

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KOLESTEROLÜ AZALTILMIŞ YUMURTA SARISI
ÜRETİMİ VE DÜŞÜK KOLESTEROLLÜ MAYONEZ
ÜRETİMİNDE KULLANIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Gıda. Müh. Muhammed YÜCEER**

**Anabilim Dalı: Gıda Mühendisliği
Programı: Gıda Mühendisliği**

KASIM 2007

**KOLESTEROLÜ AZALTILMIŞ YUMURTA SARISI
ÜRETİMİ VE DÜŞÜK KOLESTEROLLÜ MAYONEZ
ÜRETİMİNDE KULLANIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Gıda Müh. Muhammed YÜCEER
(506031500)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 17 Eylül 2007
Tezin Savunulduğu Tarih : 06 Kasım 2007**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Beraat ÖZÇELİK
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Güldem ÜSTÜN
Yrd. Doç. Dr. Gürbüz GÜNEŞ**

KASIM 2007

ÖNSÖZ

Besleyici bir ürün olan yumurta sarısı, kolesterol içeriği ile tüketici sağlığı açısından risk oluşturmaktadır. Kolesterolün yumurta sarısından uzaklaştırılması ile elde edilen kolesterolü azaltılmış yumurta sarısı mayonez üretiminde kullanılarak mayonezin taşıdığı sağlık riski düşürülmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmada kolesterolü azaltılmış yumurta sarısı kullanılarak üretilen mayonezin normal mayoneze göre kalite unsurları incelenmiştir.

Çalışmam sırasında beni yönlendiren, yardımlarını ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Sn. Doç.Dr. Beraat ÖZÇELİK'e teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca eğitimim sırasında emeği geçen tüm hocalarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalışmam sırasında kullandığım yumurta sarısı örneklerini temin eden ve laboratuvar imkanlarını kullandığım A.B Gıda San. ve Tic. A.Ş.'ye ve çalışmam sırasında enzim temininde yardımını esirgemeyen Genencor Division of Danisco US Inc. firmasından Sn. Guy Goethebeur'a ve reoloji ile ilgili çalışmada yardımını esirgemeyen Sn. Filiz Lokumcu ALTAY'a teşekkür ederim.

Eylül, 2007

Muhammed YÜCEER

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
KISALTMALAR	
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖZET	xi
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	3
2.1. Yumurta ve Yumurta Sarısı	3
2.1.1. Yumurtanın yapısı	4
2.1.2. Yumurta sarısının yapısı	4
2.2. Kolesterolü Uzaklaştırma Yöntemleri	6
2.2.1. Fiziksel yöntemle kolesterolün uzaklaştırılması	8
2.2.1.1. Distilasyon ve kristalizasyon	8
2.2.1.2. Süperkritik sıvı ekstraksiyon	9
2.2.2. Biyolojik yöntemle kolesterolün uzaklaştırılması	9
2.2.2.1 Mikroorganizma ve enzim uygulaması	9
2.2.3. Kimyasal yöntemle kolesterolün uzaklaştırılması	10
2.2.3.1. β -siklodekstrin ile kompleks oluşturma	11
3. GIDALARDA KOLESTEROL MİKTARININ AZALTILMASINA İLİŞKİN BAZI UYGULAMALAR	17
3.1. Süt ve Süt Ürünleri	17
3.2. Yumurta Ürünleri ve Mayonez	18
3.2.1. Fiziksel yöntem kullanılarak yapılan uygulamalar	21
3.2.2. Biyolojik yöntem kullanılarak yapılan uygulamalar	21
3.2.3. Kimyasal yöntem kullanılarak yapılan uygulamalar	24
4. MATERYAL VE METOT	27
4.1. Materyal	27
4.2. Metot	28
4.2.1. Analizi yapılan örneklerin hazırlanması	28
4.2.1.1. Düşük kolesterolü yumurta sarısı üretimi	28
4.2.1.2. Düşük kolesterolü mayonez üretimi	29
4.2.2. Yapılan Analizler	30
4.2.1.1. Bileşen Analizi	30
4.2.1.2. Kolesterol Analizi	30
4.2.1.3. Renk Analizi	32
4.2.1.4. Reolojik özelliklerin belirlenmesi	32
4.2.1.5. İstatistiksel Analiz	33
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	34
5.1. Bileşen ve Kolesterol Analizi	34
5.2. Renk Analizi	35

5.3. Reolojik Özelliklerin Analizi	36
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	43
KAYNAKLAR	45
EKLER	50
ÖZGEÇMİŞ	60

KISALTMALAR

KM	: Kuru madde
L	: Parlaklık değeri
a	: Kırmızılık değeri
b	: Sarılık değeri
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
AEB	: American Egg Board (Amerikan Yumurta Birliği)

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 :Taze Yumurtanın Kimyasal Bileşimi.....	3
Tablo 2.2 :Yumurta Ürünlerinin Besin Değeri.....	3
Tablo 2.3 : β -Siklodektrinin Gıda Sanayiinde Uygulama Alanları.....	16
Tablo 3.1 :Dünyada Standart ve Düşük Yağlı Mayonez Tüketim Miktarları ..	19
Tablo 3.2 :Bazı Mayonez Formülasyonları.....	20
Tablo 4.1 :Materyaller ve Tedarikçi Listesi.....	27
Tablo 4.2 :Üretici Firma Tarafından Düşük Yağlı Mayonez Ambalajı Üzerinde Verilen Etiket Bilgileri.....	29
Tablo 4.3 : Deneme Deseni.....	30
Tablo 5.1 : Düşük Kolesterolü Yumurta Sarısı Örneklerinin Bileşen Kompozisyonu.....	34
Tablo 5.2 : Düşük Kolesterolü Mayonez Örneklerinin Bileşen Kompozisyonu.....	35
Tablo 5.3 : Düşük Kolesterolü Yumurta Sarısı Örneklerinin Renk Değerleri...	35
Tablo 5.4 : Farklı Ksantan Gam ve Yumurta Sarısı İlave Seviyelerinin Mayonezlerin Renk Değerleri Üzerine Etkileri.....	36

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Beta-Siklodekstrinin Yapısı.....	12
Şekil 5.1 : A Markalı Düşük Yağlı Mayonez Numunesinin 1,2, ve 3. Tekrarlarının Akış Davranış İndeksinin Kayma Hızı ile Değişimi (gidiş ve dönüş).....	37
Şekil 5.2 : A Markalı Düşük Yağlı Mayonez Numunesinin 1,2, ve 3. Tekrarlarının Akış Davranış İndeksinin Kayma Hızı ile Değişimi ve Hershel-Bulkley Modeline Uygunluğunun Gösterimi (gidiş ve dönüş).....	38
Şekil 5.3 : A Marka Düşük Yağlı Mayonez Numunesinin 1,2 ve 3. Tekrarlarına ait Viskozite Eğrileri.....	39
Şekil 5.4 : Mayonez Numunesinin Akış Eğrileri (gidiş ve dönüş).....	40
Şekil 5.5 : Mayonez Numunesinin Akış Eğrileri ve Model Gösterimleri (gidiş ve dönüş).....	41
Şekil 5.6 : Mayonez Numunelerinin Viskozite Eğrileri.....	42
Şekil A.1 : %0,5 KG ve %4 YS İçeren Mayonez Numunesinin Akış Davranış İndeksinin Kayma Hızı ile Değişimi (gidiş).....	50
Şekil A.2 : %0,5 KG ve %4 YS İçeren Mayonez Numunesinin Akış Davranış İndeksinin Kayma Hızı ile Değişimi (dönüş).....	50
Şekil A.3 : %0,7 KG ve %4 YS İçeren Mayonez Numunesinin Akış Davranış İndeksinin Kayma Hızı ile Değişimi (gidiş).....	51
Şekil A.4 : %0,7 KG ve %4 YS İçeren Mayonez Numunesinin Akış Davranış İndeksinin Kayma Hızı ile Değişimi (dönüş).....	51
Şekil A.5 : %0,5 KG ve %6 YS İçeren Mayonez Numunesinin Akış Davranış İndeksinin Kayma Hızı ile Değişimi (gidiş).....	52
Şekil A.6 : %0,5 KG ve %6 YS İçeren Mayonez Numunesinin Akış Davranış İndeksinin Kayma Hızı ile Değişimi (dönüş).....	52
Şekil A.7 : %0,7 KG ve %6 YS İçeren Mayonez Numunesinin Akış Davranış İndeksinin Kayma Hızı ile Değişimi (gidiş).....	53
Şekil A.8 : %0,7 KG ve %6 YS İçeren Mayonez Numunesinin Akış Davranış İndeksinin Kayma Hızı ile Değişimi (dönüş).....	53
Şekil A.9 : %0,5 KG ve %7,5 YS İçeren Mayonez Numunesinin Akış Davranış İndeksinin Kayma Hızı ile Değişimi (gidiş).....	54
Şekil A.10: %0,5 KG ve %7,5 YS İçeren Mayonez Numunesinin Akış Davranış İndeksinin Kayma Hızı ile Değişimi (dönüş).....	54
Şekil A.11: %0,5 KG ve %4 YS İçeren Düşük Kolesterolü Mayonez görünüşü.....	55
Şekil A.12: %0,7 KG ve %4 YS İçeren Düşük Kolesterolü Mayonez görünüşü.....	55
Şekil A.13: %0,5 KG ve %6 YS İçeren Düşük Kolesterolü Mayonez görünüşü.....	56
Şekil A.14: %0,5 KG ve %7,5 YS İçeren Düşük Kolesterolü Mayonez görünüşü.....	56
Şekil A.15: A Marka Düşük Yağlı Mayonez görünüşü.....	57
Şekil A.16: %0,7 KG ve %6 YS İçeren Düşük Kolesterolü Mayonez görünüşü.....	57
Şekil A.17: Çiğ Yumurta Sarısı görünüşü.....	58

Şekil A.18:	Pastörize Sıvı Yumurta Sarısı görünüşü.....	58
Şekil A.19:	Düşük Kolesterolü Sıvı Yumurta Sarısı görünüşü.....	59

SEMBOL LİSTESİ

σ	: Kayma gerilimi
σ_0	:Yıkılma gerilimi
γ	: Kayma hızı
K	: Kıvam katsayısı
n	: Akış davranış indeksi
λ	: Yapısal parametre

KOLESTEROLÜ AZALTI MIŞ YUMURTA SARISI ÜRETİMİ VE DÜŞÜK KOLESTEROLLÜ MAYONEZ ÜRETİMİNDE KULLANIMI

ÖZET

Diyetlerle vücuda alınan kolesterolün kan kolesterol düzeyi üzerine olan direkt etkisi bilinmektedir. Yumurta sarısı besleyici özelliğinin yanında içeriğinde bulunan yüksek kolesterol nedeniyle koroner kalp hastalığına yakalanma riskini artırmaktadır. Ayrıca yumurta sarısı kolesterolü ile kan kolesterolü arasında pozitif korelasyon bulunmaktadır. Bu nedenle 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 gelişmelere bağlı olarak gıda uzmanları tüketicilerin bu beklentilerini karşılamak amacıyla yumurtada bulunan kolesterolü uzaklaştırmak amacıyla çeşitli metodlar geliştirmişlerdir. Bu metodlar arasında süperkritik CO₂ ekstraksiyon yöntemi, organik solvent yöntemi yanında β -siklodekstrin (β -CD) kullanılarak kolesterol miktarı değişen miktarlarda uzaklaştırılmıştır. Ayrıca çeşitli enzimler ve mikroorganizmalar yardımıyla da kolesterol parçalanarak ürün içerisindeki kolesterol miktarı düşürülmeye çalışılmıştır. Ancak bu uygulamada işlemin etkinliği oldukça düşük düzeylerde kalmaktadır.

Çalışmada düşük kolesterolü yumurta sarısı kullanılarak üretilen düşük kolesterolü mayonezin kimyasal özellikleri, renk tayini ve reolojik özellikleri ölçülmüştür. Bu amaçla çalışmamızda yumurta sarısında bulunan kolesterol, gıda sanayinde birçok uygulamada kullanılan, 7 glukoz ünitesinden oluşan ve siklik oligosakkarit yapı gösteren, β -CD ile belirli koşullarda kompleks oluşturularak kolesterol β -CD ile bağlanmıştır. Çalışma içerisinde yumurta sarısında bulunan kolesterol %83 oranında uzaklaştırılmıştır. Elde edilen düşük kolesterolü yumurta sarısının renk değerleri B marka pastörize sıvı yumurtaya yakın olup herhangi bir işlem görmemiş çiğ yumurta sarısına göre yüksek parlaklık, kırmızılık ve sarılık değerine sahiptir.

Düşük kolesterolü yumurta sarısı kullanılarak kolesterol ve yağ miktarı azaltılmış mayonez üretimi gerçekleştirilmiş, ksantan gam (%0,4 ve %0,7) ve yumurta sarısının (%4, %6 ve %7,5) değişen oranlarının mayonezin bileşen, renk ve reolojik özelliklerine olan etkileri incelenmiştir. Üretilen mayonezlerin parlaklık değerleri 38,51-45,46 arasında, kırmızılık değerleri -0,35 ile -0,66 arasında ve sarılık değerleri 4,34-7,63 arasında bulunmuştur. Ksantan gam (KG) ve yumurta sarısı (YS) seviyelerinde yapılan değişikliğin kırmızılık değerlerinde azalmaya ancak parlaklık ve sarılık değerlerinde bir artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Farklı düzeylerde KG ve YS içeren mayonezlerin tümünün newtonyen olmayan ve tiksotropik akış davranışı gösterdiği ayrıca Herschel-Bulkley modeline uyduğu belirlenmiştir.

PRODUCTION OF CHOLESTEROL REDUCED EGG YOLK AND USING IN LOW CHOLESTEROL MAYONNAISE PRODUCTION

SUMMARY

The negative effect of the cholesterol intake during the diets on the level of the blood cholesterol is well known. Consuming egg yolk because of its high cholesterol content increases the risk of coronary heart diseases (CHD), although having high nutritional quality. As a result of the high cholesterol, the consumers have started to consume less the products which contain yolk such as mayonnaise and have started to look for more functional products with low cholesterol.

The food analysts have developed several methods in order to get rid of the cholesterol from the egg in order to meet the expectations of the consumers in parallel with the technological improvements. Among these methods, the supercritical CO₂ extraction method, organic solvent utilization, binding with β -cyclodextrin (β -CD) can be stated. Furthermore, the amount of the cholesterol has tried to be reduced by being digested with the help of various enzymes and microorganisms. However, with this kind of an application the effectiveness of the operation remains low.

The aim of this study to analyze chemical properties, color value and rheological properties of cholesterol reduced mayonnaise prepared by using cholesterol reduced egg yolk were measured. In this study, the cholesterol which exists in the yolk will be made connected to β -CD which is used in various applications in food industry by forming a complex with β -CD which reflects a structure of cyclic oligosaccharide and is composed of 7 glucose units. The β -CD-cholesterol complex formed will be separated from the product by centrifuging. α -amylase enzyme will be used to digest the β -CD residue. The egg yolk with the low cholesterol will be used in the production of mayonnaise with low cholesterol and some of physical and chemical quality characteristics of the product will be examined.

In our study, a complex has been formed under certain conditions using the cholesterol contained in the egg yolk and the β -CD that is used in various food

industry applications, that contains 7 glucose units and that has a cyclic oligosaccharide structure in order to bond cholesterol. During the study, the cholesterol level in the egg yolk has been removed by 83%. The colour values of the resulting low cholesterol egg yolk (LCEY) are close to type B pasteurized liquid egg yolk has higher brightness, redness and yellowness values as compared to untreated raw egg. Mayonnaise with reduced cholesterol and fat has been produced using

Low cholesterol egg yolk and the effects of the varying ratios of xanthan gum (0.4% and 0.7%) and egg yolk (4%, 6% and 7.5%) on the compound, color and rheological properties of mayonnaise have been examined. The mayonnaise products have brightness values ranging between 38.51 and 45.46, redness values between -0.35 and -0.66 and yellowness values between 4.34 and 7.63. It was found that changes in the levels of xanthan gum (XG) and egg yolk (EY) have resulted in the reduction of redness values and an increase in the brightness and yellowness values. All mayonnaise containing different levels of XG and EY exhibit non-Newtonian and thixotropic flow behavior and conform to Heschel-Bulkley model.

1.GİRİŞ

İnsan beslenmesi ve ülke ekonomisi 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. Bununla birlikte yumurta sarısı içermiş olduğu kolesterol nedeniyle tüketici sağlığı açısından risk oluşturmaktadır. Diyetle yüksek yağ ve kolesterolün alımının koroner kalp yetmezliği riskini artırdığı bilinmektedir.

Son yıllarda, yumurta sarısının kolesterol içeriğinin düşürülerek tüketicilerin diyetlerinde daha kolay yer bulabilmek amacıyla bu yöndeki çalışmalar devam etmektedir. Öte yandan yumurta sarısı, mayonezin başlıca bileşenidir. Kolesterolü düşürülmüş yumurta sarısı kullanılarak düşük kolesterollü mayonez üretimi günümüze kadar uygulanmamıştır. Düşük yağlı mayonez ile ilgili yapılan çalışmalar son yıllarda yoğunluk kazanmıştır (Saito ve ark., 2006; Santipanichwong ve Suphantharika, 2007).

Yumurta sarısındaki kolesterolün ayrılarak daha sağlıklı hale getirilmesi amacıyla biyolojik, fiziksel ya da kimyasal yöntem kullanılmaktadır.

Yumurta sarısından kolesterolü uzaklaştırmak için süperkritik ekstraksiyon metoduna alternatif bir metot olan beta-siklodekstrin ile adsorpsiyon yöntemi yumurta sarısındaki yağda çözünen vitaminleri, esansiyel yağ asitlerini ayırmaması ve ürünün dokusuna zarar vermemesi nedeniyle diğer yöntemlere göre daha avantajlıdır.

Kandaki kolesterol seviyesi ile diyetle alınan kolesterol miktarı arasında sıkı bir ilişki vardır. Yumurta sarısı 200-270 mg kolesterol içeriğiyle gıdalar içerisinde kolesterol oranı yüksek gıdalar arasında yer almaktadır (Feldman, 2002; Jung ve ark., 2005). Yumurtada kolesterol oranı düşürülerek tüketicilerin koroner kalp ve damar hastalığına yakalanma riskinin azaltılması hedeflenmiştir.

Bu çalışmada yumurta sarısının fonksiyonel özellikleri korunarak düşük kolesterolü ve yağ içerikli, sağlık açısından daha faydalı bir mayonez ürünü üretimi amaçlanmaktadır. Çalışmada elde edilen verilerin light ve düşük kolesterollü

mayonez üretiminde kullanılması, geliştirilen düşük kolesterolü yumurta sarısının farklı ürünlerde kullanılabilmesi ve gıda sektöründe kolesterolsüz mayonez geliştirme sürecine katkıda bulunması beklenmektedir. Ayrıca, çalışma içerisinde yumurta sarısında bulunan kolesterolün yumurtanın yapısal ve fonksiyonel özelliklerine zarar vermeden uzaklaştırılarak mayonez üretiminde kullanılması, farklı mayonez formülasyonlarının ürünün reolojik özelliklerine katkısının incelenmesi ve elde edilen ürünün karakterize edilmesi hedeflenmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

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 fosfolipitleri, özellikle lesitin ve kolesterol yüksek miktarda bulunmaktadır. Yumurta sarısı kolesterolü ile kan kolesterolü arasında pozitif bir korelasyon bulunmaktadır. Yumurta sarısı kolesterolü, kökenini hayvanın plazma kolesterolünden almaktadır. Kolesterol koroner kalp yetmezliği ve arterosklerose yol açan etkenlerden biridir. 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 alımının düşürülmesi gerekmektedir (Sandrou ve Arvanitoyannis, 2000; Zeidler, 2002).

2.1 Yumurta ve Yumurta Sarısı

Yumurta, anne sütünden sonra insanın ihtiyacı olan tüm besin öğelerini bulunduran tek besin maddesi olmanın yanında dünyada her zaman aranılan ve sevilerek tüketilen temel gıda maddesi durumundadır. Besinler arasında en kaliteli proteine sahip olma özelliği yumurtaya ait olup yumurta, insan beslenmesinde önemli bir yer almaktadır. Çünkü yumurta proteini insan vücudunda sentezlenemeyen, besinler ile dışarıdan alınması gerekli olan esansiyel aminoasitleri (sınırlayıcı aminoasitler) yeterli ve dengeli miktarlarda içermektedir.

Yumurta proteinleri yüksek sindirilebilirlik özelliği ile tamamına yakını vücut tarafından kullanılmakta ve vücut proteinlerine dönüşebilmektedir. Bu özelliğinden dolayı yumurta proteininin biyolojik değeri %94 gibi yüksek bir değere sahiptir. Bu durum vücutta 94 g protein oluşması için 100 g yumurta proteininin alınmasını ifade etmektedir. Ayrıca, yumurtanın sindirilebilirlik değeri ("*in vitro* protein digestibility, IVPD") %97 olup bu durum yumurta proteinlerinin %97'sinin aminoasit olarak emildiğini göstermektedir. FAO'nun belirttiği değere göre yumurtanın protein değeri 100 olarak kabul edilerek diğer proteinlerin kalitesinin belirlenmesinde referans olarak alınmıştır. Yumurta düşük enerji içeriğine karşın tüm aminoasitleri vücudumuzun gereksinim duyduğu miktar ve oranlarda içerir. Yumurtanın belirtilen

besin öğelerini yapısında bulundurması nedeniyle besleyici değeri yüksek bir gıda olarak tanımlanmaktadır.

2.1.1 Yumurtanın yapısı

Taze yumurtanın kimyasal kompozisyonu Tablo 2.1.'de verilmiştir.

Tablo 2.1: Taze Yumurtanın Kimyasal Bileşimi (Zeidler, 2002)

Yumurta	Su (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)
Bütün (kabuklu)	65,5	11,8	11,0	11,7
Bütün (kabuksuz)	74,5	12,4	11,5	0,94
Ak	88,8	11,0	0,2	0,8
Sarı	48,0	17,5	32,5	2,0

Yumurta ürünlerinin kimyasal bileşimi Tablo 2.2'de verilmiştir. Yumurta başlıca A, D, E ve B grubu vitaminleri olmak üzere C vitamini hariç diğer vitaminleri de önemli oranda içermektedir. Yumurta, demir ve çinko gibi sağlığımız için çok önemli olan mineralleri de içeren bir besindir (Stadelman ve Cotterill, 1995).

Tablo 2.2: Yumurta Ürünlerinin Besin Değeri (Zeidler, 2002)

Ürün*	Su	Protein (g)	Yağ (g)	Karbonhidrat (g)	Enerji (kcal)
Yumurta Akı	88,0	9,7-10,6	0,03	0,4-0,9	19
Yumurta Sarısı	48,2	15,7-16,6	31,8-35,5	0,2-1,0	65
Bütün Yumurta	75,5	12,8-13,4	10,5-11,8	0,3-1,0	84

*1 adet yumurta 60 g olarak alınmıştır.

Kabuklu yumurtanın yaklaşık %11'i kabuk, %58'i yumurta akı ve %31'i de yumurta sarısından oluşmaktadır (Anton ve Gandemer, 1997).

2.1.2 Yumurta sarısının yapısı

Yumurta sarısı, yumurtanın ortasında, iç içe bir açık ve bir koyu renkli tabakalarla bunları en dıştan saran vitelin membranı ile çevrilmiş yumurtanın sarı renkli maddesidir. Yumurta sarısının renginin açık veya koyu sarı olmasının yumurtanın kalite ve beslenme değerini etkilemediği bildirilmiştir. Yumurta sarısının beslenmedeki önemi içermiş olduğu yüksek biyolojik değerli protein yanında yapısındaki esansiyel yağ asitleri ve yağda çözünen A, D, E, K vitaminleri ile

mineral bileşiminden ileri gelmektedir. Yumurta sarısındaki proteinler lipitlerle bağlanmış olarak lipoprotein (lipovitellin, lipovitelenin, livetin), bir kısmı da fosfoprotein (fosfovitin) şeklinde bulunur. Ayrıca, bu proteinler yumurta sarısına mayonez gibi emülsiyon ürünlerinde emülsifiye edici özelliğini kazandırmaktadır. Yumurta sarısı aroma verici olarak pasta, sos ve kremalarda, renklendirici olarak yapısındaki ksantofil etken maddesi yardımı ile kek, pasta ve ekmeklerde, emülsiyon özelliğiyle lesitin ve lipoprotein etken maddeleri yardımı ile mayonez, sos, krema, dondurmada, koagülant olarak lipoprotein etken maddesi ile kek, krema, pasta, dondurmada, antioksidan olarak fosvitin etken maddesi yardımıyla gıdalarda kullanılmaktadır. (Anton ve Gandemer, 1997; Guilmineau ve Kulozik, 2005). Yumurta sarısının rengini başlıca karotenoidler olmak üzere ksantofiller ve oksikarotenoidler etkilemektedir. Sarı rengin oluşumunda lutein-sarı, zeaksantin-altın sarısı rol alırken kırmızı rengin oluşumunda kapsantin ve coppersorupin ön plana çıkmaktadır (Şamlı ve ark., 2005).

Ülkemizde yumurta tüketimi Türkiye Yumurta Üreticileri Derneği kayıtlarına göre kişi başı yıllık yumurta tüketimi 2005 yılında 122 kabuklu yumurtadır. ABD’de Amerikan Yumurta Birliği (AEB) kayıtlarına göre 180,8 kabuklu ve 76,5 sıvı olmak üzere toplam 257,3 olarak verilmektedir. Bu verilere göre ülkemizdeki yumurta tüketimi gelişmiş ülkelere nazaran daha düşük seviyede olmakla beraber artan talep ile gelişen ve büyüyen bir seyir içerisindedir.

Yumurta sarısı gıda endüstrisinde mayonez, salata sosları, içecekler, çorbalar (hazır ve toz karışımlar), unlu mamuller, pasta, börek, hamur işleri, mantı, makarna, şehriye, bisküvi, gofret, et ürünleri (sucuk, sosis), balık ürünleri (surimi), sütlu tatlılar, dondurma, soslar, mayalı ürünler ve pidelerin üzerine sürülerek kullanılmaktadır. Bu yumurta sarısı bir takım fonksiyonel özellikler kazandırmaktadır. Bu özellikler kısaca; besleyici değer kazandırma, kıvam verme, viskozite artışı, lezzet verme, sertlik derecesi ayarlama, pıhtılaştırıcı, yağda emülsiyon oluşturma ve renklendirme amacıyla kullanılmaktadır.

2.2. KOLESTEROLÜ UZAKLAŞTIRMA YÖNTEMLERİ

Kolesterol; insanlar ve tüm hayvanlarda vücutta sentezlenen yağ benzeri bir maddedir. Sinir liflerinin yalıtımı, hücre duvarının bütünlüğünün sağlanması, D vitamini sentezi, çeşitli hormonların ve sindirim salgılarının oluşumu için gereklidir. Kolesterol hayvansal kaynaklı gıdalarda bulunmaktadır. Gıdalarda bulunan kolesterol serbest halde veya yağ asitleriyle esterleşmiş durumdadır. Kandaki kolesterol seviyesi ile diyetle alınan kolesterol miktarı arasında sıkı bir ilişki vardır. Dışarıdan alınan kolesterol miktarı belli bir düzeyin üzerinde olursa kandaki kolesterol miktarı artmaktadır. Günlük maksimum alınabilecek kolesterol miktarı 300 mg'dır. Kandaki kolesterol düzeyi arttığında atar damarların iç yüzeyinde biriken tabakalar kan akışını engeller. Kolesterol düzeyinin kalp rahatsızlıklarını teşvik eden faktörlerden biri olduğu düşünülmektedir. Diyetle alınan kolesterol miktarı ile koroner kalp rahatsızlıkları arasında ilişkinin tespit edilmesinden sonra kolesterolü gıda tüketimi azalmış ve kolesterolü düşük gıdaların üretimine yönelmiştir (Zeidler, 2002.).

Tüketici ihtiyaçları ve değişen yaşam koşullarına bağlı olarak yumurta sarısında bulunan kolesterol oranı düşürülerek kalp ve damar hastalarının tüketebileceği bir mayonez ürünün geliştirilmesi zaman içerisinde bir ihtiyaç haline gelmiştir. Kolesterolün koroner kalp yetmezliği riskini arttırması nedeniyle tüketiciler kolesterol miktarı yüksek gıdaların tüketimi yerine düşük kolesterolü veya kolesterolü azaltılmış gıdaların tüketilmesine yönelmelerine sebep olmuştur. Kolesterol uzaklaştırma yöntemleri fiziksel, biyolojik ve kimyasal olmak üzere 3 grupta incelenebilir (Seçkin ve Metin, 2003).

Gıdalardan kolesterolün azaltılması amacıyla birçok metot uygulanmıştır. Bu metotlar genel olarak kümes hayvanı üzerinde yapılan uygulamalar ve ürüne proseste yapılan uygulamalar şeklinde sınıflandırılabilir. Kümes hayvanı üzerinde yapılan uygulamalar; doğru genetikte hayvanların seçimi, doymamış lipidlerin kullanımı, zengin diyetlerle besleme, büyüme hormonlarının kullanımı, çeşitli ilaç ve kimyasal ile muamele edilerek azaltılmaktadır. Belirtilen yöntemlerin birçoğu kolesterolü azaltmakta çok etkili olmamakla birlikte bunlar hayvanların kolesterol içeriklerini azaltmak için hayvan üreticilerinin yaptıkları çabaları kapsamaktadır.

Yumurtanın kolesterol düzeyini etkileyen faktörler rasyona (tavuk yemi formulasyonu) ilave edilen ve hayvana ait olmak üzere iki grup altında incelenebilir. Rasyona ilave edilen saponin, krom, bor, ilaçlar, selüloz, yağlar, bitki, steroller, C vitamini, bakır, sarımsak ve orotik asit ile veya rasyonun toplam kolesterol miktarının sınırlandırılması şeklinde yapılabilmektedir. Yumurtanın kolesterol içeriğini düşürmek amacıyla yapılan bu yöndeki çalışmalar temel olarak karaciğerde kolesterol sentezini sınırlama veya kolesterolün bağırsaklardan emilimini azaltma amacını taşımıştır. Mori ve arkadaşları (1999) bazı ilaçların yumurtanın kolesterolüne etkisini inceledikleri çalışmada %1,6 ile %16 arasında değişen oranlarda kolesterolü düşürmeyi başarmışlardır. Yumurta ile atılan kolesterolün embriyonun hayatta kalması için önem taşıması nedeniyle, yumurta kolesterolünü düşürmeye yönelik çalışmalarda istenilen başarı tam olarak elde edilememiştir (Wang ve Pan, 2003; Çakır ve Yalçın, 2004).

Uyanık ve arkadaşları (2002) yumurta tavuğu yemine krom ilavesinin yumurta üretimi ve kalitesi üzerine yaptıkları çalışmada rasyona 20 mg/kg ilave edilen kromun hayvanların yem tüketimini %1,88 düşürdüğü ve yemden yararlanma oranını %4,28 yükselttiği ifade etmişlerdir. Ayrıca, çalışmada krom ilavesinin yumurta kolesterol miktarını düşürdüğü bildirilmiştir. Eren ve Uyanık (2007) tavukların rasyonuna bor ilavesinin serum ve yumurta sarısı kolesterolü üzerine yapmış oldukları çalışmada 0, 5, 10, 50, 100, 200 ve 400 mg/kg bor diyeti ile 8 hafta süresince beslenen hayvanların yumurta sarısındaki kolesterol miktarının ilk 2 hafta yükseldiği ancak daha sonra düştüğü görülmüştür. Ayrıca, 400 mg/kg ile beslenen grupta yumurta üretimi, yem tüketimi ve canlı ağırlıkta azalma saptanmıştır.

Canlı metabolizmada kolesterolü düşürmek amacıyla yapılan çalışmalarda elde edilen başarının düşük olduğu bildirilmiştir. Kabuklu yumurta sarısında bulunan ve kolesterolü düşürmek amacıyla yapılan bir çalışmada Loghorn tavuk cinsleri seçilerek daha düşük kolesterol içerikli yumurta sarıları üretilmeye çalışılmıştır. Ancak yapılan bu genetik seçim sonrasında kolesterol miktarı ancak %2,4 oranında düşürülebilmektedir (Smith ve ark., 1995). Ayrıca, bu yöntemlerin birçoğu kolesterolü azaltmakta çok etkili olmamakla birlikte üreticilerin yaptıkları çabaları kapsamaktadır.

Bu alıřmalar yumurta sarısında bulunan kolesterolün canlı organizma üzerinde uygulanan deęiřikliklere karřı dirençli olması sebebiyle elde edilen verim ve saęlanan bařarı oldukça dūřuk dūzeylerde kalmaktadır.

Kolesterolün gıdalardan uzaklařtırılarak gıdaların daha saęlıklı ve tūketiciler tarafından ōnyargısız bir řekilde tercih edilir hale getirilmesi çeřitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik yōntemlerle mūmkūn olmaktadır. Kolesterolū uzaklařtırmanın en kolay yolu, kolesterol içeren yaę globūllerinin gıda maddesinden ayrılmasıdır. Ancak bu řekilde yaęda bulunan esansiyel yaę asitleri ve yaęda ŵzūlen vitaminler gibi bazı fonksiyonel besin ōęeleri de ayrılmaktadır. Bu nedenle gıda maddesindeki yaę alınmaksızın sadece kolesterolū uzaklařtırılması amacıyla Beta-siklodekstrin (β -CD) ile yapılan çalıřmalar ilgi odaęı haline gelmiřtir (Stadelman ve Cotterill, 2003).

2.2.1 Fiziksel yōntemle kolesterolū uzaklařtırılması

2.2.1.1 Distilasyon ve kristalizasyon

Kolesterolū buharda ŵzūnebilir olmasından faydalanılarak yaęın buharla muamelesi kolesterolū būyūk oranda uzaklařtırmaktadır. Bu amaçla balık yaęı ve susuz tereyaęının kolesterolūnū uzaklařtırılmasında %95 oranında bařarı elde edilmektedir. Bu yōntemde yaę, distilasyon ve kristalizasyon ile fraksiyonlarına ayrılmaktadır. Kristalizasyon iřleminde yaę sıvılařtırılmıř fazdan farklı bileřenleri ayırmak için deęiřik sıcaklık derecelerine soęutularak kristalize edilir. Sūt yaęı, farklı fiziksel ōzelliklere (erime noktası gibi) sahip çeřitli trigliseritlerin bir karıřımı olduęu için farklı kimyasal kompozisyonlara sahip fraksiyonlara ve farklı kolesterol dūzeylerine ayrılması mūmkūndūr (Bringe and Cheng, 1995).

2.2.1.2 Sūperkritik sıvı ekstraksiyonu

Gıda Endūstrisinde yaygın kullanım alanı bulunan bu teknikte ōrūn yoęunluęu yūksek, viskozitesi dūřuk ve yūksek sıcaklık ile yūksek basınç altında yūzey gerilimi azaltılmıř bir gazla muamele edilmektedir. Bu gaz genellikle CO₂ olup kritik sıcaklıęı 31°C ve kritik basıncı 73,8 bar'dır. Bu teknik ilk olarak kahveden kafeinin ayrılmasında kullanılmıřtır. Ayrıca bu yōntem baharatlarda, yaę endūstrisinde ve aroma ekstraksiyonunda yoęun olarak kullanılmaktadır. Kolesterolū dūřuk tereyaęı ōretiminde %90 oranında bařarı elde edilmiřtir. Etler üzerinde yapılan uygulamada

%75 oranında kolesterol uzaklaştırılmıştır. Ayrıca, tavuk eti üzerinde yapılan çalışmada 45°C (299 atm) ve 55°C (381 atm)'de yapılan ekstraksiyonda sırası ile %80 ve %90 düzeyinde kolesterol azaltılmıştır (Smith, 1993; Mohamed ve ark., 2003).

Süperkritik ekstraksiyon yöntemi ile yumurta sarısındaki kolesterolün üçte ikisi uzaklaştırılabilmektedir. Bu yöntemde verim oldukça yüksektir. Ayrıca, yöntemin toksik etkisi bulunmamakta, ancak kuruluş maliyetleri oldukça yüksektir. Ekstraksiyon işleminin yağda çözünen bileşenleri ayırması nedeniyle ürünün fonksiyonel özelliklerinde kayıp yaşanmaktadır. Süperkritik CO₂ ekstraksiyonu pahalı olmasına rağmen, yumurta sarısından kolesterolü uzaklaştırmak için oldukça etkili bir yöntemdir. Ancak bu yöntemle süt ürünlerinde elde edilen başarı yumurta ürünlerinde elde edilememiştir (Mohamed ve ark., 2003).

Organik solvent kullanılarak yapılan ekstraksiyonlarda kolesterol ile birlikte tüm yağlar ve fonksiyonel özellikleri bulunan fosfolipitler ayrılarak fonksiyonel yapıda önemli işlevleri bulunan proteinler denatüre olmaktadır. Kullanılan solventlerin genellikle seçici olmaması nedeniyle aroma ve besin öğeleri de beraberinde ekstrakte etmektedir. Bu nedenle bu yöntem uygulamada tercih edilmemektedir (Froning ve ark., 1990; Ahn ve Kwak, 1999; Mohamed ve ark., 2000).

2.2.2 Biyolojik yöntemle kolesterolün uzaklaştırılması

2.2.2.1 Mikroorganizma ve enzim uygulaması

Gıdalardaki kolesterolün biyolojik yöntemlerle uzaklaştırılmasında enzim ve mikroorganizmalar kullanılmaktadır. Doğada kolesterolü parçalayan birçok mikroorganizma vardır. *Nocardia* ve *Rhodococcus equi* (ya da *erithropolis*) ve *Streptomyces* türlerinden izole edilmiştir. Kolesterolü parçalayan diğer bakteriler, *Str. Violascens*, *Brevibacterium sterolicum*, *Streptoverticillum chelesterolicum* ve *Rhodococcus equi* gibileridir. *Nocardia* ve *Rhodococcus equi* türü mikroorganizmalar kolesterolü parçalayan kolesterol oksidaz ve redüktaz enzimleri üretirler. Ancak *Rhodococcus egei* türünün patojen olduğu bilinmektedir. Ayrıca, okside edilen kolesterol yan ürünleri toksik özellik göstermektedir. Bu mikroorganizmalar kullanıldığında kanserojen olan kolesterol oksidasyon ürünleri oluşur (Seçkin ve Metin, 2003).

Biyokimyasal uygulama olarak enzim izolasyonları veya enzim kombinasyonları tercih edilebilmektedir. Bunlar arasında lipolitik enzimler olan fosfolipaz C, fosfolipaz A₁ ve trigileserol lipaz enzimleri tercih edilmektedir. Farklı bir yaklaşım olarak yumurta sarısı canlı mikroorganizma ile kültüre alınarak *Rhodococcus* ve *Nocardia* adlı canlı organizmalar kullanılarak ürün içerisindeki kolesterol metabolize edilmektedir (Stadelman ve Cotterill, 1995).

Tetrahymena thermophila, patojenik olmayan genellikle güvenli protozua olarak tanımlanan gıda uygulamalarında potansiyel kullanım alanı bulmaktadır. Bu uygulamalar arasında kolesterolün D7-dehydrokolesterol (pro-vitamin Δ^3) ve D7,22-bis-dehy-drochlesterol'e dönüştürülmesi yer almaktadır. Bu metodun kolesterol için seçici ve uygulanabilir olması yanında kolesterol miktarındaki azalmanın yanında pro-vitamin D sterollerinin oluşumunu desteklemesi ve esansiyel yağ asidi içeriğinin artması da metodun avantajları arasındadır. İşlem sonrası elde edilen ürün fonksiyonel bir nitelik kazanarak hem pro-vitamin D sterol kaynağı hem de kolesterol miktarı azaltılmış olmaktadır. Bu yöntem ile fiziksel ve kimyasal ayırma tekniklerinin beraberinde getirdiği yağ, protein, pigment ve aroma bileşenleri üründen ekstrakte edilmemektedir. Ayrıca, enzimatik metodun uygulama zorluğu ve kolesterolün lipoprotein, biyomembran veya yağ granülleri ile bir arada olması nedeniyle kolesterolün uzaklaştırılması oldukça zordur (Valcarce ve ark., 2002).

2.2.3 Kimyasal yöntemle kolesterolün uzaklaştırılması

Solvent Ekstraksiyonu: Bu yöntem yağ ekstraksiyonu olarak da adlandırılmaktadır. Yöntemin dezavantajı protein denatürasyonuna sebep olması ve solventin ürün içerisinde kalıntı olarak bulunmasıdır. Kolesterolün ayrılmasında genellikle hekzan, aseton, eter, etanol ve izopropanol solventleri kullanılmaktadır (Valcarce ve ark., 2002). Ancak organik solventler son üründe kalıntı olarak bulunması nedeniyle tercih edilmemektedir. Ayrıca solvent kullanımı yumurta sarısının emülsiyon stabilitesi gibi fonksiyonel özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir (Manohar ve ark., 1998). 1985 yılında Codex Alimentarius Komisyonu, metanol, kloroform ve hekzan gibi solventlerin gıdada kullanımını üründe bıraktığı toksik kalıntı ve yumurta sarısının emülsifiye edici özelliğine zarar vermesi nedeniyle kullanımını yasaklamıştır. Solvent ekstraksiyonunun bilinen dezavantajları nedeniyle yöntemin yerini kolesterolün beta-siklodekstrin adlı madde ile adsorpsiyon metodu almıştır (Martucci

ve Borges, 1997).

2.2.3.1 β -siklodekstrin ile kompleks oluşturma

Kimyasal yöntem, kolesterole karşı fiziksel çekiciliği olan β -CD ile kolesterolün ekstrakte edilmesi üzerine dayandırılmıştır. Kolesterolün β -CD kullanılarak adsorbe edilmesi alternatif bir yaklaşım oluşturmaktadır. β -CD ile ilgili çalışmaların geçmişi 1960 sonu ve 1970’li yılların başına dayanmaktadır (Duhne, 1991).

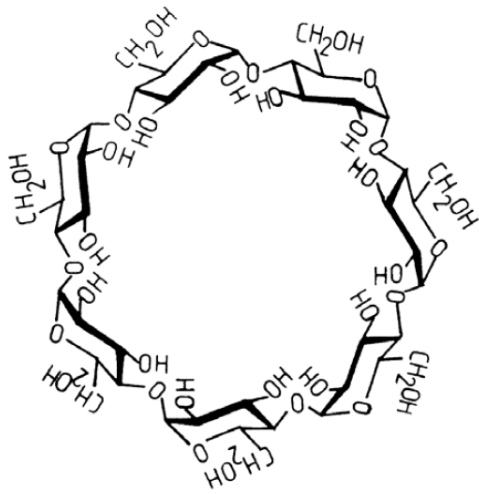
Yedi glikoz ünitesinden oluşan ve siklik oligosakkarit yapı gösteren β -CD, kolesterol ile bağlanarak çözünmeyen kompleksler oluşturulmaktadır. Meydana gelen bu kompleksler kolesterolün yağ fazından santrifüj veya filtre edilerek ulaştırılabilmesine olanak vermektedir. Susuz süt yağının kolesterol içeriği, safra tuzları ve gliseril esterlerinin sudaki zeltileleri ile asgariye indirilebilmektedir. Bu işlemde elde edilen emlsiyondan dekantasyonla kolesterol ekstraktını içeren su fazı ayrılmakta ekstraksiyon tekrarlanarak mevcut kolesterol %97’ye varan oranlarda azaltılabilmektedir. Ayrıca, digitonin veya tomatine gibi polimer katkılı saponinler, kolesterol ile çözünmez bileşikler oluşturdukları için filtrasyon, dekantasyon veya santrifügasyon ile ayrılabilenmektedirler (Zeidler, 1995; Manohar ve ark., 1998).

β -Siklodekstrin 7 glukoz nitesi içeren oligosakkarittir, glukoz üniteleri halka biçimindedir. β -CD çeşitli organik moleküller ile stabil kompleks oluşturma yeteneğine sahiptir. Kolesterol stabil 1:2 kompleksini oluşturur. Kompleks oluşturma özelliği yumurta sarısı ve yumurtada kolesterol oranını düşürmek için geliştirilen teknolojinin temelini oluşturmaktadır (Szente ve Szejtli, 2004).

Siklodekstrinler siklik oligosakkaritlerdir. En bilinen siklodekstrinler kristal ve homojen yapıda nem çekmeyen özelliktedirler. Siklodekstrinler glukopiranoz birimlerinden oluşmuşlardır. α -siklodekstrin, β -siklodekstrin ve γ -siklodekstrin sırası ile 6,7 ve 8 glukopiranoz biriminden oluşur. β -CD’in yapısı şekil 2.2’de gösterilmiştir. elenk şeklindeki bu halkaların üst üste gelmesi ile ucu kesik konik şekilli bir silindir oluşmaktadır. β -CD molekülünde, zincirin tamamındaki glukopiranozit birimindeki ikinci karbon atomuna bağlı hidroksil grubu komşu glukopiranozit birimindeki üçüncü karbon atomuna bağlı hidroksil grubu ile hidrojen bağı oluşturur. Dolayısı ile β -CD oldukça sert, katı bir yapıya sahiptir. Molekül

içinde kalan bu hidrojen bağı oluşumu diğer siklodekstrinlere göre β -CD suda çözünürlüğünün daha az olmasına neden olmaktadır (Szejtli, 1998; Linden ve Lorient, 1999).

Siklodekstrinler gıda, ilaç, kozmetik, tekstil ve kimya sanayinde kullanılmaktadır. Bazı etken maddelerin çözünürlüğünü ve stabilitesini arttırmak, etken maddelerde bulunan bazı istenmeyen tat ve kokuları maskeleyerek için yaygın olarak kullanılmaktadırlar (Hedges, 1998; Arıkan, 2003).



Şekil 2.1. Beta-siklodekstin'in yapısı (Szejtli, 2004)

Siklodekstrin üretiminde siklodekstrin glukozil transferaz enzimi (CGT–az) kullanılmaktadır. CGT–az enzimi; *Bacillus macerans*, *Klebsiella oxytocea*, *Bacillus circulans* ve *Alkalophylic Bacillus* N. 38-2 gibi birçok mikroorganizma tarafından üretilmektedir. Nişastanın belirli bir dereceye kadar sıcaklığı arttırılıp hidrolize edilerek nişasta çözeltisinin viskozitesi azaltılır. Ön hidrolize işlemi uygulanmış olan nişasta; siklodekstrin üretimi için serbest glikoz ve düşük molekül ağırlıklı oligosakkaritler içermemelidir. Hidrolizasyon sonrası sıcaklık optimum dereceye azaltılıp CGT–az enzimi eklenir. Solvent teknolojisi ile uygun bir kompleks oluşturuca ajan karışıma eklenir. Eğer bu karışıma toluen eklenirse, toluen/ β -siklodekstrin kompleksi oluşur ve β -CD kompleksten ayrılarak elde edilmiş olmaktadır (Hedges, 1998; Szejtli, 2004).

β -CD toksik olmayan yenilebilir higroskobik özellikte kimyasal olarak stabil ve ayrılması kolay bir oligosakkarittir (Zeidler, 1995).

Japonya, Macaristan, Fransa, Hollanda ve İspanya siklodekstrinlerin gıda sistemlerinde kullanımına izin vermiştir (Rao ve ark., 1999). Amerika’da gıdada yardımcı bileşen olarak kullanılmalarına izin kapsamında olup GRAS statüsündedir (Zeidler, 1995). β -CD oral yol ile alındığında absorpanan bozulmamış form miktarı önemsizdir, çoğu bağırsak mikroflorasında metabolizma ile maltoz ve glikoza çevrilir.

β -CD ile muamele edilen yumurta sarısı sonrasında oluşan β -CD-kolesterol kompleksinin üründen uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu amaçla genellikle santrifüj işlemine tabi tutulmaktadır. Santrifüj veya filtrasyon tekniği ile uzaklaştırılamayan kalıntı β -CD miktarı 25.000 ppm’den yüksek olması halinde toksik etkisinin olabileceği ifade edilmiştir. Ayrıca, bakteriyel ve fungal α -amilazlar kalıntı β -CD’nin parçalanması amacıyla kullanılabilirler. *Bacillus stearotheophilus*’dan elde edilen α -amilaz enzimi ve *Aspergillus niger*’den elde edilen glukoamilaz enzimi bu proses için örnek teşkil etmektedir (Rao ve ark., 2000a).

Yumurtada bulunan kolesterolün β -CD ile adsorpsiyonu ile ayrılması neticesinde yumurtada kalıntı β -CD kalabilmektedir. Yumurtada kalan β -CD bakteriyel ve fungal α -amilaz enzimleri kullanılarak enzimatik parçalanma ile ayrılabilir. Bu amaçla fungal α -amilaz (1,4-alfa-D-glukan glukohidraz, E.C. 3,2.1.3), *Bacillus stearotheophilus*’dan üretilen α -amilaz ve *Aspergillus niger* (CFTRI 1105)’den üretilen glukoamilaz enzimleri kullanılabilir (Rao ve ark., 2000). Siklodekstrin miktarı 12.500 ppm’i geçtiğinde toksik etkisi görülmüştür. Fareler üzerinde LD₅₀ değerinin oral yolla verilen β -CD için vücut ağırlığı esas alınarak 0,6 g/kg olduğu tespit edilmiştir (Rao ve ark., 1999). Rao ve arkadaşları (2000b) diğer bir çalışmada ise β -CD ile yumurta sarısının kolesterol miktarı düşürüldükten sonra yumurta sarısında 1100-1800 ppm kalıntı β -CD tespit edilmiştir. Glukoamilaz kullanılarak β -CD miktarı 25-250 ppm’e kadar düşürmüştür. Ayrıca toksikoloji çalışmasında toksik bulgu elde edilmemiştir.

β -CD’nin toksisitesiyle ilgili olarak yapılan diğer bir çalışmada da Albino farelerinin deney hayvanı olarak kullanıldığı ve farklı konsantrasyonlarda 20, 125 ve 250 ppm

kalıntı β -CD ile 90 gün süren toksikolojik diyet çalışmasında günlük gıda alımı, vücut ağırlığı, organ ağırlığı, histopatoloji, hematoloji ve serum enzim aktiviteleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda β -CD ile muamele gören yumurta diyeti ile beslenen farelerde herhangi bir toksikolojik etki ve mortalite saptanamamıştır. Ancak 250 ppm β -CD diyeti ile beslenen farelerde ilk birinci hafta diyeti alımında azalma belirlenmiştir. FAO/WHO 1999 yılında β -CD için günlük kabul edilebilir alan miktarının 0-5 mg/kg (vücut ağırlığı) olduğunu bildirmiştir (Rao ve ark., 2000a).

İnek, koyun, insan eritrositi üzerine metil- β -siklodekstrin (M β CD)'nin etkisi 2,4 ve 6m M M β CD içerecek şekilde hazırlanan süspansiyonların 37°C'de 30 dakika inkübe edildikten sonra 1500xg'de 10 dakika santrifüj işlemine tabi tutulmuştur. İşlem sonucunda eritrositlerin ozmotik fragiliteleri ölçülmüş, buna göre koyun, inek ve insan gruplarında sırası ile %0,85, %0,70 ve %0,55 NaCl hemoliz basıncı ile eritrositlerin ozmotik fragilitesinde doza paralel olarak artan bir seyir belirlenmiştir. Çalışma ile pre-hemolitik dozda kullanılan siklodekstrinlere bağlı olarak insan eritrositi membran dayanıklılığının azalmasına yol açtığı görülmüştür. Ayrıca, β -CD kullanımının hücre membranında bulunan kolesterolün ayrılması ile hemolitik aktivite arasında paralel ilişkinin olabileceği ve bu ilişkinin artan β -CD konsantrasyonu ile daha kısa sürede eritrositten kolesterolün ayrılabilceği ifade edilmiştir (Arıkan, 2003).

Siklodekstrinler kuvvetli hidrofilik dış yüzeylere sahip nispeten büyük moleküllerdir. Bu özellikleri ile siklodekstrinler hidrofobik molekülleri çözelti içinde tutan taşıyıcılardır ve bu molekülleri lipofilik hücre zarına doğru taşırlar. Hücre zarı bu moleküllere siklodekstrinden daha fazla ilgi gösterdiği için bu moleküller hücre içine alınır ancak siklodekstrinler hücre dışı ortamda kalırlar. Sadece çok az miktarda ağız yoluyla alınmış siklodekstrin bağırsak yüzeyinden absorbe edilir. Sonuç olarak siklodekstrinin toksik olarak nitelenmesi ancak siklodekstrinin aromatik hidrokarbonlar ve pestisitler gibi suda çözünmeyen, absorbe olmayan toksik bileşiklerin emilimini kolaylaştırıcı çözündürücü etkisinden kaynaklanabileceği bildirilmiştir. Siklodekstrinler sulu çözeltilerde stabildir. (Szejtli, 2004). β -CD kolesterol ile (cholest-5-ene-3- β -ol)suda az çözünebilir stabil bir kompleks oluşturmaktadır. β -CD'ler türevleri (heptakis-2,6-di-O- β -cyclodextrin) ve kolesterol ile kompleks oluşturabilmektedir. β -CD ile yumurta sarısında bulunan kolesterolün büyük çoğunluğunu ve iz miktarda yağı ayırabilmektedir. Ancak diğer yöntemler

kolesterolün önemli miktarda yağı da beraberinde ekstrakte etmektedirler (Manohar ve ark., 1998).

Beta-Siklodekstrinlerin gıdalarda kullanımı daha çok kompleks oluşturma kapasitelerinden kaynaklanmaktadır. Terpenoitler ve fenilpropan türevleri gibi birçok uçucu bileşik β -CD'ler ile dayanıklı kompleksler oluşturabilir. Toz halde iken bu tür kompleksler oda sıcaklığında uzun süre dayanıklı kalabilirler. Bu tür toz tatlandırıcılar birçok ülkede kullanılmaktadır. Tablo 2.3.'te gıda ensütrisinde β -CD'lerin bazı kullanım alanları verilmiştir. Örneğin limon kabuğu yağı/ β -siklodekstrin kompleksi toz şeker ile karıştırılarak pastalarda; baharat uçucu yağları/siklodekstrin kompleksleri sucukta; nane esansı/siklodekstrin kompleksi sakızlarda kullanılmaktadır. Almanya'da sarımsak yağı/ β -siklodekstrin kompleksi sarımsak ve kan kolesterol seviyesini azaltıcı stabil olmayan sarımsak preparatları yerine kullanılarak sarımsak kokusu önlenmektedir (Kant ve ark, 2004; Szejtli, 2004). D3 vitamininin suda çözünürlüğü çok azdır. D3/ β -siklodekstrin kompleksinin suda çözünürlüğünün fazla oluşu bu vitaminin biyolojik aktivitesi ve absorpsiyonu için önemlidir (Szejtli, 2004).

Siklodekstrinler salata sosları ve mayonez gibi gıdalarda stabil su/yağ emülsiyonları oluşturmak için kullanılabilir. Ayrıca ketçapa %0,2 β -CD ilavesi ile doğal gıda renk bileşiklerini stabil hale getirilebilir. Peynirlere siklodekstrin eklenerek ürünün su tutma kapasitesi ve raf ömrü arttırılabilir. İşlenmiş et ürünlerine eklenerek su tutma kapasiteleri ve tekstürleri geliştirilebilir. Siklodekstrin içeren polimerlerin meyve sularında enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarını inhibe ettiği yönünde yapılan çalışmalar bulunmaktadır. (Duchêne, 1991; Szejtli, 2004).

β -CD buğday ununun jelatin oluşumunu değiştirmektedir. %1,5 β -CD eklenmesi ile şişme kapasitesi ve nişasta granüllerinin çözünürlüğü artmaktadır. Ayrıca β -CD sukrozdan daha az tatlıdır, ancak tadı gıda üretiminde ihmal edilemez seviyededir. Süt kazeini hidrolizatları, sindirilebilir protein kaynaklarıdır. Ancak onların acı, keskin tatları kullanımlarını sınırlandırmaktadır. %10 β -CD eklenmesi ile bu keskin tat engellenmektedir. Soya lesitini/ β -CD kompleksi kokusuz tozlar elde edilmesini sağlamaktadır. Öte yandan greyfurt ve mandalina suyundaki acı tadın maskelenmesi amacıyla %0,3 β -CD ilave edilebilmektedir. Düşük kolesterolü tereyağındaki düşük

kolesterol seviyesi, erimiş tereyağındaki kolesterol/ β -CD kompleks oluşumu ile elde edilmektedir. Kolesterolün %90'dan fazlası tek aşamada alınmakta ve β -CD kalıntısı tereyağında hiç olmamaktadır. Ayrıca düşük kolesterolü süt ürünleri örneğin peynir, krema ve hatta düşük kolesterolü yumurta bu teknoloji ile elde edilebilir (Szejtli, 2004). Plastik esaslı gıda ambalaj filmlerinin β -CD içermesi ile aroma maddeleri kaybı azalmaktadır. Ayrıca siklodekstrin kompleksleri antiseptik ve koruyucu olarak kullanılabilir. İyot/ β -CD, dondurulmuş deniz mahsullerinde kokuşmayı geciktirmektedir. Fungusit/ β -CD kompleksleri fermente peynirlerin ambalajında kullanılarak yüzeyde küf gelişimi önlenmekte ve raf ömrü arttırılmaktadır (Szente ve Szejtli, 2004; Szejtli, 2004).

Tablo 2.3: β -Siklodekstrinin Gıda Sanayinde Uygulama Alanları (Szente ve Szejtli, 2004; Szejtli, 2004)

Ürün	Uygulama	Amaç
Sucuk	Baharat uçucu yağları ve β -CD	Su tutma kapasitesi ve raf ömrünü arttırmak
D3 Vitamini	D3 Vitamini ve β -CD	D3 vitamininin biyolojik aktivitesi ve absorpsiyonunu arttırmak
Salata sosu	β -CD ilavesi	Stabil emülsiyon
Mayonez	β -CD ilavesi	Stabil emülsiyon
Ketçap	β -CD ilavesi	Doğal renk bileşenlerinin stabilizasyonu
Peynir	β -CD ilavesi	Su tutma kapasitesi ve raf ömrünü arttırmak
Et ürünleri	β -CD ilavesi	Su tutma kapasitesi artışı ve tekstür gelişimi
Süt kazeini	β -CD ilavesi	Acı ve keskin tadın maskelenmesi
Mandalina/greyfurt suyu	β -CD ilavesi	Acı tadın maskelenmesi
Süt ürünleri	β -CD ilavesi	Kolesterolün uzaklaştırılması, yağ ikamesi
Deniz ürünleri	β -CD ve iyot ilavesi	Kokuşmayı geciktirme

3.GIDALARDA KOLESTEROL MİKTARININ AZALTILMASINA İLİŞKİN BAZI UYGULAMALAR

3.1 Süt ve Süt Ürünleri

Ahn ve Kwak tarafından yapılan kremadan kolesterolün β -CD kullanılarak ayrılması ile ilgili çalışmada kolesterol miktarındaki azalmanın β -CD konsantrasyonundaki artışa bağlı olduğu bildirilmiştir. Deneyde β -CD %10 olarak ilave edildiğinde karıştırma hızının karıştırma zamanından daha önemli olduğu görülmüştür. 1600 rpm karıştırma hızında 30 dakika süren muamele neticesinde %94,2 düzeyinde kolesterol ayrılmıştır. Karıştırma süresi 20 dakika ve β -CD %15 olduğunda ise düşürülen kolesterol miktarı %97,99'a ulaşmaktadır. Çalışma sonucunda kolesterolün β -CD tarafından adsorpsiyonunun; konsantrasyon, karıştırma süresi ve sıcaklığı santrifüj süresi ve gücüne bağlı olduğu saptanmıştır. En önemli faktörlerin β -CD konsantrasyonu karıştırma süresi ve karıştırma hızı olduğu görülmüştür. Karıştırma hızı ile β -CD arasındaki ilişki elde edilen tüm verilerde doğrulanmıştır (Ahn ve Kwak, 1999).

Krema üzerinde yapılan bir çalışmada β -CD konsantrasyonunun karıştırma hızından daha etkili olduğu, %36 yağlı kremadaki kolesterolün %15 gibi yüksek miktarlarda β -CD kullanılarak ve 20 dakikada 1200 devir/dakika karıştırılması neticesinde kremadaki kolesterolün %97,99 oranında azaltılabileceği belirtilmiştir. %3,6 yağlı sütte ve %36 yağlı kremadan kolesterolün uzaklaştırılması üzerine yapılan çalışmada %3,6 yağlı sütteki kolesterolün %95,3'ü %1,5 β -CD kullanılarak, %36 yağ içeren kremanın kolesterolünün %94,2'si %10 gibi yüksek miktarlarda β -CD kullanılarak azaltılabilmektedir (Seçkin ve ark., 2003).

Nocardia ile inkübe edilen susuz süt yağının kolesterol oranının %86-89, *Rhodococcus equi* ile inkübe edilen kremanın kolesterol oranının %7 azaltılabildiği bildirilmiştir. Kolesterol oksidaz inokule edilen sütün ise kolesterol oranı %78 azalmıştır. Düşük kolesterollü tereyağı ve peynir elde edilmesinde, β -CD ekstraksiyon metodu da kullanılabilir. İşlem sonucu elde edilen düşük kolesterollü tereyağı ve peynirin normal yolla elde edilenlerden ayırt edilemedikleri ve elde edilen tereyağının sterol oranında %41 azalma meydana gelmiştir. β -CD ile

işlem görmüş süttten üretilen tereyağları ile kontrol örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar olmadığı tespit edilmiştir (Demirci ve ark., 1996).

Lee ve arkadaşları (1999) homojenize süttten β -CD kullanılarak kolesterolün ayrılması üzerine yaptıkları çalışmada optimum çalışma koşullarını belirlemeye çalışmışlardır. Bu amaçla β -CD konsantrasyonu, karıştırma sıcaklığı, karıştırma süresi, santrifüj gücü ve santrifüj süresinin etkisini incelemişlerdir. Çalışmada %3,6 yağ içeren homojenize süte 10°C derecede 10 dakika karıştırılmış %0,5-1,5 β -CD uygulama sonucu %92,2, %95,3 oranında kolesterol ekstraksiyonu yapılmıştır. Ekstraksiyon işlemi santrifüj güç 166 x g'de en yüksek seviyeye (%95,9) ulaşmış ve daha sonra düşmüştür. Santrifüj süresinin 5-20 dakikada istatistiksel olarak bir öneminin olmadığı görülmüştür. Çalışma sonucunda optimum proses koşullarının %1,5 β -CD konsantrasyon, 10°C'de çalışma sıcaklığı 10 dakika karıştırma süresi ve 166 x g santrifüj gücünde 10 dakika muamele olduğu görülmüştür.

Kwak ve arkadaşları (2002) Cheddar peynirinde bulunan kolesterolün β -CD ile ayrılması üzerine çalışmışlardır. Çalışmada kısa zincirli yağ asitleri, doğal uçucu bileşikler ve serbest aminoasit üretimi ile kolesterol miktarı azaltılmış peynirin özellikleri incelenmiştir. Buna göre proste %10 β -CD ilavesi ile %92,1 oranında kolesterolün uzaklaştırılmasında başarı sağlanmıştır. Ancak peynirde olgunlaşma süreci ile kısa zincirli serbest yağ asidi oluşumunda artış görülmüştür. Peynirin yapısal olgunlaşma ile beraber iyileştiği belirlenmiştir. Çalışma sonucunda β -CD kullanılarak elde edilen kremadan üretilen Cheddar peynirinin kontrole göre daha hızlı olgunlaştığı saptanmıştır.

3.2 Yumurta Ürünleri ve Mayonez

TSE (9777 ve 10914)'ye göre mayonez, bitkisel sıvı yağ, yumurta ve/veya yumurta ürünleri, asitliği düzenleyiciler, diğer katkı maddeleri ve çeşni maddelerinin bir veya birkaçı ve gerektiğinde içme suyu ilavesi ile tekniğine uygun olarak hazırlanan emülsiyon halinde kıvamlı bir üründür. Amerikan Gıda Dairesi (FDA) mayonezin tanımında en az %65 bitkisel sıvı yağ içermesi gerektiği bildirilmiştir. Mayonez ayrıca su, glikoz şurubu, tuz, sirke, limon suyu konsantresinin pastörize edilerek soğutulmasından sonra içerisine pastörize yumurta sarısı, sorbik asit ve bitkisel yağ

ilave edilip karıştırılması ve homojenizasyonu ile hazırlanan yağ bazlı bir ürün olarak da tarif edilmektedir. Tablo 3.1’de ülkemiz ve dünyadaki yıllık standart ve düşük yağlı mayonez tüketim miktarları verilmiştir. Tablodan görüleceği üzere ülkemizdeki mayonez tüketim miktarı dünya tüketiminin oldukça gerisindedir. Ancak önümüzdeki yıllarda ürüne olan talebin artması beklenmektedir. Mayonez Üretiminde Kullanılan Başlıca İngrediyentler; bitkisel yağ (soya, kanola, mısırözü, zeytinyağı), yumurta (yumurta sarısı, yumurta akı), nişastalar (modifiye nişasta), asitlendiriciler (laktik, sitrik, fosforik asit), stabilizatörler (MCC, CMC, ksantan gam, karregen), şeker, tuz, limon suyu, konsantresi, baharatlar, aromalar (limon, mayonez, hardal), renklendiriciler (beta-karoten, titanyum dioksit), koruyucular (kalsiyum disodyum EDTA, sodyum benzoat, potasyum sorbat) ve diğerleri (fitonadion-Vit. K, alfa tokoferol asetat-Vit. E, Paprika ekstraktı). Mayonez gıda sanayinde başlıca, sos, salata, sandvic, makarna, pizza, hamburger ve bazı sebzeli yemeklerin üretiminde kullanılmaktadır.

Tablo 3.1: Dünyada Standart ve Düşük Yağlı Mayonez Tüketim Miktarları (ton)*

Ürün	Ülkeler	1998	2001	2004	2007
Standart Mayonez	Dünya	2015,9	2151,4	2261	2390,1
Standart Mayonez	Batı Avrupa	240,2	255,4	270,5	281,4
Standart Mayonez	Türkiye	4,4	4,6	4,9	5,5
Standart Mayonez	Doğu Avrupa	523,3	605,4	645,6	720,3
Standart Mayonez	Kuzey Amerika	592,9	588,6	600,5	576,8
Standart Mayonez	Çin	3,9	4,5	5,3	6,8
Standart Mayonez	Hindistan	-	0,2	0,3	0,4
Standart Mayonez	Japonya	177,4	175,9	175,3	162,5
Düşük Yağlı Mayonez	Dünya	248	276,4	358,2	402,8
Düşük Yağlı Mayonez	Batı Avrupa	96,3	100,6	110	120,4
Düşük Yağlı Mayonez	Türkiye	0,3	0,4	0,4	0,5
Düşük Yağlı Mayonez	Doğu Avrupa	12,6	16,5	74,9	90,7
Düşük Yağlı Mayonez	Kuzey Amerika	75,7	80	78,4	74,6
Düşük Yağlı Mayonez	Çin	-	-	-	0,5
Düşük Yağlı Mayonez	Japonya	24,9	31,4	36,9	43,6

*www.euromonitor.com adlı web sitesinden alınmıştır.

Yumurta sarısından kolesterolün uzaklaştırılması ancak yumurta sarısının fonksiyonel özelliklerinin ve emülsifiye edici aktivitesini mayonez ve salata sosu

gibi ürünlerde değiştirmemesi halinde avantaj sağlamaktadır. Tablo 3.2’de bazı mayonez formülasyonları verilmiştir.

Tablo 3.2: Bazı Mayonez Formülasyonları

	Standart Mayonez (Peressn ve ark, 1998)	Standart Mayonez (Wendin ve ark, 1999)	Light Mayonez (Liu ve ark, 2007)	Düşük Yağlı Mayonez (FMC Biopolymer tarafından tavsiye edilen formülasyon)
Bitkisel Yağ (%)	65,0-80,0	80	5,0-10,0	50
Yumurta Sarısı	3,0-6,0	5	3,0	4
Nişasta ve Gam	0,3-2,5	0	3,25-4,5	4
Şeker	0,0-2,0	1	6,0	1,5
Tuz	0,5-1,0	2	2,5	0,7
Koruyucu	0,0-0,2	0	0,2	0
Şirke	3,0-4,0	4	4,0	3
Baharat çeşitleri	0,0-3,0	0,5	0,2	1,5
Su	1,3-31	7,5	60-68	35,5
Mikrokristalize selüloz	0	0	1,75-2,00	0

Deney içerisinde düşük kolesterolü mayonez numunesinin bazı parametreleri incelenecektir. Bu amaçla ürünün reolojik özellikleri irdelenecektir. Malzemelerin özelliklerini belirlemek için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Çalışmamız kapsamında mayonez üzerinde malzemenin tiksotropik davranış gösterip göstermediğini belirlemek için sabit kayma hızında malzemenin viskozitesi takip edilebileceği gibi “çevrim” deneyleri deneyimizde uygulanacaktır. Buna göre çevrim deneyinde, kayma hızını sıfırdan maksimum bir değere kadar arttırıp daha sonra aynı hızla sıfıra indirerek malzemenin akış eğrisi incelenir. Eğer gidiş ve dönüş eğrisi aynı yolu takip etmeyerek gidiş üstten ve dönüş alttan olacak şekilde bir çevrim halkası oluşumu söz konusu ise yani farklı koordinatlardan geçiyorsa malzemenin tiksotropik olduğu söylenebilir. Malzemenin gidiş ile dönüş eğrisi arasında oluşturduğu çevrim halkasına “histeresiz halkası” denilmektedir.

3.2.1 Fiziksel yöntem kullanılarak yapılan uygulamalar

Froning ve arkadaşları (1990)'nın sıvı ve toz yumurta sarısında süperkritik karbondioksit yöntemini kullanarak kolesterolü ekstrakte etmişlerdir. Bu işlemde basınç ve sıcaklık faktöründe 4 farklı kombinasyonu (163 atm/40°C, 238 atm/45°C, 306 atm/45°C ve 374 atm/55°C) üzerinde çalışmışlardır. Çalışma sırasında ekstraksiyon sıcaklığının ve basıncının artırılması ile toplam yağ ve kolesterol ekstraksiyonu önemli düzeyde artış kaydedilmiş ve 306 atm/45°C veya 374 atm/55°C'de yapılan ekstraksiyon işleminde kolesterolün 2/3'ü ayrılmıştır. 374 atm/55°C çalışma koşulunda yumurta sarısındaki toplam yağın %36'sı uzaklaştırılmıştır. İlk 3 farklı kombinasyonun ürünlerinden yapılan keklerde fosfolipit ve protein miktarlarında yaşanan nispi artışa bağlı olarak kek hacimlerinde de artış saptanmıştır. Süperkritik karbondioksit ekstraksiyonun yumurta sarısının rengine etki ettiği ve karoten ile luteinin yumurta sarısından ekstrakte edilmesi sonucu rengin açıldığı belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda süperkritik karbondioksit ekstraksiyon yönteminin düşük kolesterolü ve düşük yağ içerikli toz yumurta sarısı üretimi için uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Froning ve arkadaşları (1998) toz yumurta sarısı üzerinde kolesterolün süperkritik ekstraksiyon metodu ile uzaklaştırılması üzerine çalışmışlardır. Çalışmada toz yumurtanın farklı nem içeriklerinin kolesterol ekstraksiyonuna etkisi incelenmiştir. Buna göre %2, %4, %7 ve %12 nem içeren yumurta sarısı tozları 45°C/306 atm koşulunda CO₂ süperkritik ekstraksiyona tabii tutulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre % 7 nem içeren toz yumurta sarısında en yüksek yağ ekstraksiyon seviyesine ulaşılmış olup nem içeriği ile kolesterol ekstraksiyonu arasında bir ilişki bulunamamıştır.

3.2.2 Biyolojik yöntem kullanılarak yapılan uygulamalar

Yumurta sarısından kolesterolün uzaklaştırılmasında *Rhodococcus equi*'nin kullanıldığı çalışmada mevcut kolesterolün %40 uzaklaştırılabildiği bildirilmiştir (Demirci ve ark., 1996).

Aihara ve arkadaşlarının (1988) tereyağından izole ettikleri *Rhodococcus equi* No 23'ü yumurta sarısına inoküle ettikleri çalışmada kolesterol miktarını inkübasyon süresi (37°C'de 3 gün) sonunda %60 oranında indirgemiş ve kolesterol miktarı ile

inkübasyon süresinin ters orantılı olduğunu saptamıştır. Ayrıca çalışmada kolesterolün kolayca parçalama enzimleriyle alt ünitelere indirgenebileceğini ve kalan düşük yoğunluklu lipoprotein kolesterolü (LDL) sınıfındaki kolesterolün parçalanmadığını bildirmiştir. Parçalanma sonucunda alt belirlemişlerdir. Çalışma sonrasında kolesterol *Rhodococcus equi* yardımıyla 4-cholesten-3-one gibi steroid olmayan alt ünitelere parçalanmıştır. Ancak steroid üniteler bu çalışmada TLC ile tespit edilememiştir.

Rao ve arkadaşları (2000b) yumurta içersindeki kolesterolün uzaklaştırılmasında kullanılan β -CD kalıntısının glukoamilaz enzimi ile sindirimi ve eliminasyonu üzerine çalışmışlardır. İşlemden kullanılan glukoamilaz *Aspergillus niger*'den elde edilmiştir. β -CD'nin enzim tarafından eleme edilmesinde en önemli faktör 1 mg içerisindeki enzim aktivitesi ve işlem sıcaklığıdır. Proses sonucunda yumurta sarısında %89, bütün yumurtada %98 başarı elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar kullanılan modelin uygulanabilirliğini göstermiştir. Yumurtada bulunan kolesterolün β -CD'nin ile uzaklaştırılmasından sonra ürün içerisinde β -CD kalıntısı kalabilmektedir. Bu kalıntı glukoamilaz enzimi kullanılarak oligosakkarit ünitelerine parçalanmaktadır.

Rao ve arkadaşları (1999) *Aspergillus niger* (CFTRI 1105)'den izole edilen glukoamilaz kullanılarak β -CD ile muamele edilen yumurtada kalan β -CD miktarının parçalanması ile ilgili yaptıkları çalışmada 40-70°C'de 15-360 dakika devam eden inkübasyon periyodu sonucunda %70-95 oranında β -CD'nin parçalandığını rapor etmişlerdir. Buna göre enzim aktivitesi, parçalanma sonrası kalan β -CD miktarı ve indirgen şeker miktarı çalışmada incelenmiştir. β -CD'in enzim etkisiyle bütünüyle glikoz ünitelerine dönüştürülemediği görülmüştür.

Valcarce ve arkadaşları (2002) yumurta sarısındaki kolesterolün *Tetrahymena thermophila* kullanılarak pro-vitamin D sterollerine dönüşümünü incelemişlerdir. Çalışma kapsamında bütün yumurta ve yumurta sarısına canlı *Tetrahymena* hücreleri inoküle edilerek kolesterolün toplam pro-vitamin D'ye dönüşümü incelenmiştir. Çalışma sonucunda 7×10^5 veya $1,4 \times 10^6$ hücre/ml inoküle edilerek 48 saat sonra gözlenen kolesterol miktarındaki azalma sırası ile %40 ve %50 olmuştur. Buna göre kolesterol miktarının inkübasyon süresi ve inoküle edilen hücre sayısı ile bağlantılı olduğu saptanmıştır. Çalışma ile kolesterolün D7-dehydrokolesterol (pro-vitamin

D3) ve Δ 7,22-bis-dehy-drocholesterol (pro-vitamin D2 analog) ve Δ 22-dehydrocholesterol'le dönüştüğü görülmüştür. Yapılan çalışmada uygulama şartlarının (havalandırma, pH ve gelişimi hızlandırılmış kültür kullanımı) optimize edilerek 24 saatlik inkübasyon süresi sonucunda kolesterol miktarında %55 oranında azalma ve toplam aminoasit miktarında %16 oranında artış kaydedilmiştir. Dönüştürülen kolesterolün ağırlıklı olarak dehydrocholesterol bileşenlerinden oluştuğu görülmüştür.

Guerrero ve Ball (1994) sprey kurutucuda kurutulmuş yumurta sarısı tozu ve kolesterolü azaltılmış yumurta sarısının sıcaklık ile mayonez üzerindeki lineer viskoelastik özellikleri araştırılmıştır. Bu çalışmada kolesterolü azaltılmış yumurta sarısının kullanımı ile üretilen mayonez ve ticari mayonezin karşılaştırması yapılmış ayrıca sıcaklığa bağlı olarak mayonezin viskoelastik yapısı incelenmiştir. Çalışma sonucunda sıcaklık artışı ile mayonezin viskoelastik fonksiyonunda azalma kaydedilmiştir. Yumurta sarısının yumurta akı ile ikame edilmesi mayonezin viskoelastik özelliklerini zayıflatmıştır. Kolesterol miktarı azaltılmış mayonezin viskoelastik özellikleri standart ticari mayonez ile benzerlik taşımaktadır.

Kolesterolü ve yağ miktarı azaltılmış yumurta sarısı ile üretilen gıdaların duyusal kaliteleri oldukça iyi görülmüştür (Bringe ve Chenk 1995). Genel olarak yumurta sarısından kolesterolün trigliserolün uzaklaştırılmasına duyulan ilgi artış kaydetmektedir. Bununla birlikte elde edilen ürün yüksek fonksiyonel niteliktedir. Bu ilgi aynı zamanda yumurta sarısında bulunan fosfolipidin diyet içersindeki önemini artırmış ve fosfotidilkolin ile spingomiyelinin klorin deposu olarak beyin gelişiminde karaciğerin fonksiyonlarını yerine getirmede ve kansere karşı koruyucu olarak önemli bir besin değeri taşımaktadır.

Kolesterolü ve yağı azaltılmış yumurta sarısının genel kullanım alanları pastacılık ürünleri, dondurma, krema, mayonez, salata sosu uygulamalarında ürüne aroma, tekstür, görünüş ve stabilite kazandırmaktadır. Ayrıca et aroması katkılarında kullanılmaktadır. Ekstraksiyon prosesinde toz yumurta sarısı, CO₂'nin süperkritik nokta olan 31°C'de 73 atm basınç altında sıvılaştırılması ve viskozitesinin düşürülmesi ile elde edilir. Bu şekilde süperkritik CO₂ yumurta sarısında bulunan yağ ve kolesterolü çözmektedir. Süperkritik CO₂ yanıcı olmayan, toksik olmayan son üründe solvent kalıntısı bırakmayan ve sadece yağı ve kolesterolü ekstrakte etmesi,

fosfolipid ve proteini ekstrakte etmemesi ile kısmen seçici bir solventtir. Proseste ekstrakte edilen yumurta yağı zengin kolesterol (%4) ve trigliserol içeriği ile yüksek tekli doymamış yap asitlerine sahiptir. Bu yönüyle kozmetik ilaç sanayinde kullanım potansiyeline sahiptir. Kolesterolü ekstrakte edilen yumurta sarısı kuru madde üzerinden %56 protein ve %23 fosfolipid ihtiva etmektedir. Yumurta sarısında bulunan lipoprotein %77 oranında fosfatidilkolin ve %18 oranında fosfatidil etanol amin içermektedir. (Awad ve ark., 1997).

3.2.3 Kimyasal yöntem kullanılarak yapılan uygulamalar

Paraskevopoulou ve Kiossoglou (1994) tarafından yapılan çalışmada eter ve etanol ekstraksiyonunun su içinde yağ emülsiyonlarının stabilitesi üzerine olan etkisi incelenmiştir. Ayrıca çalışma içerisinde ekstrakte edilen yumurta tozunun mayonez emülsiyonu ve bunun reolojik özellikleri ele alınmıştır. Eter kullanılarak yapılan ve 2,5 saat süre ile ekstraksiyona tabi tutulan yumurta sarısı içerisindeki yağ miktarında önemli düzeyde azalma kaydedilmiştir. Bu durum uzun ekstraksiyon süresinin lipit ekstraksiyonunu etkilemediğini göstermiştir. Eter ile yapılan ekstraksiyonda kolesterol miktarında görülen azalma beraberinde organik fosfor içeriğinde yüksek artışlar getirmiştir.

Organik solvent kullanılarak yumurta sarısından yapılan kısmi kolesterol ekstraksiyon sonrasında yumurta sarısının emülsiyon edici özellikleri, protein çözünürlüğü ve emülsiyon aktivitesinin önemli düzeyde düştüğü saptanmıştır.

Martucci ve Borges (1997) toz yumurta sarısında bulunan kolesterolün aseton kullanılarak ekstraksiyonu üzerine yaptıkları çalışmada 25°C’de, 100 rpm karıştırma hızında ve 15 dakika temas süresi uygulanarak işlem gerçekleştirilmiştir.

Warren ve Davis’in (1990) yaptığı çalışmada hekzan solventi kullanılarak yağı alınan yumurta sarısını scramble (yumurtaya süt ve krema ilave edilerek hazırlanan ürün) yumurtada işlem ve duyuusal değerlendirmelerini yapmıştır. Buna göre yağı alınan yumurta sarısı dondurulmuş ve sprey kurutucu ile toz haline getirilmiş scramble ürünü ile mukayese edilmiştir. Solvent ekstraksiyonu sonucunda yağın %84’ü ve kolesterolün %79’u uzaklaştırılabilmektedir. Ancak yağsız yumurta sarısında 1 ppm veya daha az hekzan kalıntısı görülmüştür. Yağı alınan yumurta sarısı ile yapılan duyuusal analizde yağsız yumurta sarısı yağlı yumurta sarısına göre daha

yüksek puan almış bunun yağsız yumurtada oluşan aroma bileşiklerinden kaynaklanabileceği bildirilmiştir. Duyusal panelde sprey kurutucuda kurutulmuş yağsız toz yumurta sarısı, yağlı toz yumurta sarısına ve donmuş yağlı bütün yumurta yağsız yumurta sarısına tercih edilmiştir.

Smith ve arkadaşları (1995) sıvı yumurta sarısından kolesterolün β -CD kullanılarak ayrılması ve verimi üzerine çalışmışlardır. Çalışma sonucunda kolesterol miktarındaki azalmanın siklodekstrinin konsantrasyonunun yanında seyreltme faktörünün de etkili olduğunu bildirmiştir. Yapılan çalışmada yumurta sarısının pH'sı 10,5'e ve 2:9 (su:katı) seyreltme oranı ile 50°C derecede 4:0 β -CD kolesterol faktöründe çalışmışlardır. Bu solüsyon 6,5 dakika 1800 rpm'de karıştırılmış 4°C'ye soğutularak santrifüj edilmiştir. İşlem sonrası solüsyondaki kolesterol miktarı %89,2 oranında azalmıştır. Elde edilen verim santrifüj güç ve β -CD konsantrasyonuna bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Proseste sıvı yumurta sarısı su ile seyreltme işleminden sonra pH'sı granüler proteinlerin çözülüp ayrılmasını sağlamak amacıyla 9,0'a ayarlanır. β -CD kolesterol içeren ve çözünen plazma fraksiyonlarına ilave edilir. β -CD- kolesterol kompleksi santrifüj ile ayrıldıktan sonra plazma ve granül fraksiyonları tekrar bir araya gelerek kombinasyon oluşturur. β -CD'nin çözünürlüğünü artırmak amacıyla yumurta sarısının sıcaklığı 50°C'ye çıkarılır. Kolesterol yumurta sarısından uzaklaştırılması ile başlangıç kuru madde seviyesine ulaşmak amacıyla ultrafiltrasyon veya ters osmos işlemleri ile ürüne ön hazırlık aşamalarında eklenen su son üründen uzaklaştırılır.

Manohar ve arkadaşları (1998) tepki yüzey metodolojisi (RSM) kullanarak yaptıkları yumurta sarısından kolesterolün β -CD ile uzaklaştırılması deneyinde reaksiyon süresi, β -CD etkisi ve ekstrakte edilen kolesterol miktarı 25°C'deki çalışma koşullarında incelenmiştir. Çalışmada uzaklaştırılan kolesterol oranının β -CD/yumurta sarısı ve reaksiyon süresi ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Ancak bunun için optimum bir oran bulunamamıştır. RSM modeli ile tahmin edilen kolesterol ayrılması %94,5 iken 0,163 β -CD/yumurta sarısı oranı ve 6 saatlik reaksiyon süreci sonrasında bu değer %87,7 olarak saptanmıştır.

Paraskevopoulou ve Kiosseoglou, (1997) yaptıkları çalışmada organik solvent kullanarak yumurta sarısından kolesterol ve diğer yağları ekstrakte etmişler ve bunun yumurtanın fonksiyonel özelliklerine olan etkisini incelemişlerdir. Çalışmada

organik solvent olarak eter ve eter-etanol (35:65) kullanılmış bunun sonucunda eter ile kolesterol miktarı düşürülürken etanol ile kolesterol tamamen yumurta sarısından uzaklaştırılmıştır. Eter ile muamele gören yumurta sarısının mayonez emülsiyonlarında yapısal işlevi oldukça yüksektir. Ancak eter-etanol ile yapılan muamelede bu işlev daha düşük bir stabilite kaydetmekte ve mayonez emülsiyonunun oluşumuna imkan vermemektedir. Her iki solvent ile yapılan ekstraksiyon sonucu yumurta sarısının toz yumurta sarısına göre protein konantrasyonu yüksek köpürme aktivitesi ve köpük stabilizasyonu gösterdiği belirlenmiştir.

Bu çalışma içerisinde düşük kolesterolü yumurta sarısı ve düşük kolesterolü mayonez üretimlerinde ön denemeler yapılmıştır. Düşük kolesterolü yumurta sarısı için yapılan literatür çalışmaları ve alınan patentlerin incelenmesi neticesinde yağlı (%7 w/w), düşük pH'lı (3,5), yüksek pH'lı (9,0-11,0) ve su ilave edilerek bazı deneyler yapılmıştır. Uygulanan ön denemeler sonrası en uygun deneme modelinin düşük pH' ve su ilavesi ile elde edilmiştir. Ayrıca düşük kolesterolü mayonez denemesinde tablo 4.3'te yer alan formülasyonun oluşturulmasında farklı formülasyonlar kullanılarak ön denemeler yapılmış ve bu deneme sonuçlarına göre tablo elde edilmiştir.

4. MATERYAL VE METOT

4.1. Materyal

Bu çalışmada materyal olarak kabuklu yumurtalar A.B Gıda San. ve Tic. A. Ş. firmasının 4 numaralı kümesinde bulunan 64 haftalık yumurta tavuklarından temin edilmiştir. Gıda sınıfı β -siklodekstrin Wacker Biochemicals AG (Almanya) firmasından temin edilerek kullanılmıştır. Bakteriyel (*Bacillus stearothermophilus*) orjinli α -amilaz enzimi (EC-3.2.1.1.) ise Genencor International, (ABD) firmasından temin edilmiştir. Yumurta sarısının pH seviyesinin düzenlemesinde kullanılan sitrik asit-monohidrat ADM Inc. (İrlanda) firmasından temin edilmiştir. Mayonezde yağ ikame ürünü olarak mikrokristalize selüloz (Avicel XP 3604 - FMC Biopolymer, ABD) tercih edilmiştir. Ksantan gam (dispersible food grade xanthan gum NF/FCC) ADM, (ABD) firmasından temin edilmiştir. Yapılan analizlerde kullanılan tüm kimyasallar Merck, Fluka ve J.T. Baker firmalarının ürünleridir. Ayrıca çalışmanın hazırlık ve üretim aşamalarında aseptik koşullara riayet edilerek ürünlerin 0°C ile +4°C’de soğuk zincir kırılmadan çalışma yürütülmüştür. Bir günlük kabuklu yumurtalar el ile kırılarak beyazı ayrılmıştır. Çalışmada kullanılan materyaller ve bu materyallerin tedarik edildiği tedarikçi listesi Tablo 4.1.’de verilmiştir.

Tablo 4.1: Materyaller ve Tedarikçi Listesi

Materyal Adı	Tedarikçi
Kabuklu Yumurta	A.B Gıda San. ve Tic. A. Ş.
β -siklodekstrin (CAVAMAX W7 Food Grade Type)	Wacker AG, Almanya
Alfa-amilaz (Multifect AA 20L)	Genencor International, Danisco, ABD
Sitrik asit-monohidrat	ADM, İrlanda
Modifiye nişasta (Novation 4600)	National Starch, İngiltere
Mikrokristalize selüloz (Avicel-plus XP 3604)	FMC Biopolymer, Norveç
Ksantan gam- Dispersible Food Grade-E415	ADM, ABD
Mısır şurubu	Cargill, Türkiye
Bitkisel yağ (Mısır özü)	Kula Yağ A.Ş., Türkiye
Potasyum Sorbat	Lianyungang Mupro Ltd., Çin
Titanyum Dioksit	Kemira, Singapur
Diğerleri (tuş, şekerli limon suyu, sirke)	Yerel market

Çalışmada kontrol olarak kullanılan pastörize sıvı yumurta sarısı A.B Gıda San. Ve Tic. A. Ş. (Türkiye)’den temin edilmiştir. Bu örnek çalışma içerisinde B marka pastörize sıvı yumurta olarak adlandırılacaktır.

Deneyde mayonez için kontrol olarak kullanılan %6 düşük yağlı mayonez Hellmann’s Mayonnaise /İngiltere’den temin edilmiştir. Tablo 4.2’de düşük yağlı mayonez ürününün etiket bilgilerinde yer alan besin öğeleri verilmiştir. Etiketle ayrıca, 100 g mayonezin enerjisinin 105 kcal (437 kJ) enerji sağladığı bildirilmiştir. Bu örnek çalışma içerisinde A marka düşük yağlı mayonez olarak adlandırılmıştır. Düşük yağlı mayonezin etiketinde yer alan içerik bilgisi ise; su, bitkisel sıvı yağ, şeker, modifiye mısır nişastası, tuz, süt proteini, sirke, kıvam artırıcı (ksantan gam), asitlik düzenleyici (hidroklorik asit, sitrik asit) aromalar (hardal, mayonez, tereyağı, limon), yumurta sarısı, koruyucu (sorbik asit), emülgatör (mono ve digliserid), antioksidan (EDTA), karabiber ekstraktı, renklendirici (betakaroten) şeklinde verilmiştir.

Tablo 4.2: Üretici Firma Tarafından Düşük Yağlı Mayonez Ambalajı Üzerinde Verilen Etiket Bilgileri

Bileşen	Miktar (g/100 g mayonez)
Protein	0,5 g
Karbonhidrat	11,3 g
Yağ	6,4 g
Lif	0,2 g
Sodyum	1,26 g

Bu çalışmada ayrıca ksantan gam ve yumurta sarısı miktarının değişen oranlarda kullanımının mayonezin renk değerleri ve kalite kriterleri üzerine etkileri üzerinde durulmuştur.

4.2 Metot

4.2.1 Analizi yapılan örneklerin hazırlanması

4.2.1.1 Düşük kolesterolü yumurta sarısı üretimi

Düşük kolesterolü yumurta sarısının üretiminde kabuklu yumurtalar el ile kırılarak sarıları alınır. Yumurta sarısı su ile seyreltilerek 5,5-6,0 aralığında olan çiğ yumurta sarısının pH'sı 3,5'e ayarlanır. Elde edilen solüsyona β -siklodekstrin ilave edilir (Precisa Instruments Ltd, XB 220A model, İsviçre, terazi kullanılmıştır.) ve manyetik karıştırıcıda (Powertherm Variomag, H+P Labortechnik AG, Almanya) karıştırılır. Karıştırma işlemi sonrasında solüsyon santrifüjlenir (Hettich EBA 20, Almanya). Bu işlemde kalan solüsyona bakteriyel α -amilaz enzimi ilave edilir ve inkübasyona tabii tutulur Elde edilen düşük kolesterolü yumurta sarısı USDA normlarına uygun olarak 70°C'de 3,5 dakika süre ile pastörize (Nüve BM 302, Türkiye) edilir. Pastörizasyon işleminin etkinliği yapılan OXOID kiti kullanılarak yapılan *Salmonella* testi ile yapılmıştır.

4.2.1.2 Düşük kolesterolü mayonez üretimi

Çalışmada standart mayonezden farklı bir formülasyon oluşturulmuştur. Şeker, bitkisel yağ,sirke, modifiye nişasta, tuz, yumurta sarısı, li,mon suyu, ksantan gamı, potasyum sorbat, mısır şurubu, titanyum dioksit ve sudan oluşan formülasyon kullanılmıştır. Bu formülasyonun hazırlanmasında yapılan ön deneme ve üretimler temel oluşturmuştur. Formülasyonda mayonezin light ürün sınıfına girmesi için yağ miktarı %4 sınırında tutularak ikameler ile ürünün stabilitesi korunmuştur. Mayonez üretiminde tuz ve şeker ilavesi ile viskozite artırılmış ve çözünürlüğün düşmesi sağlanmıştır. Böylece ön denemelerde yaşanan yumurtanın jelatinleşmesi sorununun önüne geçilmiştir. Mayonez üretiminde yağ ikamesi olarak mikrokristalize selüloz tercih edilmiştir. Mikrokristalize selüloz suda çözünmemekle birlikte hızlı karıştırıcı yardımı ile emülsiyon sistemlerinde sisteme eşit olarak dağıtılmıştır. Mayonezin hazırlık aşamasında Kitchen Aid Professional mixer (5KPMS model, ABD)'den yararlanılmıştır. Üretim laboratuvar ölçekli bir deneysel çalışma olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen düşük kolesterolü sıvı yumurta sarısı ve düşük kolesterolü mayonezin standart ürün ile farkı araştırılmıştır.

Deneylerde formülasyon içerisindeki yumurta sarısı (YS) miktarı %4, %6 ve %7,5 ile ksantan gamı (KG) miktarı %0,5 ve %0,7 olarak uygulanmıştır. Deneme deseni Tablo 4.3'te verilmiştir. Yapılan ön deneylerde YS ve KG'nın ekstrem değer aralıkları çalışılmıştır. Mayonez üretiminde KG'nın % 0,7-2,0 ve YS'nin %7,5-12 düzeyleri ile yine KG'nın %0-0,5 ve YS'nin %0-3,5 düzeyleri ön denemelerde test

edilmiştir. Ancak yaşanan emülsiyon kırılması ve faz ayrılması gibi sorunlarından dolayı deneme deseninde YS çalışma aralığı %4, %6 ve %7,5 ve KG çalışma aralığı %0,5 ve %0,7 olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.3: Deneme Deseni

Ksantan Gami (%)	Yumurta Sarısı (%)
0,5	4
0,5	6
0,5	7,5
0,7	4
0,7	6
A Marka Düşük Yağlı Mayonez	
Çiğ Yumurta Sarısı	
Düşük Kolesterolü Yumurta Sarısı	
B Marka Pastörize Sıvı Yumurta Sarısı	

4.2.2 Yapılan analizler

4.2.1.1 Bileşen analizi

Yumurta sarısı ve mayonez örneklerinde yağ miktarı analizi (Soxhlet metodu) AOAC (960.39), protein miktarı analizi (Kjeldhal nitrojen) AOAC (981.10) ve kül miktarı tayini AOAC (920.153) metotları kullanılarak yapılmıştır. Protein tayininde azot miktarı 6,25 ile çarpılarak protein miktarı bulunmuştur. Karbonhidrat tayini diğer bileşenlerin toplamının 100'den çıkarılması ile elde edilmiştir. pH değeri ölçümleri Metrohm 744 (İsviçre) marka pH metre kullanılarak yapılmıştır. Her kullanımdan önce pH metrenin pH 4, pH 7 ve pH 9 solüsyonları ile kalibrasyonu yapıldı. pH metrenin elektrodu yumurta ve mayonezde ürünün içine daldırılarak ve 30 sn bekletilerek göstergenin sabitlenmesi ile değer kaydedildi. Yumurta sarılarının briks değeri (KM) ölçümleri Abbe Refraktometre (DR-A1 Atago Co Ltd. Japonya) ile yapılmıştır. Tüm analizler üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

4.2.1.2 Kolesterol analizi

Yumurta sarısında kolesterol analizi spektrofotometre, gaz-likit kromatografisi, HPLC (high-performance liquid chromatography) ve elektroforez (NACE-non-

aqueous capillary electrophoresis) kullanılarak yapılabilir (Xu ve ark., 2002). Çalışmada toplam kolesterol içeriği Boehringer enzimatik test kiti (139050) kullanılarak (Boehringer Mannheim/R-Biopharm, Darmstadt, Almanya) kolorimetrik yöntemle yapılmıştır. Yöntemin temelinde kolesterol, kolesterol oksidaz enzimi ile kolestenon'a oksitlenmektedir. Ayrıca reaksiyonda oluşan hidrojen peroksit katalaz enzimi ile formaldehit oluşturmak üzere metanolü oksitlemektedir. Bunun sonucunda asetilaseton ile NH₄⁺ iyonlarının varlığında sarı lutidin boyası oluşmaktadır. Oluşan lutidin boyası (3,5-diasetil-1,4-dihidrolutidin) spektrofotometrede 405 nm dalga boyunda absorbans artışı ile kolesterol miktarı hesaplanmaktadır. Yumurta sarısı için 0,5 g, mayonez için 1 g örnek 50 ml'lik balonjojeye tartılır ve 1 gram deniz kumu ile 20 ml taze hazırlanmış metanollü potasyum hidroksit solüsyonu (1 M) ve 10 ml isopropanol (J.T Baker) eklenir. Manyetik karıştırıcıyla 30 dakika geri soğutucu altında ısıtılır. Solüsyon 50 ml'lik balonjojede 20-25°C'ye kadar soğumaya bırakılır. Balonjoje isopropanolle tamamlanır ve iyice karıştırılır. Hazırlanan çözelti kağıt filtreden süzülerek elde edilen berrak çözelti deney için kullanılır.

Çözelti 4,3 hacim çözelti 1 (amonyum fosfat tamponu, katalaz) ile 1 hacim çözelti 2'nin (0,05 M asetil aseton ile 0,3 M metanol karışımı) şişede karıştırılmasıyla elde edilir. Çözelti 4'den 5 ml ve örnek çözeltisinden 0,4 ml alınarak örnek körü hazırlanır. Örnek köründen 2,5 ml alınır ve çözelti 3 (kolesterol oksidaz)'den 0,02 ml alınarak örnek hazırlanmış olur. Test tüpleri cam kapaklarla kapatılarak 1 saat 37-40°C'de sıcak su banyosunda tutulur. 20-25°C'ye kadar soğuyunca önce körün sonra da örneğin absorbansları aynı küvette havaya karşı 405 nm'de spektrofotometrede (Hitachi U-1800, UV-Vis, Japonya) ölçülür. Örneğin absorbasından örnek körünün absorbansı çıkarılarak ΔA bulunur. Kolesterol konsantrasyonu 4.1 no'lu denklikte verilmiştir.

Hesaplama

Konsantrasyon hesaplamak için genel denkleme göre:

$$c = \frac{V}{\epsilon \times d \times v} \times \frac{MW}{1000} \times \Delta A \quad (4.1.)$$

V	=	nihai hacim (ml)
v	=	örnek hacmi (ml)
MW	=	deney yapılacak maddenin molekül ağırlığı (g/mol)
d	=	ışık yolu (cm)

$$\begin{aligned}\epsilon &= \text{lutin-boyasının 405 nm' de tükenme katsayısı} \\ &= 7.4 [l \times \text{mmol}^{-1}]\end{aligned}$$

Test karışımında yürütülen çözeltiyi dikkate alarak

(dilüsyon faktörü $\frac{2.52}{2.5} = 1.008$), kolesterol olarak hesaplanan sterol içeriği

$$c = \frac{5.400 \times 386.64 \times 1.008}{7.4 \times 1.00 \times 0.400 \times 1000} \times \Delta A = 0.711 \times \Delta A \text{ [g kolesterol/l örnek çözeltisi]} \quad (4.2.)$$

Yumurtanın sterol içeriği [mg/100 g] kolesterol olarak hesaplanır [mg/100 g] = örnek çözeltinin sterol içeriği [g/l] x $\frac{100 \times 49.6}{w}$

w= örneğin gram cinsinden ağırlığıdır.

4.2.1.3 Renk analizi

Yumurta sarısı ve mayonezlerin renk yoğunlukları Konica Minolta Chroma Meter CR-400 (Osaka, Japonya) renk ölçüm cihazı kullanılarak yapılmıştır. Ölçümlerde numune geçişlerinde cihazın kalibrasyonu yapılmıştır. L (parlaklık), a (kırmızılık), ve b (sarılık) değerlerinin ölçümü her bir mayonez ve yumurta sarısı örneğinde 5 farklı noktada yapılmıştır.

4.2.1.4 Reolojik özelliklerin belirlenmesi

Mayonez üzerindeki reolojik ölçümler bilgisayar kontrollü Haake Rheo Stress 1 (Thermo Electron, Almanya) kullanılarak yapılmıştır. Ölçümlerde PP35Ti sensörü seçilmiştir. Seçilen sensörün rotor yarıçapı 35,009 mm olup örnek hacmi olarak 1 cm³'tür.

Mayonezin reolojik özelliklerine kayma hızının ve zamanın etkisini incelemek için 0-150 s⁻¹ kayma hızı aralığında farklı mayonez örnekleriyle çalışılmış ve her örnekte üç tekrar yapılarak, reolojik ölçüm gerçekleştirilmiştir. Tüm ölçümler 25°C'de yapılmıştır. Ölçümlerde kayma hızı önce 0 s⁻¹'den 150 s⁻¹'e logaritmik artış ile gitmekte (gidiş) ve 240 sn bekleme süresinden sonra 150 s⁻¹'den 0 s⁻¹'e dönmektedir (dönüş). Ölçümlerde 0-150 s⁻¹ kayma hızı arasında 50 farklı noktada kayma stresi ve viskozite değeri alınmıştır. Ölçümler sonucunda elde edilen verilerden kayma hızına

bağlı kayma stresi grafikleri (akış eğrisi) çizilerek, mayonez numunelerinin reolojik davranışları incelenmiştir. Mayonezin reolojik özelliklerine kayma hızının etkisi, reometrenin Haake RheoWin 3.30 versiyonlu yazılım programı kullanılarak τ_0 , K ve n sabitleri belirlenmiştir. Ayrıca elde edilen verilerden viskozite eğrisi (kayma hızına bağlı viskozite grafiği) çizilerek örneğin reolojik davranışı değerlendirilmiştir.

Bütün reolojik ölçümlerin sonucunda elde edilen verilerin tekrarlarının ortalamaları alınmıştır. Paralel deneylerin sonuçları ise ayrı değerlendirilmiştir. Sonuçlar bölümünde gösterilen sonuçlar birinci paralel ölçüm sonuçları olup elde edilen diğer veriler Ekler bölümünde verilmiştir.

4.2.1.5 İstatistiksel analiz

Farklı formülasyonlara sahip mayonez numunelerinin kimyasal bileşimleri arasındaki farklılıklar, tek yollu varyans analiziyle incelenmiş ve işlem ortalamaları Duncan'ın çoklu aralık testi ile karşılaştırılmıştır ($p < 0.05$). Tüm istatistiksel analizler SPSS (14. versiyon) kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Özdamar, 2004).

Varyans analizi (ANOVA) SPSS programı kullanılarak yapılmıştır. Analizlerde “tek yollu ANOVA” istatistiksel yöntemi kullanılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testi uygulanarak bulunmuştur.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

5.1 Bileşen ve Kolesterol Analizi

Yumurta sarısı ve mayonez örneklerinin bileşen ve kolesterol miktarı analizleri üretim gününde yapılmıştır. Düşük kolesterolü yumurta sarısının örneklerinin bileşen kompozisyonu Tablo 5.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 5.1: Düşük Kolesterolü Yumurta Sarısı Örneklerinin Bileşen Kompozisyonu

Bileşen (100 g)	Çiğ Yumurta sarısı	Düşük Kolesterolü Yumurta Sarısı
Protein – g	15,47±0,04	13,40±0,03
Karbonhidrat – g	1,16±0,01	2,20±0,02
Yağ – g	25,63±0,05	21,70±0,04
Kül – g	1,55±0,00	1,25±0,02
pH	5,94±0,00	4,40±0,01
Briks değeri (KM)	49,33±0,57	31,33±0,57
Kolesterol – mg	896,33±3,21	152,66±2,51

Kontrol olarak kullanılmak amacıyla hiçbir işlem görmemiş olan çiğ sıvı yumurta sarısı örneği kullanılmıştır. Yumurta sarısında kolesterol miktarındaki azalma ile karbonhidrat ve kül miktarında meydana gelen artış kolesterolü bağlamak amacıyla kullanılan β -CD'den ileri gelmektedir. Literatürde bu durum β -CD'nin α -amilaz ile muamelesi sonrasında β -CD polimerlerinin glikoz ünitesine dönüşmesi şeklinde açıklanmıştır. Ayrıca kuru maddede meydana gelen azalma ise işlem gören düşük kolesterolü sıvı yumurta örneğine uygulanan seyreltme işleminden kaynaklanmaktadır. Düşük kolesterolü sıvı yumurta örneğinin pH değerindeki düşme işlem sırasında kullanılan sitrik asitten gelmektedir. Yumurta sarısına uygulanan kolesterol uzaklaştırma işlemi sonrasında kolesterolün yaklaşık %83 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Chiang ve Yang (2001) uyguladıkları çalışmada kolesterolü % 81,66 ile %81,80 arasında uzaklaştırmışlardır. Ayrıca Smith ve ark. (1995) yaptıkları çalışmada pH 10,5'te 50°C'de β -CD ile muamele edilen yumurtadaki kolesterolün %89,2'si uzaklaştırılmıştır. Ancak çalışmada ürün numunesinin yapısal değişikliğe maruz kaldığı belirtilmektedir. Deney sonucunda yumurta sarısında fonksiyonel ve yapısal işlevi protein içeriğinde literatür çalışmalarına göre en az azalmanın olduğu gözlenmiştir. Bu durumun proseste uygulanan seyreltme işleminden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Mayonez örneklerinin bileşen kompozisyonu Tablo 5.2.'de verilmiştir. Buna göre A

marka düşük yağlı mayonezin etiket bilgilerinde bildirilen %6,4 yağ oranının gerçekte % 7,65 olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 5.2: Düşük Kolesterolü Mayonez Örneklerinin Bileşen Kompozisyonu*

Bileşen (100 g)	Kontrol A Marka Düşük Yağlı Mayonez	(%0,5 KG+%4 YS)	(%0,5 KG+%6 YS)	(%0,5 KG+%7,5 YS)	(%0,7 KG+%4 YS)	(%0,7 KG+%6 YS)
Protein - g	1,14±0,01 ^a	1,26±0,03 ^b	3,24±0,03 ^c	4,62±0,02 ^d	1,20±0,01 ^e	3,10±0,01 ^f
Karbonhidrat	11,55±0,05 ^a	8,47±0,03 ^b	8,07±0,05 ^c	7,87±0,02 ^d	11,26±0,03 ^e	10,10±0,01 ^f
Yağ – g	7,65±0,05 ^a	2,10±0,01 ^a	3,11±0,01 ^b	3,99±0,01 ^b	2,21±0,16 ^c	3,02±0,03 ^d
pH	3,75±0,01 ^a	4,26±0,01 ^b	4,12±0,01 ^c	4,04±0,01 ^c	4,23±0,00 ^d	4,14±0,01 ^e
Kolesterol – mg	25,76±0,06 ^a	17,43±0,1 ^b	20,56±0,15 ^c	24,33±0,15 ^d	17,96±0,11 ^e	21,36±0,15 ^f

*Aynı satırdaki aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

5.2 Renk Analizi

Çiğ yumurta sarısı, B marka pastörize sıvı yumurta sarısı ve kolesterolü düşürülmüş yumurta sarısı örneklerinin renk değerleri Tablo 5.3’de verilmiştir.

Yumurta sarısı numunelerinde işlem görmüş olan düşük kolesterolü yumurta sarısı kontrol ve çiğ yumurta sarısına göre daha düşük parlaklık değerine sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca düşük kolesterolü yumurta sarısı örneğinin sarılık değerinin diğer numunelere göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Literatürde Bu durum uygulama sırasında düşük kolesterolü mayonez elde etmek için kullanılan beta-siklodekstrin ilavesi ile açıklanmaktadır. Beta-siklodekstrinin ürüne ilavesi ile ürünün renginde belirgin bir renk açılmasının olduğu bilinmektedir. Bunun yanında işlem görmüş olan yumurta sarısı ve kontrol (pastörize sıvı yumurta sarısı) örneklerinin kırmızılık değerinin çiğ yumurta sarısına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Tablo 5.3: Düşük Kolesterolü Yumurta Sarısı Örneklerinin Renk Değerleri *

Örnek	L	a	b
Çiğ Yumurta sarısı	33,31±0,00 ^c	1,47±0,02 ^a	17,88±0,00 ^c
Düşük Kolesterolü Sıvı Yumurta Sarısı	29,41±0,01 ^a	5,66±0,01 ^b	14,85±0,00 ^a
B Marka pastörize sıvı yumurta sarısı	31,85±0,05 ^b	5,01±0,02 ^b	15,64±0,01 ^b

*Aynı sütundaki aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

Awad, (1994) yaptığı çalışmada solvent yardımı ile ekstrakte edilen yumurta sarılarında parlaklık, kırmızılık ve sarılık değerinin azaldığını bildirmiştir.

Farklı gam ve yumurta sarısı ilavesinin düşük kolesterolü mayonezin renk değerleri üzerine etkileri Tablo 5.3'de verilmiştir. Mayonezlerin L değerleri (parlaklık) 38,51-45,46 arasında, a değerleri (kırmızılık) -0,35 ile -0,71 arasında ve b değerleri (sarılık) 4,34-7,63 arasında bulunmuştur.

Tablo 5.4: Farklı Ksantan Gam ve Yumurta Sarısı İlave Seviyelerinin Mayonezlerin Renk Değerleri Üzerine Etkileri*

Örnek (Mayonez)	L	a	b
(%0,5 KG+%4 YS)	45,07±0,22 ^d	-0,43±0,03 ^b	7,38±0,04 ^c
(%0,5 KG+%6 YS)	45,46±0,72 ^d	-0,36±0,06 ^a	7,63±0,13 ^d
(%0,5 KG+%7,5 YS)	41,42±0,23 ^b	-0,66±0,01 ^e	6,07±0,04 ^e
(%0,7 KG+%4 YS)	38,51±0,30 ^a	-0,35±0,06 ^a	6,76±0,03 ^b
(%0,7 KG+%6 YS)	42,00±0,43 ^c	-0,54±0,02 ^c	4,34±0,11 ^c
Kontrol A Marka Düşük Yağlı Mayonez	39,23±0,22 ^c	-0,71±0,07 ^d	4,91±0,03 ^a

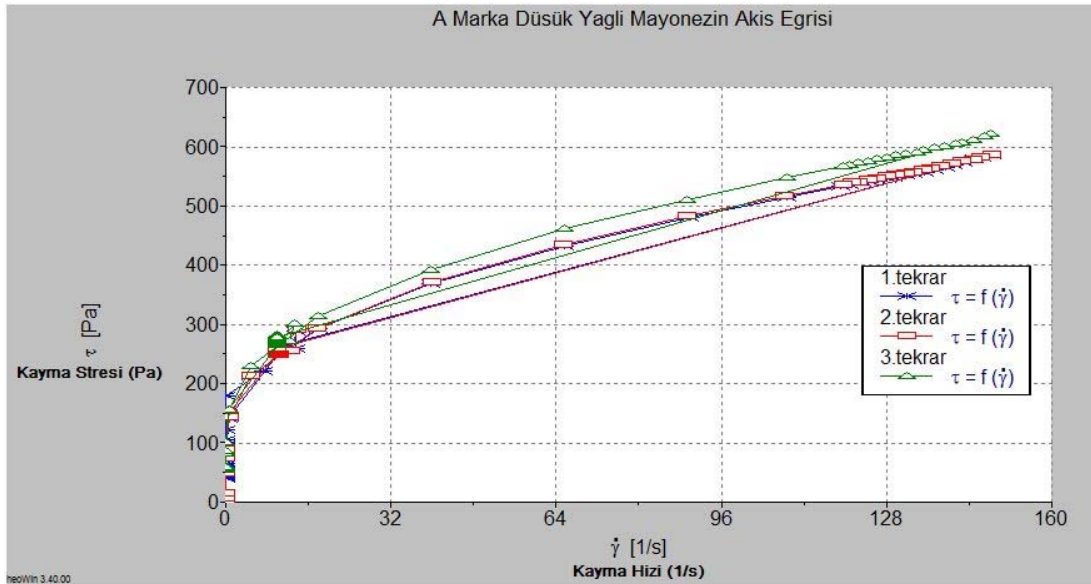
*Aynı sütundaki aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

Mayonezdeki sarılık değerinin ürünün formülasyonunda kullanılan yer alan yağ ve yumurta sarısı miktarına bağlı olarak değişim gösterdiği bilinmektedir. Üretilen mayonezlerin renk değerleri üretimde kullanılan yumurta sarısı ve ksantan gamının renkleri ile ilişkili olduğundan formülasyondaki ingrediyanların miktarlarındaki değişiklik mayonezlerin renklerinde farklılıklara sebep olmaktadır.

Bu çalışmada düşük kolesterolü mayonezde yumurta sarısı ve ksantan gamı seviyelerinde yapılan değişikliğin mayonezin kırmızılık değerinde azalmaya sebep olurken, parlaklık ve sarılık değerlerinde nispeten artışa neden olmuştur. Gam ilavesinin artırılması ile yumurta sarısı miktarının azaltılması sonucunda elde edilen mayonez numunesinde parlaklık değerinin gerek kontrol gerekse diğer numunelerle göre karşılaştırıldığında daha düşük olduğu görülmüştür. Bunun yanında yumurta sarısı ve gam miktarının artışı ile sarılık değerinin azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca mayonezlerde bulunan YS ve KG miktarları karşılaştırıldığında mayonezlerin parlaklığının azalan KG miktarlarında YS miktarına bağlı olduğu ve mayonezlerin L değerleri ile YS arasında bir korelasyonun varlığı tespit edilmiştir. Mayonezlerdeki KG ile kırmızılık değerlerindeki artışın sebebi KG'nin YS'nın sarı rengini maskeleymesi şeklinde açıklanabilir. Mayonezdeki YS seviyesinin azalması ile ksantofil miktarının seyrelmesi ile en düşük b değerleri elde edilmiştir.

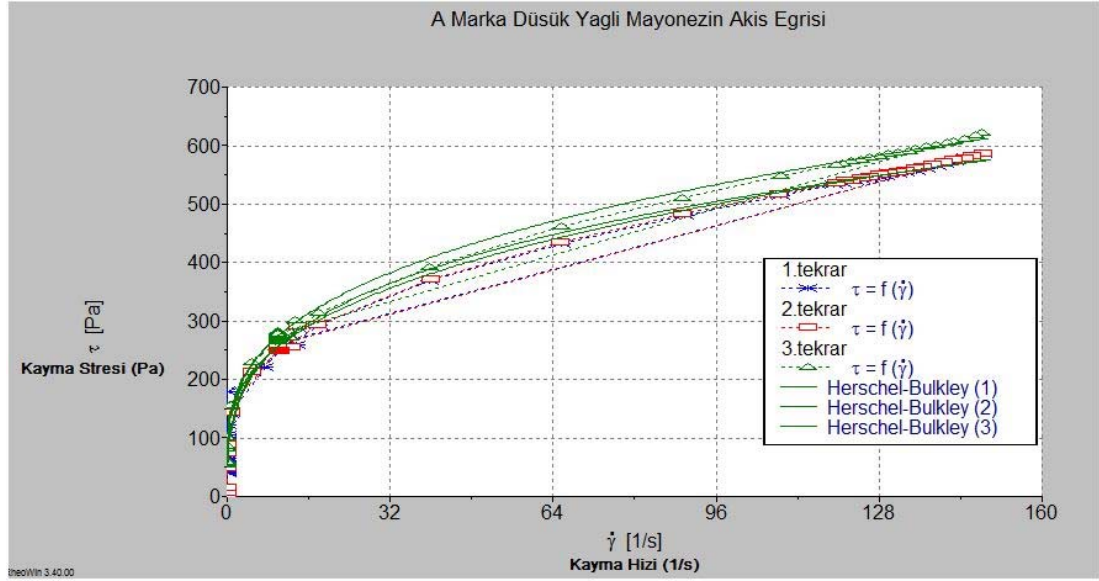
5.3 Reolojik Özelliklerin Analizi

Mayonez numunelerinin 25°C’de 0-150 s⁻¹ kayma hızları arasında reolojik ölçümleri yapılmıştır. Buna göre Şekil 5.1 ve Şekil 5.2.’de %0,5 KG ve %4 YS içeren mayonez numunesi çalışmasında histeresizin olduğu görülmektedir. Bu da maddenin reolojik özelliklerinin zamana bağlı olduğunu göstermektedir. Bu şekillerden görüldü üzere artan kayma hızı değerlerinde gidiş ve dönüş eğrileri arasında histeresiz oluşumu tespit edilmiştir, diğer bir ifade ile kayma hızı arttıkça kayma stresi artmıştır. Bu nedenle mayonez numunelerinin tiksotropik davranış sergilediği söylenebilir. Şekil 5.1’de görüldüğü gibi deneyde tüm numunelerin ölçümlerinde gidiş ve dönüş eğrileri arasında histeresiz halkası oluştuğu görülmektedir.



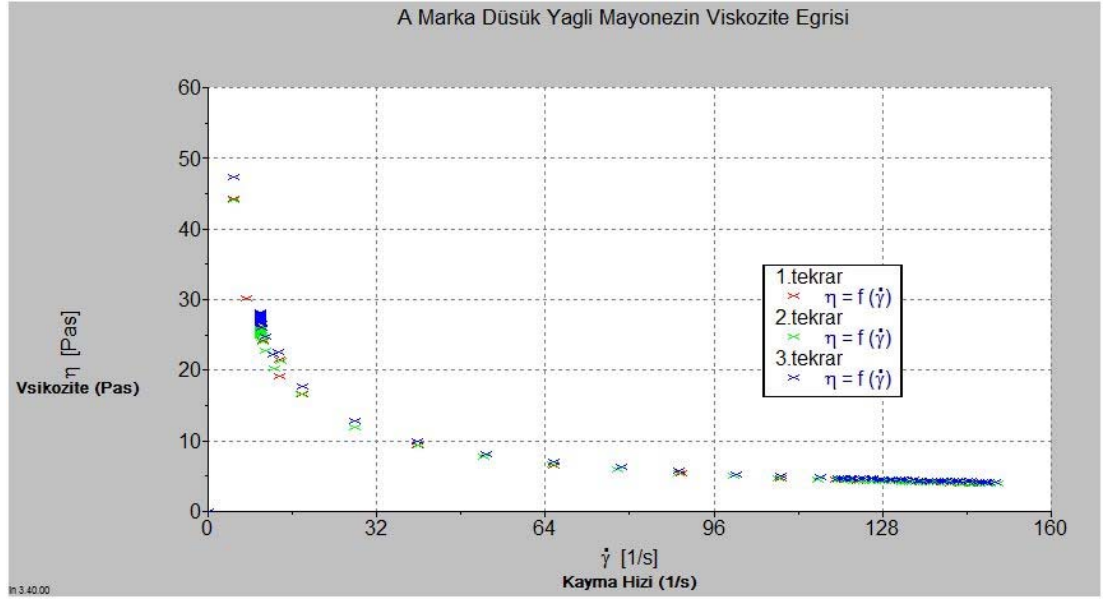
Şekil 5.1 A Marka Düşük Yağlı Mayonez Numunesinin 1,2 ve 3. Tekrarlarının Akış Davranış İndeksinin Kayma Hızı ile Değişimi (gidiş ve dönüş)

Ölçümler sonucunda elde edilen grafiklerde birinci, ikinci ve üçüncü ölçümler birlikte verilmiştir. Tüm grafiklerde ölçümlerin gidiş ve dönüş eğrileri arasında histeresiz halkası oluştuğu görülmektedir. 150 s⁻¹’den 0 s⁻¹’e dönüş eğrisinin 0 s⁻¹’den 150 s⁻¹’e gidiş eğrisinin altında kalması zamana bağlı davranışın tiksotropik olduğunu göstermektedir. Stern ve ark. (2001) mayonezin duyusal ve reolojik özellikleri üzerine yaptıkları çalışmada reolojik özelliklerin duyusal özelliklerden farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir.



Şekil 5.2 A Marka Düşük Yağlı Mayonez Numunesinin 1,2 ve 3. Tekrarlarının Akış Davranış İndeksinin Kayma Hızı ile Değişimi ve Herschel-Bulkley Modeline Uygunluğun Gösterimi (gidiş ve dönüş)

Şekil 5.1. iler 5.10 arasında mayonezin 25 °C’de 0-150 s⁻¹ kayma hızı aralığında kayma stresi-kayma hızı grafiği verilmiştir. Buna göre üst eğri ile alt eğri arasındaki histeresiz halkası mayonezin zamana bağlı tiksotropik bir reolojik davranış göstermesini yansıtmaktadır. Bu durumu doğrulamak için şekil 5.3’te aynı numuneye ait viskozite eğrisi çizilmiştir. Bu eğride mayonezin viskozitesinin zamana bağımlı olduğu ve kayma hızı uygulandığı süre içerisinde giderek düştüğü görülmektedir. Ancak bu düşüşün sürekli olmadığı ve belirli bir süre sonunda viskozitenin bir denge değerine yaklaştığı söylenebilir. Buna göre zaman etkisinin belirli bir süre sonra kaybolduğu ve reolojik davranışın Herchel-Bulkley davranışına dönüştüğü söylenebilir. Ayrıca şekil 5.3’te ölçümler arasında belirgin bir farklılık bulunmamaktadır.



Şekil 5.3 A Marka Düşük Yağlı Mayonez Numunesinin 1,2 ve 3. Tekrarlarına ait Viskozite Eğrileri

Şekil 5.1-5.12 incelendiğinde reometrenin yazılım programı kullanılarak histeresiz gidiş ve dönüş eğrileri modellenmiştir. İnceleme sonucunda Herschel-Bulkley modelinin en uygun model olduğu görülmüştür. Konu model için uygun denklem 4.1.'de verilmiştir. Ayrıca tüm numunelerde ürünün reolojik karakterizasyonunun örneğin deneysel olarak elde edilen reolojik özelliklerini temsil ettiği görülmüştür (Beckett, 1995).

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

τ_0 : Yıkılma stresi

$\dot{\gamma}$: Kayma hızı

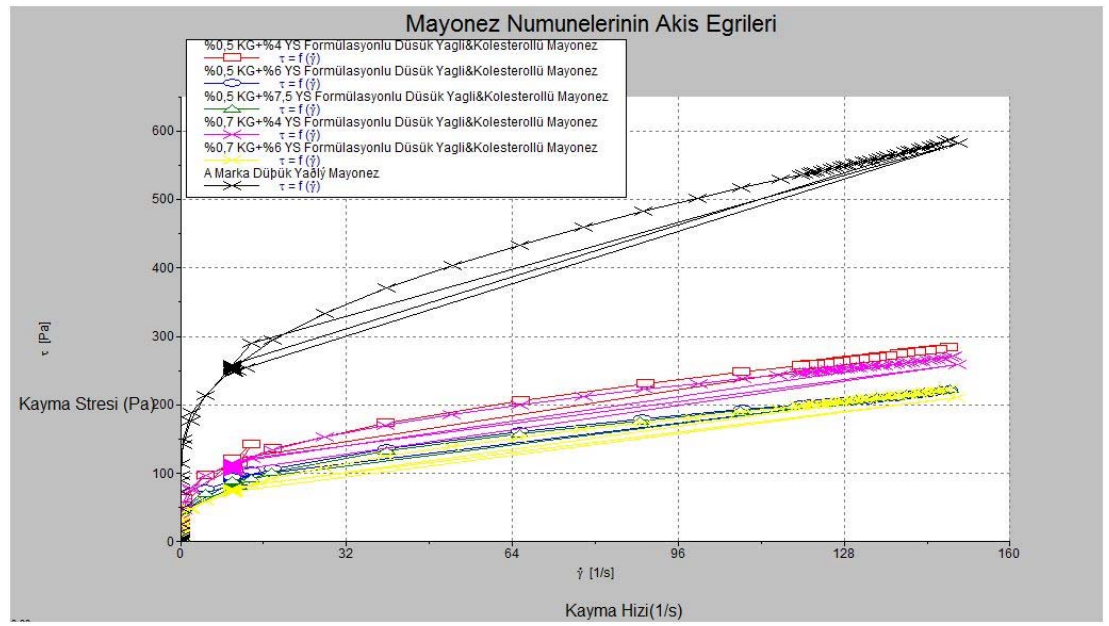
K : Kıvam indeksi

n : Davranış indeksi

Mayonez numunesinde ilk ölçümde açıkça belli olan histeresiz halkası ikinci ve üçüncü ölçümlerde gittikçe kaybolmaktadır. Üçüncü ölçümde gidiş ve dönüş eğrileri neredeyse üst üste çakışmaktadır.

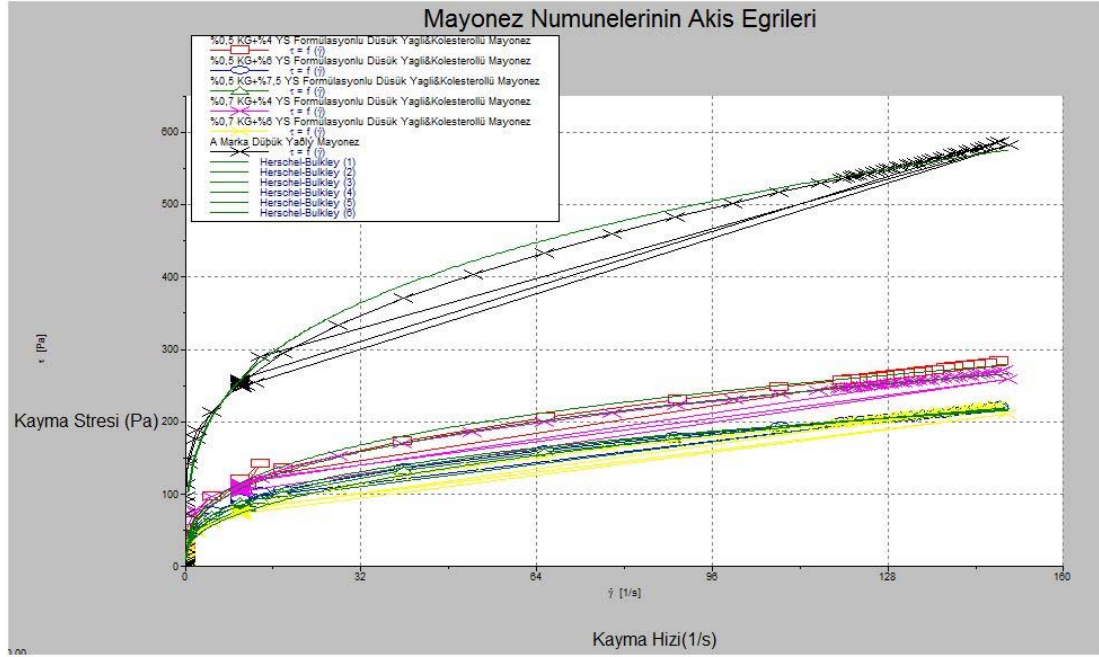
Reolojik ölçümleri yapılan mayonez numuneleri Herschel-Bulkley davranış modeli ile modellenerek, gidiş ve dönüş için kıvam indeksi (K) ve akış davranış indeksi (n) değerleri belirlenmiştir. Bu modelde kayma hızı arttıkça kayma stresi artmakta ayrıca yine kayma hızı arttıkça görünen viskozitenin azaldığı belirlenmiştir.

Mayonez numunelerinin viskozitelerindeki azalma, makromoleküler yığınların dispersiyonuna atfedilebilir.



Şekil 5.4 Mayonez Numunelerinin Akış Eğrileri (gidiş ve dönüş)

Şekil 5.4'te mayonez örneklerinin akış eğrileri verilmiştir. Akış eğrisi grafiğinde A Markalı mayonez örneğinin diğer örnekler ile arasında önemli düzeyde farklılığın olduğu tespit edilmiştir.

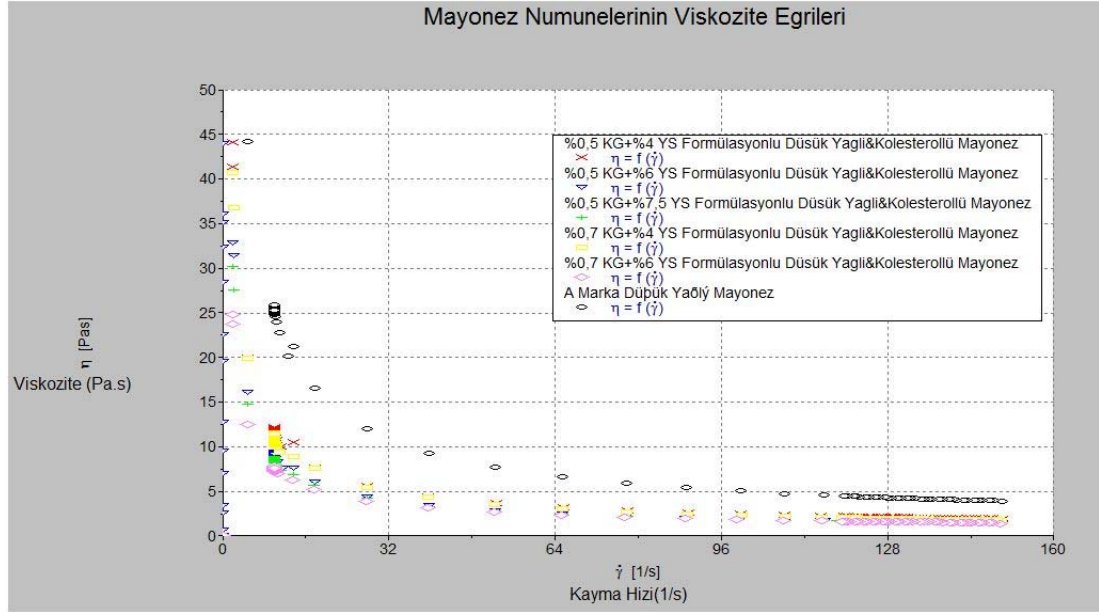


Şekil 5.5 Mayonez Numunelerinin Akış Eğrileri ve Model Gösterimleri (gidiş ve dönüş)

Şekil 5.4'te mayonez numunelerinin artan kayma hızı karşısında göstermiş oldukları kayma stresi eğrisi verilmiştir. Elde edilen eğri üzerinde tüm mayonez numuneleri için en uygun davranış modeli tespit edilmiştir. Buna göre deneyde çalışılan örneklerin tamamında en uygun davranış modeli olarak Herschel-Bulkley modelinin benimsenmiştir.

Şekil 5.5'te görüldüğü gibi mayonez numuneleri içerisinde A markalı düşük yağlı mayonez en yüksek çıkış ve iniş viskozitesine sahipken, %0,7 KG ve %6 YS formülasyonuna sahip olan düşük yağ ve düşük kolesterol içerikli mayonez numunesi en düşük çıkış ve iniş viskozitesine sahiptir.

İniş eğrisindeki viskozite değerlerinin çıkış eğrisindeki viskozite değerlerinden daha düşük olması ise uygulanan kayma hızı nedeniyle mayonezin yapısında meydana gelen değişikliklerden ileri gelmektedir. Bu durum ayrıca tiksotropik davranışı gösteren bir gösterge niteliğindedir.



    l 5.6 Mayonez Numunelerinin Viskozite Eğrileri

Mayonez numunelerinin artan kayma hızı karşısında göstermiş oldukları viskozite değerleri açısından %0,7 KG ve %6 YS formülasyona sahip olan örneğin viskozitesi kayma hızı ile önemli ölçüde değişmemiştir. Ayrıca yapılan hesaplamalarda bu örneğin en düşük kıvam katsayısı ve görünen viskoziteye sahip olduğu belirlenmiştir.

%0,5 KG + %4 YS, %0,5 KG + % 6 YS, %0,5 KG + %7,5 YS ve % 0,7 KG + %4YS formülasyonlu mayonez numunelerinin viskoziteleri ve kıvam katsayıları birbirinden oldukça farklı ve yüksek bulunmuştur. Bu durum yapılan farklı formülasyonlardaki mayonezlerin reolojik özellikler açısından aralarında önemli bir farklılığın olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Mayonez yaygın tüketimi olan bir gıda maddesi olmasıyla birlikte kolesterol içeriği nedeniyle kalp-damar hastalıkları açısından tüketicilerde risk oluşturmaktadır. Bu çalışmada mayonezin kolesterol miktarı azaltılarak yağın karbonhidrat bazlı bazı ingrediyenlerle ikame edilmesi ve bunun sağlık açısından daha faydalı fonksiyonel bir ürün haline getirilmesi amaçlanmıştır.

Deneylerde kullanılan yumurta sarısı ve mayonez numunelerinin kimyasal bileşiminin, literatür bulgularına benzer çıktığı ve tüm bileşenlerin Türk Standartlarında, Türk Gıda Kodeksinde, FDA (Amerikan Gıda Dairesi) ve IEC (International Egg Commission)'de belirtilen sınırlar içerisinde olduğu görüşmüştür. Ancak A marka düşük yağlı mayonez ürününün ambalaj üzerinde beyan edilen yağ miktarına uyumlu olmadığı yapılan bileşim analizi ile belirlenmiştir.

Yapılan çalışmada Kolesterolü azaltılmış sıvı yumurta sarısı ile hazırlanan mayonez formülasyonunun genel olarak 25°C'de 0-150 s⁻¹ artan-azalan kayma hızı programı aralıklarında akış davranış tipinin tiksotropik olduğu ve Herschel-Bulkley modelinin uygulanabilir olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca 0-150 s⁻¹ kayma hızı aralığında tiksotropik davranış gösteren mayonezin kayma hızında elde edilen viskozite eğrilerini oldukça iyi bir şekilde karakterize ettiği belirlenmiştir.

Deney sonucunda elde edilen reolojik veriler ürün formülasyonunda standardizasyona gidilmesi, ekipman ve proses tasarımlarının iyileştirilmesine ve düşük kolesterolü ve düşük yağlı mayonezin daha iyi tanınmasına yardımcı olacaktır.

Sonuç olarak, standart mayoneze göre % 75-85 oranında kolesterolü azaltılmış düşük kolesterolü mayonezler başarıyla üretilmiştir.

İleride yapılacak olan çalışmalarda kolesterolü azaltılmış yumurta sarısı kullanılarak üretilen mayonez örneklerinde raf ömrü ve duyusal analiz ile ilgili çalışmalar konu ürün hakkındaki mevcut bilgilerin artmasını sağlayacaktır. Ayrıca, mayonezde depolama esnasında meydana gelen fiziksel ve kimyasal (örn. Faz ayrışması ve acılaşma) değişimlerinin kinetiklerinin belirlenmesi bu çalışmayı tamamlayacak bulgular ortaya koyacaktır. Ayrıca farklı partikül büyüklüğüne sahip ürünlerin mayonez ile karışımından elde edilecek bulgular ile mayonez üretim teknolojsinin gelişimine katkı sağlayabilecektir. Buna ek olarak uygulanan formülasyon içerisinde gamların kombine olarak kullanımları yapılacak çalışmalarda yer almalı ve diğer

yöntemlerle hazırlanan mayonezler ile karşılaştırmalı olarak çalışılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Ahn, J. and Kwak, H. S.**, 1999. Optimizing cholesterol removal in cream using β -cyclodextrin and response surface methodology, *Journal of Food Science*, **64**(4), 629-632.
- Aihara, H., Watanabe, K. and Nakamura, R.**, 1988. Degradation of cholesterol in egg yolk by *Rhodococcus equi* No. 23, *Journal of Food Science*, **53**(2), 659-660.
- Aloğlu, H. ve Öner, Z.**, 2006. Assimilation of cholesterol in broth, cream, and butter by probiotic bacteria, *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, **108**, 709-713.
- Anton, M. and Gandemer, G.**, 1997. Composition, solubility and emulsifying properties of granules and plasma of egg yolk, *Journal of Food Science*, **62**(3), 484-487.
- Arıkan, Ş.**, 2003. A comparison of the effect of methyl- β -cyclodextrin on the osmotic fragility of ovine, bovine and human erythrocytes, *Turk J. Vet. Anim. Sci.*, **27**, 383-387.
- Awad, A. C., Bennink, M. R. and Smith, D. M.**, 1997. Composition and functional properties of cholesterol reduced egg yolk, *Poultry Science*, **76**, 749-653.
- Awad, A.C.**, 1994. Cholesterol reduction in liquid egg yolk using β -cyclodextrin. *Master Thesis*, Michigan State University.
- Beckett, S.T.**, 1995. Hysico-chemical aspecys of food processing. Pp81-116. Blackie Academic & Prfessionali Glasgow.
- Bringe, N. A. and Cheng, J.**, 1995. Low-fat, low-cholesterol egg yolk in food applications, *Food Technology*, May, 94-104.
- Chiang, Y.L. and Yang, S.C.**, 2001. Processing and quality evaluation of low cholesterol egg products. *Taiwanese Journal of Agricultural Chemistry and Food Science*, **39**(2), 108-116.
- Çakır, S. ve Yalçın, S.**, 2004. Yumurta kolesterol düzeyine etki eden faktörler, *Lalahan Hay. Araşt. Enst. Derg.*, **44**(1), 51-63.
- Demirci, M., GÜltaş, M. ve Başoğlu, F.**, 1996. Gıdalardan kolesterol azaltılabilir mi? *Gıda*, **21**(3), 149-152.
- Duchêne, D.**, 1991. New trends in cyclodextrins and derivatives. Pp. 58-90. Editions de Santé, Paris, France.
- Dunford, N. T., King, J. W. and List, G. R.**, 2003. Supercritical Fluid Extraction in Food Engineering In: Extraction Optimization in Food Engineering, Eds. Constantina, T. and Liadakis, G., pp. 59-93, Marcel Dekkar, Inc. New York.
- Emara, S., Hussien, S. A. and Mohamed, F. A.**, 1999. Determination of cholesterol in egg yolk by performance liquid chromatography using an automated precolumn-switching procedure, *J. Liq. Chrom & Rel. Technol.*, **22**(8), 1235-1246.

- Eren, M. and Uyanik, F.**, 2007. Influence of dietary boron supplementation on some serum metabolites and egg-yolk cholesterol in laying hens, *Acta Veterinaria Hungarica*, **55** (1), 29-39.
- Feldman, E.B.**, 2002. Cardiovascular Disease Risk – Prevention by Diet, In: *Handbook of Nutrition and Food*, pp.1045-1059, Eds. Berdanier, C.D.CRC Press, Washington D.C.
- Froning, G. W., Wehling, R. L., Cuppett, S. and Niemann, L.**, 1998. Processing and products moisture content and particle size of dehydrated egg yolk affect lipid and cholesterol extraction using supercritical carbon dioxide, *Poultry Science*, **77**, 1718-1722.
- Froning, G. W., Wehling, R. L., Cuppett, S. L., Pierce, M. M., Niemann, L. and Siekman**, 1990. Extraction of cholesterol and other lipids from dried egg yolk using supercritical carbon dioxide, *Journal of Food Science*, **51**(1), 95-98.
- Guerrero, A. F., and Ball, H. R.**, 1994. Effect of spray-dried or reduced-cholesterol yolk and temperature on the linear viscoelastic properties of mayonnaise, *Journal of Texture Studies*, **25**, 363-381.
- Guilmineau, F. and Kulozik, U.**, 2005. Influence of a thermal treatment on the functionality of hen's egg yolk in mayonnaise, *Journal of Food Engineering*, Accepted in November: 1-7 (in press).
- Hedges, A. R.**, 1998. Industrial application of cyclodextrins, *Chem. Rev.*, **98**, 2035-2044.
- Jung, T.-H., Park, H.-S. and Kwak, H.-S.**, 2005. Optimization of cholesterol removal by crosslinked β -cyclodextrin in egg yolk, *Food Sci. Biotechnol.*, **14**(6), 793-797.
- Kant, A., Linforth, R. S. T., Hort, J. and Taylor, A. J.**, 2004. Effect of β -cyclodextrin on aroma release and flavor perception, *J. Agric. Food Chem.*, **52**, 2028-2035.
- Kwak, H. S., Jung, C. S., Shim, S. Y. and Ahn, J.**, 2002. Removal of cholesterol from Cheddar cheese by β -cyclodextrin, *J. Agric. Food Chem.*, **50**, 7293-7298.
- Lee, D. K., Ahn, J. and Kwak H. S.**, 1999. Cholesterol removal from homogenized milk with β -cyclodextrin, *J. Dairy Sci.*, **82**, 2327-2330.
- Linden, G. and Lorient, D.**, 1999. New Ingredients in Food Processing Biochemistry and Agriculture, pp. 256-259, Eds. Woodhead Publishing Limited, Abington.
- Liu, H., Xu, X.M. and Guo, S.D.**, 2007. Rheological, texture and sensory properties of low-fat mayonnaise with different fat mimetics. *LWT*, **40**, 946-954.
- Manohar, B., Basappa, C., Rao, D. N. and Divakar, S.**, 1998. Response surface studies on cholesterol reduction in egg yolk using β -cyclodextrin, *Z Lebensm Unters Forsch A*, **206**, 189-192.

Martucci, E. T. and Borges, S. V., 1997. Extraction of cholesterol from dehydrated egg yolk with acetone: Determination of the practical phase equilibrium and simulation of the extraction process, *Journal of Food Engineering*, **32**, 365-373.

Mohamed, R. S., Saldaña, M. D. A., Azevedo A. A. B. and Kopcak, U., 2003. Removal of cholesterol from food products using supercritical Fluids In: Extraction Optimization in Food Engineering, Eds. Constantina, T. and Liadakis, G., pp. 367-427, Marcel Dekkar, Inc. New York.

Mohamed, R. S., Saldaña, M. D. A., Socantaype, F. H. and Kieckbusch, T. G., 2000. Reduction in the cholesterol content of butter oil using supercritical ethane extraction and adsorption on alumina, *Journal of Supercritical Fluids*, **16**, 225-233.

Mori, A. V., Mendonça, C. X. and Santos, C. O. F., 1999. Effect of dietary lipid-lowering drugs upon plasma lipids and egg yolk cholesterol levels of laying hens, *J. Agric. Food Chem.*, **47**, 4731-4735.

Özdamar, K., 2004. Paket Programlar ile istatistiksel Veri Analizi-2 (Çok Değişkenli Analizler), Kaan Kitabevi, Etam A.Ş. Eskişehir.

Paraskevopoulou, A. and Kiosseoglou, V., 1997. Texture profile analysis of heat-formed gels and cakes prepared with low cholesterol egg yolk concentrates, *Journal of Food Science*, **62** (1), 208-211.

Paraskevopoulou, A. and Kiosseoglou, V., 1994. Cholesterol and other lipid extraction from egg yolk using organic solvents: Effects on functional properties of yolk, *Journal of Food Science*, **59**(4), 766-768.

Peressini, D., Sensidoni, A. And Cindio, B., 1998. Rheological characterization of traditional and light mayonnaise. *Journal of Food Engineering*, **35**, 409-417.

Rao, P, Sujatha, D., Raj, K. R., Vishwanatha, S., Narasimhamurthy, K., Saibaba, P., Rao, D., N. and Divakar, S., 2000a. Safety aspects of residual β -cyclodextrin in egg treated for cholesterol removal, *Eur Food Res. Technol.*, **211**: 393-395.

Rao, P., Kumar, S. U., Rao, D., N. and Divakar, S., 2000b. Optimization of digestion parameters for the elimination of residual β -cyclodextrin used for cholesterol reduction in egg using glucoamylase, *Eur Food Res Technol.*, **210**, 231-236.

Rao, P., Suresh, C., Rao, D. N., Kumar, S. U. and Divakar, S., 1999. Digestion of residual β -cyclodextrin in treated egg using glucoamylase from a mutant strain of *Aspergillus niger* (CFTRI 1105), *Food Chemistry*, **65**, 297-301.

Romero, J.T., Thomaz, C.E.P., Bernardi, M., Telis, V.R.N. and Gabas, A.L., 2006. Rheological properties and fluid dynamic of egg yolk. *Journal of Food Engineering*, **74**, 191-197.

Saito, S., Takeshita, M., Tomonobu, K., Kudo, N., Shiiba, D., Hase, T., Tokimitsu, I. and Yasukawa, T., 2006. Dose-dependent cholesterol-lowering effect of a mayonnaise-type product with a main component of diacylglycerol-containing plant sterol esters, *Nutrition*, **22**, 174-178.

Sandrou, D. K. and Arvanitoyannis, I. S., 2000. Low-fat/calorie foods: Current state and perspectives, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **40**(5), 427-447.

Santipanichwong, R. and Supphantharika, M., 2007. Carotenoids as colorants in reduced-fat mayonnaise containing spent brewer's yeast β -glucan as a fat replacer, *Food Hydrocolloids*, **21**, 565-574.

Seçkin, A. K. ve Metin M., 2003. Kimyasal yolla süten kolesterolün uzaklaştırılması, *Gıda Mühendisliği Dergisi*, **7**(14), 36-40.

Smith, D. M., Awad, A. C., Bennink, M. R. and Gill, J. L., 1995. Cholesterol reduction in liquid egg yolk using β -cyclodextrin, *Journal of Food Science*, **60**(4), 691-720.

Smith, J., 1993. Technology of Reduced –Additive Foods, Blackie Academic & Professional. London.

Stadelman, W. J. and Cotterill, O. J., 1995. Egg Science and Technology, pp. 180-181, Eds. The Hawroth Press, Inc., New York.

Stern, P., Valentova, H. And Pokorny, J., 2001. Rheological properties and sensory texture of mayonnaise. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* **103**, 23-28.

Štern, P., Valentová, H. and Pokorný, J., 2001. Rheological properties and sensory texture of mayonnaise, *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, **103**, 23-28.

Szejtli, J., 1998. Introduction and general overview of cyclodextrin chemistry, *Chem. Rev.*, **98**, 1743-1753.

Szejtli, J., 2004. Cyclodextrins, in *Chemical and Functional Properties of Food Saccharides*, pp.1238-1486, Eds. Tomasik, P., CRC Press LLC, Florida.

Szente, L. and Szejtli, J., 2004. Cyclodextrins as food ingredients, *Trends in Food Science & Technology*, **15**, 137-142.

Şamlı, H.E., Şenköylü, N., Akyürek, H. Ve Ağma, A., 2005. Doğal pigmentlerin yaşlı tavuklarda yumurta sarısına etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* **2**(3), 281-286.

TSE-10914, 1993. Mayonez yapım kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
TSE-9777, 1992. Mayonez. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

Uyanık, F., Kaya, Ş, Kolsuz, A. H., Eren, M. ve Şahin, N., 2002. The effect of chromium supplementation on egg production, egg quality and some serum parameters in laying hens, *Turk J. Vet. Anim. Sci.*, **26**, 379-387.

Valcarce, G., Nusblat, A., Florin-Christensen, J. and Nudel, B. C., 2002. Bioconversion of egg cholesterol to pro-vitamin D sterols with *Tetrahymena thermophila*, *Journal of Food Science*, **67**(6), 2405-2409.

Wang, J.-J. and Pan, T.-M., 2003. Effect of red mold rice supplements on serum and egg yolk cholesterol levels of laying hens, *J. Agric. Food Chem.*, **51**, 4824-4829.

Warren, M. W. and Davis D. R., 1990. Processing and sensory evaluation of scrambled eggs containing defatted yolk solids, *Journal of Food Science*, **55**(2), 583-584.

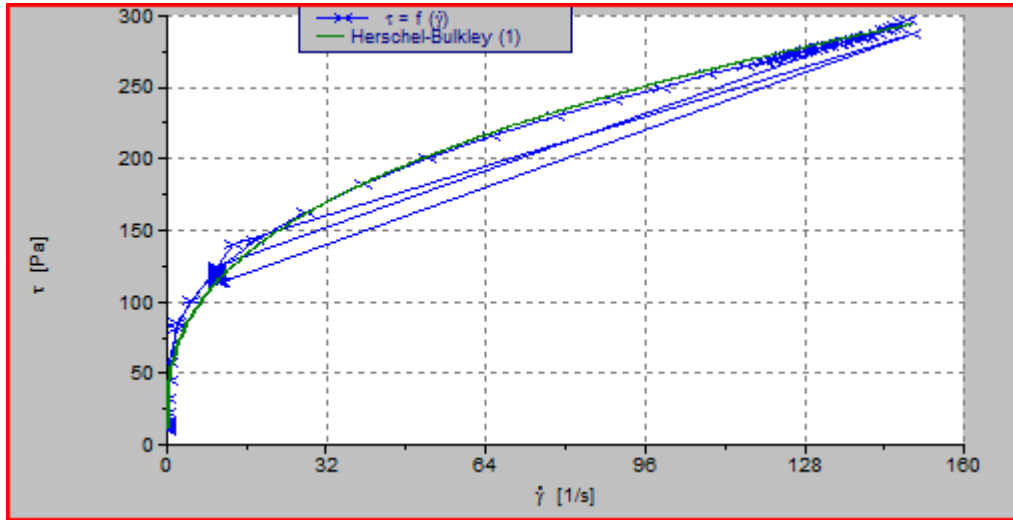
Wendin, K., Ellekjaer, M.R. and Solheim, R., 1999. Fat content and homogenization effects on flavour and texture of mayonnaise with added aroma. *Lebensm-Wiss. U Technol.* **32**, 377-383.

Xu, X.-H., Li, R.-K., Chen, J., Chen, P., Ling, X.-Y. and Rao, P.-F., 2002. Quantification of cholesterol in foods using non-aqueous capillary electrophoresis, *Journal of Chromatography B*, **768**, 367-373.

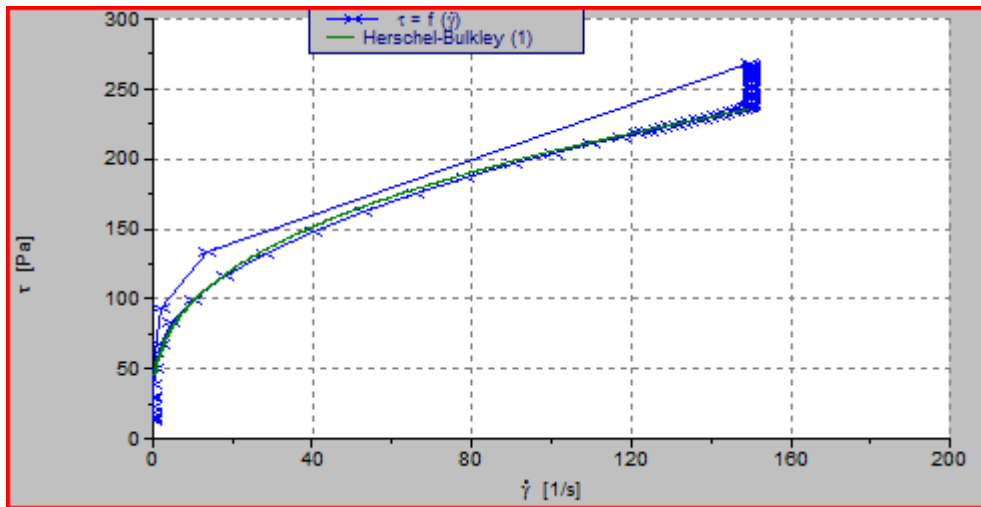
Zeidler, G., 1995. Removal of cholesterol from egg yolk by the adhering method, *World Poultry-Misest*, **11**(6), 37.

Zeidler, G., 2002. Shell eggs and their nutritional value, in *Egg Processing In: Commercial Chicken Meat and Egg Production*, pp.1109-1128, Eds. Bell, D.D. and Weaver, W.D., Kluwer Academic Publishers, Massachusetts.

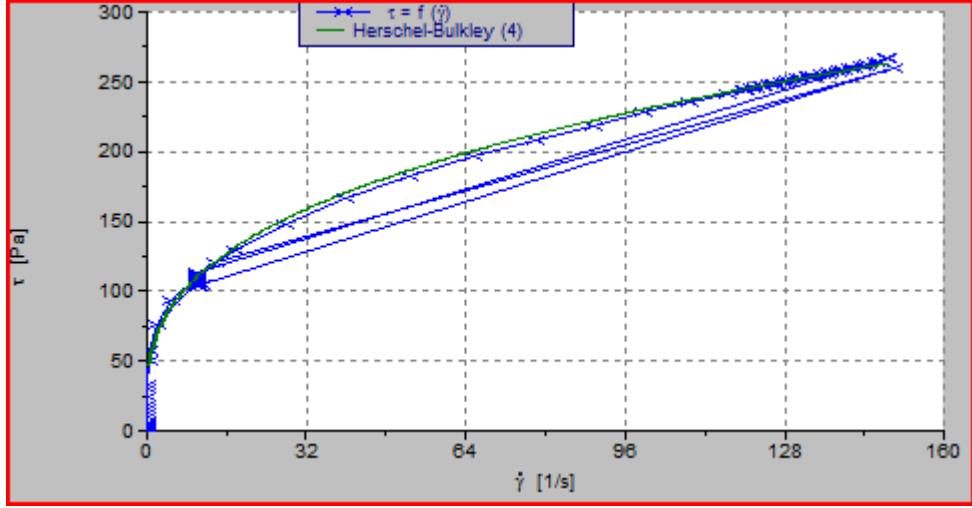
EKLER



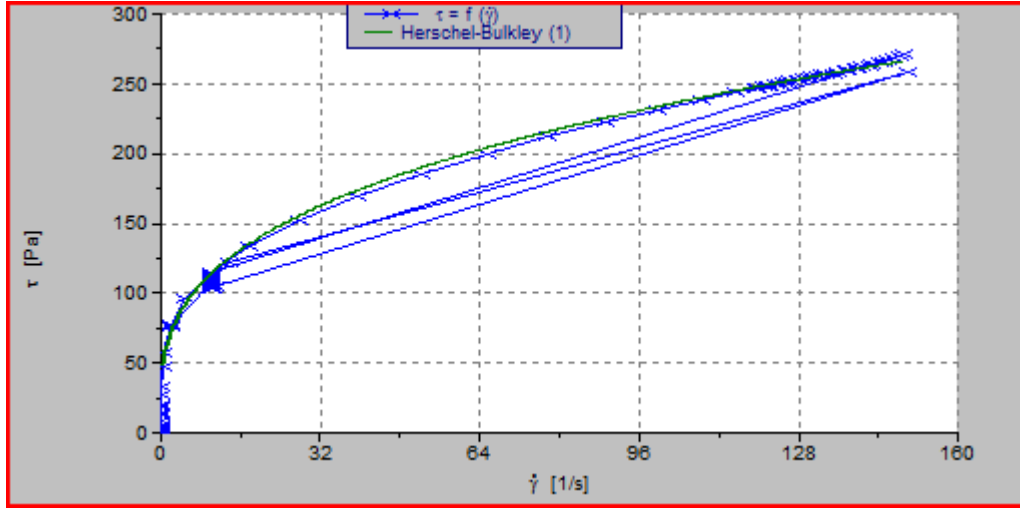
Şekil A.1. %0,5 KG ve %4 YS İçeren mayonez numunesinin akış davranış indeksinin kayma hızı ile değişimi (gidiş)



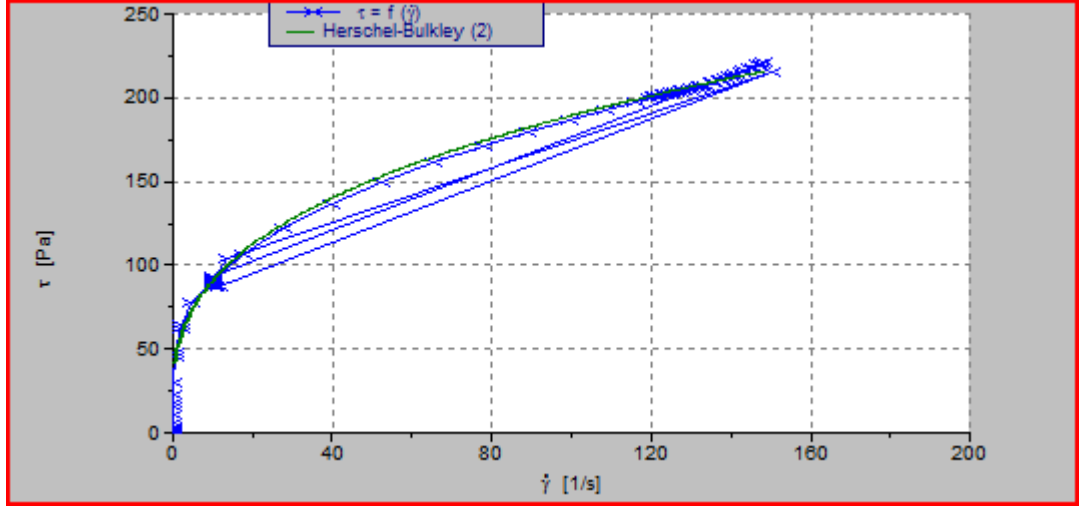
Şekil A.2. %0,5 KG ve %4 YS İçeren mayonez numunesinin akış davranış indeksinin zaman ile değişimi (dönüş)



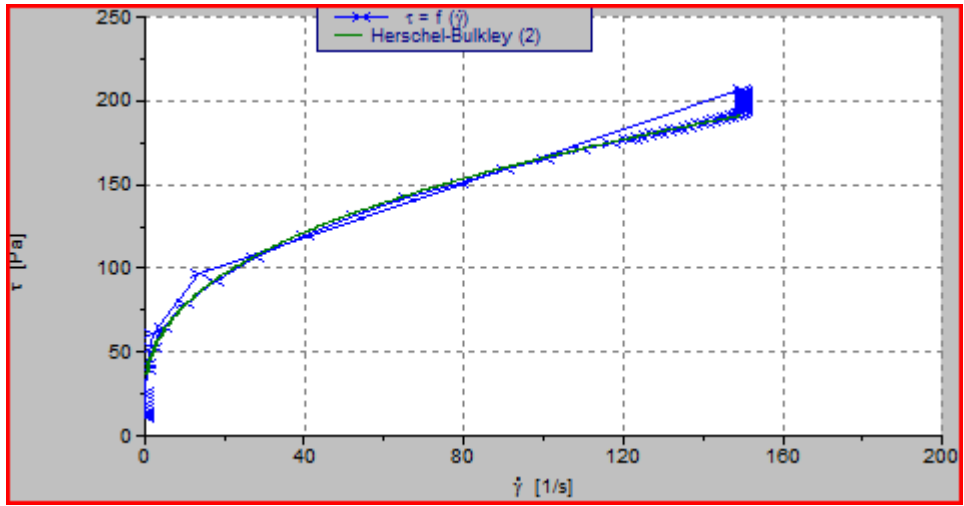
Şekil A.3 %0,7 KG ve %4 YS içeren mayonez numunesinin akış davranış indeksinin zaman ile değişimi (gidiş)



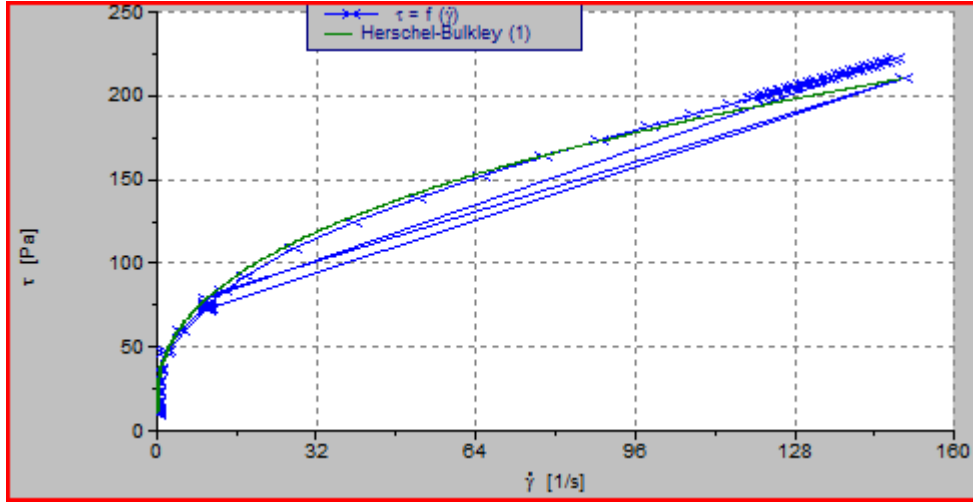
Şekil A.4 %0,7 KG ve %4 YS içeren mayonez numunesinin akış davranış indeksinin zaman ile değişimi (dönüş)



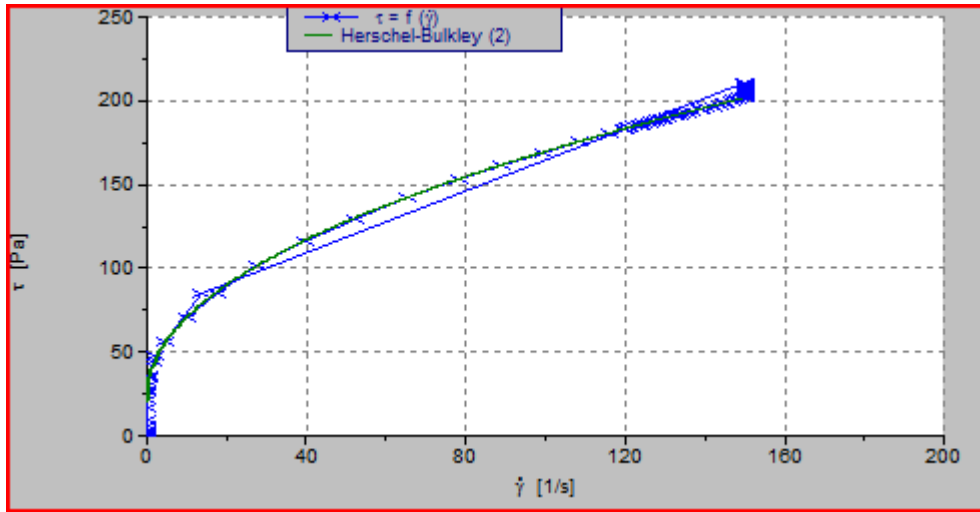
Şekil A.5 %0,5 KG ve %6 YS içeren mayonez numunesinin akış davranış indeksinin zaman ile değişimi (gidiş)



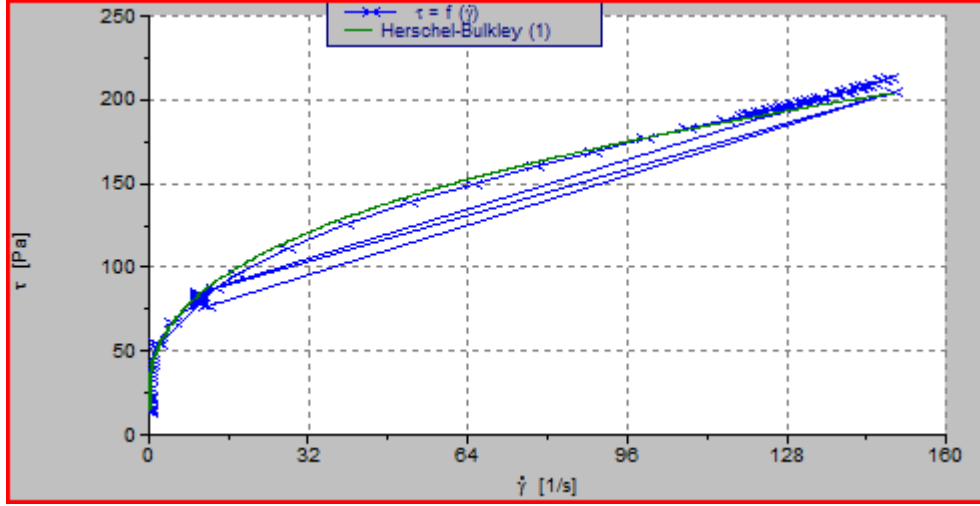
Şekil A.6 %0,5 KG ve %6 YS içeren mayonez numunesinin akış davranış indeksinin zaman ile değişimi (dönüş)



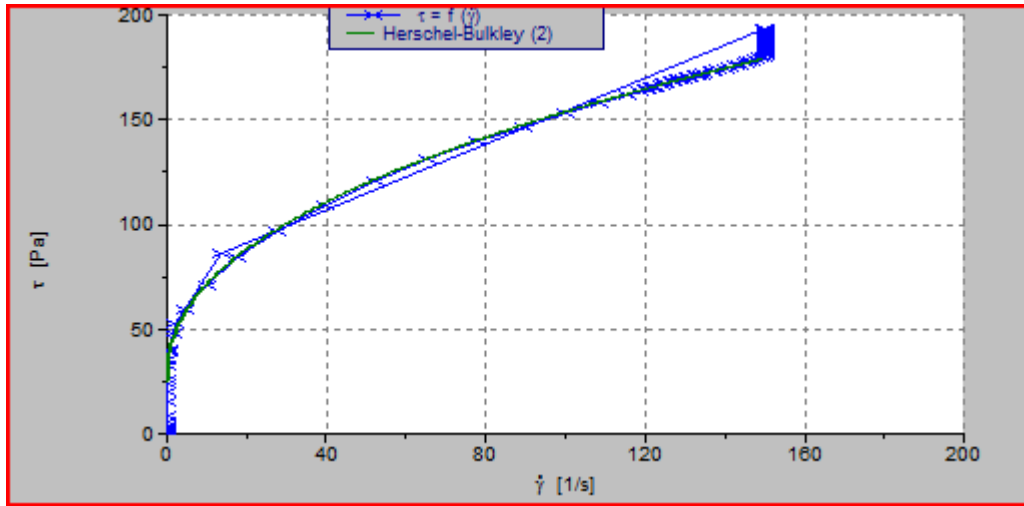
Şekil A.7 %0,7 KG ve %6 YS içeren mayonez numunesinin akış davranış indeksinin zaman ile değişimi (gidiş)



Şekil A.8 %0,7 KG ve %6 YS içeren mayonez numunesinin akış davranış indeksinin zaman ile değişimi (dönüş)



Şekil A.9 %0,5 KG ve %7,5 YS içeren mayonez numunesinin akış davranış indeksinin zaman ile değişimi (gidiş)



Şekil A.10 %0,5 KG ve %7,5 YS içeren mayonez numunesinin akış davranış indeksinin zaman ile değişimi (dönüş)



Şekil A.11 %0,5 KG ve %4 YS içeren düşük kolesterolü mayonez görünüşü



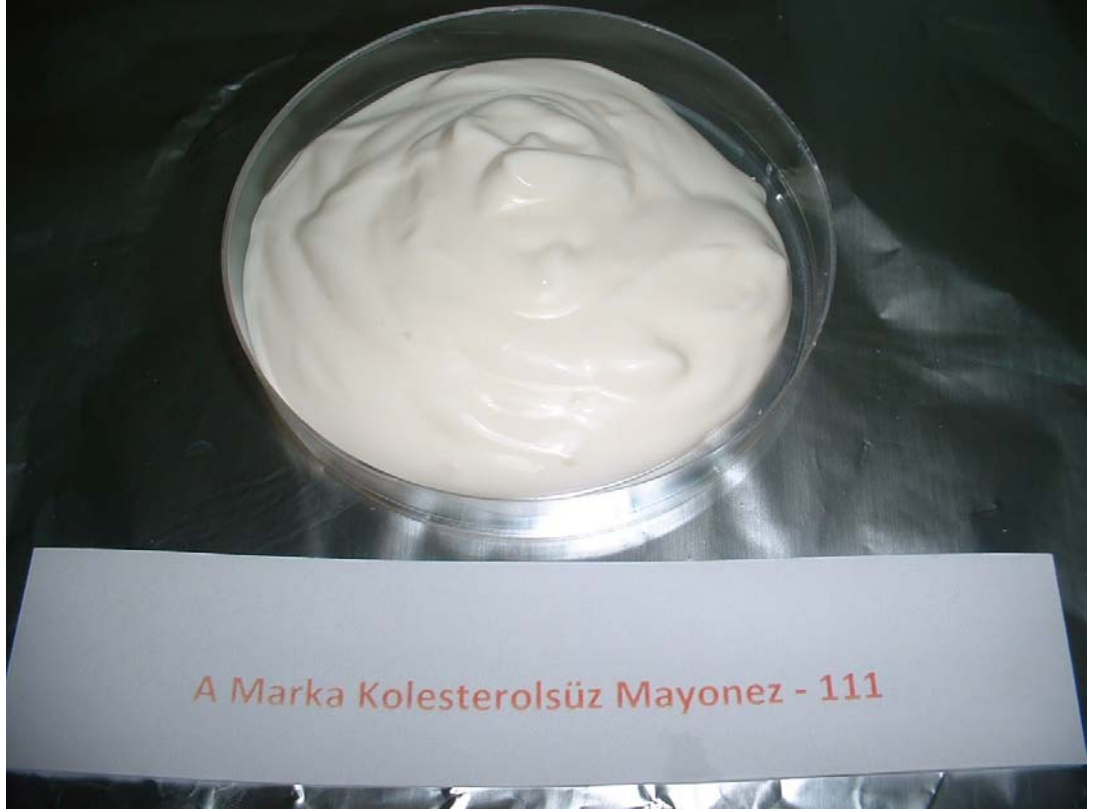
Şekil A.12 %0,7 KG ve %4 YS içeren düşük kolesterolü mayonez görünüşü



Şekil A.13 %0,5 KG ve %6 YS içeren düşük kolesterolü mayonez görünüşü



Şekil A.14 %0,5 KG ve %7,5 YS içeren düşük kolesterolü mayonez görünüşü



     A.15 A marka mayonezin g  r  n    



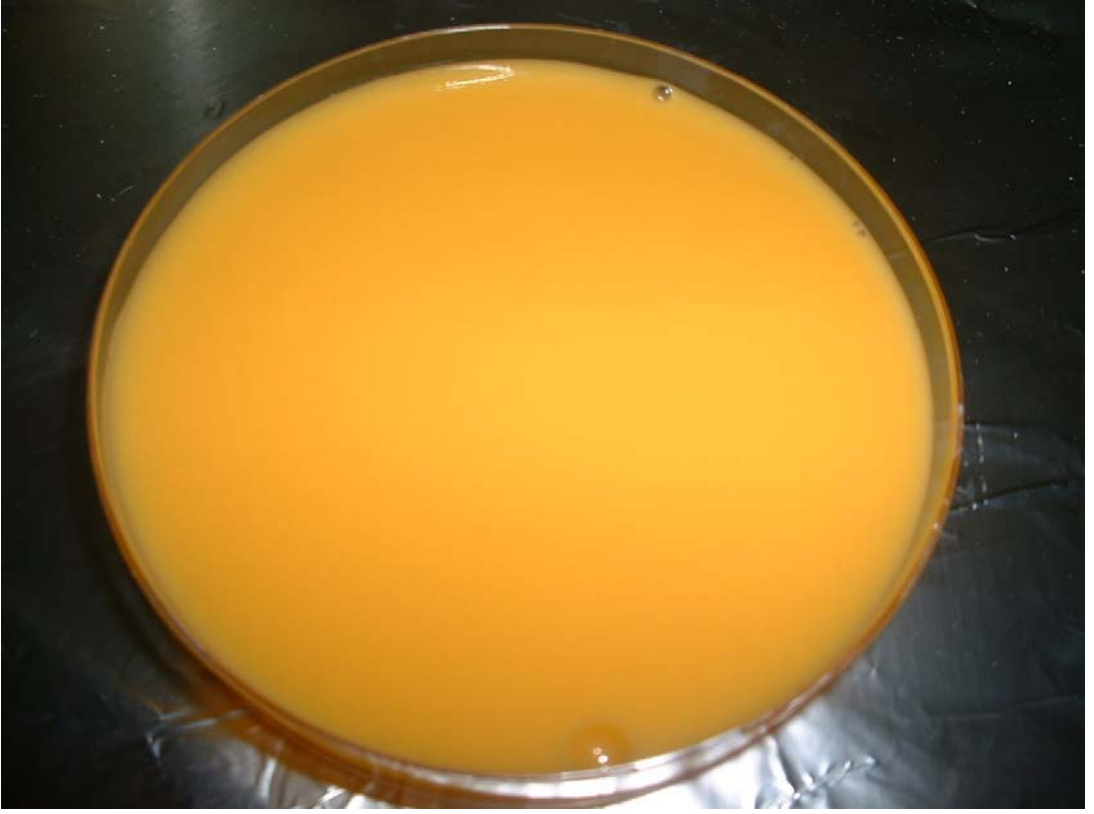
Üç A.16 %0,7 KG ve %6 YS içeren d      kolesterol    mayonez g  r  n    



Şekil A.17 Çiğ Yumurta Sarısı görünüşü



Şekil A.18 Pastörize sıvı yumurta sarısı görünüşü



Şekil A.19 Düşük kolesterolü sıvı yumurta sarısı görünüşü

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Mekke’de doğdu. 1998 yılında Özel Serhat Anadolu Lisesi’nden mezun oldu. 1998-2002 yılları arasında Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü’nde lisans öğrenimini tamamladı. 2002 yılında A.B Gıda San. ve Tic. A.Ş.’de Dış Ticaret Asistanı olarak göreve başladı. 2003-2004 öğretim yılında İstanbul Teknik Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gıda Mühendisliği Program’ında yüksek lisans öğrenimine başladı. 2005 yılından itibaren aynı firmanın Balıkesir/Bandırma’da bulunan yumurta ürünleri üretim tesisinde Kalite ve Ar&Ge Müdürü olarak çalışmaya devam etmektedir. Evli ve bir çocuk babasıdır.