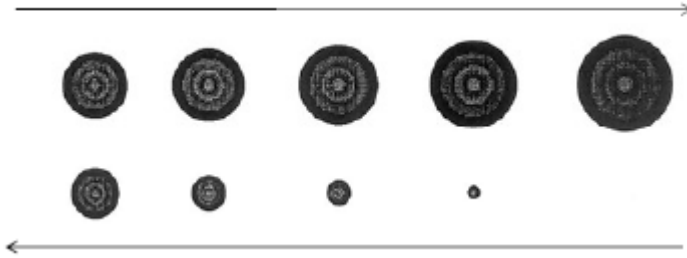
**Şekil 2.5.** Emülsiyonlarda flokülasyon

Sıvı filmin damlacıklar arasındaki stabilitesi birleşmeyi belirlemektedir. Koalesens olarak da bilinen birleşme iki veya daha fazla damlacıkların daha büyük olanlara karışması sonucu sıvı filmin damlacıklar arasında incilmesi ve parçalanması sürecini ifade etmektedir. Birleşme için sınırlayıcı durum, emülsiyonun iki ayrı sıvı faza tam olarak ayrılmasıdır. Birleşme için itici güç, damlacıkların yakın yaklaşımıyla sonuçlanan yüzey veya film dalgalanmalarıdır, bu şekilde Van der Waals kuvvetleri baskındır ve böylece ayrılmaları önlenmektedir (Tadros 2013). Emülsiyon damlacıklarının birleşerek büyük damlacıkları oluşturması koalesans olarak adlandırılmaktadır (Şekil 2.6). Emülsifiye olmuş damlacıklar zamanla üst üste yığılarak daha büyük damlacıklar oluşturmakta ve bunun sonucunda emülsiyon tamamen fazlarına ayrılmaktadır. Birleşme, kalın ara yüzey filmin oluşumu ile önlenmektedir (Ertekin vd. 2012).



**Şekil 2.6.** Emülsiyonlarda koalesans

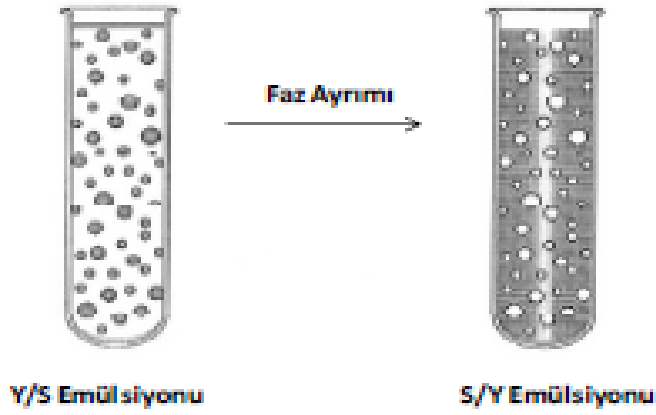
Dispers damlacıkların çözünürlüğü ve partikül büyüklüğü dağılımı Ostwald olgunlaşmasını belirlemektedir (Şekil 2.7). Ostwald olgunlaşması fazların çözünürlüğünden kaynaklanmaktadır. Karışmayan olarak nitelendirilen sıvılar genellikle önemli ortak çözünürlüklere sahiptir. Genellikle polidispers olan emülsiyonlarla daha küçük damlacıklar, daha büyük olanlara (eğrilik etkileri nedeniyle) kıyasla daha fazla çözünürlüğe sahip olacaktır. Zamanla, daha küçük damlacıklar kaybolmakta ve damlacık boyutu dağılımı daha büyük değerlere geçmektedir (Tadros 2013).



**Şekil 2.7.** Emülsiyonlarda Ostwald olgunlaşması

Faz ayrımı genellikle dış kuvvetlerden veya yerçekimi veya merkezkaç kuvvetlerinden kaynaklanmaktadır. Bu kuvvetler damlacıkların termal hareketini aştığında (Brownian hareketi), daha büyük damlacıkların yukarıya doğru (yoğunluğu ortamından daha düşükse) veya kabın (eğer yoğunluğu ortamından daha büyükse) dibine hızlı hareketi ile sistemde konsantrasyon gradyanı oluşmaktadır. Sınırlayıcı durumlarda, damlacıklar sürekli sıvı fazın kapladığı hacmin geri kalanı ile sistemin üst veya alt kısmında bir yakın paketlenmiş (rastgele veya sıralı) dizi oluşturabilmektedir (Tadros 2013). Bir emülsiyonun su/yağ tipinden yağ/su tipine dönmesine veya aksi olaya faz dönüşümü (faz inversiyonu) denmektedir (Şekil 2.8). Bu olay, emülsiyon hazırlanırken iki fazın karıştırılması, ısıtılması ve emülsiyonun soğutulması sırasında görülebilmektedir. Emülsiyon hazırlandıktan sonra faz dönüşümünün oluşması önemli sorunlara neden olmaktadır. Faz hacim oranının değişmesi, bir elektrolit ilavesi, emülsiyon pH'sının zamanla değişmesi ve emülsiyon içerisindeki su ve yağ oranlarının değiştirilmesi faz dönüşümüne neden olmaktadır (Ertekin vd. 2012).





**Şekil 2.8.** Emülsiyonlarda inversiyon (faz değişimi)

Emülsiyonların çoğunun eksik tanımları, kendisinin de daha teknik bir tanımını veren Becher (1957) tarafından derlenmiştir. Basitçe belirtildiği üzere, bir emülsiyon, “en az stabiliteye sahip olan iki fazlı karışmaz sıvı sistemidir”. Dağılan (dahili veya süreksiz faz), sürekli (harici) fazda askıda kalmaktadır. Emülsiyon kararlılığı, ara yüzey gerilimini azaltan bir emülsifiye edici madde ilavesiyle artırılmaktadır. Bir emülsifiye edicinin lipofilik kısmı, bir emülsiyonun yağ fazına yönelirken, hidrofilik kısım su fazına yönelmekte, dağılmış fazın damlacıklarının etrafında bir kabuk oluşturmaktadır. Emülsifiye edici madde ara yüze göre, yayılan parçacıkların birleşmesini ve ayrılmasını önlemekte, böylece emülsiyonun kararlılığını arttırmaktadır (Harrison ve Cunningham 1983).

#### 2.4. Yumurta ve kolesterol

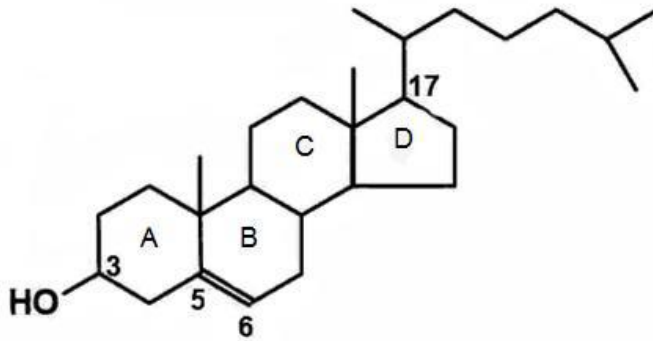
Gıda endüstrisinde, fazla tüketimi insan sağlığını olumsuz yönde etkilediğinden dolayı, yağ, şeker, kolesterol, tuz ve diyetle belirli katkı maddelerinin miktarının azaltılması yönünde eğilimler söz konusudur. Yağ içeriği yüksek ve kolesterolü ürünlerin tüketimi kanser, koroner kalp hastalıkları, obezite ve diyabet gibi sağlık sorunlarına neden olabilmektedir. Bu sebeple tüketiciler sağlıklı gıdalara yönelerek daha az yağlı ve kolesterolsüz ürünleri talep etmekte ve bu doğrultuda ürünler üretilmektedir (Ma ve Boye 2013).

İnsan beslenmesi açısından önemli bir besin maddesi olan yumurta besleyici değeri yüksek bir gıda maddesidir. Ayrıca, yumurta sarısı kaliteli protein içeriği ve bu proteinin yüksek biyolojik değeri ile beslenme yönünden oldukça zengindir. Ancak yumurta sarısı içermiş olduğu kolesterol nedeniyle kolesterol ile ilgili hasta kişilerde risk oluşturmaktadır. Diyetle yüksek yağ ve kolesterolün alınımının koroner kalp yetmezliği riskini artırdığı bilinmektedir (Yüceer 2007). Koroner kalp yetmezliği riski taşıyan kişiler yumurtayı yüksek kolesterol içeriği nedeniyle tüketmekten kaçınmaktadırlar. Koroner kalp yetmezliği riskinin azaltılması için toplam yağ, doymuş yağ ve diyet kolesterolü alınımının düşürülmesi gerekmektedir. Kolesterol özellikle hayvansal gıdalarda bulunmakta ve gıdalarda bulunan kolesterol serbest halde veya yağ asitleriyle esterleşmiş durumdadır. Kandaki kolesterol seviyesi ile diyetle alınan kolesterol miktarı arasında önemli bir ilişki bulunmakta olup dışarıdan alınan kolesterol miktarı belli bir düzeyin üzerinde olursa kandaki kolesterol miktarı da artmaktadır.

Günlük maksimum alınabilecek kolesterol miktarı 300 mg'dır. Kandaki kolesterol düzeyi arttığında atar damarların iç yüzeyinde biriken tabakalar kan akışını engellemektedir. Diyetle alınan kolesterol miktarı ile koroner kalp rahatsızlıkları arasında ilişkinin tespit edilmesinden sonra kolesterolü gıda tüketimi azalmış ve kolesterolü düşük gıdaların üretimine yönelme olmuştur (Yüceer 2007).

Son 30 yıl boyunca yüksek kolesterol içeriği ve allerjenik etkileri nedeniyle yumurta tüketimi azalmıştır. Farklı insan grupları için yumurtasız ürünler üretmek oldukça önemlidir. Birincisi, yüksek düzeyde serum kolesterolü olan insanlardan, ikincisi yumurta proteinine alerjisi olan veya yumurta veya ürünleri içeren herhangi bir yiyeceği tüketemeyen insanlardan, üçüncü grup ise vejeteryanlardan oluşmaktadır. Yumurtanın emülsiyonlaştırıcı olarak kullanıldığı mayonez gibi ürünlerde, yumurta sarısı ile birlikte diğer emülsifiye edici maddelerin veya ikamesi bir maddenin kullanılması gerekmektedir (Alimi vd. 2014).

Hidrofobik bir yapıya sahip ve vücutta önemli fonksiyonlara sahip olan kolesterol, karbonları sırasıyla numaralandırılmış olan alfabenin ilk dört harfi ile gösterilen (A, B, C ve D) ve "steroid nükleusu" diye adlandırılan yapıyı içeren dallanmış hidrokarbon zincirinden oluşmuştur (Şekil 2.9).

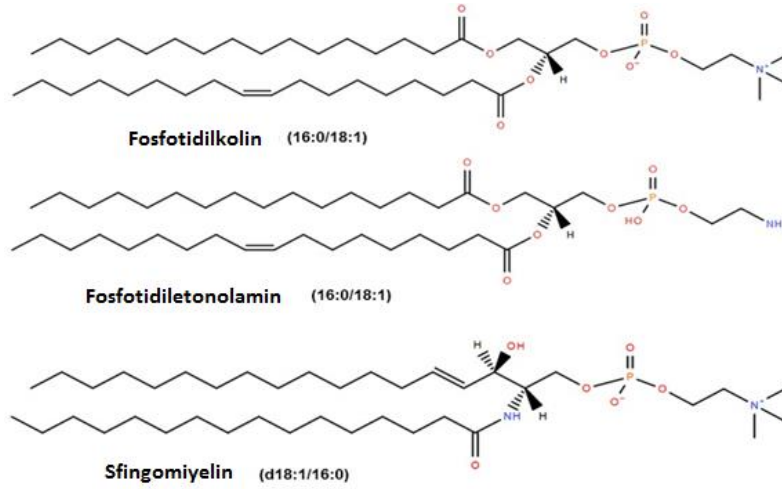


Şekil 2.9. Kolesterolün yapısı

Yapısında bulunan OH- grubu sayesinde hidrofilik özellik kazanmakta ve yağ asitleri ile esterleşip kan dolaşımında lipoproteinler halinde bulunmaktadır. Bu lipoproteinler yapısında taşıdığı yağ miktarına bağlı olarak çok düşük yoğunluklu lipoprotein (VLDL), düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) ve yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) olarak isimlendirilir. Karaciğerde üretilen kolesterol ve diğer lipitler, vücuttaki diğer dokulara dağılması için VLDL içinde kana salgılanmaktadır. VLDL bulunan trigliserit ve kolesterol hücrelere aktarıldıkça VLDL'nin yapısı ve yoğunluğu değişmekte; önce IDL (intermittens density lipoproteinler) sonra da LDL'ye dönüşmektedir (Aydın vd. 2015).

Yumurtada bulunan lipitlerin tamamı yumurta sarısında bulunmakta olup, yumurta sarısının lipit içeriği %32-36 arasında değişmekte ve yumurtaya beslenme fizyolojisi açısından özel bir değer katmaktadır. Yumurta sarısı lipitleri %62 trigliserit, %33 fosfolipit, %5 kolesterol içermektedir (Kim vd. 2007 ). Ortalama büyük yumurta sarısı 1.3 g fosfolipit ihtiva etmektedir. Yumurtada bulunan en önemli fosfolipit türleri

arasında fosfotidilkolin, fosfatidiletanolamin (PE), fosfatidilinositol (PI) bulunmaktadır (Şekil 2.10).



**Şekil 2.10.** Yumurta sarısında bulunan fosfolipitlerin yapısı

Yumurtanın tipik fosfolipit bileşimi Çizelge 2.7’de verilmiştir, Çizelge incelendiğinde toplam fosfolipitin hemen hemen dörtte üçünü oluşturan baskın fosfolipit çeşidinin fosfotidilkolinin olduğunu ortaya çıkarmaktadır ( Blesso 2015 ).

**Çizelge 2.7.** Yumurta fosfolipitlerinin tipik kompozisyonu

	PC	PE	LisoPC	SM	LisoPE	PI
Miktar (mg/100 g yumurta sarısı)	5840	1500	270	190	90	330
Toplam fosfolipit oranı (%)	71.1	18.3	2.3	3.3	1.1	4.0

Tüketiciler kolesterol içeriği yüksek olduğu gerekçesiyle mayonez gibi yumurta sarısının bulunduğu ürünleri daha az tüketmeye başlamışlar ve düşük kolesterolü fonksiyonel ürün beklentisi içerisine girmişlerdir. Teknolojik gelişmelerde gözlenen ilerlemelere bağlı olarak gıda uzmanları tüketicilerin bu beklentilerini karşılamak amacıyla yumurtada bulunan kolesterolü uzaklaştırmak amacıyla çeşitli metotler geliştirmişlerdir (Yüceer 2007). Ayrıca yumurta beyazı ve tam yağlı (>%70) ürünlerin yerine emülsifiye ediciler kullanılarak yumurta sarısı içermeyen düşük kolesterolü mayonez üretilmiştir. Moros vd. (2002), mayonez formülasyonunda indirgenmiş kolesterolü yumurta sarısını kullanmış ve kolesterol düzeyini %40-80 oranında azaltarak reolojik parametrelerin geliştirilebileceğini göstermiştir. Çeşitli çalışmalarda soya fasulyesi (Rahmati vd. 2014) ve buğday proteinleri (Rahbari vd. 2015) gibi bitkisel proteinler, mayonez emülsiyon sistemlerinde yumurta sarısının yerini alan emülgatörler olarak kullanılmıştır.

Kolesterol gibi yağ içeriği yüksek ürünlerin tüketimi de kanser, koroner kalp hastalıkları, obezite ve diyabet gibi sağlık sorunlarına neden olabilmektedir. Bu sebeple tüketiciler de daha az yağlı ürünleri talep etmekte ve bu doğrultuda ürünler üretilmektedir (Ma ve Boye 2013). Ancak yağ içeriği gıdanın tat, renk, raf ömrü, yapı, koku, görünüş ve bileşim gibi özelliklerinde çok önemli bir unsurdur. Gıdalarda yağın azaltılması veya gıdalardan yağın tamamen uzaklaştırılması mayonez gibi ürünlerin duyuşal ve fizikokimyasal özellikleri üzerinde olumsuz etkilere neden olabilmektedir. Bu nedenle tüketici tercihleri dikkate alınarak mayonez ve salata soslarının tekstürel ve duyuşal özelliklerini geliştirmek için yağ taklitleri kullanılmıştır. Yağ taklitleri karbonhidrat bazlı (polisakkaritler, zamklar, karboksimetilselüloz, pektin ve lif), protein bazlı (modifiye peyniraltı suyu proteinleri) ve yağ bazlı (Olestra™, Salatrim®) olabilmektedir (Ma ve Boye 2013).

Liu vd. (2007), yaptıkları çalışmada mayonezde peynir altı suyu protein izolatu ve düşük-metoksilli pektin esaslı yağ ikamelerinin kullanılabilirliğini incelenmiştir. Çalışmada tam yağlı ve düşük yağ içerikli mayonezlerin bazı fizikokimyasal ve reolojik özellikleri ile doku analizi ve duyuşal değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışma sonuçları, tüm düşük yağlı mayonezlerin önemli ölçüde daha düşük enerji içeriğine sahip olduklarını ve tekstürel özelliklerinin tam yağlı mayoneze benzer olduğunu, duyuşal açıdan düşük metoksilli pektin ile üretilen mayonezlerin panelistler tarafından kabul gördüğünü göstermiştir (Liu vd. 2007).

Shen vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada yulaf dekstrini kullanılarak düşük yağlı mayonez üretilmiştir. Üretilen mayonez, tam yağlı mayonez ile karşılaştırıldığında daha yüksek bir viskoziteye (1620 Mpa.s) ve daha düşük kalori değerine (597.7 kcal) sahip olduğu bulunmuştur. Mikroyapı analizi, yağ granüllerinin yulaf dekstrini ile ikame edilmiş seviyelerinin %30'un altında olduğunda uniform, küçük ve simetrik hale geldiğini göstermiştir (Shen vd. 2010).

Gomez vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada ekstrüde un, yağ ikame maddesi olarak kullanılmıştır. Un-su oranının ve yağ değiştirme düzeyinin (%30, 50 ve 70) mikroyapı, reolojik özellikleri ve mayonez benzeri emülsiyonun stabilitesi üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Sonuçlar, hamurun un-su oranının kontrol edilmesi halinde, ekstrüde edilmiş unun, tam yağlı mayonezin reolojik özelliklerine sahip, yağı azaltılmış su içinde yağ emülsiyonunun hazırlanması için uygun olduğunu göstermiştir (Gomez vd. 2015).

Rahmati vd. (2015), üç farklı yağ ikamesi (ksantan, guar ve prejelatinize mısır nişastası) ve yumurtaya alternatif olarak yumurta/soya sütü karışımı kullanarak yağı ve yumurtası azalmış mayonez üretimi üzerine araştırma yapmışlardır. Soya sütü ile birlikte kullanılan hidrokolloidlerin ürün üzerindeki etkisi reoloji, partikül boyutu ve dağılımı, stabilite, termal kararlılık ve renk analizleri yapılarak araştırılmıştır. Sonuç olarak mayonezde yağ ikamesi ve kıvam arttırıcı olarak ksantan gam ve prejelatinize nişastanın birlikte kullanımının en uygun olduğunu bildirmişlerdir (Rahmati vd. 2015).

Evanuarini vd. (2015), yaptıkları çalışmada stabilizör olarak %0.1, 0.2 ve 0.3 oranında porang unu kullanımının düşük yağlı mayonezin fizikokimyasal ve emülsiyon özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda porang ununun yağ

yerini alarak düşük yağlı mayonez üretiminde kullanılabileceğini belirtmişlerdir (Evanuarini vd. 2015).

Nikzade vd. (2011) tarafından yapılan çalışmada, yumurta sarısı ikamesi olarak soya sütü (%10) içeren düşük kolesterollü-düşük yağlı mayonez karışımı optimize edilmiştir. Sonuçlar, en iyi karışımın, %6.7 mono- ve diğliseritler, %36.7 guar gam ve % 56.7 ksantan gam içeren formülasyon olduğunu ortaya koymuştur. Ksantan gamın mayonez örneklerinin tüm özellikleri üzerinde en yüksek etkiyi gösteren bileşen olduğu belirtilmiştir (Nikzade vd. 2011).

Amin vd. (2014) farklı tip ve oranda gamlar (ksantan gam, guar gam ve kombinasyonları) ile yağlar (ayçiçek, soya, mısır, susam ve zeytinyağı) kullanarak düşük yağlı mayonez üretmişler ve elde edikleri ürünleri geleneksel tam yağlı mayonez ile karşılaştırmışlardır. Mayonez formülasyonunda ayçiçeği ve soya yağı (%6 0 ve % 45) ile %0.75 ksantan/guar gam (1:1) kullanımının en iyi sonuç verdiği bildirilmiştir (Amin vd. 2014).

Yüceer (2007) tarafından kolesterolü azaltılmış yumurtanın mayonez üretiminde kullanımı araştırılmış ve yumurta sarısından kolesterolü  $\beta$ -siklodekstrin ile uzaklaştırılarak standart mayoneze göre %75-85 oranında kolesterolü azaltılmış ürün elde edilebileceği rapor edilmiştir (Yüceer 2007).

Johary vd. (2015) düşük yağlı mayonezin fizikokimyasal, antioksidan ve duyuşsal özellikleri üzerine yağ ikamesi olarak reyhan tohum gamı ve geven gamının etkisini incelemişlerdir. Bu gamların yağ yerine kullanılmasıyla düşük kalorili mayonez elde edilmesinin yanı sıra mayonezin viskoelastik özellikleri ve kıvamı da geliştirildiği sonucuna ulaşılmıştır (Johary vd. 2015).

Yıldırım vd. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada düşük yağlı mayonezin reolojik özellikleri, partikül boyutu ve stabilitesi üzerine çift emülsiyon oluşturma metodunun etkisi araştırılmıştır. Çift emülsifiye mayonez üretiminde farklı su-yağ oranları (2:8 ve 4:6) ve farklı stabilizatörler (sodyum kazeinat, ksantan gam ve lesitin-peyniraltı suyu protein konsantresi) kullanılmış ve çalışma sonucunda en etkili stabilizatörün sodyum kazeinat olduğu belirtilmiştir (Yıldırım vd. 2016).

Konjak jelin mayonezde yağ yerine kullanım olanaklarını incelendiği bir çalışmada, yağ %10, 20, 30, 40, 50 ve 60'lık oranlarda konjak jel ile kısmen ikame edilmiştir. İkame oranının etkileri reoloji ölçümleri, renk ölçümleri, optik mikroskop görüntüleri ile ve %30'dan fazla olmayan konjak jel ile ikame edilmiş yağlarda yağın kabul edilebilirliği kalorik değerler analizi ile belirlenmiştir. Bu çalışma konjak jelin mayonezde yağ takliti olarak iyi bir potansiyele sahip olduğunu göstermiştir (Li vd. 2013).

Alimi vd. (2015) yaptığı çalışmada yağı azaltılmış mayonez formülasyonunda kısmen oktenil süksinik anhidrit (OSA) ile ikame edilmiş patates nişastasası (%0, 25, 50, 75 ve 100) kullanmışlardır. %75 ve %100 yumurta sarısı ikamesi olan örnekler, maksimum emülsiyon stabilitesi (iki aylık depolamadan sonra >%95) göstermiş ve örneklerin kolesterol içeriğinde önemli bir azalma (%84-97) gözlenmiştir. Reolojik testler, yumurta sarısının yokluğunda OSA nişastasasının tutarlı bir dokuya sahip nihai bir

ürünle sonuçlanmayabileceğini ve iki emülgatörün (OSA nişastası / yumurta sarısı) en düşük oranının 75/25 olduğunu belirtmişlerdir. Mikroskobik görüntüler, seçilen örneklerde emülsiyon haline getirilmiş yağ damlacıklarını çevreleyen sabit, yapışkan bir nişasta tabakasının oluşumunu doğrulamıştır (Alimi vd. 2015).

Tüm derlenen bilgiler ışığında bu tezde mayonezde kullanılan yumurta sarısının yerine avokado püresinde bulunan fosfolipitlerin emülsifiye edici ve diyet lifinin kıvam arttırıcı fonksiyonlarından yararlanarak kolestrolü ve yağı azaltılmış mayonez üretimi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda geleneksel tam yağlı mayonezde kullanılan bileşenler göz önünde bulundurularak mayonez formülasyonunda bulunan yağ ve yumurta sarısı ile ilave edilmek istenen avokado püresi bağımsız değişkenler olarak seçilmiştir. D-optimal karışım desenine göre 17 farklı desen oluşturulmuş ve yağ miktarı, kolesterol miktarı, parçacık boyutu, reolojik parametreler ve emülsiyon kararlılığı cevap değişkenlerine göre optimum formülasyon belirlenmiştir. Optimum formülasyonda üretilen ve geleneksel formülasyona göre üretilen mayonezler 3 farklı sıcaklıkta (4, 25 ve 35 °C) 45 gün süreyle depolanarak ürünün depolama stabilitesi belirlenmeye çalışılmıştır. Depolamanın 0., 5., 15., 30. ve 45. günlerinde mayonezlerde renk, emülsiyon kararlılığı, oksidasyon ürünleri ve  $\alpha$ -tokoferol miktarı tayini yapılmıştır. Ayrıca yapılan duyusal analizle de ürünün beğeni durumu ortaya konulmuştur.

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Materyal

Çalışmada Hass çeşidi avokado örnekleri kullanılmış olup, örnekler Antalya-Gazipaşadaki bir üreticiden temin edilmiştir. Toplama olgunluğunda temin edilen örnekler laboratuvara getirildikten sonra yeme olgunluğuna kadar (kuru madde içeriği ~%21) olgunlaştırılmıştır. Yumurta sarısı olarak ise pastörize yumurta sarısı kullanılmış olup, pastörize yumurta sarısı, ayçiçek yağı, sirke, şeker, tuz, limon suyu ve hardal yerel bir marketten satın alınmıştır.



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan Hass çeşidi avokado örnekleri

#### 3.2. Metot

##### 3.2.1. Geleneksel mayonez ve avokadolu mayonez üretimi

Avokado püresi kullanılarak mayonez üretiminde optimum karışım oranları Design Expert 7.0 (Stat-Ease Co. Mineapolis, ABD) paket programı kullanılarak D-Optimal karışım desenine göre belirlenmiştir (Çizelge 3.1). Oluşturulan bu karışım desenindeki üretimlerde yağ oranı %35-75, avokado oranı %0-40 ve yumurta oranı %0-10 aralığında bağımsız değişkenler olarak seçilmiştir. Bu değişkenlere ait sınır değerleri kolesterolsüz ve düşük yağlı mayonez üretimi amacına yönelik olarak ön denemelerle belirlenmiştir. Mayonez üretiminde yağ, yumurta sarısı ve avokado püresi toplam miktarının mayonezin toplam miktarına oranı kütlece %85 olarak belirlenmiş ve kalan %15'lik kısmı ise %1 şeker, %1 tuz, %4 sirke, %2 limon suyu, %2 hardal ve %5 su oluşturmuştur. Bu oranların belirlenmesinde Evanuarini vd. (2015) ve Huang vd. (2016) tarafından yapılan çalışmalar dikkate alınmıştır. Araştırmanın amacı avokadoda bulunan fosfolipitler ile diyet lifinin yumurta sarısı ikamesi, yağın ise ayçiçek yağı yerine kullanılabilirliğinin araştırılması olduğu için en uygun formülasyonun belirlenmesinde cevap olarak mayonezin kalite özelliklerini ortaya koyabilecek olan ürünlerin yağ miktarı, kolesterol miktarı, reolojik özellikleri, emülsiyon damlacık boyutu ve emülsiyon stabiliteyi kullanılmıştır. Ayrıca mayonezlerin mikroyapı görüntüleri de elde edilerek bu görüntüler analiz sonuçları ışığında yorumlanmıştır. Mayoneze özgü

fiziksel özelliklerin korunarak, kolesterol ve yağ miktarının azaltılabildiği en uygun formülasyonda üretilen ürün ise depolama çalışmalarına alınmıştır

**Çizelge 3.1.** Mayonez üretiminde optimum oranların belirlenmesinde kullanılan karışım deseni

Desen No	Yağ	Yumurta	Avokado
1	57.50	5.00	22.50
2	35.00	10.00	40.00
3	35.00	10.00	40.00
4	75.00	0	10.00
5	46.25	7.50	31.25
6	57.50	5.00	22.50
7	57.50	5.00	22.50
8	45.00	0	40.00
9	75.00	0	10.00
10	75.00	10.00	0
11	66.25	7.50	11.25
12	55.00	10.00	20.00
13	55.00	0	30.00
14	75.00	5.00	5.00
15	45.00	0	40.00
16	75.00	10.00	0
17	65.00	0	20.00

Mayonez üretimi Şekil 3.2’de görüldüğü şekilde gerçekleştirilmiş olup, öncelikle avokado püresi ile yağ dışındaki bileşenler karıştırılmış, yağ ise akış hızı 4-5 mL/dk olacak şekilde büret yardımıyla karışıma eklenerek karışım ultraturaxda 15000 d/dk hızında karıştırılmıştır. Ultraturax yardımıyla mayonez üretimi yaklaşık 12-15 dakika sürmüştür.





**Şekil 3.2.** Laboratuvar şartlarında mayonez üretimi

Bilindiği üzere avokado, içeriğindeki fenolik maddeler ve polifenol oksidaz içeriğine bağlı olarak  $O_2$  varlığında hızlı bir şekilde kararma görülebilecek ürünlerden biridir. Bu nedenle üründe görülebilecek olan kararma reaksiyonlarını engellemek amacıyla, üretilen ürün cam kavonoza koyulduktan sonra ürün kavonoz içerisinde 5 sn süreyle  $N_2$  gazı ile muamele edilmiştir.

### 3.2.2. Depolama

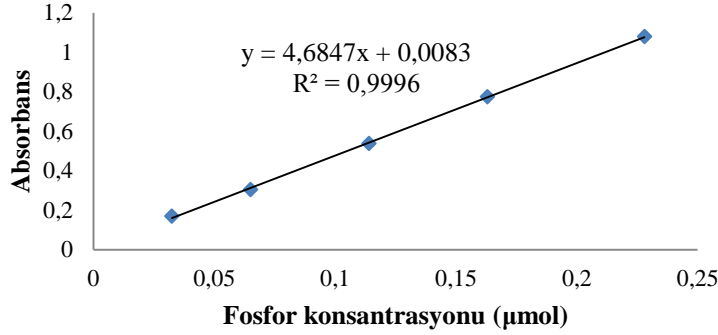
Karışım desenindeki cevap değişkenleri kullanılarak belirlenen formülasyonda avokado püresi kullanılarak üretilen mayonez, 3 farklı sıcaklıkta (4, 25 ve 35 °C), 45 gün süreyle depolanmış ve depolama boyunca (0., 5., 15., 30. ve 45. günlerde) örneklerde aşağıda belirtilen kalite analizleri yapılmıştır. Ayrıca avokado püresinin hiç kullanılmadığı (Karışım deseni 10 ve 16), geleneksel mayonez üretim formülasyonunun da bir üretim yapılarak bu ürün kontrol örneği olarak depolamaya alınmıştır.

## 3.3. Yapılan Analizler

### 3.3.1. Fosfolipit miktarı

Çalışmada kullanılan avokado, ayçiçek yağı ve yumurta sarısı örneklerinin fosfolipit miktarı Chen vd (1956)'e göre spektrofotometrik olarak belirlenmiş ve sonuçlar fosfor standart kurvesi kullanılarak hesaplanmıştır (Şekil 3.4). Buna göre, ilk olarak mayonez örneklerinin yağ ekstraksiyonu gerçekleştirilmiştir. Elde edilen yağ örneği (0.03 g) üzerine 0.45 mL  $H_2SO_4$  (8.9 N) ilave edildikten sonra 200-215 °C'de 25 dakika ısıtılmıştır. Süre sonunda 5 dakika soğumaya bırakılarak üzerine 150 µL  $H_2O_2$  eklenen örnekler 30 dakika daha ısıtılmıştır. Burada örneklerin renksiz olmasına dikkat edilmiş ve renksiz olmayan örneklerin üzerine 50 µL  $H_2O_2$  ilave edilerek 15 dakika süre ile ısıtılmaya devam edilmiştir. Ortam sıcaklığına soğutulan örnekler 3.9 mL saf su ve 0.5 mL amonyum molibdat tetrahidrat çözeltisi (%2.5) eklenerek vortekslenmiştir. Ardından 0.5 mL askorbik asit çözeltisi (%10) ilave edilerek yeniden vortekslenmiştir. Son olarak örnekler 7 dakika boyunca 100 °C'de ısıtılmıştır. Oda sıcaklığına soğutulan

örneklerin absorbansları 820 nm dalga boyunda spektrofotometrede okunmuştur. Beş farklı standart fosfor konsantrasyonuna karşı absorbans eğrisinden (Şekil 3.3) yararlanılarak örneklerin fosfolipit miktarı belirlenmiştir.



**Şekil 3.3.** Fosfor standart kurvesi

### 3.3.2. Emülsiyon kararlılığı

Örneklerin emülsiyon kararlılığı (E.K.) Golchoobi vd (2016)'e göre analiz edilmiştir. Bu amaçla santrifüj tüplerine 10 gram tartılan mayonezler 80 °C'de 30 dk süreyle su banyosunda bekletilmiş ve ardından örnekler 4200 g hızda 15 dk boyunca santrifüj edilmiştir. Ayrılan kısmın ağırlığı tartılarak % olarak stabilite Eşitlik 3.1. yardımıyla hesaplanmıştır.

$$E.K. = (\text{Emülsifiye Tabaka Ağırlığı} / \text{Toplam Örnek Ağırlığı}) \times 100 \quad (3.1)$$

### 3.3.3. Emülsiyonların parçacık boyutu

Mayonez örneklerinin parçacık boyut analizi Liu vd (2007)'e göre belirlenmiştir. 0.04 g örnek 150 mL sodyum dodesil sülfat çözeltisi (%0.1) ile seyreltikten sonra saf su içerisinde çözülerek lazer ışık kırınımlı parçacık boyut analiz cihazı (Mastersizer, 2000 SR, Malvern, Wrcestershire, UK) kullanılarak analiz edilmiştir. Damlacık boyutu ölçümleri hacim ağırlıklı ortalama çap (D[4,3]) olarak verilmiştir.

$$D[4,3] = \frac{\sum n_i d_i^4}{\sum n_i d_i^3} \quad (3.2)$$

Burada  $n_i$ ;  $d_i$  çaplı damlacıkların numarasıdır. Her örnek için ölçümler üç tekrarlı olarak yapılmıştır.

### 3.3.4. Reolojik analizler

Örneklerin reolojik analizleri reometre (Brookfield R/S plus, Middleboro, MA, ABD) kullanılarak P50 spindle ile Golchoobi vd (2016)'e göre yapılmıştır. Ölçümler 10 °C'de sıcaklıkta ve 10-300 s<sup>-1</sup> kayma hızında gerçekleştirilmiştir.

### 3.3.5. Toplam yağ miktarı

Örneklerin toplam yağ miktarı petrol eteri kullanılarak soxhlet ekstraksiyon yöntemine göre belirlenmiştir (AOCS, 1999). İç yüzeyi folyo ve kaba filtre kağıdı ile

kaplanmış ve darası alınmış petriye 10 g örnek tartılıp 70 °C’de etüvde 24 saat bekletildikten sonra desikatöre alınarak soğutulduktan sonra tartılmıştır. Daha sonra önceden etüve konulmuş ve sabit tartıma getirilmiş kartuşa alınan örnekler soxhlet ekstraktörüne yerleştirilmiş ve üzerine 200 ml petrol eteri eklenmiştir. Soxhlet ekstraktörde 6 saat süren ekstraksiyondan sonra evaporatörde çözgen uzaklaştırılmıştır. Daha sonra yağ içeren cam balon petrol eterini tamamen uzaklaştırmak için 4-5 saat 70 °C’de etüvde bekletilip desikatöre alınmış ve 1 saat bekledikten sonra tartılmıştır. Aşağıdaki eşitlik yardımıyla yağ miktarı hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Yağ miktarı} = [(M_2 - M_1) / M_0] \times 100 \quad (3.3)$$

Eşitlikte;

$M_0$ : Deney numunesinin ağırlığı, g

$M_1$ : Ekstraksiyon balonunun darası, g

$M_2$ : Ekstraksiyondan sonra yağ ve balonun birlikte ağırlığı, g

### 3.3.6. Kolesterol tayini

Mayonezde kolesterol içeriği, Zardetto vd. (2014)’ün belirttiği analiz yöntemi kullanılarak Akdeniz Üniversitesi, Gıda Güvenliği ve Tarımsal Araştırmalar Merkezi’nde hizmet alımı yoluyla yapılmıştır. Soxhlet metoduyla D optimal karışım desenine göre belirlenmiş 17 mayonez örneği, ayçiçek yağı ve yumurtadan yağ ekstrakte edilmiş ve 1 g hassas terazide tartılmıştır. Homojenize edilen örnekler yağlı matrisler için uygun apolar bir çözgen olan n-hekzan ile ekstrakte edildikten sonra azot altında uçurulup asetonitril çözgeni ile tekrar çözüldü. Bu çözgen içerisinde yer alan kolesterol bileşiği UHPLC-MS/MS ile analiz edildi (Çizelge 3.2).

Kolesterol analizi ve tespiti Thermo Scientific Accela UPLC, Thermo Scientific-TSQ Quantum Access Max (Thermo Fisher Scientific Inc. Waltham, Massachusetts, USA) sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Kromatografik değerlendirmeler Xcalibur yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Kromatografik ayırım için analitik kolon olarak Hypersil Gold RP C18 (1.9µm), 50x2.1 mm, (Thermo Fisher Scientific Inc. Waltham, Massachusetts, USA) UHPLC kolonu kullanılmıştır.

**Çizelge 3.2.** Örneklerin kolesterol analizinde uygulanan HPLC (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografi) koşulları

Kolon	Hypersil GOLD RP C18 (1.9µm), 50x2.1 mm
Kolon fırın sıcaklığı	40 °C
Auxiliary gaz basıncı (Arb)	20
Sheath gaz basıncı (Arb)	50
Kapiler sıcaklığı	270 °C
Sprey Voltaj (V)	±3500
Enjeksiyon miktarı	10 µL

### 3.3.7. Renk

Örneklerin depolama süresi boyunca renk değerleri Minolta Colorimeter CR-400 (Konica Minolta, Japonya) renk ölçer cihazı ile ölçülmüştür. Renk, L\* (koyuluk-açıklık), a\* (yeşillik-kırmızılık) ve b\* (mavilik-sarılık) renk parametreleri cinsinden ifade edilmiştir.

### 3.3.8. Mikroskop ile mikroyapı görüntü analizi

Deneme desenine göre elde edilen farklı formülasyondaki mayonezlerin mikroyapı özellikleri Giacintucci vd (2016)'e göre belirlenmiştir. Mikroyapı görüntüleme analizleri üniversitemiz Tıp Fakültesi, Histoloji ve Embriyoloji Anabilim Dalı'nda bulunan Olympus BX41 marka mikroskop kullanılarak yapılmış olup, bu amaçla 50 mg örnek cam tabakaya yayılmış ve mikroskopa bağlı dijital kamera ile görüntüler elde edilmiştir. Ölçümler oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir.

### 3.3.9. Oksidasyon testleri

Mayonez örneklerinin depolama süresince oksidasyona bağlı oluşabilecek ürünleri olan peroksit (PD) ve para-anisidin (p-AD) değerleri ölçülerek toplam oksidasyon değeri (Totox, TO) Eşitlik 3.4'e göre hesaplanmıştır (Li vd. 2014).

$$TO = 2PD + p-AD \quad (3.4)$$

Mayonez örneklerinin p-anisidin ve peroksit değerlerini belirlemek amacıyla örneklerin yağları alınmıştır. Bu amaçla 10 g mayonez 50 mL'lik falkon tüpünde tartılıp -80 °C'de 24 saat bekletildikten sonra oda sıcaklığında 1 saat çözülmeye bırakılmıştır. Örnekler ultrasonik su banyosunda 10 dk bekletilip ardından 10000 g hızda 4 °C'de 10 dk süreyle santrifüj edilmiştir. Ayrılan yağ toplanıp peroksit değeri ve p-anisidin değeri analizlerinde kullanılmıştır.

#### 3.3.9.1. Peroksit değeri

Örneklerin peroksit değeri tayini amacıyla 0.3 g yağ 50 mL'lik erlene tartılıp üzerine 10 mL asetik asit/izooktan (3:2 v/v) eklenerek mayonez yağı tamamen çözülmeye kadar karıştırılmıştır. Üzerine 0.5 mL doymuş KI (potasyum iyodür) eklenerek 1 dk bekleme bırakıldıktan sonra yavaşça çalkalanmıştır. Süre sonunda karışıma 10 mL distile su eklenerek, karışım sodyum tiyosülfat (0.002 N) ile 0.5 mL nişasta (%0.5) indikatörlüğünde titre edilmiştir. Peroksit değeri (PD) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Tontul 2011).

$$PD \text{ (miliekvivalent } O_2/\text{kg yağ)} = (S-B) \times N \times 1000 / \text{Örnek ağırlığı} \quad (3.5)$$

Eşitlikte;

S: Örnek için harcanan sodyum tiyosülfat çözeltisi hacmi (mL)

B: Kör için harcanan sodyum tiyosülfat çözeltisi hacmi (mL)

N: Sodyum tiyosülfatın normalitesi

### 3.3.9.2. p-Anisidin değeri

Örneklerden ekstrakte edilen yağdan yaklaşık 1.5 g tartılıp n-hekzan ile 25 mL'ye seyreltilmiş ve hazırlanan bu çözeltinin absorbansı ( $A_1$ ) n-hekzan varlığında ölçülmüştür. Daha sonra n-hekzan içerisinde hazırlanan yağ çözeltisinden alınan 5 mL çözelti, 1 mL p-Anisidin çözeltisi ile karıştırılmıştır. Aynı şekilde ayrı bir yerde 5 mL hekzan ile 1 mL p-Anisidin çözeltisi karıştırılmıştır. Her iki karışım 10 dakika karanlıkta bekletildikten sonra 350 nm dalga boyunda UV spektrofotometresinde absorbansları ( $A_2$ ) ölçülmüştür (Gölükçü 2006). Para anisidin değeri aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$P-AD=25x[1.2x(A_2-A_1)]/\text{Örnek ağırlığı} \quad (3.6)$$

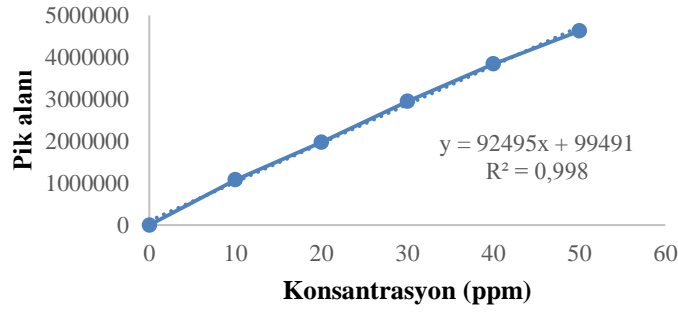
### 3.3.10. $\alpha$ -tokoferol tayini

Örneklerin  $\alpha$ -tokoferol analizi Tangolar vd. (2010)'e göre HPLC ile gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 50 mL'lik falcon tüpü alüminyum folyö ile sarılıp (ışıkta etkilenmemesi için) içerisine 1 g mayonez tartılmıştır. Üzerine 3 mL asetonytril, 1 mL %1 BHT (butilen hidroksi toluen) içeren metanol ve 1 mL 2-propanol eklenmiş ve Ultra-Turax ile homojenize edilmiştir. Homojenizasyon sırasında örneklerin sıcaklığının yükselmesini engellemek için örnekleri içeren falcon tüpleri buz içeren kapların içerisine yerleştirilmiştir. Daha sonra 4200 g hızında 4 °C'de 10 dk süreyle santrifüj edilerek, kaba filtre kağıtından süzölmüş ve elde edilen süzöntüler analiz edilinceye kadar -18 °C'de bekletilmiştir. Analiz öncesinde 0.45  $\mu$ m filtrelerden geçirilen örnekler HPLC (Shimadzu, Japonya)'ye enjekte edilerek, aşağıdaki koşullarda (Çizelge 3.3) analiz edilmiştir

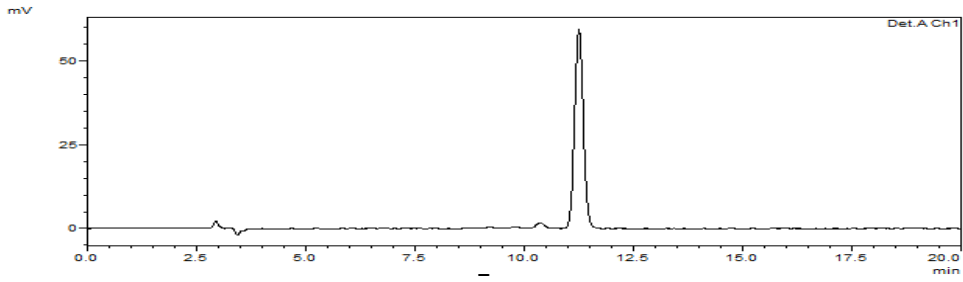
**Çizelge 3.3.** Örneklerin  $\alpha$ -tokoferol analizinde uygulanan HPLC (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografi) koşulları

Kolon	C18 ters faz ( 150x4.6 mm, 5 $\mu$ m partikül boyutu)
Kolon sıcaklığı	40 °C
Mobil faz	İsokratik elüsyon; A=Asetonytril B= Metanol (50:50)
Akış hızı	1 mL/dk
Dedektör	Floresans dedektör, Eksitasyon: 295 nm, Emisyon: 330 nm
Enjeksiyon miktarı	2 $\mu$ L

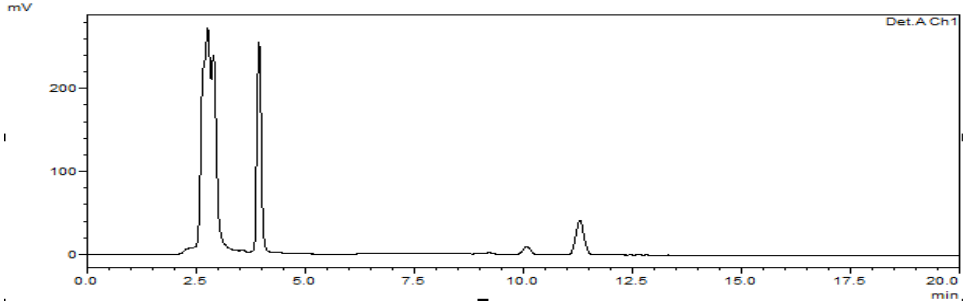
Örneklerde  $\alpha$ -tokoferol tanımlanması standart  $\alpha$ -tokoferol pikinin tutunma zamanı ve benzerlik indeksleri dikkate alınarak yapılmıştır. Ayrıca örneklere standart  $\alpha$ -tokoferol ilave edilerek pik alanlarındaki değişimler dikkate alınarak doğrulanma yapılmıştır. Örneklerdeki  $\alpha$ -tokoferol miktarı, örneklerle aynı koşullarda cihaza enjekte edilen metanolla seyreltilmiş 5 farklı konsantrasyondaki (10, 20, 30, 40 ve 50 ppm)  $\alpha$ -tokoferol standart çözeltileri ile oluşturulan eğri (Şekil 3.4) yardımıyla hesaplanmıştır. Standart  $\alpha$ -tokoferol ve örneğe ait kromatogramlar Şekil 3.5'de gösterilmiştir.



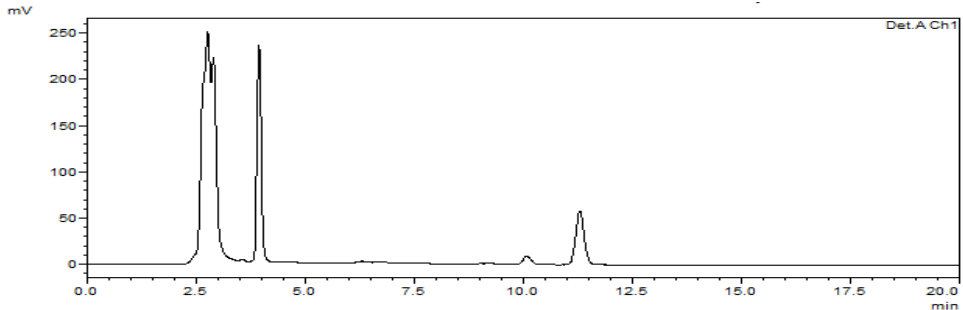
Şekil 3.4. Örneklerin  $\alpha$ -tokoferol miktarlarının hesaplanmasında kullanılan standart eğri



a



b



c

Şekil 3.5.  $\alpha$ -tokoferol çalışmalarına ait kromatogramlar (a: 10 ppm konsantrasyondaki standart  $\alpha$ -tokoferol, b: örnek, c: örnek+ $\alpha$ -tokoferol)

### 3.3.11. Duyusal analiz

Tez kapsamında avokado püresi kullanılarak üretilen mayonez yeni bir ürün olduğundan ürünün tüketiciler tarafından ne oranda beğeni görüp görmeyeceği yapılan duyusal testle belirlenmiştir. Duyusal panel Akdeniz Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü'nde görev yapan araştırmacılarla gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.6). Bu amaçla 6 erkek ve 6 kadın panelist seçilmiş, geleneksel formülasyona ve deneme deseninden elde edilen formülasyona göre üretilen mayonezleri parlaklık, renk, kıvam (kaşıkla), kıvam (ağızda), pürüzsüzlük, ekşilik, tuzluluk, tatlılık, yağlılık, ransit tat, koku, aroma, lezzet ve genel beğeni açısından 1 (aşırı kötü)-9 (mükemmel) arasında puanlamaları istenmiştir. Değerlendirilmesi istenen bu kriterler Wendin vd. (1999) tarafından mayonezde yapılan duyusal analiz göz önünde bulundurularak seçilmiştir. Puanlama skalasında her bir rakamın karşılık geldiği skala form üzerinde belirtilmiştir. Ayrıca panelistlerden avokado püresi kullanılarak üretilen mayonezi satın alıp/almayacakları ile ürün hakkındaki düşünce ve önerilerini formdaki (Çizelge 3.4) ilgili alanlara yazmaları istenmiştir.

**Çizelge 3.4.** Duyusal analiz formu

	Geleneksel mayonez	Avokadolu mayonez
Parlaklık		
Renk		
Kıvam(Kaşıkla)		
Kıvam(Ağızla)		
Pürüzsüzlük		
Ekşilik		
Tuzluluk		
Tatlılık		
Yağlılık		
Ransit Tat		
Koku		
Aroma		
Lezzet		
Genel Beğeni		

Avokadolu mayonez satın alırım

Avokadolu mayonez satın almam

Beğeni ile ilgili puan skalası: 9 Puan: Mükemmel; 8 Puan: Çok iyi; 7 Puan: İyi; 6 Puan: İyinin altı ortanın üstü; 5 Puan: Orta; 4 Puan: Ortanın altı kötünün üstü; 3 Puan: Kötü; 2 Puan: Çok kötü; 1 Puan: Aşırı kötü



**Şekil 3.6.** Duyusal panelde kullanılan örnekler ve panelden bir görüntü

### 3.3.12. İstatistiksel analiz

En uygun ürün formülasyonu Design Expert 7.0 (Stat-Ease Co., Mineapolis, ABD) paket programı ile karışım metodu kullanılarak D-Optimal karışım desenine göre belirlenmiştir. Burada ürün formülasyonunda kullanılan yağ, yumurta sarısı ve avokado püresi oranları bağımsız değişkenler olarak seçilerken, cevap değişkenleri olarak seçilen yağ miktarı, kolesterol miktarı ve parçacık boyutunu (D[4,3]) minimize eden; viskozite, kıvam indeksi ( $K$ ) ve emülsiyon kararlılığını ise maksimize eden desen optimum formülasyon olarak belirlenmiştir. Optimum formülasyonda ve geleneksel formülasyona göre üretilen mayonezlerde depolama sırasındaki yapılan analizlerden elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuş olup, önemli bulunan farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile ortaya koyulmuştur. İstatistiki hesaplamalar SAS Institute (Cary, NC, ABD) tarafından hazırlanan “The SAS system for Windows V7” isimli istatistiksel yazılım kullanılarak yapılmıştır.



## 4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

### 4.1. Avokado Püresi Kullanılarak Optimum Mayonez Formülasyonunun Belirlenmesi

Bu tez kapsamında geleneksel mayoneze alternatif bir ürün olarak yumurta sarısı yerine avokado püresi kullanılarak düşük kolestrol ve yağ içeriğine sahip mayonez üretimi gerçekleştirilmek amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda karışım desenine göre Çizelge 4.1’de belirtilen parametreler cevap olarak değerlendirilmiş ve Design Expert 7 yazılımı kullanılarak sonuçların farklı modellere uygunluğu test edilmiştir. Çalışmadaki temel amaç düşük yağ ve kolestrol içerikli ürün olduğu için yağ ve kolestrol miktarları ile birlikte mayoneze özgü bazı kalite özellikleri (emülsiyon kararlılığı, viskozite, kıvam indeksi ( $K$ ) ve  $D[4,3]$  değeri) cevap olarak seçilmiştir. Programda analiz edilen modeller doğrusal, kuadratik, kübik ve özel kübik modeller olup, tüm cevaplar bu modellere göre test edilmiştir. En uygun model seçimi, en düşük tahmin edilen kareler toplamı ile standart sapma ve düzeltilmiş  $R^2$  ile regresyon katsayısına göre yapılmıştır. İstatistiksel açıdan önemlilik ifade eden  $P$  değeri ve önemsiz uyum eksikliği (lack of fit)’ne de değerlendirme yapılırken dikkat edilmiştir. Uygun olarak seçilen modeller Çizelge 4.1’de ve bu modellerin katsayıları Çizelge 4.2’de verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Karışım desenine göre analiz edilen cevaplar için seçilen modeller ve istatistiksel analiz sonuçları

Analiz edilen parametre	Uygun model	$P$ değeri	Uyum eksikliği	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$
Yağ miktarı	Doğrusal	< 0.0001	0.9389	0.9951	0.9944
Kolesterol miktarı	Kübik	<0.0001	0.9338	0.9980	0.9954
Viskozite	Kübik	<0.0004	0.0285	0.9859	0.9678
$K$	Kübik	<0.0001	0.0167	0.9990	0.9978
$D[4,3]$	Kübik	<0.0009	<0.0001	0.9877	0.9719
Emülsiyon kararlılığı	Kuadratik	<0.0002	< 0.0001	0.9076	0.8656

Avokado püresi kullanılarak mayonez üretiminde formülasyon optimizasyonu çalışmasında cevap olarak kullanılan parametrelerden herhangi bir modelle ifade edilebilen ve önemli bulunan parametreler optimum formülasyonun belirlenmesinde kullanılmıştır. Bu kapsamda emülsiyon kararlılığını, viskoziteyi ve kıvam indeksi ( $K$ ) değerini maksimize eden,  $D[4,3]$  değerini, yağ miktarını ve kolesterol miktarını minimize eden formülasyon optimum formülasyon olarak istenirlik fonksiyonu üzerinden belirlenmiştir.

**Çizelge 4.2.** İstatistiksel açıdan herhangi bir modelle ifade edilen parametrelerin model katsayıları

Analiz edilen parametre	A	B	C	AB	AC	BC	AB(A-B)	AC(A-C)	BC(B-C)	ABC
Yağ miktarı	42.06**	74.35**	77.87**							
Kolesterol miktarı	678.56**	-58164.60**	686.49**	96265.58**	26.92	96947.35**	-87248.4**	-42855.60	37.54**	44278.24**
Viskozite değeri	4.32**	1175.91**	11.33**	-2059.30*	-6.72*	-1973.10*	1022.56*	-29.96**	-725.63	1823.04*
K değeri	39.57**	23343.28**	174.55**	-40066.2**	-164.88**	-39278.8**	18370.77**	-358.94**	-14937.7**	34823.6**
D[4,3] değeri	4.27**	-6977.28**	2.62**	12065.13	3.64	12240.52	-5507.24	310.59**	4416.25	-12066.31
Emülsiyon kararlılığı	94.05**	139.83**	95.12**	-20.66	70.25	-445.73				

\* ;  $P < 0.05$ , \*\* ;  $P < 0.01$

Çizelge 4.3’de ise D-Optimal Dizayn karışım planı izlenerek elde edilen mayonez örneklerinin toplam yağ miktarı, kolesterol miktarı, viskozite, kıvam indeksi ( $K$ ),  $D[4,3]$  ve emülsiyon kararlılığı değerleri verilmiştir. Her bir test edilen parametreye ait sonuçlar ayrı başlıklar altında detaylı olarak tartışılmıştır.

**Çizelge 4.3.** Karışım desenine göre elde edilen mayonezlerin toplam yağ miktarı, kolesterol miktarı, viskozite,  $K$ ,  $D[4,3]$  ve emülsiyon stabilitesi değerlerine ait sonuçlar

Desen No	Bağımsız değişkenler			Cevap değişkenleri					
	Yağ (%)	Yumurta sarısı (%)	Avokado püresi (%)	Yağ miktarı (%)	Kolesterol (mg/kg)	Viskozite (Pa.s)	$K$ değeri (Pa.s <sup>n</sup> )	$D[4,3]$ değeri (µm)	Emülsiyon kararlılığı (%)
1	57.50	5.00	22.500	62.65	301.88	5.07	41.77	4.95	93.22
2	35.00	10.00	40.000	42.71	668.80	4.48	40.44	4.92	97.75
3	35.00	10.00	40.000	42.18	688.17	4.27	38.28	5.50	95.12
4	75.00	0	10.00	77.98	0	1.04	1.00	140.59	25.72
5	46.25	7.50	31.25	51.43	444.7	8.86	103.71	2.49	97.39
6	57.50	5.00	22.50	63.04	356.69	6.12	41.77	3.88	96.29
7	57.50	5.00	22.50	59.75	305.65	5.62	45.30	3.00	92.38
8	45.00	0	40.00	50.42	0	6.75	76.07	2.97	97.58
9	75.00	0	10.00	77.40	0	0.39	2.44	143.28	28.38
10	75.00	10.00	0	77.04	703.19	11.58	173.55	2.43	100
11	66.25	7.50	11.25	68.89	424.37	5.52	51.48	6.17	97.18
12	55.00	10.00	20.00	60.47	689.40	6.05	66.24	2.61	96.24
13	55.00	0	30.00	59.41	0	5.99	63.90	4.16	91.83
14	75.00	5.00	5.00	77.33	301.91	0.38	1.00	102.05	30.89
15	45.00	0	40.00	49.15	0	7.02	75.26	3.20	98.86
16	75.00	10.00	0	78.46	669.81	11.07	175.58	2.69	100
17	65.00	0	20.00	67.34	0	4.33	68.19	2.61	49.09

Çizelge 4.3 incelendiğinde karışım desenine göre yapılan üretimlerden elde edilen mayonezlerin yağ miktarlarının %42.18-78.46; kolesterol miktarlarının 0-703.19 mg/kg; viskozite değerlerinin 0.38-11.58 Pa.s;  $K$  değerlerinin 1.00-175.58 Pa.s<sup>n</sup>;  $D[4,3]$  değerlerinin 2.43-143.28 µm ve emülsiyon kararlılıklarının ise %28.38-100 arasında değiştiği görülmektedir.

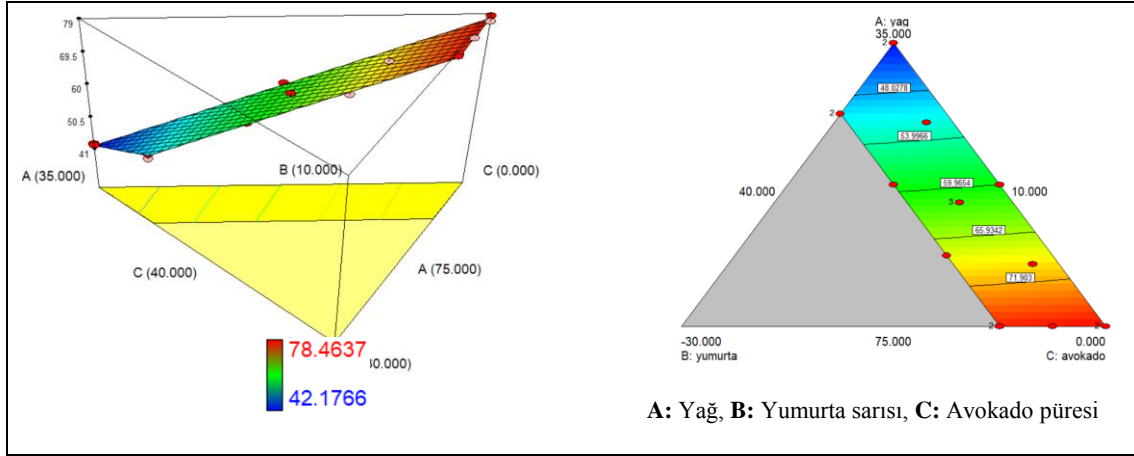
#### 4.2. Karışım Desenine göre Üretilen Mayonezlerin Yağ Miktarları

D-Optimal karışım desenine göre üretilen mayonezlerin toplam yağ miktarı değerleri Çizelge 4.4'de verilmiş, Design Expert programı kullanılarak elde edilen grafikler Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Çizelge incelendiğinde örneklerin yağ miktarı değerlerinin %42.18-78.46 arasında değiştiği görülmektedir.

**Çizelge 4.4.** Örneklerin yağ miktarı sonuçları

Desen	Bağımsız değişkenler			Cevap değişkeni
	Yağ (%)	Yumurta sarısı (%)	Avokado püresi (%)	Toplam yağ miktarı (%)
1	57.50	5.00	22.50	62.65
2	35.00	10.00	40.00	42.71
3	35.00	10.00	40.00	42.18
4	75.00	0	10.00	77.98
5	46.25	7.50	31.25	51.43
6	57.50	5.00	22.50	63.04
7	57.50	5.00	22.50	59.75
8	45.00	0	40.00	50.42
9	75.00	0	10.00	77.40
10	75.00	10.00	0	77.04
11	66.25	7.50	11.25	68.89
12	55.00	10.00	20.00	60.47
13	55.00	0	30.00	59.41
14	75.00	5.00	5.00	77.33
15	45.00	0	40.00	49.15
16	75.00	10.00	0	78.46
17	65.00	0	20.00	67.34

Şekil 4.1 incelendiğinde örneklerin yağ miktarlarının formülasyondaki yağ, yumurta ve avokado püresi oranlarının artmasıyla arttığı görülmektedir. Yağ miktarının ürün formülasyonuna göre en iyi doğrusal modelle ifade edilebildiği (Çizelge 4.1), yağ miktarı üzerine tüm değişkenlerin doğrusal faktörlerinin önemli derecede etkili olduğu görülmüştür (Çizelge 4.2). Beklenen bir sonuç olarak formülasyonda yağ oranının artmasıyla örneklerin yağ miktarı değerlerinin arttığı belirlenmiştir. En yüksek yağ içeriğine sahip örneğin (%78.46) geleneksel mayonez üretimi formülasyonu olan 16 nolu karışım desenine (%75 yağ ve %10 yumurta) göre üretilen mayonezin, en düşük yağ içeriğine sahip örneğin ise 3 nolu karışım desenine (%35 yağ, 10 yumurta, 40 avokado püresi ve 15 diğer bileşenler) göre üretilen mayonezin sahip olduğu görülmüştür. Literatürde tam yağlı mayonezin yağ içeriğinin %70-80 arasında değiştiği bildirilmektedir (Liu vd 2007, Nikzade vd 2012). Nitekim elde edilen sonuçlar literatür ile uyumluluk göstermektedir. Yağ içeriği %65'in altında olan mayonezler düşük yağlı mayonez olarak adlandırılmakta (Ma ve Boye 2013) olup, çalışmamızda elde edilen mayonezlerin büyük bir kısmının bu tanımlamaya uyduğu görülmektedir.



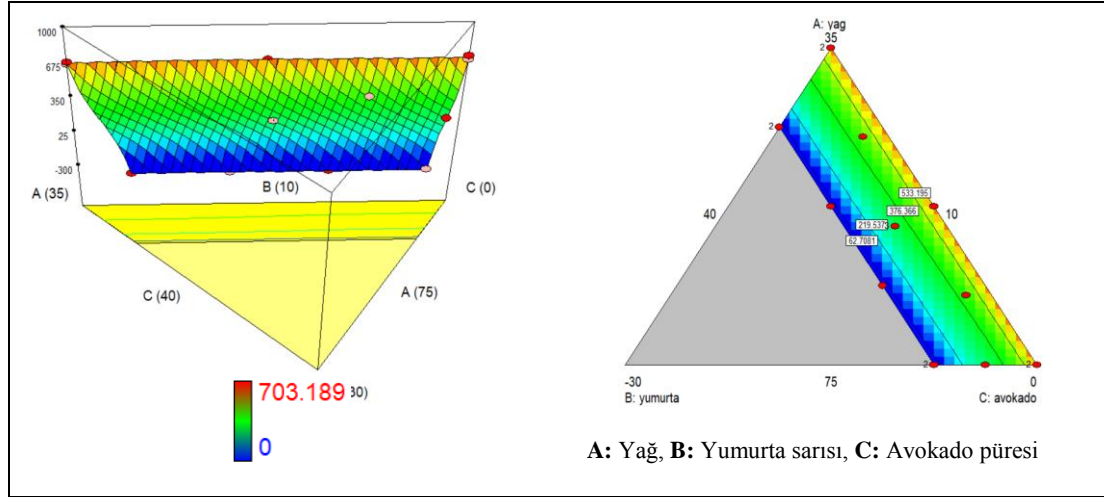
**Şekil 4.1.** Örneklerin yağ miktarının formülasyondaki yağ, yumurta sarısı ve avokado püresi oranlarına göre değişimi

### 4.3. Karışım Desenine göre Üretilen Mayonezlerin Kolesterol Miktarları

D-Optimal karışım desenine göre üretilen mayonezlerin kolesterol miktarı değerleri Çizelge 4.5’de verilmiş, Design Expert programı kullanılarak elde edilen grafikler Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Çizelge incelendiğinde örneklerin kolesterol miktarı değerlerinin 0-703.19 mg/kg arasında değiştiği görülmektedir.

**Çizelge 4.5.** Örneklerin kolesterol miktarı sonuçları

Desen	Bağımsız değişkenler			Cevap değişkeni
	Yağ (%)	Yumurta sarısı (%)	Avokado püresi (%)	Kolesterol miktarı (mg/kg)
1	57.50	5.00	22.50	301.88
2	35.00	10.00	40.00	668.80
3	35.00	10.00	40.00	688.17
4	75.00	0	10.00	0
5	46.25	7.50	31.25	444.78
6	57.50	5.00	22.50	356.70
7	57.50	5.00	22.50	305.66
8	45.00	0	40.00	0
9	75.00	0	10.00	0
10	75.00	10.00	0	703.19
11	66.25	7.50	11.25	424.37
12	55.00	10.00	20.00	689.40
13	55.00	0	30.00	0
14	75.00	5.00	5.00	301.91
15	45.00	0	40.00	0
16	75.00	10.00	0	669.81
17	65.00	0	20.00	0



**Şekil 4.2.** Örneklerin kolesterol miktarının formülasyondaki yağ, yumurta sarısı ve avokado püresi oranlarına göre değişimi

Şekil 4.2 incelendiğinde örneklerin kolesterol miktarlarının formülasyondaki yumurta sarısı miktarının artmasıyla arttığı görülmektedir. Kolesterol miktarı üzerine formülasyondaki yağ ve avokado püresi miktarlarının interaksiyonlarını içeren faktörler dışındaki diğer tüm doğrusal ve interaksiyonel faktörlerin önemli derecede etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Piironen vd. (2002), Finlandiya’da tüketilen gıdaların kolesterol içeriklerinin belirlenmesine yönelik yaptıkları çalışmada mayonezin kolesterol içeriğinin 9.5 mg/100 g olduğunu belirlemişlerdir. Sonuçlar incelendiğinde çalışmamızda geleneksel formülasyona göre üretilen mayonezlerin kolesterol içeriklerinin 703.19 mg/kg (Desen 10) ve 669.81 mg/kg (Desen 16) olarak belirlendiği görülmekte olup, bu değerler 70.32 mg/100 g ve 66.98 mg/100g’a eşdeğer gelmektedir. Aradaki farklılığın üretimde kullanılan yumurta sarısının kolesterol içeriği ve miktarındaki farklılıktan ileri gelebileceği düşünülmektedir. Yukarıda belirtilen çalışmada ticari olarak satışa sunulan materyal kullanıldığı için örneğin yumurta sarısı miktarı konusunda bir bilgi bulunmamaktadır. Yumurta sarısı en yüksek kolesterol içeren gıdalardan biri olup, mayonezdeki kolesterol miktarı içeriğindeki yumurta sarısından ileri gelmektedir. Bu tez kapsamında kullanılan pastörize yumurta sarısının kolesterol içeriği 8240.10 mg/kg olarak belirlenmiştir. Farklı türdeki kanatlı hayvanların yumurtalarının kolesterol içeriğinin belirlenmesini konu alan çalışma sonucunda yumurta sarısının kolesterol içeriğinin 12.77-21.99 mg/g arasında değiştiği rapor edilmiştir (Bair ve Marion 1978). Çalışmamızda kullanılan yumurta sarısının 8.24 mg/g kolesterol içerdiği göz önünde bulundurulduğunda sonucun literatürle uyumlu olduğu söylenebilir. Rahbari vd. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada buğday embriyo proteinlerinin ve ksantan gaminin kolestrolü azaltılmış mayonez üretiminde yumurta sarısı yerine kullanılabilirliği araştırılmıştır. Üretim formülasyonunda %9 oranında yumurta sarısı kullanılan mayonezlerin 63.37 mg/100 g kolestrol içerdikleri, yumurta sarısı kullanılmadan üretilen örneklerde kolesterol tespit edilemediği ve kullanılan yumurta sarısı miktarının artmasına bağlı olarak örneklerin kolesterol içeriklerinin arttığı bildirilmiştir. Benzer şekilde çalışmamızda %10 yumurta sarısının kullanıldığı örneklerde kolesterol içeriği 66.88-70.32 mg/100 g arasında belirlenirken, yumurta

sarısının kullanılmadığı örneklerde kolesterol tespit edilememiş ve yumurta sarısı miktarı formülasyonda arttıkça kolesterol miktarı artış göstermiştir.

#### 4.4. Karışım Desenine göre Üretilen Mayonezlerin Reolojik Özellikleri

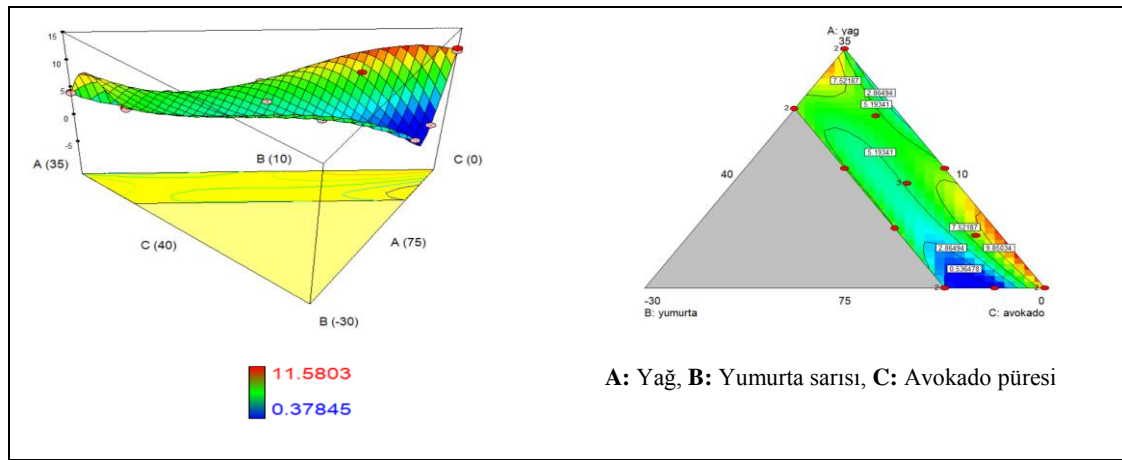
Çalışmada karışım desenlerine göre üretilen farklı formülasyonlardaki mayonezlerin reolojik ölçümleri yapılmış ve bu ölçüm sonucunda elde edilen viskozite ile kıvam indeksi ( $K$ ) değerleri Çizelge 4.6'da verilmiştir. Ayrıca Design Expert programı kullanılarak elde edilen bağımsız değişkenlerin viskozite ve  $K$  değerlerine olan etkisi Şekil 4.3 ve 4.4'de gösterilmiştir. Çizelge incelendiğinde örneklerin viskozite değerlerinin 0.38-11.58 Pa.s arasında;  $K$  değerlerinin ise 1.00-175.58 Pa.s<sup>n</sup> arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek viskozite (11.58 Pa.s) ve  $K$  (175.58 Pa.s<sup>n</sup>) değeri geleneksel formülasyona göre üretilen mayonez örneğinde belirlenmiştir. Çizelgeden en düşük viskozite ve  $K$  değerleri ise 4, 9 ve 14 nolu karışım desenine göre üretilen örneklerden elde edilmiş gibi görülse de bu örneklerin emülsiyon yapısı üretimi takiben çok kısa zamanda bozulmuştur. Bu bakımdan en düşük viskozite (4.27 Pa.s) ve  $K$  (38.28 Pa.s<sup>n</sup>) değerlerinin 3 nolu karışım desenine göre %35 yağ, %10 yumurta sarısı ve %10 avokado püresi kullanılarak üretilen örnekte belirlendiği söylenebilir.

**Çizelge 4.6.** Örneklerin viskozite ve kıvam indeksi ( $K$ ) değerleri

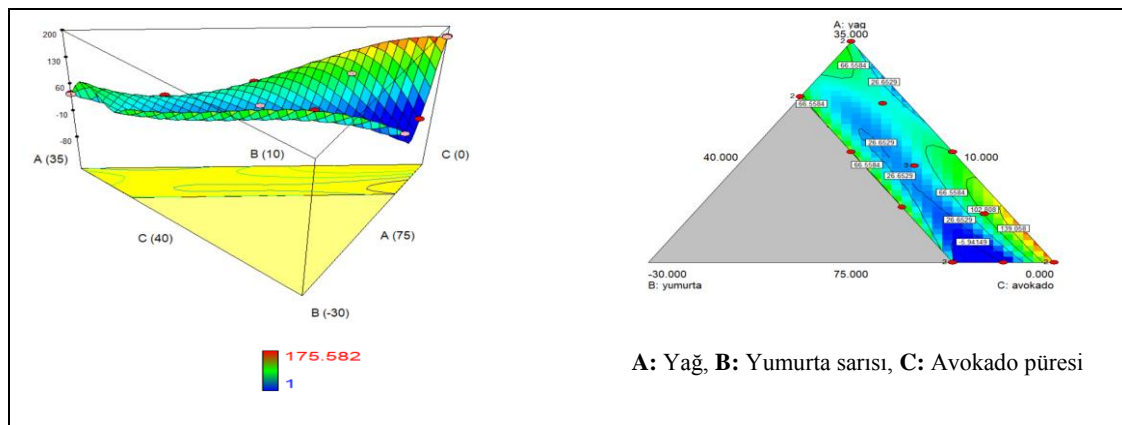
Desen	Bağımsız değişkenler			Cevap değişkenleri	
	Yağ (%)	Yumurta sarısı (%)	Avokado püresi (%)	Viskozite (Pa.s)	$K$ değeri (Pa.s <sup>n</sup> )
1	57.50	5.00	22.50	5.07	41.77
2	35.00	10.00	40.00	4.48	40.44
3	35.00	10.00	40.00	4.27	38.28
4	75.00	0	10.00	1.04	1.00
5	46.25	7.50	31.25	8.86	103.71
6	57.50	5.00	22.50	6.12	41.77
7	57.50	5.00	22.50	5.62	45.30
8	45.00	0	40.00	6.75	76.07
9	75.00	0	10.00	0.39	2.44
10	75.00	10.00	0	11.58	173.55
11	66.25	7.50	11.25	5.52	51.48
12	55.00	10.00	20.00	6.05	66.24
13	55.00	0	30.00	5.99	63.90
14	75.00	5.00	5.00	0.38	1.00
15	45.00	0	40.00	7.02	75.26
16	75.00	10.00	0	11.07	175.58
17	65.00	0	20.00	4.33	68.19

Örneklerin viskozite ve  $K$  değerleri üzerine doğrusal faktörlerin  $P<0.01$  seviyesinde etkili olduğu görülürken, değişkenlerin interaksiyonlarının viskozite değerlerine  $P<0.05$ ,  $K$  değerlerine ise  $P<0.01$  seviyesinde etkili olduğu belirlenmiştir.

(Çizelge 4.2). Şekil 4.3 ve 4.4 incelendiğinde mayonez örneklerinin reolojik özelliklerine ait parametreleri olan viskozite ve  $K$  değerlerinin benzer bir seyir gösterdiği görülmektedir. Nitekim reolojik ölçümlerin sonucu olarak kıvam indeksinin azalması ya da artması, viskozitenin de aynı şekilde değişimine neden olmaktadır. Formülasyonda yağ miktarının fazla ve avokado püresi miktarının az olması durumunda yumurta sarısının reolojik parametrelere etkisi oldukça yüksek bulunmuştur. Formülasyondaki yağ miktarının yaklaşık %35-40 olduğu durumda maksimum avokado püresi kullanılırsa, yumurta sarısı miktarının artması ile viskozite ve  $K$  değerleri artış göstermektedir. Bu durum avokado püresinden gelen yağ ile birlikte formülasyondaki toplam yağ miktarının artmasından kaynaklanmaktadır. maksimum yumurta sarısı kullanılması durumunda Formülasyonda yağ miktarı arttıkça yumurta ve avokado püresinin de artmasına bağlı olarak reolojik sonuçlara ait değerlerinin arttığı belirlenmiştir.



**Şekil 4.3.** Örneklerin viskozite değerlerinin formülasyondaki yağ, yumurta sarısı ve avokado püresi oranlarına göre değişimi



**Şekil 4.4.** Örneklerin  $K$  değerlerinin formülasyondaki yağ, yumurta sarısı ve avokado püresi oranlarına göre değişimi



Tüm karışım desenlerine göre üretilen örneklerin akış karakteristiklerinin genel olarak en iyi Herschel-Bulkley modele (Eşitlik 4.1) uyumlu olduğu ve modele göre değerlerin yüksek bir korelasyon ( $R^2$ ; 0.963-0.991) gösterdiği görülmüştür. Eşitlikte  $\tau$ ; kayma gerilimi (Pa),  $\tau_0$ ; akma gerilimi (Pa),  $\gamma$ ; kayma hızı (1/s),  $n$ ; akış davranış indeksi ve  $K$ ; kıvam indeksini ifade etmektedir.

$$\tau = \tau_0 + K(\dot{\gamma})^n \quad (4.1)$$

Akış davranış indeksi ( $n$ ) akışkanların kayma ile incelen ya da kalınlaşan olup olmadığını belirtmektedir. Çalışmamızda tüm karışım desenlerindeki formülasyonlarda elde edilen örneklerin  $n$  değerleri 0.048-0.41 arasında bulunmuş olup, mayonezlerin Newtonsu olmayan, zamana bağlı ve kaymayla incelen (psödoplastik) davranış gösterdiği tespit edilmiştir. Mun vd. (2009), pirinç nişastası ve ksantan gamin mayonez üretiminde kullanımını araştırdıkları çalışma sonucunda mayonezlerin psödoplastik davranış gösterdiğini ve örneklerin reolojik parametrelerinin Herschel-Bulkley modele yüksek korelasyonla uyumlu olduğunu rapor etmişlerdir. İnulinin mayonez üretiminde yağ ikamesi olarak kullanımını konu alan bir çalışmada mayonezlerin Herschel-Bulkley modele uyumlu olduğu,  $n$  değerlerinin 0.3-0.6 arasında olması sebebiyle mayonezlerin psödoplastik davranış gösterdiği ve  $K$  değerlerinin 11-117 Pa.s<sup>n</sup> arasında olduğu belirtilmiştir (Farahmand 2014). Thaiudom ve Khantarat (2011) tarafından düşük yağlı mayonez üretiminde nişasta türevinin kullanılmasının araştırıldığı çalışma sonucunda da örneklerin viskozite değerlerinin 0.94-4.89 Pa.s arasında değiştiği bulunmuştur. Buğday embriyo proteinlerinin ve ksantan gamin kolestrolü azaltılmış mayonez üretiminde yumurta sarısı yerine kullanılabilirliğinin araştırıldığı bir çalışmada mayonez örneklerinin viskozite değerlerinin 2.81-4.17 Pa.s;  $K$  değerlerinin 21.59 ve 135.2 Pa.s<sup>n</sup> arasında olduğu bildirilmiştir (Rahbari vd. 2015). Literatürde rapor edilen değerlerin çalışmamızda elde edilen değerlerle uyumluluk gösterdiği görülmüştür.

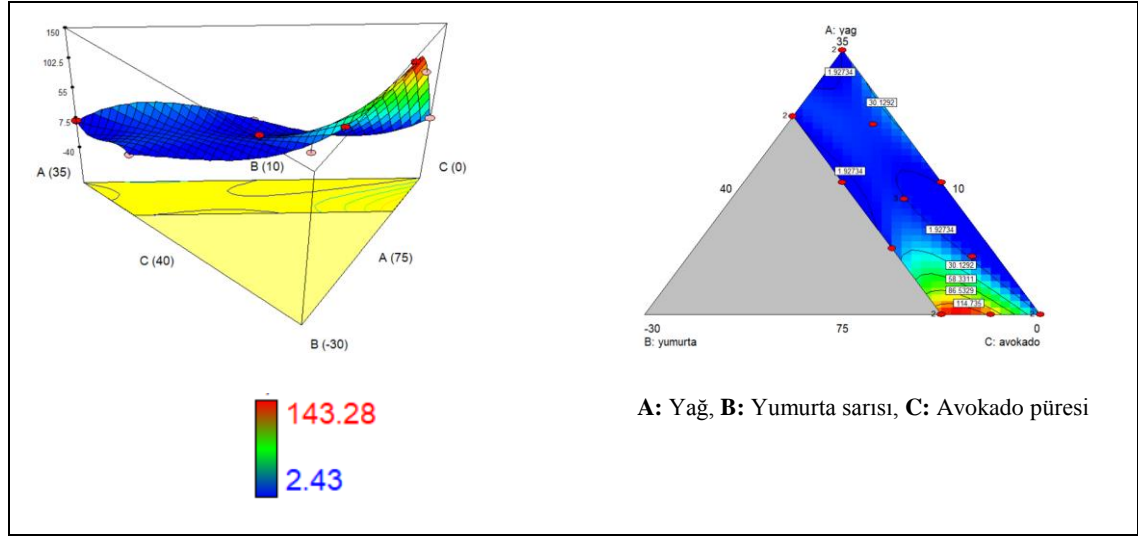
#### 4.5. Karışım Desenine göre Üretilen Mayonezlerin Partikül Boyutu (D[4,3] değeri)

Mayonezdeki emülsiyon yapısının ortaya koyulmasındaki en önemli sayısal verilerden biri olan D[4,3] değeri, örnekteki yağ damlacıklarının boyutu hakkında fikir vermekte olup, hacimsel ağırlıklı ortalama parçacık boyutunu ifade etmektedir. D-Optimal karışım desenine göre üretilen mayonezlerin  $D_{4,3}$  değerleri Çizelge 4.7’de verilmiş, Design Expert programı kullanılarak elde edilen grafikler Şekil 4.5’de gösterilmiştir. Çizelge incelendiğinde örneklerin D[4,3] değerlerinin 2.43-143.28  $\mu\text{m}$  arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek D[4,3] değerlerinin belirlendiği örnekler olan 14 (102.05  $\mu\text{m}$ ), 4 (140.59  $\mu\text{m}$ ) ve 9 (143.28  $\mu\text{m}$ ) nolu karışım desenine göre üretilen örneklerde emülsiyonun oluşturulduktan sonra kısa bir zaman içerisinde kırıldığı için partikül boyutları oldukça yüksek bulunmuştur. En düşük D[4,3] değeri 2.43  $\mu\text{m}$  olarak geleneksel formülasyona göre üretilen örneklerde belirlenmiştir.

**Çizelge 4.7.** Örneklerin D[4,3] değerleri ( $\mu\text{m}$ )

Desen	Bağımsız değişkenler			Cevap değişkeni
	Yağ (%)	Yumurta sarısı (%)	Avokado püresi (%)	D[4,3] değerleri ( $\mu\text{m}$ )
1	57.50	5.00	22.50	4.95
2	35.00	10.00	40.00	4.92
3	35.00	10.00	40.00	5.50
4	75.00	0	10.00	140.59
5	46.25	7.50	31.25	2.49
6	57.50	5.00	22.50	3.88
7	57.50	5.00	22.50	3.00
8	45.00	0	40.00	2.97
9	75.00	0	10.00	143.28
10	75.00	10.00	0	2.43
11	66.25	7.50	11.25	6.17
12	55.00	10.00	20.00	2.61
13	55.00	0	30.00	4.16
14	75.00	5.00	5.00	102.05
15	45.00	0	40.00	3.20
16	75.00	10.00	0	2.69
17	65.00	0	20.00	2.61

Şekil 4.5’de görüldüğü üzere formülasyondaki yağ, yumurta sarısı ve avokado püresi miktarları arttıkça örneklerin partikül boyutu küçülmektedir. Partikül boyutu üzerine değişkenlerin doğrusal faktörlerinin önemli derecede etkili olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.2). Şekil incelendiğinde formülasyondaki yumurta sarısı ve avokado püresi miktarının birlikte artmasıyla D[4,3] değerinin azaldığı görülmektedir. Ayrıca formülasyondaki yumurta sarısının minimum olduğunda kullanılan avokado püresinin yaklaşık %15’den fazla olması durumunda D[4,3] değeri azalmaktadır. Bu durumun yumurta sarısı ve avokado püresindeki fosfolipit miktarlarının farklılığından ve yumurta sarısının avokado püresine göre daha fazla miktarda fosfolipit ihtiva etmesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Nitekim çalışmada kullanılan avodo püresi ve yumurta sarısı örneklerinin fosfolipit miktarı analiz edilmiş ve bu değerler sırasıyla %2.36 ve %6.39 olarak belirlenmiştir. Ayrıca fosfolipitler içerisinde fosfatidilkolinin diğer fosfolipit çeşitlerine göre emülsiyon kapasitesinin daha yüksek olduğu, avokado püresi fosfolipitlerinin 1/3’ü fosfatidilkolinden oluşurken bu oranın yumurta sarısında 3/4 olduğu bildirilmiştir (Takenaga 2008; Blesso 2015).



**Şekil 4.5.** Örneklerin D[4,3] değerlerinin formülasyondaki yağ, yumurta sarısı ve avokado püresi oranlarına göre değişimi

Mayonezde yağ zerreciklerinin boyutu küçüldükçe mayonez daha iyi bir reolojik özellik gösterirken, emülsiyon kararlılığı da daha iyi olmaktadır. Çalışmamızda D[4,3] değerlerinin daha küçük olduğu örneklerin viskozite ve kıvam indeksi değerlerinin daha yüksek olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.3). Thaiudom ve Khantarat (2011) tarafından düşük yağlı mayonez üretiminde nişasta türevinin kullanılmasının araştırıldığı çalışma sonucunda da örneklerin D[4,3] değerleri 2.16-10.14  $\mu\text{m}$  arasında belirlenmiştir. Yıldırım vd. (2011) farklı kıvam arttırıcı maddeler kullanarak yaptıkları çalışmada mayonez örneklerinin D[4,3] değerlerinin 7.22-249.68  $\mu\text{m}$  arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Ariizumi vd. (2017) tarafından yapılan ve mayonez üretiminde yumurta sarısı ile birlikte akının da kullanılmasının ürünün fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışma sonucunda örneklerin D[4,3] değerlerinin 3.4-15.1  $\mu\text{m}$  arasında değiştiği belirlenmiştir. Tez kapsamında elde edilen verilerin literatürle uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır.

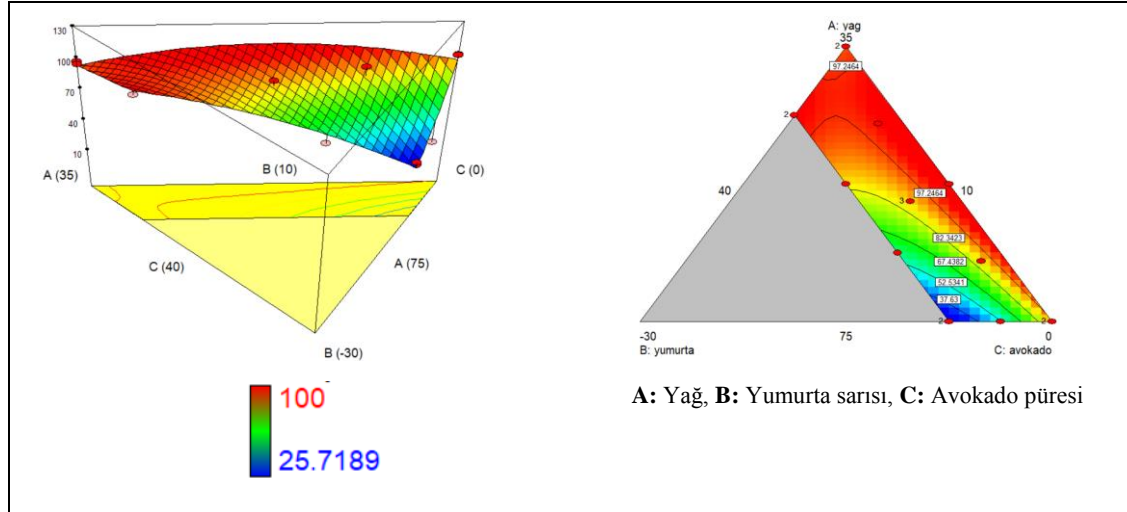
#### 4.6. Karışım Desenine göre Üretilen Mayonezlerin Emülsiyon Kararlılığı

D-Optimal karışım desenine göre üretilen mayonezlerin emülsiyon kararlılığı değerleri Çizelge 4.8’de verilmiş, Design Expert programı kullanılarak elde edilen grafikler Şekil 4.6’da gösterilmiştir. Çizelge incelendiğinde örneklerin emülsiyon kararlılığı değerlerinin %26.72-100 arasında değiştiği görülmekte ise de 4, 9 ve 14 nolu desende belirtilen formülasyonlar kullanılarak elde edilen örneklerde emülsiyonun kısa bir süre içerisinde kırıldığı dikkate alındığında örneklerin emülsiyon kararlılığı değerlerinin %49.09-100 arasında değiştiği söylenebilir.

**Çizelge 4.8.** Örneklerin emülsiyon kararlılığı sonuçları

Desen	Bağımsız değişkenler			Cevap değişkeni
	Yağ (%)	Yumurta sarısı (%)	Avokado püresi (%)	Emülsiyon kararlılığı (%)
1	57.50	5.00	22.50	93.22
2	35.00	10.00	40.00	97.75
3	35.00	10.00	40.00	95.12
4	75.00	0	10.00	26.72
5	46.25	7.50	31.25	97.39
6	57.50	5.00	22.50	96.29
7	57.50	5.00	22.50	92.38
8	45.00	0	40.00	97.98
9	75.00	0	10.00	28.38
10	75.00	10.00	0	99.52
11	66.25	7.50	11.25	97.18
12	55.00	10.00	20.00	96.24
13	55.00	0	30.00	91.83
14	75.00	5.00	5.00	30.89
15	45.00	0	40.00	98.24
16	75.00	10.00	0	100
17	65.00	0	20.00	49.09

Örneklerin emülsiyon kararlılıklarının formülasyona giren bağımsız değişkenler olan yağ, yumurta sarısı ve avokado püresine göre en iyi kuadratik modelle ifade edilebildiği ve kararlılık üzerine tüm değişkenlerin doğrusal faktörlerinin önemli derecede etki ettiği belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Şekil 4.2'den de görüleceği üzere formülasyondaki yumurta sarısı ve avokado püresi miktarlarının artması ve yağ miktarının azalmasıyla emülsiyon kararlılıklarının arttığı belirlenmiştir. Yağ miktarının düşük olması durumunda avokado püresi ve yumurta sarısı miktarları birlikte arttırılırsa emülsiyon stabilitesi maksimum seviyeye ulaşmaktadır. Yumurtanın minimum düzeyde olduğu durumda maksimum emülsiyon kararlılığının sağlanması için formülasyondaki avokado püresi miktarının en az yaklaşık %25-30 olması gerekmektedir (Şekil 4.6). Şekil 4.6'dan formülasyondaki yüksek yağ içeriklerinde (%70) avokado püresi miktarının da artması durumunda emülsiyon kararlılığının minimum olacağı anlaşılmaktadır. Bu durum avokado püresinden de gelen yağ ile birlikte toplam yağın artmasından ve emülsiyonun sağlanabilmesi için daha fazla miktarda emülsifiye edici ajanın kullanılması gerektiğiyle ilişkilendirilebilir.



**Şekil 4.6.** Örneklerin emülsiyon kararlılığının formülasyondaki yağ, yumurta sarısı ve avokado püresi oranlarına göre değişimi

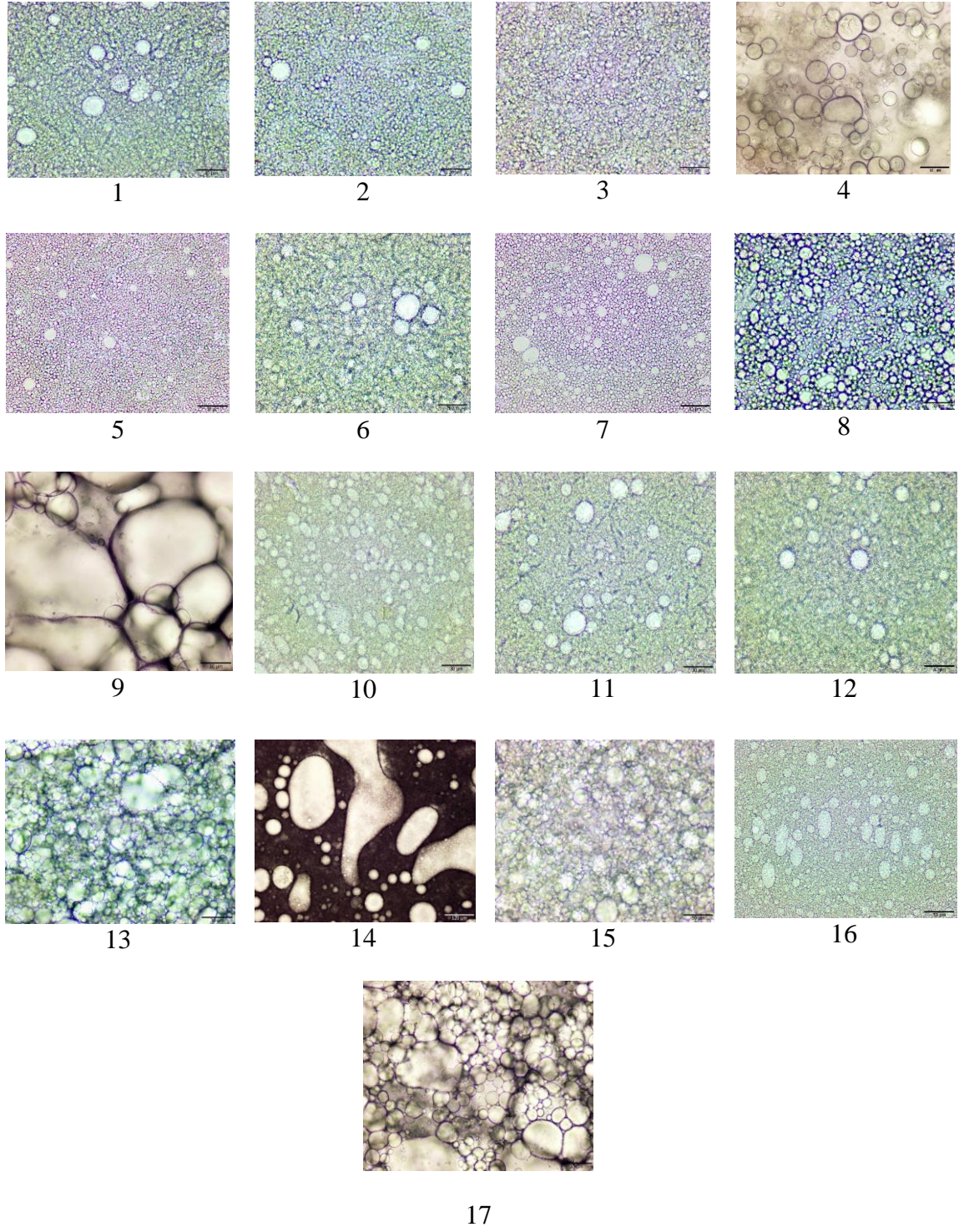
#### 4.7. Karışım Desenine göre Üretilen Mayonezlerin Mikroskop Görüntüleri

Örneklerin mikroyapısını görebilmek amacıyla farklı formülasyonlarda üretilen 17 mayonez örneğinin mikroskop altında görüntüleri alınmış ve bu görüntüler Şekil 4.7’de gösterilmiştir. Ayrıca üretilen ürünlere ait fotoğraflar Şekil 4.8’de gösterilmiştir. Mayonez su içerisinde yağ zerreciklerinin hapsediği bir emülsiyon tipi olup, istenilen mikroyapının sağlanmasında emülsifiye ve stabilize edici maddelerin çeşidi ve konsantrasyonu, kullanılan yağın konsantrasyonu ve sürekli fazın viskozitesi önemli parametreler olarak görülmektedir (Nikzade vd 2012). Bundan önceki başlıklar (reolojik özellikler, partikül boyutu ve emülsiyon kararlılığı) altında tartışılan sonuçlarda da 4, 9 ve 14 nolu desenlere ait örneklerde emülsiyon yapının kısa bir zaman içerisinde bozulduğundan bahsedilmişti. Şekil 4.7 incelendiğinde bu formülasyonlara ait örneklerin istenilen uniform su içinde yağ zarreciklerine sahip olmadığı görülmektedir. Bu üç örneğin toplam yağ miktarları sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.4) yağ miktarlarının oldukça yüksek olduğu görülmektedir (> %77). Yukarıda da belirtildiği üzere formülasyondaki yağ konsantrasyonu mayonezde mikroyapıyı etkileyen faktörlerden biri olup, yüksek yağ konsantrasyonları için yeterli emülsifiye edici bileşenlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bortnowska ve Tokarczyk (2009) düşük yağlı mayonez üretiminde modifiye nişastanın kullanımını konu alan çalışmalarında en fazla %60 oranında yağı emülsifiye edebildiklerini, daha fazla orandaki yağ için kullanılan emülsifiyerlerin yeterli gelmediğini ve bu şekilde üretilen ürünlerin üretimlerinden sonra hızlı bir şekilde emülsiyonlarının bozulduğunu belirlemişlerdir. Uniform yapının elde edilemediği 4 (%75 yağ, %0 yumurta sarısı ve %10 avokado püresi), 9 (%75 yağ, %0 yumurta sarısı ve %10 avokado püresi) ve 14 (%75 yağ, %5 yumurta sarısı ve %5 avokado püresi) numaralı formülasyonlarda %75 yağ kullanılmasının yanında formülasyonlara %5 oranında da avokado püresi eklenmiştir. Kullanılan maksimum orandaki ayçiçek yağı ile birlikte avokado püresinden de gelen yağ ile birlikte formülasyondaki yağ miktarı kritik yağ seviyesinin üzerine çıkmakta ve bu durumda emülsifiye edici bileşenlerin miktarları emülsifikasyon için yeterli gelmemektedir. Nitekim bu durum “4.6. Karışım Desenine göre Üretilen Mayonezlerin Emülsiyon

Kararlılığı” başlığı altındaki kontur grafiğinden de (Şekil 4.6) açıkça görülebilmiş ve “formülasyondaki yüksek yağ içeriklerinde (%70) avokado püresi miktarının da artması durumunda emülsiyon kararlılığının minimum olacağı anlaşılmış” şeklinde ifade edilmiştir.

Mayonez yapımında kullanılan yumurta sarısında bulunan lesitin ve lipoproteinler kararlı emülsiyonların oluşturulmasında ve istenilen mikroyapının sağlanabilmesinde oldukça etkilidir. Nitekim geleneksel formülasyona göre üretilen (%75 yağ, %10 yumurta sarısı ve %0 avokado püresi) örneklerde (10 ve 16 numaralı desenler) beklenen yapının sağlanabildiği görülmüştür (Şekil 4.7). Yine yumurta sarısının %10 oranında kullanıldığı 2, 3 ve 16 nolu karışım desenine göre üretilen örneklerde de istenilen mikroyapı sağlanabilmiştir. Çalışmamızdaki hedefimiz ve ortaya koymak istediğimiz ise avokado püresinin içerisinde önemli miktarlarda ihtiva ettiği ve emülsisifiye edici-kıvam arttırıcı özellikleri olduğu bilinen bazı bileşenleri (fosfolipit, diyet lifi ve proteinler) ile yumurta sarısı yerine hangi oranlarda kullanılabilirliği idi. Nitekim avokado püresinin %6.80 diyet lifi, %1.96 protein, %20 yağ içerdiği ve yağ içeriğinin %2’sinin fosfolipitlerde oluştuğu bunun da önemli miktarının (%30) fosfatidilkolinden ileri geldiği bildirilmiştir (Takenaga vd 2008; Dreher ve Devanport 2012). Ayrıca Züge vd (2017) avokado fosfolipitlerinin emülsiyon mekanizması üzerine yaptıkları çalışma sonucunda, fosfolipitlerin %60 yağ içeren bir emülsiyonda iyi bir emülsiyon oluşturduğunu, elde edilen emülsiyonun pH 3-7 arasında psödoplastik özellik gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Tez kapsamında 5 (%46.5 yağ, %7.5 yumurta sarısı ve %31.25 avokado püresi) ve 11 (%66.25 yağ, %7.5 yumurta sarısı ve %11.25 avokado püresi) nolu karışım desenlerine göre üretilen mayonezlerde %7.5 oranında yumurta sarısı kullanılmıştır. Şekil 4.7 incelendiğinde 2 örnek arasında 5 numaralı desene göre üretilen mayonezin 11 numaralı desende üretilen mayoneze göre daha iyi bir yapıda olduğu görülmektedir. Formülasyonda daha az yağ içermesinin yanında 5 numaralı örnekte daha fazla oranda avokado püresinin (%31.25) kullanılmasının bu sonuca neden olduğu düşünülmektedir. Nitekim “4.5. Karışım Desenine göre Üretilen Mayonezlerin Partikül Boyutu (D[4,3] değeri)” başlığı altındaki kontur grafiği (Şekil 4.5) sonuçlarına göre; formülasyonda kullanılan yumurta sarısı miktarının azalması durumunda avokado püresi oranının %15’in üzerinde kullanılmasıyla partikül boyutunun küçüldüğü belirtilmiştir. Ölçülen partikül boyutu sonuçlarında da 5 numaralı desene ait örneğin D[4,3] değeri 2.49 µm olarak belirlenirken, 11 numaralı desene ait örnekte bu değer 6.17 µm olarak belirlenmiştir. Parçacık boyutları ürünlerin reolojik özelliklerini de etkileyen bir faktör olup, parçacık boyutunun küçülmesi viskozitesi yüksek bir ürün elde edilmesine neden olmaktadır (Ma ve Boye 2013). İki örnek arasındaki reolojik analiz sonuçları da kıyaslandığında (Çizelge 4.6) 5 numaralı örneğin daha viskoz ve kıvamlı bir yapıda olduğu anlaşılmaktadır.



**Şekil 4.7.** Örneklerin mikroskopik görüntüleri



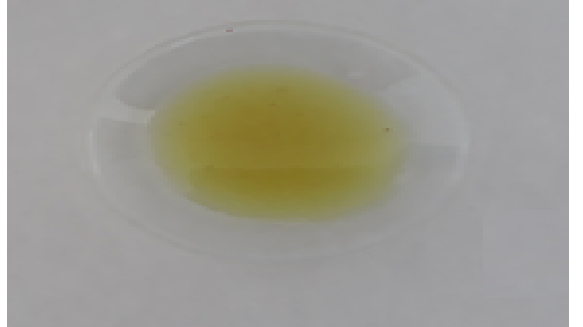
1



2



3



4



5



6



7



8





9



10



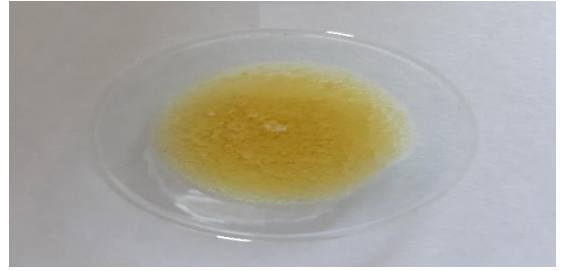
11



12



13



14



15



16



17

Şekil 4.8. Karışım desenine göre farklı formülasyonlarda üretilen örneklerin fotoğrafları

#### 4.8. Ürün Formülasyonunun Optimizasyonu

Avokado püresi kullanılarak düşük yağ ve kolesterol içeriğine sahip mayonez üretiminde formülasyondaki yağ, yumurta sarısı ve avokado püresi oranlarının optimizasyonunu konu alan bu çalışmada cevap olarak kullanılan parametrelerden herhangi bir modelle ifade edilebilen ve önemli olan parametreler optimum formülasyonun belirlenmesinde kullanılmıştır. Bu kapsamda viskoziteyi, kıvam indeksini ve emülsiyon kararlılığı değerlerini maksimize eden, yağ miktarı, kolesterol miktarı ve parçacık boyutu değerini (D[4,3] değeri) ise minimize eden optimum formülasyon istenirlik fonksiyonu üzerinden belirlenmiştir. İstenirlik yaklaşımı uygulandığında optimum nokta için birbirine yakın 5 çözüm bulunmuştur (Çizelge 4.9). Optimum nokta olarak programın belirlediği bu çözümlerden en yüksek istenirlik değeri sağlayan birinci karışım olan; yağ oranı %45, yumurta sarısı oranı %0 ve avokado püresi %85 faktör seviyeleri seçilmiştir.

**Çizelge 4.9.** Karışım desenine göre optimum şartları sağlayan formülasyonlar ve istenirlik değerleri

Faktörler (%)	Çözümler				
	1	2	3	4	5
Yağ	45	40.70	52.81	66.12	61.90
Yumurta sarısı	0	4.30	7.26	6.96	0
Avokado püresi	40	40.00	24.93	11.91	23.10
İstenirlik	0.750	0.707	0.567	0.523	0.516

\* Çalışmanın bundan sonraki aşaması için optimum formülasyon olarak seçilmiştir

Seçilen optimum formülasyon kullanılarak 2 tekerrürlü mayonez üretimi yapılmış ve teorik cevaplarla deneysel veriler karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.10). Deneysel olarak elde edilen sonuçlar ile modelin vermiş olduğu sonuçların genel olarak uyumlu olduğu söylenebilir. Özellikle yağ miktarı, D[4,3] değeri ve emülsiyon stabilitesi yüksek bir uyumluluk göstermiştir. Deneysel olarak ölçülen ürünün reolojik özelliklerine özgü parametreler olan viskozite ve *K* değeri ise beklenenden düşük bulunmuştur.

**Çizelge 4.10.** Optimum formülasyon kullanılarak elde edilen modeller üzerinden hesaplanan cevaplar ile optimum formülasyon ile üretilen örneklerin özellikleri

Analiz edilen parametre						
	Yağ miktarı (%)	Kolestrol miktarı (mg/kg)	Viskozite (Pa.s)	K değeri (Pa.s <sup>n</sup> )	D[4,3] değeri (µm)	Emülsiyon stabilitesi (%)
<b>Teorik</b>	50.13	0	6.97	75.30	4.67	100
<b>Deneysel</b>	50.41±1.14	0	5.83±0.76	70.52±0.25	4.68±0.25	100
<b>Farklılık (%)</b>	0.56	0	16.36	6.35	0.21	0

Deneysel veriler için değerler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

#### 4.9. Depolama Koşullarının Mayonezin Bazı Özellikleri Üzerine Etkisi

Çalışmanın ikinci aşamasında optimizasyon çalışması sonucunda belirlenen formülasyonda (%45 yağ ve %40 avokado püresi) üretilen mayonez ile kontrol amaçlı geleneksel mayonez formülasyonuna (%75 yağ ve %10 yumurta sarısı) göre üretilen mayonezler 3 farklı (4, 25 ve 35 °C) sıcaklıkta 45 gün süreyle depolanmış ve depolamanın başlangıcı ile birlikte 5., 10., 15., 30. ve 45. günlerinde örneklerde renk, emülsiyon stabilitesi, oksidasyon ürünleri ve  $\alpha$ -tokoferol miktarı yapılmıştır. Ayrıca tez kapsamında avokado püresi kullanılarak üretilen ürün yeni olduğu için tüketici beğenisini ortaya koyabilmek için üründe duyusal analiz yapılmıştır. Tezin bu bölümünde elde edilen sonuçlar aşağıda ayrı başlıklar altında verilmiştir.

##### 4.9.1. Depolama koşullarına göre mayonezlerin L\*, a\* ve b\* renk değerlerinin değişimi

Avokado püresi kullanılarak üretilen mayonez ile geleneksel mayonez örneklerinin farklı sıcaklıklarda (4, 25 ve 35 °C) depolama süresi boyunca L\* (parlaklık/koyuluk), a\* [(+) kırmızılık/(-) yeşillik] ve b\* [(+) sarılık/(-) mavilik] renk değerlerinin değişimi Çizelge 4.11'de verilmiş, Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Çizelge incelendiğinde kontrol örneklerinin L\* değerlerinin 77.52-78.08; a\* değerlerinin (-1.48)-(-2.53) ve b\* değerlerinin ise 18.80-21.44 arasında değiştiği, avokado püresi kullanılarak üretilen örneklerin ise L\* değerlerinin 65.23-71.64; a\* değerlerinin (-4.26)-(-8.13) ve b\* değerlerinin ise 25.69-31.22 arasında değiştiği görülmektedir.

**Çizelge 4.11.** Depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak mayonezlerin L<sup>\*</sup>, a<sup>\*</sup>, b<sup>\*</sup> renk değerlerinin değişimi

Ürün	Depolama sıcaklığı	Depolama süresi (gün)					
		0	5	15	30	45	
L <sup>*</sup> değeri	Geleneksel mayonez	4 °C	77.68±0.24	78.08±0.28	77.73±0.36	77.97±0.14	77.62±0.38
		25 °C	77.68±0.24	77.73±0.36	77.82±0.30	77.99±0.07	77.87±0.14
		35 °C	77.68±0.24	77.52±0.13	77.54±0.19	77.25±0.66	77.81±0.03
	Avokadolu mayonez	4 °C	71.64±0.04	70.12±0.32	71.05±0.58	69.88±0.56	70.85±0.06
		25 °C	71.64±0.04	70.33±0.36	69.12±0.50	67.48±0.61	67.68±0.35
		35 °C	71.64±0.04	66.12±0.14	67.47±0.23	66.94±0.67	65.23±0.35
a <sup>*</sup> değeri	Geleneksel mayonez	4 °C	-1.51±0.02	-1.61±0.02	-1.48±0.06	-1.76±0.13	-2.18±0.02
		25 °C	-1.51±0.02	-1.96±0.06	-1.76±0.12	-2.27±0.03	-2.53±0.11
		35 °C	-1.51±0.02	-2.27±0.12	-2.09±0.10	-2.45±0.01	-2.41±0.13
	Avokadolu mayonez	4 °C	-6.66±0.11	-8.13±0.10	-5.01±0.40	-7.41±0.06	-7.45±0.05
		25 °C	-6.66±0.11	-5.44±0.01	-4.26±0.48	-6.29±0.51	-5.50±0.20
		35 °C	-6.66±0.11	-4.97±0.71	-4.62±0.48	-4.96±0.35	-4.37±0.12
b <sup>*</sup> değeri	Geleneksel mayonez	4 °C	19.78±0.14	20.15±0.26	20.38±0.14	19.79±0.55	20.58±0.55
		25 °C	19.78±0.14	20.39±0.06	20.50±0.18	20.12±0.52	19.71±0.34
		35 °C	19.78±0.14	21.44±0.60	19.91±0.29	19.19±0.28	18.80±0.19
	Avokadolu mayonez	4 °C	27.14±0.06	29.62±0.11	25.69±0.53	28.27±0.35	28.06±0.07
		25 °C	27.14±0.06	26.69±0.12	26.43±0.12	29.98±0.90	29.03±0.33
		35 °C	27.14±0.06	27.17±0.01	28.93±0.49	30.78±0.44	31.22±0.16

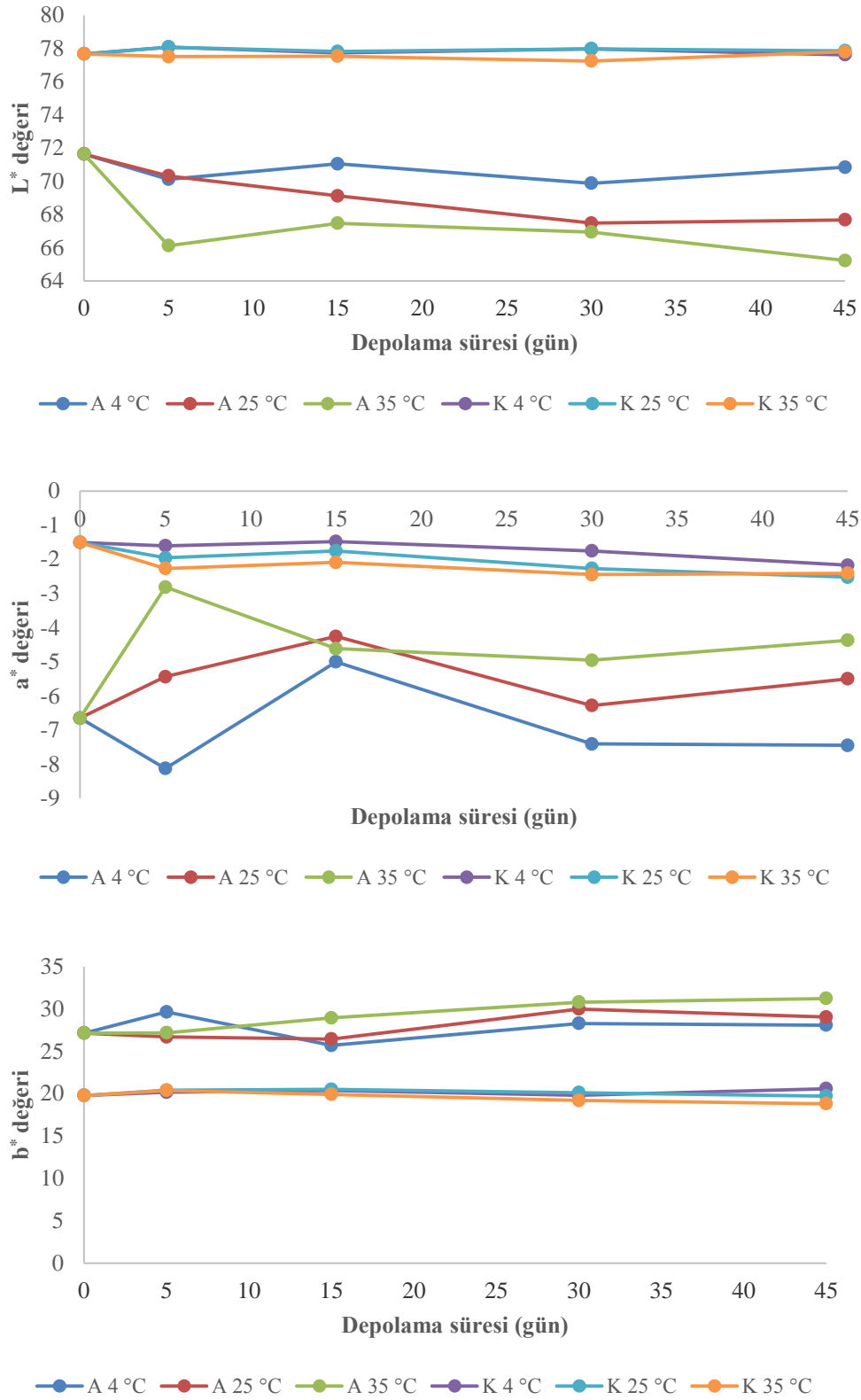
Değerler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

Lee vd. (2013) tarafından yağı azaltılmış mayonez üretimini konu alan bir çalışmada mayonez örneklerinin L<sup>\*</sup> değerlerinin 74.90-81.38; a<sup>\*</sup> değerlerinin -0.56-(-1.90) ve b<sup>\*</sup> değerlerinin ise 0.88-5.99 arasında değiştiği belirlenmiş, kontrol örneği olarak kıvam arttırıcı kullanılmadan üretilen örneğin L<sup>\*</sup> değerinin 77.80, a<sup>\*</sup> değerinin -1.18 ve b<sup>\*</sup> değerinin 1.96 olduğu belirtilmiştir. L<sup>\*</sup> ve a<sup>\*</sup> değerleri açısından çalışmamızda bulunan değerler ile rapor edilen değerlerin uyumlu olduğu, b değerinin ise bizim çalışmamızda bulunan değerden daha düşük olduğu görülmektedir. Modifiye nişastanın düşük yağ içeriğine sahip mayonez üretiminde kullanılabilirliğinin araştırıldığı bir çalışmada ise taşıyıcı kullanılmadan üretilen geleneksel mayonezin L<sup>\*</sup> değerinin 91.63, a<sup>\*</sup> değerinin -6.20 ve b<sup>\*</sup> değerinin ise 25.85 olarak belirlendiği rapor edilmiştir (Thaiudom ve Khantarat 2011). Bu çalışma ile de tez kapsamında elde edilen a<sup>\*</sup> ve b<sup>\*</sup> değerleri uyumluluk göstermektedir.

Aradaki farklılıkların üretimde kullanılan ingredientlerin çeşidinden ve formülasyondaki oranlarının farklılıklarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Nitekim Lee vd. (2013) tarafından yapılan ve  $b^*$  değerlerinin çalışmamızdan elde edilen değerlere göre daha düşük bulunduğu çalışmada %80 pirinç embriyo yağı, %7 yumurta sarısı ve %1.6 yumurta akı kullanılmıştır. Tez kapsamında üretilen geleneksel formülasyonda ise %10 yumurta sarısı kullanılmıştır. Bu durumun sarılık değerini ifade eden  $b^*$  değerini yükselttiği söylenebilir. Nitekim Fauziah vd. (2012) yumurta sarısının renginin yağda çözünen karotenoidlerden olan lutein, zeaxanthin,  $\beta$ -cryptoxanthin ve az miktarda  $\beta$ -carotenden ileri geldiğini bildirmişlerdir. Mayonezdeki  $L^*$  değeri üzerinde emülsiyondaki damlacık boyutlarının ışığın kırımını değiştirdiği için etkilediği ve küçük damlacık boyutuna sahip mayonezlerin daha parlak bir renkte olduğu rapor edilmiştir (Golchhobi vd. 2016).

Literatürde avokado püresi kullanılarak üretilen mayonez üzerine bir çalışmaya rastlanılmadığı için elde edilen sonuçlar doğrudan konu ile ilgili bir bilimsel çalışma sonuçlarıyla karşılaştırılamamıştır. Ancak literatürde avokado püresini konu alan çalışmalar mevcuttur. Gölükçü (2006) tarafından farklı zamanlarda hasat edilen avokado çeşitlerinden püre üretim olanaklarının araştırıldığı bir çalışma sonucunda avokado püresinin depolama başlangıcında  $L^*$  değerinin 60.21-67.85,  $a^*$  değerinin (-8.50)-(-10.91) ve  $b^*$  değerinin ise 31.19-36.56 arasında değiştiği bildirilmiştir. Avokado püresine uygulanan yüksek basınç uygulamasının ürünün depolanması sırasındaki fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada ise herhangi bir işlem uygulanmayan avokado püresinin  $L^*$  değeri 62.41,  $a^*$  değeri -7.02 ve  $b^*$  değeri ise 35.18 olarak belirlenmiştir. Çizelge 4.11 incelendiğinde avokado püresi kullanılarak üretilen mayonezlerin renk değerlerinin avokado püresinin renk değerleri ile benzerlik gösterdiği görülmektedir.

Şekil 4.9 incelendiğinde geleneksel mayonezin  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak çok fazla değişmediğini, ancak avokado püresi kullanılarak üretilen mayonezin ise depolama süresi ile  $L^*$  değerlerinin azaldığı,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin ise arttığı görülmektedir. Bu azalış ( $L^*$  değeri) ve artış ( $a^*$  ve  $b^*$  değerleri) özellikle depolama sıcaklığının artması ile birlikte daha da fazla olmuştur. Avokado püresi kullanılarak üretilen örneklerdeki  $L^*$  değerinin azalması ve  $b^*$  değerinin artmasının üründe meydana gelen enzimatik esmerleşme reaksiyonundan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bilindiği üzere avokado polifenoller ve polifenoloksidaz enzimi bakımından oldukça zengin bir meyvedir. Parçalanmış meyvede fenoliklerin enzimle reaksiyonu sonucu üründe kararmalar meydana gelmektedir. Enzimatik kararma reaksiyonun görüldüğü ürünlerin  $L^*$  değerlerinde azalma ve  $b^*$  değerlerinde ise artış olduğu bildirilmiştir (Torun 2015). Taş ve Ünal (2012) sıcaklığa bağlı olarak polifenoloksidaz enziminin aktivitesini araştırdıkları çalışma sonucunda enzimin optimum 30 °C'de aktivite gösterdiğini belirlemişlerdir. Avokado püresi kullanılarak üretilen mayonezlerin yüksek sıcaklıklarda (25 ve 35 °C) depolanmaları sırasındaki renk değişimlerinin daha yüksek olmasının bu durumdan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.9. Depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak mayonezlerin L\*, a\*, b\* renk değerlerinin değişimi

Çizelge 4.12’de mayonezlerin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak renk değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları incelendiğinde  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin üzerine ürün formülasyonunun, depolama sıcaklığının, depolama süresinin ve bu faktörlerin ikili interaksiyonları ile üçlü interaksiyonunun önemli derecede etkili olduğu görülmektedir ( $P<0.01$ ).

**Çizelge 4.12.** Mayonezlerin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	$L^*$ değeri			$a^*$ değeri		$b^*$ değeri	
	SD	KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri
Ürün	1	1080.86	3892.38**	218.66	2838.59**	1024.74	4713.60**
Depolama Sıcaklığı	2	12.75	45.90**	4.25	55.23**	1.04	4.78**
Ürün x Sıcaklık	2	10.01	36.03**	8.82	114.54**	6.09	28.02**
Depolama Süresi	4	6.20	22.33**	1.88	24.41**	3.09	14.20**
Ürün x Süre	4	6.34	22.84**	2.21	28.71**	7.57	34.82**
Sıcaklık x Süre	8	1.10	3.96**	1.11	14.42**	1.29	5.94**
Ürün x Sıcaklık x Süre	8	1.24	4.47**	1.39	18.05**	2.78	12.79**
Hata	30	0.28		0.08		0.22	

(\*\*),  $P<0.01$  seviyesinde farklılık ifade eder. SD; Serbestlik Derecesi, KO; Kareler Ortalaması

Mayonezlerin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak değişen  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları Çizelge 4.13’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde geleneksel formülasyona göre üretilen örneklerin  $L^*$  değerlerinin avokado püresi kullanılarak üretilen mayoneze göre daha yüksek;  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin ise daha düşük olduğu görülmektedir. Depolama sıcaklığının ve süresinin artmasına bağlı olarak örneklerin  $L^*$  değerleri azalırken,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri artış göstermiştir.

**Çizelge 4.13.** Mayonezlerin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak L\*, a\* ve b\* renk değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

	Ürün	Geleneksel mayonez	Avokadolu mayonez			
		77.73 <sup>a</sup> ±0.08	69.24 <sup>b</sup> ±0.37			
L* değeri	Depolama sıcaklığı	4 °C	25 °C	35 °C		
		74.25 <sup>a</sup> ±0.82	73.55 <sup>b</sup> ±1.03	72.66 <sup>c</sup> ±1.18		
	Depolama süresi (gün)	0	5	15	30	45
		74.66 <sup>a</sup> ±0.91	73.49 <sup>b</sup> ±1.38	73.47 <sup>b</sup> ±1.31	72.99 <sup>c</sup> ±1.49	72.88 <sup>c</sup> ±1.50
	Ürün	Geleneksel mayonez	Avokadolu mayonez			
		-1.92 <sup>a</sup> ±0.06	-5.74 <sup>b</sup> ±0.27			
a* değeri	Depolama sıcaklığı	4 °C	25 °C	35 °C		
		-4.32 <sup>c</sup> ±0.63	-3.76 <sup>b</sup> ±0.44	-3.41 <sup>a</sup> ±0.36		
	Depolama süresi (gün)	0	5	15	30	45
		-4.08 <sup>c</sup> ±0.78	-3.70 <sup>b</sup> ±0.71	-3.21 <sup>a</sup> ±0.45	-4.19 <sup>c</sup> ±0.66	-3.99 <sup>c</sup> ±0.60
	Ürün	Geleneksel mayonez	Avokadolu mayonez			
		19.89 <sup>b</sup> ±0.12	28.16 <sup>a</sup> ±0.31			
b* değeri	Depolama sıcaklığı	4 °C	25 °C	35 °C		
		23.90 <sup>b</sup> ±0.92	23.89 <sup>b</sup> ±0.90	24.29 <sup>a</sup> ±1.13		
	Depolama süresi (gün)	0	5	15	30	45
		23.46 <sup>c</sup> ±1.11	24.09 <sup>b</sup> ±1.12	23.59 <sup>c</sup> ±1.08	24.68 <sup>a</sup> ±1.53	24.30 <sup>ab</sup> ±1.54

Aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların  $P < 0.05$  seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

#### 4.9.2. Depolama koşullarına göre mayonezlerin emülsiyon kararlılığının değişimi

Emülsiyon kararlılığı mayonez gibi emülsifiye tip gıdalarda aranan en önemli kalite kriterlerinden biridir. Mayonezdeki emülsiyon stabilitesi damlacıkların birleşmesi (koalesans), flokülasyon ve kremleşme olaylarına bağlı olarak değişmektedir (Ma ve Boye 2013). Mayonez örneklerinin farklı sıcaklıklarda (4, 25 ve 35 °C) depolama süresi boyunca emülsiyon kararlılığı değerlerinin değişimi Çizelge 4.14'de verilmiş, Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Çizelge incelendiğinde kontrol örneklerinin emülsiyon kararlılığı değerlerinin %96.31-100 arasında, avokado püresi kullanılarak üretilen mayonez örneklerinin ise %75.23-100 arasında değiştiği görülmektedir.

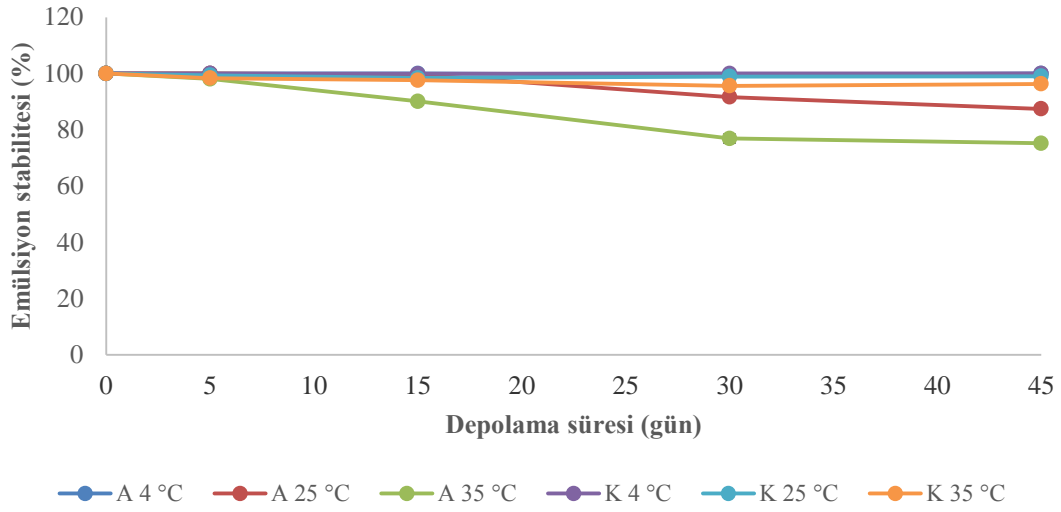


**Çizelge 4.14.** Depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak mayonezlerin emülsiyon kararlılığı değerlerinin değişimi

Ürün	Depolama sıcaklığı	Depolama süresi (gün)				
		0	5	15	30	45
Geleneksel mayonez	4 °C	100±0.00	99.95±0.01	99.89±0.04	100±0.00	100±0.00
	25 °C	100±0.00	99.39±0.07	98.45±0.01	98.94±0.25	99.03±0.15
	35 °C	100±0.00	98.36±0.14	97.64±0.00	95.66±1.03	96.31±0.02
Avokadolu mayonez	4 °C	100±0.00	100±0.00	100±0.00	99.44±0.56	100±0.00
	25 °C	100±0.00	100±0.00	99.57±0.02	91.64±1.35	87.45±0.09
	35 °C	100±0.00	98.09±0.60	90.09±0.00	76.89±1.57	75.23±0.59

Değerler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

Şekil 4.10 incelendiğinde kontrol örneklerinde emülsiyon yapısının genel olarak oldukça kararlı olduğu görülmekte olmakla birlikte, 35 °C’de depolanan örneklerin emülsiyon kararlılıklarının az miktarda azalmış olduğu görülmektedir. Depolama başlangıcında %100 olan kararlılık depolamanın 30. gününde %95.66’ya düşmüştür. Avokado püresi kullanılarak üretilen mayonezlerin kararlılıkları incelendiğinde ise depolama sıcaklığı ve süresi arttıkça değerlerin önemli miktarda azaldığı görülmektedir. Bu azalış özellikle 30 gün sonunda 35 °C’de depolanan örneklerde oldukça belirgindir. Depolama başlangıcında örneklerin emülsiyon kararlılığı %100 olarak belirlenirken, 30. günde bu değer %76.89’a azalmıştır. Ghoush vd (2008) gam ve proteinlerin emülsifiye edici ajan olarak mayonezde kullanımını araştırdıkları bir çalışmada örnekleri 4, 23 ve 40 °C’lerde 25 gün süreyle depolamışlar ve çalışma sonucunda mayonezlerin kararlılıklarının depolama sıcaklığı arttıkça azaldığını, bu durumun yüksek sıcaklıklarda küçük partiküllerin birleşme (koalesans) ve flokülasyon eğiliminin artmasından kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Geleneksel formülasyona göre üretilen mayonezlerin 35 °C’de depolama süresine bağlı olarak kararlılıklarının belirli ölçüde azalmasının bu durumdan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Nikzade vd. (2012) mayonezlerde görülen kremleşme probleminin %80 civarında yağ içeren mayonezlerde yağ damlacıklarının birbirlerine yakın ve hareketsiz bir yapı oluşturmalarından dolayı genellikle bir problem olmayacağını ancak düşük yağ içerikli mayonezlerde bu problemin görülebileceğini bildirmişlerdir. Bu problemin engellenmesi için formülasyona su fazının viskozitesini arttırıcı protein ve gam gibi maddelerin ilave edilmesiyle engellenebileceğini belirtmişlerdir. Avokado püresi kullanılarak üretilen mayonezin düşük miktarda yağ içerdiği (~ %50) göz önünde alındığında yüksek sıcaklıklardaki kararlılığının azalması bu durumla açıklanabilir. Ayrıca yumurta sarısı proteinleri ile yağ globülleri arasındaki interaksiyon da kararlı emülsiyonların oluşturulmasında etkili olmaktadır (McClements ve Gumus 2016).



**Şekil 4.10.** Depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak mayonezlerin emülsiyon kararlılığı değerlerinin değişimi

Çizelge 4.15’de mayonez örneklerinin emülsiyon kararlılığı değerlerine ait varyans analizi sonuçları verilmiştir. Çizelge incelendiğinde tüm faktörlerin ve faktörlerin birbirleriyle olan interaksiyonlarının örneklerin emülsiyon kararlılığı üzerinde istatistikî açıdan önemli derecede ( $P<0.01$ ) etkili olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.15.** Mayonezlerin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak emülsiyon kararlılığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F değeri
Ürün	1	283.48	668.88**
Depolama Sıcaklığı	2	259.74	612.88**
Ürün x Sıcaklık	2	114.79	270.86**
Depolama Süresi	4	122.28	288.54**
Ürün x Süre	4	80.45	189.84**
Sıcaklık x Süre	8	44.27	104.45**
Ürün x Sıcaklık x Süre	8	26.02	61.39**
Hata	30	0.42	

(\*\*),  $P<0.01$  seviyesinde farklılık ifade eder. KO; Kareler Ortalaması, SD; Serbestlik Derecesi

Çizelge 4.16’da verilen örneklerin emülsiyon kararlılıklarının ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, geleneksel formülasyona göre üretilen mayonezlerin emülsiyon kararlılıklarının avokado püresi kullanılarak

üretilen mayonezlere göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca mayonezlerin depolama başlangıcında %100 olan emülsiyon kararlılıklarının depolama süresi ile birlikte istatistiki açıdan önemli derecede azaldığı ve depolama süresi sonunda bu değerlerin tüm örneklerin ortalamaları için %93'e düştüğü görülmektedir. Depolama sıcaklığı da emülsiyon kararlılığı üzerinde önemli bir faktör olup, 4 °C'de depolanan örneklerin emülsiyon kararlılıkları değerlerinin ortalaması %99.93, 25 °C'de depolanan örneklerin %97.45 ve 35 °C'de depolanan örneklerin emülsiyon kararlılıklarının ortalaması ise %92.83 olarak bulunmuştur.

**Çizelge 4.16.** Mayonezlerin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak emülsiyon kararlılığı değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Ürün	Geleneksel	Avokadolu			
	mayonez	mayonez			
	98.91 <sup>a</sup> ±0.26	94.56 <sup>b</sup> ±1.55			
Depolama sıcaklığı	4 °C	25 °C	35 °C		
	99.93 <sup>a</sup> ±0.06	97.45 <sup>b</sup> ±0.94	92.83 <sup>c</sup> ±2.03		
Depolama süresi (gün)	0	5	15	30	45
	100 <sup>a</sup> ±0.00	99.30 <sup>b</sup> ±0.25	97.61 <sup>c</sup> ±1.04	93.76 <sup>d</sup> ±2.45	93.00 <sup>e</sup> ±2.73

Aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların  $P < 0.05$  seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

#### 4.9.3. Depolama koşullarına göre mayonezlerde oksidasyon ürünleri oluşumu

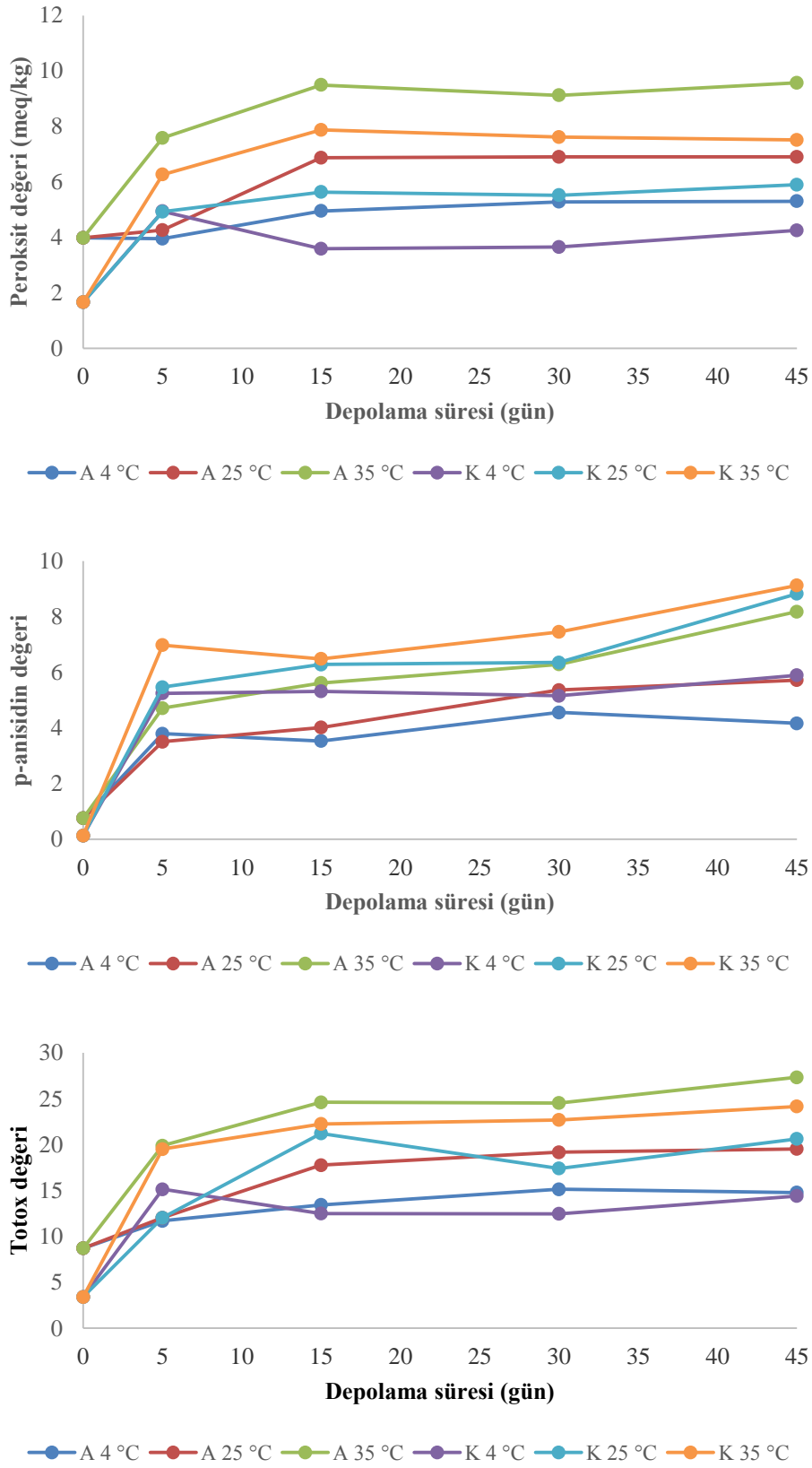
Emülsiyonların kimyasal kararsızlığı üzerindeki en önemli araştırmalar doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu üzerinedir. Tüm yüksek yağ içeriğine sahip gıdalar gibi mayonezde de doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu sonucu bozulmalar meydana gelmektedir. Yağların oksidasyonunda ilk olarak doymamış yağ asitleri veya türevlerinin oksidasyonu sonucu birincil oksidasyon ürünü olan hidrojenperoksitler ve ardından ikincil oksidasyon ürünleri olan aldehitler, ketonlar, alkoller, asitler vb. maddeler oluşmaktadır. Lipid oksidasyonu sonrasında mayonezde toksik bileşenlerin oluşumu ile birlikte üründe kötü koku ve lezzet oluşumu meydana gelmekte ve böylece ürünün raf ömrü azalmaktadır (Wai vd 2009; Gorji vd 2016). Yağlarda meydana gelen oksidasyon derecesi birincil oksidasyon ürünlerinin konsantrasyonu veren peroksit değeri (PD) ve ikincil oksidasyon ürünlerinin konsantrasyonunu veren p-Anisidin değerinin (PAD) belirlenmesiyle hesaplanmaktadır. PD değerinin iki ile çarpılıp, PAD ile toplanması ile de toplam oksidasyon değeri (Totox) hesaplanmaktadır.

Tez kapsamında üretilen mayonez örneklerinin de depolama süresince PD ve PAD'leri ölçülerek totox değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen değerler Çizelge 4.17'de verilmiş ve Şekil 4.11'de gösterilmiştir. Çizelge 4.17 incelendiğinde geleneksel mayonezlerin totox değerlerinin 3.40-24.15 arasında, avokado püresi kullanılarak üretilen mayonezlerin ise 8.71-27.32 arasında değiştiği görülmektedir.

**Çizelge 4.17.** Depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak mayonezlerin peroksit, p-Anisidin ve totox değerlerinin değişimi

		Depolama süresi (gün)					
Ürün	Depolama sıcaklığı	0	5	15	30	45	
<b>Peroksit değeri</b>	<b>Geleneksel mayonez</b>	4 °C	1.67±0.33	4.94±0.31	3.59±0.32	3.65±0.33	4.25±0.32
		25 °C	1.67±0.33	4.92±0.39	5.63±0.19	5.52±0.33	5.90±0.03
		35 °C	1.67±0.33	6.26±0.97	7.88±0.65	7.62±0.32	7.51±0.21
	<b>Avokadolu mayonez</b>	4 °C	3.98±0.00	3.95±0.00	4.95±0.35	5.28±0.01	5.30±0.02
		25 °C	3.98±0.00	4.26±0.29	6.87±0.26	6.90±0.24	6.90±0.27
		35 °C	3.98±0.00	7.58±0.26	9.49±0.39	9.12±0.03	9.57±0.46
		Depolama süresi (gün)					
Ürün	Depolama sıcaklığı	0	5	15	30	45	
<b>p-Anisidin değeri</b>	<b>Geleneksel mayonez</b>	4 °C	0.13±0.07	5.24±0.06	5.31±0.02	5.15±0.08	5.89±0.07
		25 °C	0.13±0.07	5.46±0.10	6.28±0.04	6.35±0.11	8.82±0.12
		35 °C	0.13±0.07	6.98±0.11	6.48±0.06	7.45±0.00	9.12±0.12
	<b>Avokadolu mayonez</b>	4 °C	0.76±0.06	3.80±0.08	3.53±0.01	4.56±0.06	4.16±0.03
		25 °C	0.76±0.06	3.50±0.06	4.01±0.02	5.36±0.12	5.72±0.08
		35 °C	0.76±0.06	4.71±0.18	5.61±0.08	6.28±0.14	8.18±0.02
		Depolama süresi (gün)					
Ürün	Depolama sıcaklığı	0	5	15	30	45	
<b>Totox değeri</b>	<b>Geleneksel mayonez</b>	4 °C	3.40±0.61	15.12±0.68	12.49±0.68	12.46±0.59	14.40±0.72
		25 °C	3.40±0.61	12.03±0.63	21.21±0.43	17.39±0.55	20.62±0.07
		35 °C	3.40±0.61	19.51±2.06	22.24±1.38	22.68±0.65	24.15±0.55
	<b>Avokadolu mayonez</b>	4 °C	8.71±0.07	11.69±0.08	13.43±0.68	15.12±0.09	14.77±0.08
		25 °C	8.71±0.07	12.03±0.63	17.76±0.54	19.16±0.36	19.52±0.46
		35 °C	8.71±0.07	19.88±0.33	24.60±0.70	24.53±0.21	27.32±0.93

Değerler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.



Şekil 4.11. Depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak mayonezlerin peroksit, p-anisidin ve tototox değerlerinin değişimi

Şekil 4.11 incelendiğinde her iki mayonezin de depolama süresine bağlı olarak totox değerlerinin arttığı, bu artışın 25 °C ve özellikle de 35 °C depolama sıcaklıklarında daha da fazla olduğu görülmüştür. Avokado püresi kullanılarak üretilen mayonezlerin başlangıç totox değeri, geleneksel mayonezin başlangıç değerinden daha yüksek bulunmuştur. Bu durumun avokado püresindeki lipoksigenaz (LOX) tarafından katalizlenen oksidasyondan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Her ne kadar avokado püresi kullanılarak üretilen mayonez örneğinin başlangıç totox değeri, geleneksel mayonezin totox değerinden daha yüksek bulursa da depolama süresi boyunca totox değerleri incelendiğinde özellikle düşük sıcaklıklarda geleneksel mayonezde totox oluşumunun avokado püresi kullanılarak üretilen mayoneze göre daha yüksek hızda gerçekleştiği görülmektedir. Bu durum da avokado püresinde bulunan polifenoller gibi antioksidan özellik gösteren maddelerin oksidasyonu belirli ölçüde engellemiş olabileceğini düşündürmektedir. Nitekim avokado püresinin gallik asit, protocatechuic asit,  $\alpha$ -resorcylic asit, (-)-epicatechin,  $\gamma$ -resorcylic, caffeic asit ve rutin bulunan önemli fenolik bileşenlerce zengin olduğu bildirilmiştir (Gölükçü ve Özdemir 2010). Ancak 35 °C'de depolanan örneklerin 45. gün sonundaki totox değerleri incelendiğinde ise avokado püresi kullanılarak üretilen örneklerin totox değerinin (27.32), geleneksel mayonezin totox değerinden (24.15) daha yüksek olduğu görülmektedir. Yoruk ve Marshall (2003), farklı meyvelerin polifenol oksidaz enzimlerinin aktivitesinin ortam koşullarına göre değişimini konu alan çalışmaları sonucunda, kaynağına göre değişmekle birlikte 25-45 °C'ler arasında polifenol oksidaz aktivitesinin maksimum olduğunu bildirmişlerdir. Yüksek sıcaklıkta depolanan avokado püresi kullanılarak üretilen mayonezlerde antioksidan özellik gösteren fenolik maddelerin enzimatik reaksiyon sonucu bozunması nedeniyle, 35 °C'deki depolanan ürünlerde oksidasyon olayının hızlandığı düşünülmektedir.

Mayonezlerin depolama sıcaklığına bağlı olarak totox değerlerinin değişimleri incelendiğinde ise depolama sıcaklığı ile birlikte totox değerlerinin arttığı görülmektedir. Gorji vd. (2016), sıcaklık artışı ile birlikte lipid oksidasyon mekanizmasının arttığını bildirmiştir. Hsieh ve Regenstein (1991) tarafından balık yağı içerikli mayonezde sıcaklıkla oksidasyon ürünleri oluşumunun incelendiği bir çalışma sonucunda 2° C'de depolanan örneklerin 30° C'de depolanan örneklere göre oksidasyon açısından daha stabil olduğu rapor edilmiştir. Özdemir vd. (2018) tarafından formülasyonda belirli oranlarda zerdeçal yağının kullanımının mayonezin bazı kalite özellikleri üzerine olan etkisinin araştırıldığı çalışmada kontrol örneklerinin başlangıçtaki peroksit değerleri 1.65 meq/kg olarak belirlenmiştir. Çalışmamızda geleneksel mayonezin depolama başlangıcındaki bu değeri 1.67 meq/kg olarak bulunmuştur. Bir diğer çalışmada ise geleneksel formülasyonla üretilen mayonezin peroksit değeri 2.72 meq/kg olarak belirenirken, 37 °C'de 42 gün sonunda örneklerin peroksit değerlerinin 7.84 meq/kg'a yükseldiği görülmüştür. Sonuçlar incelendiğinde litratürde bildirilen değerler ile tez kapsamında elde edilen değerlerin uyumlu olduğunu söylemek mümkündür.

Bilindiği üzere yağların oksidasyonu sonucu olan ürünler toksik olması nedeniyle sağlık açısından oldukça önemlidir. Mayonezin totox değeri ile ilgili bir yasal limite ilişkin bir kaynağa ulaşılamamıştır. Ancak Alman Gıda Kodeksi'ne göre soğuk preslenmiş yağların tüketilebilir olması için totox değerlerinin <20 olması gerektiği bildirilmiştir (Matthaus ve Bruhl 2015). Bu bakımdan 4 °C'de depolanan örneklerde bir

problem görülmezken, depolama sıcaklığının artması ve depolama süresine bağlı olarak örneklerin totox değerlerinin tüketim açısından riskli görülebilecek değerlere ulaşmış olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.18’de verilen depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak mayonezlerin PD, PAD ve totox değerlerinin ortalamalarına ait varyans analiz sonuçları incelendiğinde tüm faktörlerin ve faktörlerin birbirleriyle olan interaksiyonlarının sonuçlar üzerinde istatistiki açıdan önemli derecede ( $P<0.01$ ) etkisinin olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.18.** Mayonezlerin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak peroksit, p-anisidin ve totox değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	Peroksit değeri			p-Anisidin değeri		Totox değeri	
	SD	KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri
Ürün	1	20.73	91.43**	19.83	1477.51**	22.03	23.64**
Depolama Sıcaklığı	2	42.61	187.98**	14.77	1100.70**	285.57	306.43**
Ürün x Sıcaklık	2	1.48	6.54**	0.57	42.57**	9.55	10.25**
Depolama Süresi	4	31.53	139.10**	74.99	5587.12**	388.13	416.48**
Ürün x Süre	4	2.44	10.75**	3.45	256.97**	22.78	24.45**
Sıcaklık x Süre	8	3.70	16.33**	1.92	143.34**	24.38	26.16**
Ürün x Sıcaklık x Süre	8	0.48	2.11	0.35	25.81	2.31	2.48*
Hata	30	0.23		0.01		0.93	

(\*\*),  $P<0.01$  seviyesinde farklılık ifade eder. KO; Kareler Ortalaması, SD; Serbestlik Derecesi

Depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak mayonez örneklerinin PD, PAD ve totox değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları Çizelge 4.19’da verilmiştir. Çizelge incelendiğinde istatistiki açıdan farklı olmakla birlikte geleneksel olarak üretilen mayonezlerin tüm depolama sıcaklıklarında ve süresindeki örneklerinin totox değeri ortalamalarının 15.18, avokado püresi kullanılarak üretilen örneklerin ortalamalarının ise 16.40 olduğu görülmektedir. Bu durum yukarıda da tartışıldığı üzere özellikle depolama başlangıcında avodo püresi içerikli örneklerin totox değerinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Tüm örneklerin totox değerlerinin ortalaması depolama sıcaklığının artmasıyla artış göstermiş; 4 °C’de depolanan örneklerin totox değerlerinin ortalaması 12.16, 25 °C’de depolanan örneklerin 15.51 ve 35 °C’de depolanan örneklerin ortalamaları ise 19.70 olarak belirlenmiştir. Depolama süresinin artmasıyla da örneklerin totox değerlerinin ortalaması artmış olup, depolama başlangıcında 6.05 olan değer, depolama sonunda 20.13’e ulaşmıştır.

**Çizelge 4.19.** Mayonezlerin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak peroksit, p-anisidin ve totox değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	Ürün	Geleneksel mayonez	Avokadolu mayonez			
		4.97 <sup>a</sup> ±0.40	6.14 <sup>b</sup> ±0.38			
Peroksit değeri	Depolama sıcaklığı	4 °C	25 °C	35 °C		
		4.16 <sup>c</sup> ±0.24	5.44 <sup>b</sup> ±0.39	7.07 <sup>a</sup> ±0.56		
Depolama süresi (gün)		0	5	15	30	45
		2.82 <sup>c</sup> ±0.36	5.32 <sup>b</sup> ±0.40	6.71 <sup>a</sup> ±0.60	6.35 <sup>a</sup> ±0.54	6.57 <sup>a</sup> ±0.52
	Ürün	Geleneksel mayonez	Avokadolu mayonez			
		5.26 <sup>a</sup> ±0.52	4.11 <sup>b</sup> ±0.38			
p-Anisidin değeri	Depolama sıcaklığı	4 °C	25 °C	35 °C		
		3.85 <sup>c</sup> ±0.42	4.64 <sup>b</sup> ±0.57	5.57 <sup>a</sup> ±0.65		
Depolama süresi (gün)		0	5	15	30	45
		0.44 <sup>e</sup> ±0.10	4.95 <sup>d</sup> ±0.35	5.21 <sup>c</sup> ±0.33	5.86 <sup>b</sup> ±0.29	6.98 <sup>a</sup> ±0.55
	Ürün	Geleneksel mayonez	Avokadolu mayonez			
		15.18 <sup>a</sup> ±1.29	16.40 <sup>b</sup> ±1.09			
Totox değeri	Depolama sıcaklığı	4 °C	25 °C	35 °C		
		12.16 <sup>c</sup> ±0.80	15.51 <sup>b</sup> ±1.27	19.70 <sup>a</sup> ±1.68		
Depolama süresi (gün)		0	5	15	30	45
		6.05 <sup>d</sup> ±0.81	15.59 <sup>c</sup> ±1.01	18.62 <sup>b</sup> ±1.37	18.56 <sup>b</sup> ±1.26	20.13 <sup>a</sup> ±1.41

Aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların  $P < 0.05$  seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

#### 4.9.4. Depolama koşullarına göre mayonezlerin $\alpha$ -tokoferol miktarının değişimi

Esansiyel mikrobeseinlerden biri olan E vitamini yağda çözünür bir vitamin olup antioksidan özellikleri sebebiyle gıda, ilaç ve kozmetik endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Vitamin E'nin en önemli aktif formu  $\alpha$ -tokoferol olup, tez kapsamında üretilen mayonezlerin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak  $\alpha$ -tokoferol içerikleri analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.20'de verilmiş ve Şekil 4.12'de gösterilmiştir. Çizelge incelendiğinde geleneksel mayonezlerin (61.16-132.65 mg/kg)  $\alpha$ -tokoferol içeriklerinin avokado püresi kullanılarak üretilen mayonezlere (12.34-88.57 mg/kg) göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Geleneksel mayonezin  $\alpha$ -tokoferol içeriğinin daha yüksek olmasının nedeni olarak formülasyondaki yağ, yumurta sarısı ve avokado püresinin  $\alpha$ -tokoferol miktarlarının farklı olması ve formülasyonda da bu



maddelerin farklı kullanılması görülmektedir. Tez kapsamında kullanılan ayçiçek yağının  $\alpha$ -tokoferol içeriği 219.21 mg/kg, yumurta sarısının 23.081 mg/kg ve avokado püresinin ise 9.44 mg/kg olarak belirlenmiştir. Jacobsen vd. (1999), farklı mayonez örneklerinin tokoferol içeriklerini belirledikleri çalışma sonucunda örneklerin  $\alpha$ -tokoferol içeriklerinin 80-162 mg/kg arasında değişim gösterdiğini rapor etmişlerdir.

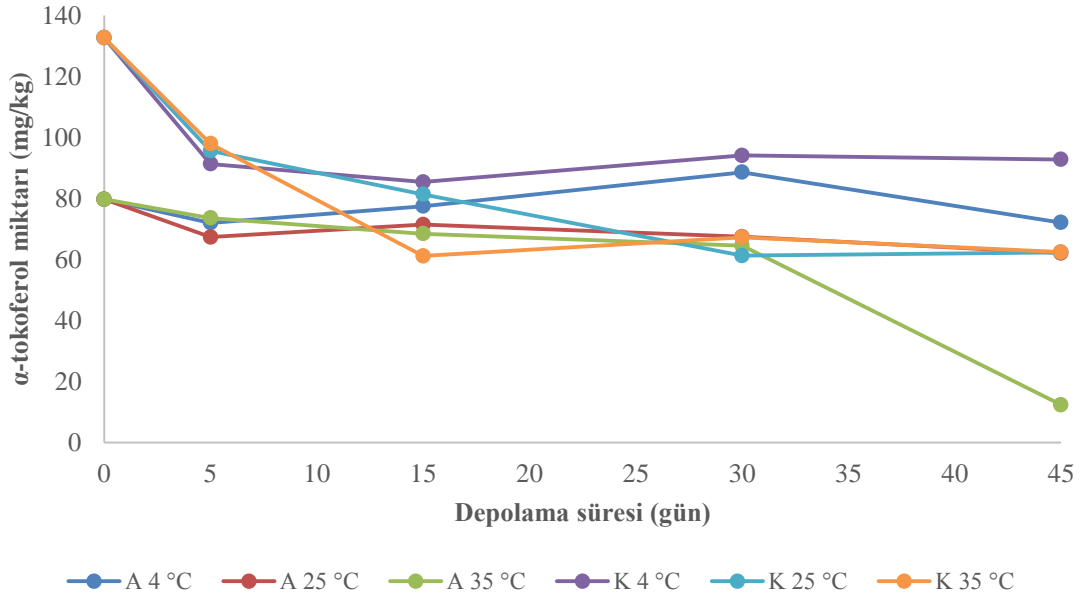
**Çizelge 4.20.** Depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak mayonezlerin  $\alpha$ -tokoferol miktarının (mg/kg) değişimi

Ürün	Depolama sıcaklığı	Depolama süresi (gün)				
		0	5	15	30	45
Geleneksel mayonez	4 °C	132.65±0.93	91.33±0.76	85.38±3.11	94.07±6.11	92.75±7.09
	25 °C	132.65±0.93	95.63±1.44	81.36±11.37	61.27±3.31	62.34±5.47
	35 °C	132.65±0.93	97.94±5.95	61.16±1.48	67.27±3.75	62.38±2.01
Avokadolu mayonez	4 °C	79.73±0.41	72.03±1.56	77.47±7.06	88.57±5.51	72.09±1.59
	25 °C	79.73±0.41	67.33±0.52	71.40±1.94	67.41±1.00	62.09±1.59
	35 °C	79.73±0.41	73.60±1.10	68.45±0.16	64.57±0.45	12.34±0.49

Değerler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

Şekil 4.12 incelendiğinde genel olarak depolama sıcaklığı ve süresi ile birlikte örneklerin  $\alpha$ -tokoferol içeriklerinin azaldığı, bu azalışın kontrol örneklerinde daha hızlı olduğu görülmektedir. Tezin “4.9.3. Depolama koşullarına göre mayonezlerde oksidasyon ürünleri oluşumu” başlığı altındaki Şekil 4.11 incelendiğinde kontrol örneklerinin totok değerlerinin avokado püresi kullanılarak üretilen örneklerle göre daha yüksek olduğu ve bu oluşumun özellikle depolamanın ilk günlerinde daha hızlı olduğu görülmektedir. Kontrol örneklerinin  $\alpha$ -tokoferol miktarındaki azalmanında, totok değerindeki artma gibi ilk günlerde daha hızlı olması depolamanın başlangıcında oksidasyonun hızlı gerçekleştiğini göstermektedir. Kontrol örneklerinin depolama başlangıcında 132.65 mg/kg olan  $\alpha$ -tokoferol miktarı 4 °C’de depolanan örneklerde depolama sonunda 92.75 mg/kg’a azalırken, 25 ve 35 °C’lerde depolanan örneklerde azalış yaklaşık %50 oranında olduğu belirlenmiştir. Avokado püresi içerikli örneklerde ise azalış daha düşük bir hızda gerçekleşmiştir. Depolama başlangıcında 79.73 mg/kg olan  $\alpha$ -tokoferol içeriğinin 4 °C’de depolanan örneklerde depolama sonunda çok az miktarda değişim göstererek 72.09 mg/kg’a azaldığı görülmüş; 25 °C’de depolanan örneklerde ise depolama sonunda 62.09 mg/kg  $\alpha$ -tokoferol tespit edilmiştir. Depolama sonundaki en belirgin azalış ise avokado püresi kullanılarak üretilen mayonezlerde görülmüş ve örneklerin  $\alpha$ -tokoferol miktarı 12.34 mg/kg olarak belirlenmiştir. Bu örneklerin oksidasyon ürünleri miktarı da diğer tüm örneklerle göre daha yüksek miktarda tespit edilmişti. O kısımda da tartışıldığı üzere avokado püresi içerikli örneklerin içeriğindeki fenolik maddeler güçlü antioksidan özelliklerinden dolayı mayonezleri oksidasyona karşı belirli ölçüde korudukları anlaşılmaktadır. Ancak sıcaklık artışıyla oksidasyonun artmasının yanında, polifenoloksidaz aktivitesinin

optimum çalıştığı sıcaklık aralığı olan 25-45 °C'ler arasında fenolik maddeler enzimatik olarak bozunmakta ve avokado püresi kullanılarak üretilen mayonezlerde oksidasyon bu şartlarda daha da hızlanmaktadır. Örneklerin  $\alpha$ -tokoferol miktarının 35 °C sıcaklıkta 45 gün sonunda önemli oranda azalmasının bu durumdan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.



**Şekil 4.12.** Depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak mayonezlerin  $\alpha$ -tokoferol miktarı değişimi

Çizelge 4.21'de verilen varyans analizi sonuçları incelendiğinde mayonezlerin  $\alpha$ -tokoferol miktarı üzerinde mayonez çeşidi x depolama sıcaklığı interaksyonu dışındaki tüm faktörlerin ve bu faktörlerin interaksyonlarının önemli düzeyde etkili olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.21.** Mayonezlerin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak  $\alpha$ -tokoferol miktarlarına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F değeri
Ürün	1	6585.16	140.36**
Depolama Sıcaklığı	2	1409.51	30.04**
Ürün x Sıcaklık	2	70.43	1.50
Depolama Süresi	4	3416.61	72.82**
Ürün x Süre	4	1314.65	28.02**
Sıcaklık x Süre	8	464.81	9.91**
Ürün x Sıcaklık x Süre	8	175.58	3.74**
Hata	30	46.92	

(\*\*),  $P < 0.01$  seviyesinde farklılık ifade eder. KO; Kareler Ortalaması, SD; Serbestlik Derecesi

Çizelge 4.22’de mayonezlerin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak ölçülen  $\alpha$ -tokoferol miktarlarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları verilmiştir. Çizelge incelendiğinde geleneksel olarak üretilen mayonezlerin  $\alpha$ -tokoferol içeriğinin avokado püresi kullanılarak üretilen mayonezlere göre daha yüksek olduğu, depolama sıcaklığının ve süresinin artmasıyla örneklerin  $\alpha$ -tokoferol miktarının azaldığı görülmektedir.

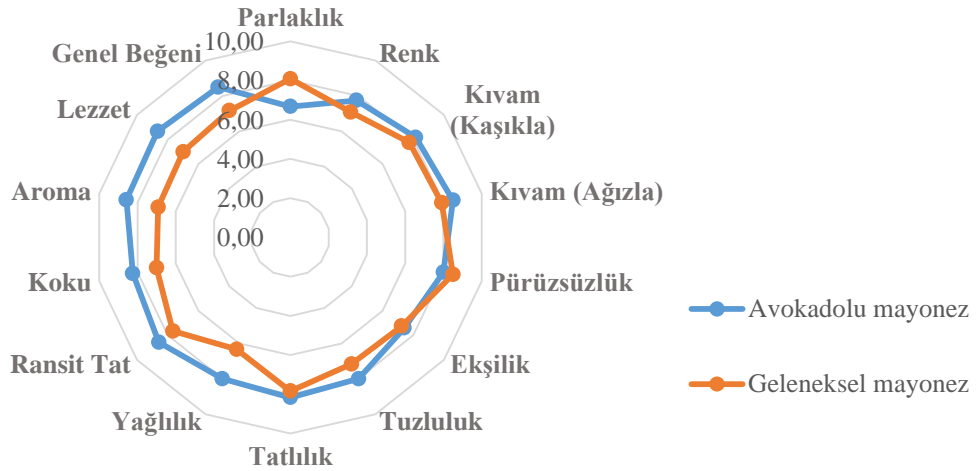
**Çizelge 4.22.** Mayonezlerin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak  $\alpha$ -tokoferol miktarı ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Ürün	Geleneksel mayonez	Avokadolu mayonez			
		90.06 <sup>a</sup> ±4.72	69.10 <sup>b</sup> ±1.61		
Depolama sıcaklığı	4 °C	25 °C	35 °C		
	88.61 <sup>a</sup> ±7.52	78.12 <sup>b</sup> ±7.40	72.01 <sup>c</sup> ±7.96		
Depolama süresi (gün)	0	5	15	30	45
	106.19 <sup>a</sup> ±13.99	82.98 <sup>b</sup> ±9.02	74.20 <sup>c</sup> ±6.64	73.86 <sup>c</sup> ±6.62	60.67 <sup>d</sup> ±8.42

Aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların  $P < 0.05$  seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

#### 4.9.5. Duyusal analiz

Tez kapsamında avokado püresi kullanılarak üretilen mayonezin tüketiciler tarafından ne ölçüde beğeni gördüğü yapılan duyusal analiz ile belirlenmiştir. Panelistlere avokado püresi kullanılarak üretilen ile geleneksel formülasyona göre üretilen mayonezleri; mayoneze özgü parlaklık, renk, kıvam, pürüzsüzlük, ekşilik, tuzluluk, tatlılık, yağlılık, ransit tat, koku, aroma, lezzet ve genel beğeni açısından 1-9 arasında puan vererek karşılaştırmaları istenmiştir. Panele katılan 12 kişinin her bir kritere vermiş olduğu puanların ortalamaları alınarak Çizelge 4.23’de verilen ve Şekil 4.13’de gösterilen değerler elde edilmiştir. Ayrıca her bir kriter için varyans analizi yapılmış (Çizelge 4.24), istatistiki açıdan farklı bulunan kriterlerin ortalamalarına Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanarak farklı harflerle gösterilmiştir (Çizelge 4.24). Çizelge 4.24 incelendiğinde parlaklık ve pürüzsüzlük dışında diğer tüm kriterler açısından avokado püresi kullanılarak üretilen mayonezin geleneksel mayoneze göre daha fazla puanlar aldığı görülmektedir. Yapılan duyusal analiz metoduna göre puan skalasında 7 puan; iyi’ye karşılık gelirken, 8 puan; çok iyi olarak değerlendirilmektedir. Avokado püresi kullanılarak üretilen mayonezlerin panelistler tarafından renk ve ekşilik açısından iyi olarak değerlendirildiği, test edilen diğer parametrelerin ise çok iyi olarak değerlendirildiği görülmektedir. Özellikle ağızdaki kıvam, lezzet ve genel beğeni açısından avokado püresi kullanılarak üretilen mayonez 8.50 ve üzerinde puanlar almıştır.



Şekil 4.13. Mayonezlerin duyusal analiz sonuçları

**Çizelge 4.23.** Mayonezlerin duyuusal analiz sonuçları

Ürün	Özellikler						
	Parlaklık	Renk	Kıvam	Kıvam	Pürüzsüzlük	Eksilik	Tuzluluk
			(Kaşıkla)	(Ağızda)			
<b>Geleneksel mayonez</b>	8.08 <sup>a</sup> ±0.22	7.08±0.32	7.75±0.29	7.92±0.22	8.50±0.25	7.25±0.41	7.17±0.35
<b>Avokadolu mayonez</b>	6.67 <sup>b</sup> ±0.36	7.75±0.32	8.17±0.23	8.50±0.19	8.00±0.34	7.42±0.32	8.00±0.31

Ürün	Özellikler						
	Tatlılık	Yağlılık	Ransit tat	Koku	Aroma	Lezzet	Genel beğeni
<b>Geleneksel mayonez</b>	7.83±0.20	6.33 <sup>b</sup> ±0.32	7.67±0.34	7.00±0.31	6.92 <sup>b</sup> ±0.19	7.00 <sup>b</sup> ±0.2	7.17 <sup>b</sup> ±0.16
<b>Avokadolu mayonez</b>	8.17±0.26	8.00 <sup>a</sup> ±0.24	8.58±0.14	8.25±0.32	8.28 <sup>a</sup> ±0.19	8.67 <sup>a</sup> ±0.18	8.50 <sup>a</sup> ±0.19

Değerler ortalama±standart hata olarak verilmiştir. Aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların  $P<0.01$  seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

İstatistiki açıdan mayonezlerin parlaklık, yağlılık, aroma, lezzet ve genel beğeni özellikleri  $P<0.01$  düzeyinde farklı bulunmuştur (Çizelge 4.24). Geleneksel mayonezin parlaklık değeri avokado püresi kullanılarak üretilen mayoneze göre daha yüksek puanlar almıştır. Nitekim renk analiz sonucunda da geleneksel olarak üretilen örneklerin L değerlerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca mayonezlerin pürüzsüzlülüğü sonuçlarına göre de geleneksel mayonezin daha fazla puan aldığı görülmektedir. Bu durumda yumurta sarısındaki lipoproteinlerin ürünün yapısını iyileştirici etkisinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bundan sonraki sonuç bölümünde de belirtileceği üzere ürünün diğer fiziksel özellikleri de göz önünde bulundurulduğunda avokado püresi kullanılarak üretilen mayonezin yapısını daha da geliştirmek üzere bundan sonraki çalışmalarda formülasyona yumurta sarısında bulunan lipoproteinlerin yerini alabilecek belirli oranda bazı taşıyıcıların da katılması önerilmektedir.

**Çizelge 4.24.** Mayonezlerin duyuşal analiz sonuçlarının ortalamalarına ait varyans analiz sonuçları

Özellik	Varyasyon	SD	KO	F değeri
Parlaklık	Ürün	1	12.04	10.36**
	Hata	22	1.16	
Renk	Ürün	1	2.67	2.01
	Hata	22	1.33	
Kıvam (Kaşıkla)	Ürün	1	1.04	1.15
	Hata	22	0.91	
Kıvam (Ağızda)	Ürün	1	2.04	3.77
	Hata	22	0.54	
Pürüzsüzlük	Ürün	1	1.50	1.32
	Hata	22	1.14	
Ekşilik	Ürün	1	0.17	0.09
	Hata	22	1.78	
Tuzluluk	Ürün	1	4.17	2.89
	Hata	22	1.44	
Tatlılık	Ürün	1	0.67	0.96
	Hata	22	0.70	
Yağlılık	Ürün	1	16.67	16.18**
	Hata	22	1.03	
Ransit tat	Ürün	1	5.04	5.66
	Hata	22	0.89	
Koku	Ürün	1	9.38	7.30
	Hata	22	1.28	
Aroma	Ürün	1	16.67	37.29**
	Hata	22	0.45	
Lezzet	Ürün	1	16.67	28.95**
	Hata	22	0.58	
Genel beğeni	Ürün	1	10.67	27.08**
	Hata	22	0.39	

(\*\*),  $P < 0.01$  seviyesinde farklılık ifade eder. KO; Kareler Ortalaması, SD; Serbestlik Derecesi

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada tüketicilerin sağlığa yararlı gıdalara olan eğilimi dikkate alınarak yumurta sarısı yerine avokado püresi ile düşük kolesterol ve yağ içeriğine sahip mayonez üretimi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda öncelikle düşük miktarda kolesterol ile yağ içeren ve geleneksel olarak üretilen mayonezin kalite özelliklerine yakın sonuçlar veren avokado püresi içerikli bir formülasyon belirlenmiştir. Belirlenen formülasyonda üretilen mayonezler farklı sıcaklık (4, 25 ve 35 °C) ve sürelerde (0, 5, 15, 30 ve 45 gün) depolanarak, depolama boyunca mayonezde yapılan renk, emülsiyon kararlılığı, oksidasyon ürünleri ve  $\alpha$ -tokoferol miktarı analizleri ile ürünün bazı kalite özelliklerinin depolama koşulları ile değişimi incelenmiştir. Tüm yapılan bu çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar ve bundan sonraki çalışmalar için yön verebilecek bazı öneriler aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır;

1. İstenilen özellikleri karşılayan avokado püresi içerikli ürünün formülasyonu için karışım deseni kullanılmıştır. Herhangi bir matematiksel modelle ifade edilebilen cevapları (yağ miktarı, kolesterol miktarı, viskozite,  $K$  değeri, parçacık boyutu ve emülsiyon kararlılığı) amaca uygun olarak optimize eden en iyi karışım istenirlik fonksiyonu ile belirlenmiştir. Optimum avokado püresi içerikli mayonez üretimi için %45 yağ ve %40 avokado püresi kullanılması gerektiği belirlenmiştir.
2. Optimum şartlarda avokado püresi kullanılarak üretilen mayonezde kolesterol tespit edilemezken, yağ miktarı %50.41, viskozite değeri 5.83 Pa.s,  $K$  değeri 70.52 Pa.s<sup>n</sup>, D[4,3] değeri 4.68  $\mu$ m ve emülsiyon kararlılığı %100 olarak belirlenmiştir.
3. Elde edilen mikroskop görüntüleri avokado püresi kullanılarak üretilen mayonezlerin olabildiğince uniform bir yapıya sahip olduğunu, ancak yumurta ile birlikte avokado püresinin birlikte kullanıldığı ürünlerde (5 ve 7 nolu desenler) yapının daha da pürüzsüz ve homojen olabildiğini göstermiştir. Bu durumun yumurta sarısında bulunan lipoproteinlerin fonksiyonundan kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Yapının daha da geliştirilmesi için formülasyona taşıyıcı madde ilave edilmesi önerilmektedir.
4. Avokado püresi kullanılarak üretilen mayonezlerin  $L^*$  ve  $a^*$  değeri geleneksel mayoneze göre daha düşük bulunurken,  $b^*$  değeri daha yüksek bulunmuştur. Depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak geleneksel mayonezin  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  renk değerlerinde önemli bir değişim gözlemlenmezken, avokado püresi kullanılarak üretilen mayonezlerin  $L^*$  ve  $b^*$  değerlerinin özellikle yüksek sıcaklıktaki depolamalarda depolama süresi ile arttığı belirlenmiştir. Bu durumun meyvede bulunan polifenol oksidaz enziminden kaynaklandığı düşünüldüğü için avokado püresi içerikli mayonez üretiminde kullanılacak avokadoya enzim inaktivasyonu işlemi uygulanması önerilmektedir.

5. Geleneksel formülasyona göre üretilen mayonezlerin emülsiyon kararlılığı değerleri %96.31-100 arasında, avokado püresi kullanılarak üretilen mayonez örneklerinin ise %75.23-100 arasında belirlenmiş olup, avokado püresi kullanılarak üretilen mayonezlerin termal kararlılıklarının zamanla azaldığı görülmüştür.
6. Mayonezlerin totox değerlerinin depolama sıcaklığı ve süresi ile birlikte arttığı, bu artışın geleneksel mayonezde daha da hızlı ve fazla olduğu belirlenmiştir. Özellikle 35 °C'de depolanan mayonezlerin 45. gün sonundaki değerleri oldukça yüksek (>20) bulunmuştur.
7. Avokado püresi kullanılarak üretilen mayonezlerin  $\alpha$ -tokoferol içeriği geleneksel mayoneze göre daha yüksek bulunmuştur. Geleneksel mayonezin depolama başlangıcında 132.65 mg/kg olan  $\alpha$ -tokoferol miktarı, 4 °C'de depolanan örneklerde depolama sonunda 92.75 mg/kg'a azalırken, 25 ve 35 °C'lerde depolanan örneklerde azalışın yaklaşık %50 oranında olduğu belirlenmiştir. Avokado püresi kullanılarak üretilen örneklerde ise azalış daha düşük bir hızda gerçekleşmiştir.
8. Mayoneze özgü parlaklık, renk, kıvam, pürüzsüzlük, ekşilik, tuzluluk, tatlılık, yağlılık, ransit tat, koku, aroma, lezzet ve genel beğeni açısından avokado püresi kullanılarak üretilen mayonez duyusal analiz sonucunda tüm özellikler için 7 (İyi) ve üzerinde puan almıştır. Genel beğeni açısından geleneksel mayonez 7.17 (İyi) puan alırken, avokado püresi kullanılarak üretilen mayonez ise 8.50 (Çok iyi) puan almıştır.
9. Tez sonuçları avokado püresi kullanılarak kolestrolü ve yağı azaltılmış mayonez üretilebileceğini, ancak ürünün bazı yapısal özelliklerini ve özellikle termal kararlılığını arttırmak için formülasyona kıvam arttırıcı ve/veya emülsifiye edici maddelerin de katılması gerektiğini göstermiştir.



## 6. KAYNAKLAR

- Amin, H., Mustafa, M., Khalil, H. A. and Elbeltagy, E. A. 2014. Development of low fat mayonnaise containing different types and levels of hydrocolloid gum. Sensory optimization of low fat mayonnaise (different oils and gums). *J. Agroalimentary Proces. and Technol.*, 20(1).
- Ariizumi, M., Kubo, M., Handa, A., Matsumiya, K. and Matsumura, Y. 2017. Influence of processing factors on the stability of model mayonnaise with whole egg during long-term storage. *J. Biosci., Biotechnol, and Biochem.*, 81(4).
- Aydın, D., Rashid, S.M. ve Aydın, R. 2015. Tavuk Yumurtası ve Kolesterol Gerçeği. *KSÜ Doğa Bil. Derg.*, 17(3):26-29.
- Bair C.W. and Marion W.W. 1978. Yolk cholesterol in eggs from various avian species. *Poultry Sci.*, 57(5):1260-1265.
- Bayram, S. 2010. Avokado (Perea Americana Mill.). Batem. 2010 yılı Avokado gelişim raporu.
- Becher, P. and Hamor, W. A. 1957. Emulsions: Theory And Practice. Reynhold Publising Corporation, New York, 392 p.
- Biale, J.B. and Young, R. E. 1971. The avocado pear. Academic Press London.
- Blesso, N. 2015. Egg Phospholipids and Cardiovascular Health. *Nutrients*, 7:2731-2747.
- Bortnowska, G. and Tokarczyk, G. 2009. Comparison of the physical and sensory properties of model low fat mayonnaises depending on emulsifier type and xanthan gum concentration. *EJPAU*, 12(3).
- Bosmuler Züge, L.C., Maieves, H.A., Meira Silveira, J.L., da Silva, V.R. and de Paula Scheer, A. 2017. Use of avocado phospholipids as emulsifier. *Food Sci. Tech.*, 79:42-51.
- Bouic, P.J.D., Etsebeth, S., Liebenberg, R. W. and Albrecht, C. F. Beta-sitosterol and beta-sitosterol glucoside stimulate human peripheral blood lymphocyte proliferation: Implications for their use as an immunomodulatory vitamin combination. *Int. J. Immunopharmaco.*, 18(12):693-700.

- Cemeroğlu, B. S. 2013. Gıda Analizleri. 2.ci baskı, Ders kitabı, Ankara, 682 s.
- Chen, P. S., Toribara, T. Y. and Warner, H. 1956. Microdetermination of phosphorus. *Anal. Chem.*, 28(11):1756-1758.
- Chiralt, A. 2005. Food emulsions. Food engineering: encyclopedia of life support systems; Paris, UNESCO; Oxford, UK, pp. 339-354.
- Chivero, P., Gohtani, S., Yoshii, H. and Nakamura, A. 2016. Assessment of soy soluble polysaccharide, gum arabic and OSA-Starch as emulsifiers for mayonnaise-like emulsions. *Food Sci. Technol.*, 69:59-66.
- Demirkol, A., Bayram, S. ve Baktır, İ. 1998. Antalya koşullarında yetiştirilen 15 avokado çeşidinin adaptasyonları ve performansları. *Acta Horti*, 632:45-52.
- Depreea, J.A. and Savage, G.P. 2001. Physical and flavour stability of mayonnaise. *Trends Food Sci. Tech.*, 12:157-163.
- Dreher, M. L. and Davenport, A. J. 2013. Hass Avocado composition and potential Health Effects. *Food Sci. Nutrition*, 53(7).
- Duarte, P.F., Chaves, M.A., Borges, C.D. and Barboza Mendonça, C.R. 2016. Avocado: characteristics, health benefits and uses. Avocado: characteristics, health benefits and uses. *Food Tech.*, 46(4):747-754.
- Erdoğan, 2014. Kısmi gliseritlerin mayonezin emülsiyon stabilitesi ve reolojisi üzerine etkisi. Yüksek Lisans tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 55 s.
- Evanuarini, H., Nurliyani, Indratiningsih and Hastuti, P. 2015. Characteristic of Low Fat Mayonnaise Containing Porang Flour as Stabilizer. *Pak. J. Nutrition*, 14(7):392-395.
- Farahmand, S. 2014. Utilization of inulin as fat replacer in cake and mayonnaise. A thesis of master degree, Ankara, Middle East Technical University, Food Engineering Department, 138 p.
- Fauziah, C. I., Zaibunnisa, A. H., Osman, H. and Wan Aida, W. M. 2016. Nutritional composition and colour analysis of cholesterol-reduced egg yolk powder and its application in mayonnaise. *Int. Food Res. J.*, 23(2): 575-582.

- Friberg, S., Larsson, K. and Sjoblom, J. 2003. Food Emulsions. Third Edition, Revised and Expanded, CRC Press, USA, 900 p.
- Ghazaei, S., Mızanı, M., Pıravı-Vanak, Z. and Alımı, M. 2015. Particle size and cholesterol content of a mayonnaise formulated by OSA-modified potato starch. *Food Sci. Technol. Campinas*, 35(1):150-156.
- Ghoush, M. A. Samhourı, M., Al-Holya, M. and Herald, T. 2008. Formulation and fuzzy modeling of emulsion stability and viscosity of a gum–protein emulsifier in a model mayonnaise system. *J. Food Eng.*, 84(2):348-357.
- Giacintucci, V., Di Mattia, C., Sacchetti, G., Neri, L. and Pittia, P. 2016. Role of olive oil phenolics in physical properties and stability of mayonnaise-like emulsions. *Food Chem.*, 213:369-377.
- Golchoobi, L., Alimi, M., Shokoohi, S. and Yousefi, H. 2016. Interaction between Nanofibrillated Cellulose with Guar Gum and Carboxy Methyl Cellulose in Low-Fat Mayonnaise: Nanofibrillated Cellulose in Low-Fat Mayonnaise. *J. Texture Stud.*, 47(5).
- Gorji, S. G., Smyth, H. E., Sharma, M. and Fitzgerald, M. 2016. Lipid oxidation in mayonnaise and the role of natural antioxidants. *Trends Food Sci. Tech.*, 56:88-102.
- Gölükcü, M and Özdemir, F. 2010. Changes in phenolic composition of avocado cultivars during harvesting time. *Chem. Nat. Compd.*, 46(1):112-115.
- Gölükcü, 2006. Bazı Avokado (*Persea americana* Mill.) çeşitlerinin püre üretimine uygunluklarının belirlenmesi ve ürün stabilitesi üzerine depolama sıcaklığının etkisi. Doktora tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 160 s.
- Güngör, Ö., Zungur, A., Koç, M. ve Kaymak-Ertekin, F. 2013. Emülsiyonların özellikleri ve emülsifikasyon koşullarının aroma ve yağların mikroenkapsülasyonu üzerine etkisi. *Akad. Gıda*, 11(2):116-124.
- Harrison, L.J. and Cunningham, F.E. 1983. Factors influencing the quality of mayonnaise. *J. Food Quality*, 8:1-20.

- Hsieh, Y. T. L. and Regenstien, J. M. 1991. Factors Affecting Quality of Fish Oil Mayonnaise. *J. Food Sci.*, 56(5):1298-1301.
- Huang, L., Wang, T., Han, Z., Meng, Y. and Lu, X. 2016. Effect of egg yolk freezing on properties of mayonnaise. *Food Hydrocolloid.*, 56:311-317.
- Jacobsen, C., Schwarz, K., Stockmann, H., Meyer, A. S. and Nissen, J. A. 1999. Partitioning of Selected Antioxidants in Mayonnaise. *J. Agric. Food Chem.*, 47: 3601-3610.
- Johary, N., Fahimdanesh, M. and Garavand, F. 2015. Effect of Basil Seed Gum and Tracaganth Gum as Fat Replacers on Physicochemical, Antioxidant and Sensory Properties of Low Fat Mayonnaise. *Int. J. Eng. Sci. Invention*, 4(1):51-57.
- Kim, M.R., Shim, J.Y., Park, K.H., Immd, B.Y., Oh, S. and Imma, J.Y. 2009. Optimization of the enzymatic modification of egg yolk by phospholipase A2 to improve its functionality for mayonnaise production. *Food Sci. Tech.*, 42: 250-255.
- Knight, R. J., Whiley, A. W. and Schaffer, B. 2002. The Avocado: Botany, Production and Uses. CAB International Wallingford, UK.
- Koçak, 2006. Mayonezde mikrobiyolojik raf ömrü. Yüksek Lisans tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 59 s.
- Langton, M., Jordansson, E., Hermansson, A-M., Altskar, A. and Sorensen, C. 1998. Microstructure and image analysis of mayonnaises. *Food Hydrocolloid.*, 13 (1999):113–125.
- Li, J., Wang, Y., Jin, W., Zhou, B. And Li, B. 2014. Application of micronized konjac gel for fat analogue in mayonnaise. *Food Hydrocolloid.*, 35:375-382.
- Liu, H., Xu, X. M. and Guo, Sh. D. 2007. Rheological, texture and sensory properties of low-fat mayonnaise with different fat mimetics. *Food Sci. Tech.*, 40(6):946-954.
- Ma, Z. and Boye, J.I. 2013. Advances in the Design and Production of Reduced-Fat and Reduced-Cholesterol Salad Dressing and Mayonnaise. *Food Bioprocess Tech.*, 6: 648–670.

- Ma, Z., Boye, J. I. and Simpson, B. K. 2016. Preparation of salad dressing emulsions dressing emulsions using lentil, chickpea and pea protein isolates. *J. Food Quality*, 39:274–291.
- Matthaus, B. and Brühl, L. 2015. Quality parameters for the evaluation of cold-pressed edible argan oil. *J. Verbr. Lebensm*, 10:143-154.
- McClements, D. J. and Gumus, C. E. 2016. Natural emulsifiers — Biosurfactants, phospholipids, biopolymers, and colloidal particles: Molecular and physicochemical basis of functional performance. *Adv. Colloid. Interfac.*, 234: 3-26.
- Miranda, J.M., Anton, X., Redondo-Valbuena, C., Roca-Saavedra, P., Rodriguez, J.A., Lamas, A., Franco, C.M. and Cepeda, A. 2015. Egg and Egg-Derived Foods: Effects on Human Health and Use as Functional Foods. *Nutrients*, 7:706-729.
- Moros, J. E., Franco, J. M. and Gallegos, C. 2002. Rheological properties of cholesterol-reduced, yolk-stabilized mayonnaise. *J. Am. Oil Chem. Society*, 79(8):837-843.
- Mun, S., Kim, Y.L., Kang, C.G., Park, K.H., Shim, J.Y. and Kim, Y.R. 2009. Development of reduced-fat mayonnaise using 4aGTase-modified rice starch and xanthan gum. *Int. J. Biol. Macromol.*, 44:400-407.
- Naveh, E., Sabo, E., Neeman, I. and Werman Mj. 2002. Defatted avocado pulp reduces body weight and total hepatic fat but increases plasma cholesterol in male rats fed diets with cholesterol. *The J. Nutrition*, 132(7):2015-2018.
- Naviglio, D., Gallo, M., Grottaglie, L., Scala, C., Ferrara, L. and Santini, A. 2012. Determination of cholesterol in Italian chicken eggs. *Food Chem.*, 132(2):701-708.
- Nikzade, V., Mazaheri Tehrani, M. and Saadatmand-Tarzjan, M. 2012. Optimization of low-cholesterole low-fat mayonnaise formulation: Effect of using soy milk and some stabilizer by a mixture design approach. *Food Hydrocolloid.*, 28:344-352.
- Özdemir, F., Topuz, A., Demirkol, A. ve Gölükçü, M. 2004. Hasat zamanı ve hasat sonrası olgunluğa bağlı olarak bazı avokado (*Persea americana* Mill.) çeşitlerinin bileşimindeki değişimler. *Gıda*, 29(2):177-183.

- Özdemir, F. and Topuz, A. 2004. Changes in dry matter, oil content and fatty acids composition of avocado during harvesting time and post-harvesting ripening period. *Food Chem.*, 86:79–83.
- Özdemir, N., Erdogan, M. N. K., Tat, T. and Tekin, A. 2018. Effect of black cumin oil on the oxidative stability and sensory characteristics of mayonnaise. *J. Food Sci. Technol.*, 55(4):1562–1568.
- Pardo, G. D., Gumus, C. E. and McClements, D. J. 2016. Lutein-enriched emulsion-based delivery systems: Influence of pH and temperature on physical and chemical stability. *Food Chem.*, 196:821-827.
- Piironen, V., Toivo, J. and Lampi, A. M. 2002. New Data for Cholesterol Contents in Meat, Fish, Milk, Eggs and Their Products Consumed in Finland. *J. Food Compos. Anal.*, 15:705-713.
- Rahbari, M., Aalami, M., Kashaninejad, M., Maghsoudlou, Y. and Seid Soheil Amiri Aghdaei, S. S. A. 2015. A mixture design approach to optimizing low cholesterol mayonnaise formulation prepared with wheat germ protein isolate. *J. Food Sci. Tech.*, 52(6):3383-3393.
- Rahmati, R., Tehrani, M.M. and Daneshvar, K. 2014. Soy milk as an emulsifier in mayonnaise: physico-chemical, stability and sensory evaluation. *J. Food Sci. Technol.*, 51(11):3341–3347.
- Román, L., Martínez, M.M. and Gómez, M. 2015. Assessing of the potential of extruded flour paste as fat replacer in O/W emulsion: A rheological and microstructural study. *Food Res. Int.*, 74:72-79.
- Sabaghian, S.H., Nateghi, L. and Alimi, M. 2014. The effect of different concentrations of vivapur MCG on the stability of fat-reduced, low-cholesterol mayonnaise emulsion. *Int. J. Biosci.*, 5:107-112.
- Shen, R., Luo, S. and Dong, J. 2011. Application of oat dextrine for fat substitute in mayonnaise. *Food Chem.*, 126:65-71.
- Smith, J. S. and Hui, Y. H. 2004. Food Processing Principles and Applications. In: Duncan, S.E. 18, Fats: Mayonnaise. Science Technology System. West Sacramento, California, pp. 329-341.

- Szücs, R., Verleysen, K., Duchateau, G. S.M.J.E., Sandra, P. And Vandeginste, B. G.M. 1996. Analysis of phospholipids in lecithins. Comparison between micellar electrokinetic chromatography and high-performance liquid chromatography. *J. Chromatogr., A*, 738:25-29.
- Tadros, T.F. 2013. Emulsion formation and stability. Wokingham, United Kingdom, Wiley VCH, 252 p.
- Takenaga, F., Matsuyama, K., Abe, S., Torii, Y. and Itoh, S. 2008. Lipid and fatty acid composition of mesocarp and seed of avocado fruits harvested at northern range in Japan. *J.Oleo Sci.*, 57(11):591-597.
- Tangolar, S. G., Özogul, F., Tangolar, S. and Yağmur. C. 2011. Tocopherol content in fifteen grape varieties obtained using a rapid HPLC method. *J. Food Compos. Anal.*, 24(4-5):481-486.
- Taş, C and Ünal, M. Ü. 2012. Domat Zeytini Polifenol Oksidaz Enziminin Biyokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. *Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(5).
- Thaiudom, S. and Khantarat, K. 2011. Stability and rheological properties of fat-reduced mayonnaises by using sodium octenyl succinate starch as fat replacer. *Proc. Food Sci.* , 1:315-321.
- Tontul, 2011. Keten tohumu yağının püskürterek kurutmaya mikroenkapsülasyonu üzerine farklı taşıyıcı madde ve emülsiyon uygulamalarının etkilerinin araştırılması. Yüksek Lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 85 s.
- Torun, M., Dincer, C., Topuz, A., Nadeem, H. and Ozdemir, F. 2015. Aqueous extraction kinetics of soluble solids, phenolics and flavonoids from sage (*Salvia fruticosa* Miller) leaves. *J. Food Sci. Technol.*, 52(5): 2797-2805.
- Wendin, K., Risberg, M. and Solheim, E.R. 1999. Fat Content and Homogenization Effects on Flavour and Texture of Mayonnaise with Added Aroma. *Food Sci. Tech.*, 32(6):377-383.
- Yıldırım, M., Sumnu, G. and Şahin, S. 2016. Rheology, particle-size distribution, and stability of low-fat mayonnaise produced via double emulsions. *Food Sci. Biotech.*, 25(6):1613-1618.

Yoruk, R. and Marshall, M. R. 2003. Physicochemical properties and function of plant polyphenol oxidase. *J. Food Biochem.*, 27:361-422.

Yüceer, 2007. Kolesterolü azaltılmış yumurta sarısı üretimi ve düşük kolesterolü mayonez üretiminde kullanımı. Yüksek Lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 60 s.



## ÖZGEÇMİŞ

**Feride KOMAÇ**



### ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2007-2009	Bakü Devlet Üniversitesi Kimya Fakültesi, Organik Kimya Bölümü, Bakü
Lisans 2003-2007	Bakü Devlet Üniversitesi Kimya Fakültesi, Kimya Bölümü, Bakü