CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİKROENKAPSÜLE EDİLMİŞ YUMURTA TOZUNUN DEPOLANMASI SIRASINDA YAĞ ASİTLERİ KOMPOZİSYONUNDA MEYDANA GELEN DEĞİŞMELER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gonca SUSYAL

Anabilim Dalı : Gıda Mühendisliği

Bilim Dalı : Gıda Teknolojisi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Neriman BAĞDATLIOĞLU

MANİSA 2011

CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİKROENKAPSÜLE EDİLMİŞ YUMURTA TOZUNUN DEPOLANMASI SIRASINDA YAĞ ASİTLERİ KOMPOZİSYONUNDA MEYDANA GELEN DEĞİŞMELER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gonca SUSYAL

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : **26.01.2011**
Tezin Savunulduğu Tarih : **02.02.2011**

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Neriman BAĞDATLIOĞLU (CBÜ)**

Diğer Jüri Üyeleri : **Prof.Dr. Figen ERTEKİN (EGE)**
Doç.Dr. Ersel OBUZ (CBÜ)

MANİSA 2011

ÖNSÖZ

Lisans ve Yüksek Lisans eğitimim boyunca zengin bakış açısıyla beni aydınlatan her türlü bilgi ve becerisini, manevi desteğini üzerimde gördüğüm Danışman hocam Sayın Doç. Dr. Neriman BAĞDATLIOĞLU'na çalışmamda gösterdiği ilgi ve sabrından dolayı teşekkür ederim.

Çalışmam süresince derin bilgi ve tecrübesiyle beni yönlendiren ve TÜBİTAK projesinde yer almama olanak sağlayarak maddi ve manevi destek veren Sayın Prof. Dr. Figen ERTEKİN'e teşekkürü bir borç bilirim.

Proje çalışmaları süresince benden yardımlarını ve bilgisini esirgemeyen sevgili hocam Dr. Melike SAKİN'e, her türlü desteğini üzerimde hissettiğim yakın dostlarım Banu KOÇ ve Mehmet KOÇ'a, istatistiksel analizler konusunda bana yol gösteren değerli hocam Doç. Dr. Ersel OBUZ'a, fikirleri ile beni destekleyen tüm Bölüm hocalarıma ve tezime mali yönden destek olan TÜBİTAK TOVAG'a (Proje No: 108 O 541) sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca hayatımın her aşamasında sabır ve sevgileri ile beni destekleyen, her zaman yanımda olan canım aileme ve biricik dostlarıma gösterdikleri özveri ve desteklerinden dolayı içtenlikle teşekkür ederim.

Şubat 2011 **Gonca SUSYAL**

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ……....ii
İÇİNDEKİLER……..iii
ÇİZELGE LİSTESİ…….vi
ŞEKİL LİSTESİ……....vii
KISALTMALAR……...ix
ÖZET……..…….x
ABSTRACT……...xi
1. GİRİŞ……...1
2. LİTERATÜR ÖZETİ…… 3
2.1 Yumurtanın Yapısı 3
2.1.1 Yumurtanın kimyasal kompozisyonu..... 6
2.2 Yumurtanın Muhafaza Yöntemleri..... 8
2.2.1 Soğukta Muhafaza..... 8
2.2.2 Koruyucu Madde İle Muhafaza..... 9
2.2.3 Dondurarak Muhafaza..... 10
2.2.4 Yüksek Isıyla Muhafaza..... 11
2.2.5 Kurutma Yöntemi İle Muhafaza 12
2.3 Yumurta Tozu..... 16
2.4 Mikroenkapsülasyon..... 21
2.4.1 Kaplama Materyalleri ve Özellikleri..... 23
2.4.1.1 Karbonhidratlar……...26
2.4.1.2 Proteinler…….28
2.4.2 Mikroenkapsülasyon Teknikleri (Püskürtmeli kurutma yöntemi) 30
2.5 Yumurtanın Fonksiyonel Özellikleri..... 33
2.5.1 Koagülasyon..... 34
2.5.2 Köpürme..... 35
2.5.3 Emülsiye etme..... 36
2.5.4 Renk ve tat..... 36

2.6 Yumurtadaki Lipidler 37
2.6.1 Yumurtadaki yağ asitleri 40
2.6.2 Lipid Oksidasyon Mekanizması 43
2.6.2.1 Oksidasyonu hızlandıran etkenler……..……45
2.6.2.2 Oksidasyonu önleyici tedbirler……...47
2.6.2.3 Oksidasyon ürünlerinin sağlık üzerine etkileri……... 48
3. MATERYAL ve YÖNTEM……. 50
3.1 Materyal 50
3.2 Yöntem 50
3.2.1 Püskürtmeli kurutucu 50
3.2.2 Püskürtmeli kurutma yöntemi 51
3.2.3 Mikroenkapsülasyon işlemleri 52
3.2.4 Depolama yöntemi 53
3.2.5 Analiz yöntemleri 55
3.2.5.1 Yumurta tozunda renk tayini……..……....55
3.2.5.2 Jelde renk tayini……..55
3.2.5.3 Jelde tekstürü tayini…….55
3.2.5.4 Köpük stabilitesi tayini……... 56
3.2.5.5 Su tutma kapasitesi tayini……... 56
3.2.5.6 Çözünür protein tayini……..... 56
3.2.5.7 Peroksit sayısı tayini……..... 57
3.2.5.8 Yağ asitleri tayini…….....57
3.2.5.9 İstatistiksel analiz…….....58
4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA……...59
4.1 Yumurta tozunda renk tayini 59
4.2 Jelde renk tayini 60
4.3 Jelde tekstürü tayini 61
4.4 Köpük stabilitesi tayini 62
4.5 Su tutma kapasitesi tayini 64
4.6 Çözünür protein tayini 65
4.7 Peroksit sayısı tayini 66
4.8 Yağ asidi tayini 67

4.8.1 Omega yağ asitlerinde meydana gelen değişimler……71
4.8.2 Yumurta tozu üretimi sırasında yağ asitlerinde meydana gelen değişimler……74
5. SONUÇ…… 76
KAYNAK DİZİNİ……78
EKLER……..89
ÖZGEÇMİŞ…….128

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: Yumurtada bulunan yapılar ve özellikleri……5

Çizelge 2.2: Bazı gıdaların yumurta baz alınarak esansiyel besin maddeleri bakımından değerlendirilmesi…….....6

Çizelge 2.3: Yumurtanın kimyasal bileşimi…….....7

Çizelge 2.4: Yumurta Ürünlerinde Minimum Pastörizasyon Sıcaklıkları……...11

Çizelge 2.5: Yumurta tozu, taze yumurta ve pastörize sıvı yumurta mukayesesi……...19

Çizelge 2.6: Kaplama ve kaplanacak materyaller örnekleri, özellikleri, kaplanma amaçları, farklı mikroenkapsülasyon teknikleri ile gıda bileşenlerinin mikroenkapsülasyonunun şematik gösterimi……..24

Çizelge 2.7: Fonksiyonel gıda katkı maddelerinin mikroenkapsülasyonu için kaplama materyalleri……...30

Çizelge 2.8: Yumurta ürünlerinin eklendikleri gıda ürünlerine sağladığı fonksiyonel özellikler……..34

Çizelge 2.9: Yumurta sarısında bulunan lipidler ve oranları……...38

Çizelge 2.10: Omega 3 ve 6 yağ asitlerinin bulunduran bazı gıda kaynakları……42

Çizelge 3.1: Yapılan optimizasyon işlemi sonrasında belirlenen en uygun işlem parametreleri……...52

Çizelge 3.2: Kaplanmış ve kaplanmamış yumurta tozlarının kompozisyonu…….53

Çizelge 4.1: Yumurta tozunda 0. ve 6. aydaki doymuş, tekli doymamış ve çoklu doymamış yağ asitleri miktarları ve birbirlerine oranları……...73

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Yumurtanın kabuktan iç kısma doğru yapısal bileşimi…….4

Şekil 2.2: Püskürtmeli kurutucularda işlem basamakları…….14

Şekil 2.3: Bütün yumurta tozu (A), yumurta beyazı tozu (B) ve yumurta sarısı tozu (C) örnekleri……18

Şekil 2.4: İki tipik mikrokapsülün şematik diyagramı…….22

Şekil 2.5: Püskürtmeli kurutma sırasında mikrokapsül oluşumu…….22

Şekil 2.6: Püskürtmeli kurutma tekniği ile mikroenkapsülasyon işleminin şematik gösterimi……32

Şekil 2.7: Lesitinin genel yapısı……...39

Şekil 2.8: Lipid oksidasyon mekanizması……44

Şekil 3.1: Kurutma işleminde kullanılan Niro-Atomizör pilot ölçekli püskürtmeli kurutucu……..51

Şekil 3.2: Yumurta tozlarının üretimi için deneme planı…….54

Şekil 3.3 Yağ asitleri standart kromatogramı……...58

Şekil 4.1: Kaplanmış ve kaplanmamış yumurta tozlarında depolama süresince 90.dk köpük stabilitesi değerlerindeki değişim……...59

Şekil 4.2. Kaplanmış ve kaplanmamış yumurta tozlarından elde edilen jellerin depolama süresince renk değerlerindeki değişim……60

Şekil 4.3 Kaplanmış ve kaplanmamış yumurta tozlarından elde edilen jellerin depolama süresince tekstür değerlerindeki değişim…….62

Şekil 4.4. Kaplanmış ve kaplanmamış yumurta tozlarında depolama süresince 90.dk köpük stabilitesi değerlerindeki değişim……63

Şekil 4.5. Kaplanmış ve kaplanmamış yumurta tozlarından elde edilen jellerin depolama süresince % STK değerlerindeki değişim……64

Şekil 4.6. Kaplanmış ve kaplanmamış yumurta tozlarından elde edilen jellerin depolama süresince çözünür protein değerlerindeki değişim……...65

Şekil 4.7. Kaplanmış ve kaplanmamış yumurta tozlarında depolama süresince peroksit sayısındaki değişim…….66

Şekil 4.8 Yalın yumurta tozunun yağ asitleri kromatogramı ……68

Şekil 4.9 Kaplanmış ve kaplanmamış yumurta tozlarının 0. an ve 6. ay toplam doymuş yağ asitleri miktarları……..69

Şekil 4.10 Kaplanmış ve kaplanmamış yumurta tozlarının 0. an ve 6. ay toplam tekli doymamış yağ asitleri miktarları…….70

Şekil 4.11 Kaplanmış ve kaplanmamış yumurta tozlarının 0. an ve 6. ay toplam çoklu doymamış yağ asitleri miktarları……..71

Şekil 4.12 Kaplanmış ve kaplanmamış yumurta tozlarının 0. an ve 6. ay toplam n-3 yağ asitleri miktarları……72

Şekil 4.13 Kaplanmış ve kaplanmamış yumurta tozlarının 0. an ve 6. ay toplam n-6 yağ asitleri miktarları……72

Şekil 4.14 Kaplanmış ve kaplanmamış yumurta tozları ile kendi gruplarındaki sıvı pastörize yumurtaların 0. an doymuş (SFA), tekli doymamış (MUFA) ve çoklu doymamış (PUFA) yağ asidi değerleri…….75

KISALTMALAR

COP **:** Kolesterol oksidasyon ürünleri

SFA **:** Doymuş yağ asitleri

MUFA **:** Tekli doymamış yağ asitleri

PUFA **:** Çoklu doymamış yağ asitleri

ω-3 **:** Omega-3 yağ asidi

ω-6 **:** Omega-6 yağ asidi

UV **:** Ultra viole

LDL **:** Düşük yoğunluklu lipoprotein

DE **:** Dekstroz eşdeğeri

VLDL **:** Çok düşük yoğunluklu lipid

YY **:** Yalın yumurta tozu

HY **:** Homojenize edilmiş yumurta tozu

JY **:** Jelatin kaplı yumurta tozu

JLY **:** Jelatin ve laktoz kaplı yumurta tozu

PJY **:** Pullulan ve jelatin kaplı yumurta tozu

LY **:** Laktoz kaplı yumurta tozu

PY **:** Pullulan kaplı yumurta tozu

ÖZET

MİKROENKAPSÜLE EDİLMİŞ YUMURTA TOZUNUN DEPOLANMASI SIRASINDA YAĞ ASİTLERİ KOMPOZİSYONUNDA MEYDANA GELEN DEĞİŞMELER

Gonca SUSYAL, Şubat 2011, 127 Sayfa

Yumurta tozu, kabuklu veya sıvı yumurtaya göre mikrobiyolojik güvenlik ve daha az yer tutma özelliği dolayısıyla gıda endüstrisinde geniş kullanım alanına sahiptir. Buna rağmen kurutma işlemi, sulandırma sonrasında ortaya çıkan ve yumurtanın fonksiyonel, fiziksel ve kimyasal bileşiminde birçok değişime neden olan sonuçlara yol açmaktadır. Bu nedenle yapılan çalışma ile yumurta tozlarının uygun kaplama materyali ve püskürtmeli kurutma yöntemiyle yapılan mikroenkapsülasyon işlemi sonrasında oksidasyonunun ve fonksiyonel özelliklerindeki kayıpların önüne geçilmeye çalışılmıştır.

20^0C sıcaklık ve % 50 bağıl nemde yapılan 6 aylık depolama süresince yumurta tozlarının fonksiyonel özellikleri (jelleşme özelliği, su tutma kapasitesi (STK), köpürme, renk), çözünür protein değeri, peroksit değeri ve yağ asitleri kompozisyonu belirlenmiştir. Mikroenkapsülasyon işleminde karbonhidrat ve protein bazlı olarak jelatin, laktoz, pullulan (toplam kuru maddede %10) ve bunların belli oranlarda karışımları kaplama materyali olarak kullanılmıştır.

Sonuçlar depolama zamanının ve kaplama materyalinin yumurta tozunun fonksiyonel ve kimyasal özellikleri üzerinde etkili olduğunu ortaya çıkarmıştır. Laktoz kaplı yumurta tozu örnekleri depolama süresince köpük stabilitesi açısından en düşük değerleri gösterirken, renk değişimi ve oksidasyon stabilitesi açısından en yüksek verilere sahip olmuştur. Kaplama materyali olarak pullulan ilavesi hacimli ve kalıcı köpük oluşumuna neden olurken jel özellikleri (jel tekstürü ve STK) açısından diğer yumurta tozlarıyla karşılaştırıldığında daha düşük değerler tespit edilmiştir.

Jelatin kaplama materyalinin de en yüksek ve stabil köpük özellikleri göstermesinin yanı sıra STK ve tekstür değerlerinde de diğer kaplanmış yumurta tozlarına kıyasla yüksek değerler ortaya koyduğu belirlenmiştir. Ayrıca özellikle karbonhidrat bazlı kaplama materyalleri (laktoz ve pullulan) ile üretilen mikroenkapsüle yumurta tozlarının kaplanmamış yumurta tozlarına oranla (YY ve HY) püskürtmeli kurutma işlemi sırasında uygulanan yüksek sıcaklık ve basınca karşın çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) kaybını en aza indirdiği ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Mikroenkapsülasyon, yumurta tozu, püskürtmeli kurutma yöntemi, fonksiyonel özellikler, yağ asitleri

ABSTRACT

THE CHANGES IN FATTY ACID COMPOSITIONS OF MICROENCAPSULATED EGG POWDER DURING STORAGE

Gonca SUSYAL, February 2011, 127 Pages

Egg powders are widely used in food industry because of their microbiological safety and their reduced volume with respect to shelled or liquid eggs. However, drying process itself leads to many changes in egg components, resulting in different functional, physical and chemical properties of eggs after reconstitution. For this reason this study was aimed to be protected against oxidation and degradation of functional properties of egg powder by microencapsulation techniques with suitable wall materials by spray drying method.

Functional properties (gelling ability, water holding capacity of gel (WHC), foaming, colour), soluble protein content, peroxide value and fatty acid composition of microencapsulated egg powder by spray drying, were investigated during six months of storage at 20 °C and 50 % RH. For the microencapsulation process, gelatine, lactose, pullulan and their mixtures at equal amounts were used as protein and carbohydrate based wall materials, at a ratio of 10 % (w/w) of the total dry matter.

The storage and type of the wall material affected the functional and chemical properties of egg powder. Egg powder encapsulated with lactose showed a reduced value of foaming stability values, on the other hand it was the most stable with respect to colour change and prevention of oxidation, during storage. Adding pullulan as wall material gave rise to high expansion and permanent foam, however gelling properties (gel firmness and WHC) showed the lowest values.

Gelatine as wall material also gave rise to increase in foaming properties and provided high WHC and texture values. In addition to this, microencapsulated egg powder especially produced with carbonhydrate based coating material (lactose and pullulan), show more protective effect on polyunsaturated fatty acids (PUFA) against the high temperature and pressure while spray-drying process, compare with bare egg powders (YY and HY).

Keywords: Microencapsulation, egg powder, spray drying, functional properties, fatty acids

1. GİRİŞ

Yumurta yüksek besin içeriği nedeniyle her yaştaki insanın diyetinde yer alması gereken önemli bir protein kaynağıdır. Doymamış yağ asitlerinden özellikle oleik asidi, minerallerden Fe ve P, vitaminlerden ise A, D, E, K ve B grubu vitaminlerini önemli miktarlarda içermektedir (Cook ve Briggs, 1973; Stadelman ve diğ., 1988; Stadelman ve Cotterill, 1995; Hunton, 1993; Açıkgöz ve Önenç, 2006). Ayrıca besin içeriği ve ülke ekonomisi açısından önemli bir besin maddesi olan yumurta, tüketici tarafından kolay temin edilebilmekte ve çeşitli alternatiflerle kolaylıkla hazırlanıp tüketilebilmektedir (Avan ve Alişarlı, 2002).

Yumurta gerek bütün halde veya sarısı ve akı olarak; unlu mamuller, bebek mamaları, dondurma, salata sosları ve mayonez gibi birçok gıda ürününün üretiminde kullanılmaktadır. Üretim sırasında yüzlerce yumurtanın kırılması için harcanan zaman, bu yumurtaların kabuklarının oluşturduğu atıklar ve kabuklu yumurtanın depolanması için ayrılması zorunlu geniş alan gereksinimi, işletme açısından önemli problemler oluşturmaktadır. Ayrıca yumurtanın endüstriyel olarak işlenmesi, standart dışı küçük, kabukları lekeli yumurtaların da kullanılabilmesini sağlamaktadır. Birçok ülkede taze yumurta, gerek gıda sanayinde gerekse evlerde kullanılmak üzere pastörizasyon, kurutma ve dondurma teknikleriyle işlenerek tüketiciye ulaşmaktadır (Serdaroğlu ve Deniz, 2002; Kioseoglou, 2003). Pastörize sıvı yumurta ve dondurulmuş yumurta ürünlerinin raf ömrünün kısa, paketleme ve depolama işlemlerinin zahmetli olmasından dolayı kurutma işlemi ile elde edilen yumurta tozu birçok avantajı ile endüstriyel yumurta üreticilerinin dikkatini çekmektedir (Plancken ve diğ., 2007).

Toz yumurta ürünleri birçok ülkede üretilerek işletmelerde kullanılmakta ve pazarlanmaktadır. Fakat tüketiciye depolama ve işleme aşamalarında kolaylık sağlaması, raf ömrünün taze yumurtaya göre oldukça uzun olması, işletmelere zaman ve yer

kazancı sağlamasının yanı sıra maliyetinin de düşük olmasına rağmen yumurta tozunun ülkemizde kullanımı son derece sınırlıdır. Bunun nedeni, kurutma işleminin proteinlerin denatürasyonuna sebep olması ve böylece yumurtanın bazı fonksiyonel özellikleri (köpürme, jel oluşturma vb.) üzerine olumsuz etki göstermesi ve özellikle yumurta sarısında fazlaca bulunan yağın oksidasyona uğraması olarak gösterilebilir. Bahsedilen bu olumsuzlukların en aza indirilmesi amacıyla uygulanan en etkili yöntemlerden biri mikroenkapsülasyon yöntemidir.

Mikroenkapsülasyon, aktif bir maddenin (çekirdek materyal) çevresinin bir veya daha fazla kaplama maddesi (duvar materyali) ile sarılıp mikrometre ile milimetre aralığında büyüklüğe sahip kapsüllerin elde edilmesinde kullanılan bir teknolojidir. Bu amaçla karbonhidratlar (laktoz, pullulan vb.), proteinler (jelatin, kazein), zamklar (zamk arabik vb.) ve selülozlar (karboksimetil selüloz) kaplama materyali olarak kullanılabilmektedir. Mikroenkapsülasyon yönteminin birçok tekniği olup bunlar arasından uygulaması en kolay ve maliyeti en düşük olanı püskürtmeli kurutma yöntemidir (Guardiola ve diğ., 1995a; Franke ve Kießling, 2002; Hammershoj ve diğ., 2004; Obara ve diğ., 2006; Caboni ve diğ., 2005; Lechavalier ve diğ., 2007). Yumurta tozunda püskürtmeli kurutma işleminin yumurtanın fonksiyonel özellikleri (Franke ve Kießling, 2002; Lechavalier ve diğ., 2007) ve yağ asitleri üzerine (Guardiola ve diğ., 1995a; Mazalli ve Bragagnola, 2007) etkisi bazı çalışmalarda incelenmiştir. Fakat mikroenkapsüle edilmiş yumurta tozundaki değişimlerin incelendiği bir çalışmaya rastlanmamıştır.

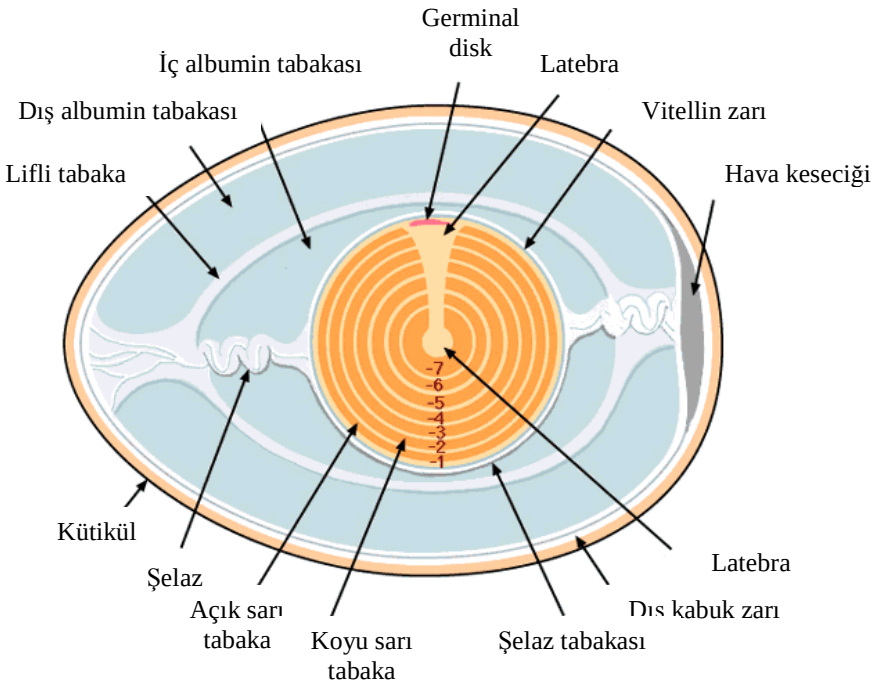
Bu tez çalışması TÜBİTAK tarafından desteklenen projenin (TOVAG 108 O 541) bir parçası olarak yürütülmüştür. Projenin birinci aşamasında püskürtmeli kurutucuda yumurta tozu üretiminin optimizasyon çalışması yapılmıştır (Koç, 2009). Bu tezi de oluşturan ikinci kısmında ise optimum koşullarda mikroenkapsülasyon işlemi uygulanarak, çeşitli kaplama materyalleri (laktoz, pullulan, jelatin) yardımıyla yumurta tozları üretilmiş ve alüminyum kaplı polietilen (ALPE) ambalajlarda 6 ay boyunca (20^0C; %50 RH) depolanmıştır. Depolama boyunca her ay yumurta tozlarında; renk tayini, köpük stabilitesi, peroksit sayısı, jel tekstürü, jel rengi, jelin su tutma kapasitesi, çözünür protein ve yağ asitleri tayini yapılmış, böylelikle depolama süresince yumurta tozlarındaki çeşitli fiziksel ve kimyasal değişimler gözlenmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Yumurtanın Yapısı

Yumurta demir, fosfor ve vitaminler açısından zengin, aynı zamanda akı ve sarısında bulunan biyolojik değeri yüksek protein içeriği nedeniyle süt ve etle karşılaştırılabilecek bir gıda maddesidir. Pişmiş bir yumurtadaki kullanılabilir net protein miktarı %94'e kadar çıkmaktadır (Linden ve Lorient, 1999). Yumurta sarısı, doymamış yağ asitleri açısından, özellikle beslenmede önemli bir yeri olan linoleik asit açısından oldukça zengindir (Zeidler, 2002). Ayrıca, kişinin günlük vitamin ihtiyacının büyük bir kısmını karşılamaktadır. Örneğin bir yumurtanın A ve D vitaminlerinin yaklaşık %10-15'ini, B_1 vitamininin %5-10'unu, B_2 ve B_5 vitaminlerinin %20'sini ve B_8 (biotin) vitaminine olan ihtiyacın tamamını karşılayabildiği belirtilmektedir (Linden ve Lorient, 1999).

Yumurta üç ana kısımdan oluşmaktadır. Bunlar kabuk altı zarı ile birlikte yumurta kabuğu, yumurta beyazı ve yumurta sarısıdır. Yumurta dıştan içe doğru incelendiğinde en dışta Ca ve Mg tuzlarından oluşmuş, gözenekli bir yapıya sahip kabuk bulunmaktadır (Frazier ve Westhoff, 1998). Yumurta kabuğu 20-30 mikron kalınlığında su geçirmeyen bir tabaka ile kaplıdır. Kabuktaki gözenek sayısı yaklaşık 7500 olup koşullara bağlı olarak gözenek büyüklüğü artmakta ve yüzeydeki mikroorganizmaların yumurtanın içine girmesi engellenememektedir (Forsythe ve Hayes, 1998; Zeidler, 2002). Normal koşullarda yumurtanın mikroorganizmalar ile bulaşması kabuğun kırılması sırasında veya kabuk yüzeyindeki çatlaklardan organizmaların nüfuz etmesi ile olmaktadır. Fakat ortamdaki nem arttıkça gözenek büyüklüğü de artmakta böylelikle mikroorganizmaların gözeneklerden geçişi kolaylaşmaktadır (Frazier ve Westhoff, 1998). Bununla birlikte kabuğun altında bakterilerin yumurtanın içine girmesini belirli süre geciktiren iki tabaka daha bulunmaktadır. Ancak bu tabakalar da küflerin geçişini engelleyememektedir (Stadelman ve Cotterill, 1995).



Şekil 2.1. Yumurtanın kabuktan iç kısma doğru yapısal bileşimi

Şekil 2.1'de görüldüğü gibi yumurta kabuğunun altında dış ve iç zar bulunmaktadır. Dış zar, yapı ve içerik bakımından mikrobiyal bariyer olarak önemli role sahip değildir. Ancak iç zar, protein lifleri sayesinde gözenekleri kapatmakta ve içerdiği lizozom sayesinde bakterilerin gelişmesini önlemektedir.

Yumurta akında (albumin), mikrobiyal gelişimi önleyen anti-mikrobiyal maddeler bulunmaktadır. Örneğin ovotransferrin (konalbumin), gram pozitif ve gram negatif bakterilere karşı en etkili antimikrobiyal maddelerden birisidir. Ancak bu antimikrobiyal maddelerin etkinliğinde en önemli faktörün mikroorganizma yükü olduğu unutulmamalıdır. Yumurta sarısı besin maddeleri içeriği bakımından zengin olmasına rağmen antimikrobiyal ajan içermediği için mikroorganizmalar burada kolaylıkla gelişebilmektedir (Forsythe ve Hayes, 1998; Heperkan ve Gökler, 2006). Çizelge 2-1'de yumurtada kabuktan iç kısma doğru yapılar ve özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2-1. Yumurtada bulunan yapılar ve özellikleri (Stedelman ve Cotterill, 1995; Heperkan ve Gökler, 2006)

	Bileşimi ve Özellikleri	**Koruyucu Özelliği**
Kütikül (Yumurtanın dış katmanı)	20-30 µm kalınlığında, %90 protein, % 4 karbonhidrat, % 3 yağ, % 3 kül'den oluşur.Globular mukoproteinlerden yapılmıştır.	Kabuktaki gözenekleri kapatarak geçirgenliği azaltmakta, bakterilerin yumurta içine nüfuz etmesini önlemektedir. Kütikül tabakası yıkama veya başka bir yöntemle uzaklaştırılırsa koruyucu özelliğini kaybetmektedir.
Yumurta kabuğu	Ca ve Mg tuzlarından oluşmuştur. Üzerinde yaklaşık 7500 adet gözenek vardır.	Kabukta bulunan gözenekler embriyonun gelişmesi için gerekli olan gazların geçişine izin vermektedir. Kabuk yumurtayı dış etkenlerden korur. Kabuğun çatlaması, kırılması veya gözeneklerden mikroorganizma geçişiyle bulaşmalar gerçekleşir.
Kabuk içindeki dış zar	İç zardan daha kalın ve gözeneklidir.	İç zar gibi koruyucu değildir.
Kabuk içindeki iç zar	Protein ve lizozom içermektedir.	Protein lifleri sayesinde gözenekleri kapatır ve içerdiği lizozom bakteriyel enfeksiyonları önler.
Yumurta akı (Albumin)	Protein, su, serbest glukoz ve antimikrobiyaller içermektedir. (ovotransferrin)	Ovotransferrin demiri bağlayarak bakteriyel gelişimi önlemekte ve zamanla albümindeki pH artarak bakteriyel gelişimi daha da sınırlandırmaktadır.
Yumurta sarısı	Proteinler (vitellin, vitellenin) ve lipitlerden (fosfolipitler ve trigliseridlerden) oluşur.	Besin içeriği yüksektir. Ancak antimikrobiyal maddeler içermediği için bakteriyel gelişime açıktır. *Salmonella Entritidis* gelişimi için en önemli faktör sıcaklıktır.

2.1.2 Yumurtanın kimyasal kompozisyonu

Bütün yumurtanın, % 8-11'ini kabuk, % 56-61'ini yumurta akı, % 27-32'sini ise yumurta sarısı oluşturmaktadır. Kabukları ayrılmış yumurtanın ise, % 64'ü yumurta akı, % 36'sı sarıdır. Yumurta akının en büyük bileşeni sudur. Toplam kuru madde içeriği tavuk ırkına ve yaşına bağlı olarak değişmekle birlikte, % 11-13 arasındadır. Protein, sudan sonra yumurta akındaki en büyük bileşendir. Yumurta proteininin esansiyel aminoasitlerce zengin olmasından dolayı biyolojik değeri 100 kabul edilmektedir ve gıda bilimi uzmanları tarafından diğer gıdaların protein kalitesini ölçmede standart olarak kullanılmaktadır. Nitekim Scholtssek (1987), yumurtanın esansiyel aminoasitlerini ve yağ asitlerini 100 kabul ettiği bir karşılaştırmada diğer gıda maddelerinin ilgili değerleri Çizelge 2-2'deki gibi sıralamıştır (Çelebi ve Karaca, 2006).

Çizelge 2-2. Bazı gıdaların yumurta baz alınarak esansiyel besin maddeleri bakımından değerlendirilmesi (Çelebi ve Karaca, 2006)

Gıdalar	**Esansiyel Aminoasitler**	**Gıdalar**	**Esansiyel Yağ asitleri**
Yumurta	100	Yumurta	100
Süt	92	Süt	5
Et	85	Dana eti	10
Balık	81	Sığır eti	15
Mısır	72	Domuz eti	65
Soya	72	Koyun eti	55
Pirinç	71	Tavuk eti	60
Buğday	59	Peynir	40

Yumurta akında bulunan protein miktarı, tavuğun yaşına göre değişim göstermektedir. Yumurta ağırlığının artışına bağlı olarak, her 1g'lık yumurta akı artışı sonucunda proteinde 0,09 g artış olmaktadır. Yumurta akındaki karbonhidrat içeriği, serbest formda karbonhidratlar ve proteinlere bağlı karbonhidratlar olmak üzere iki farklı formdadır. Serbest karbonhidratların başında glukoz yer almaktadır (Nolan ve diğ., 2005).

Yumurta sarısının toplam kuru madde içeriği % 50'dir. Yumurtaların depolanması sırasında yumurta sarısına, akından su taşınır ve yumurta sarısının kuru madde miktarı azalır. Yapılan bir araştırmada 24ºC'da 16 gün depolanan yumurta sarılarında kuru madde içeriğinin % 53,5'dan % 49'a düştüğü saptanmıştır. Yumurta sarısındaki lipit kompozisyonunda % 65,5 trigliseridler, % 28,3 fosfolipitler ve % 5,2 kolesterol bulunmaktadır (Mountney, 1976). Yumurtanın yaklaşık olarak kimyasal bileşimi Çizelge 2-3'de verilmiştir.

Çizelge 2-3. Yumurtanın kimyasal bileşimi (Stadelman ve Cotterill, 1995)

	Bütün Yumurta	**Yumurta Akı**	**Yumurta Sarısı**
Yaklaşık Bileşim			
Ağırlık, g	50,00	33,00	17,00
Su, g	37,28	29,06	8,29
Enerji, cal	79,00	16,00	63,00
Protein, g	6,07	3,35	2,79
Toplam yağ, g	5,58	İz	5,60
Karbonhidrat, g	0,60	0,41	0,04
Kül, g	0,47	0,18	0,29
Mineraller			
Kalsiyum(Ca), mg	28,00	4,00	26,00
Demir(Fe), mg	1,04	0,01	0,95
Magnezyum(Mg), mg	6,00	3,00	3,00
Fosfor(P), mg	90,00	4,00	86,00
Potasyum(K), mg	65,00	45,00	15,00
Sodyum(Na), mg	69,00	50,00	8,00
Vitaminler			
Vitamin A, IU	590	0	590
Vitamin B_6, mg	0,06	0,001	0,053
Pantotenik asit, mg	0,864	0,080	0,753
Niasin, mg	0,031	0,029	0,012
Riboflavin, mg	0,15	0,094	0,074
Tiamin, mg	0,04	0,002	0,04
Vitamin B_{12}	0,773	0,021	0,647

Yumurta, çoğunlukla proteinlere bağlı olarak, farklı formlarda yaklaşık 6 g yağ içermektedir ve bunun neredeyse tamamı yumurta sarısında toplanmaktadır. Yumurtanın içerdiği yağ asitlerinin çoğunu (% 53-56) doymamış yağ asitleri oluşturmaktadır (Kahraman ve diğ.,2003). Özellikle oleik ($C_{18:1}$) ve linoleik ($C_{18:2}$ n-6) yağ asitleri içeriği son derece yüksektir. Doymuş yağ asitleri içerisinde ise palmitik asit en çok bulunan yağ asitleri arasındadır.

Yumurta çok düşük düzeyde karbonhidrat içermesine karşın vitamin ve minerallerce oldukça zengindir. Yumurta akı ve sarısı ise kimyasal yapı bakımından farklılık göstermektedir. Yumurta sarısı, vitaminlerden; A vitamini, pantotenik asit ve B_{12}, minerallerden; Ca, Fe ve P; yumurta akı ise vitaminlerden; niasin ve riboflavin, minerallerden; Mg, K ve Na açısından zengindir (Mountney, 1976).

2.2 Yumurta Muhafaza Yöntemleri

Yumurta doğal ambalajı olan nadir besinlerden biridir; bununla beraber oluşumu ve tüketimi arasındaki süreç içinde elverişli şartlarda muhafaza edilmediği takdirde kalitesinde zamanla, biyolojik, kimyasal ve fiziksel değişiklikler meydana gelmektedir. Bunun yanı sıra yumurtada bulunan koruyucu biyolojik yapıya karşın yumurta ve ürünleri patojen mikroorganizmalar, aflatoksin, okratoksin A ve siklopiazonik asit içerebilmektedir. Bu nedenle hem sağlık açısından olumsuzlukları ortadan kaldırmak hem de yumurtaların dayanma süresini uzatmaya yönelik muhafaza metotları önem kazanmaktadır (Stadelman ve diğ., 1988; Heperkan ve Gökler, 2006). Yumurtaların uzun süre dayanmasını sağlamak için geliştirilen yöntemlerin başlıcaları aşağıda sıralanmaktadır.

2.2.1 Soğukta muhafaza

Ülkemizde yumurta, yumurta muhafaza teknolojilerinin istenilen noktaya gelememesi ve tüketicinin işlenmiş yumurtaya karşı olumsuz bakışı nedeniyle daha çok taze olarak tüketilmektedir. Fakat taze olarak tüketilen kabuklu yumurtada, farklı sıcaklık

koşullarına bağlı fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kalitedeki değişikliğin tespiti, hem yumurtanın muhafazası esnasındaki ekonomik kaybının önlenmesi hem de tüketici sağlığının korunması açısından oldukça önemlidir (Avan ve Alişarlı, 2002). Bu doğrultuda soğukta muhafaza, kabuklu yumurtaların kalite kaybını önlemek amacıyla yapılan en yaygın ve en eski muhafaza metotlarından biridir. Bu yöntem ile yumurtada oluşan biyokimyasal ve mikrobiyolojik olaylar geciktirilerek dayanma süresi uzatılmaktadır (Stadelman ve Cotterill, 1995). Soğutma işlemi hızlı soğutma, basınç altında soğutma veya kriyojenik soğutma yöntemleri kullanılarak yapılabilmektedir.

Soğuk muhafazada dikkat edilmesi gereken nokta, soğuk depolardaki sıcaklık, nem ve hava sirkülasyonunu kontrol altında tutmaktır. Aksi takdirde su kaybına bağlı olarak yumurtalarda ağırlık kaybı veya yumurta yüzeyinde mikrobiyal üreme sonucu hızlı bozulma görülebilmektedir. Uygun şartlarda soğuk depolarda yumurtalar 6-7 aya kadar muhafaza edilebilmektedir (Chen ve diğ., 2002). Ayrıca, soğuk depo ortamına CO_2 veya ozon ilave edilerek, bu gazların bakterisit ve fungisit özelliklerinden faydalanılabilmektedir. Yumurtaların soğuk depodan çıkarıldıktan sonra çevre sıcaklığında bekletilmeleri halinde kabuk üzerinde biriken yoğuşmuş su, mikroorganizmaların hızlı bir şekilde üremesine neden olmaktadır. Bu nedenle soğuk zincirin, tüketiciye yumurtalar ulaşana kadar sağlanması gerekmektedir (Ernst, 2004; Chen ve diğ., 2002).

2.2.2 Koruyucu madde ile muhafaza

Koruyucu maddeler yumurtaların kabukları üzerine, bulundukları atmosfere ya da ambalaj ve taşıma kaplarına uygulanmaktadır. Bu maddelerin kullanım amaçları yumurta kabuğunu kuru tutmak, yumurta içerisine oksijen girişini ve yumurtadan karbondioksit ile nem çıkışını azaltmaktır. Parafinle kaplama, kabuğun yağlanması, yumurtaları kuru tutmak için tuz, kepek, kireç, kül kullanımı yapılan uygulamalardan birkaçını oluşturmaktadır. Yumurtaların sodyum silikat solüsyonuna veya sönmemiş kireç solüsyonuna daldırılması da uygulanan metotlar arasındadır. Bu solüsyonlar alkali özelliklerinden dolayı inhibe edici etki göstermektedirler (Ernst, 2004; Stadelman ve Cotterill, 1995).

Yumurtaların yağlanarak saklanması ilk defa 19. yüzyılda Hollandalı çiftçilerin yumurtaları keten tohumu yağında saklamaları ile başlamıştır. Günümüzde ise yumurta yüzeylerine kurutulduktan hemen sonra tatsız ve renksiz olan bitkisel yağlar, ince bir film tabakası halinde yumurtalara püskürtülmektedir. Böylece kabuktaki gözenekler kapanarak, yumurta içine mikroorganizma geçişi engellenmektedir. Ayrıca, yumurta nem ve CO_2'yi daha çok tutabilmekte ve böylelikle muhafaza sırasında oluşabilecek pH artışına karşı korunmuş olmaktadır (Zeidler, 2002).

Salmonella ve kabuktaki diğer bulaşanların uzaklaştırılması için yumurtaların çeşitli kimyasallarla yıkanması söz konusudur. Uygun yıkama tekniği ve kimyasal madde kullanımı ile kabuktaki bulaşanların %80'i uzaklaştırılabilmektedir. Yumurtanın yıkanması sırasında kullanılan en yaygın bileşikler; sodyum karbonat, hidroksil tuzları ve pH 9 ile 12 arasında kullanılan klorlu bileşiklerdir. Yıkama çözeltisinin pH'sı ne kadar yüksekse mikroorganizmalar üzerine etkisi de aynı derecede artmaktadır. Ayrıca yumurtaların dezenfeksiyonunda UV lambalarının tek başına veya yıkama ile uygun şekilde beraber kullanılması veya depolanmadan önce etilen oksit ile fumigasyonunun bakteriyel bozulmalara karşı etkili olduğu belirtilmiştir (Stadelman ve Cotterill, 1995; Ernst, 2004; Heperkan ve Gökler, 2006).

2.2.3 Dondurarak muhafaza

Muhafaza amacı ile dondurulan yumurtalar genellikle standart dışı küçük, ince kabuklu ve kirli yumurtalardır. Bu yöntemde yumurtalar önce ışık altında muayene edildikten sonra yıkanmakta ve bunu takiben otomatik kırma makinelerinde kırılmaktadır. Yumurta içeriği kaba kirliliklerden (kabuk parçaları, şalaza vb.) arındırılmak için filtre edildikten sonra karıştırılmakta ve standardize edildikten sonra hızlı dondurma yöntemi ile dondurulmaktadır (Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003).

Yumurta sarısının donma noktası -0.85^0C'dır. Pastörize edilen yumurtalar soğutulduktan sonra -23^0C ile -40^0C arasında hızla dondurulmakta ve -18ºC ile -23ºC'lik odalarda depolanmaktadır. Yumurta akında ve sarısında donma sırasında oluşan buz miktarı, başlangıç toplam nem yüzdesinden ve donma sıcaklığından etkilenmektedir. Ayrıca yumurta akında bulunan düşük tuz ve şeker konsantrasyonu (% 0.6 kül, % 0.9

karbonhidrat), yüksek donma derecelerinde daha fazla buz oluşmasının nedeni olarak gösterilmektedir. Yumurta sarısında ise suyun önemli bir kısmı sarıda bulunan bileşiklere kuvvetli şekilde bağlı olduğundan buz miktarı aynı donma sıcaklıklarında daha düşük olmaktadır (Stadelman ve Cotterill, 1995; Serdaroğlu ve Deniz, 2002).

Donma ve çözünmeyle yumurta sarısında jelleşme olarak adlandırılan geri dönüşümsüz ve istenmeyen değişiklikler olmaktadır. Jelleşme, yumurtanın fonksiyonel özelliklerini azaltmakta ve işlenmesini engellemektedir. Jelleşme oranı, yumurta karışımına eklenen tuz ve şeker gibi katkılar, çözünme sıcaklığı, depolama süresi-sıcaklığı ve donma hızı gibi faktörlerden etkilenmektedir. Yumurta sarısında jelleşme, düşük yoğunluklu lipoproteinlerin (LDL) denatürasyonu sonucu oluşmaktadır. Donma ve çözünme sonrasında LDL'nin viskozitesinde artış, çözünürlüğünde azalma olmaktadır. % 10 oranında eklenen tuz, sakkaroz, glukoz ve fosfat, yumurta sarısında jelleşmeyi önlemektedir (Serdaroğlu ve Deniz, 2002).

2.2.4 Yüksek ısıyla muhafaza

Yumurta ve ürünlerinde ısıyla muhafaza yöntemi olarak genellikle pastörizasyon işlemi uygulanmaktadır. Yumurta pastörizasyonunda hedeflenen, Salmonella'nın öldürülmesidir. Yumurta akı, bütün yumurta ve yumurta sarısında kimyasal kompozisyon ve pH farklılığına bağlı olarak Salmonella'nın ısı direnci değişiklik göstermektedir (Stadelman ve Cotterill., 1995). Çizelge 2-4'de çeşitli yumurta ürünlerinde uygulanması gereken minimum pastörizasyon sıcaklıkları verilmiştir.

Çizelge 2-4. Yumurta ürünlerinde minimum pastörizasyon sıcaklıkları (Serdaroğlu ve Deniz, 2002)

Bütün yumurta	60.0ºC/ 3.5 dak
Tuz katkılı yumurta (%2 veya daha fazlası)	63.3ºC/ 3.5 dak
Şeker katkılı yumurta (%2-12)	61.1ºC/3.5 dak
Yumurta akı	56.7ºC/ 3.5 dak
Yumurta sarısı	61.1ºC/ 3.5 dak
Şeker ve tuz katkılı yumurta sarısı (%2-12)	63.3ºC/ 3.5 dak

Yumurta akına ısıl işlem uygulandığında ilk dikkate değer değişme köpürme yeteneğinde görülmektedir. Sarı ile karışmış yumurta akında ise köpürme özelliği sıcaklıkla iyileşme göstermektedir. Yumurta sarısı ürünlerinin emülsifiye etme özelliği ısıl işlemden çok az etkilenmektedir. Sıvı yumurtaya sakkaroz, glukoz, fruktoz, arabinoz gibi karbonhidratların eklenmesi sülfidril gruplarının oluşumunu engelleyerek ısı denatürasyonuna dayanıklılığı arttırmaktadır (Cunningham, 1973; Serdaroğlu ve Deniz, 2002).

Isıl pastörizasyon yerine ısıl olmayan pastörizasyon teknolojileri de yumurta endüstrisinde kullanılabilmektedir. Bu amaçla ışınlama, ultrasonik dalgalar, darbeli elektrik alan, glukoz oksidaz, nisin ve organik asitler kullanılabilmektedir. Ayrıca ısıl pastörizasyona yardımcı olarak yüksek basınç uygulaması da gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Bütün yumurtalar sıcaklık kontrolü olan koşullarda paketlenmeli ve taşınmalıdır. Paketlemeden 21 gün sonra kaybolan böylece ürünün raf ömrünü gösteren son kullanım pulları ile de tüketici, ürünün raf ömrü hakkında daha çok bilgi edinebilir (Jung ve Beuchat, 2000; Sheldon, 2005; Heperkan ve Gökler; 2006).

2.2.5 Kurutma yöntemiyle muhafaza

Kurutma, gıdaları korumak amacıyla uygulanan en eski işlemlerden biridir. Gıdalarda suyun uzaklaştırılmasını içeren kurutma işlemi için pek çok yöntem geliştirilmiştir. Kurutma işlemi ile yumurtanın ortalama olarak % 75'ini oluşturan suyun önemli bir kısmı uzaklaştırılarak ağırlıkça avantaj sağlamanın yanı sıra, taze yumurtanın taşınması sırasındaki kayıpların da önüne geçilmiş olunmaktadır (Lechevalier ve diğ., 2007).

Kurutma işleminden önce yumurta içeriğinin hazırlanmasındaki prensipler, yumurtanın dondurulması için yapılan işlemlere benzerlik göstermektedir. Fakat yumurta akının köpürme özelliklerini korumak ve Maillard reaksiyonunun önüne geçmek için bazı ilave işlemlere gereksinim duyulmaktadır (Stadelman ve Cotterill, 1995). Bu amaçla yumurta akında bulunan glukoz, doğal fermantasyonla ya da *Enterobacter aerogenes*, *Saccharomyces cerevisiae* ile fermantasyona tabi tutularak veya glukoz oksidaz enzimi ile uzaklaştırılmaktadır. Fermentasyon işlemi uygulanmazsa, elde edilen yumurta tozundaki glukoz ve fosfor lipitleri arasında gelişen reaksiyona bağlı olarak lezzet

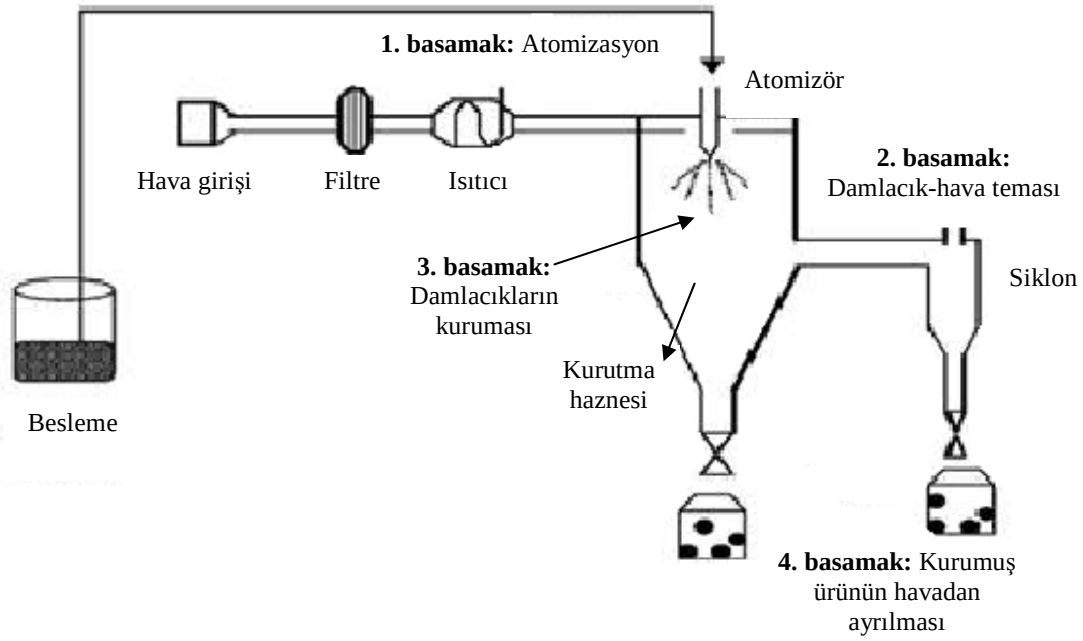
bozuklukları ortaya çıkmaktadır. Fermentasyon işleminden sonra pastörizasyona tabi tutulan sıvı yumurta kurutma tesisine iletilmektedir (Serdaroğlu ve Deniz, 2002; Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003).

Kurutma işlemi için püskürterek ya da dondurarak kurutma yöntemlerinden biri tercih edilmektedir. Dondurarak kurutma yöntemi, özellikle ısıya duyarlı gıdalarda kullanılmaktadır. Dondurarak kurutma işleminde, su veya herhangi bir çözücü, vakum ortamında bulunan maddeden süblimasyon ile buhar olarak ayrıştırılmaktadır. Ayrıştırılan bu buhar, kurutma işleminin meydana geldiği bölgeden kondensör yardımıyla uzaklaştırılmaktadır. Bu yöntem, özellikle tat ve aroma kayıplara en aza indirme avantajına sahip olmasına rağmen maliyetinin yüksek olmasından dolayı işletmelerce tercih edilmemektedir (Guardiola ve diğ., 1997; Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003). Kurutma işlemi için en çok kullanılan ve en hesaplı yöntem püskürtmeli kurutma yöntemidir (Dziezak, 1988; Walton ve Mumford, 1999; Stadelman ve Cotterill, 1995; Guardiola ve diğ., 1995a-1997; Franke ve Kießling, 2002; Hammershoj ve diğ., 2004; Caboni ve diğ., 2005).

Kurutma işlemi akışkan durumdaki bir beslemenin sıcak kurutma ortamına püskürtülerek toz haline geçmesi işlemidir. Püskürtmeli kurutma yönteminde asıl prensip püskürtme işlemi ile bir sıvı akımından birim kütle başına büyük yüzey alanına sahip damlacıkların meydana getirilmesidir. Oluşan ürün beslemenin fiziksel ve kimyasal özelliklerine, kurutucu tasarımına, işletme koşullarına bağlı olarak değişen, toz tanecikler şeklindedir.

Püskürtme ile kurutmada, akışkan haldeki besleme çok küçük damlacıklar şeklinde, sıcak kurutma ortamına püskürtüldüğünden dolayı ısı ve kütle aktarımı için geniş yüzey alanları elde edilmekte ve kuruma süresi çok kısa olmaktadır. Püskürtmeli kurutuculardа uygun yığın yoğunluğuna, renge, hızlı çözünebilirlik özelliklerine sahip ve minimum kayıpla üretilen ürünler elde edilebilmektedir. Bu yöntemle süt tozu, yumurta tozu, bebek maması, sebze ve meyve suyu tozları, kazein, kahve kreması, süt proteinleri gibi ürünler elde edilebilmektedir (Akbaba, 1990; Gohel; 2009).

Püskürtmeli kurutuculardа işlem sürekli, kolay ve maliyeti düşüktür. Prosese, otomatik kontrol kolaylıkla uygulanabilmektedir ve kurutma koşulları sabit olduğu sürece kurutmaya dirençli materyallerin üretilmesi için son derece uygundur. Ürün kapasitesi kurutucu boyutuna göre değişim göstermekle birlikte 100 ton/h kapasiteye ulaşabilmektedir. Sahip olduğu bu avantajlar nedeniyle püskürtmeli kurutucu günümüzde en önemli kurutma yöntemi olma özelliğine sahiptir. Püskürtmeli kurutma işlemi dört ana işlem basamağından oluşmaktadır (Şekil 2.2). Bunlardan birincisi bir atomizör tarafından yapılan atomizasyon (püskürtme) işlemidir. Bu basamağı, kurutulacak ürün damlacıklarının sıcak hava ile teması, damlacıkların kuruması ve kurutulmuş ürünün havadan ayrılması ve toplama haznelerinde birikmesi basamakları izlemektedir (Patel ve diğ., 2009; Gohel, 2009).



Şekil 2.2. Püskürtmeli kurutuculardа işlem basamakları (Gohel, 2009)

Püskürterek kurutmada optimize edilmesi gereken temel faktörler; besleme sıcaklığı ile havanın giriş ve çıkış sıcaklıklarıdır. Gerçekte, besleme giriş sıcaklığı emülsiyonun viskozitesini, akışkanlığını ve buna bağlı olarak homojen bir biçimde püskürtülme kapasitesini değiştirmektedir. Besleme sıcaklığı yükseltildiğinde, viskozite düşürülmeli ve tanecik boyutu küçültülmelidir. Fakat yüksek sıcaklıklar, ısıya duyarlı bileşenlerin

bozulmasına ve uçmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle püskürtülen her bir damlanın kurutma çemberiyle temas etmeden evvel istenilen kuruma değerine ulaşmasını sağlayabilmek için atomizöre verilen beslemenin hızı ayarlanabilmektedir. Ayrıca havanın giriş sıcaklığı ve akış hızının da uygun bir şekilde ayarlanması oldukça önemlidir (Zbicinski ve diğ., 2002). Püskürtmeli kurutucuda süttozu elde edilen bir çalışmada parçacık boyutunu, sütün viskozitesi ve püskürtme basıncının etkilediği görülmüştür. Sütün viskozitesi arttırıldığında ürünün parçacık boyutu büyümüş, püskürtme basıncı arttırıldığında da parçacık boyutunun küçüldüğü belirtilmiştir (Warburton ve Pixton, 2003).

Havanın giriş sıcaklığı, mikrokapsüllerin kuruma hızı ve son nem içerikleri ile ters orantılıdır. Havanın giriş sıcaklığı düşük olduğunda, düşük evaporasyon hızına bağlı olarak nem içeriği yüksek, zayıf akışkanlık gösteren, kolay topaklanan ve yüksek yoğunluklu membrana sahip mikrokapsüllerin oluştuğu gözlenmektedir. Havanın giriş sıcaklığı yüksek olduğunda ise yüksek evaporasyon hızına bağlı olarak membranda çatlama, kapsüllenmiş bileşenlerin bozulması ve uçucu bileşenlerin kaybı gibi durumlarla karşılaşılabilinmektedir (Stadelman ve Cotterill, 1995). Havanın giriş sıcaklığı genellikle iki faktöre bağlı olarak belirlenmektedir. Bunlardan birincisi, ürüne zarar vermeden veya işlemde risk oluşturmadan güvenle uygulanabilecek sıcaklık, diğeri ise uygun ısı kaynağı maliyetlerinin belirlenmesidir (Walton ve Mumford, 1999).

Püskürtmeli kurutuculardа ideal bir püskürtme, eşit çaplı küçük damlacıkların oluşturulması ile meydana gelmektedir. Bunun sonucu olarak oluşan bütün damlacıklarda eşit kütle ve ısı aktarım hızı ve kurutma zamanı elde edilerek homojen kurutulmuş ürün özellikleri elde edilmektedir. Bütün püskürtücülerde, sıvının küçük damlacıklara parçalanabilmesi için enerjiye gereksinim duyulmaktadır. Sabit püskürtme enerjisi için püskürtülecek sıvının fiziksel ve dinamik özelliğine bağlı olarak damlacıkların çapı değişmektedir. Bu nedenle sıvının viskozitesi ve yüzey gerilimi artarsa oluşan damlacıkların çapının da büyümesi beklenmektedir. Ayrıca püskürtücü tipinin seçimi, kurutulmuş üründe istenen özelliklere ve püskürtülecek sıvının niteliğine bağlıdır (Akbaba, 1990; Stadelman ve Cotterill, 1995; Patel, 2009).

2.3 Yumurta Tozu

Yumurta ürünleri; kabuğundan ayrılmış tüm yumurta, yumurta sarısı, yumurta akı veya karışımlarından elde edilen, diğer gıda ve/veya katkı maddeleri ile de kombine edilebilen; sıvı, konsantre, kurutulmuş, kristalize veya koagülasyon işlemine tabii tutulmuş ürünler olarak tanımlanabilmektedir (Anon, 2007). Yumurta ürünleri prosesi yumurtaların kırılması, yumurta sarısının ve beyazının ayrılması, filtreleme, karıştırma, standardize etme, pastörizasyon, soğutma, dondurma, kurutma ve paketleme işlemlerinin birinin veya birkaçının uygulanması ile gerçekleşmektedir.

Yumurta ürünleri çok uzun yıllardır gıda endüstrisinde önemli bir rol oynamaktadır. Örneğin; kurutulmuş yumurta ürünleri (yumurta tozu) ilk olarak 1880 yıllarında, dondurulmuş yumurta ürünleri 1903 yılında, yumurta sarısı ve beyazının ayrılarak satışa sunulması ise ilk olarak 1912 yılında gerçekleştirilmiştir. Kolesterol içermeyen dondurulmuş veya soğutulmuş yumurta ürünleri ise ilk olarak 1973 yılında üretime sunulmuştur. Kolesterol içermeyen yumurta ürünleri; yumurta beyazı, yapay renklendirici ve diğer yumurta içermeyen katkı maddelerini ihtiva etmektedir (Anon, 2010).

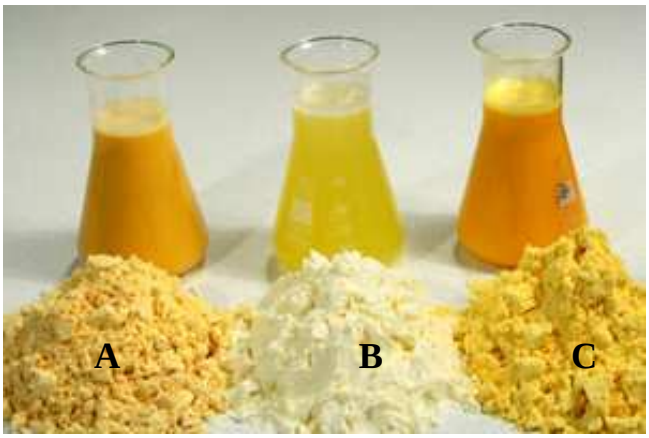
Gıda endüstrisindeki modernleşme, artan tüketici ihtiyaçları ve kabuklu yumurtanın taşıdığı bazı olumsuz özelliklerden dolayı kabuklu yumurtanın kullanımı sınırlanmaktadır. Aşağıda işletmelerde kabuklu yumurta kullanımının yol açtığı bazı olumsuz özellikler verilmiştir (Hank ve diğ., 2001).

- Yumurtaları elle kırmak ve ayırmak endüstriyel tesislerde fazla insan gücüne ihtiyaç duyulmasını sağlamaktadır. Bu da çok fazla insanın geniş bir alanda yumurta ile temas kurması demektir.
- Kabuklu yumurtaların kalitesini korumak için geniş soğutma odalarına ihtiyaç vardır. Böylece imalatta temel unsur olan maliyet ve düşük fiyat, işletmelere sağlanamamaktadır.
- Kabuklu yumurtaların taşınma, yüklenme ve boşaltılması esnasında kırılması söz konusudur.

- Yumurtada renk/yağ/protein bakımından standardizasyon sağlanamamaktadır.
- Yumurta kabuğu Salmonella, Koliform grubu ve diğer patojen mikroorganizmaları taşımaktadır. Yumurta kabuklarının dışında bulunan bu mikroorganizmaların gıda imalathaneleri ve endüstriyel mutfaklarda bulunan diğer gıdalara ve ürünlere bulaşma riski söz konusudur.
- Gelişmiş ülkelerde, kabuklu yumurtanın her tür imalathanede kullanımı sağlık kuruluşları tarafından yasaklanmıştır.
- Yumurta kabukları ve bunlardan sızan sıvılar hijyenik olmayan patojen atıklar oluşturmaktadırlar. Bu atıkların evsel atıklara karışması "Patalojik atıkların nihai uzaklaştırılması yönetmeliği"ne aykırıdır.
- Yalnızca yumurta sarısının ya da beyazının kullanıldığı imalathanelerde, geri kalan ürünler, kullanılamamakta ve atık problemlerine neden olmaktadır.
- Mayonez gibi pişirilmeden üretilen ürünlerde, pastörize olmayan yumurta kullanımı son derece tehlikelidir. Bu durumda yumurtalarda bulunan koliform ve Salmonella gibi patojen mikroorganizmalar direkt olarak ürüne geçmektedir.

Bahsedilen bu dezavantajlar nedeniyle endüstriyel yumurta tüketicileri daha kullanışlı, kaliteli ve ekonomik işlenmiş yumurta ürünlerine ihtiyaç duymaktadırlar. Yumurta ürünleri içerisinde işletmelere birçok avantaj sağlaması nedeniyle son yıllarda en çok dikkat çeken ürün yumurta tozudur (Franke ve Kießling, 2002; Plancken ve diğ., 2007). Yumurta tozu, kabuklu yumurtaya alternatif olarak endüstriyel kullanım amaçlı üretilmiş bir gıda ürünüdür. Özellikle Avrupa ve Kuzey Amerika'da yoğun kullanıma sahiptir.

Ayrıştırılarak beyazı ya da sarısı toz haline getirildiği gibi, bütün yumurta da toz halde kullanıma sunulabilmektedir. Yumurta tozu 1900'lü yılların başında tavada kurutma yöntemiyle üretilmeye başlanmıştır. Öncelikle yumurta beyazı sonrasında, yumurta sarısı ve bütün yumurta da benzer yöntemlerle kurutulmuştur (Şekil 2.3). Özellikle II. Dünya Savaşı sırasında sağladığı pek çok avantaj nedeniyle askeri alanda tercih edilmiş ve en yüksek kapasiteyle üretimi gerçekleştirilmiştir (Gohel, 2009).



Şekil 2.3 Bütün yumurta tozu (A), yumurta beyazı tozu (B) ve yumurta sarısı tozu (C) örnekleri

Yumurta tozu soğutmasız, kuru depo koşullarında saklanabilme özelliğine sahip olması, kabuklu veya sıvı yumurtaya göre daha az yer kaplaması, dolayısıyla depolama, taşıma ve ambalajlama maliyetinin diğer muhafaza yöntemleri ile üretilmiş yumurta ürünlerine göre düşük olması gibi avantajlara sahiptir. Ayrıca depoda veya işlemede hijyenik tutulması kolay, homojen ve su ile istenilen oranda karıştırılabilme özelliğine sahip olmasından dolayı yeni ürün geliştirilmesi açısından avantajlı bir üründür. Özellikle fırıncılık, hizmet sektörü ve diğer gıda endüstrilerinde kullanım alanına sahiptir (Stadelman ve Cotterill, 1995; Franke ve Kießling, 2002).

Tüm yumurta tozu ürünleri belli oranlarda su ile karıştırılarak yumurtanın kullanıldığı her alanda gıda ürünlerine katılabilmektedir. Örneğin bütün yumurta tozu; hamur işleri, pasta-kek, pizza hamuru, hazır çorba, hamburger karışımlarında, yumurta sarısı tozu; pasta-kek, bisküvi, mayonez, gofret ve dondurmalarda, yumurta akı tozu ise çikolata, şekerleme, çikolata ezmesi, fındık ezmesi, beze, vücut geliştirme ve sağlık ürünlerinde kullanılabilmektedir (Stadelman ve Cotterill, 1995; Lechavalier ve diğ., 2007). Çizelge 2.5’de yumurta tozu, taze yumurta ve pastörize sıvı yumurta kıyaslanmıştır.

Çizelge 2-5 Yumurta tozu, taze yumurta ve pastörize sıvı yumurtanın kıyaslanması

YUMURTA TOZU		TAZE YUMURTA		PASTÖRİZE SIVI YUMURTA
Bütün Yumurta Tozu				
1 kg	=	110 - 120 adet	=	4,5 kg
Yumurta Sarısının Tozu				
1 kg	=	200 adet	=	3 kg
Yumurta Akının Tozu				
1 kg	=	275 - 285 adet	=	8 kg

Bugüne kadar yumurta tozuyla ilgili yapılan çalışmalar son derece sınırlı olmakla birlikte genellikle yumurta tozu eldesi için püskürtmeli kurutma yönteminin kullanıldığı gözlenmiştir (Guardiola ve diğ., 1995a-1997; Franke ve Kießling, 2002; Hammershoj ve diğ., 2004; Caboni ve diğ., 2005; Obara ve diğ., 2006; Lechavalier ve diğ., 2007; Mazalli ve Bragagnolo, 2007). Yumurta tozuyla ilgili yapılan çalışmaların genellikle kurutma işleminin fonksiyonel özelliklerindeki değişimi, kolesterol oksidasyon varlığını, yağ asitleri miktarındaki değişimi ve bu değişimlere depolama şartlarının etkisini belirlemeye yönelik olduğu görülmüştür (Rao ve Murali, 1989; Fontana ve diğ., 1992; Obara ve diğ., 2006). Bunun yanı sıra kurutma yöntemi ve kurutma işlem değişkenlerinin son ürün özellikleri üzerine etkisi de bazı çalışmalarda incelenmiştir (Guardiola ve diğ., 1995a,b,c-1997; Franke ve Kießling, 2002; Hammershoj ve diğ., 2004; Caboni ve diğ., 2005).

Rao ve Murali (1989) foam-mat (FMD), dondurarak (FD) ve püskürtmeli kurutma (SD) yöntemleriyle elde ettikleri yumurta tozlarında toplam yağ, serbest yağ asidi, polar yağlar ve nötral yağ değerlerini incelemişlerdir. Bu çalışmada kurutma koşullarının, depolama sıcaklığının ve ambalaj materyalinin yumurta tozundaki yağların değişiminde büyük rol oynadığı belirtilmiştir. Ayrıca depolama boyunca yumurta yağlarındaki otooksidasyonun ve serbest yağların üretiminin depolama sıcaklığı ve periyodundaki artışa paralel olarak arttığı gözlenmiştir. Düşük nem içeriğine sahip 3 tip yumurta tozunda da yumurta yağlarının hidrolizi söz konusu olup, en yüksek hidroliz FMD'de gözlenirken en düşük hidroliz SD'de tespit edilmiştir. Depolama boyunca fosfolipitlerin hidrolizi sonucu, polar lipitlerin oranı azalırken non-polar lipitlerde artış gözlenmiştir.

Franke ve Kießling (2002), püskürtmeli kurutma işleminin en önemli fonksiyonları olan kurutma havası giriş sıcaklığı ve atomizör basıncının yumurta tozunun fonksiyonel özellikleri (köpürme, jel özellikleri vb.) üzerine etkilerini incelemişler ve bunların arasında kayda değer bir korelasyonun olduğunu ortaya koymuşlardır. Buna göre hava giriş sıcaklığındaki artış, protein çözünürlüğü ve köpük özelliklerinde azalmaya neden olurken emülsiyon stabilitesinde artışa neden olmaktadır. Bununla birlikte kurutma işlemi sırasında özellikle protein denatürasyonunun fonksiyonel özelliklerin değişiminde rol oynadığı belirtilmiştir.

Hammershoj ve diğ. (2004) püskürtmeli kurutucuda yumurta akı tozu ürettikleri bir çalışmada ultrafiltrasyon ve pastörizasyon gibi kritik işlem basamaklarının yumurta tozunun jelleşme, su tutma kapasitesi ve köpük oluşturma özelliklerini etkileyen en önemli basamaklar olduğunu ortaya koymuşlar ve bu işlem basamaklarının belirlenmesiyle ürün özelliklerinin kontrolünün sağlanmasının mümkün olacağını belirtmişlerdir. Ancak, bu işlemler sırasında köpük stabilitesi ve jel renginin olumsuz etkilendiği belirtilmiştir.

Caboni ve diğ. (2005), püskürtmeli kurutma yöntemi ile elde edilmiş bütün yumurtada depolama sırasında meydana gelen değişim üzerinde çalışmışlardır. Kurutma işleminin Maillard reaksiyonları ile birlikte üründe furosin içeriği artışına neden olduğunu fakat tokoferol ve retinol konsantrasyonunun bundan etkilenmediğini tespit etmişlerdir. Depolamanın ise kolesterol oksidasyon ürünlerinde artışa, tokoferol ve retinol konsantrasyonunda azalmaya sebep olduğunu bildirmişlerdir. Böylelikle furosinin uygulanan teknoloji için; kolesterol oksidasyon ürünlerinin ise depolama için kalite göstergesi olarak kullanılabileceği vurgulanmıştır.

Obara ve diğ. (2006) yaptıkları çalışmada püskürtmeli kurutucuda ve derin dondurucuda kurutulmuş bütün yumurta ve yumurta sarısı tozu üzerine su aktivitesi ve depolamanın (3 ay, oda sıcaklığında) etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonunda depolama sonunda en düşük su aktivitesine sahip yumurta tozunun en yüksek kolesterol oksidasyon ürününe sahip olduğunu ve oksisterol miktarının bütün yumurta tozunda yumurta sarısı tozuna göre daha fazla olduğunu ortaya koymuşlardır. Bunun nedeni olarak bütün yumurta tozunun daha fazla hidrofilik protein ve hidrofobik lipit içermesi gösterilmiştir. Ayrıca

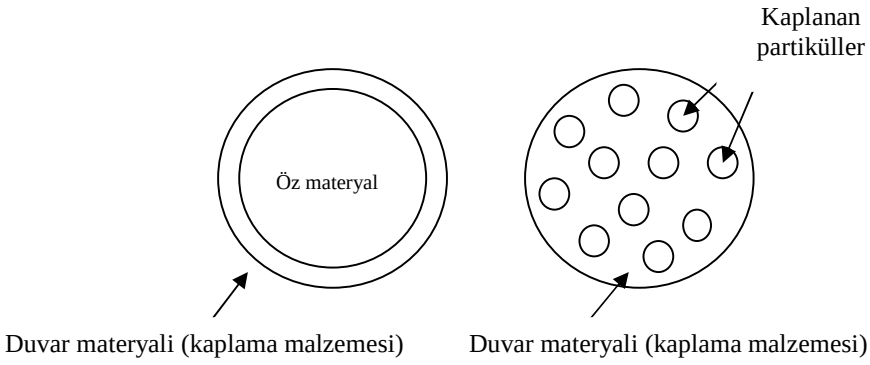
dondurularak kurutulan yumurta tozlarının püskürtmeli kurutucuda üretilenlere göre oksidasyona daha fazla dirençli olduğu belirtilmiştir.

Yapılan tüm çalışmalar, yumurta tozunun bahsedilen avantajlarının yanı sıra püskürtmeli kurutma işleminin oksidasyona duyarlılığını arttırmada ve fonksiyonel özelliklerin azalmasında etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Püskürtmeli kurutma işlemi, özellikle pompalama ve atomizasyon işlemi sırasında meydana gelen fiziksel kuvvetin etkisiyle bir takım bozulmalara yol açmaktadır (Guardiola ve diğ., 1995c; Franke ve Kießling, 2002; Lechavalier ve diğ., 2007; Mazalli ve Bragagnolo, 2007). Bahsedilen bu dezavantajları en aza indirmek amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Bu amaçla son zamanlarda yapılan birçok çalışma mikroenkapsülasyon işlemi üzerinde durmaktadır.

2.4 Mikroenkapsülasyon

Mikroenkapsülasyon; katı, sıvı veya gaz halindeki maddelerin kaplama materyali olarak seçilen protein veya karbonhidrat esaslı bir materyal veya her ikisi ile mikro tanecikler olarak kaplanması teknolojisi olarak tanımlanmaktadır. Bu teknoloji gıda sektöründe genel olarak çok küçük partiküllerin (yağlar, aromalar) kaplanmasında kullanılmaktadır. Fakat bunun yanı sıra büyük partiküllerin (şekerleme ürünleri) kaplanmasında da mikroenkapsülasyon teknolojisinden yararlanılmaktadır (Koç ve diğ., 2008). Bu yöntemde kullanılan kapsüller, içeriklerini koruma ve istenildiğinde gerekli koşulların sağlandığı ortamlarda salınabilme özelliğine sahiptirler (Desai ve Park, 2005).

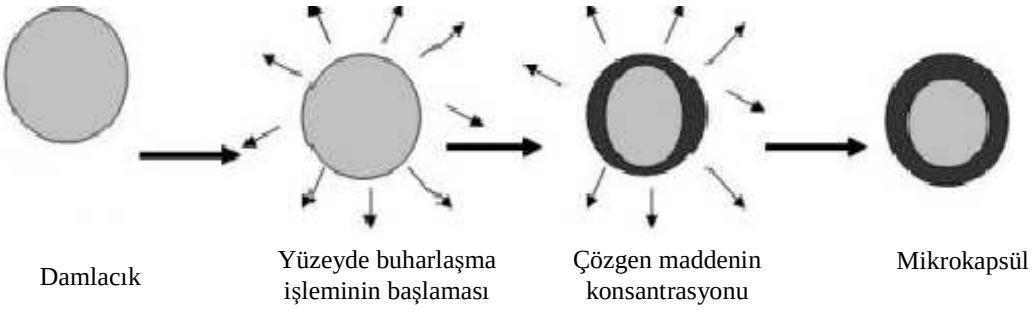
Bu teknikte kullanılan ve mikrokapsül (Şekil 2.4) olarak isimlendirilen minyatür paketlerin genişlikleri mikron büyüklüğünden birkaç milimetreye kadar değişiklik gösterebilmektedir. Bununla birlikte konu ile ilgili araştırmalarda bu mikrokapsüllerin ideal şekillerinin de küre olarak kabul edildiği bildirilmektedir. Söz konusu teknikte, enkapsülatı oluşturan aktif kısmın, çekirdek, iç faz ve dolgu olarak, mikroenkapsülasyon materyalinin ise, kabuk kaplama maddesi ya da duvar materyali olarak isimlendirildiği ifade edilmektedir (Kınık ve diğ., 2003).



Şekil 2.4. İki tipik mikrokapsülün şematik diyagramı (Desai ve Park, 2005)

Gıda bileşenlerinin doğru yerde ve doğru zamanda serbest bırakılması mikroenkapsülasyon tarafından sağlanan anahtar işlevsellik olarak kabul edilmektedir. Zamanında ve hedeflenmiş salınım gıda katkı maddelerinin etkinliğini arttırmakta ve gıda bileşenlerinin uygulama aralığını genişletmektedir. Hassas ve uçucu katkı maddeleri (vitaminler, kültürler, aromalar gibi) mikroenkapsülasyon sayesinde kararlı bileşenlere dönüştürülebilmektedir. Dikkatlice ayarlanmış kontrollü koruma özellikleri ile mikroenkapsülasyon sadece iyileştiren bir özellik değil, aynı zamanda farklı özellikte yeni bileşenlerin kaynağıdır (Desai ve Park, 2005; Oran ve Toprak, 2009).

Ayrıca mikroenkapsülasyon tekniği probiyotik mikroorganizmaların canlı kalma sürelerini arttırmak için son yıllarda üzerinde önemle durulan bir yöntemdir. Mikroenkapsülasyon tekniği ile kaplanmış probiyotik mikroorganizmaların yoğurt, peynir, dondurma ve mayonez gibi taşıyıcı gıda ortamlarında kullanımı konusunda birçok araştırma vardır. Örneğin, bazı *Bifidobacterium* türlerinin in vitro koşullarda canlılık sürelerinin arttırılmasında olumlu sonuçlar alınmıştır (Çakır, 2006).



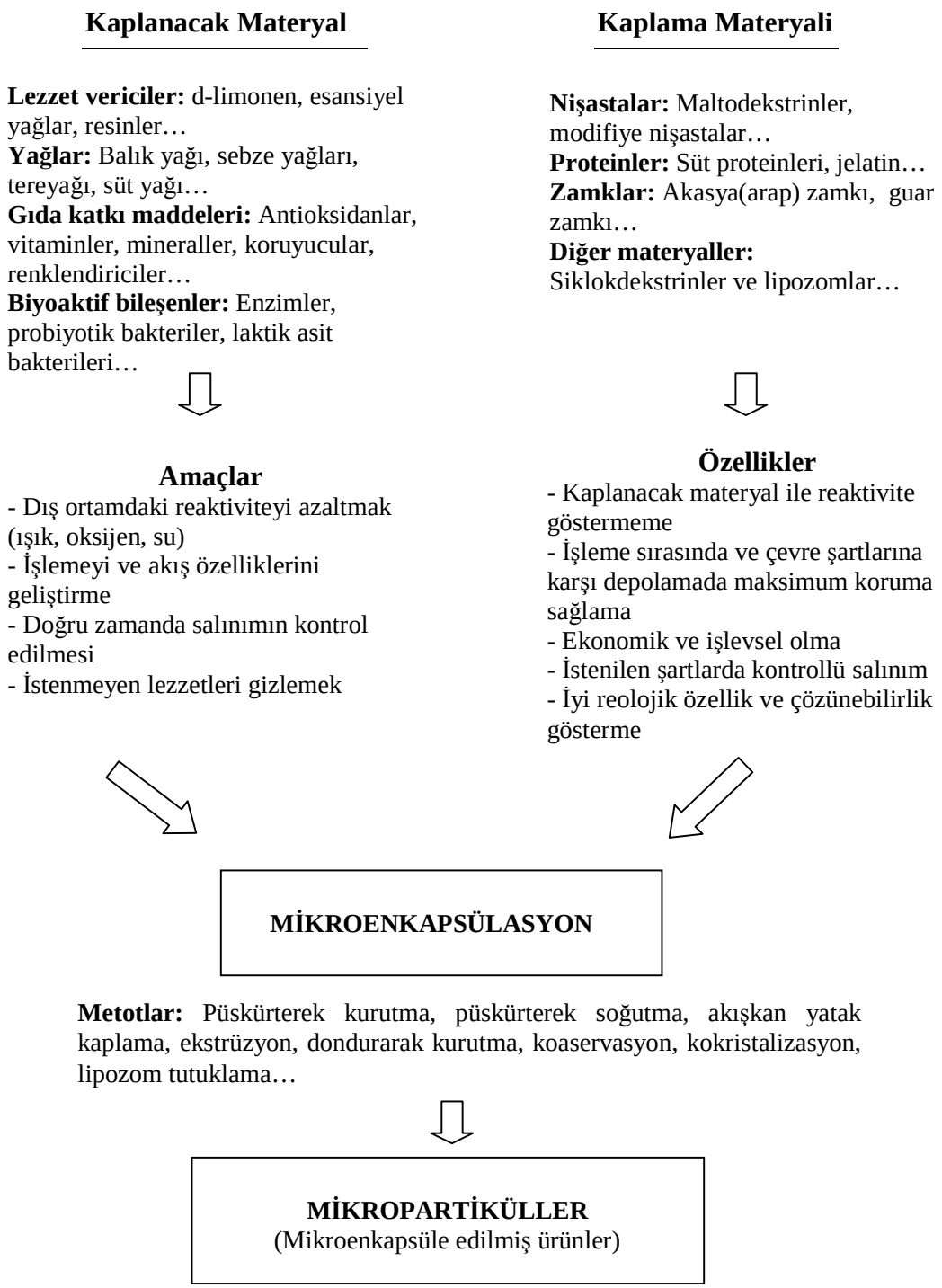
Şekil 2.5 Püskürtmeli kurutma sırasında mikrokapsül oluşumu (Gohel, 2009)

Esas olarak mikroenkapsülasyon tekniği, doğal ingrediyenlere yararlı spesifik özellikler kazandırabilmekte ve gıda endüstrisinde çok farklı amaçlar için kullanılabilmektedir. Bu amaçlardan bazıları; depolama sırasında tat ve koku maddeleri kayıplarını önlemek, aroma maddeleri arasında meydana gelebilecek arzu edilmeyen etkileşimleri engellemek ve ortama kontrollü salınımlarını sağlayabilmek, özellikle yumurta gibi yağ ve protein oranı fazla olan gıda maddelerinde oksidatif bozulmaların ve denatürasyonun önüne geçebilmek, maddenin kaplanmasıyla taşınmasının kolaylaştırılması, doğru yerde ve doğru zamanda salınımının sağlanması, küçük miktarlarda kullanımı istendiğinde seyreltilebilmesi ve seyrelmenin homojen bir şekilde sağlanması, ayrıca beslenme ile ilgili olan kayıpların önlenmesi şeklinde ifade edilebilmektedir (Kınık ve diğ., 2003; Desai ve Park, 2005; Koç, 2009).

2.4.1. Kaplama materyali ve özellikleri

Kaplama materyalleri, temelde film oluşturabilen şekerler, doğal reçineler (arap zamkı, aljinat, karragenanlar), proteinler (süt ve peynir altı suyu proteinleri, jelatin), doğal ve modifiye polisakkaritler, yağlar veya sentetik polimerlerden oluşabilmektedir. Ancak gıda materyalinin püskürtmeli kurutucu yöntemiyle mikrokapsüllenmesi için duvar materyali genellikle düşük molekül ağırlıklı karbonhidratlar, süt ve soya proteinleri, jelatin ve akasya reçinesi gibi hidrokolloidlerden yararlanılmaktadır (Reineccius, 1991). Ayrıca bir çeşit ağacımsı bitkiden elde edilen “Mesquite reçinesi” kullanılan kaplama materyallerine katılarak, maliyetin düşürülmesine olanak sağlamaktadır (Beristain ve Carter, 1994; Beristain ve diğ., 2001; Oran ve Toprak, 2009). Çizelge 2-6’de kaplama materyalleri, özellikleri, kullanım amaçları ve mikroenkapsülasyonu şematik olarak gösterilmiştir.

Çizelge 2-6. Kaplama ve kaplanacak materyaller, özellikleri, kaplanma amaçları, farklı mikroenkapsülasyon teknikleri ile gıda bileşenlerinin mikroenkapsülasyonunun şematik gösterimi (Jafari ve diğ., 2008).



Mikrokapsülleme etkinliği ve mikrokapsüllerin depolama süresindeki stabilitesi büyük ölçüde duvar materyali kompozisyonuna bağlıdır. Bu nedenle ideal bir kaplama malzemesi aşağıdaki karakteristik özellikleri göstermelidir.

- Yüksek konsantrasyonda iyi reolojik özelliklere sahip olmalı ve mikroenkapsülasyon sırasında kolay işlenebilmelidir,
- Aktif materyali disperse etme veya emülsiyon haline getirme özelliği ve üretilen emülsiyonu stabilize etme kabiliyeti olmalıdır,
- Enkapsüle olabilmek için hem işlem sırasında hem de uzun süreli muhafaza boyunca materyalle tepkimeye girmemelidir,
- İşleme ve depolama boyunca aktif materyali kaplayabilmeli ve sızdırmama yeteneğine sahip olmalıdır,
- Çevresel koşullara karşı (oksijen, ısı, ışık, nem gibi) aktif materyalin maksimum korunmasını sağlamalı ve gıda saflığında olmalı,
- Gıda endüstrisi için kabul edilebilir çözücülerde çözünebilmeli,
- Çekirdek materyalle geri dönüşümsüz kimyasal reaksiyonlara girmemeli ve ekonomik olmalıdır (Desai ve Park, 2005).

Mikrokapsüllerin geliştirilmesinde önemli aşamalardan biri de gerekli kriterleri (mekaniksel dayanıklılık, gıda ürünleri ile uyumluluk, uygun parçacık büyüklüğü vb...) bir araya getiren kaplama materyali seçimidir. Püskürtmeli kurutma metoduyla mikrokapsülleme işlemi için duvar materyali seçimi alışılageldiği biçimde deneme yanılma metodunu içermektedir. Sonuçlar daha sonra; kapsülleme etkinliği, farklı depolama koşulları için stabilite özelliği, çekirdek materyalini koruma derecesi, yüzey incelenmesi gibi faktörler ışığında değerlendirilmektedir. Bir sonraki bölümde mikroenkapsülasyon işlemi için gıdalarda kullanılan kaplama materyalleri hakkında bilgi verilmiştir.

2.4.1.1 Karbonhidratlar

Karbonhidratlar çoğunlukla gıda katkı maddelerinin ve yüksek yağ içerikli gıdaların püskürterek kurutma ile enkapsülasyonunda, duvar materyali veya taşıyıcı olarak kullanılmaktadırlar (McNamee ve diğ., 2001). Nişasta, maltodekstrin ve akasya zamkı gibi karbonhidratların en önemli özellikleri, bağlanan tatların karbonhidrat çeşitliliğiyle tamamlanmasını sağlamaları, düşük maliyetleri ve gıdalarda geniş alanda kullanılabilmeleridir. Bunlara ek olarak karbonhidratlar, düşük viskoziteye ve iyi çözünürlüğe sahip olmalarından dolayı iyi bir mikroenkapsüle edici madde olarak düşünülmektedirler. Bu özellikleri, karbonhidratları mikroenkapsülasyonda istenilir kılmaktadır. Fakat çoğunluğunun yüksek mikrokapsülleme etkinliğini arttıracak ara yüzey özelliklerinin eksik olması, protein ve reçineler gibi diğer kapsülleme materyalleriyle birlikte kullanılmasına neden olmaktadır (Dziezak, 1988; Mutka ve Nelson, 1988).

Bayram ve diğ., (2005) yaptıkları bir çalışmada sumak aroması, karbonhidrat bazlı sakkaroz, glukoz ve nişasta ile mikroenkapsüle edilmiştir. Mikroenkapsülasyon işlemi sırasında meydana gelen karamelizasyon, püskürtmeli kurutucu yüzeyine yapışma ve borularda tıkanıklığa neden olan heterojen yapılardan dolayı kullanılan karbonhidrat bazlı kaplama materyallerinin, tek başına sumak aromasının kaplanmasında kullanılmaması gerektiği ortaya konmuştur.

Pektin; düşük konsantrasyonlarda stabil emülsiyonlar üretebilen bir polimerlerdir. Pektinin emülsifiye edici özellikleri, pektin zinciri ve yüksek oranda asetil grubu içeren protein kalıntılarından kaynaklanmaktadır. % 1–2 oranında pektin içeriği püskürtmeli kurutma için stabil emülsiyon hazırlanması için yeterlidir. Şeker pancarından elde edilen pektin, lipofilik gıda bileşenlerinin püskürtmeli kurutma ile mikroenkapsülasyonu için uygun bir kaplama materyali olarak düşünülmüştür (Drusch, 2006).

Nişasta ve nişasta bazlı içerikler; (modifiye nişasta; maltodektsrin, β-siklodekstrin) gıda endüstrisinde temel olarak uçucu bileşenleri korumak ve tutmak amacıyla kullanılmaktadırlar. Aroma mikroenkapsülasyonunda taşıyıcı olarak görev yapabilmekte ve emülsiyonları stabilize edebilmektedirler (Christensen ve diğ., 2001; Hogan ve diğ.,

2001). *Maltodekstrinler,* mısır ununun asitle veya enzimlerle kısmen hidrolizinden elde edilen ve suda çözünen tatsız ürünler olup, FDA tarafından 20'den daha düşük DE değerlerine sahip ürünler olarak tanımlanmaktadır. DE değeri; nişastanın polimer hidroliz derecesinin bir ölçüsüdür. Mikroenkapsülasyon için duvar materyallerinin seçilmesinde maltodektsrin, maliyet ve etkinlik konusunda iyi bir seçenektir. En büyük kusuru emülsifiye kapasitesindeki eksiklik ve uçucu bileşikler için düşük tutuculuk özelliğine sahip olmasından kaynaklanmaktadır (Reineccius, 1991). Maltodekstrinler mikroenkapsüle edilmiş yağa oksidatif stabilite sağlamaktadırlar. Ayrıca, katı ve sıvı yağların, vitaminlerin, minerallerin ve renk maddelerinin mikroenkapsülasyonu işleminde Maillard reaksiyonunun hızını düşürmektedirler (Koç, 2009).

Pullulan, kuvvetli film oluşturarak oksijen geçirgenliğini azaltmaktadır. Oksidasyona karşı duyarlı olan bileşiklerin mikroenkapsülasyonunda kaplama materyali olarak kullanılabilmektedir. Koç ve diğ. (2008) yaptıkları çalışmada balık yağını dondurarak kurutmuş ve mikroenkapsülasyon işlemi için laktoz-sakkaroz-jelatin ve pullulan-sakkaroz-jelatin içermekte olan iki farklı karışım hazırlamışlardır. Elde edilen toz numunelerde 45 günlük depolama sonrasında peroksit değerleri karşılaştırılmış ve kaplama materyali olarak laktoz içeren örneğin, pullulan içeren örneğe göre daha yüksek oranda oksidasyona uğradığı görülmüştür. Ayrıca, Adachi ve diğ. (2003) yaptıkları bir başka çalışmada pullulan kaplama materyali olarak kullanılmış ve su/yağ/su tipi mikroenkapsüller hazırlanarak, depolama sırasındaki enkapsülasyon verimindeki değişim gözlenmiştir. Çalışma sonunda pullulan kullanılan mikroenkasülasyon işleminde verimin ~%95 olduğu tespit edilmiştir.

Laktoz; genellikle uçucu bileşiklerin kaplanmasında kullanılırlar ve difüzyona karşı oldukça dirençlidirler. Özellikle peynir altı suyu proteininin mikroenkapsülasyonunda, laktoz ilavesi duvarın koruma özelliklerini geliştirerek kabuk oluşumunu arttırmaktadır. Laktozun bu pozitif etkisinin sürekli camsı faz oluşturmasından kaynaklandığı belirtilmiştir (Rosenberg ve Sheu, 1996). Ayrıca, laktozun camsı faz oluşturma özelliği, duvar matrisinin doğal hidrofilik yapısını geliştirmekte ve çözücünün duvar materyali tarafından difüzyonunu sınırlandırmaktadır (Moreau ve Rosenberg, 1993). Örneğin, süt püskürtmeli kurutucuda kurutulduğunda, proses bir mikrokapsülleme işlemi olarak

düşünülebilmektedir. Süt yağı, oksidasyona karşı koruyucu, laktoz ve süt proteinlerinin karışımından meydana gelen bir duvarla korunan çekirdek yapısını oluşturmaktadır. Bu karışımda proteinler emülsifikasyon ve film oluşturma özelliklerini sağlarken, karbonhidratlar camsı yapı oluşumunu sağlayarak istenilen formu vermektedir (Gharsallaoui ve diğ., 2007). Yapılan başka bir çalışmada (Rosenberg ve Sheu, 1996) peynir altı suyu proteini esaslı kaplama materyali ve laktoz, uçucu maddeler olan etil bütirat ve etil kaprilatın mikroenkapsülasyonunda duvar malzemesi olarak kullanılmıştır. Çalışma sonucunda uçucu bileşiklerin korunması açısından, peynir altı suyu proteini ile laktoz karışımının beraber kullanıldığı mikroenkapsülasyon işleminin, kaplama materyali olarak sadece peynir altı suyu kullanılandan daha başarılı olduğu ortaya konmuştur.

2.4.1.2 Proteinler

Proteinlerin üstün fonksiyonel özellikleri, onları püskürtmeli kurutma ile mikroenkapsülasyon işlemi için iyi bir kaplama materyali olmalarını mümkün kılmaktadır. Proteinlerin farklı kimyasal gruplara ve apolar özelliğe sahip olmaları, birçok farklı tip madde ile reaksiyona girebilmeleri ve yüksek molekül ağırlığına sahip olmaları ayrıca, iyi çözünebilme, emülsifikasyon, film oluşturma gibi fonksiyonel özellikleri taşımaları nedeniyle mikroenkapsülasyon işlemi için kullanımı son derece uygundur. Emülsiyon oluşumu sırasında, protein molekülleri yeni oluşan su-yağ ara yüzeyinde hızlıca adsorbe edilebilmektedir. Sonuçta oluşan yapısal düzenleyici tabaka, yağ damlacıklarının yeniden birleşmesini engellemekte ve depolama sırasında emülsiyona fiziksel stabilite sağlamaktadır (Dickinson, 2003). Proteinler aroma maddelerini iyi bir şekilde bağlama özelliğine sahiptirler. Püskürtmeli kurutma ile gıda bileşenlerinin mikroenkapsülasyonunda en çok kullanılan protein bazlı kaplama materyalleri süt proteinleri, peynir altı suyu proteinleri ve jelatindir (Young ve diğ., 1993).

Peyniraltı suyu proteinleri; sıklıkla süt-serum proteinleri için eşanlamlı olarak kullanılan bir terimdir ve başlıca beta-laktoglobulin (~% 65), alfa-laktalbumin (~% 25) ve albumin (~% 8) içermektedir. Süt-serum proteinlerine ek olarak peyniraltı suyu

proteini, peynir sütünün rennet enzimiyle olgunlaştırılması esnasında parçalanan kazein moleküllerinin parçalarını da içermektedir (Ha ve Zemel, 2003). Mikroorganizmaların püskürtülerek mikroenkapsülasyonunda amaç, probiyotik mikroorganizmaların çevresinde fiziksel bir bariyer oluşturarak olumsuz çevre koşullarına karşı mikroorganizmanın canlılığını korumasını sağlamaktır. Bu yöntemde aktif mikroorganizmanın çevresinde çeşitli maddelerle koruyucu bir film veya kaplama tabakası oluşturulmaktadır. Bu amaçla peyniraltı suyu proteinleri en çok kullanılan kaplama materyalleri arasında yer almaktadır. Guerin ve diğ. (2003) tarafından yapılan bir çalışmada *Bifidobacterium bifidum*, aljinat, pektin ve peyniraltı suyu jeli ile kaplanmıştır. Laboratuar koşullarında yapılan deneme sonuçlarına göre kaplama işlemi uygulanmayan hücreler canlılıklarını kaybederken, kaplama işlemi uygulanan hücreler pH 2.5'te 2 saate kadar canlılıklarını koruyabilmişlerdir. Bu peyniraltı suyu proteinlerinin ısıya ve düşük pH'ya karşı koruyucu etki gösterdiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, peyniraltı suyu proteinlerinin ısı etkisi ile denatürasyonunun, emülsifikasyon karakteristiklerini ve böylece mikroenkapsülleme özelliklerini etkilemesi beklenmektedir (Rosenberg ve Sheu, 1996).

Polipeptonlar, soya proteinleri ve jelatin türevleri gibi protein bazlı materyaller uçucu bileşikler ile kararlı emülsiyonlar oluşturabilmektedir. Jelatin, suda çözünebilen bir materyaldir ve jelatinler uçucu aroma bileşikleriyle püskürterek kurutulduğunda film oluşturabilme kabiliyetine sahiptirler. Bu lezzet verici jelatin kapsülleri gıdalarda kullanılan baharatlar ve diğer çeşnilerin kaplanmasında da kullanılabilmektedir. Jelatinin, maltodekstrin ve arap zamkı karışımına % 1 oranında katılması, püskürterek kurutmada etil bütiratın daha iyi tutulmasını ve daha iyi kontrollü salınımını sağlamaktadır. Bu durum; damla yüzeyindeki kabuk oluşumunun geliştiğini göstermektedir (Lee ve Rosenberg, 1999).

Sodyum kazeinat, amfifilik ve emülsifikasyon özelliklerinden dolayı yağlı materyalleri enkapsüle etmek için gerekli fiziksel ve fonksiyonel karakteristikleri sağlamaktadır (Hogan ve diğ., 2001). Önceki çalışmalar sodyum kazeinatın, portakal yağının kapsüllenmesi için etkili bir duvar materyali olduğunu göstermektedir. Sıvı yağları enkapsüle etmek için sodyum kazeinatın, peynir altı suyu proteinlerinden daha etkili bir

enkapsüle edici kaplama materyali olduğu ortaya konmuştur (Keogh ve O'Kennedy, 1999; Millqvist-Fureby, 2003).

2.4.2 Mikroenkapsülasyon Teknikleri

Kullanılan mevcut mikroenkapsülasyon yöntemlerinden bazıları püskürtmeli kurutma, püskürtmeli dondurma, akışkan yatakta kaplama, ekstrüzyon, santrifüjlü ekstrüzyon, dondurarak kurutma, koazervasyon (birlikte faz oluşturma), santrifüjlü süspansiyon ayırma, kokristalizasyon, lipozom tutuklama ile mikroenkapsülasyondur. Uygun yöntemin seçimi kaplanacak olan materyalin ve kaplama materyallerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlıdır (Desai ve Park, 2005; Kınık ve diğ., 2003; Koç ve diğ., 2008). Çizelge 2-7'da gıda endüstrisinde kullanılan bazı katkı maddelerine örnekler verilmiş ve bunların kaplama yöntemleri belirtilmiştir.

Çizelge 2-7. Fonksiyonel gıda katkı maddelerinin mikroenkapsülasyonu için kaplama materyalleri ve yöntemleri (Gharsallaoui ve diğ., 2007)

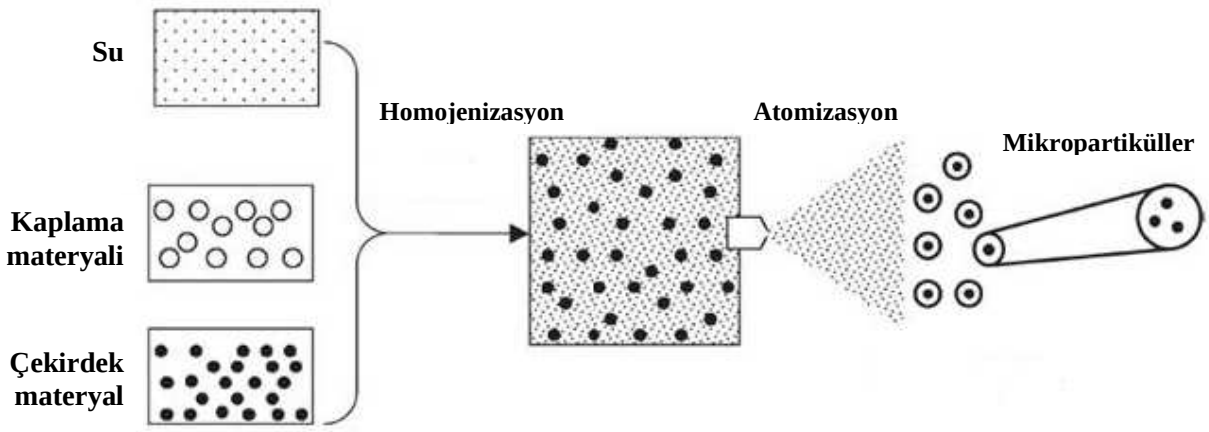
Katkı Maddeleri	Kaplama materyalleri	Olası Kaplanma Yöntemleri
Karbonhidrat	Nişasta, maltodekstrinler, kitozan, mısır şurubu, dekstran, modifiye nişasta ve siklodekstrin, pullulan...	Püskürterek kurutma, dondurarak kurutma, koazervasyon, enklüzyon kompleksi
Selüloz	Karboksimetilselüloz, metil selüloz, selülozasetat-fitalat, selülozasetat-bütilat fitalat…	Koazervasyon, püskürterek kurutma
Zamk	Arap zamkı, agar, sodyum aljinat	Püskürterek kurutma, enjektör metodu (jel yataklar)
Lipitler	Bal mumu, parafin, diaçilgliseroller, sıvı yağlar ve katı yağlar…	Dondurarak kurutma, lipozom tutuklama
Protein	Gluten, kazein, jelatin, albumin, peptidler…	Dondurarak kurutma, püskürterek kurutma

Bu bölümde sadece püskürtmeli kurutma yöntemi hakkında bilgi verilmiştir. Püskürterek kurutma yöntemiyle gerçekleştirilen mikroenkapsülasyon işlemi oksidasyona veya degradasyona (bozulma) karşı bazı koruyucu etki göstermek amacıyla sıvıları toza dönüştürmek amacıyla 1950'lerin sonlarından itibaren kullanılmaktadır (Desai ve Park, 2005). Püskürtmeli kurutma işlemi, kurutulması istenen, pompalanabilir akışkanın kurutma ortamı olarak kullanılacak yüksek sıcaklıktaki gaz akışkana püskürtülmesi ile katı/yarı katı hale geçmesi olarak tanımlanabilir.

Gaz olarak genellikle hava, nadiren de bir inert gaz olan azot kullanılmaktadır. Ürünün yüzey alanı püskürtme işlemi ile artırıldığından, 3-40 saniye gibi kısa sürede kurutma sağlanarak, yüksek son ürün kalitesi elde edilmektedir. Örneğin, 1 lt akışkan, 12 milyar parçacık halinde püskürtülerek, yaklaşık 30 m^2 yüzey alanında kurutma işlemi gerçekleşebilmektedir (Gharsallaoui ve diğ. 2007).

Püskürtmeli kurutma yöntemi, gıda endüstrisinde yaygın şekilde kullanılan yöntemlerden biridir. Püskürterek kurutma ile mikroenkapsülasyon, ilk süt tozu imalatı ile geliştirilmiştir. Süt püskürtmeli kurutucuda kurutulduğunda, proses bir mikrokapsülleme işlemi olarak düşünülebilmektedir. Laktoz ve süt proteinleri karışımından meydana gelen duvar materyali sayesinde süt yağı, oksidasyona karşı korunmaktadır (Gharsallaoui ve diğ., 2007). Ayrıca, laktozun oluşturduğu camsı faz, duvar matriksinin doğal hidrofilik yapısını geliştirmekte ve çözücünün duvar materyali tarafından difüzyonunu sınırlandırmaktadır (Moreau ve Rosenberg, 1993).

Genel olarak bu yöntemde gözlenen proses, bir kurutma yöntemi olarak düşünülmesine karşın, aktif materyalin koruyucu polimer bir matriks içerisinde tutuklanması nedeniyle, günümüzde mikroenkapsülasyon tekniği olarak kabul edilmektedir. Yöntemde uygulanan proses, işlemin gerçekleştirileceği emülsiyonun ve dispersiyonun hazırlanması, hazırlanan dispersiyon ve emülsiyonun homojenizasyonu ile elde edilen homojen kitlenin kurutma hücresindeki atomizasyonunu kapsayan üç aşamada gerçekleşmektedir. Püskürtmeli kurutma tekniği ile mikroenkapsülasyon işleminin şematik gösterimi Şekil 2.6'da gösterildiği gibidir (Dziezak, 1988).



Şekil 2.6. Püskürtmeli kurutma tekniği ile mikroenkapsülasyon işleminin şematik gösterimi

Yöntemde, elde edilen partiküllerin sertleşmesi sırasında suyun kaplama maddesi içerisindeki hızlı buharlaşma nedeniyle, kaplanan materyalin sıcaklığının 100^0C'nin altında kalması sağlanmaktadır. Söz konusu bu özellik yüksek sıcaklığa duyarlı ürünlerde yöntemin kullanılmasını olanaklı kılmaktadır. Bununla birlikte elde edilen partiküllerin çaplarının küçük olması nedeniyle, ingrediyenlerin çözünürlük özelliklerinin artışını sağlamaktadır. Ancak özellikle kuru karışımlarda meydana gelen ayrılma problemleri, yönteme bir aglomerasyon aşamasının ilavesi ile giderilebilmektedir.

Prosesin uygulamasında karşılaşılabilecek en önemli dezavantaj ise kaplanan materyalin işlem sırasında püskürtmeli kurutucunun iç yüzeyine yapışabilme olasılığıdır. Bu olgu, özellikle yumurta gibi yağ oranı yüksek ürünlerde oksidasyona neden olmakta ve son üründe aroma dengesinin değişmesi ile kendini göstermektedir (Stadelman ve Cotterill, 1995; Kınık ve diğ., 2003).

Püskürterek kurutma yönteminin, uçucu ve sıcaklığa dayanıklı olmayan maddelerin kapsülasyonunda kullanılan geliştirilmiş şekline, "soğuk kurutma prosesi" ismi verilmekte ve bu proseste kaplama maddesi içerisinde yayılmış halde bulunan çekirdek metaryal emülsiyonu, oda sıcaklığındaki ya da daha düşük sıcaklıktaki etil alkol ve polialkoller gibi kaynama noktası düşük sıvılar içerisine püskürtülerek vakumda kurutulmaktadır (Oran ve Toprak, 2009).

Püskürtmeli kurutma yönteminin olumsuz etkilerini azaltmak için çeşitli kaplama materyallerinin eklenmesinin yanı sıra, antioksidan ilavesi, vakum ya da modifiye paketleme işlemlerinin yapıldığı, depolama koşullarının (sıcaklık ve bağıl nem gibi) değiştirildiği, püskürtmeli kurutucunun giriş ve çıkış sıcaklıkları ile atomizasyon basıncının ayarlandığı birçok çalışma bulunmaktadır (Guardiola ve diğ., 1995a; Guardiola ve diğ., 1997; Caboni ve diğ., 2005; Obara ve diğ., 2006; Mazalli ve Bragagnolo, 2007)

Sonuç olarak, gıdaların mikroenkapsülasyonunda püskürtmeli kurutma yöntemi, en çok kullanılan ve ekonomik yöntemlerden biridir. Dondurarak kurutma ile karşılaştırıldığında püskürterek kurutma metodu 30-50 kata kadar maliyetlerde azalmaya neden olmaktadır (Desobry ve diğ., 1997). Püskürtmeli kurutma yöntemi, çeşitli mikroenkapsülasyon matrikslerinin kullanımı açısından uygundur ve kaliteli mikrokapsüllerin oluşmasına neden olmaktadır. Ayrıca kullanımı kolay ve ekipmanları kolayca temin edilebilmektedir (Dziezak, 1988).

2.5 Yumurtanın Fonksiyonel Özellikleri

Yumurta, emülsiye etme, köpürme, koagülasyon, besin destekleyici, renk ve tatta iyileştirme gibi fonksiyonel özelliklere sahiptir. Bu özellikleri, formülasyonuna eklendiği gıdaların stabilite, besin değeri ve tekstürel özelliklerinin gelişimini sağlamasında yardımcı olmaktadır. Fakat gerek kurutma ya da pastörizasyon gibi ısıl işlemlerin gerekse pompalama, homojenizasyon veya atomizasyon gibi fiziksel kuvvetlerin etkisiyle bu fonksiyonel özelliklerde değişimler gözlenmektedir (Stadelman ve Cotterill, 1995; Serdaroğlu ve Deniz, 2002). Özellikle kurutma işlemi sırasında sıvı yumurtadaki emülsiyonun kırılması sonucu veya kurutma öncesi yapılan homojenizasyon işlemi sonrasında köpürme ve jelleşme gibi en önemli fonksiyonel özellikler olumsuz etkilenebilmektedir (Rao ve Murali, 1989).

Bu bölümde yumurtanın bazı önemli fonksiyonel özellikleri ve yumurtaya uygulanan bazı endüstriyel işlemlerin etkisi incelenmiştir. Ayrıca yumurta ürünlerinin eklendikleri gıda ürünlerine sağladığı fonksiyonel özellikler Çizelge 2-8'de verilmiştir.

Çizelge 2-8. Yumurta ürünlerinin eklendikleri gıda ürünlerine sağladığı fonksiyonel özellikler (Kiosseuglou, 2003)

Yumurtanın bulunduğu gıda ürünü	Bulunduğu gıdada gösterdiği fonksiyonel özellik
Kek - pasta	Köpürme, koagülasyon, renk
Şekerleme	Kristal inhibiyonu
Krema - pudding	Koagülasyon, tat
Omlet	Koagülasyon, tat
Mayonez - salata sosları	Emülsiyon
Beze - sufle	Köpürme
Dondurma	Emülsiyon, tekstür
Kırmızı et ürünleri (sosis, salam vb.)	Koagülasyonla birleştirme
Balık ürünleri	Koagülasyonla birleştirme
Pan kek – krep - waffle	Lezzet, koagülasyon
Kuruvasan – tatlı çörek	Tekstür, lezzet
Erişte - makarna	Renk, lezzet, besin değeri
Sağlık ürünleri – bebek mamaları	Protein oranını arttırmak (yumurta beyazı ile)

2.5.1 Koagülasyon

Akışkan haldeki bir sıvının, katı veya yarı-katı hale geçmesi koagülasyon olarak tanımlanmaktadır. Yumurta ürünlerinin koagüle olması, dolayısıyla gıda ürünlerinde birleştirici ve özellikle kek, omlet ve puding gibi ürünlerde kıvam arttırıcı olarak görev alması en önemli fonksiyonel özelliklerinden biridir. Isıl işlem sonrasında yumurta proteinleri denatüre ve koagüle olmaktadır. Ayrıca yumurta proteinleri, mekaniksel kuvvet, tuz, asit ve alkali ile muamele yoluyla da koagüle olabilmektedir (Stadelman ve Cotterill, 1995; Koç, 2009).

Uygun kurutma ve depolama koşullarında yumurta tozu koagülasyon özelliklerini korurken, kurutma ve depolama boyunca koşulların değişim göstermesi koagülasyon

özelliklerinin ve çözünürlüklerinin değişim göstermesine olanak sağlamaktadır. Eğer yumurta ürününün yapısında doğal olarak bulunan glukoz, uygun yöntemlerle yumurtadan uzaklaştırılmamış ise kurutma, ısıl işlem ve depolama koşullarından çok daha fazla etkilenir. Çünkü glukoz bu durumda proteinler (aminoasitler) ve fosfolipitler (sefalin) ile reaksiyona girerek bozulmalara neden olmakta bu da diğer fonksiyonel özelliklerin olumsuz etkilenmesine yol açmaktadır (Stadelman ve Cotterill, 1995).

2.5.2 Köpürme

Köpük bir gazın ikinci ve sürekli bir faz içerinde dağılımı olarak tanımlanmaktadır (Murray ve Ettelaie, 2004; Alben ve İbanoğlu, 2006). Köpüklerin tanımlanmasında en çok kullanılan parametreler köpük oluşturma özelliği (köpük hacmi) ve köpük stabilitesidir. Köpük oluşturma özelliği proteinin büyük hacimde köpük oluşturma yeteneğidir ve proteinin gaz-sıvı ara yüzeyine hızlıca tutunabilmesiyle ilgilidir (Luck ve diğ., 2002). Köpükler gıda sanayinde ekmek, kek, dondurma, beze ve çeşitli fırınlanmış ürünlerde kullanılmakta bu ürünlerin kalitesini belirleyici özellik taşımaktadır (Pernell ve diğ., 2002).

Yumurtada % 80 (kuru bazda)'den fazla bulunan yumurta beyazı proteinleri, yumurtada köpük oluşturma ve jelleşmede en önemli faktördür. Özellikle yumurta beyazı köpürebilme özelliği bakımından yumurta sarısına göre çok daha üstündür. Çünkü yumurta beyazına çırpma kuvveti uygulandığında hava kabarcıkları sıvı albumine tutunarak daha fazla köpük oluşumuna sebep olmaktadır. Bununla beraber bütün yumurta ve yumurta sarısı, yumurta beyazına göre ısıya veya diğer fiziksel uygulamalara daha fazla dirençlidir. Örneğin bütün yumurtanın, 3000 psi basınçla yapılan homojenizasyon işlemi sonrasında köpürme özelliklerinde kayda değer bir azalma meydana gelmezken yumurta beyazında azalma meydana gelmiştir (Stadelman ve Cotterill, 1995).

Yumurtaya uygulanan her işlem basamağının fonksiyonel özellikler üzerine etkisinin incelendiği çalışmalar mevcuttur. Bunlar içerisinde Hammershoj ve diğ. (2004) yaptıkları çalışmada yumurta tozu üretiminde ultrafiltrasyon ve pastörizasyon aşamalarının fonksiyonel özellikler üzerinde en etkili basamaklar olduğu belirtilmiştir.

Ayrıca Le'chavalier ve diğ. (2007) yaptıkları bir başka çalışmada da yumurta beyazı tozu üretiminde uygulanan endüstriyel basamakların özellikle köpürme özelliği üzerine olumsuz etkisinin olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca çiğ yumurtanın işlenmesi sırasında uygulanan bazı işlem basamaklarında (filtrasyon, pompalama…) meydana gelen deformasyonun konsantre etme ve fermantasyon sırasında geliştiğini ortaya koymuşlardır.

2.5.3 Emülsiye etme

Emülsiyonlar, en basit tanımıyla birbirine karışmayan en az iki sıvının birbirleri içerisinde damlacıklar halinde dağıldığı heterojen sistemlerdir. Bu sistemler biri hidrofilik diğeri lipofilik olmak üzere iki fazdan oluşmaktadırlar. Bu iki faz, emülsiyonun iç ve dış fazı olarak adlandırılmaktadır (McClements ve diğ., 2005). Yumurta sarısı, yumurta beyazı ve bütün yumurta gıda ürünleri için iyi birer emülsiye edicidirler. Fakat emülsiye etme açısından sıralamaya sokulacak olunursa en iyi sonucu sırasıyla yumurta sarısı, bütün yumurta ve yumurta beyazı göstermektedir. Yumurta sarısının iyi bir emülsiye edici olmasında yapısında bulunan lesitoproteinler sorumludur (Stadelman ve Cotterill, 1995). Ayrıca bütün yumurtada bulunan eterde çözünmeyen maddeler, yumurtanın en iyi emülsiye edici kısmını oluşturmaktadırlar. Bununla birlikte kurutma işleminin bütün yumurtada emülsiye edici özelliği arttırdığı bildirilmektedir (Franke ve Kießling, 2002).

Bütün yumurta ve yumurta sarısı tozundan elde edilen mayonezin emülsiyon stabilitesinin 35^0C'de 3 aylık depolama süresince azaldığı gözlenmiştir. Ayrıca sıvı yumurtaya uygulanan ısıl işlem sonrasında emülsiyon özelliklerinde azalma meydana gelirken, tuz katkılı sıvı yumurtaya uygulanan yüksek sıcaklık-kısa süre pastörizasyonu sonunda emülsiyon özelliklerini koruduğu belirtilmiştir (Stadelman ve Cotterill, 1995).

2.5.4. Renk ve tat

Uygun kurutma ve depolama koşullarında tüm yumurta tozlarının renginde herhangi bir değişim olması beklenmemektedir. Fakat yumurtada bulunan renk pigmentleri oksidasyona son derece duyarlıdır ve kurutma sırasında aşırı sıcaklığa maruz

bırakıldığında renklerinde açılma eğilimi göstermektedir. Örneğin, kurutma sırasında büyük partiküller ortamdan rahatlıkla ayrılabildikleri için küçük partiküllere göre sıcak havayla daha az temas etmektedirler. Sonuç olarak küçük partiküllerin renginde kayıplar meydana gelebilmektedir. Bu yüzden püskürtmeli kurutucunun çok iyi tasarlanması ve en küçük partiküllerin bile hızlı bir şekilde kurutma ortamını terk etmesi sağlanmalıdır (Stadelman ve Cotterill, 1995).

Yumurta kendine has lezzeti olan bir ürün olmasının yanı sıra katıldığı gıdaların lezzetlerine de katkıda bulunmaktadır. Fakat uygun olmayan kurutma ve depolama koşullarında tatta kayıplar meydana gelebilmektedir. Bu durumu tetikleyen en önemli faktör yumurtanın yapısında doğal olarak bulunan glukozun varlığıdır. Bu yüzden, gıda endüstrisinde yol açtığı olumsuzluklar nedeniyle glukoz, sıvı yumurtadan pastörizasyondan önce uzaklaştırılmaktadır. Bu durumda üretilen yumurta tozunda tat ve renk kaybının çok az ya da hiç olmadığı belirtilmiştir (Ensminger, 1994; Hammershoj ve diğ., 2004).

2.6 Yumurtadaki Lipitler

Lipitler yumurtanın en önemli ikinci bileşenini oluşturmaktadır. Ortalama 60 g ağırlığındaki bir yumurtanın yağ içeriği yaklaşık 6 g'dır ve hemen hemen tamamı yumurta sarısında toplanmıştır. Yumurta sarısının ana bileşeni % 31.8-35.5 ile lipitler olup bunu % 15.7-16.6 protein, % 1.1 mineral ve % 0.2-1 karbonhidratlar izlemektedir. Yumurtanın lipit bileşiminde ise trigliseridler % 65.5, fosfolipitler % 28.3, serbest ve esterleşmiş formlarda bulunan kolesterol % 5.2, ve % 1'den az oranda serbest yağ asitleri bulunmaktadır (Rao ve Murali, 1989). Ultrasantrifügasyon işlemi yardımı ile yumurta sarısı 4 fraksiyona ayrılabilmektedir. Bunlar, çok düşük yoğunlukta lipit (VLDL) fraksiyonu (% 70), suda çözünen fraksiyonu (% 8), düşük yoğunlukta granül fraksiyonu (% 4) ve fosvitin-lipovitellin fraksiyonu (% 18)'dur. Yumurta lipitlerinin yaklaşık % 95'i VLDL fraksiyonunda bulunmaktadır. Fosvitin-lipovitellin fraksiyonu % 41 α-lipovitellin, % 38 β-lipovitellin ve % 21 fosvitin içermektedir (Gunstone ve diğ., 2007; Belitz ve diğ, 2009).

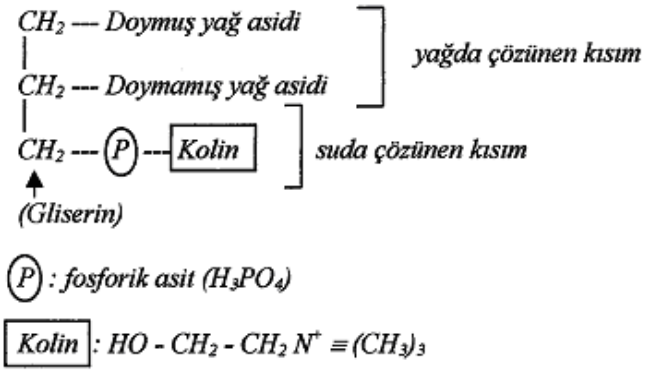
Yumurta lipitleri enerji ve yağda çözünen vitaminlerin kaynağı olmasının yanı sıra yumurta tozunun tat ve tekstürü üzerinde büyük etkisi bulunmaktadır. Bu da depolama stabilitesi ve pişirme kalitesinin doğrudan lipitlerin etkisinde olduğunu göstermektedir. Yumurta sarısındaki lipitlerin büyük bir kısmını trigliseridler ve fosfolipitler oluşturmaktadır (Gunstone ve diğ., 2007; Belitz ve diğ, 2009). Yumurta sarısında bulunan lipitler ve oranları Çizelge 2-9'da verilmiştir.

Çizelge 2-9. Yumurta sarısında bulunan lipitler ve oranları (Gunstone ve diğ., 2007)

Lipit Sınıfı	**Miktar (g/yumurta)**	**% Yağ (a/a)**
Nötral lipitler	3.71	61.7
Steroller (kolesterol)	0.29	4.8
Fosfolipitler	2.01	33.5
Fosfotidilkolin	1.47	24.5
Lisofosfotidilkolin	0.12	0.8
Sifingomiyelin	0.05	0.1
Fosfotidiletanolamin	0.30	5.0
Lisofosfotidiletanolamin	0.04	0.7
İnositol fosfolipitler	0.01	iz
Plazmalojen	0.02	iz
Aminoasilfosfolipit	iz	iz

Lesitin gliserinin primer ya da sekonder alkol grubundan birinin kolin ile esterleşmesi sonucunda meydana gelmektedir ve buna göre α-lesitin ya da β-lesitin diye adlandırılmaktadır. Yumurta sarısından elde edilen lesitin, % 80.5 fosfotidilkolin, % 11.7 fosfotidiletanolamin içermekle birlikte az miktarda lisofosfotidilkolin, sifingomiyelin ve nötral lipitleri bünyesinde barındırmaktadır (Harmancıoğlu, 1998).

Lesitinler, yumurta sarısı ve soya fasulyesi başta olmak üzere, maya, buğday özü ile karaciğer gibi hayvansal dokularda bulunmaktadır. Önemli bir lipoprotein kompleksi olan lesitin proteinleri yumurta sarısındaki emülsiyon özelliklerinden sorumludur. Ayrıca yumurta sarısı lesitini hem doymuş hem de doymamış yağ asitlerini içerdiği ve yapısında yağda çözünen ve suda çözünen grupları ihtiva ettiği için emülgatör olarak davranmaktadır (Palacios ve Wang, 2005). Lesitinin genel yapısı Şekil 2.7'de verilmiştir.



Şekil 2.7 Lesitinin genel yapısı

Yumurtaya bir ayrıcalık kazandıran kolesterol, insan ve hayvan organizmasında yer alan ve yapısında 4 halkalı steroid nüklousu ile bir hidroksil grubu içeren bir steroldür. İlk defa 1975 yılında safra taşından elde edilmiştir. '**Kole**' safra, '**stereas**' katı, '**ol**' eki ise bir alkol olduğunu ifade etmekte olup safra sterolü anlamına da gelmektedir. Kokusuz, sarımtırak renkli bir yağ benzeri olan kolesterol, lipitlerin sabunlaşmayan kısmını oluşturmaktadır.

Yumurtadaki kolesterol miktarı uzun yıllar 270 mg civarı olarak bildirilmiş olup son yayınlarda bu değer 195-213 mg olarak verilmektedir. Kolesterol miktarındaki bu azalmanın analizlerde daha duyarlı yöntemler kullanılması, tavukçulukta yapılan ıslah çalışmaları ve çevresel koşulların iyileştirilmesi ile yakından ilgisi bulunmaktadır. Ayrıca yüksek kolesterol içeriği nedeniyle yumurta ürünleri oksidasyona karşı son derece duyarlıdır. Özellikle yüksek ısı, oksijen, ışık, radyasyon, depolama gibi uygulamalara tabii tutulan yumurta ürünlerinde 30'dan fazla kolesterol oksidasyon ürünü oluşmaktadır (Rose-Sallin ve diğ., 1995).

Yumurtadaki lipitler gerek fonksiyonel özellikler açısından gerekse oksidasyon mekanizması için son derece önemlidir. Çünkü özellikle kurutma işlemi nedeniyle yumurta tozunda emülsiyonun kırılarak iyi emülsiye olmuş yağ globüllerinin daha büyük yağ globüllerine dönüşmesi köpürme özelliğini olumsuz etkilemektedir. Kurutma işlemi sırasında lipoprotein komplekslerinin yumurta tozunun fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri üzerinde etkili olan kalitatif ve kantitatif özelliklerinde büyük değişimler söz konusu olabilmektedir. Ayrıca yumurtadaki yağlar özellikle kurutma

işlemi sonrasında depolama sürecindeki tat değişiklerinden de sorumlu tutulmakta ve depolama koşulları ve su aktivitesine bağlı olarak gerçekleşen hidrolitik ve oksidatif bozulmalar sonucunda kötü koku oluşturmaktadır (Rao ve Murali, 1989).

2.6.1 Yumurtadaki yağ asitleri

Yağ asitleri; hidrokarbon zincirindeki karbon sayısı, zincir uzunlukları, karbon atomları arasında çift bağ bulunup bulunmaması, çift bağ varsa yeri ve sayısı ve doymamışlık dereceleri gibi özellikler bakımından birbirinden ayrılmaktadırlar (Dönmez, 1998; Baydar, 2000; Demirci, 2005). Karbon zincirinde bulunan karbon atomları (C), hidrojen (H) ile doyurulmuş ise "doymuş yağ asitleri ", doyurulmamış ve aralarında bir ya da birden fazla çift bağ bulunması durumunda "doymamış yağ asitleri "adını almaktadırlar (Kayahan, 2003). Palmitik asit ($C_{16:0}$), laurik asit ($C_{12:0}$), miristik asit ($C_{14:0}$), stearik asit ($C_{18:0}$), araşidik asit ($C_{20:0}$) ve behenik asit ($C_{22:0}$) yumurtada bulunan en önemli doymuş yağ asitleridir (Guardiola ve diğ., 1995a; Kayahan, 2003).

Yapılarında bir çift bağ içeren yağ asitleri tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) veya *monoenoik yağ asitleri* olarak isimlendirilmektedir. Bu grubun yumurta sarısında bulunan en önemli üç üyesi, palmitoleik asit ($C_{16:1}$), oleik asit ($C_{18:1}$) ve miristoleik asittir ($C_{14:1}$) (Etherton, 1999). Birden fazla çift bağ içeren yağ asitleri ise çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) veya *poliyenoik yağ asitleri* olarak isimlendirilmektedir. Çoklu doymamış yağ asitleri kendi arasında omega-3 (n-3, ω-3) ve omega-6 (n-6, ω-6) yağ asitleri olarak ikiye ayrılmaktadır (Dönmez, 1998) Linoleik ($C_{18:2}$), linolenik ($C_{18:3}$), araşidonik ($C_{20:4}$), eikosapentaenoik ($C_{22:5}$) ve dokosahegzaenoik ($C_{22:6}$) asitler yumurtada bulunan çoklu doymamış yağ asitlerinin en önemli örneklerindendir (Guardiola ve diğ., 1995a).

Yumurta sarısında temel yağ asitleri palmitik ve oleik asittir. Fakat bunların triaçilgliserol ve fosfolipitlerdeki yoğunlukları farklılık göstermektedir. Triaçilgliseroller yaklaşık % 46 oleik, % 25 palmitik, % 15 linoleik ve % 6 stearik asit içerirken, fosfolipitler yaklaşık % 30 oleik, % 28 palmitik, % 14 linoleik ve % 15 stearik asit içermektedir. Fosfolipitler aynı zamanda araşidonik ve dokosaheksaenoik asit gibi çok

uzun zincirli PUFA'ları da bünyesinde bulundurmaktadır. Yumurta sarısının temel fosfolipit bileşenleri fosfatidilkolin ve fosfatidiletanolamindir. Bunlar yağ asidi bileşenleri ve moleküler dağılımları açısından büyük farklılıklar göstermektedir. Her ikisi de doymamış çoklu yağ asitleri açısından zengin olup fosfatidiletanolamin, araşidonik ve dokosaheksaenoik asit açısından son derece zengindir (Gunstone ve diğ., 2007).

Yumurta ve ürünlerinde PUFA oranı yaklaşık % 25-30 civarındadır. Özellikle yumurta sarısı doymamış yağ asitleri açısından son derece zengindir. Bununla birlikte, yumurtada PUFA miktarının fazla olması oksidatif stabiliteyi düşürücü etki göstermektedir. Çünkü yağ asitleri içerisinde oksidasyona karşı en duyarlı yağ asitleri PUFA'lardır ve ısısal işlem ve depolama etkisiyle azalma göstermektedir. Yapılan bir çok çalışmada PUFA'daki azalma oksidasyon varlığı için indikatör görevi üstlenmiştir (Guardiola ve diğ., 1995a,b; Mazalli ve Bragagnola, 2007; Özyurt ve diğ., 2007). Ayrıca PUFA'lar peroksidasyona karşı duyarlı oldukları için perokside olmuş yağ asitleri, bulunduğu hücre zarının dayanıklılığını bozarak veya diğer serbest radikal oluşumlarına zemin hazırlayarak birçok probleme sebep olabilmektedirler. Bu nedenle PUFA'ların çeşitli yöntemlerle (mikroenkapsülasyon, antioksidan ilavesi ve vakum paketleme gibi) koruma altına alınması gerekmektedir (Dönmez, 1998; Guardiola ve diğ., 1995a; Yaprak ve diğ., 2003).

Guardiola ve diğ. (1995a) yaptıkları çalışmada yumurta tozunu hem püskürtmeli kurutucuda hem de dondurarak kurutma yöntemi uygulayarak üretmişlerdir. Ayrıca her iki yumurta tozuna çeşitli antioksidanlar farklı miktarlarda ilave edilmiş ve paketleme koşulları değiştirilerek oluşan değişimler gözlenmiştir. Çalışmaya göre, püskürtmeli kurutucuda elde edilen yumurta tozundaki PUFA kaybının dondurarak kurutulan yumurta tozuna göre daha yüksek olduğu ve vakum ambalaj ile antioksidan ilavelerinin özellikle araşidonik asit ($C_{20:4}$ n-6) ve dokosahegzanoik asit ($C_{22:6}$ n-3) üzerinde olumlu etki gösterdiği ortaya konmuştur.

Omega 3 ve 6 yağ asitleri (Çizelge 2-10) bazı bitkisel kaynaklı ürünlerde, yumurta ve ürünlerinde, deniz ürünlerinde bol miktarda bulunmaktadır. Özellikle balık ve balık yağında EPA ve DHA yüksek oranlarda iken, son zamanlarda yapılan bazı araştırmalarla

yemlerin bu yağ asitlerince zenginleştirilmesi sonucunda tavuk etinin ve yumurtasının doymamış yağ asitleri oranının arttırılması mümkün olmuştur (Narayan ve diğ., 2006; Shin ve diğ., 2007; Canbulat,2008).

Çizelge 2-10: Omega 3 ve 6 yağ asitlerini bulunduran bazı gıda kaynakları (Narayan ve diğ., 2006)

Yağ Asidi	Gıda Kaynağı
(i) Omega -6	
LA, linoleik asit ($C_{18:2}$ n-6)	Bitkisel yağlar (mısır, ayçiçeği, soya, aspir), et ürünleri
AA, Araşidonik asit ($C_{20:4}$ n-6)	Sadece hayvansal kaynaklı ürünler (et, yumurta)
(ii) Omega -3	
ALA, (LNA) alfa-linolenik asit ($C_{18:3}$ n-3)	Keten tohumu, kanola yağı, ceviz
EPA, eikosapentaenoik asit ($C_{20:5}$ n-3)	Balık, balık yağı, deniz ürünleri
DHA, dokosaheksaenoik asit ($C_{22:6}$ n-3)	Balık, balık yağı, yumurta ve süt ürünleri

Yumurta, yemlerde yapılan değişiklikler ile n-3 yağ asitleri tarafından kolayca zenginleştirilebilmesinden dolayı potansiyel bir n-3 yağ asidi kaynağıdır. Yapılan çalışmalarda, n-3 yağ asitlerince zengin yumurtaların, kalp-damar hastalıklarını azalttığı, terapötik ve koruyucu etki gösterdiği yönünde sonuçlar bildirilmiştir. n-6 ve n-3 yağ asitlerinin vücutta kullanımının yararlı etkiler göstermesi için n-6/n-3 oranının belirli bir düzeyde olması gerekmektedir. Daha eski yıllarda n-6 yağ asitlerinin n-3 yağ asitlerine oranı 2:1 olarak önerilirken, günümüzde hazırlanan diyetlerin PUFA düzeyine bağlı olarak bu oran değişmektedir. Ayrıca insan sağlığı açısından diyetlerdeki n-6 ve n-3 yağ asitleri için 4/1 - 8/1 oranlarının optimal aralık olduğu bildirilmiştir. Kardiyovasküler hastalıklarda n-6/n-3 oranının 4/1 olması halinde ölüm oranlarında % 70 azalma olduğu yine aynı oranın beyin fonksiyonları için optimal oran olduğu bildirilmiştir (Mori,1999; Morris,1993; Bao,1998; Weisinger ve diğ., 2001; Kaya ve diğ., 2004; Gebauer ve diğ, 2008; Samman ve diğ., 2009)

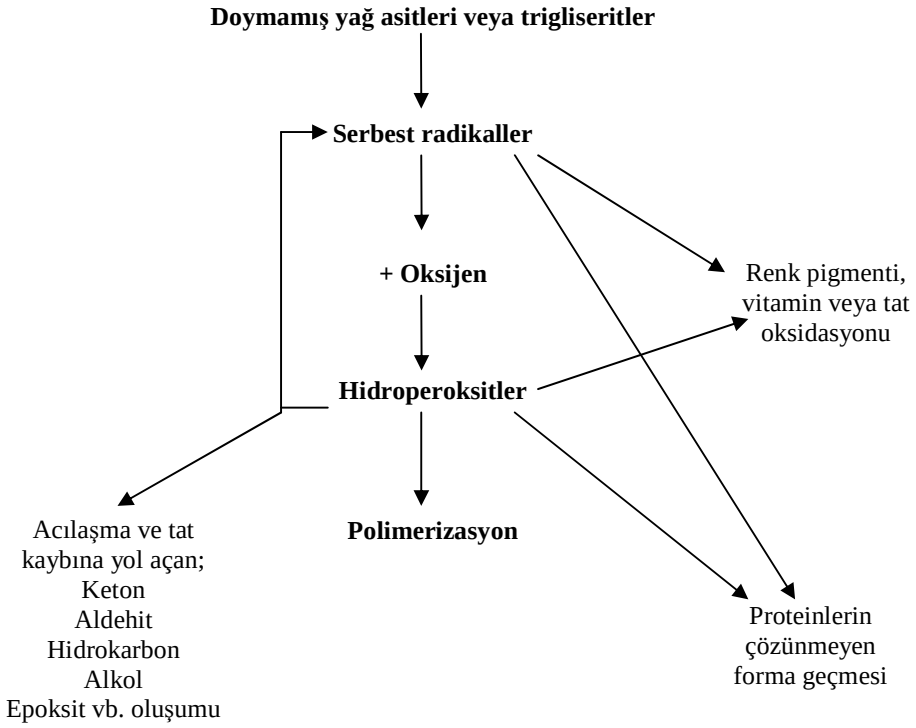
2.6.2 Lipit oksidasyon mekanizması

Lipit oksidasyonu, çoklu doymamış yağlarda çeşitli katalizörlerin etkisi ile oluşan, oktet açıklarına oksijen bağlanmasıyla devam eden bir kimyasal reaksiyon zinciridir. Bu olay sonucu esansiyel yağ asitlerinin bozunmasıyla, gıdalarda acılaşma (ransidite) olarak da bilinen kötü tat, koku ve aroma oluşmakta, gıda maddesinin besin değeri olumsuz yönde etkilenmekte ve insan sağlığı açısından tehdit oluşturmaktadır (Saldamlı, 1998). Bu değişimler tüketicilerin ilgili gıda maddesine olan güvenini sarsmakta ve gıda sanayinde ekonomik anlamda kayıplara neden olmaktadır.

Yağ oksidasyonunun kimyasal yapısı incelendiğinde yağların yaklaşık % 98'inin trigliseritlerden oluştuğu ve oksidasyonun oleik, linoleik ve linolenik asit gibi doymamış yağ asitlerini etkilediği görülmektedir. Yapılan çalışmalarda yağların oksidasyon hızının; oksijen konsantrasyonu, yağ/oksijen temas yüzeyinin genişliği, yağ asitlerinin tipi, depolama koşulları (sıcaklık, nem vb), pro-oksidan ve antioksidan miktarı ve etkinlik dereceleri gibi faktörlerden etkilendiği belirtilmiştir (Kayahan, 2003).

Lipit oksidasyonunun başlama, yayılma, dallanma ve terminasyon olarak isimlendirilen dört aşamada gerçekleştiği bildirilmektedir. Başlama adımının kimyasal işlem süreci ya moleküler oksijen tarafından organik bir materyalden (doymamış yağ asitleri) kendi kendine bir hidrojen atomunun bağlanması şeklinde ya da hidroperoksit bileşikler meydana getirmek için bir oksijen molekülünün çift bağa bağlanması şeklinde olmaktadır. İkinci aşama olan yayılma aşamasında, kritik seviyede serbest radikal oluşmaya başlamakta ve zincir reaksiyonlar hızlanarak oksidasyonun hızı artmaktadır. Bu durumda oksijen hızla absorbe olmakta ve peroksidasyon serbest radikallerin etkisiyle hızlanmaktadır. Yayılma basamağında görülen hidroperoksit oluşumu, dallanma aşamasında monomoleküler ve bimoleküler bozunmaya dönüşmektedir. Terminasyonda ise stabil radikal oluşumu söz konusudur. Hidroperoksitlerin parçalanmasıyla aldehitler, ketonlar, alkoller, hidrokarbonlar ve diğer ürünler oluşmaktadır. Tepkimenin bu basamağını Cu, Fe, Co gibi metal iyonları hızlandırmaktadır (Belitz ve diğ., 2009). Ayrıca lipit oksidasyon ürünlerinin, proteinler ve enzimler gibi diğer gıda bileşenleriyle reaksiyonu gıda maddesinin besin değerinde de azalmaya neden olmaktadır (Özçelik ve Evranuz, 1998).

Lipitlerde oluşan oksidatif tepkimeler, oluşum şekillerine ve koşullarına bağlı olarak, kimyasal ve enzimatik olabildiği gibi otokatalitik, termik oksidasyon, oksi-polimerizasyon ya da bunların karışımı şeklinde ortaya çıkabilmektedir. Ancak hangi şekilde olursa olsun, lipit oksidasyonunda daima, yapıda yer alan doymamışlık ve ortamdaki oksijen, tepkimelerin başlamasına neden olan iki temel faktördür. (Kayahan, 2003). Şekil 2.8'de lipit oksidasyon mekanizması şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.8 Lipit oksidasyon mekanizması (Anon, 2011)

Oksidasyon başlaması için moleküler oksijene gereksinim duyulmaktadır. Oksidasyon olayı başladıktan sonra kendiliğinden devam ettiği için buna *otooksidasyon* denmektedir. Otooksidasyon, yağ asidindeki çift bağ sayısıyla doğru orantılı olarak hız kazanmaktadır (Kilcast ve Subramaniam, 2000). Lipitlerin otooksidasyonu, çok sayıda ve birbiri içine girmiş karmaşık tepkimelerin tümünü kapsadığı için oldukça kompleks bir mekanizmaya sahiptir. Nitekim gıda maddelerindeki lipit oksidasyonu çok kademeli olduğu için bu kademelere ilişkin oluşum mekanizmalarının açıklanması, ancak model çalışmalar üzerinden yapılabilmiştir (Kayahan, 2003).

Kurutma işlemi gibi ısıl işlemler sonucu oluşan *termik oksidasyonda*, lipitler 60°C'nin üzerinde ısıl işleme tabii tutularak otooksidatif tepkimelerin seçiciliği azalmakta ve oluşan hidroperoksitler, derhal hidroksi ve alkoksi radikallere parçalanmaktadır. Oluşan bu yeni ürünler çok aktif maddeler olmaları nedeniyle, doymuş yağ asitlerinden bile H^+ iyonu çekerek kendilerine bağlarken, yeni aktif radikallerin oluşumuna neden olmaktadırlar. Ancak bu oluşumda otooksidasyonda olduğu gibi allil bağa yakınlık söz konusu olmadığından, meydana gelebilecek aktif radikallerin dolayısı ile oluşacak oksidasyon ürünlerinin çeşitliliği çok hızlı bir şekilde artmaktadır (Kayahan, 2003).

Yumurta çoğunluğu sarısında bulunmak üzere yaklaşık % 11 oranında yağ içermektedir ve yağ asitlerinin çoğunluğunu doymamış yağ asitleri oluşturmaktadır. Bu nedenle yüksek ısıl işlem, atomizasyon basıncı ve püskürtmeli kurutma sırasında meydana gelen oksijen akışı sayesinde doymamış yağ asitlerinde bulunan çift bağların bozunması ile oksidasyona yatkınlık artmaktadır. Bunun sonucunda peroksit formlarının oluşumu yumurtanın tadında, tekstüründe, renginde değişimlere, besin değerinin azalmasına ve toksik maddelerin oluşumuna neden olmaktadır. Yapılan çalışmalarda vakum paketleme, antioksidan ilavesi ve mikroenkapsülasyon işlemlerinin yumurta tozunda oksidatif stabiliteyi arttırdığı belirtilmiştir (Guardiola ve diğ., 1994; Mazalli ve Bragagnolo, 2007).

2.6.2.1 Oksidasyonu hızlandıran etkenler

Gıda maddeleri pek çok bileşenden oluşan bir matriks olup, çok farklı faktörlerin aynı anda etkilendikleri ortamlarda bulunmaktadırlar. Gıdalarda acılaşmaya neden olan reaksiyonların hızını etkileyen faktörler gıda maddesinin nemi, bileşiminde bulunan enzimler, metaller, antioksidanlar, içinde bulunduğu ortamın sıcaklığı ve ışıktır. Genel olarak bu etkenler gıda maddesini aynı anda etkilemekte olduğundan birbirinden ayırmak son derece güçtür (Özçelik ve Evranuz,1998).

Proteinlerin çapraz bağlanmaları, enzim inaktivasyonu, amino asit parçalanması, proteinlerde serbest radikal oluşumu ve floresan pigmentlerinin oluşumu gibi lipit oksidasyonunun başlattığı pek çok reaksiyon, su aktivitesinden etkilenmektedir. Gıda maddeleri sahip oldukları nem düzeyine göre yüksek, orta ve düşük nemli gıdalar olarak

sınıflandırılırlar. Yapılan çalışmalarda nem içeriği düşük gıdalarda lipoksigenazın teşvik ettiği oksidasyonun, artan a_w ile arttığı belirtilmiştir. Genel olarak, düşük nemli gıdalarda ($a_w < 0.1$) lipit oksidasyon hızı yüksektir. 0.1-0.2 a_w'lerde suyun artmasıyla dokudaki oksijen çıkmakta, reaksiyonu katalizleyen metaller hidrate olmakta ve yağ-su ara yüzeyinde oluşan hidroperoksitlere hidrojen bağlanarak hidroperoksit sayısında azalma olmaktadır. 0.2-0.6 arasındaki a_w'lerde metaller, şelat yapan ajanlar ve antioksidanlar suda çözündüğü için metallerin bağlandığı ve antioksidanların etkin hale geçerek lipit oksidasyonunu yavaşlattığı belirtilmektedir. $a_w>0.6$ olduğu zaman oksidasyon hızı tekrar artmaya başlamaktadır. Buna neden olarak protein gibi makro moleküllerin şişerek peroksitlerin birleşebileceği katalitik yüzeyler oluşturması ve giderek artan su miktarının kataliz mobilitesini arttırması gösterilmiştir (Reed ve diğ., 2002; Kayahan, 2003; Obara ve diğ., 2006).

Sıcaklığın yağ oksidasyonuna etkileri daha çok alkil peroksitlerin parçalanmalarında yani 'yayılma' aşamasında görülmekte, açığa çıkan serbest yağ asitleri, reaksiyonu trigliseritlerden daha çok hızlandırarak biyokatalizör görevi görmektedirler. Sonuç olarak SFA/PUFA oranında değişme gözlenmektedir. Sıcaklığın diğer bir fonksiyonu da konsantrasyona bağlı olarak prooksidan veya antioksidan etki yapabilen suyu uçurmasıdır.

İki veya daha fazla değerliğe sahip metal iyonları lipit oksidasyonunu katalize eden önemli bir etkendir. Metaller proses aşamasında bulaşabileceği gibi gıdanın içerisinde de doğal olarak bulunabilmektedirler. Metal iyonlarının aktivitesi, metal iyonunun karakterine ve konsantrasyonuna bağlıdır (Ertaş, 1998). Geçiş metalleri, sıcaklığın etkisinden farklı olarak hidroperoksitlerin bozunması ile oluşan ikincil ürünlerin oluşumunu katalize ettiklerinden 'sekonder katalizör' adını alırlar. Metal iyonlarının substrattan bir elektron alarak veya vererek zincir reaksiyonları başlattıkları veya serbest radikal oluşturdukları belirtilmektedir. 7 metal baz alınarak yapılan çalışmada katalitik etkide büyüklük sıralamasının; Cu>Mn>Fe>Cr>Ni>Zn>Al olduğu belirtilmektedir (Kilcast ve Subramaniam, 2000).

Lipit oksidasyonunu katalizleyen enzimlerin başında lipoksidaz ve peroksidaz enzimleri gelmektedir. Belli sıcaklık ve sürede uygulanan ısıl işlem sonrasında her iki enzim de

zarar görmektedir. Isıl işlemin uygulanmadığı durumlarda ise depolama süresinin artmasıyla lipaz enziminin aktivitesi bir müddet arttıktan sonra stabil hale gelmektedir.

Işık lipit oksidasyonu üzerine gıdanın işlenmesi aşamasından ve depolanması sırasında hızlandırıcı yönde etkili olmaktadır. Genellikle floresan ışığı, tungsten lambası veya gün ışığından daha fazla katalitik etki yaptıysa da bu etki üründen ürüne farklılık göstermektedir (Özçelik ve Evranuz, 1998).

Katalizör olarak görev yapan pek çok faktörün yanı sıra, gerek gıdada doğal olarak bulunan (askorbik asit, klorofil ve klorofik türevleri, zein, buğday gluteni, soya proteini, ovalbumin…) gerekse dışarıdan eklenebilen [EDTA, BHA (Butillenmiş hidroksianisol), BHT (Bütillenmiş hidsoksitoluen), TBHQ (Tersiyer bütilhidrokinon), NDGA (nordihidroguayretetik asit), askorbil palmitat vb.] antioksidanların lipit oksidasyonu önleyici etkileri vardır (Kilcast ve Subramaniam, 2000). Ancak BHT ve BHA gibi sentetik antioksidanların kullanımı Türk Gıda Kodeksi'nde (Tebliğ no:2008/69) sınırlandırılmıştır. Hatta birçoğunun doz aşımında kanserojen özelliklere sahip olabileceği bildirilmiştir (Yağcı ve diğ. 2006).

2.6.2.2 Oksidasyonu önleyici tedbirler

Yağların oksidasyonunu önlemek için oksidasyona yol açan çevre koşulları ve diğer faktörlerin kontrol altına alınması gerekmektedir. Lipitlerde özellikle doymamış yağ asitlerine bağlı olarak oluşan oksidatif bozulmalar belli yöntemlerden yararlanılarak önlenebilmektedir. Bunlardan birincisi, gıda maddesinin işleme ve depolama sırasında mümkün olduğunca oksijenle, ısı ve ışıkla temasının kesilmesi işlemidir. Bunun mümkün olmaması halinde gıda maddesinin içerisine enzim ilavesiyle yağ içerisindeki erimiş olarak bulunan oksijenin lipitlerle tepkimeye girmeden, enzim tarafından kullanılması sağlanmaktadır (Saldamlı, 1998). Yüksek maliyeti nedeniyle uygulamada pek kullanılmayan inert bir gaz ortamında muhafaza ve gıdaların mümkün olduğunca düşük sıcaklık derecelerinde ve ışıktan korunarak depolanması ise bu amaçla kullanılan diğer muhafaza yöntemlerindendir (Stadelman ve Cotterill, 1995).

Lipitlerde oluşabilecek oksidatif tepkimeleri önlemek için yararlanılan bir diğer yol, antioksidan maddelerin kullanılması olup, diğerlerine kıyasla daha etkili bir yöntemdir. Çünkü ortamda antioksidan maddeler bulunması halinde, oksidatif tepkimelerin başlangıcında oluşan oksi- ve peroksit radikallerinin zincir tepkimelerine girmesinden ve tepkimelerin otokatalitik bir karakter kazanmasından önce önlenmeleri mümkün olmaktadır. Ancak özellikle yumurta gibi yağ oranı yüksek gıdalarda kullanılacak antioksidanların, katıldığı maddenin renk, tat ve koku gibi özelliklerini olumsuz yönde etkilememesi ve ortamda homojen olarak çözünmesi gerekmektedir. Bunun dışında gıdalarda kullanılacak antioksidan maddelerin toksik olmaması, az miktarda katıldığında bile etkili olması, kolaylıkla tedarik edilmesi, ısıl işlem sırasında etkinliğini yitirmemesi ve düşük maliyetli olma gibi özelliklere sahip olması gerekmektedir (Kayahan, 2003; Belitz ve diğ., 2009).

Bunun dışında karbonhidrat ve protein bazlı kaplama materyalleri veya bunların her ikisi yardımıyla yapılan mikroenkapsülasyon yönteminin de oksidasyona duyarlı gıdalarda stabiliteyi arttırması açısından son derece başarılı olduğu bildirilmektedir (Koç, 2008). Özellikle karbonhidrat ve protein bazlı kaplama materyallerinin kullanıldığı mikroenkapsülasyon işleminde yağ molekülleri kaplama materyali içerisine hapsedilerek gerek ısıl işlem gerekse depolama boyunca oksidasyona karşı duyarlılığın azaltılması sağlanabilmektedir (Stadelman ve Cotterill, 1995).

2.6.2.3 Oksidasyon ürünlerinin sağlık üzerine etkileri

Gıdalardaki lipitlerin oksidasyonu sadece reaksiyon sonucu oluşan kötü tat ve koku açısından önemli değildir. Son yıllarda yapılan bazı araştırmalar oksidasyon sonucu oluşan ürünlerin sağlık açısından ciddi tehdit unsuru oluşturduğuna yönelik bulgular ortaya koymaktadır (Guardiola ve diğ., 1997). Özellikle kolesterol açısından zengin ürünlerde oksijen, ışık, ısı, radyasyon, serbest radikaller, metal iyonları, uygulanan proses ve diğer faktörlerin etkisi ile kolesterol oksidasyon ürünleri (COP) bir diğer adıyla oksisteroller oluşmaktadır (Pie ve diğ., 1990; Guardiola ve diğ., 1994; Rose-Sallin ve diğ., 1995; Savage ve diğ., 2002; Ubhayasekera ve diğ., 2004; Hur ve diğ., 2007; Mazalli ve Bragagnolo, 2007). Gıdalarda en fazla bulunan COP'lar şunlardır; 5β, 6β-

epoksikolestan-3β-ol (β-epoksit), kolest-5-en-3β,7βdiol (7β-OH), kolest-5-en-3β,7α-diol (7α-OH), 7-oksokolest-5-en-3β-ol (7-keto), kolest-5-en3-β,25-diol (25-OH) (Ubhayasekera ve diğ., 2004). Yapılan bir çok çalışma kolesterol oksidasyon ürünlerinin atherojenik, sitotoksik, mutajenik ve karsinojenik etkisinin olduğunu göstermektedir (Anon, 2009; Pie ve diğ., 1990; Guardiola ve diğ., 1995a,c; Ubhayasekera ve diğ, 2004).

Yumurtada ortalama 200-220 mg kolesterol bulunmaktadır. Bu değerin tereyağı ve et ürünlerindekinden iki kat, süt ürünlerindekinden 10 kat daha fazla olmasından dolayı kolesterol oksidasyon açısından risk grubundadır (Valenzuela ve diğ., 2003). Özellikle püskürtmeli kurutucuda üretilen bütün yumurta tozu ve yumurta sarısı tozu uygulanan yüksek ısıl işlem nedeniyle kayda değer oksisterol kaynaklarıdır.

COP, taze ürünlerde yok denecek kadar az iken, uygulanan ısıl işlem ve depolama sürecinde hızla artış göstermektedir. Bu nedenle COP'un oluşmasını ve çoğalmasını önleyici uygulamalar önem kazanmaktadır. Bu amaçla gıdalara çeşitli antioksidanlar ilave edilebildiği gibi (Grau ve diğ., 2001; Valenzuela ve diğ., 2003) farklı ambalajlama teknikleri kullanılarak da (Mazalli ve Bragagnolo, 2007) COP ürünlerinin önüne geçilmeye çalışılmıştır. Ayrıca çeşitli kaplama materyalleri kullanılarak yapılan mikroenkapsülasyon işleminin de COP üzerine etkili olabileceği düşünülmektedir.

Yağların otooksidasyonu gıdanın besin değerini azaltmasının yanında, bu olay sonucunda meydana gelen hidroksiperoksitler, kötü kokulu bazı karbon bileşenleri, malonik dialdehit, alkan ve alken gibi bileşenler; yağların duyusal ve kimyasal kalitesini etkilemekte ve vücutta kanser, diyabet, kalp hastalıkları ve doku hasarlanması gibi olumsuz durumlara da yol açmaktadır (Kaya ve diğ., 2004; Gebauer ve diğ, 2008; Dıraman ve Hışıl, 2009). Yapılan pek çok araştırma, yağın oksidasyonu sonucunda oluşan ürünlerin, dolayısıyla ileri derecede okside olmuş yağların kanserojen ve mutajen etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bu nedenle gıda maddesinin oksidasyona karşı gerek üretim sırasında gerekse depolama süresince korunabilmesi için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Denemelerde hammadde olarak ticari bir firmadan temin edilen pastörize sıvı yumurta kullanılmıştır (Mix Food Company, Izmir, Türkiye). Örneklerin başlangıç ortalama toplam kuru madde içeriği yaklaşık % 24'dür. Deneme öncesinde örnekler +4ºC buzdolabı koşullarında muhafaza edilmiştir. Mikroenkapsülasyonda kullanılan kaplama materyalleri; 200 bloom derecesinde jelatin (Çağdaş Kimya, İstanbul, Türkiye), pullulan (Hayashibara International Inc, Leatherhead, UK) ve laktoz (Merck, Darmstadt, Almanya) gıdalarda kullanılabilir saflıktadır.

3.2 Yöntem

3.1.1 Püskürtmeli kurutucu

Kurutma işlemi, Ege Üniversitesi pilot tesisinde bulunan pilot ölçekli püskürtmeli kurutucuda (Niro Mobile Minor Unit, Kopenhag, Danimarka) (Şekil 3.1) gerçekleştirilmiştir. Cihaz 1.20 m yükseklikte, yalıtılmış, üst kısmı silindirik, alt kısmı konik bir kurutma kabininden oluşmaktadır. Atomizörün bulunduğu haznenin çapı 0.87 m'dir. Basınçlı hava ile 23000-32000 dev/dak hız aralığında ayarlanabilen santrifüj etkili disk atomizör, kurutulacak materyali çok küçük damlacıklar halinde kurutma kabinine dağıtmaktadır. Isıtıcı, panel üzerindeki düğmeler sayesinde ayarlanarak istenilen hava giriş sıcaklıkları elde edilmekte ayrıca yine aynı düğmelerle basınç ve güç ayarı yapılabilmektedir. 80 kg/s hava emme kapasiteli fan yardımı ile emilen hava, elektrikli ısıtıcılar yardımı ile istenilen giriş sıcaklığına ısıtılmakta ve kurutma haznesine yukarıdan paralel akımlı olarak beslenmektedir. Girişte ve çıkışta bulunan ısıleşler yardımı ile giren ve çıkan havanın sıcaklığı ölçülmektedir. Kurutulmuş ürün havadan bir siklon seperatörde ayrılmakta, ürün kabinin alt kısmındaki ürün toplama kabından alınmaktadır (Koç, 2008; Koç, 2009).



Şekil 3.1 Kurutma işleminde kullanılan Niro-Atomizör pilot ölçekli püskürtmeli kurutucu

3.2.2 Püskürtmeli kurutma yöntemi

Koç (2009)'un çalışmasında püskürtmeli kurutucuda yalın yumurta tozu üretimi için optimum işlem koşulları belirlenmiştir. Gerçekleştirilen ön denemeler ve literatürden elde edilen bilgiler sonucunda seçilmiş olan üç bağımsız değişken; püskürtmeli kurutucu hava giriş sıcaklığı, hava çıkış sıcaklığı ve atomizasyon basıncı olarak belirlenmiştir. (Guardiola ve diğ., 1995a,b, 1997; Stadelman ve Cotterill, 1995; Franke ve Kießling, 2002; Koç, 2009) Optimizasyon işlemi için püskürtmeli kurutma işlem koşullarından hava giriş sıcaklığı 165-195^{0}C, hava çıkış sıcaklığı 60-80^{0}C [istenen çıkış sıcaklığı besleme hızı (peristaltik pompa ile) ayarlanarak kontrol edilmiştir.] aralığında olacak şekilde deneysel tasarıma göre ayarlanmıştır. Bu sınırlar ön denemelerde de test edilmiştir. Püskürtmeli kurutucu giriş ve çıkış sıcaklıklarının yanı sıra atomizör hava basıncının (196-392 kPa) ürün kalitesi üzerine etkisi planlanan deneme desenine göre incelenmiştir.

Çizelge 3-1. Yapılan optimizasyon işlemi sonrasında belirlenen en uygun işlem parametreleri

Hava çıkış sıcaklığı	72.5^0C
Hava giriş sıcaklığı	171.8^0C
Atomizasyon basıncı	392 kPa
Sıcak hava akış hızı	1.54 m^3/dak

Yapılan optimizasyon işlemi sonrasında belirlenen en uygun işlem parametreleri Çizelge 3-1'deki gibi belirlenmiş ve depolama için yapılan tüm üretimler bu işlem koşullarında gerçekleştirilmiştir. Kurutma işlemi sonunda ürün toplama kabında toplanan yumurta tozu paketlenmiş ve depolanmıştır. Tüm üretim aşamaları Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü pilot tesisinde yapılmıştır.

3.2.3 Mikroenkapsülasyon işlemleri

Mikroenkapsülasyon işlemlerinde, protein esaslı kaplama materyali olarak jelatin, karbonhidrat esaslı kaplama materyali olarak laktoz ve pullulan kullanılmıştır. Laktoz, pullulan ve jelatin oranları ürünün akış özellikleri de dikkate alınarak kuru maddede % 10 olarak, jelatin-laktoz kaplama materyallerinin beraber kullanıldığı yumurta tozunda % 5 jelatin, % 5 laktoz, pullulan-jelatin kaplama materyalinin kullanıldığı yumurta tozunda ise % 5 pullulan, % 5 jelatin olarak belirlenmiş ve tüm denemelerde kuru maddesine göre sıvı pastörize sıvı yumurta miktarı ağırlıkça sabit tutulmuştur. Çizelge 3-2'de tüm yumurta tozlarının bileşimi verilmiştir.

Kaplama materyalleri su içerisinde uygun sıcaklıkta çözündürüldükten sonra sıvı pastörize yumurta çözeltiye ilave edilmiştir. Sıvı pastörize yumurta ve kaplama materyali veya materyalleri karışımı homojenizatörde (IKA T25 Ultra Turrax, Staufen,

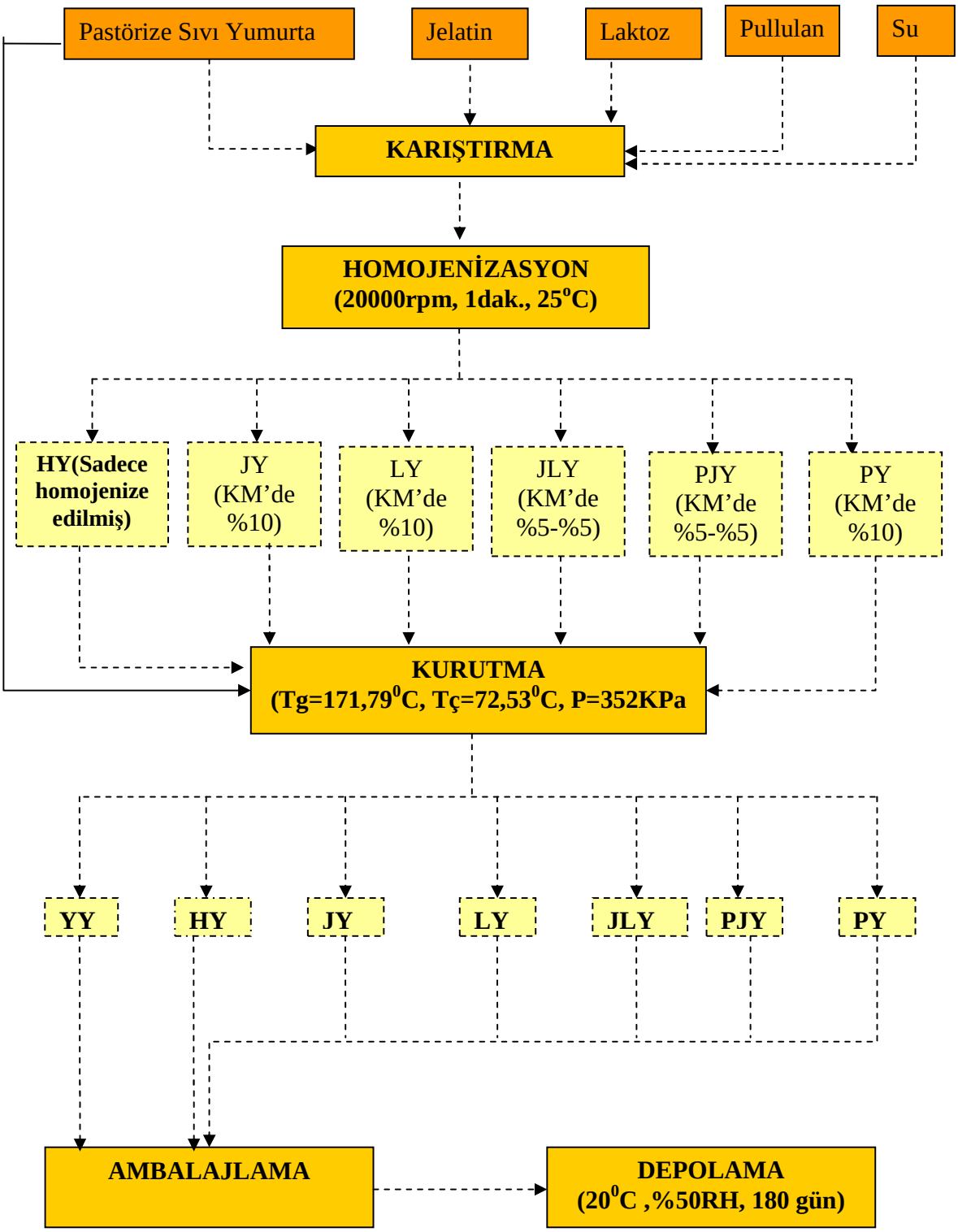
Germany) 22000 rpm ve 25 ^{0}C sabit homojenizasyon koşullarında 1 dakika süresince homojenize edilmiştir. Homojenize edilmiş sıvı pastörize yumurta ve kaplama materyalleri karışım peristaltik pompa yardımı (Watson Marlow, 505U/RL) ile püskürtmeli kurutucuya beslenmiştir ve önceden belirlenen optimum kurutma koşullarında püskürtmeli kurutucuda kurutulmuştur. Mikroenkapsülasyon işleminin akım şeması Şekil 3.2' de verilmiştir. Mikroenkapsüle edilmiş yumurta tozları 2 tekrarlı olacak şekilde üretilmiştir.

Çizelge 3-2. Kaplanmış ve kaplanmamış yumurta tozlarının yüzdesel kompozisyonu

Yumurta Tozları	Pastörize sıvı yumurta(%)	Jelatin (%)	Laktoz (%)	Pullulan (%)
YY (Kaplama materyali yok)	%100	----	----	----
HY (Kaplama materyali yok. Sadece homojenize edilmiş.)	%100	----	----	----
JLY (Jelatin+Laktoz)	%90	%5	%5	----
JY (Jelatin)	%90	%10	----	----
LY (Laktoz)	%90	----	%10	----
PJY (Pullulan+Jelatin)	%90	%5	----	%5
PY (Pullulan)	%90	----	----	%10

3.2.4 Depolama yöntemi

Yalın (YY), homojenize edilmiş yalın (HY) ve laktoz (LY), jelatin (JY), pullulan (PY), laktoz-jelatin (JLY) ve pullulan-jelatin (PJY) ile mikroenkapsüle edilmiş (toplam 7 örnek) yumurta tozu örnekleri, alüminyum kaplı polietilen (ALPE) poşetlere konulup ısıl yapıştırmayla sıkıca kapatılmıştır. Depolama ~% 50 ± 1 bağıl nem ve 20 ± 1^{0}C koşullarında çalışan iklimlendirme dolabı (Daihan WGC-P4, Seoul, Korea) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Depolama süresince 30 günlük periyotlarla 6 ay boyunca yumurta tozu örneklerinde; renk, köpük stabilitesi, tekstür, jelde renk, su tutma kapasitesi, peroksit, çözünür protein ve yağ asidi tayinleri yapılmıştır.



Şekil 3.2 Yumurta tozlarının üretimi için deneme planı

3.2.5 Analiz yöntemleri

3.2.5.1 Yumurta tozunda renk tayini

Pastörize sıvı yumurta ve yumurta tozlarında renk, L^*, a^*, b^* değerleri ölçülerek (Hunter Lab, Color Flex, Virginia, U.S.) belirlenmiştir. Kuruma ve depolama sırasında renk değişimini ifade eden ΔE değeri Denklem 1'deki gibi hesaplanmıştır (Hunter, 1975). $L_{standart}$, $a_{standart}$, $b_{standart}$ için pastörize sıvı yumurtanın L^*, a^*, b^* değerleri alınmıştır.

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \qquad (1)$$

$\Delta L = L_{standart} - L_{örnek}$

$\Delta a = a_{standart} - a_{örnek}$

$\Delta b = b_{standart} - b_{örnek}$

3.2.5.2 Jelde renk tayini

Jel tekstür tayininde belirtildiği gibi hazırlanan yumurta tozundan ve pastörize sıvı yumurtadan elde edilen jel örneklerinde renk L^*, a^*, b^* değerleri ölçülerek (Hunter Lab, Color Flex, Virginia, U.S.) belirlenmiştir. Kuruma ve depolama sırasında renk değişimi, ΔE bulunarak (Denklem 1) hesaplanmıştır (Hunter, 1975).

3.2.5.3 Jel tekstürü tayini

Yumurta tozu, 0.5 M NaCl çözeltisiyle sulandırılarak % 20 (ağırlıkça) kurumadde içerecek şekilde hazırlanmıştır. Hazırlanan süspansiyonun pH'sı 7.0'e ayarlanmıştır. Çapı ve boyu belirli metal kaplara 50'şer ml hazırlanan süspansiyondan konduktan sonra kaplar alüminyum folyoyla örtülerek su banyosunda 90^0C/15 dak. tutulmuştur. Hemen soğutulduktan sonra 4^0C'ta 20 saat bekletilmiş ve oluşan jelden, çapı ve boyu belli bir kalıpla silindirler oluşturduktan sonra tekstür ölçme cihazında (Stable Micro Systems TA.XT Plus, Surrey, England) ölçümler yapılmıştır (Franke ve Kießling, 2002). Ölçümler örnekte belirli miktar deformasyona sebep olan gücün ölçülmesi şeklinde belirlenmiş ve sonuçlar Newton (N) olarak verilmiştir.

3.2.5.4 Köpük stabilitesi tayini (K.S)

Köpük stabilitesi, çırpma ile oluşan köpük hacminin ve sıvı çıkışının zamanla değişiminin izlenmesi ile belirlenmiştir (Hammershoj ve diğ., 2006). Yumurta tozu, % 20 (ağırlıkça) kuru madde içerecek şekilde distile su ile sulandırılmıştır. Çözelti elektrikli mikser ile 1. seviyede 5 dakika boyunca çırpılmış ve sonra 250mL'lik mezürlere aktarılarak 15 dakikalık aralıklarla 90 dakika boyunca köpük ve sıvı seviyesindeki değişim hacimsel olarak incelenmiş ve Denklem 2'deki gibi hesaplanmıştır (Franke ve Kießling, 2002).

$$K.S = \frac{V_{\text{köpürmeden önceki sıvı kısım}} - V_{\text{t zamanındaki sıvı kısım}}}{V_{\text{köpürmeden önceki sıvı kısım}} - V_{\text{t=0 anındaki sıvı kısım}}} \qquad (2)$$

3.2.5.5 Su tutma kapasitesi tayini (STK)

Jel tekstür tayininde belirtildiği gibi hazırlanan silindirik jel örneklerinin, tekstür cihazında filtre kağıtları arasında sıkıştırılması sonrası, silindir jelin nem içeriğinden (M_0) filtre kağıtlarının son ağırlığıyla (M_2) ilk ağırlığı (M_1) arasındaki farkın çıkartılması esasına dayanmaktadır (Lechevalier ve diğ., 2007).

$$STK\ (\%) = \frac{M_0 - (M_1 - M_2)}{M_0} x\ 100 \qquad (3)$$

3.2.5.6 Çözünür protein tayini

Yumurta tozu, protein içeriği 0.7 mg ml^{-1} ve pH 7.0 olacak şekilde 0.3 M NaCl çözeltisi ile sulandırılır. Elde edilen süspansiyon 2 saat oda sıcaklığında karıştırıldıktan sonra 20 dak. 12000 rpm (Daihan Scientific, WiseSpin CF-10 centrifuge, Seoul, Korea) hızla santrifüj edilerek çözünmeyen proteinlerin çökmesi sağlanır. Yumurta tozlarının protein içeriği Bradford (1976) yöntemine göre 595 nm dalga boyunda spektrofotometrede tayin edilmiştir (Shimadzu UV-1601, Australia). Bu yöntem, Coomassie Brilliant Blue G-250 boyasının farklı konsantrasyonlardaki protein çözeltilerinde değişik seviyelerde mavi renk oluşturmasından yararlanılarak geliştirilmiştir.

3.2.5.7 Peroksit sayısı tayini

Yağlarda oksidasyonun bir göstergesi olan peroksit sayısı, yağlarda bulunan aktif oksijen miktarının bir ölçüsü olup, 1 kg yağda bulunan peroksit oksijeninin milieşdeğer olarak miktarıdır. Kloroform-metanol (2:1) karışımı ile yumurta tozundaki yağ ekstrakte edildikten sonra asetik asit ve potasyum iyodür çözeltisi ile muamele edilmiş ve serbest hale dönüşen iyot, standardize edilmiş sodyum tiyosülfat ile titre edilerek örneklerin peroksit sayısı belirlenmiştir (Anon, 1982).

3.2.5.8 Yağ asitleri tayini

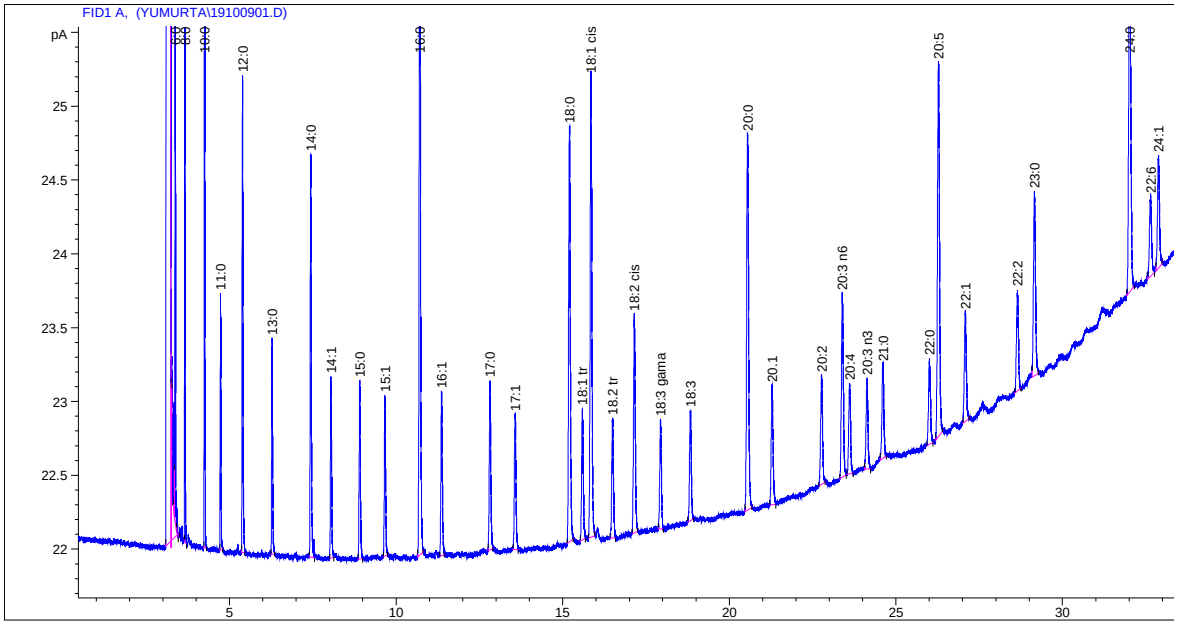
Lipit ekstraksiyonu, Folch ve diğ. (1957) yönteminin modifiye edilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Yumurta tozunda yapılan işlemde 5 g yumurta tozuna, sıvı yumurtaya yapılan yağ ekstraksiyonunda 10 g pastörize sıvı yumurtaya, 25 ml kloroform-methanol (2:1) eklendikten sonra karışım filtre kağıdından süzülmüş ve % 4'lük $CaCl_2$ çözeltisi eklenerek üst faz uzaklaştırılmıştır. Alt fazdan 1 mL alınarak 0,5 mL 2 N metanollü KOH ve 2,5 mL hegzan eklenerek metillendirme işlemi yapılmıştır.

Yağ örneklerinin esterleştirilmesinde soğuk metilasyon yöntemi (Metod 2.301, IUPAC) kullanılmıştır. Metil esterlerine dönüştürülen örneklerin yağ asitleri tayini, gaz kromatografisinde (HP 6890, Agilent Technologies, California, USA) gerçekleştirilmiştir. Yüksek hassasiyet ve kararlılığından dolayı Alev İyonlaştırma Detektörü (FID) ve DB-23 kolon (30m, 0.53mm i.d., 0.5µm film kalınlığı; J&W Scientific, Agilent Technologies, California, USA) kullanılmıştır. Yapılan çalışmada gaz kromatografisinin çalışma şartları şöyledir; dedektör bloğu sıcaklığı 250^0C, enjeksiyon bloğu sıcaklığı 240^0C, fırın sıcaklığı 160-230^0C (2^0C/ dak artış), 230^0C/30 dak.

Yağ asitlerinin teşhisinde, standart olarak bütirik asitten başlayıp (C 4:0) nervonik aside (C 24:1) kadar 37 yağ asidinin metil esterleri karışımı (Sigma-Aldrich Chemicals 189-19) kullanılmıştır (Şekil 3.3). Yağ asitleri metil esterlerinin kromatogramları ve toplam yağ asitleri oranları HP 3365 Chemstation paket programı ile elde edilmiştir. Örnek kromatogramındaki pikler, standarttaki bütün yağ asitlerinin metil esterlerinin alıkonma zamanları ile karşılaştırılarak teşhis edilmiş olup, sonuçlar % yağ asidi olarak verilmiştir.

3.2.5.9 İstatistiksel analiz

Yapılacak olan tüm analizlerin sonuçları istatistiksel olarak The SAS System Ver.8 ile değerlendirilmiş olup faktöriyel dizayn uygulanması uygun bulunmuştur. Belirlenen faktörler kaplama materyali ve depolama zamanıdır (7x7). Tüm veriler SAS programı kullanılarak değerlendirilmiş ve faktörler arası etkileşim önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Bu nedenle Proc Mixed Models prosedürlerine göre, en düşük kareler ortalamaları Fisher's Least Significant Difference (LSD) testi kullanılarak ayrıştırılmış ve istatistiksel önem seviyesi 0.05 olarak kabul edilmiştir.



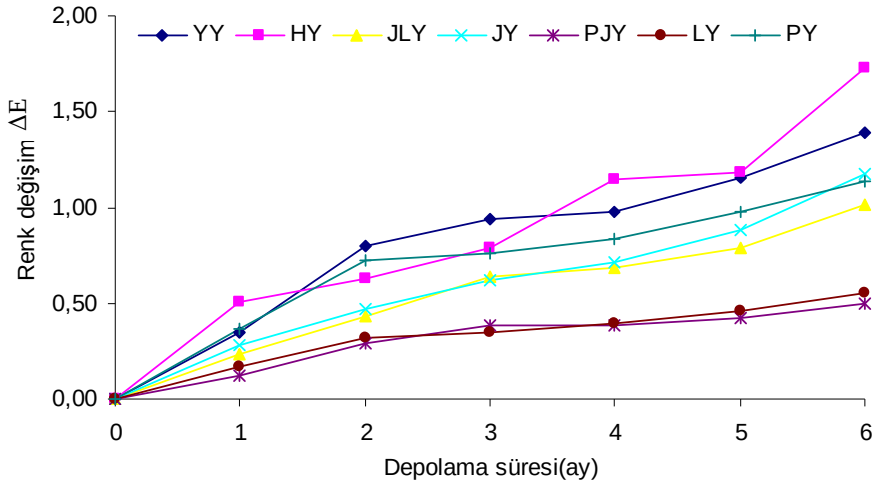
Şekil 3.3 Yağ asitleri standart kromatogramı

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4.1 Yumurta Tozunda Renk Tayini

Yüksek sıcaklıkta uzun süre veya yüksek basınçta uygulanan ısıl işlem özellikle gıdaların rengi gibi son derece önemli kalite özelliklerinde değişime neden olmaktadır (Koç ve diğ., 2009). Kurutma işleminde yüksek sıcaklık uygulaması ve atomizasyon işleminde çok küçük parçacıkların oluşumu Maillard reaksiyonu ile birlikte oluşan toz yumurtanın renginde değişime sebep olmaktadır.

Ayrıca yumurtada bulunan ve oksidasyona duyarlı renk pigmentlerinin depolama süresince oksidasyona uğraması toz yumurtanın renginin açılmasına ve dolayısıyla renk değişiminin artmasına yol açan bir faktördür. Yumurta tozlarında rengin belirlenmesi için L^*, a^*, b^* değerleri ölçülmüş ve depolama sırasındaki değişim (ΔE) Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Grafikte mikroenkapsüle edilmiş ve edilmemiş yumurta tozlarının kendi gruplarının başlangıç anlarına (0. an) göre depolama süresince değişimleri verilmiştir.

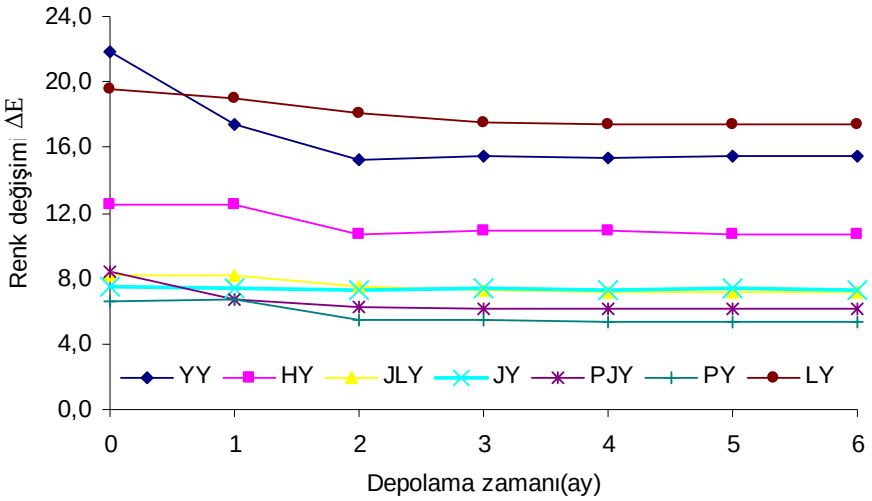


Şekil 4.1. Kaplanmış ve kaplanmamış yumurta tozlarında depolama süresince renk değerlerindeki değişim (ΔE)

Depolama süresince tüm yumurta tozlarında her ay ΔE değerlerinde artış gözlenmiştir ($p<0.05$). Depolama başlangıcına göre en yüksek renk değişimi kaplama materyali eklemeden üretilen homojenize (HY) ve yalın yumurta tozlarında (YY) görülmüştür. Kaplama materyali kullanılarak mikroenkapsüle edilen tüm yumurta tozlarında renk değişiminin daha az olduğu belirlenmiştir. Depolama süresince en stabil değerleri laktoz (LY) ve pullulan-jelatin kaplı yumurta tozları (PJY) gösterirken, bunları jelatin-laktoz (JLY), jelatin (JY) ve pullulan (PY) kaplı yumurta tozları takip etmektedir.

4.2 Jelde Renk Tayini

Yumurta tozlarına ait jel rengi değişim değerleri Eşitlik 1'de belirtildiği şekilde hesaplanmıştır. $L_{standart}$, $a_{standart}$, $b_{standart}$ için pastörize sıvı yumurtadan elde edilen jelin L, a, b değerleri kullanılmıştır. Pastörize sıvı yumurtada ve yumurta tozunda rengin belirlenmesi için L^*, a^*, b^* değerleri ölçülmüş ve depolama sırasındaki değişim Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Kaplanmış ve kaplanmamış yumurta tozlarından elde edilen jellerin depolama süresince renk değerlerindeki değişim (ΔE)

Değerler sıvı pastörize yumurtadan elde edilen jellerin başlangıç (0. an) ΔE değerlerinin karşılaştırılması sonucunda oluşturulmuş ve 6 aylık depolama süresince değişim değerlendirilmiştir. Buna göre yalın (YY), homojenize edilmiş (HY) ve laktoz kaplı

(LY) yumurta tozları en yüksek ΔE değerlerini verirken diğer kaplanmış yumurta tozlarının jel rengi açısından sıvı pastörize yumurtaya daha fazla benzer özellik gösterdiği tespit edilmiştir. Bu da kaplama materyallerinin yüksek sıcaklık ve basınca rağmen yumurta jelindeki renk değişimini engellediğini ortaya koymaktadır.

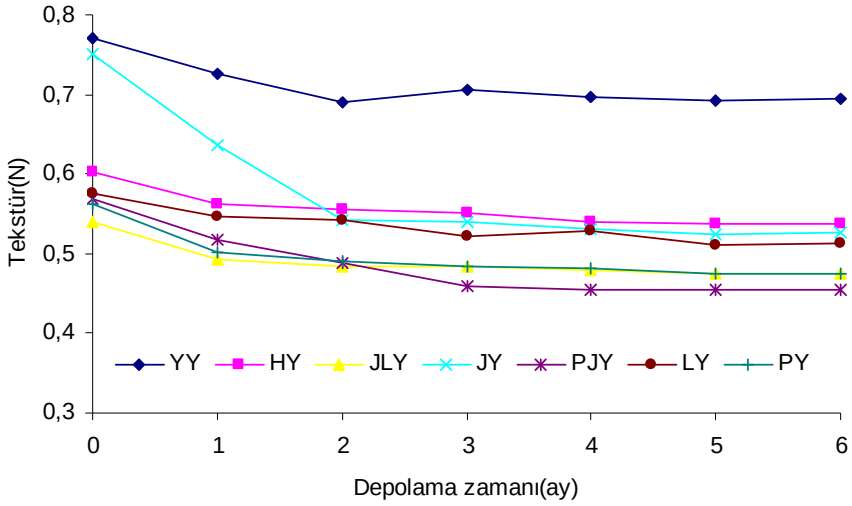
Laktoz kaplı yumurta tozunun kaplanmamış yumurta tozlarıyla benzer özellik göstermesi de laktozun şeker yapısında olmasından dolayı Maillard reaksiyonlarına daha duyarlı olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Ayrıca içerisinde jelatin ve pullulan kaplama materyali bulunan yumurta tozları (JY, JLY, PJY, PY) ilk 2 ay ΔE açısından azalma gösterirken sonraki aylarda herhangi bir değişim gözlenmemiştir ($p>0.05$). YY, HY ve LY'de ise ilk 3 ay ΔE oranında azalma kaydetmiş sonraki 3 ay herhangi bir değişim belirlenmemiştir ($p>0.05$).

4.3 Tekstür

Yumurtanın jelleşme özelliği yapısında bulunan proteinlerden kaynaklanmaktadır. Özellikle kek, pasta, omlet gibi gıda maddelerinde jelleşme son derece önemli bir fonksiyonel özelliktir. Fırıncılık sektöründe yumurta stabiliteyi arttırıcı ya da koruyucu görev üstlenmesinden dolayı yumurta jelinin deformasyonuna kadar uygulanabilecek kuvvetin maksimum olması istenmektedir. Ayrıca yumurtanın yapısında bulunan glukoz, pH, nem miktarı ve çiğ yumurtaya işlenmesi sırasında eklenen diğer katkı maddeleri de jelleşme oranını etkileyen faktörler arasındadır (Stadelman ve diğ.,1988; Koidis ve diğ., 2002; Hammershoj ve diğ., 2004; Lechavalier ve diğ., 2007).

Yumurta jellerinde depolama süresince tekstür değerlerindeki değişim Şekil 4.3'de verilmektedir. Tüm yumurta tozlarında depolama süresince tekstür değerlerinde azalma gözlenirken ($p<0.05$) özellikle jelatin içeren yumurta tozlarında azalma 3. aydan sonra durmuştur ($p>0.05$). Bu da jelatinin tekstür değerleri üzerindeki olumlu etkisinin bir göstergesidir. Herhangi bir kaplama materyali eklenmeden ve homojenizasyon işlemi uygulamadan üretilen yalın yumurta tozunun (YY) en yüksek tekstür değerini göstermesi, santrifüj uygulaması gibi homojenizasyon işleminin de protein yapısını etkileyebileceği ve jel dayanımını azaltabileceği sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

YY, HY ve JY'de protein oranlarına bağlı olarak tekstür değerlerinin de daha yüksek olması beklenen bir sonuçtur. Ayrıca pullulan ilave edilen yumurta tozlarında (PY ve PJY) hem STK değerinde hem de tekstür değerinde diğerlerine oranla daha düşük değerler tespit edilmiştir.



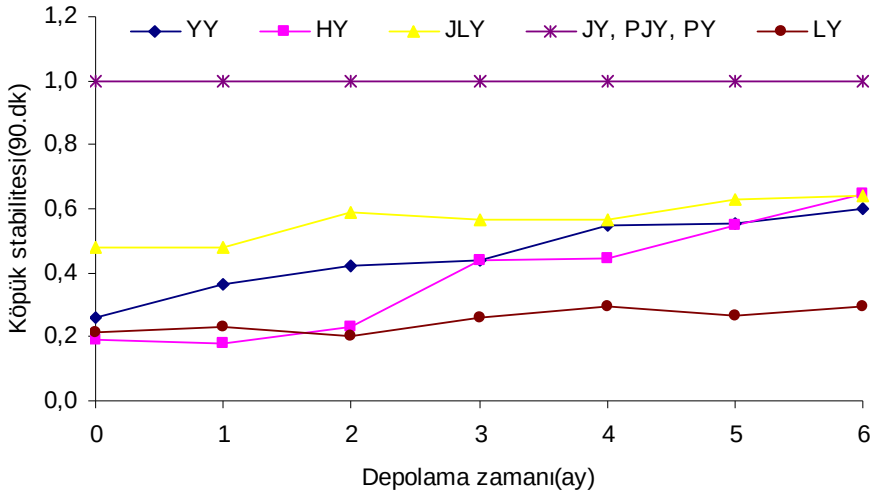
Şekil 4.3 Kaplanmış ve kaplanmamış yumurta tozlarından elde edilen jellerin depolama süresince tekstür değerlerindeki değişim

4.4 Köpük Stabilitesi (K.S.)

Köpük stabilitesi, proteinin oluşan köpüğe belirli bir raf ömrü sağlaması işlemidir. K.S, proteinin gaz baloncukları (kabarcıkları) arasındaki ince filmi stabilize etmesi ve baloncukların birbirine yaklaşmasını engellemesi ile sağlanmaktadır. K.S'yi belirleyen üç önemli etken vardır. Bunlar; film drenajı, gaz baloncuklarının birleşmesi ve gaz baloncuklarının oransızlığıdır (Sagis ve diğ., 2001).

Püskürtmeli kurutma işlemi sırasında uygulanan ısıl işlemin, depolama süresinin ve atomizasyon basıncının ovotransferin, ovalbumin ve lizozim üzerinde etkili olması sonucunda fonksiyonel özelliklerde kayıplar meydana gelebilmektedir. Ayrıca vakum buharlaştırma ve yüksek-basınç homojenizasyon işlemlerinin de köpük oluşumu ve jelleşme özellikleri üzerine etkili olduğu belirtilmiştir (Hammershoj ve diğ., 2004).

Yumurta tozlarının 90. dk. ölçülen köpük stabilitesi değerlerinin depolama süresince değişimi Şekil 4.4'de verilmektedir. Ayrıca köpük stabilitesinin aylara göre değişimi ve istatistiksel analizi Ek-1'de verilmiştir.

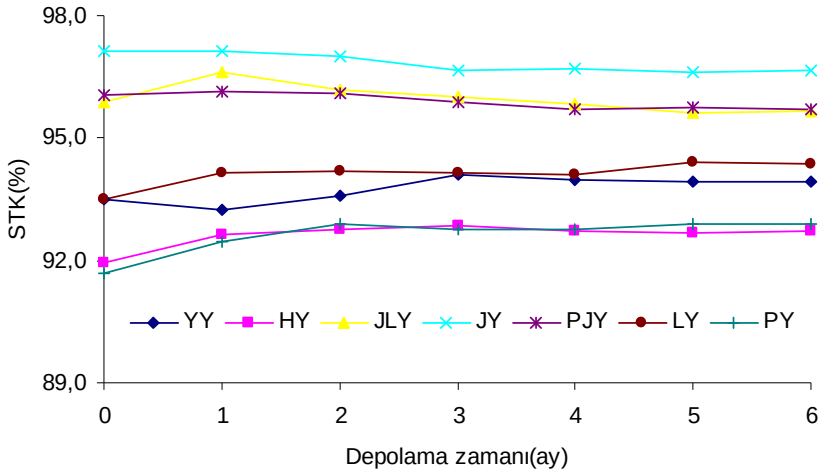


Şekil 4.4. Kaplanmış ve kaplanmamış yumurta tozlarında depolama süresince 90.dk köpük stabilitesi değerlerindeki değişim

Köpük hacmindeki kayıpları engellemek amacıyla kurutma işleminden önce sıvı yumurtaya karbonhidrat ve protein bazlı katkı maddesi ilavesi kurutma sırasında yumurta yüzeyine yağ çıkışını engelleyerek yüzey gerilimi oluşturduğundan dolayı köpürme hacmindeki kaybı engellemektedir (Stadelman ve Cotterill, 1995). Jelatin (JY), pullulan-jelatin (PJY) ve pullulan (PY) kaplı yumurta tozları, depolama süresince en yüksek ve en stabil değerleri göstermektedir. Jelatin ve pullulan kaplı yumurta tozlarından elde edilen köpükler, son derece sıkı bir yapı göstermiş ve 90 dk. boyunca köpük hacminde ve stabilitesinde herhangi bir değişim gözlenmemiştir ($p>0.05$). Yalın (YY), homojenize (HY), jelatin-laktoz (JLY) ve laktoz (LY) kaplı yumurta tozlarında ise depolama süresince köpük stabilitesinde artış gözlenmiştir ($p<0.05$). K.S'de 6 ay boyunca en fazla artışı sırasıyla HY, YY ve JLY göstermiştir. Buna karşın kaplama materyali olarak laktoz kullanılan yumurta tozlarında depolama süresince K.S.'deki artış diğerlerine oranla çok daha azdır. Hanning (1945) yaptığı bir çalışmada da yumurtaya ilave edilen şekerin köpük dayanımını engellediğini belirtmiştir.

4.5 Su Tutma Kapasitesi

Su tutma kapasitesi (STK) yumurta jeline uygulanan kuvvete karşın jelin suyu bünyesinde tutma eğilimini gösteren bir ifadedir. Yüksek protein konsantrasyonunda STK'nin de yüksek olması beklenmektedir. Çünkü STK ve jeldeki protein bağ miktarı arasında pozitif lineer olmayan korelasyon bulunduğu belirtilmektedir. Ayrıca su moleküllerine bağlanan yüksek yoğunluklu protein ağının da yüksek STK değerine neden olduğu bildirilmektedir (Hammershoj ve diğ., 2004). Yumurta tozlarının depolama süresince % su tutma kapasitesi değerlerindeki değişim şekil 4.5'de verilmiştir.



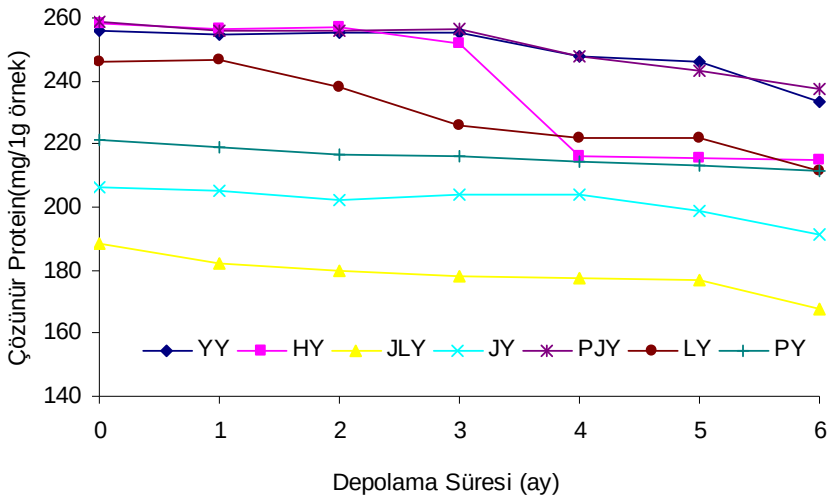
Şekil 4.5. Kaplanmış ve kaplanmamış yumurta tozlarından elde edilen jellerin depolama süresince % STK değerlerindeki değişim

Protein bazlı kaplama materyali olan jelatini içeren yumurta tozları JY, JLY ve PJY STK açısından en yüksek değerleri vermişlerdir. Bu da yumurta tozuna jelatin ilavesinin STK değerini dolayısı ile jelleşme oranını ve jel yapısına hapsedilen su oranını arttırdığını göstermektedir. Bunun yanı sıra pullulan kaplı PY dışındaki tüm mikroenkapsüle edilmiş yumurta tozlarının kaplanmamışlara göre daha yüksek değerler gösterdiği belirlenmiştir. Özellikle HY ve YY'ye göre daha düşük STK'ye sahip olması homojenizasyon işleminin protein bağlarını, dolayısıyla STK'yi olumsuz etkilediğinin bir göstergesidir. Sadece YY, HY ve PY'de STK depolama süresince artarken diğer yumurta tozlarında STK azalma eğilimi göstermiştir ($p<0.05$).

4.6 Çözünür Protein Tayini

Yumurta tozlarına uygulanan depolama işleminin tüm yumurta tozlarında çözünür protein oranı üzerinde istatistiki olarak etkili olduğu bulunmuştur ($p<0.05$) (Ek-1). Kurutma işlemi süresince yüksek sıcaklık ve basınç altında gerçekleşen üretim sonucunda denatüre olan proteinler yumurta tozunun fonksiyonel özellikleri üzerinde de etki göstermektedir (Petrova ve diğ., 1986; Koç ve diğ., 2010). Şekil 4.6'da görüldüğü üzere tüm yumurta tozlarında depolama süresince çözünür protein oranında azalma olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).

Pullulan kaplı (PY) ve pullulan-jelatin kaplı (PJY) yumurta tozlarının istatistiki olarak denatürasyona karşı daha dirençli olduğu gözlenmiştir. Bu da karbonhidrat kaynaklı kaplama materyali olan pullulanın özellikle protein çözünürlüğü üzerine olumlu etkisinin olduğunun bir göstergesidir (Ananta ve diğ., 2005). Ek-1'deki sonuçlara göre özellikle LY'deki düşüşün nedeni olarak bir indirgen şeker olan laktozun Maillard reaksiyonları sırasında proteinlerle tepkimeye girmesi gösterilebilir. Bununla birlikte, protein bazlı kaplama materyali olan jelatin kaplı yumurta tozunda depolama süresince beklenenin aksine düşük değerlerin gözlenmesinin, jelatinin kurutma esnasında denatüre olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

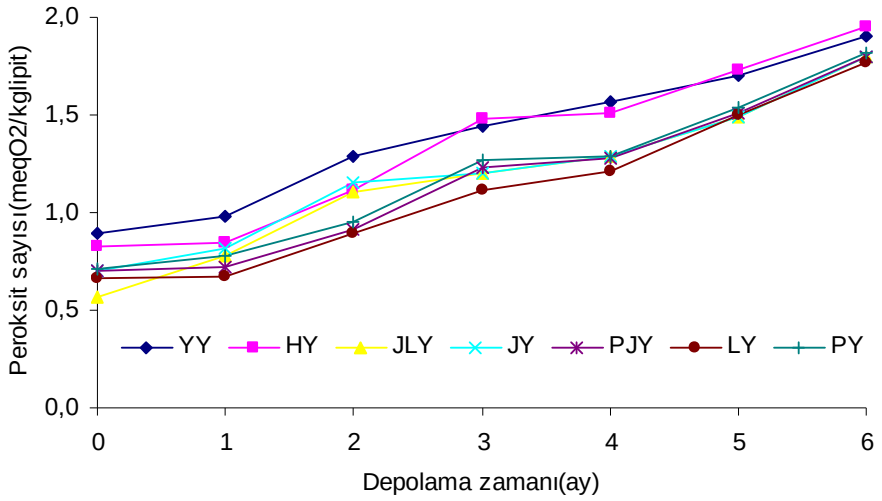


Şekil 4.6. Kaplanmış ve kaplanmamış yumurta tozlarından elde edilen jellerin depolama süresince çözünür protein değerlerindeki değişim

JY'nin tekstür değerlerinde de en yüksek değeri göstermesinin jelatinin denatürasyonuna bağlı olduğu ve bunun da son derece sıkı bir yapının oluşmasına neden olduğu belirtilmiştir. Özellikle 3. aydan itibaren tüm yumurta tozlarının çözünür protein değerlerinde azalma yaşanırken, pullulan kaplı yumurta tozu diğer yumurta tozlarına nispeten depolama süresince daha stabil değerler göstermiştir. Ayrıca homojenize edilmiş yumurta tozunda başlangıç çözünür protein değeri yüksekken depolama süresince azalma yaşanmasına, homojenizasyon işlemi sırasında protein yapılarının kırılmasının yol açabileceği düşünülmektedir.

4.7 Peroksit Sayısı

Doymamış yağ asitlerinin oksidasyonunda şekillenen ilk ürünler peroksitlerdir. Bu bakımdan acılaşmanın başlangıç safhalarında oluşan peroksitlerin saptanması çoğu zaman kalite göstergesi olarak kullanılmaktadır. Özellikle oksidasyonun bir göstergesi olan peroksit sayısı (P.S), yağlarda bulunan aktif oksijen miktarının bir ölçüsü olup, yağda bulunan oksijeninin milieşdeğer olarak miktarını göstermektedir (Kayahan, 2003). Tüm yumurta tozlarının depolama süresince peroksit sayılarındaki değişim Şekil 4.7'de verilmektedir. Ayrıca peroksit değerinin aylara göre değişimi ve istatistiksel analizi Ek-1'de verilmiştir.



Şekil 4.7. Kaplanmış ve kaplanmamış yumurta tozlarında depolama süresince peroksit sayısındaki değişim

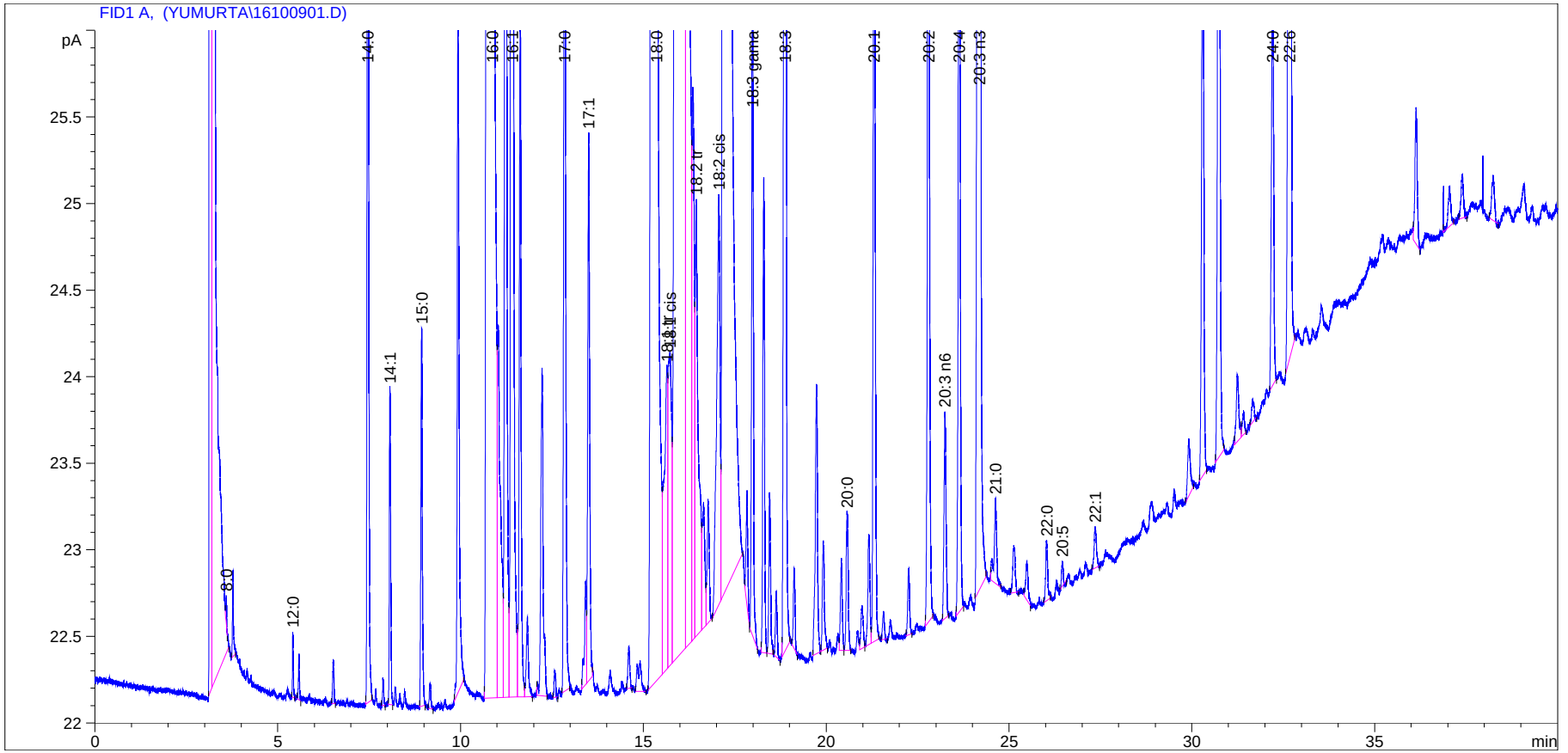
Genel olarak bakıldığında püskürtmeli kurutucuda tüm yumurta tozlarında peroksit sayısı başlangıç ve depolama süresi boyunca çok yüksek değerler göstermemiştir. Bunun nedeninin, optimum koşullarda üretim yapılması, uygun depolama sıcaklığı ve ambalaj materyali kullanılması olduğu düşünülmektedir.

Depolama ile birlikte tüm yumurta tozlarında P.S.'de bir miktar artış gözlenmiştir ($p<0.05$). Bunlar içerisinde mikroenkapsülasyon işlemi uygulanmayan YY ve HY örnekleri tüm aylarda en yüksek değerleri verirken laktoz kaplı yumurta tozu örnekleri en düşük P.S'yi vermiştir. Bunun nedeni olarak laktozun iyi bir kaplama materyali olması ve yağın dışarı çıkmasının önleyici etki ortaya koyması gösterilmektedir (Koç, 2009). Ayrıca kaplanmış yumurta tozu örneklerinden pullulan ve jelatin içeren yumurta tozları özellikle depolama süresinin sonlarına doğru aynı P.S. değerlerini vermişlerdir ($p>0.05$). Sonuç olarak başta LY olmak üzere tüm yumurta tozlarında YY ve HY'ye göre gerek kurutma işlemi sırasında gerekse depolama süresince oksidasyonun göstergesi olarak kabul edilen peroksit sayısı daha düşük bulunmuştur. Bu da mikroenkapsülasyon işleminin oksidasyonu önlemede başarılı olduğunun bir kanıtıdır.

4.8 Yağ Asitleri Tayini

Yumurta tozlarında yapılan analizlerde 24 adet yağ asidi belirlenebilmiştir. Tüm yumurta tozlarında en fazla bulunan yağ asitleri $C_{14:0}$, $C_{16:0}$, $C_{18:0}$, $C_{16:1}$, $C_{18:1}$, $C_{18:2}$ n-6, $C_{18:3}$ n-3, $C_{20:3}$ n-3 ve $C_{22:6}$ n-6 olarak tespit edilmiştir. Bu yağ asitlerinin çoğunluğunu doymamış yağ asitleri oluşturmaktadır. $C_{4:0}$, $C_{6:0}$, $C_{8:0}$, $C_{10:0}$, $C_{12:0}$, $C_{13:0}$, $C_{15:1}$, $C_{22:1}$, $C_{20:5}$, $C_{22:2}$, $C_{23:0}$ ve $C_{24:1}$ gibi yağ asitleri ise iz miktarda tespit edildiğinden dolayı hesaplamaya alınmamıştır (< % 0.01).

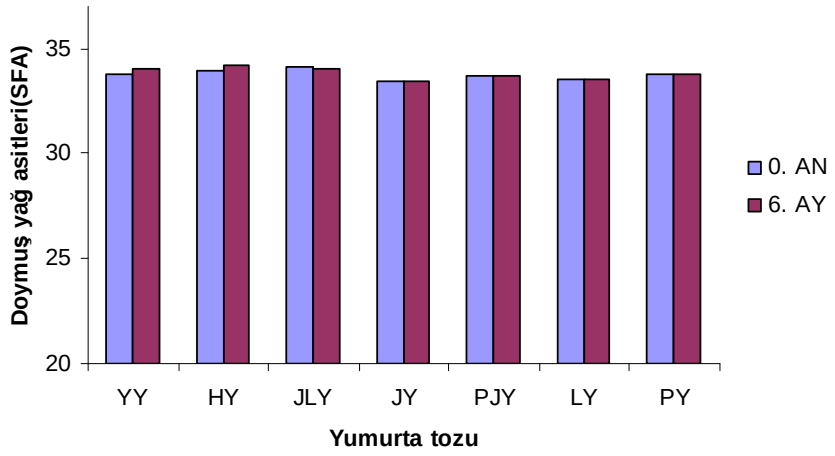
Yağ asitleri tayininde yalın yumurta tozunda elde edilen kromatogram Şekil 4.8 de verilmiştir. Elde edilen kromatogram sayesinde yağ asitlerinin yerleri belirlenerek analiz sonuçları değerlendirilmiştir. 6 ay depolama boyunca kaplanmış ve kaplanmamış yumurta tozlarında yağ asitleri miktarlarındaki değişim ve istatistiksel analizi Ek 2, 3, 4, 5, 6 ve 7'de verilmiştir. Tablolardaki değerler bütün yumurta tozlarındaki yağda bulunan % yağ asidi miktarlarını göstermektedir.



Şekil 4.8 Yalın yumurta tozunun yağ asitleri kromatogramı

Şekil 4.9, 4.10 ve 4.11'de kaplanmış ve kaplanmamış bütün yumurta tozlarında, sırasıyla başlangıç (0. an) ve 6. aydaki doymuş (SFA), tekli doymamış (MUFA) ve çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) miktarları verilmiştir. Böylelikle depolama sırasında yağ asitlerinde meydana gelen değişimler ortaya konulmaya çalışılmıştır. Buna göre, depolama süresince tüm yumurta tozlarında çoklu doymamış yağ asidi miktarları azalma eğilimi gösterirken ($p<0.05$), tekli doymamış yağ asitlerinde istatistiksel olarak önemli bir değişiklik gözlenmemiştir ($p>0.05$).

Depolama süresince otooksidasyona bağlı olarak çoklu doymamış yağ asidi miktarındaki azalma, depolama sonunda doğrudan doymuş yağ asitlerinde artış oranına yansımaktadır. Özellikle kaplanmamış yumurta tozlarında (YY ve HY) SFA'da depolama sonuna doğru artış gözlenirken, kaplanmış yumurta tozlarında istatistiksel olarak bir fark gözlenmemiştir ($p>0.05$). Sadece $C_{16:0}$ ve $C_{18:0}$ yağ asitleri kaplanmamış yağ asitlerinde artış göstermiş diğer yağ asitleri sabit kalmıştır (Ek-2,3).

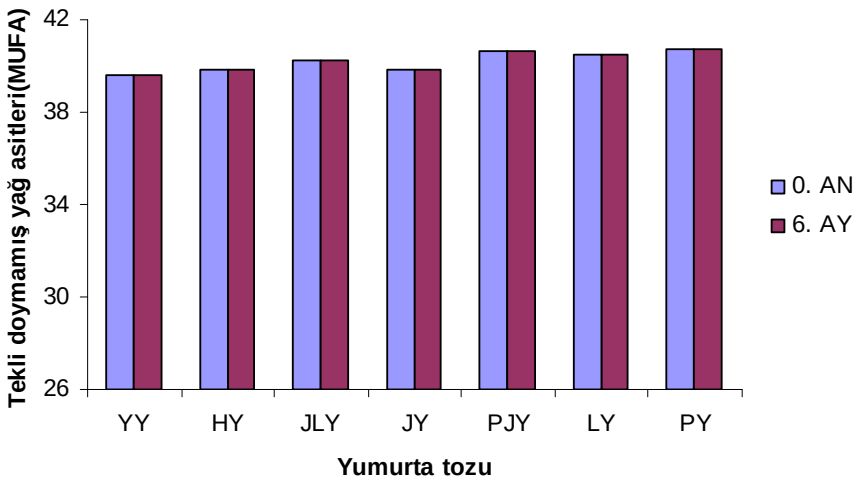


Şekil 4.9 Kaplanmış ve kaplanmamış yumurta tozlarının 0. an ve 6. ay toplam doymuş yağ asitleri miktarları

Mazalli ve Bragagnola'nın yaptıkları bir çalışmada da (2007) iki farklı markadan tedarik edilen yumurta tozlarına vakum ambalajlama yapılarak, polietilen ambalajlarda 12 aylık depolama sonrası yağ asitlerindeki ve kolesterol oksidasyon ürünlerindeki (COP) değişim kaydedilmiştir. Depolama sonunda her iki markadan alınan yumurta tozlarında

oksidasyon göstergesi olan çoklu doymamış yağ asitlerinde azalma meydana gelmiş, tekli doymamış yağ asitleri oranı sabit kalmış, doymuş yağ asitleri ($C_{16:0}$ ve $C_{18:0}$) oranında ise artış gözlenmiştir.

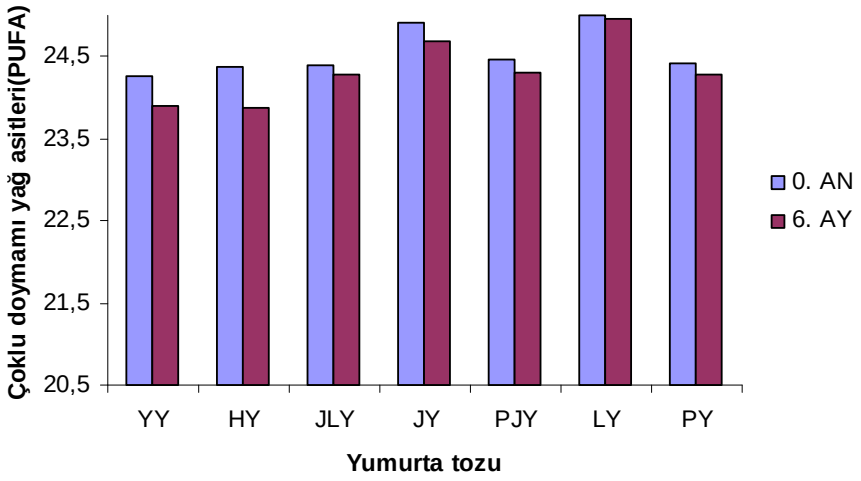
Tekli doymamış yağ asitlerinin büyük bir bölümünü $C_{18:1}$ ile $C_{16:1}$ yağ asitleri oluşturmaktadır. Farklı yumurta tozlarının 6 aylık depolama süresince toplam tekli doymamış yağ asitlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.10'da verilmiştir. Tüm yumurta tozlarında tekli doymamış yağ asitleri oranında depolama boyunca değişim gözlenmemiştir ($p>0.05$)(Ek-4,5). Fakat HY ve JY diğer yumurta tozlarına göre düşük MUFA değerlerine sahiptir. HY'de bunun nedeni olarak homojenizasyon işlemi gösterilebilirken JY'de ise jelatinin kurutma esnasındaki denatürasyonuna bağlı MUFA kaybı olabileceği belirtimiştir.



Şekil 4.10 Kaplanmış ve kaplanmamış yumurta tozlarının 0. an ve 6. ay toplam tekli doymamış yağ asitleri miktarları

Yumurta tozunda yağ asitlerinin yaklaşık % 25'ini çoklu doymamış yağ asitleri oluşturmaktadır. Bünyelerinde birden fazla çift bağ olması sebebiyle oksidasyona daha çok maruz kalarak parçalanan PUFA'lar peroksit ve karbonil bileşiklerine dönüşerek yok olmaktadır. Birçok çalışma PUFA kayıplarının belirlenmesinin oksidasyonun en önemli göstergesi olduğunu belirtmektedir. Özellikle otooksidasyonun belirlenmesinde iyi bir indikatör görevi yapmaktadır (Mazalli ve Bragagnolo, 2007).

Gıdalarda fosfolipit oksidasyonuna duyarlılık doymamışlık oranı arttıkça artış göstermektedir (Guardiola ve diğ., 1995a). Bununla birlikte Bruna ve diğ. (1989) $C_{20:5}$ n-3 ve $C_{22:6}$ n-6 yağ asitlerinin peroksidasyona karşı duyarlılığının $C_{18:3}$ n-3, $C_{18:3}$ n-6, $C_{20:3}$ n-6 ve $C_{20:4}$ n-6'ya göre daha az olduğunu belirtmişlerdir. Şekil 4.11'de görüldüğü gibi oksidasyon etkisi ile bütün yumurta tozlarında PUFA açısından düşüş gerçekleşmiştir ($p<0.05$). Fakat kaplanmış yumurta tozlarında kaplanmamışlara göre bu düşüşün daha az olduğu tespit edilmiştir. Özellikle $C_{18:2}$ n-6, $C_{20:2}$ n-3 ve $C_{22:6}$ n-3 yağ asitlerinde azalma gözlenmiştir (Ek-6,7). Tüm yumurta tozları içerisinde oksidasyona karşı en iyi sonucu laktoz kaplı yumurta tozu (LY) vermiş onu JY takip etmiştir. Bunun nedeni laktozun püskürtmeli kurutma esnasında yumurtanın yağını çok iyi bir şekilde hapsederek oksijen geçirgenliğini azaltmasıdır. Aynı şekilde Tsunesuke ve diğ. (1996) ve Bruschi ve diğ. (2003) yaptıkları çalışmada jelatinin de kurutma esnasında yumurta molekülü üzerinde iyi bir film tabakası oluşturarak yağın dışarı çıkmasını engellediği ve böylece oksidasyonu önleyici etki gösterdiğini ortaya koymuşlardır.

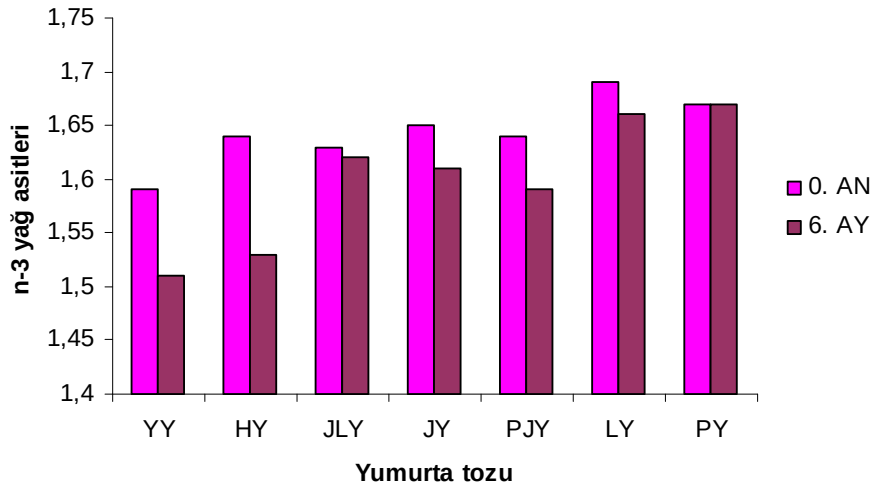


Şekil 4.11 Kaplanmış ve kaplanmamış yumurta tozlarının 0. an ve 6. ay toplam çoklu doymamış yağ asitleri miktarları

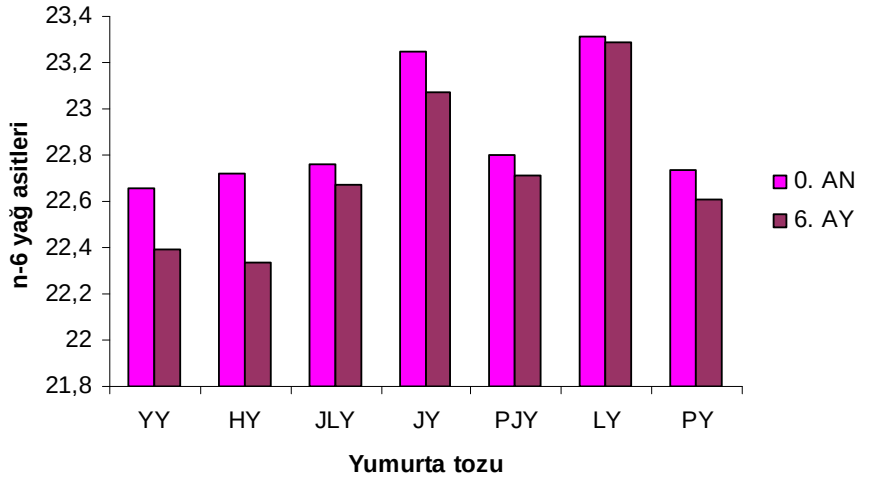
4.8.1 Omega yağ asitlerinde meydana gelen değişimler

Yumurta n-3 ve özellikle n-6 çoklu doymamış yağ asidi açısından son derece zengin bir üründür. Fakat oksidasyonla birlikte en büyük kayıplar bu yağ asitlerinde oluşmaktadır.

Şekil 4.12, 4.13 ve Çizelge 4-1'de tüm yumurta tozlarında 0. ve 6. aylardaki n-3 ve n-6 yağ asitleri oranlarındaki değişim verilmiştir.



Şekil 4.12 Kaplanmış ve kaplanmamış yumurta tozlarının 0. an ve 6. ay toplam n-3 yağ asitleri miktarları



Şekil 4.13 Kaplanmış ve kaplanmamış yumurta tozlarının 0. an ve 6. ay toplam n-6 yağ asitleri miktarları

Mikroenkapsülasyon işlemi sayesinde omega yağ asitlerindeki kayıpların en aza indirildiği görülmektedir. n-3 yağ asitleri açısından en düşük kaybı laktoz kaplı yumurta

tozu gösterirken onu pullulan (PY) ve jelatin-laktoz kaplı (JLY) yumurta tozu takip etmektedir. n-6 yağ asitlerinde kaybı en aza indiren yumurta tozu yine LY olurken bu sefer JY ikinci en iyi sonucu göstermiştir. Genel olarak bakıldığında kaplanmamış yumurta tozlarında diğerlerine oranla n-3 ve n-6 yağ asitlerinde daha fazla azalma gözlenmiştir. HY'de en büyük kaybın oluşmasında homojenizasyon işleminin olumsuz etkisi olduğu düşünülmektedir.

n-6 ve n-3 yağ asitlerinde depolama sonundaki değişim n-6 PUFA/n-3 PUFA ve PUFA/SFA oranlarını olumsuz etkilemektedir. Dolayısıyla bu oranların depolama süresince büyük bir değişime uğramaması için n-6 ve n-3 yağ asitlerinde değişimin en aza indirilmesi gerekmektedir. Çizelge 4.1'de görüldüğü gibi 6 ay sonunda en fazla değişim sırasıyla HY ve YY de gözlenirken değişimin en az gözlendiği yumurta tozları sırasıyla LY, PY ve JLY olarak belirlenmiştir. LY için 6 ay sonunda toplam n-3 ve n-6 yağ asitlerindeki kayıplar sırasıyla % 1,77 ve % 0.08 iken HY için % 6,70 ve % 1.67; YY için ise % 5,03 ve % 1,19 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4-1. Yumurta tozunda 0. ve 6. aydaki doymuş, tekli doymamış ve çoklu doymamış yağ asitleri miktarları ve birbirlerine oranları

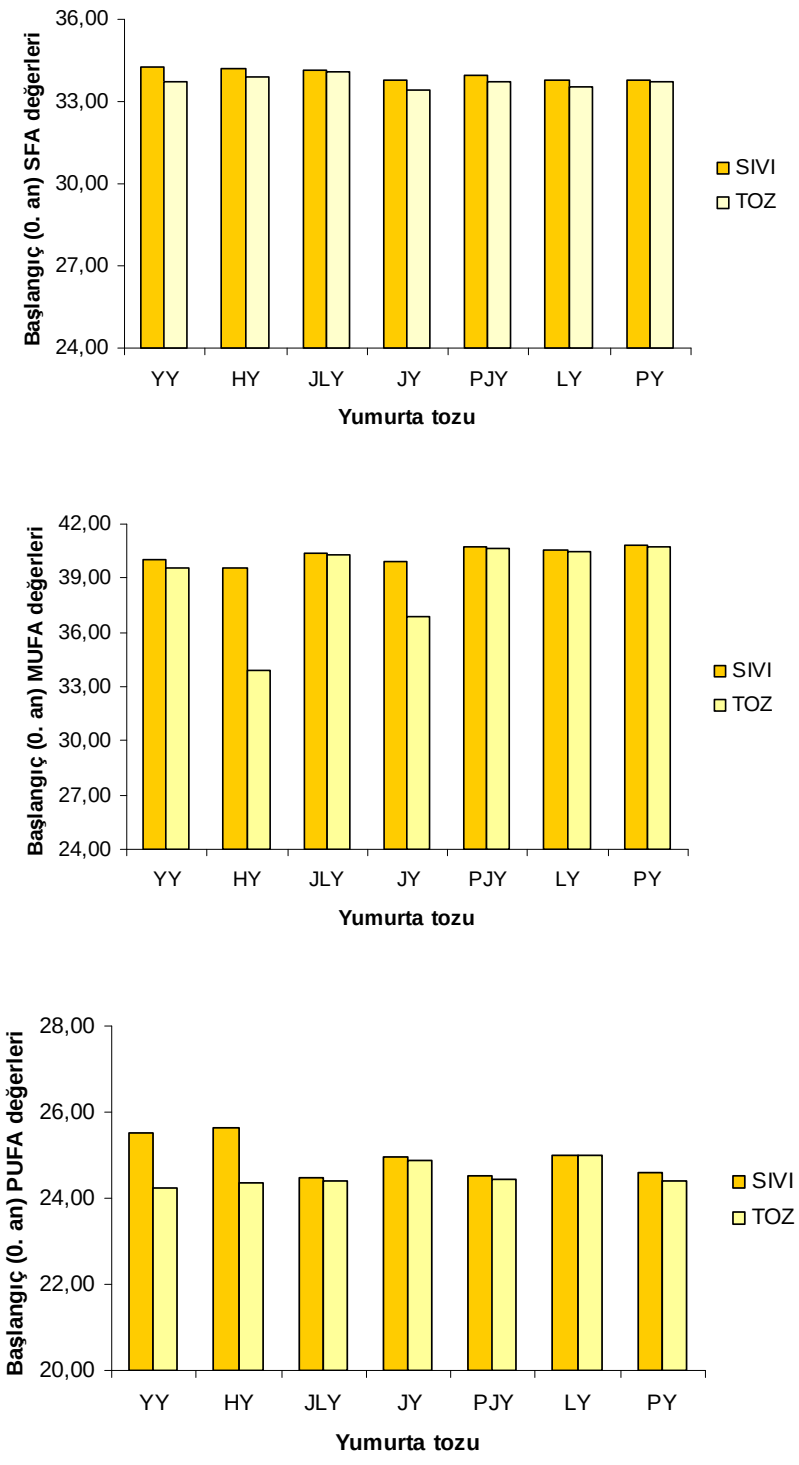
		YY	**HY**	**JLY**	**JY**	**PJY**	**LY**	**PY**
Doymuş (SFA)	T_0	33,74	33,93	34,08	33,44	33,72	33,54	33,73
	T_6	34,04	34,18	34,06	33,42	33,68	33,51	33,74
Tekli doymamış (MUFA)	T_0	39,57	39,86	40,26	33,86	40,64	40,48	40,71
	T_6	39,57	39,82	40,28	33,85	40,63	40,51	40,72
Çoklu doymamış (PUFA)	T_0	24,25	24,36	24,39	24,90	24,45	25,00	24,41
	T_6	23,90	23,87	24,29	24,68	24,31	24,95	24,29
n6 PUFA	T_0	22,66	22,72	22,76	23,25	22,80	23,31	22,74
	T_6	22,39	22,34	22,67	23,07	22,71	23,29	22,61
n3 PUFA	T_0	1,59	1,64	1,63	1,65	1,64	1,69	1,67
	T_6	1,51	1,53	1,62	1,61	1,59	1,66	1,67
Oranlar: PUFA/SFA	T_0	0,72	0,72	0,72	0,74	0,73	0,75	0,72
	T_6	0,73	0,72	0,71	0,74	0,72	0,74	0,72
n6 PUFA/n3 PUFA	T_0	14,25	13,85	13,96	14,09	13,90	13,79	13,62
	T_6	14,83	14,60	13,99	14,33	14,28	14,03	13,46

4.8.2. Yumurta tozu üretimi sırasında yağ asitlerinde meydana gelen değişimler

Sıvı pastörize yumurta uygulanan pastörizasyon işlemi dışında herhangi bir ısıl işleme tabi tutulmadığı için yağ asitleri oranlarında kayba uğramadığı düşünülmektedir. Yumurta tozlarının, kendi gruplarındaki pastörize sıvı yumurtalar ile 0. anlarındaki yağ asitleri oranlarının karşılaştırılması Şekil 4.14'de (toplam SFA, toplam MUFA ve toplam PUFA) verilmiştir. Böylelikle sadece püskürtmeli kurutma işleminin yağ asitleri oranı üzerine etkisi gözlenebilmiştir. Püskürtmeli kurutma işleminin özellikle çoklu doymamış ve tekli doymamış yağ asitleri üzerinde etkili olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Terao ve diğ.(1987) yağ asitleri kaybını ve diğer oksidasyon parametrelerini inceledikleri bir çalışmada püskürtmeli kurutucuda elde edilen yumurta tozunun oksidasyona eğiliminin ve oksidasyon oranının, çiğ yumurtaya göre daha fazla olduğu ortaya konmuştur. Bu durumun yumurta sarısında doğal olarak bulunan fosfolipit yapılarının oksidasyona karşı koruyucu etki göstermesinden kaynaklandığı belirtilmiştir. Çünkü fosfolipitler, düşük yoğunluklu lipoproteinlerin dış yapısıyla birleşerek yağ molekülünü sıkıca saran bir yapı oluşturmakta ve bu da yağın oksijenle olan temasını kesmektedir. Sonuç olarak püskürtmeli kurutma işlemi, yumurta proteinlerinin yapısının bozulmasına, lipoprotein yapılarının modifiye olmasına ve yumurtanın lipit oksidasyonuna olan duyarlılığının arttırmasına neden olmaktadır (Guardiola ve diğ., 1995c).

Özellikle tekli ve çoklu doymamış yağ asidi açısından bakıldığında püskürtmeli kurutma işlemi etkisiyle kaplanmamış yumurta tozlarında ciddi bir azalma söz konusudur ($p<0.05$)(Şekil 4.14). Bu da mikroenkapsülasyon işleminin püskürtmeli kurutma yönteminin olumsuz etkilerini azaltıcı yönde etki gösterdiğini ortaya koymaktadır. Kaplanmış tüm yumurta tozları kurutma işlemi sırasında meydana gelen yüksek sıcaklık ve atomizasyon basıncına karşın yağ asitlerini koruyucu etki gösterirken en iyi sonucu karbonhidrat bazlı kaplama materyalleri olan laktoz ve pullulan göstermiştir. LY için 6 ay sonunda toplam PUFA kaybı söz konusu değilken, PY için bu kayıp % 0,61, HY için % 5,57, YY için ise % 4,89 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.14 Kaplanmış ve kaplanmamış yumurta tozları ile kendi gruplarındaki sıvı pastörize yumurtaların 0. an doymuş (SFA), tekli doymamış (MUFA) ve çoklu doymamış (PUFA) yağ asidi değerleri

5. SONUÇ

Uzun yıllardan beri pek çok alanda geniş uygulama alanı bulmuş olan enkapsülasyon teknikleri, gerek araştırma yoksunluğu gerekse yüksek maliyet endişesiyle gıda endüstrisinde istenilen noktaya gelememiştir. Ancak gıda endüstrisindeki modernleşme, artan tüketici ihtiyaçları, daha uzun ömürlü, hijyenik ve kullanımı kolay ürün talebinin artışı, endüstriyel üreticilerin daha kullanışlı, kaliteli ve ekonomik işlenmiş gıda maddelerine yönelmesini sağlamıştır. Bu nedenle yeni gıda formülasyonlarının oluşturulmasında mikroenkapsülasyon tekniğinin büyük olacağı düşünülmektedir. Ayrıca bu yöntemin uygulamasının kolay olduğu ve büyük yatırımlar gerektirmediği bildirilmektedir.

Yapılan bu çalışma ile hem optimum koşullarda püskürtmeli kurutucuda üretilen yumurta tozunun bazı fonksiyonel özellikleri belirlenmiş hem de yumurta tozunun en önemli dezavantajı olan ve depolama sırasında raf ömrünü etkileyen oksidasyon olayının mikroenkapsülasyon tekniği ile önüne geçilmiştir. Yapılan analizler ve istatistiksel çalışmalar sonucunda püskürtmeli kurutma işleminin, depolamanın ve kullanılan kaplama materyalinin, yumurtanın fonksiyonel özellikleri ve oksidasyona duyarlılığı üzerine etkili olduğu ortaya konmuştur ($p<0.05$).

Laktoz kaplı yumurta tozu depolama süresince köpük stabilitesi açısından en düşük, renk değişimi ve oksidasyon stabilitesi açısından en iyi değerleri göstermiştir. Pullulan ve jelatin içeren yumurta tozlarının (PY, JY, PJY) 6 aylık depolama süresince köpük stabilitelerinde herhangi bir değişim olmamış ve en yüksek değerleri göstermişlerdir. Jelatinin kaplama materyali olarak kullanılması yumurtanın sıkı bir yapıya sahip olmasını sağladığı için hem köpük özelliklerinde hem de jel özelliklerinde (tekstür ve STK) olumlu sonuçlar alınmasına neden olmuştur. Fakat pullulan kaplı yumurta tozunun jel tekstürü ve su tutma kapasitesi değerleri diğer yumurta tozları ile karşılaştırıldığında daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Oksidasyonun göstergesi olarak kabul edilen PUFA kaybı ve peroksit sayısı incelendiğinde en iyi değerleri laktoz kaplı yumurta tozunun (LY) verdiği ve onu jelatin

(JY) ve pullulan kaplı yumurta tozunun (PY) takip ettiği belirlenmiştir. Bu da karbonhidrat ve protein bazlı kaplama materyallerinin mikroenkapsülasyon işlemi sırasında yumurta tozlarında yağı iyi hapsettiğinin bir göstergesidir. Protein bazlı kaplama materyali olan jelatini içeren yumurta tozları JY, JLY ve PJY, STK açısından en yüksek değerleri vermişlerdir. Bu sonuç yumurta tozuna jelatin ilavesinin STK değerini dolayısı ile jelleşme oranını ve jel yapısına hapsedilen su oranını arttırdığını göstermektedir. Ayrıca homojenizasyon işleminin gerek protein yapısında gerekse yağ molekülleri üzerinde etkili olduğu ve bu nedenle özellikle jel tekstüründe ve yağ asitleri kompozisyonunda depolama süresince değişime yol açtığı düşünülmektedir.

Sonuç olarak mikroenkapsülasyon işlemi fonksiyonel özelliklerde meydana gelen kayıpların azaltılmasına ve oksidasyona duyarlılığın en aza indirilmesine neden olmuştur. Bu çalışmanın amacı en iyi kaplama materyalini belirlemek değil kaplama materyallerinin hangi alanda en iyi olduğunu tespit etmektir. Özetlenecek olursa, jel oluşumu ve köpük stabilitesi açısından en iyi verileri jelatin, oksidasyon stabilitesini arttırıcı yönde en iyi verileri laktoz ve pullulan kaplama materyalleri vermiştir. Bu doğrultuda hangi kaplama materyalinin hangi endüstriyel amaçla kullanılacağının tespiti son derece önemlidir. Elde edilen verilerin ölçek büyütülerek endüstriyel düzeye aktarılabileceği düşünülmektedir. Ayrıca çalışmanın farklı kaplama materyalleri ve mikroenkapsülasyon teknikleri ile gerçekleştirilecek olan çalışmalara da ışık tutacağı düşünülmektedir.

KAYNAK DİZİNİ

Adachi S., Imaoka H., Hasegawa Y., ve Matsuno R., 2003, Preparation of a water-in-oil-in-water (W/O/W) type microcapsules by a single-droplet-drying method and change in encapsulation efficiency of a hydrophilic substance during storage. Biosci. Biotechnol. Biochem. 67: 1376-1381.

Açıkgöz, Z., Önenç, S.S., 2006, Fonksiyonel yumurta üretimi, Hayvansal Üretim 47 (1): 36-46.

Akbaba, H., 1990, Püskürtmeli kurutucuda meyan şerbetinin dinamik ve fiziksel özelliklerinin ürüne etkisi, Doktora tezi, Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü.

Alben, E., İbanoğlu, E., 2006, Hidrokolloidlerin peynir altı suyu protein izolatı ve yumurta beyazının köpük oluşturma özelliğine etkisi, Türkiye 9. Gıda Kongresi; 24-26 Mayıs, Bolu

Ananta, E.; Volkert, M.; Knorr, D., 2005, Cellular injuries and storage stability of spray-dried Lactobacillus rhamnosus GG. International Dairy Journal, 15: 399-409.

Anonymous, 1982, Standart Methods for the analysis of oils, fats and derivates, 6th. Edn. 1st Supplements, Part 4, International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) 54: 233-245.

Anonymous, 2007, <http:/kkgm.gov.tr> Yumurta ve Yumurta Ürünleri Tebliği (Tebliğ no: 2007/54) Alındığı tarih 15.06.2010

Anonymous, 2009, National Research Council, Assembly of Life Sciences. Diet, nutrition and cancer, National Research Council; 1983, National Academy Press: Washington D.C.

Anonymous, 2010,<http:/www.fsis.usda.gov> Alındığı tarih 10.06.2010

Anonymous, 2011,< http://www.bct.kmutt.ac.th> Alındığı tarih 10.01.2011

Avan, T., Alişarlı, M., 2002, Muhafaza şartlarının yumurtanın fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesi üzerine etkileri, YYÜ Vet. Fak. Derg. 13(1-2): 98-107.

Bao, D.Q., Mori, T.A., Burke, V., Puddey, I.B., Beilin, L.J., 1998, Effect of dietery fish and weight reduction on ambulatory blood pleasure in overweight hypertensives. Hypertension, 32: 710-717.

Baydar, H., 2000, Bitkilerde yağ sentezi, kalitesi ve kaliteyi artırmada ıslahın önemi. Ekin Dergisi, 11: 50-57.

Bayram, O.A., Bayram, M., Tekin, A.R., 2005, Spray drying of sumac falvour using sodium chloride, sucrose, glucose and strach as cariers. J. Food Engin., 69: 253-269.

Belitz, H.D., W. Grosch, P. Schieberle, 2009, Food Chemistry, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp: 556-561.

Beristain, C.I., Vernon-Carter, E.J., 1994, Utilization of mesquite (*Prosopis juliora*) gum as emulsion stabilizing agent for spray dried encapsulated orange peel oil. Drying Technology, 12:1727-1733.

Beristain, C.I., Garcia, H.S., Vernon-Carter, E.J., 2001, Spray-dried encapsulation of cardamom (*Eletteria cardamomum*) essential ol with mesquite (*Prosopis juliflora*) as wall material. Food Engineering and Physical Properties, 67: 206-211.

Bruschi, M.L.; Cardoso, M.L.C.; Lucchesi, M.B.; Gremiao, M.P.D., 2003, Gelatin microparticles containing propolis obtained by spray-drying technique: preparation and characterization. Int. J. Pharm., 264: 45–55.

Caboni, M.F., Boselli, E., Messia, M.C., Velazco, V., Fratianni, A., Panfilli, G., Marconi, E., 2005, Effect of processing and storage on the chemical quality markers of spray-dried whole egg, Food Chem. 92: 293-303.

Canbulat, Z., Özcan, T., 2008, Süt ürünlerinin eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosahekzaenoik asit (DHA) ile zenginleştirilmesi, Türkiye 10. Gıda Kongresi; Erzurum, 713-716.

Chen, H., Anantheswaran, R.C. ve Knabel, S.J., 2002, Effect of rapid cooling of shell eggs on microcrack development, penetration of *Salmonella entritidis*, and egg strength. J.Food Process. Preserv. 26: 57-73

Christensen, K.L., Pederson, G.P., Kristensen, H.G., 2001, Preparation of redispersible dry emulsions by spray drying. Int. J. Pharm., 212: 187-197.

Cook, F. and Briggs, G.M., 1973, Nutritive Value of Eggs. In Egg Science and Technology, W.J. Stadelman, O.J. Cotterill (Ed.), The Avi Publishing Company, Inc., US. pp: 91

Cunningham, F.E., 1973. In Egg Science and Technology, W.J. Stadelman, O.J. Cotterill (Ed.), The Avi Publishing Company, Inc., US. pp: 153

Çakır, İ., 2006, Mikroenkapsülasyon tekniğinin probiyotik gıda üretiminde kullanımı, Türkiye 9. Gıda Kongresi; 24-26 Mayıs, Bolu, s: 693-696.

Çelebi Ş., Karaca, H., 2006, Yumurtanın besin değeri, kolesterol içeriği ve yumurtayı n-3 yağ asitleri bakımından zenginleştirmeye yönelik çalışmalar, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 37(2): 257-265.

Demirci, M., 2005: Beslenme, Trakya Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü

Desai, K. G. H., Park, H. J., 2005, Recent developments in microencapsulation of food ingredients, Drying Technol., 23: 1158-1162.

Desorby, S.A., Netto, F.M., Labuza, T.B., 1997, Comparison of spray-drying, drum drying and freze-drying for (1→3, 1→4)-β caratene encapsulation and preservation. J. Food Sci., 62: 1158-1162.

Dıraman, H., Hışıl, Y., 2009, Bazı bitkisel (zeytin, fındık ve karışım) yağlara baharat ilavesinin oksidatif stabilite ve yağ asitleri bileşenleri üzerine etkisi, Gıda, s: 1-7.

Dickinson, E., 2003, Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. Food Hydrocolloids, 17: 25-39.

Dönmez,M., 1998, Dondurulmuş gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*, W.) muhafazası süresince yağ asitleri bileşimlerindeki değişmelerin araştırılması, Doktora tezi, E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Drusch, S., 2006, Sugar Beet Pectin: A novel emulsifying wall component for microencapsulation of lipophilic food ingredients by spray-drying. Food Hydrocolloids, Food Research International.

Dziezak, J.D., 1988, Microencapsulation and encapsulation ingredients. Food Technol., 42: 136-151.

Ensminger, A.H., 1994, Egg Dehydrated, Foods Nutr. Enc., CRC Press, 1: 645- 646.

Ernst, R.A., 2004, Hatching egg sanitation: The key step in successful storage and production, University of California, Agriculture and Natural Resources, anrcatalog.ucdavis.edu

Ertaş, A.H., 1998, Et yağlarının oksidasyonu, Gıda, 23(1) :11-17.

Etherton, P.M.K., 1999, Monounsaturated fatty acids and risk of cardiovascular disease, J. Am. Heart Assoc., 100: 1253-1258.

Folch, J.; Less, M.; Stanley, S., 1957, A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem. 226: 497.

Fontana, A., Antoniazzi, F., Cimino, G., Mazza, G., Trivellone, E., Zanone, B., 1992, High-resolution NMR detection of cholesterol oxides in spray-dried egg yolk, J. Food Sci., 57: 869-872.

Forsythe,S.J., Hayes, P.R., 1998, Food spoilage. In:Food Hygiene, Microbiology and HACCP. Aspen Publ. USA. pp: 118-120.

Frazier, W.C., Westhoff, D.C., 1998, Contamination, preservation and spoilage of eggs. Food Microbiol., 4th ed. McGraw-Hill Book Company, London.

Franke, K., Kießling, M., 2002, Influence of spray drying conditions on functionality of dried whole egg, J. Sci. Food Agr., 82: 1837-1841.

Gebauer, S.K., Psota, T.L., Harris, W.S., Kris-Etherton, P.M., 2008, n-3 Fatty acid dietary recommendations and food sources to achieve essentiality and cardiovascular benefits, Am. J. Clin. Nutr. 83: 1526–35.

Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A., Saurel, R., 2007, Application of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. Food Res. Int., 40: 1107-1121.

Gohel, M.C., 2009, Spray drying- a review, Potent Reagents for Neuroscience, Cancer & Diabetes Researchers, pharmainfo.net

Grau, A., Codony, R., Grimpa, S., Baucells, M.D., Guardiola, F., 2001, Cholesterol oxidation in frozen dark chicken meat: influence of dietary fat source, and α-tocopherol and ascorbic acid supplementation, Meat Science, 57: 197-208.

Guardiola, F., Codony, R., Rafecas, M., Boatella, J., Lopez, A., 1994, Fatty acid composition and nutritional value of fresh eggs, from large- and small-scale f arms, J. Food Compos. Anal., 7: 171-188.

Guardiola, F., Codony, R., Manich, A., Rafecas, M., Boatelle, J., 1995a, Stability of polyunsaturated fatty acids in egg powder processed and stored under various conditions, J. Agric. Food Chem., 43: 2254-2259.

Guardiola, F., Codony, R., Manich, A., Rafecas, M., Boatelle, J., 1995b, Comparison of three methods for the determination of oxysterols in spray-dried egg, J. Chromatogr. A, 705: 289-304.

Guardiola, F., Codony, R., Manich, A., Rafecas, M., Boatelle, J., 1995c, Biological effects of oxysterols: Current sattus, Fd. Chem. Toxic. 34(2): 193-211.

Guardiola, F., Codony, R., Rafecas, M., Grau, A., Jordan, A., Boatella, J., 1997, Oxysterol formation in spray-dried egg processed and stored under various condition: prevention and relationship with other quality parameters, J. Agric. Food Chem., 45: 2229-2243.

Guerin D, Vuillemard JC, Subirade M., 2003, Protection of bifidobacteria encapsulated in polysaccaharide-protein gel beads against gastric juice and bile. J Food Prot, 66: 2076-2084.

Gunstone, F.D., Harwood, J.L., Dijkstra, A.J., 2007, Occurrence and characterisation of oils and fats: Egg Lipids, The Lipid Handbook, CRC Press, pp: 115-117.

Ha E, Zemel, MB, 2003, Functional properties of whey, whey components, and essential amino acids: mechanisms underlying health benefits for active people. (review). J. Nutr. Biochem. 14(5): 251–8.

Hammershoj, M., Peters, L.V., Andersen, H.J., 2004: The significance of critical processing steps in the production of dried egg albumen powder on gel textural and foaming properties, J. Sci. Food Agric. 84: 1039-1048.

Hanning F.M., 1945, Effect of sugar or salt upon denaturation produced by beating and upon the ease of formation and the stability of egg white foams. Iowa State Colloidal journal of Science, 20: 10-12.

Hank, C. R., Kunkel,, M. E., Dawson, P. L., Acton, J. C., Wardlaw, F. B., 2001, The effect of shell egg pasteurization on the protein quality of albumen, Poultry Sci. Assoc., Inc. pp: 821-824.

Harmancıoğlu, M., 1998, Konjege (bileşik) lipitler, E.Ü., Ziraat Fakültesi Yayınları, s: 533:467.

Heperkan, D., Gökler, O., 2006, Kabuklu yumurtada patojen riskleri ve muhafaza yöntemleri, Dünya Gıda, s: 11-17.

Hogan, S.A., McNamee, B.F., O'Riordan, E.D., O'Sullivan, M., 2001, Emulsification and microencapsulation properties of sodium caseinat/carbonhydrate blends. Int. Dairy J., 11: 137-144.

Hunter, R.S., 1975, Scales for the measurements of color difference. In the Measurement of Appearance. John Wiley & Sons, New York.

Hunton, P., 1993, Why Consumers are Really Healthy People. Poultry Int. July, pp: 48-50.

Hur, S.J., Park, G.B. Joo, S.T., 2007, Formation of cholesterol oxidation products (COPs) in animal products, Food Control, 18: 939-947.

Jafari, S. M., Assadpoor, E., Yinghe He, Y., Bhandari, B., 2008, Encapsulation efficiency of food flavours and oils during spray drying, Dry. Technol.

Jung, Y.S. ve Beuchat, L.R., 2000, Sensivity of multidrug-resistant Salmonella typhimrurium DT194 to organic asids and thermal inactivation in liquid egg products. Food Microbiol 17: 63-71.

Kahraman, R., Abas, İ., Özpınar, H., Pekel, A.Y., Kutay, H.C., Keser, O., 2003, Farklı yağ asiti kaynaklarının yumurta sarısı yağ asidi kompozisyonu ve malondialdehit düzeyine etkisi, İstanbul Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi

Kaya, Y., Duyar, H.A., Erdem, M.E., 2004, Balık yağ asitlerinin insan sağlığı için önemi, E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 21(3-4): 365-370.

Kayahan, M., 2003, Yağ Kimyası. ODTÜ Yayıncılık.

Keogh, M. K., O'Kennedy, B. T., 1999, Milk fat microencapsulation using whey proteins. Int. Dairy J., 9: 657-663.

Kınık, Ö, Kavaş, G., Yılmaz, E., 2003, Mikroenkapsülasyon tekniği ve süt teknolojisindeki kullanım alanları, Gıda, 28(4): 401-407.

Kilcast, D., Subramaniam, P., 2000, The stability and shelf life of food, CRC Press, Washington, DC.

Kiosseoglou, V., 2003, Egg yolk protein gels and emulsions, Curr. Opin. Colloid In. Sci., 8: 365–370.

Koç, B., 2008, Püskürtmeli kurutma yöntemiyle yoğurt tozu üretim koşullarının optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü.

Koç, M., 2009, Pastörize sıvı yumurtanın püskürtmeli kururtma yöntemi ile optimum kurutma koşullarının belirlenmesi ve mikroenkapsülasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü.

Koç, M., Met, A., Sakin, M., Ertekin, F.K., 2008, Balık yağının dondurarak kurutma yöntemiyle mikroenkapsüle edilmesi, Türkiye 10. Gıda Kongresi, Erzurum, s: 643-646.

Koç, M., Koç, B., Susyal, G., Yilmazer, M.S., Bağdatlıoğlu, Ertekin, F.K., 2010, Functional and physicochemical properties of whole egg powder: Effect of spray drying conditions, J Food Sci Technol., 48(2): 141.

Koidis, A., Paraskevopolou, A., Kiosseoglou, V., 2002, Fracture and textural properties, of low fat egg yolk gels containing emulsion droplets, Food Hydrocolloids, 16: 673-678.

Lee, S. J., and Rosenberg, M., 1999, Whey protein-based microcapsules prepared by double emulsification and heat gelation. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie Volume 33(2): 80-88.

Lechevalier, V., Jeantet, R., Arhaliass, A., Legrand, J., Nau, F., 2007, Egg white drying: Influence of industrial processing steps on protein structure and functionalities, J. Food Engin., 83: 404-413.

Linden, G. ve Lorient, D., 1999, Egg products. In: New Ingridients in Food Processing. Woodhead Publishing, England.

Luck P. J, Bray N, Foegeding E. A., 2002, Factors determining yield stress and overrun of whey protein foams. J.Food Sci., 67(5): 1677-1681.

Mazalli, M.R., Bragagnola, N., 2007, Effect of storage on cholesterol oxide formation and fatty acid alterations in egg powder, J. Agric. Food Chem., 55: 2743-2748.

McClements, D.J., Silvestre, M.P.C., Decker, E.A., 2005, Food emulsions, principles, practices and techniques" CRC Press 2- Food hydrocolloids 13: 419-424.

McNamee, B.F., White, L. E., O'Riordan, E. D., O'Sullivan, M., 2001, Effect of partial replacement of gum arabic with carbohydrates on its micro-encapsulation properties, J. Agric. Food Chem. 49(7): 3385-8.

Millqvist-Fureby, A., 2003, Characterisation of spray-dried emulsions with mixed fat phases, Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 31: 65-79.

Moreau, D.L., Rosenberg, M., 1993, Microstructure and fat extractability in microcapsules based on whey proteins or mixtures of whey proteins and lactose. Food Struc., 12: 457-468.

Mori, T.A., Bao, D.Q, Burke, V., Puddey, I.B., Beilin, L.J., 1999, Docosahexaenoic acid but not eicoapentaenoic acid lowers ambulatory blood pleasure and heart rate in humans. Hypertension. 34: 253-260.

Morris, M.C., Sack, F., L.L., Knoel, C.T., Tateno, S., Olesiak, W., 1993, Modification of spleen phospholipid fatty acid composition by dietery fish oil and n-3 fatty acid athyl esters. J. Lipid. Res., 34: 1423-1434.

Mountney, G.J., 1976, Eggs- Physical, Chemical, Nutritional and Functional Characteristics. In Poultry Products Technology, Avi Publishing Company, Inc., Connecticut, p: 320-325.

Murray B. S, Ettelaie R. 2004, Foam stability: proteins and nanoparticles. Curr. Opin. Colloid In. Sci., 9: 314-320.

Mutka, J.R., Nelson, D.B., 1988, Preparation of encapsulated flavors with high flavor level. Food Technol., 42: 154-157.

Narayan, B., Miyashita, K., Hosakawa, M., 2006, Physiological effects of eicosapentaenoic acid(EPA) and docosahexaenoic acid(DHA). Food Rev. İnt., 22: 291-307.

Nolan, J.K., Phillips, M., Mine, Y., 2005, Advances in the value of eggs and egg components for human health, J. Agric. Food Chem., 53: 8421-8431.

Obara, A., Obiedzinski, M., Kolczak, T., 2006, The effect of water activity on cholesterol oxidation in spray- and freze-dried egg powders, Food Chem., 95: 173-179.

Oran, A., Toprak, D., 2009, Mikroenkapsülasyon uygulamaları, Bitirme tezi, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.

Özçelik, B., Envaruz, Ö., 1998, Yağı tohumlarda lipit oksidasyonu: Etkili faktörler ve ölçüm yöntemleri, Gıda, 23(3): 221-227.

Özyurt, G., Tokur, B., Özoğul, Y., Kormaz, K., Polat, A., 2007, İncedudaklı kefal (*Liza ramada*)'in yağ asidi kompozisyonu ve buzdolabında muhafazası (4^0C) sırasında lipit oksidasyonu, J. Fish. Sci., 1(4): 160-167.

Palacios, L.E., Wang, T., 2005, Egg-yolk lecithin fractionation and characterization, Department of Food Science and Human Nutrition Center for Crops Utilization Research, Iowa State University Ames, Iowa.

Patel, R.P., Patel, M. P., Suthar, A. M., 2009, Spray drying technology: an overview, Indian J. .Sci. Technol., 2(10): 44-47.

Pernell C. W, Foegeding E.a, Luck P. J, Davis J. P. 2002, Properteis of whey and egg white protein foams. Colloids and Surfaces A:Physicochem. Eng. Aspects, 204: 9-21.

Petrova, T.I.; Krugalev, S.S.; Malakhova, V.P., 1986, Effect of drying regimes on properties of dried egg. Mjasnaja Industrija SSSR, 5: 27-28.

Pie, j.E., Spahis, K., Seillan, C., 1990, Evaluation of oxidative degradation of cholesterol in food and food ingredients: İdentification and quantification of cholesterol oxides, J. Agric. Food Chem., 38: 973-979.

Plancken, V.I., Loey, A.V., Hendrickx, M., 2007, Effect of moisture content during Dry-Heating on Selected Physicochemical and Functional Properties of Dried Egg White, J. Agric. Food Chem., 55: 127-135.

Rao, T.S.S., Murali, H.S., 1989, Changes in lipids of spray dried, freze dried and foam-mat dried, whole egg powder during storage, Lebensm.-Wiss. U.-Technol., 22: 217-221.

Reed, K.A., Sims, C.A., Gorbet, D.W., O'Keefe, S.F., 2002, Storage water activity affects flavor fade in high and normal oleic peanuts, Food Res. Int. 35: 769–774.

Reineccius, G.A., 1991, Carbohydrates for flavor encapsulation. Food Technology, 45: 144-147.

Rose-Sallin C., Huggett, A.C., Bosset, J.O., Tabacchi, R., Fay, L.B., 1995, Quantification of cholesterol oxidation products in milk powders using cholesterol to monitor cholesterol autoxidation, J.Agric. Food Chem, 43: 935-941.

Rosenberg, M., Sheu, T.Y., 1996, Microencapsulation of volatiles by spray drying in whey protein based wall systems. Int. Dairy J., 6: 273-284.

Sadıkoğlu, H., Özdemir, M., 2003, Dondurarak kurutma teknolojisi ve evreleri, Gıda, 28(6): 643-649.

Sagis L. M. C, Groot-Mostert A. E. A, Prins A, Van Der Linden E. 2001, Effect of copper ions on the drainage stability of foams prepared from the egg white. Colloids and Surfaces A: Physicochem.Eng. Aspects, 180: 163-172.

Saldamlı, İ. 1998, Food Chemistry (Editor), Hacetepe Üniversitesi Basımevi. Ankara, pp: 528.

Samman, S., Kung, F.P., Carter, L.M., Foster, M.J., Ahmad, Z.I., Phuyal, J.L., Petocz, P., 2009, Fatty acid composition of certified organic, conventional and omega-3 eggs, Food Chem., 116: 911–914.

Savage, G.P., Dutta, P., Rodriguez-Estrada, M.T., 2002, Cholesterol oxides: their occurence and methods to prevent their generation in foods, Asia Pacific J. Clin. Nutr. 11(1): 72-78.

Serdaroğlu, M., Deniz, E.E., 2002, Sıvı yumurtaların dondurulması ve dondurma nedeniyle oluşan kalite problemleri, Hayvansal Üretim 43(1): 55-63.

Sheldon, B.W., 2005, Techniques for reducing pathogens in eggs. In: Food Safety Control in The Poultry Industry. pp: 273-303 (Eds: Mead, G.C).

Shin, S.Y., Bajpai, V.K., Kim, H.R., Kang, S.C., 2007, Antibacterial activity of eicosapentaenoic acid (EPA) against foodborne and food spoilage microorganisms, LWT 40: 1515–1519.

Stadelman, W.J., Olson, V.M., Shemwell, G.A., Posch, S., 1988, Egg and Poultry Meat Processing. Ellis Harword Ltd. Chiester, England.

Stadelman, W.J., Cotterill, O.J., 1995, Egg Science and Technology, Food Products Press, Binghamton, N.Y.

Susyal, G., Sakin, M., Koç, B., Koç, M., Bağdatlıoğlu, N., Kaymak-Ertekin, F., 2010, Fatty acid composition of pasteurized whole egg by spray drying,

Terao, J., Kawanishi, M., Matsushita, S., 1987, Application of High-Performance Liquid Chromatography for the estimation of peroxidized phospholipids in spray-dried egg and muscle foods, J. Agrlc. Food Chm., 35: 613-617.

Tsunesuke, U.; Tadao, K.; Kazuo, H., 1996, Processed egg powder and process for production thereof. Patent Number: 5487911

Ubhayasekera, S.J.K.A., Verleyen, T., Dutta, P.C., 2004, Evaluation of GC and GC-MS methods for the analysis of cholesterol oxidation products, Food Chem., 84: 149-157.

Valenzuela, A., Sanhueza, J., Nieto, S., 2003, Cholesterol oxidation: Health hazard and the role of antioxidants in prevention, Biol Res. 36: 291-302.

Walton, D.E., Mumford, C.J., 1999, Spray dried products-characterization of particle morphology, Trans IChemE, 77: 21-38.

Warburton, S., Pixton, S.W., 2003, The moisture relations of spray dried skimmed milk, J Stored Prod Res, 14(2-3): 143-158.

Weisinger, H.S., Armitage, J.A., Sinclair, A.J., Burns, P.L., Weisinger, R.S., 2001, Perinatal omega-3 fatty acid deficiency affects blood pressure later in life. Nature Med. 7: 258-259.

Yağcı, E., Göğüş, F., Maskan, M., 2006, Kara kekik uçucu yağının mısır yağı oksidatif stabilitesi üzerine etkisi, Türkiye 9. Gıda Kongresi; 24-26 Mayıs Bolu, s: 369-372.

Yapar,A., Erdöl, M., 1999, Buzdolabında muhafaza edilen mezgit (Merlangius merlangus euxinus Nord., 1840) karaciğer yağının bazı özelliklerinde meydana gelen değişmeler, Turk J Vet Anim Sci 23: 333-336.

Yaprak, S., Karabulut,İ., Ergin, G., 2003, Omega 3 yağ asitleri ve insan sağlığı üzerine etkileri, Gıda, 28(2): 115-122.

Young, S.L., Sadra, X., Rosenberg, M., 1993, Microencapsulating properties of whey proteins. 1. Microencapsulation of anhydrous milk fat. J. Dairy Sci., 76: 2868-2877.

Zbicinski, I., Delag, A., Strumillo, C., Adamiec J., 2002, Advanced experimental analysis of drying kinetics in spray drying. Chem. Eng. J. 86: 207–216.

Zeidler, G., 2002, Processing and packaging shell eggs. In: Commercial Chicken Meat and Egg Production. (Eds .Bell, D.D. ve Weaver, W.D. Kluwer) Academic Publishers, p: 1143.

Ek-1. 20 ± 1^{0}C'de 6 ay boyunca depolanan kaplanmış ve kaplanmamış yumurta tozlarında ΔE (tozda), ΔE (jelde), tekstür, köpük stabilitesi (K.S.), su tutma kapasitesi (STK), peroksit değeri ve çözünür protein değerlerindeki değişim

Kaplama	Ay	ΔE (tozda)	ΔE (jelde)	Tekstür (N)	K.S (90.dk)	STK (%)	Peroksit (meq/kgO_2)	Çözünür Protein(mg/ 1g örnek)
YY	0	0,00	21,86	0,77	0,26	96,51	0,89	256,00
HY	0	0,00	12,46	0,60	0,19	91,95	0,83	258,52
JLY	0	0,00	8,18	0,54	0,48	95,86	0,57	188,21
JY	0	0,00	7,49	0,75	1,00	97,15	0,70	206,27
PJY	0	0,00	8,39	0,57	1,00	96,04	0,70	258,58
LY	0	0,00	19,51	0,58	0,21	91,52	0,66	246,38
PY	0	0,00	6,59	0,56	1,00	91,70	0,71	221,27
YY	1	0,34	17,41	0,73	0,36	93,25	0,98	255,00
HY	1	0,50	12,47	0,56	0,18	92,62	0,85	256,79
JLY	1	0,24	8,20	0,49	0,48	96,62	0,78	181,90
JY	1	0,28	7,43	0,64	1,00	97,13	0,82	205,31
PJY	1	0,12	6,73	0,52	1,00	96,13	0,72	255,99
LY	1	0,17	19,00	0,55	0,23	94,14	0,67	246,49
PY	1	0,37	6,68	0,50	1,00	92,44	0,78	219,07
YY	2	0,80	15,20	0,69	0,42	93,60	1,29	255,11
HY	2	0,63	10,64	0,56	0,23	92,75	1,12	257,23
JLY	2	0,43	7,47	0,48	0,59	96,19	1,11	179,54
JY	2	0,47	7,26	0,54	1,00	97,01	1,15	202,43
PJY	2	0,29	6,28	0,49	1,00	96,08	0,91	256,12
LY	2	0,32	18,14	0,54	0,20	94,21	0,89	237,90
PY	2	0,72	5,44	0,49	1,00	92,88	0,95	217,01
YY	3	0,94	15,52	0,71	0,44	94,12	1,44	255,61
HY	3	0,79	10,96	0,55	0,44	92,86	1,48	251,67
JLY	3	0,64	7,25	0,48	0,57	96,02	1,20	178,06
JY	3	0,62	7,36	0,54	1,00	96,65	1,20	203,76
PJY	3	0,38	6,14	0,46	1,00	95,88	1,23	256,63
LY	3	0,35	17,50	0,52	0,26	94,16	1,12	226,16
PY	3	0,76	5,41	0,48	1,00	92,77	1,27	215,94
LSD	**-**	**0,01**	**0,43**	**0,02**	**0,01**	**0,13**	**0,02**	**1,17**

$p<0.05$ seviyesinde sütunlar içerisinde herhangi iki ortalama arasındaki fark LSD değerinden büyük veya eşit ise bu iki ortalama birbirinden farklıdır.

Ek-1. (Devam) 20 ± 1^0C'de 6 ay boyunca depolanan kaplanmış ve kaplanmamış yumurta tozlarında ΔE (tozda), ΔE (jelde), tekstür, köpük stabilitesi (K.S.), su tutma kapasitesi (STK), peroksit değeri ve çözünür protein değerlerindeki değişim

Kaplama	Ay	ΔE (tozda)	ΔE (jelde)	Tekstür (N)	K.S (90.dk)	STK (%)	Peroksit (meq/kgO_2)	Çözünür Protein(mg/ 1g örnek)
YY	4	0,98	15,38	0,70	0,55	93,97	1,57	247,61
HY	4	1,14	10,91	0,54	0,45	92,73	1,51	216,25
JLY	4	0,69	7,19	0,48	0,57	95,82	1,29	177,31
JY	4	0,71	7,30	0,53	1,00	96,69	1,29	204,14
PJY	4	0,38	6,14	0,46	1,00	95,70	1,28	248,13
LY	4	0,39	17,43	0,53	0,29	94,10	1,21	221,80
PY	4	0,83	5,32	0,48	1,00	92,78	1,29	214,54
YY	5	1,15	15,42	0,69	0,55	93,92	1,70	246,39
HY	5	1,18	10,72	0,54	0,55	92,67	1,73	215,83
JLY	5	0,78	7,17	0,48	0,63	95,64	1,49	176,96
JY	5	0,88	7,38	0,52	1,00	96,61	1,49	198,66
PJY	5	0,42	6,10	0,46	1,00	95,72	1,51	243,10
LY	5	0,46	17,37	0,51	0,27	94,42	1,50	221,64
PY	5	0,98	5,33	0,47	1,00	92,89	1,54	213,44
YY	6	1,39	15,51	0,69	0,60	93,94	1,90	233,56
HY	6	1,73	10,73	0,54	0,65	92,74	1,95	215,26
JLY	6	1,02	7,12	0,48	0,64	95,66	1,80	167,60
JY	6	1,17	7,30	0,53	1,00	96,64	1,80	191,46
PJY	6	0,49	6,16	0,46	1,00	95,72	1,80	237,55
LY	6	0,55	17,36	0,51	0,30	94,37	1,77	211,39
PY	6	1,14	5,30	0,47	1,00	92,91	1,82	211,59
LSD	**-**	**0,01**	**0,43**	**0,02**	**0,01**	**0,13**	**0,02**	**1,17**

$p<0.05$ seviyesinde sütunlar içerisinde herhangi iki ortalama arasındaki fark LSD değerinden büyük veya eşit ise bu iki ortalama birbirinden farklıdır.

Ek-2. 20 ± 1^{0}C'de 6 ay boyunca depolanan yalın ve homojenize yumurta tozunda doymuş yağ asitleri (SFA) miktarındaki değişim

	YAĞ ASİTLERİ								
Aylar	**C14:0**	**C15:0**	**C16:0**	**C17:0**	**C18:0**	**C20:0**	**C21:0**	**C22:0**	**C24:0**
					HY				
0	0,30	0,06	24,25	0,22	8,90	0,03	0,05	0,01	0,11
1	0,30	0,06	24,28	0,22	8,90	0,03	0,05	0,01	0,11
2	0,30	0,06	24,30	0,22	8,95	0,03	0,05	0,01	0,11
3	0,30	0,06	24,33	0,22	8,95	0,03	0,05	0,01	0,11
4	0,30	0,06	24,35	0,22	8,95	0,03	0,05	0,01	0,11
5	0,30	0,06	24,39	0,22	8,95	0,03	0,05	0,01	0,11
6	0,30	0,06	24,45	0,22	8,95	0,03	0,05	0,01	0,11
					YY				
0	0,28	0,06	24,13	0,21	8,87	0,03	0,04	0,01	0,11
1	0,28	0,06	24,15	0,21	8,89	0,03	0,05	0,01	0,11
2	0,30	0,06	24,18	0,21	8,89	0,03	0,04	0,01	0,11
3	0,28	0,06	24,22	0,21	8,91	0,03	0,04	0,01	0,11
4	0,28	0,06	24,26	0,21	8,91	0,03	0,05	0,02	0,11
5	0,28	0,06	24,30	0,21	8,94	0,03	0,04	0,02	0,11
6	0,28	0,06	24,35	0,21	8,94	0,03	0,04	0,02	0,11
LSD	**0,01**	**0,01**	**0,02**	**0,02**	**0,02**	**0,01**	**0,01**	**0,01**	**0,01**

p<0.05 seviyesinde sütunlar içerisinde herhangi iki ortalama arasındaki fark LSD değerinden büyük veya eşit ise bu iki ortalama birbirinden farklıdır.

Ek-3. 20 ± 1^{0}C'de 6 ay boyunca depolanan kaplanmış yumurta tozlarında doymuş yağ asitleri (SFA) miktarındaki değişim

	YAĞ ASİTLERİ								
Aylar	**C14:0**	**C15:0**	**C16:0**	**C17:0**	**C18:0**	**C20:0**	**C21:0**	**C22:0**	**C24:0**
					JLY				
0	0,29	0,06	24,36	0,22	8,95	0,03	0,05	0,01	0,11
1	0,30	0,06	24,35	0,22	8,93	0,03	0,05	0,01	0,11
2	0,30	0,06	24,35	0,22	8,93	0,03	0,05	0,01	0,11
3	0,30	0,06	24,35	0,22	8,94	0,03	0,05	0,01	0,11
4	0,30	0,06	24,35	0,22	8,94	0,03	0,05	0,01	0,11
5	0,30	0,06	24,35	0,22	8,92	0,03	0,05	0,01	0,11
6	0,30	0,06	24,35	0,22	8,93	0,03	0,05	0,01	0,11
					JY				
0	0,28	0,06	23,89	0,22	8,79	0,03	0,05	0,01	0,11
1	0,28	0,06	23,91	0,22	8,79	0,03	0,05	0,01	0,11
2	0,28	0,06	23,90	0,22	8,79	0,03	0,05	0,01	0,11
3	0,28	0,06	23,89	0,22	8,79	0,03	0,05	0,01	0,11
4	0,28	0,06	23,89	0,22	8,79	0,03	0,05	0,01	0,11
5	0,28	0,06	23,88	0,22	8,79	0,03	0,05	0,01	0,11
6	0,28	0,06	23,88	0,22	8,78	0,03	0,05	0,01	0,11
					PJY				
0	0,30	0,07	24,25	0,22	8,68	0,03	0,05	0,01	0,10
1	0,30	0,07	24,25	0,22	8,65	0,03	0,05	0,01	0,10
2	0,30	0,07	24,24	0,22	8,66	0,02	0,05	0,01	0,10
3	0,30	0,07	24,26	0,22	8,66	0,03	0,05	0,01	0,11
4	0,30	0,07	24,28	0,22	8,66	0,03	0,05	0,01	0,10
5	0,30	0,07	24,26	0,22	8,65	0,03	0,05	0,01	0,10
6	0,30	0,07	24,27	0,22	8,64	0,03	0,05	0,01	0,10
LSD	**0,01**	**0,01**	**0,02**	**0,02**	**0,02**	**0,01**	**0,01**	**0,01**	**0,01**

$p<0.05$ seviyesinde sütunlar içerisinde herhangi iki ortalama arasındaki fark LSD değerinden büyük veya eşit ise bu iki ortalama birbirinden farklıdır.

Ek-3. (Devam) 20 ± 1^{0}C'de 6 ay boyunca depolanan kaplanmış yumurta tozlarında doymuş yağ asitleri (SFA) miktarındaki değişim

	YAĞ ASİTLERİ								
Aylar	**C14:0**	**C15:0**	**C16:0**	**C17:0**	**C18:0**	**C20:0**	**C21:0**	**C22:0**	**C24:0**
					LY				
0	0,30	0,07	24,24	0,22	8,52	0,03	0,05	0,01	0,10
1	0,30	0,07	24,25	0,22	8,48	0,03	0,05	0,01	0,10
2	0,30	0,07	24,24	0,22	8,50	0,02	0,05	0,01	0,10
3	0,30	0,07	24,23	0,22	8,50	0,02	0,05	0,02	0,10
4	0,30	0,07	24,24	0,22	8,48	0,03	0,05	0,01	0,10
5	0,29	0,07	24,25	0,22	8,50	0,03	0,05	0,01	0,10
6	0,30	0,07	24,24	0,22	8,50	0,03	0,05	0,01	0,10
					PY				
0	0,30	0,07	24,30	0,22	8,66	0,03	0,05	0,01	0,10
1	0,30	0,07	24,31	0,22	8,66	0,03	0,05	0,01	0,10
2	0,30	0,07	24,30	0,22	8,66	0,02	0,05	0,01	0,10
3	0,29	0,07	24,30	0,21	8,65	0,02	0,05	0,01	0,10
4	0,29	0,07	24,30	0,22	8,67	0,02	0,05	0,01	0,10
5	0,29	0,07	24,31	0,22	8,68	0,02	0,05	0,01	0,10
6	0,29	0,07	24,33	0,22	8,65	0,03	0,05	0,01	0,10
LSD	**0,01**	**0,01**	**0,02**	**0,02**	**0,02**	**0,01**	**0,01**	**0,01**	**0,01**

$p<0.05$ seviyesinde sütunlar içerisinde herhangi iki ortalama arasındaki fark LSD değerinden büyük veya eşit ise bu iki ortalama birbirinden farklıdır.

Ek-4 20 ± 1^{0}C'de 6 ay boyunca depolanan yalın ve homojenize yumurta tozunda tekli doymamış yağ asitleri miktarındaki değişim

	YAĞ ASİTLERİ					
Aylar	**C14:1**	**C16:1**	**C17:1**	**C18:1 *t***	**C18:1**	**C20:1**
			HY			
0	0,05	2,07	0,11	0,03	37,39	0,21
1	0,05	2,07	0,11	0,02	37,39	0,21
2	0,05	2,07	0,11	0,02	37,39	0,21
3	0,05	2,07	0,11	0,02	37,37	0,21
4	0,05	2,07	0,11	0,02	37,36	0,21
5	0,05	2,07	0,11	0,03	37,36	0,21
6	0,05	2,07	0,11	0,02	37,36	0,21
			YY			
0	0,04	2,05	0,11	0,02	37,14	0,21
1	0,04	2,04	0,11	0,02	37,13	0,21
2	0,04	2,04	0,11	0,01	37,13	0,22
3	0,04	2,05	0,11	0,02	37,14	0,21
4	0,04	2,05	0,11	0,03	37,13	0,22
5	0,04	2,05	0,11	0,03	37,14	0,21
6	0,04	2,04	0,11	0,02	37,14	0,22
LSD	**0,01**	**0,01**	**0,01**	**0,02**	**0,03**	**0,02**

p<0.05 seviyesinde sütunlar içerisinde herhangi iki ortalama arasındaki fark LSD değerinden büyük veya eşit ise bu iki ortalama birbirinden farklıdır.

Ek-5. 20 ± 1^{0}C'de 6 ay boyunca depolanan kaplanmış yumurta tozlarında tekli doymamış yağ asitleri miktarındaki değişim

	YAĞ ASİTLERİ					
Aylar	**C14:1**	**C16:1**	**C17:1**	**C18:1 *t***	**C18:1**	**C20:1**
			JLY			
0	0,04	2,06	0,11	0,03	37,80	0,21
1	0,04	2,07	0,11	0,03	37,79	0,21
2	0,04	2,08	0,11	0,03	37,77	0,21
3	0,04	2,08	0,11	0,03	37,78	0,21
4	0,04	2,08	0,11	0,03	37,79	0,21
5	0,04	2,08	0,11	0,03	37,79	0,21
6	0,04	2,09	0,11	0,03	37,80	0,21
			JY			
0	0,04	2,01	0,11	0,03	37,46	0,22
1	0,04	2,01	0,11	0,03	37,45	0,22
2	0,04	2,01	0,11	0,03	37,46	0,22
3	0,04	2,01	0,11	0,03	37,46	0,22
4	0,04	2,01	0,11	0,03	37,46	0,21
5	0,04	2,01	0,11	0,03	37,46	0,21
6	0,04	2,01	0,11	0,03	37,46	0,21
			PJY			
0	0,05	2,41	0,13	0,03	37,79	0,22
1	0,05	2,41	0,13	0,03	37,80	0,22
2	0,05	2,42	0,13	0,02	37,80	0,22
3	0,05	2,42	0,13	0,03	37,80	0,22
4	0,05	2,42	0,13	0,03	37,78	0,22
5	0,05	2,42	0,13	0,03	37,79	0,22
6	0,05	2,41	0,13	0,03	37,79	0,22
LSD	**0,01**	**0,01**	**0,01**	**0,02**	**0,03**	**0,02**

p<0.05 seviyesinde sütunlar içerisinde herhangi iki ortalama arasındaki fark LSD değerinden büyük veya eşit ise bu iki ortalama birbirinden farklıdır.

Ek-5. (Devam) 20 ± 1^{0}C'de 6 ay boyunca depolanan kaplanmış yumurta tozlarında tekli doymamış yağ asitleri miktarındaki değişim

	YAĞ ASİTLERİ					
Aylar	**C14:1**	**C16:1**	**C17:1**	**C18:1 *t***	**C18:1**	**C20:1**
			LY			
0	0,05	2,36	0,10	0,04	37,72	0,22
1	0,05	2,36	0,13	0,03	37,69	0,22
2	0,05	2,36	0,13	0,03	37,71	0,21
3	0,05	2,35	0,13	0,03	37,70	0,21
4	0,05	2,36	0,13	0,03	37,73	0,22
5	0,05	2,35	0,13	0,03	37,73	0,22
6	0,05	2,35	0,13	0,03	37,73	0,22
			PY			
0	0,05	2,40	0,13	0,04	37,88	0,22
1	0,05	2,40	0,13	0,06	37,89	0,22
2	0,05	2,39	0,13	0,05	37,87	0,22
3	0,05	2,39	0,12	0,05	37,86	0,22
4	0,05	2,40	0,12	0,05	37,87	0,22
5	0,05	2,39	0,13	0,05	37,86	0,21
6	0,05	2,40	0,13	0,05	37,88	0,21
LSD	**0,01**	**0,01**	**0,01**	**0,02**	**0,03**	**0,02**

p<0.05 seviyesinde sütunlar içerisinde herhangi iki ortalama arasındaki fark LSD değerinden büyük veya eşit ise bu iki ortalama birbirinden farklıdır.

Ek-6. 20 ± 1^{0}C'de 6 ay boyunca depolanan yalın ve homojenize yumurta tozunda çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) miktarındaki değişim

	Yağ asitleri								
Aylar	**C18:2 n6*t***	**C18:2 n6**	**C18:3 n6**	**C18:3 n3**	**C20:2 n6**	**C20:4 n6**	**C20:3 n3**	**C20:3 n6**	**C22:6 n3**
					HY				
0	0,03	20,22	0,13	0,78	0,25	1,90	0,02	0,19	0,84
1	0,03	20,21	0,13	0,77	0,25	1,89	0,02	0,19	0,82
2	0,02	20,20	0,13	0,75	0,24	1,85	0,02	0,19	0,80
3	0,03	20,19	0,13	0,74	0,23	1,85	0,02	0,19	0,80
4	0,02	20,12	0,13	0,73	0,22	1,84	0,02	0,19	0,80
5	0,02	20,07	0,13	0,73	0,20	1,81	0,02	0,19	0,80
6	0,03	20,00	0,13	0,72	0,20	1,79	0,02	0,19	0,79
					YY				
0	0,03	20,31	0,14	0,77	0,25	1,74	0,02	0,19	0,80
1	0,02	20,29	0,14	0,77	0,24	1,73	0,02	0,19	0,80
2	0,02	20,29	0,14	0,77	0,24	1,72	0,02	0,19	0,79
3	0,02	20,27	0,14	0,77	0,23	1,72	0,02	0,19	0,77
4	0,03	20,24	0,14	0,77	0,21	1,71	0,02	0,19	0,77
5	0,03	20,22	0,14	0,75	0,18	1,71	0,02	0,19	0,76
6	0,03	20,17	0,12	0,75	0,18	1,69	0,02	0,19	0,74
LSD	**0,02**	**0,02**	**0,02**	**0,02**	**0,02**	**0,03**	**0,01**	**0,01**	**0,03**

p<0.05 seviyesinde sütunlar içerisinde herhangi iki ortalama arasındaki fark LSD değerinden büyük veya eşit ise bu iki ortalama birbirinden farklıdır.

Ek-7. 20 ± 1^{0}C'de 6 ay boyunca depolanan kaplanmış yumurta tozunda çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) miktarındaki değişim

	Yağ asitleri								
Aylar	**C18:2 n6*t***	**C18:2 n6**	**C18:3 n6**	**C18:3 n3**	**C20:2 n6**	**C20:4 n6**	**C20:3 n3**	**C20:3 n6**	**C22:6 n3**
					JLY				
0	0,03	20,27	0,13	0,78	0,25	1,89	0,01	0,19	0,84
1	0,03	20,26	0,13	0,77	0,25	1,88	0,02	0,19	0,83
2	0,03	20,26	0,13	0,78	0,25	1,89	0,02	0,17	0,84
3	0,03	20,26	0,13	0,76	0,25	1,85	0,02	0,19	0,82
4	0,03	20,26	0,13	0,76	0,25	1,83	0,02	0,18	0,82
5	0,03	20,26	0,13	0,77	0,25	1,85	0,02	0,19	0,82
6	0,04	20,22	0,13	0,78	0,25	1,84	0,02	0,19	0,82
					JY				
0	0,03	20,74	0,13	0,79	0,26	1,90	0,02	0,19	0,84
1	0,03	20,74	0,12	0,79	0,26	1,88	0,02	0,19	0,83
2	0,03	20,74	0,12	0,79	0,26	1,87	0,02	0,19	0,83
3	0,02	20,65	0,13	0,78	0,26	1,87	0,02	0,18	0,83
4	0,02	20,65	0,12	0,77	0,25	1,86	0,02	0,18	0,82
5	0,02	20,64	0,12	0,77	0,25	1,85	0,02	0,18	0,82
6	0,03	20,64	0,12	0,77	0,25	1,85	0,02	0,18	0,82
					PJY				
0	0,04	20,33	0,12	0,79	0,23	1,91	0,01	0,17	0,84
1	0,04	20,34	0,12	0,79	0,22	1,90	0,02	0,17	0,82
2	0,04	20,33	0,12	0,78	0,22	1,88	0,01	0,17	0,80
3	0,05	20,31	0,12	0,78	0,23	1,89	0,01	0,17	0,80
4	0,04	20,29	0,12	0,78	0,23	1,88	0,01	0,17	0,80
5	0,04	20,29	0,12	0,78	0,22	1,87	0,01	0,17	0,80
6	0,05	20,29	0,12	0,78	0,22	1,87	0,01	0,17	0,80
LSD	**0,02**	**0,02**	**0,02**	**0,02**	**0,02**	**0,03**	**0,01**	**0,01**	**0,03**

p<0.05 seviyesinde sütunlar içerisinde herhangi iki ortalama arasındaki fark LSD değerinden büyük veya eşit ise bu iki ortalama birbirinden farklıdır.

Ek-7. (Devam) 20 ± 1^{0}C'de 6 ay boyunca depolanan kaplanmış yumurta tozunda çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) miktarındaki değişim

	Yağ asitleri								
Aylar	**C18:2 n6*t***	**C18:2 n6**	**C18:3 n6**	**C18:3 n3**	**C20:2 n6**	**C20:4 n6**	**C20:3 n3**	**C20:3 n6**	**C22:6 n3**
					LY				
0	0,04	20,83	0,12	0,78	0,23	1,92	0,02	0,17	0,89
1	0,04	20,83	0,12	0,78	0,23	1,92	0,01	0,17	0,87
2	0,04	20,83	0,12	0,78	0,22	1,92	0,02	0,16	0,87
3	0,04	20,83	0,12	0,78	0,22	1,92	0,02	0,17	0,88
4	0,04	20,83	0,12	0,78	0,23	1,91	0,01	0,17	0,88
5	0,04	20,82	0,12	0,78	0,23	1,91	0,02	0,17	0,87
6	0,04	20,82	0,12	0,78	0,23	1,91	0,01	0,17	0,87
					PY				
0	0,04	20,30	0,11	0,80	0,22	1,89	0,01	0,17	0,86
1	0,04	20,30	0,12	0,82	0,22	1,88	0,01	0,17	0,86
2	0,04	20,28	0,12	0,82	0,22	1,88	0,02	0,17	0,86
3	0,04	20,27	0,12	0,80	0,22	1,87	0,01	0,17	0,85
4	0,04	20,26	0,11	0,80	0,22	1,87	0,01	0,17	0,85
5	0,04	20,23	0,11	0,80	0,22	1,87	0,01	0,16	0,85
6	0,04	20,21	0,11	0,81	0,22	1,87	0,02	0,16	0,85
LSD	**0,02**	**0,02**	**0,02**	**0,02**	**0,02**	**0,03**	**0,01**	**0,01**	**0,03**

p<0.05 seviyesinde sütunlar içerisinde herhangi iki ortalama arasındaki fark LSD değerinden büyük veya eşit ise bu iki ortalama birbirinden farklıdır

14.5 deneyi 19:20 Wednesday, January 24, 2001 1

The Mixed Procedure

Model Information

Data Set	WORK.SET1
Dependent Variable	**JELDE RENK (ΔE)**
Covariance Structure	Diagonal
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Residual

Class Level Information

Class	Levels	Values
ay	7	0 1 2 3 4 5 6
kaplama	7	HY JLY JY LY PJY PY YY

Dimensions

Covariance Parameters	1
Columns in X	64
Columns in Z	0
Subjects	1
Max Obs Per Subject	98
Observations Used	98
Observations Not Used	0
Total Observations	98

Covariance Parameter

Estimates

Cov Parm	Estimate
Residual	0.04533

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	21.4
AIC (smaller is better)	23.4
AICC (smaller is better)	23.5
BIC (smaller is better)	25.3

The Mixed Procedure

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
ay	6	49	234.65	<.0001
kaplama	6	49	7941.14	<.0001
ay*kaplama	36	49	31.53	<.0001

Least Squares Means

Effect	kaplama	ay	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > |t|
ay*kaplama	HY	0	12.5650	0.1505	49	83.46	<.0001
ay*kaplama	JLY	0	8.2150	0.1505	49	54.57	<.0001
ay*kaplama	JY	0	7.5750	0.1505	49	50.32	<.0001
ay*kaplama	LY	0	19.5900	0.1505	49	130.13	<.0001
ay*kaplama	PJY	0	8.5300	0.1505	49	56.66	<.0001
ay*kaplama	PY	0	6.6200	0.1505	49	43.97	<.0001
ay*kaplama	YY	0	22.4200	0.1505	49	148.93	<.0001

ay*kaplama	HY	1	12.4900	0.1505	49	82.97	<.0001
ay*kaplama	JLY	1	8.3850	0.1505	49	55.70	<.0001
ay*kaplama	JY	1	7.4700	0.1505	49	49.62	<.0001
ay*kaplama	LY	1	19.0050	0.1505	49	126.24	<.0001
ay*kaplama	PJY	1	6.7500	0.1505	49	44.84	<.0001
ay*kaplama	PY	1	6.7650	0.1505	49	44.94	<.0001
ay*kaplama	YY	1	17.4900	0.1505	49	116.18	<.0001
ay*kaplama	HY	2	10.6450	0.1505	49	70.71	<.0001
ay*kaplama	JLY	2	7.4750	0.1505	49	49.65	<.0001
ay*kaplama	JY	2	7.3250	0.1505	49	48.66	<.0001
ay*kaplama	LY	2	18.1500	0.1505	49	120.56	<.0001
ay*kaplama	PJY	2	6.2850	0.1505	49	41.75	<.0001
ay*kaplama	PY	2	5.5900	0.1505	49	37.13	<.0001
ay*kaplama	YY	2	15.3450	0.1505	49	101.93	<.0001
ay*kaplama	HY	3	10.9850	0.1505	49	72.97	<.0001
ay*kaplama	JLY	3	7.2500	0.1505	49	48.16	<.0001
ay*kaplama	JY	3	7.3650	0.1505	49	48.92	<.0001
ay*kaplama	LY	3	17.5350	0.1505	49	116.48	<.0001
ay*kaplama	PJY	3	6.1400	0.1505	49	40.79	<.0001
ay*kaplama	PY	3	5.4250	0.1505	49	36.04	<.0001
ay*kaplama	YY	3	15.6450	0.1505	49	103.92	<.0001
ay*kaplama	HY	4	10.9950	0.1505	49	73.04	<.0001
ay*kaplama	JLY	4	7.2000	0.1505	49	47.83	<.0001
ay*kaplama	JY	4	7.3050	0.1505	49	48.52	<.0001

The Mixed Procedure

Least Squares Means

Effect	kaplama	ay	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > |t|
ay*kaplama	LY	4	17.4500	0.1505	49	115.91	<.0001
ay*kaplama	PJY	4	6.1400	0.1505	49	40.79	<.0001
ay*kaplama	PY	4	5.3250	0.1505	49	35.37	<.0001
ay*kaplama	YY	4	15.4000	0.1505	49	102.30	<.0001
ay*kaplama	HY	5	10.7250	0.1505	49	71.24	<.0001
ay*kaplama	JLY	5	7.1700	0.1505	49	47.63	<.0001

ay*kaplama	JY	5	7.5400	0.1505	49	50.09	<.0001
ay*kaplama	LY	5	17.3700	0.1505	49	115.38	<.0001
ay*kaplama	PJY	5	6.1500	0.1505	49	40.85	<.0001
ay*kaplama	PY	5	5.3350	0.1505	49	35.44	<.0001
ay*kaplama	YY	5	15.4250	0.1505	49	102.46	<.0001
ay*kaplama	HY	6	10.7350	0.1505	49	71.31	<.0001
ay*kaplama	JLY	6	7.1250	0.1505	49	47.33	<.0001
ay*kaplama	JY	6	7.3050	0.1505	49	48.52	<.0001
ay*kaplama	LY	6	17.3650	0.1505	49	115.35	<.0001
ay*kaplama	PJY	6	6.1650	0.1505	49	40.95	<.0001
ay*kaplama	PY	6	5.3000	0.1505	49	35.21	<.0001
ay*kaplama	YY	6	16.2850	0.1505	49	108.17	<.0001

Differences of Least Squares Means

Effect	kaplama	ay	_kaplama	_ay	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > |t|
ay*kaplama	HY	0	JLY	0	4.3500	**0.2129**	49	20.43	<.0001
ay*kaplama	HY	0	JY	0	4.9900	0.2129	49	23.44	<.0001
ay*kaplama	HY	0	LY	0	-7.0250	0.2129	49	-33.00	<.0001
ay*kaplama	HY	0	PJY	0	4.0350	0.2129	49	18.95	<.0001
ay*kaplama	HY	0	PY	0	5.9450	0.2129	49	27.92	<.0001
ay*kaplama	HY	0	YY	0	-9.8550	0.2129	49	-46.29	<.0001
ay*kaplama	HY	0	HY	1	0.07500	0.2129	49	0.35	0.7261
ay*kaplama	HY	0	JLY	1	4.1800	0.2129	49	19.63	<.0001
ay*kaplama	HY	0	JY	1	5.0950	0.2129	49	23.93	<.0001
ay*kaplama	HY	0	LY	1	-6.4400	0.2129	49	-30.25	<.0001
ay*kaplama	HY	0	PJY	1	5.8150	0.2129	49	27.31	<.0001
ay*kaplama	HY	0	PY	1	5.8000	0.2129	49	27.24	<.0001
ay*kaplama	HY	0	YY	1	-4.9250	0.2129	49	-23.13	<.0001
ay*kaplama	HY	0	HY	2	1.9200	0.2129	49	9.02	<.0001

The Mixed Procedure

Model Information

Data Set	WORK.SET1
Dependent Variable	**KÖPÜK STABİLİTESİ**
Covariance Structure	Diagonal
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Residual

Class Level Information

Class	Levels	Values
ay	7	0 1 2 3 4 5 6
kaplama	7	HY JLY JY LY PJY PY YY

Dimensions

Covariance Parameters	1
Columns in X	64
Columns in Z	0
Subjects	1
Max Obs Per Subject	98
Observations Used	98
Observations Not Used	0
Total Observations	98

Covariance Parameter Estimates

Cov Parm	Estimate
Residual	0.000021

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	-353.7
AIC (smaller is better)	-351.7
AICC (smaller is better)	-351.6
BIC (smaller is better)	-349.8

The Mixed Procedure

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
ay	6	49	2056.29	<.0001
kaplama	6	49	69054.7	<.0001
ay*kaplama	36	49	508.45	<.0001

Least Squares Means

Effect	kaplama	ay	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > |t|
ay*kaplama	HY	0	0.1920	0.003276	49	58.60	<.0001
ay*kaplama	JLY	0	0.4810	0.003276	49	146.81	<.0001
ay*kaplama	JY	0	1.0000	0.003276	49	305.21	<.0001
ay*kaplama	LY	0	0.2115	0.003276	49	64.55	<.0001
ay*kaplama	PJY	0	1.0000	0.003276	49	305.21	<.0001
ay*kaplama	PY	0	1.0000	0.003276	49	305.21	<.0001
ay*kaplama	YY	0	0.2610	0.003276	49	79.66	<.0001
ay*kaplama	HY	1	0.1800	0.003276	49	54.94	<.0001
ay*kaplama	JLY	1	0.4790	0.003276	49	146.20	<.0001

ay*kaplama	JY	1	1.0000	0.003276	49	305.21	<.0001
ay*kaplama	LY	1	0.2315	0.003276	49	70.66	<.0001
ay*kaplama	PJY	1	1.0000	0.003276	49	305.21	<.0001
ay*kaplama	PY	1	1.0000	0.003276	49	305.21	<.0001
ay*kaplama	YY	1	0.3665	0.003276	49	111.86	<.0001
ay*kaplama	HY	2	0.2330	0.003276	49	71.11	<.0001
ay*kaplama	JLY	2	0.5905	0.003276	49	180.23	<.0001
ay*kaplama	JY	2	1.0000	0.003276	49	305.21	<.0001
ay*kaplama	LY	2	0.2045	0.003276	49	62.42	<.0001
ay*kaplama	PJY	2	1.0000	0.003276	49	305.21	<.0001
ay*kaplama	PY	2	1.0000	0.003276	49	305.21	<.0001
ay*kaplama	YY	2	0.4340	0.003276	49	132.46	<.0001
ay*kaplama	HY	3	0.4405	0.003276	49	134.45	<.0001
ay*kaplama	JLY	3	0.5690	0.003276	49	173.67	<.0001
ay*kaplama	JY	3	1.0000	0.003276	49	305.21	<.0001
ay*kaplama	LY	3	0.2600	0.003276	49	79.36	<.0001
ay*kaplama	PJY	3	1.0000	0.003276	49	305.21	<.0001
ay*kaplama	PY	3	1.0000	0.003276	49	305.21	<.0001
ay*kaplama	YY	3	0.4420	0.003276	49	134.90	<.0001
ay*kaplama	HY	4	0.4470	0.003276	49	136.43	<.0001
ay*kaplama	JLY	4	0.5685	0.003276	49	173.51	<.0001
ay*kaplama	JY	4	1.0000	0.003276	49	305.21	<.0001

The Mixed Procedure

Least Squares Means

Effect	kaplama	ay	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > |t|
ay*kaplama	LY	4	0.2975	0.003276	49	90.80	<.0001
ay*kaplama	PJY	4	1.0000	0.003276	49	305.21	<.0001
ay*kaplama	PY	4	1.0000	0.003276	49	305.21	<.0001
ay*kaplama	YY	4	0.5500	0.003276	49	167.87	<.0001
ay*kaplama	HY	5	0.5470	0.003276	49	166.95	<.0001
ay*kaplama	JLY	5	0.6325	0.003276	49	193.05	<.0001
ay*kaplama	JY	5	1.0000	0.003276	49	305.21	<.0001
ay*kaplama	LY	5	0.2840	0.003276	49	86.68	<.0001

ay*kaplama	PJY	5	1.0000	0.003276	49	305.21	<.0001
ay*kaplama	PY	5	1.0000	0.003276	49	305.21	<.0001
ay*kaplama	YY	5	0.5530	0.003276	49	168.78	<.0001
ay*kaplama	HY	6	0.6515	0.003276	49	198.85	<.0001
ay*kaplama	JLY	6	0.6430	0.003276	49	196.25	<.0001
ay*kaplama	JY	6	1.0000	0.003276	49	305.21	<.0001
ay*kaplama	LY	6	0.2995	0.003276	49	91.41	<.0001
ay*kaplama	PJY	6	1.0000	0.003276	49	305.21	<.0001
ay*kaplama	PY	6	1.0000	0.003276	49	305.21	<.0001
ay*kaplama	YY	6	0.6045	0.003276	49	184.50	<.0001

Differences of Least Squares Means

Effect	kaplama	ay	_kaplama	_ay	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > |t|
ay*kaplama	HY	0	JLY	0	-0.2890	**0.004634**	49	-62.37	<.0001
ay*kaplama	HY	0	JY	0	-0.8080	0.004634	49	-174.38	<.0001
ay*kaplama	HY	0	LY	0	-0.01950	0.004634	49	-4.21	0.0001
ay*kaplama	HY	0	PJY	0	-0.8080	0.004634	49	-174.38	<.0001
ay*kaplama	HY	0	PY	0	-0.8080	0.004634	49	-174.38	<.0001
ay*kaplama	HY	0	YY	0	-0.06900	0.004634	49	-14.89	<.0001
ay*kaplama	HY	0	HY	1	0.01200	0.004634	49	2.59	0.0126
ay*kaplama	HY	0	JLY	1	-0.2870	0.004634	49	-61.94	<.0001
ay*kaplama	HY	0	JY	1	-0.8080	0.004634	49	-174.38	<.0001
ay*kaplama	HY	0	LY	1	-0.03950	0.004634	49	-8.52	<.0001
ay*kaplama	HY	0	PJY	1	-0.8080	0.004634	49	-174.38	<.0001

The Mixed Procedure

Model Information

Data Set	WORK.SET1
Dependent Variable	**PEROKSİT**
Covariance Structure	Diagonal
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Residual

Class Level Information

Class	Levels	Values
ay	7	0 1 2 3 4 5 6
kaplama	7	HY JLY JY LY PJY PY YY

Dimensions

Covariance Parameters	1
Columns in X	64
Columns in Z	0
Subjects	1
Max Obs Per Subject	98
Observations Used	98
Observations Not Used	0
Total Observations	98

Covariance Parameter Estimates

Cov Parm	Estimate

Residual 0.000079

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	-290.1
AIC (smaller is better)	-288.1
AICC (smaller is better)	-288.0
BIC (smaller is better)	-286.2

The Mixed Procedure

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
ay	6	49	28649.8	<.0001
kaplama	6	49	1969.02	<.0001
ay*kaplama	36	49	77.94	<.0001

Least Squares Means

Effect	kaplama	ay	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > |t|
ay*kaplama	HY	0	0.8450	0.006268	49	134.82	<.0001
ay*kaplama	JLY	0	0.5800	0.006268	49	92.54	<.0001
ay*kaplama	JY	0	0.7000	0.006268	49	111.68	<.0001
ay*kaplama	LY	0	0.6600	0.006268	49	105.30	<.0001
ay*kaplama	PJY	0	0.7000	0.006268	49	111.68	<.0001
ay*kaplama	PY	0	0.7150	0.006268	49	114.07	<.0001
ay*kaplama	YY	0	0.9050	0.006268	49	144.39	<.0001
ay*kaplama	HY	1	0.8550	0.006268	49	136.41	<.0001
ay*kaplama	JLY	1	0.7800	0.006268	49	124.44	<.0001
ay*kaplama	JY	1	0.8200	0.006268	49	130.83	<.0001

ay*kaplama	LY	1	0.6700	0.006268	49	106.90	<.0001
ay*kaplama	PJY	1	0.7250	0.006268	49	115.67	<.0001
ay*kaplama	PY	1	0.7800	0.006268	49	124.44	<.0001
ay*kaplama	YY	1	0.9900	0.006268	49	157.95	<.0001
ay*kaplama	HY	2	1.1200	0.006268	49	178.69	<.0001
ay*kaplama	JLY	2	1.1100	0.006268	49	177.09	<.0001
ay*kaplama	JY	2	1.1500	0.006268	49	183.48	<.0001
ay*kaplama	LY	2	0.8950	0.006268	49	142.79	<.0001
ay*kaplama	PJY	2	0.9150	0.006268	49	145.98	<.0001
ay*kaplama	PY	2	0.9600	0.006268	49	153.16	<.0001
ay*kaplama	YY	2	1.2900	0.006268	49	205.81	<.0001
ay*kaplama	HY	3	1.4850	0.006268	49	236.92	<.0001
ay*kaplama	JLY	3	1.2000	0.006268	49	191.45	<.0001
ay*kaplama	JY	3	1.2050	0.006268	49	192.25	<.0001
ay*kaplama	LY	3	1.1200	0.006268	49	178.69	<.0001
ay*kaplama	PJY	3	1.2400	0.006268	49	197.84	<.0001
ay*kaplama	PY	3	1.2700	0.006268	49	202.62	<.0001
ay*kaplama	YY	3	1.4400	0.006268	49	229.74	<.0001
ay*kaplama	HY	4	1.5100	0.006268	49	240.91	<.0001
ay*kaplama	JLY	4	1.2950	0.006268	49	206.61	<.0001
ay*kaplama	JY	4	1.2900	0.006268	49	205.81	<.0001

The Mixed Procedure

Least Squares Means

Effect	kaplama	ay	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > |t|
ay*kaplama	LY	4	1.2100	0.006268	49	193.05	<.0001
ay*kaplama	PJY	4	1.2850	0.006268	49	205.02	<.0001
ay*kaplama	PY	4	1.2900	0.006268	49	205.81	<.0001
ay*kaplama	YY	4	1.5750	0.006268	49	251.28	<.0001
ay*kaplama	HY	5	1.7350	0.006268	49	276.81	<.0001
ay*kaplama	JLY	5	1.4950	0.006268	49	238.52	<.0001
ay*kaplama	JY	5	1.4950	0.006268	49	238.52	<.0001
ay*kaplama	LY	5	1.5100	0.006268	49	240.91	<.0001

ay*kaplama	PJY	5	1.5100	0.006268	49	240.91	<.0001
ay*kaplama	PY	5	1.5500	0.006268	49	247.29	<.0001
ay*kaplama	YY	5	1.7200	0.006268	49	274.42	<.0001
ay*kaplama	HY	6	1.9600	0.006268	49	312.71	<.0001
ay*kaplama	JLY	6	1.8000	0.006268	49	287.18	<.0001
ay*kaplama	JY	6	1.8050	0.006268	49	287.98	<.0001
ay*kaplama	LY	6	1.7700	0.006268	49	282.39	<.0001
ay*kaplama	PJY	6	1.8050	0.006268	49	287.98	<.0001
ay*kaplama	PY	6	1.8200	0.006268	49	290.37	<.0001
ay*kaplama	YY	6	1.9000	0.006268	49	303.14	<.0001

Differences of Least Squares Means

Effect	kaplama	ay	_kaplama	_ay	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > |t|
ay*kaplama	HY	0	JLY	0	0.2650	**0.008864**	49	29.90	<.0001
ay*kaplama	HY	0	JY	0	0.1450	0.008864	49	16.36	<.0001
ay*kaplama	HY	0	LY	0	0.1850	0.008864	49	20.87	<.0001
ay*kaplama	HY	0	PJY	0	0.1450	0.008864	49	16.36	<.0001
ay*kaplama	HY	0	PY	0	0.1300	0.008864	49	14.67	<.0001
ay*kaplama	HY	0	YY	0	-0.06000	0.008864	49	-6.77	<.0001
ay*kaplama	HY	0	HY	1	-0.01000	0.008864	49	-1.13	0.2647
ay*kaplama	HY	0	JLY	1	0.06500	0.008864	49	7.33	<.0001
ay*kaplama	HY	0	JY	1	0.02500	0.008864	49	2.82	0.0069
ay*kaplama	HY	0	LY	1	0.1750	0.008864	49	19.74	<.0001
ay*kaplama	HY	0	PJY	1	0.1200	0.008864	49	13.54	<.0001
ay*kaplama	HY	0	PY	1	0.06500	0.008864	49	7.33	<.0001
ay*kaplama	HY	0	YY	1	-0.1450	0.008864	49	-16.36	<.0001
ay*kaplama	HY	0	HY	2	-0.2750	0.008864	49	-31.02	<.0001

The Mixed Procedure

Model Information

Data Set	WORK.SET1
Dependent Variable	**ÇÖZÜNÜR PROTEİN**
Covariance Structure	Diagonal
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Residual

Class Level Information

Class	Levels	Values
ay	7	0 1 2 3 4 5 6
kaplama	7	HY JLY JY LY PJY PY YY

Dimensions

Covariance Parameters	1
Columns in X	64
Columns in Z	0
Subjects	1
Max Obs Per Subject	98
Observations Used	98
Observations Not Used	0
Total Observations	98

Covariance Parameter Estimates

Cov Parm	Estimate

Residual 0.3341

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	119.3
AIC (smaller is better)	121.3
AICC (smaller is better)	121.4
BIC (smaller is better)	123.2

The Mixed Procedure

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
ay	6	49	3294.77	<.0001
kaplama	6	49	29866.6	<.0001
ay*kaplama	36	49	308.86	<.0001

Least Squares Means

Effect	kaplama	ay	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > |t|
ay*kaplama	HY	0	258.52	0.4087	49	632.48	<.0001
ay*kaplama	JLY	0	188.21	0.4087	49	460.45	<.0001
ay*kaplama	JY	0	206.27	0.4087	49	504.64	<.0001
ay*kaplama	LY	0	246.38	0.4087	49	602.77	<.0001
ay*kaplama	PJY	0	258.58	0.4087	49	632.63	<.0001
ay*kaplama	PY	0	221.27	0.4087	49	541.35	<.0001
ay*kaplama	YY	0	256.00	0.4087	49	626.32	<.0001
ay*kaplama	HY	1	256.79	0.4087	49	628.25	<.0001
ay*kaplama	JLY	1	181.90	0.4087	49	445.03	<.0001
ay*kaplama	JY	1	205.31	0.4087	49	502.29	<.0001

ay*kaplama	LY	1	246.49	0.4087	49	603.05	<.0001
ay*kaplama	PJY	1	255.99	0.4087	49	626.29	<.0001
ay*kaplama	PY	1	219.07	0.4087	49	535.97	<.0001
ay*kaplama	YY	1	255.00	0.4087	49	623.87	<.0001
ay*kaplama	HY	2	257.23	0.4087	49	629.31	<.0001
ay*kaplama	JLY	2	179.54	0.4087	49	439.24	<.0001
ay*kaplama	JY	2	202.43	0.4087	49	495.24	<.0001
ay*kaplama	LY	2	237.90	0.4087	49	582.02	<.0001
ay*kaplama	PJY	2	256.12	0.4087	49	626.60	<.0001
ay*kaplama	PY	2	217.01	0.4087	49	530.93	<.0001
ay*kaplama	YY	2	255.11	0.4087	49	624.14	<.0001
ay*kaplama	HY	3	251.67	0.4087	49	615.71	<.0001
ay*kaplama	JLY	3	178.06	0.4087	49	435.62	<.0001
ay*kaplama	JY	3	203.76	0.4087	49	498.51	<.0001
ay*kaplama	LY	3	226.16	0.4087	49	553.31	<.0001
ay*kaplama	PJY	3	256.63	0.4087	49	627.86	<.0001
ay*kaplama	PY	3	215.94	0.4087	49	528.30	<.0001
ay*kaplama	YY	3	255.44	0.4087	49	624.95	<.0001
ay*kaplama	HY	4	216.25	0.4087	49	529.07	<.0001
ay*kaplama	JLY	4	177.31	0.4087	49	433.79	<.0001
ay*kaplama	JY	4	204.14	0.4087	49	499.44	<.0001

The Mixed Procedure

Least Squares Means

Effect	kaplama	ay	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > |t|
ay*kaplama	LY	4	221.80	0.4087	49	542.63	<.0001
ay*kaplama	PJY	4	248.13	0.4087	49	607.06	<.0001
ay*kaplama	PY	4	214.54	0.4087	49	524.88	<.0001
ay*kaplama	YY	4	247.61	0.4087	49	605.79	<.0001
ay*kaplama	HY	5	215.83	0.4087	49	528.04	<.0001
ay*kaplama	JLY	5	176.96	0.4087	49	432.94	<.0001
ay*kaplama	JY	5	198.66	0.4087	49	486.02	<.0001
ay*kaplama	LY	5	221.64	0.4087	49	542.25	<.0001

ay*kaplama	PJY	5	243.10	0.4087	49	594.76	<.0001
ay*kaplama	PY	5	213.44	0.4087	49	522.19	<.0001
ay*kaplama	YY	5	246.39	0.4087	49	602.81	<.0001
ay*kaplama	HY	6	215.26	0.4087	49	526.65	<.0001
ay*kaplama	JLY	6	167.60	0.4087	49	410.04	<.0001
ay*kaplama	JY	6	191.46	0.4087	49	468.41	<.0001
ay*kaplama	LY	6	211.39	0.4087	49	517.16	<.0001
ay*kaplama	PJY	6	237.55	0.4087	49	581.17	<.0001
ay*kaplama	PY	6	211.59	0.4087	49	517.65	<.0001
ay*kaplama	YY	6	233.56	0.4087	49	571.42	<.0001

Differences of Least Squares Means

Effect	kaplama	ay	_kaplama	_ay	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > |t|
ay*kaplama	HY	0	JLY	0	70.3150	**0.5780**	49	121.64	<.0001
ay*kaplama	HY	0	JY	0	52.2550	0.5780	49	90.40	<.0001
ay*kaplama	HY	0	LY	0	12.1450	0.5780	49	21.01	<.0001
ay*kaplama	HY	0	PJY	0	-0.06000	0.5780	49	-0.10	0.9178
ay*kaplama	HY	0	PY	0	37.2500	0.5780	49	64.44	<.0001
ay*kaplama	HY	0	YY	0	2.5200	0.5780	49	4.36	<.0001
ay*kaplama	HY	0	HY	1	1.7300	0.5780	49	2.99	0.0043
ay*kaplama	HY	0	JLY	1	76.6200	0.5780	49	132.55	<.0001
ay*kaplama	HY	0	JY	1	53.2150	0.5780	49	92.06	<.0001
ay*kaplama	HY	0	LY	1	12.0300	0.5780	49	20.81	<.0001
ay*kaplama	HY	0	PJY	1	2.5300	0.5780	49	4.38	<.0001
ay*kaplama	HY	0	PY	1	39.4500	0.5780	49	68.25	<.0001
ay*kaplama	HY	0	YY	1	3.5200	0.5780	49	6.09	<.0001

The Mixed Procedure

Model Information

Data Set	WORK.SET1
Dependent Variable	**STK**
Covariance Structure	Diagonal
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Residual

Class Level Information

Class	Levels	Values
ay	7	0 1 2 3 4 5 6
kaplama	7	HY JLY JY LY PJY PY YY

Dimensions

Covariance Parameters	1
Columns in X	64
Columns in Z	0
Subjects	1
Max Obs Per Subject	98
Observations Used	98
Observations Not Used	0
Total Observations	98

Covariance Parameter Estimates

Cov Parm	Estimate

Residual 0.004335

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	-93.6
AIC (smaller is better)	-91.6
AICC (smaller is better)	-91.5
BIC (smaller is better)	-89.7

The Mixed Procedure

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
ay	6	49	30.60	<.0001
kaplama	6	49	9205.88	<.0001
ay*kaplama	36	49	198.42	<.0001

Least Squares Means

Effect	kaplama	ay	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > |t|
ay*kaplama	HY	0	92.0400	0.04655	49	1977.03	<.0001
ay*kaplama	JLY	0	95.9600	0.04655	49	2061.23	<.0001
ay*kaplama	JY	0	97.1500	0.04655	49	2086.79	<.0001
ay*kaplama	LY	0	91.5550	0.04655	49	1966.61	<.0001
ay*kaplama	PJY	0	96.0450	0.04655	49	2063.05	<.0001
ay*kaplama	PY	0	91.7150	0.04655	49	1970.05	<.0001
ay*kaplama	YY	0	96.5150	0.04655	49	2073.15	<.0001
ay*kaplama	HY	1	92.6250	0.04655	49	1989.59	<.0001
ay*kaplama	JLY	1	96.6850	0.04655	49	2076.80	<.0001
ay*kaplama	JY	1	97.1550	0.04655	49	2086.90	<.0001

ay*kaplama	LY	1	94.1500	0.04655	49	2022.35	<.0001
ay*kaplama	PJY	1	96.1750	0.04655	49	2065.85	<.0001
ay*kaplama	PY	1	92.5000	0.04655	49	1986.91	<.0001
ay*kaplama	YY	1	93.2750	0.04655	49	2003.55	<.0001
ay*kaplama	HY	2	92.7500	0.04655	49	1992.28	<.0001
ay*kaplama	JLY	2	96.2300	0.04655	49	2067.03	<.0001
ay*kaplama	JY	2	97.0250	0.04655	49	2084.10	<.0001
ay*kaplama	LY	2	94.2550	0.04655	49	2024.60	<.0001
ay*kaplama	PJY	2	96.0900	0.04655	49	2064.02	<.0001
ay*kaplama	PY	2	92.9700	0.04655	49	1997.00	<.0001
ay*kaplama	YY	2	93.7850	0.04655	49	2014.51	<.0001
ay*kaplama	HY	3	92.8600	0.04655	49	1994.64	<.0001
ay*kaplama	JLY	3	96.0300	0.04655	49	2062.73	<.0001
ay*kaplama	JY	3	96.6550	0.04655	49	2076.16	<.0001
ay*kaplama	LY	3	94.1650	0.04655	49	2022.67	<.0001
ay*kaplama	PJY	3	95.9250	0.04655	49	2060.48	<.0001
ay*kaplama	PY	3	92.8550	0.04655	49	1994.53	<.0001
ay*kaplama	YY	3	94.2050	0.04655	49	2023.53	<.0001
ay*kaplama	HY	4	92.7450	0.04655	49	1992.17	<.0001
ay*kaplama	JLY	4	95.8500	0.04655	49	2058.87	<.0001
ay*kaplama	JY	4	96.7250	0.04655	49	2077.66	<.0001

The Mixed Procedure

Least Squares Means

Effect	kaplama	ay	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > |t|
ay*kaplama	LY	4	94.1350	0.04655	49	2022.03	<.0001
ay*kaplama	PJY	4	95.7050	0.04655	49	2055.75	<.0001
ay*kaplama	PY	4	92.8100	0.04655	49	1993.57	<.0001
ay*kaplama	YY	4	94.0050	0.04655	49	2019.23	<.0001
ay*kaplama	HY	5	92.6750	0.04655	49	1990.67	<.0001
ay*kaplama	JLY	5	95.6450	0.04655	49	2054.46	<.0001
ay*kaplama	JY	5	96.6250	0.04655	49	2075.51	<.0001
ay*kaplama	LY	5	94.4450	0.04655	49	2028.69	<.0001

ay*kaplama	PJY	5	95.7550	0.04655	49	2056.82	<.0001
ay*kaplama	PY	5	92.9000	0.04655	49	1995.50	<.0001
ay*kaplama	YY	5	93.9450	0.04655	49	2017.95	<.0001
ay*kaplama	HY	6	92.7450	0.04655	49	1992.17	<.0001
ay*kaplama	JLY	6	95.6950	0.04655	49	2055.54	<.0001
ay*kaplama	JY	6	96.6650	0.04655	49	2076.37	<.0001
ay*kaplama	LY	6	94.4100	0.04655	49	2027.93	<.0001
ay*kaplama	PJY	6	95.7600	0.04655	49	2056.93	<.0001
ay*kaplama	PY	6	92.9150	0.04655	49	1995.82	<.0001
ay*kaplama	YY	6	93.9400	0.04655	49	2017.84	<.0001

Differences of Least Squares Means

Effect	kaplama	ay	_kaplama	_ay	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > |t|
ay*kaplama	HY	0	JLY	0	-3.9200	**0.06584**	49	-59.54	<.0001
ay*kaplama	HY	0	JY	0	-5.1100	0.06584	49	-77.61	<.0001
ay*kaplama	HY	0	LY	0	0.4850	0.06584	49	7.37	<.0001
ay*kaplama	HY	0	PJY	0	-4.0050	0.06584	49	-60.83	<.0001
ay*kaplama	HY	0	PY	0	0.3250	0.06584	49	4.94	<.0001
ay*kaplama	HY	0	YY	0	-4.4750	0.06584	49	-67.97	<.0001
ay*kaplama	HY	0	HY	1	-0.5850	0.06584	49	-8.89	<.0001
ay*kaplama	HY	0	JLY	1	-4.6450	0.06584	49	-70.55	<.0001

The Mixed Procedure

Model Information

Data Set	WORK.SET1
Dependent Variable	**TEKSTÜR**
Covariance Structure	Diagonal
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Residual

Class Level Information

Class	Levels	Values
ay	7	0 1 2 3 4 5 6
kaplama	7	HY JLY JY LY PJY PY YY

Dimensions

Covariance Parameters	1
Columns in X	64
Columns in Z	0
Subjects	1
Max Obs Per Subject	98
Observations Used	98
Observations Not Used	0
Total Observations	98

Covariance Parameter Estimates

Cov Parm	Estimate

Residual 0.000034

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	-331.6
AIC (smaller is better)	-329.6
AICC (smaller is better)	-329.5
BIC (smaller is better)	-327.7

The Mixed Procedure

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
ay	6	49	530.71	<.0001
kaplama	6	49	2643.86	<.0001
ay*kaplama	36	49	34.51	<.0001

Least Squares Means

Effect	kaplama	ay	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > |t|
ay*kaplama	HY	0	0.6000	0.004103	49	146.23	<.0001
ay*kaplama	JLY	0	0.5450	0.004103	49	132.82	<.0001
ay*kaplama	JY	0	0.7450	0.004103	49	181.56	<.0001
ay*kaplama	LY	0	0.5750	0.004103	49	140.13	<.0001
ay*kaplama	PJY	0	0.5650	0.004103	49	137.70	<.0001
ay*kaplama	PY	0	0.5550	0.004103	49	135.26	<.0001
ay*kaplama	YY	0	0.7650	0.004103	49	186.44	<.0001
ay*kaplama	HY	1	0.5550	0.004103	49	135.26	<.0001
ay*kaplama	JLY	1	0.4950	0.004103	49	120.64	<.0001
ay*kaplama	JY	1	0.6450	0.004103	49	157.19	<.0001

ay*kaplama	LY	1	0.5550	0.004103	49	135.26	<.0001
ay*kaplama	PJY	1	0.5200	0.004103	49	126.73	<.0001
ay*kaplama	PY	1	0.5000	0.004103	49	121.85	<.0001
ay*kaplama	YY	1	0.7300	0.004103	49	177.91	<.0001
ay*kaplama	HY	2	0.5550	0.004103	49	135.26	<.0001
ay*kaplama	JLY	2	0.4800	0.004103	49	116.98	<.0001
ay*kaplama	JY	2	0.5450	0.004103	49	132.82	<.0001
ay*kaplama	LY	2	0.5400	0.004103	49	131.60	<.0001
ay*kaplama	PJY	2	0.4950	0.004103	49	120.64	<.0001
ay*kaplama	PY	2	0.4950	0.004103	49	120.64	<.0001
ay*kaplama	YY	2	0.6950	0.004103	49	169.38	<.0001
ay*kaplama	HY	3	0.5450	0.004103	49	132.82	<.0001
ay*kaplama	JLY	3	0.4800	0.004103	49	116.98	<.0001
ay*kaplama	JY	3	0.5400	0.004103	49	131.60	<.0001
ay*kaplama	LY	3	0.5150	0.004103	49	125.51	<.0001
ay*kaplama	PJY	3	0.4550	0.004103	49	110.89	<.0001
ay*kaplama	PY	3	0.4750	0.004103	49	115.76	<.0001
ay*kaplama	YY	3	0.7050	0.004103	49	171.81	<.0001
ay*kaplama	HY	4	0.5450	0.004103	49	132.82	<.0001
ay*kaplama	JLY	4	0.4750	0.004103	49	115.76	<.0001
ay*kaplama	JY	4	0.5250	0.004103	49	127.95	<.0001

The Mixed Procedure

Least Squares Means

Effect	kaplama	ay	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > |t|
ay*kaplama	LY	4	0.5250	0.004103	49	127.95	<.0001
ay*kaplama	PJY	4	0.4600	0.004103	49	112.11	<.0001
ay*kaplama	PY	4	0.4800	0.004103	49	116.98	<.0001
ay*kaplama	YY	4	0.7000	0.004103	49	170.60	<.0001
ay*kaplama	HY	5	0.5450	0.004103	49	132.82	<.0001
ay*kaplama	JLY	5	0.4800	0.004103	49	116.98	<.0001
ay*kaplama	JY	5	0.5250	0.004103	49	127.95	<.0001
ay*kaplama	LY	5	0.5050	0.004103	49	123.07	<.0001

ay*kaplama	PJY	5	0.4550	0.004103	49	110.89	<.0001
ay*kaplama	PY	5	0.4700	0.004103	49	114.54	<.0001
ay*kaplama	YY	5	0.6950	0.004103	49	169.38	<.0001
ay*kaplama	HY	6	0.5450	0.004103	49	132.82	<.0001
ay*kaplama	JLY	6	0.4800	0.004103	49	116.98	<.0001
ay*kaplama	JY	6	0.5250	0.004103	49	127.95	<.0001
ay*kaplama	LY	6	0.5050	0.004103	49	123.07	<.0001
ay*kaplama	PJY	6	0.4550	0.004103	49	110.89	<.0001
ay*kaplama	PY	6	0.4700	0.004103	49	114.54	<.0001
ay*kaplama	YY	6	0.6900	0.004103	49	168.16	<.0001

Differences of Least Squares Means

Effect	kaplama	ay	_kaplama	_ay	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > |t|
ay*kaplama	HY	0	JLY	0	0.05500	**0.005803**	49	9.48	<.0001
ay*kaplama	HY	0	JY	0	-0.1450	0.005803	49	-24.99	<.0001
ay*kaplama	HY	0	LY	0	0.02500	0.005803	49	4.31	<.0001
ay*kaplama	HY	0	PJY	0	0.03500	0.005803	49	6.03	<.0001
ay*kaplama	HY	0	PY	0	0.04500	0.005803	49	7.75	<.0001
ay*kaplama	HY	0	YY	0	-0.1650	0.005803	49	-28.43	<.0001
ay*kaplama	HY	0	HY	1	0.04500	0.005803	49	7.75	<.0001
ay*kaplama	HY	0	JLY	1	0.1050	0.005803	49	18.09	<.0001
ay*kaplama	HY	0	JY	1	-0.04500	0.005803	49	-7.75	<.0001
ay*kaplama	HY	0	LY	1	0.04500	0.005803	49	7.75	<.0001
ay*kaplama	HY	0	PJY	1	0.08000	0.005803	49	13.79	<.0001
ay*kaplama	HY	0	PY	1	0.1000	0.005803	49	17.23	<.0001
ay*kaplama	HY	0	YY	1	-0.1300	0.005803	49	-22.40	<.0001
ay*kaplama	HY	0	HY	2	0.04500	0.005803	49	7.75	<.0001
ay*kaplama	HY	0	JLY	2	0.1200	0.005803	49	20.68	<.0001

The Mixed Procedure

Model Information

Data Set	WORK.SET1
Dependent Variable	**TOZDA RENK (ΔE)**
Covariance Structure	Diagonal
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Residual

Class Level Information

Class	Levels	Values
ay	7	0 1 2 3 4 5 6
kaplama	7	HY JLY JY LY PJY PY YY

Dimensions

Covariance Parameters	1
Columns in X	64
Columns in Z	0
Subjects	1
Max Obs Per Subject	98
Observations Used	98
Observations Not Used	0
Total Observations	98

Covariance Parameter Estimates

Cov Parm	Estimate

Residual 0.000026

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	-345.2
AIC (smaller is better)	-343.2
AICC (smaller is better)	-343.1
BIC (smaller is better)	-341.3

The Mixed Procedure

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
ay	6	49	69231.1	<.0001
kaplama	6	49	25806.8	<.0001
ay*kaplama	36	49	1794.44	<.0001

Least Squares Means

Effect	kaplama	ay	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > |t|
ay*kaplama	HY	0	2.22E-16	0.003571	49	0.00	1.0000
ay*kaplama	JLY	0	4.44E-16	0.003571	49	0.00	1.0000
ay*kaplama	JY	0	5.27E-16	0.003571	49	0.00	1.0000
ay*kaplama	LY	0	6.66E-16	0.003571	49	0.00	1.0000
ay*kaplama	PJY	0	3.33E-16	0.003571	49	0.00	1.0000
ay*kaplama	PY	0	4.44E-16	0.003571	49	0.00	1.0000
ay*kaplama	YY	0	-888E-18	0.003571	49	-0.00	1.0000
ay*kaplama	HY	1	0.5000	0.003571	49	140.00	<.0001
ay*kaplama	JLY	1	0.2450	0.003571	49	68.60	<.0001
ay*kaplama	JY	1	0.2800	0.003571	49	78.40	<.0001
ay*kaplama	LY	1	0.1650	0.003571	49	46.20	<.0001

ay*kaplama	PJY	1	0.1200	0.003571	49	33.60	<.0001
ay*kaplama	PY	1	0.3700	0.003571	49	103.60	<.0001
ay*kaplama	YY	1	0.3450	0.003571	49	96.60	<.0001
ay*kaplama	HY	2	0.6250	0.003571	49	175.00	<.0001
ay*kaplama	JLY	2	0.4300	0.003571	49	120.40	<.0001
ay*kaplama	JY	2	0.4650	0.003571	49	130.20	<.0001
ay*kaplama	LY	2	0.3200	0.003571	49	89.60	<.0001
ay*kaplama	PJY	2	0.2950	0.003571	49	82.60	<.0001
ay*kaplama	PY	2	0.7150	0.003571	49	200.20	<.0001
ay*kaplama	YY	2	0.8000	0.003571	49	224.00	<.0001
ay*kaplama	HY	3	0.7950	0.003571	49	222.60	<.0001
ay*kaplama	JLY	3	0.6450	0.003571	49	180.60	<.0001
ay*kaplama	JY	3	0.6200	0.003571	49	173.60	<.0001
ay*kaplama	LY	3	0.3500	0.003571	49	98.00	<.0001
ay*kaplama	PJY	3	0.3850	0.003571	49	107.80	<.0001
ay*kaplama	PY	3	0.7550	0.003571	49	211.40	<.0001
ay*kaplama	YY	3	0.9450	0.003571	49	264.60	<.0001
ay*kaplama	HY	4	1.1450	0.003571	49	320.60	<.0001
ay*kaplama	JLY	4	0.6950	0.003571	49	194.60	<.0001
ay*kaplama	JY	4	0.7050	0.003571	49	197.40	<.0001

The Mixed Procedure

Least Squares Means

Effect	kaplama	ay	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > |t|
ay*kaplama	LY	4	0.3950	0.003571	49	110.60	<.0001
ay*kaplama	PJY	4	0.3800	0.003571	49	106.40	<.0001
ay*kaplama	PY	4	0.8300	0.003571	49	232.40	<.0001
ay*kaplama	YY	4	0.9800	0.003571	49	274.40	<.0001
ay*kaplama	HY	5	1.1800	0.003571	49	330.40	<.0001
ay*kaplama	JLY	5	0.7750	0.003571	49	217.00	<.0001
ay*kaplama	JY	5	0.8800	0.003571	49	246.40	<.0001
ay*kaplama	LY	5	0.4550	0.003571	49	127.40	<.0001
ay*kaplama	PJY	5	0.4250	0.003571	49	119.00	<.0001

ay*kaplama	PY	5	0.9800	0.003571	49	274.40	<.0001
ay*kaplama	YY	5	1.1450	0.003571	49	320.60	<.0001
ay*kaplama	HY	6	1.7250	0.003571	49	483.00	<.0001
ay*kaplama	JLY	6	1.0150	0.003571	49	284.20	<.0001
ay*kaplama	JY	6	1.1700	0.003571	49	327.60	<.0001
ay*kaplama	LY	6	0.5500	0.003571	49	154.00	<.0001
ay*kaplama	PJY	6	0.4950	0.003571	49	138.60	<.0001
ay*kaplama	PY	6	1.1450	0.003571	49	320.60	<.0001
ay*kaplama	YY	6	1.3950	0.003571	49	390.60	<.0001

Differences of Least Squares Means

Effect	kaplama	ay	_kaplama	_ay	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > |t|
ay*kaplama	HY	0	JLY	0	-222E-18	**0.005051**	49	-0.00	1.0000
ay*kaplama	HY	0	JY	0	-305E-18	0.005051	49	-0.00	1.0000
ay*kaplama	HY	0	LY	0	-444E-18	0.005051	49	-0.00	1.0000
ay*kaplama	HY	0	PJY	0	-111E-18	0.005051	49	-0.00	1.0000
ay*kaplama	HY	0	PY	0	-222E-18	0.005051	49	-0.00	1.0000
ay*kaplama	HY	0	YY	0	1.11E-15	0.005051	49	0.00	1.0000
ay*kaplama	HY	0	HY	1	-0.5000	0.005051	49	-98.99	<.0001
ay*kaplama	HY	0	JLY	1	-0.2450	0.005051	49	-48.51	<.0001

ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Balıkesir'de doğmuştur. 2004 yılında Ankara İncesu Anadolu Lisesi'nden mezun olmuştur. Aynı yıl Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimine başlamıştır. 2008 yılında Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü'nden mezun olmuştur. Aynı yıl Celal Bayar Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Gıda Teknolojisi Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimine başlamıştır. Yüksek Lisans öğrenimi boyunca 2 yıl süreyle TÜBİTAK TOVAG 108 O 541 nolu projede proje asistanlığı görevi yapmıştır.