

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**KONJUGE LİNOLEİK ASİDİN (KLA) MİKROENKAPSÜLASYONU VE  
KAPLAMALI TAVUK ETİ ÜRÜNLERİNİN KLA İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ**

**İlker Turan AKOĞLU**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ANKARA**

**2012**

**Her hakkı saklıdır**

## ÖZET

Doktora Tezi

### KONJUGE LİNOLEİK ASİDİN (KLA) MİKROENKAPSÜLASYONU VE KAPLAMALI TAVUK ETİ ÜRÜNLERİNİN KLA İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

İlker Turan AKOĞLU

Ankara Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Nuray KOLSARICI

Bu çalışmada, ileri işlenmiş tavuk eti ürünleri arasında büyük bir tüketim potansiyeli bulunan nugget hamuruna (Kontrol-K grubu) doğrudan (D grubu) ve mikrokapsül (M grubu) formda % 2 oranında (w/w) KLA ilave edilmiş ve bu iki uygulamanın donmuş depolama süresince son ürün üzerine olan etkileri araştırılmıştır.

Yapılan analizler sonucunda depolama süresince nugget gruplarının pH değerlerindeki değişikliklerin istatistik açıdan önemli olduğu belirlenmiştir ( $P<0.01$ ). Kontrol grubunda bulunmayan, toplam KLA içeriği, yapılan uygulama sonrasında D ve M nugget gruplarından elde edilen yağlarda sırasıyla % 10.65 ve % 12.54 düzeylerine ulaşmıştır ( $p<0.05$ ). Ayrıca bu iki grubun çoklu doymamış yağ asidi içeriği K grubuna göre önemli oranda artırılmıştır ( $p<0.05$ ). Donmuş depolama süresince doğrudan veya mikrokapsül formda KLA ilave edilen nugget gruplarının toplam KLA içeriğinde önemli oranda bir değişim olmadığı görülmüştür ( $p>0.05$ ). Donmuş depolama süresince D ve M grubu nuggetların tiyobarbitürik asit (TBA) değerleri arasında önemli bir fark görülmemesine rağmen, bu iki grubun, K grubu nuggetlardan daha düşük TBA değerlerine sahip oldukları belirlenmiştir. Yapılan varyans analizinde *p*-anisidin, peroksit ve toplam oksidasyon değerleri için uygulama şekli\*depolama süresi interaksyonunun istatistik açıdan önemli olduğu belirlenmiştir ( $p<0.01$ ). Enstrümental renk değerlerine bakıldığında nugget kaplamasının *L\** değerinde depolama süresince görülen farklılıklar ile *a\** ve *b\** değerleri için uygulama şekli\*depolama süresi interaksyonunun istatistik açıdan önemli olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Kesit yüzeyinin *L\**, *a\** ve *b\** değerlerinde ise depolama süresince görülen farklılıkların istatistik açıdan önemli olduğu belirlenmiştir ( $p<0.01$ ). Yapılan duyuşal değerlendirme sonuçlarına göre ise nugget grupları arasında görünüş, koku, lezzet ve genel beğeni açısından fark görülmezken, renk açısından depolama sürecinde görülen farklılıklar ile yapısal açıdan uygulama şekilleri arasındaki farklılıkların istatistik açıdan önemli olduğu belirlenmiştir ( $p<0.01$ ).

**Şubat 2012, 119 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Konjuge linoleik asit, fonksiyonel bileşen, mikrokapsülasyon, sodyum aljinat, ileri işlenmiş tavuk ürünleri, nugget.

## ABSTRACT

Ph. D. Thesis

### MICROENCAPSULATION OF CONJUGATED LINOLEIC ACID (CLA) AND ENRICHMENT OF COATED CHICKEN MEAT PRODUCTS WITH CLA

İlker Turan AKOĞLU

Ankara University  
Graduate School of Naturel and Applied Sciences  
Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Nuray KOLSARICI

In this study, conjugated linoleic acid (CLA) was added in the ratio of 2 % (w/w) to nugget (Control-K group), a further processed chicken product with a huge consumption potential, directly (D group) or in microencapsulated form (M group), and the effects of these applications were investigated on the final product during frozen storage.

As a result of the analysis, the changes in the pH values of nugget groups were significant ( $p < 0.01$ ). Total CLA which was not determined in control samples reached to 10.65 % and 12.54 % levels in the D and M samples, respectively ( $p < 0.05$ ). In addition PUFA contents of these two groups were significantly increased compared to K group ( $p < 0.05$ ). During frozen storage, the total CLA contents of the nugget groups did not change either added directly or microencapsulated form ( $p > 0.05$ ). Thiobarbituric acid (TBA) values of D and M groups did not differ significantly during frozen storage while this value was the lowest in M group. In the variance analysis the interaction between application method\*storage time was found to be significant for *p*-anisidin, peroxide and total oxidation values ( $p < 0.01$ ). In terms of instrumental color values variances observed in  $L^*$  values of external surface of nugget during storage and interaction between application method and storage time for  $a^*$  and  $b^*$  values were found to be significant ( $p < 0.05$ ). Moreover, variances observed in  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  values of internal surface of nugget during storage were significant ( $p < 0.01$ ). According to the results of sensory analyses, there were no significant differences in the appearance odor flavor and overall test values of nugget groups whereas variances in color values observed in storage period and variances in structural values among different application method were statistically significant ( $p < 0.01$ ).

**February 2012, 119 pages**

**Key Words:** Conjugated linoleic acid, functional ingredient, microencapsulation, sodium alginate, further processed chicken products, nugget.

## TEŞEKKÜR

Çalışmalarım süresince beni yönlendiren, bilgi ve deneyimlerini paylaşarak karşılaştığım her türlü soruna nasıl yaklaşmam gerektiğini öğreten değerli danışmanım Prof. Dr. Nuray Kolsarıcı'ya (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği A.B.D.) ve yine çalışmalarım boyunca bana her konuda yardımcı olan ve çalışma disiplini konusunda örnek aldığım, kendisi ile çalışmaktan büyük mutluluk duyduğum değerli hocam Prof. Dr. Kezban Candoğan'a (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği A.B.D.), öğrencilik yıllarımdan itibaren en yakınımda olan ve sürekli paylaşımında bulunduğum, akademik hayata beni yönlendiren, çalışmam sırasında da laboratuvarını ve tüm imkanlarını kullandığım, daima bana ailem kadar yakın olan sevgili hocam Doç. Dr. İbrahim Çakır'a (Abant İzzet Baysal Üniversitesi Gıda Mühendisliği A.B.D.), laboratuvarlarını kullanmama izin veren, bizlere çok yakın davranan, aynı zamanda tez değerlendirme jürimde de katkı sağlayan, her zaman için tavırların, kişiliğine hayran olduğum Prof. Dr. Aziz Tekin'e (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği A.B.D.), tez jürimde de yer alarak destek veren içtenliği ve samimiliği ile örnek aldığım değerli hocam Prof. Dr. Ömer Zorba'ya (Abant İzzet Baysal Üniversitesi Gıda Mühendisliği A.B.D.) teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında KLA yağı desteği sağlayan Lipid Nutrition firmasına, anlayışı ve ilgisiyle Uygulama Yöneticisi Miriam Van Roij'e (Lipid Nutrition), kimyasal madde desteği için Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne, elektron mikroskobu analizlerindeki desteği ile Gürcan Yıldırım'a (Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fizik A.B.D.), partikül dağılımı ve büyüklüğü analizindeki yardımlarıyla Arş. Grv. Burak Demirhan (Gazi Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Temel Eczacılık Bilimleri A.B.D.) ve Arş. Grv. Dr. Fatma Tuğcu Demiröz'e (Gazi Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Farmasötik Teknoloji A.B.D.), nugget üretimlerini gerçekleştirdiğim Erpiliç Entegre Tavukçuluk Üretim Pazarlama ve Ticaret Limited Şirketi'ne ve Göynük Kesimhane Tesisleri Müdürü Cahit Düzdemir, Müdür Yardımcısı Selahattin Cihangir ile Gıda Mühendisi Merve Şimşek'e, analizlerim sırasında laboratuvar imkanlarını kullanmama izin veren Prof. Dr. Nevzat Artık (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği A.B.D.), Prof. Dr. Ayla Soyer (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği A.B.D.), Yrd. Doç. Dr.

Semra Turan (Abant İzzet Baysal Üniversitesi Gıda Mühendisliği A.B.D.) ve Yrd. Doç. Dr. Hande Burdurlu'ya (Abant İzzet Baysal Üniversitesi Gıda Mühendisliği A.B.D.), istatistik değerlendirmemde yardımcı olan Prof. Dr. Zahide Kocabaş (Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyometri ve Genetik A.B.D.) ve Arş. Grv. Yeliz Kaşko'ya (Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyometri ve Genetik A.B.D.) teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında sürekli fikir alışverişinde bulunduğum değerli arkadaşlarım Uzman Fatih İşleyen (Abant İzzet Baysal Üniversitesi Gıda Mühendisliği A.B.D.), Arş. Grv. Dr. Hakan Erinç (Gazi Osman Paşa Üniversitesi Gıda Müh. A.B.D.), Arş. Grv. Dr. Hakan Karaca (Pamukkale Üniversitesi Gıda Mühendisliği A.B.D.) ve Arş. Grv. Dr. Mustafa Kıralan'a (Abant İzzet Baysal Üniversitesi Gıda Mühendisliği A.B.D.), bilgilerinden faydalandığım Arş. Grv. Dr. Hakan Eroğlu (Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Farmasötik Teknoloji A.B.D.), Arş. Grv. Dr. Ongun Mehmet Saka (Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Farmasötik Teknoloji A.B.D.) ve Uzman Eczacı Ekrem Kılıç'a (Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Döner Sermaye İlaç Fabrikası), aynı ortamda çalıştığımız yüksek lisans-doktoralarını yürüten değerli çalışma arkadaşlarıma ve teknik destekleriyle hep yanımda olan bina sorumlumuz Ali Erol'a teşekkür ederim.

Ayrıca hayatıma kattıkları anlam ve tez dönemimdeki anlayışları için sevgili eşim Aylin ve biricik kızım Ada'ya, bugünlere gelmem için çok kıymetli çabalarından ötürü sevgili annem Fatma ve babam Ali Akoğlu'na en içten teşekkürlerimi sunarım.

İlker Turan Akoğlu  
Ankara, Şubat 2012

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
SİMGELER DİZİNİ .....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	ix
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ .....	3
2.1 Konjuge Linoleik Asidin Biyosentezi .....	4
2.2 Konjuge Linoleik Asidin Kaynakları .....	5
2.3 Konjuge Linoleik Asidin Günlük Alım Dozu .....	7
2.4 Konjuge Linoleik Asidin Biyolojik Etkileri .....	7
2.4.1 Antioksidatif etki.....	8
2.4.2 Antikarsinojenik etki .....	8
2.4.3 Antiobezitik etki .....	9
2.4.4 Kalp ve damar sağlığına olan etki .....	10
2.4.5 Antidiyabetik etki.....	10
2.4.6 İskelet sistemi üzerine etki.....	10
2.4.7 Bağışıklık sistemi üzerine etki.....	11
2.5 Et ve Et Ürünlerinde Konjuge Linoleik Asit .....	11
2.6 Mikroenkapsülasyon.....	14
2.7 Et Endüstrisinde Mikroenkapsülasyon Uygulamaları .....	22
2.8 Konjuge Linoleik Asidin Mikroenkapsülasyonu .....	28
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	30
3.1 Materyal .....	30
3.2 Yöntem .....	31
3.2.1 Deneme planı .....	31
3.2.2 KLA'nın mikroenkapsülasyonu .....	32
3.2.3 Mikrokapsül analizleri .....	34
3.2.3.1 Mikrokapsüllerde salım çalışmaları.....	34
3.2.3.2 Mikrokapsüllerdeki toplam yağ miktarı.....	35
3.2.3.3 Mikroenkapsüle edilemeyen yağ miktarı.....	35
3.2.3.4 Mikroenkapsülasyonun etkinliği .....	35
3.2.3.5 Mikrokapsüllerde pH değeri.....	35
3.2.3.6 Partikül büyüklüğü ve dağılımı .....	36
3.2.3.7 Taramalı elektron mikroskobu ile görüntü analizi.....	37
3.2.4 Nugget üretimi.....	37
3.2.5 Nugget analizleri.....	39
3.2.5.1 Protein miktarı .....	39
3.2.5.2 Nem miktarı.....	39
3.2.5.3 Kül miktarı .....	40
3.2.5.4 Toplam yağ miktarı.....	40
3.2.5.5 pH değeri.....	40
3.2.5.6 Soğuk ekstraksiyonla yağ eldesi.....	40
3.2.5.7 Yağ asitleri bileşimi ve toplam KLA konsantrasyonu .....	41

3.2.5.8 TBA değeri.....	42
3.2.5.9 Peroksit değeri.....	42
3.2.5.10 <i>p</i> -anisidin değeri .....	43
3.2.5.11 Toplam oksidasyon değeri.....	43
3.2.5.12 Enstrümental renk değerleri.....	43
3.2.5.13 Duyusal analiz .....	44
3.2.5.14 İstatistik analiz .....	44
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....</b>	<b>45</b>
4.1 Mikrokapsül Analizleri.....	45
4.1.1 Mikrokapsüllerdeki toplam yağ miktarı.....	45
4.1.2 Mikroenkapsüle edilemeyen yağ miktarı.....	45
4.1.3 Mikroenkapsülasyonun etkinliği .....	45
4.1.4 Mikrokapsüllerde pH değeri.....	46
4.1.5 Partikül büyüklüğü ve dağılımı .....	46
4.1.6 Taramalı elektron mikroskobu ile görüntü analizi.....	47
4.2 Nugget Analizleri.....	51
4.2.1 Kimyasal bileşim .....	51
4.2.2 pH değeri.....	52
4.2.3 Yağ asitleri bileşimi ve toplam KLA konsantrasyonu .....	54
4.2.4 TBA değeri.....	65
4.2.5 Peroksit değeri.....	69
4.2.6 <i>p</i> -anisidin değeri .....	72
4.2.7 Toplam oksidasyon değeri.....	74
4.2.8 Enstrümental renk değerleri.....	76
4.2.9 Duyusal analiz .....	88
4.2.9.1 Görünüş.....	88
4.2.9.2 Renk.....	90
4.2.9.3 Koku .....	91
4.2.9.4 Lezzet.....	92
4.2.9.5 Yapı .....	94
4.2.9.6 Genel beğeni.....	95
<b>5. SONUÇ.....</b>	<b>98</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>102</b>
<b>EK 1 KLA mikrokapsüllerinin üretimi .....</b>	<b>111</b>
<b>EK 2 Nugget üretimi .....</b>	<b>112</b>
<b>EK 3 K grubu nuggetların üretim sonrasına ait yağ asidi kromatogramı .....</b>	<b>113</b>
<b>EK 4 D grubu nuggetların üretim sonrasına ait yağ asidi kromatogramı .....</b>	<b>114</b>
<b>EK 5 M grubu nuggetların üretim sonrasına ait yağ asidi kromatogramı .....</b>	<b>115</b>
<b>EK 6 Duyusal değerlendirme formu örneği.....</b>	<b>116</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>117</b>

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

µm	Mikrometre
16:0	Palmitik Asit
18:0	Stearik Asit
18:1	Oleik Asit
18:2	Linoleik Asit
20:0	Araşidik Asit
aw	Su Aktivitesi
CIE	Commission Internationale De L'eclairage
CRN	The Council For Responsible Nutrition
D	Doğrudan KLA İlaveli Nugget Örnekleri
DBE	Doğal Bitki Ekstraktları
dk	Dakika
g	Gram
K	Kontrol Grubu Nugget Örnekleri
kg	Kilogram
KHz	Kilohertz
KLA	Konjuge Linoleik Asit
KOB	Koloni Oluşturan Birim
LAB	Laktik Asit Bakterileri
M	KLA Mikrokapsülleri İlave Edilen Nugget Örnekleri
MA	Malonaldehit
MEE	Mikroenkapsülasyonun Etkinliği
Meq	Miliekivalan
mL	Mililitre
mm	Milimetre
mmol	Milimol
nm	Nanometre
PASP	Peynir Altı Suyu Proteini
PUFA	Çoklu Doymamış Yağ Asidi
SD	Siklodekstrin
SEI	Secondary Electron Image
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
TBA	Tiyobarbitürik Asit
Totoks	Toplam Oksidasyon Değeri



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Mikrokapsüllerin farklı yapıları .....	15
Şekil 2.2 Sodyum aljinatın monomerlerinin yapısı.....	19
Şekil 2.3 Sodyum aljinatın yapısı. ....	20
Şekil 2.4 Aljinat ile Ca <sup>+2</sup> 'nin etkileşimi .....	22
Şekil 3.1 Deneme planı .....	32
Şekil 3.2 Nisco Var A model mikroenkapsülatör .....	33
Şekil 3.3 Nugget üretimi iş akışı .....	38
Şekil 4.1 KLA mikrokapsüllerinin partikül büyüklüğü dağılımı .....	46
Şekil 4.2 KLA mikrokapsüllerine ait yüzey görüntüsü (x30).....	48
Şekil 4.3 KLA mikrokapsüllerine ait yüzey görüntüsü (x55).....	48
Şekil 4.4 KLA mikrokapsüllerine ait yüzey görüntüsü (x250).....	49
Şekil 4.5 KLA mikrokapsüllerine ait yüzey görüntüsü (x500).....	49
Şekil 4.6 KLA mikrokapsüllerine ait yüzey görüntüsü (x700).....	50
Şekil 4.7 KLA mikrokapsüllerine ait yüzey görüntüsü (x1000).....	50
Şekil 4.8 Nugget örneklerinin pH değerlerindeki değişim .....	52
Şekil 4.9 K grubu nuggetların yağ asitleri bileşimindeki değişimler.....	56
Şekil 4.10 D grubu nuggetların yağ asitleri bileşimindeki değişimler.....	56
Şekil 4.11 M grubu nuggetların yağ asitleri bileşimindeki değişimler .....	57
Şekil 4.12 Nuggetların TBA değerindeki değişimler.....	67
Şekil 4.13 Nuggetların peroksit değerindeki değişimler.....	70
Şekil 4.14 Nuggetların <i>p</i> -anisidin değerindeki değişimler.....	73
Şekil 4.15 Nuggetların totoks değerindeki değişimler .....	75
Şekil 4.16 Nugget kaplamasının L* değerindeki değişimler .....	77
Şekil 4.17 Nuggetların kesit yüzeyinin L* değerindeki değişimler.....	78
Şekil 4.18 Nugget kaplamasının a* değerindeki değişimler.....	82
Şekil 4.19 Nuggetların kesit yüzeyinin a* değerindeki değişimler.....	83
Şekil 4.20 Nugget kaplamasının b* değerindeki değişimler.....	85
Şekil 4.21 Nuggetların kesit yüzeyinin b* değerindeki değişimler .....	86
Şekil 4.22 Nuggetların duyusal analiz (görünüş) sonuçları .....	88
Şekil 4.23 Nuggetların duyusal analiz (renk) sonuçları .....	90
Şekil 4.24 Nuggetların duyusal analiz (koku) sonuçları .....	91
Şekil 4.25 Nuggetların duyusal analiz (lezzet) sonuçları.....	93
Şekil 4.26 Nuggetların duyusal analiz (yapı) sonuçları .....	94
Şekil 4.27 Nuggetların duyusal analiz (genel beğeni) sonuçları.....	95

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Farklı et türlerine ve et ürünlerine ait KLA miktarları .....	6
Çizelge 2.2 Biyolojik olarak parçalanabilen polimerler .....	18
Çizelge 3.1 Nugget gruplarının oluşturulması .....	31
Çizelge 3.2 Mikroenkapsülasyon işleminde uygulanan çalışma parametreleri .....	33
Çizelge 3.3 Gaz kromatografisi cihazının çalışma koşulları.....	42
Çizelge 4.1 Mikrokapsüllerde yağ analizi sonuçları .....	45
Çizelge 4.2 Nuggetların kimyasal analiz sonuçları.....	51
Çizelge 4.3 Nuggetların pH değerlerindeki değişim.....	52
Çizelge 4.4 Nuggetların yağ asitleri bileşimindeki değişimler .....	55
Çizelge 4.5 Nuggetların TBA değerindeki değişimler.....	66
Çizelge 4.6 Nuggetların peroksit değerindeki değişimler.....	69
Çizelge 4.7 Nuggetların <i>p</i> -anisidin değerindeki değişimler.....	72
Çizelge 4.8 Nuggetların totoks değerindeki değişimler.....	75
Çizelge 4.9 Nugget kaplamasının L* değerindeki değişimler .....	77
Çizelge 4.10 Nuggetların kesit yüzeyinin L* değerindeki değişimler .....	78
Çizelge 4.11 Nugget kaplamasının a* değerindeki değişimler.....	82
Çizelge 4.12 Nuggetların kesit yüzeyinin a* değerindeki değişimler.....	83
Çizelge 4.13 Nugget kaplamasının b* değerindeki değişimler.....	85
Çizelge 4.14 Nuggetların kesit yüzeyinin b* değerindeki değişimler .....	86
Çizelge 4.15 Nuggetların duyu analizi (görünüş) sonuçları .....	88
Çizelge 4.16 Nuggetların duyu analizi (renk) sonuçları .....	89
Çizelge 4.17 Nuggetların duyu analizi (koku) sonuçları .....	91
Çizelge 4.18 Nuggetların duyu analizi (lezzet) sonuçları .....	92
Çizelge 4.19 Nuggetların duyu analizi (yapı) sonuçları .....	93
Çizelge 4.20 Nuggetların duyu analizi (genel beğeni) sonuçları .....	95

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda hastalıkların doğal olarak önlenmesi ve/veya tedavisinde gıdaların etkinliğinin bilimsel olarak ortaya konması, sağlığımızın korunmasında beslenme desteğinin önemini artırmıştır. Bunun sonucu olarak da besleyici özellikleri dışında, vücudumuza fizyolojik yararlar sağlayan ve kronik hastalıkların riskini azaltabilen bileşikler içeren fonksiyonel gıdaların tüketiminde sürekli olarak bir artış görülmektedir. Bu fonksiyonel bileşiklerden birisi de insan sağlığı üzerine çok önemli etkileri olduğu belirlenen konjuge linoleik asittir (KLA). Yapılan araştırmalarla KLA izomerlerinin vücutta antikarsinojenik, antiaterojenik, antidiyabetik, bağışıklık sistemini güçlendirici, kolesterol düşürücü ve antiobezitik etkileri olduğu belirlenmiştir (Campbell vd. 2003, Schmid vd. 2006, Grashorn 2007, Shin vd. 2011).

İnsan vücudunda çok az miktarlarda sentezlenen bir yağ asidi olan KLA'nın et ekstraktlarında tanımlanması, et tüketimine olan ilgiyi artırmıştır. Bununla birlikte tavuk eti içeren diyetler sağlığa olumlu etkilerini gösterecek miktarda KLA içermemektedir. Çünkü tavuk gibi monogastrik hayvanlardan elde edilen ürünlerin KLA konsantrasyonu (0.9 mg/g yağ), ruminant hayvanlardan elde edilen et ve süt ürünlerinin KLA konsantrasyonundan (2.9-5.6 mg/g yağ) önemli oranda düşüktür. Bu verilerden de anlaşılacağı üzere sağlığa etki edecek faydalarının görülebilmesi için gereken KLA düzeyine ulaşmak amacıyla insan diyetinin düzenlenmesi veya hayvanların KLA miktarı az olan doku lipitlerinde KLA içeriğinin artırılması gerekmektedir. KLA artışı için diğer bir yaklaşım ise üretim prosesi sırasında KLA'nın ürüne bileşen olarak ilavesidir. KLA'nın gıda sistemlerinde zenginleştirici ve katkı olarak kullanılması durumunda oksidasyondan korunması gerekmektedir. Çünkü KLA'nın içerdiği konjuge çift bağlar otooksidasyona karşı konjuge olmayan çift bağlardan daha hassastır. Bu korumanın sağlanması için kullanılan yöntemlerden birisi de KLA'nın mikroenkapsülasyonudur (Fritsche ve Steinhart 1998, Pariza vd. 2001, Schmid vd. 2006, Grashorn 2007, Hur vd. 2007).

Mikroenkapsülasyon teknolojisi onlarca yıldır eczacılık alanında yaygın olarak kullanılırken, gıda endüstrisinde kullanılmaya başlaması ise daha yakın bir geçmişe sahiptir. Son yıllarda enkapsüle edilen gıda ürünleri üretimi önemli derecede artış göstermiştir (Ersus 2006, Akoğlu ve Kolsarıcı 2010).

Mikroenkapsülasyon; katı, sıvı veya gaz halindeki gıda bileşenlerinin, enzimlerin, hücre ve diğer maddelerin, ince film tabakaları ya da, polimer kapsüller içerisinde tutulması olarak tanımlanabilir. KLA'nın mikroenkapsülasyonunun oksidatif stabiliteyi artırdığı ve kötü lezzet oluşumunun azalmasını sağladığı, ayrıca KLA'nın serbest kalma zamanını ayarlamanın yanında, sıcaklık ve nemin ekstrem koşulları altında KLA'nın stabilitesini artırdığı belirlenmiştir (Gibbs vd. 1999, Ersus 2006, Akoğlu 2008).

Türkiye'de ve dünyada tüketimi hızla artan kaplamalı tavuk eti ürünlerinin, sağlığa olumlu etkileri olan KLA'nın doğrudan veya KLA mikrokapsülleri şeklinde ilavesi ile zenginleştirilmesi, sağlıklı beslenme adına fonksiyonel gıda üretiminde önemli bir gelişme sağlayacak, ilgi çekici bir konudur. Ayrıca tüketici beklentilerindeki değişikliklerden dolayı bu konunun önemi gün geçtikçe artmaktadır. Gelişen fonksiyonel gıdalar pazarı mikroenkapsülasyon buluşunun arkasındaki ana güçtür. Mikroenkapsülasyon teknolojisinin önemli faydalar sağlaması, gıda bileşenlerinin mikroenkapsülasyonunun önemini gün geçtikçe artırmaktadır.

Tüm bu bilgiler doğrultusunda bu tezin amacı; kaplamalı tavuk eti ürünlerini KLA içeriği açısından zenginleştirerek son ürüne fonksiyonellik kazandırmaktır. Bu amaçla tez kapsamında ilk aşamada KLA'nın mikroenkapsülasyonu gerçekleştirilmiş, ikinci aşamada KLA, doğrudan ve KLA mikrokapsülleri formunda kaplamalı tavuk ürünlerinden üretim ve tüketim potansiyeli yüksek olan nugget üretiminde kullanılmıştır. Oluşturulan örnekler paketlenmiş ve donmuş depolanmaları süresince yapılan analizlerle ürün kalitesindeki ve KLA'daki değişiklikler belirlenmiştir.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Gıdaların temel fonksiyonları, organizmanın metabolik aktivitesi için gerekli protein, karbonhidrat, yağ, vitamin ve mineraller gibi mikro ve makro besin öğelerini sağlamaktır. İnsanların sağlıklı büyüme, gelişme ve yaşamaları açısından zihinsel ve bedensel fonksiyonlarının sürekliliği ancak yeterli ve dengeli beslenme ile sağlanabilir. Bununla birlikte doğal sağlık ürünleri ve besleyici özellikleri dışında vücuda fizyolojik yararlar sağlayan ve kronik hastalıkların riskini azaltabilen; omega-3 yağ asitleri, beta karotenler, selenyum, askorbik asit, likopen, alfa lipoik asit, resveratol ve polifenoller gibi birçok bileşiği de içeren fonksiyonel gıdaların tüketimi sürekli olarak bir artış göstermektedir (Coşkun 2005, Çelebi ve Kaya 2008). Bu fonksiyonel bileşiklerden birisi de deney hayvanları ve insanlar üzerinde yürütülen çalışmalar sonucunda insan sağlığı üzerine çok önemli etkileri olduğu belirlenen ve özellikle ruminant hayvanlardan elde edilen ürünlerde bulunan konjuge linoleik asittir .

KLA, insan vücudu tarafından üretilmediği için dışarıdan alınması gereken, omega 6 esansiyel yağ asidi olan ve çift bağ ile konjuge okta-deka-dienoik asidin (linoleik asit), geometrik (cis-cis; cis-trans; trans-cis; ve trans-trans) ve pozisyonel (7-9; 8-10; 9-11; 10-12 ya da 11-13) formdaki 28 adet izomeri için kullanılan ortak bir terimdir. Cis-9, trans-11 ve trans-10, cis-12 izomerleri, KLA kaynakları olarak bilinen gıdalardaki KLA miktarının yaklaşık % 85'ini oluşturur. Cis-9, trans-11 izomeri, hücre zarındaki fosfolipitlerle kolaylıkla birleşebilme özelliğine sahip olması nedeniyle biyolojik olarak en aktif izomerdir (Bessa vd. 2000, Jimenez vd. 2008).

KLA izomerleri Pariza vd. (1979)'nin yaptığı bir çalışma ile dikkati üzerine çekmiştir. Araştırmacılar çalışmalarında, yağda kızartılmış hamburgerlerde antimutajenik bileşiklerin var olduğunu ve bu bileşiğin farelerde epidermal tümör oluşumunu inhibe ettiğini ileri sürmüşlerdir. Daha sonra yürütülen çalışmalar ile KLA izomerlerinin kanser türleri, kalp-damar rahatsızlıkları, diyabet, obezite, bağışıklık sistemi ve iskelet sistemi üzerinde olumlu etkileri olduğu ortaya konmuştur (Bauman vd. 1999, Mulvihill 2001, Bhattacharya vd. 2006, Schmid vd. 2006, Hur vd. 2007, Huang vd. 2008).

## 2.1 Konjuge Linoleik Asidin Biyosentezi

KLA izomerleri, son ürünü stearik asit olan iki farklı metabolik yolla sentezlenir. Birinci metabolik yolda mikrobiyel biyohidrojenasyon yoluyla, cis-9, trans-11 izomeri ruminant hayvanların rumenlerinde linoleik asitten, rumen bakterisi *Butyrivibrio fibrosolvans* aracılığıyla sentezlenir. Bu bakterinin sahip olduğu sitoplazmik bir enzim olan linoleat cis-12, trans-11 izomeraz enzimi serbest COOH grubu varlığında ve pH 7.2-8.2 aralığında maksimum aktivite göstererek linoleik asidin 12. karbon atomunda bulunan çift bağı 11. karbon atomuna taşır ve cis/cis konfigürasyonunu cis/trans konfigürasyonuna dönüştürür. Bu aşamada cis-9, trans-11 izomeri ara ürün olarak sentezlenir ve bir kısmı dokulara taşınır. Dokulara taşınmayan izomerler KLA redüktaz enzimi aracılığıyla indirgenir ve trans vaksenik asit (trans11-oktadesenoik asit C18:1) oluşur. Bu bileşiğin de bir kısmı dokulara taşınır. Metabolik yolun son basamağında, taşınamayan trans vaksenik asit bir başka rumen bakterisi tarafından hidrojene edilerek stearik asit oluşur. Linoleik asidin yanı sıra  $\alpha$ -linolenik,  $\gamma$ -linolenik ve oleik asit de ruminantların rumenlerinde önce trans vaksenik aside, ardından stearik aside hidrojene edilir. Bu yağ asitlerinden ara ürün olarak cis-9, trans-11 izomerinin sentezi söz konusu değildir (Fritsche ve Steinhart 1998, Bauman vd. 1999, Bessa vd. 2000, Pariza vd. 2001, Khanal ve Olson 2004, Muller ve Delahoy 2005, Schmid vd. 2006).

İzomerizasyon ve hidrojenasyon reaksiyonları; doymamış yağ asitleri konsantrasyonu, rumen pH'sı, rumen iyonik gücü ve düşük miktarda diyet lif tüketimi gibi faktörlerden etkilenir. Rumen pH'sının düşüşü metabolik iz yolunu değiştirmezken, cis-9, trans-11 izomerinin yerine trans-10, cis-12 izomerinin sentezlenmesine neden olur (Bauman vd. 1999, Bessa vd. 2000, Muller ve Delahoy 2005).

İkinci metabolik yol ile KLA izomerlerinin sentezi, adipoz dokularda ve memeli salgı bezinde gerçekleşir. Emilim ile dokulara taşınan trans vaksenik asitten endojen  $\Delta^9$ -desaturaz enzimi aracılığıyla cis-9, trans-11 ve trans-10 oktadesenoik asitten de trans 10, cis-12 izomerleri desaturasyonla sentezlenir (Bauman vd. 1999, Griinari vd. 2000, Pariza vd. 2001, Khanal ve Olson 2004). Sığır etinde % 10'dan daha az oranlarda

bulunan trans-9, trans-11; trans-10, cis-12; trans-10, trans-12; cis-9, cis-11 ve trans-9, cis-11 izomerleri de dokularda  $\Delta^9$ -desaturaz enziminin aktivitesiyle trans C 18:1 yağ asitlerinin desatürasyonu ile sentezlenir (Bauman vd. 1999, Mulvihill 2001, Muller ve Delahoy 2005).

Rumende ara ürün olarak sentezlenen izomerlerin dokulara taşınım oranının oldukça düşük oluşu ve bağırsaklardan emilen trans oktadesenoik asit konsantrasyonunun yüksek oluşu nedeniyle hayvansal gıdalardaki KLA'nın % 64-78'i ikinci metabolik yol ile sentezlenir. Ayrıca, birinci metabolik yol sadece ruminantlarda gözlenirken, ikinci metabolik yol ruminantlarda ve monogastriklerde (tavuk, hindi vb.) gözlenir. İnsanlarda da desatürasyon ile dokularda KLA sentezi söz konusudur. Ancak, insanlar sentezlenen miktarın düşük olması nedeniyle, ihtiyaçları olan KLA'yı gıdalardan karşılarlar. Son dönemde yapılan araştırmalar, *Lactobacillus reuteri*, *Pediococcus homari*, *L. acidophilus*, *L. casei*, *L. delbrückii* ve *Propionibacterium freudenreichii ssp. shermanii*'nin de KLA izomerlerini sentezleyebilen bakteriler olduğunu göstermektedir (Salminen vd. 1998, Bauman vd. 1999, Adlof vd. 2000, Bessa vd. 2000, Gläser vd. 2000, Mulvihill 2001, Pariza vd. 2001, Loo vd. 2002, Turpeinen vd. 2002, Khanal ve Olson 2004, Schmid vd. 2006).

## 2.2 KLA Kaynakları

Et ve et ürünleri içerdiği elzem amino asitler sebebiyle iyi bir protein kaynağı olup, bileşimindeki B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, riboflavin, niasin gibi vitaminler ve bakır, fosfor ve kalsiyum gibi mineraller nedeniyle tüketilmesi gereken besin grubuna girerler. Doğal ve fonksiyonel bileşenler olan KLA izomerleri de, çoğunlukla ruminantlardan elde edilen et, süt ve bunların ürünlerinde bulunur (Çizelge 2.1). Bu nedenle insan beslenmesi için et ve et ürünleri ile süt ve süt ürünleri KLA açısından temel kaynaklardır. KLA izomerleri ruminant olmayan hayvanların ve insanların bağırsak sistemlerinde de sentezlenebilseler de, ruminantlar, monogastriklere göre daha yüksek oranda KLA içerirler. Monogastriklerde KLA miktarının düşük oluşu rumenlerindeki bakteri faaliyetinin düşük oluşuna bağlanmıştır. Ayrıca balıkların ve bazı bitkisel gıdaların bileşiminde de

az miktarda KLA bulunur. Bu miktarın oldukça düşük olması diyetle et, süt ve ürünlerinin tüketimini zorunlu kılmaktadır. Bunun gibi doğal KLA kaynaklarının yanında, linoleatın alkali izomerizasyonu ile elde edilen ticari KLA tabletleri de bulunmaktadır (Benito vd. 2001, Khanal ve Olson 2004, Aydın 2005, Schmid vd. 2006, Hur vd. 2007, Huang vd. 2008).

Çizelge 2.1 Farklı et türlerine ve et ürünlerine ait KLA miktarları (Schmid vd. 2006)

Et Türleri	KLA İçeriği (mg/g lipit)	Et Ürünleri	KLA İçeriği (mg/g serbest yağ asitleri metil esteri)
Kuzu	5.6	Salam	4.2
Sığır	2.9-4.3*	Sosis	3.8
Geyik	2.7	Kıyma	3.5
Domuz	0.6	Pişmiş Jambon	2.7
Tavuk	0.9	Tütsülenmiş Jambon	2.9
Hindi	2.5	Tütsülenmiş Hindi Eti	2.4
At	0.6**	Sürülebilir Et	3.0

\* Farklı hayvanların farklı kaslarından elde edilen değerler

\*\* Sadece cis-9, trans-11 izomerinin miktarı

Etlerin KLA içeriği elde edildiği hayvanın türüne göre değişmekle birlikte, ruminantlar arasında kuzu eti 5.6 mg/g lipit ile en yüksek KLA içeriğine sahiptir. Monogastriklerden elde edilen etler, 1 mg/g lipitten daha az KLA içerirken, hindi eti 2-2.5 mg/g lipit içerir. Su ürünleri ise ihmal edilebilir düzeyde KLA içermektedir (Fritsche ve Steinhart 1998). Yağ içeriği yüksek olan etlerin KLA miktarı da (9.6-13.1 mg/g lipit) yağsız etlere göre (0.06-0.43 mg/g lipit) oldukça yüksektir (Hur vd. 2007). Yapılan bir çalışmada aynı hayvan türüne ait farklı bölgelerdeki etler (kaburga, sırt, but vb.) incelendiğinde KLA miktarları önemli bir farklılık göstermemiştir (Mulvihill 2001). Et ürünlerinin KLA miktarı ise, yapıldıkları etin KLA miktarına yakın bir değer göstermektedir (Fritsche ve Steinhart 1998, Pariza vd. 2001).



### **2.3 Konjuge Linoleik Asidin Günlük Alım Dozu**

İnsanlarda KLA'nın tavsiye edilen günlük alım dozu, günlük gıda tüketiminin % 0.1'idir. Diyetle alınan KLA miktarı ise ülkelere göre farklılık gösterir. Avrupa'da günlük gıda tüketimi erkeklerde 2.4 kg ve kadınlarda 2.0 kg olarak tahmin edilmektedir. Buna göre KLA için günlük alım değeri erkeklerde 2.4 g/gün, kadınlarda ise 2 g/gün'dür (Schmid vd. 2006, Jimenez vd. 2008). İsviçre'de et ve süt ürünlerinden alınan cis-9, trans-11 KLA miktarı 0.16 g/gün iken (Mulvihill 2001), Almanya'da bu değer bayanlar için 0.35 g/gün, erkekler için 0.43 g/gün'dür. Alman araştırcılara göre et ve et ürünleri, günlük alınması gereken toplam KLA miktarının dörtte birini karşılamaktadır (Fritsche ve Steinhart 1998). Ip vd. (1991)'e göre de, KLA'nın insan sağlığı üzerine pozitif etkilerini sağlayabilmesi için 70 kg'lık bir kişinin günde 3 g KLA alması gerekmektedir. Ancak bu değer Amerika'da yetişkinlerin diyetle aldıkları KLA'nın üç katıdır (Hur vd. 2007). Yapılan tüm bu araştırmaların sonuçlarına göre gıdalarda KLA miktarını artırmaya yönelik çalışmaların hız kazanması ve bir an önce de hayata geçirilmesi gerekmektedir.

### **2.4 Konjuge Linoleik Asidin Biyolojik Etkileri**

KLA izomerleri, yapı olarak birbirinden farklı olduğu için farklı biyolojik özelliklere sahiptirler. KLA'nın insan sağlığı üzerine etkilerini araştırma alışmaları Pariza ve arkadaşlarının 1975 yılında hamburger kftelerinden izole ettikleri antikarsinojenik bileşiğin bulunuşu ile başlamıştır ve halen devam etmektedir. Son 20 yılda kimyasal ajanlar yoluyla bazı hastalıkların nlenmesinde KLA kullanımını büyük önem kazanmıştır. Yapılan araştırmalarda KLA'nın, kötü huylu tümörlerin (zellikle cilt, kolon ve meme kanseri hücrelerinin) remesinin önlenmesinde etkileri olduğu belirlenmiştir. Et ekstraktlarında KLA'nın antikarsinojenik etkilerinin tanımlanması, hayvansal yağların tüketimi için olumlu yönde etkiler yaratmıştır. Buna ek olarak hayvan denemelerinde KLA izomerlerinin; vücut yağ kitlesindeki azalma, serum kolesterol düzeyinin azalması, insüline duyarlılığın ve bağışıklık fonksiyonlarının düzelmesi, büyümenin uyarılması ve lipit oksidasyonunun azaltılması gibi birçok

biyolojik aktivite gösterdiği belirlenmiştir. Tüm bu etkiler KLA izomerlerine bağlı olmakla birlikte en fazla etkiyi sırasıyla, cis-9, trans-11 ve trans-10, cis-12 izomerleri göstermektedir (Ha vd. 1987, Bauman vd. 1999, Seck vd. 2000, Jimenez vd. 2004, Mir vd. 2004, Aydın 2005, Bhattacharya vd. 2006, Schmid vd. 2006, Hur vd. 2007, Huang vd. 2008, Martin vd. 2008a). Bu bilgilerin yanında KLA'nın fizyolojik tanımı ile ilgili birçok soru cevap beklemekte ve bu nedenle de gün geçtikçe KLA ile ilgili çalışmalara olan ilgi artmaktadır.

#### **2.4.1 Antioksidatif etki**

Antioksidanlar, doymamış yağ asitlerini oksidatif reaksiyonlara karşı korumakla görevli bileşenlerdir. Eksiklikleri halinde yağların oksidasyonu ile birlikte açığa çıkan serbest radikaller, karsinojenik ya da kalp-damar sağlığını tehdit edecek niteliklere sahip olabilirler. KLA izomerleri ise, hücre membranlarının yapısında yer alır ve vücuda fosfolipitlerle birlikte alınırlar. KLA'nın antioksidan aktivitesi katalaz, süperoksit dismutaz ve glutatyon peroksidaz gibi enzimlerin aktivitesini inhibe etmesi, gıdanın lipit oksidasyonu düzeyinin azaltılarak raf ömrünün uzatılmasıyla açıklanmaktadır (Hur vd. 2007).

KLA izomerleri, bütillenmiş hidroksi toluen (BHT) ile aynı düzeyde,  $\alpha$ -tokoferole göre daha güçlü ve  $\beta$ -karotenden ise iki kat daha fazla antioksidan özellik göstermektedir. Özellikle cis-9, trans-11 izomerinin bu etki mekanizmasından sorumlu olduğu düşünülmektedir (Bauman vd. 1999, Muller ve Delahoy 2005, Hur vd. 2007).

#### **2.4.2 Antikarsinojenik etki**

KLA izomerleri, yağların oksidasyonu ile açığa çıkan karsinojenik etkili serbest radikallerin oluşumunu engelleyerek antikarsinojenik özellik de gösterir (Huang vd. 2008). Fare ve sıçanlarla yapılan çalışmalar, KLA'nın özellikle deri, mide, göğüs ve kolon kanseri üzerine etkili olduğunu göstermiştir (Kritchevsky 2000). Etki mekanizması ise, var olan tümörlerin aktivitesini inhibe etmesi, yeni tümörlerin

oluşumunu ve kanserli hücrelerin yayılımını engellemesiyle açıklanmaktadır (Muller ve Delahoy 2005).

KLA'nın antikarsinojenik etkisi alınan doza bağlıdır. Günlük diyetle % 0.1 düzeyinde alınan KLA antikarsinojenik etki gösterirken, Amerika'da yapılan bir çalışma ile günlük gıdalardan alınan KLA'nın bu miktarı karşılamadığı tespit edilmiştir (Ip vd. 1991, Bessa vd. 2000).

### **2.4.3 Antiobezitik etki**

KLA'nın obezite ile olan ilişkisi, vücutta yağ doku birikimini azaltarak protein, mineral ve su birikimini artırması ile açıklanmaktadır. Böylece aşırı miktarda yağ tüketimi ve yağın depolanması sonucu ortaya çıkan obezite engellenmektedir. Ancak bu etki, KLA'nın tüketim süresine ve dozuna bağlıdır (Huang vd. 2008). Ayrıca cis-9, trans-11 ve trans-10, cis-12 izomerleri birlikte alındığında sinerjetik etkinin ortaya çıktığı ve antiobezitik etki gösterdikleri bildirilmiştir. Cis-9, trans-11 izomeri adipoz dokularda ve karaciğerde lipoliz düzeyini artırır. Bu noktada KLA'nın lipoprotein-lipaz enziminin (Stearol-CoA desaturaz mRNA) aktivitesini inhibe etmesi söz konusudur. Bu enzim adipoz dokularda, lipogenez reaksiyonunun anahtarındır. Bu enzimin inhibisyonu ile iskelet kası hücrelerinde, yağ dokularının yıkımı hız kazanır, yağsız kas doku oranı artar ve vücut yağ oranı azalır. Trans-10, cis-12 KLA izomeri ise tam tersi bir etki mekanizmasına sahiptir. Bu izomer, lipoprotein-lipaz enziminin (Stearol-CoA desaturaz mRNA) aktivitesini inhibe ederek adipoz dokularda lipogenez oluşumunu yani yağ dokularının sentezini engeller. Böylece cis-9, trans-11 izomerinin etkisiyle yağ dokularının yıkımı gerçekleşirken, trans-10, cis-12 izomerinin etkisiyle de yeni yağ dokularının oluşumu engellenir. Ayrıca, KLA kaslarda toplam karnitin palmitol transferaz aktivitesini artırarak, depolanmış yağların yıkımını hızlandırır (Bessa vd. 2000, Mulvihill 2001, Pariza vd. 2001, Riserus vd. 2004).

#### **2.4.4 Kalp ve damar sağlığına olan etki**

KLA izomerleri kandaki toplam kolesterol, kötü huylu kolesterol (LDL) ve trigliserit miktarını düşürme, iyi kolesterol (HDL) konsantrasyonunu artırma ve karaciğerdeki kolesterol konsantrasyonunu azaltma özelliği sayesinde kalp damar sağlığı üzerine de etkilidir. Ayrıca izomerlerin hipertansiyon üzerine de pozitif etkisi vardır. Ancak bu etki de, izomerlerin tüketim süresine ve dozuna bağlıdır (Benito vd. 2001, Huang vd. 2008).

#### **2.4.5 Antidiyabetik etki**

KLA izomerleri, glukoz metabolizmasını düzenleyerek diyabet üzerine de etki eder. Diyabet hastaları ile ilgili olarak yapılan bir araştırmada, özellikle trans-10, cis-12 izomerinin bu hastalarda kan şekeri ve kan trigliserit konsantrasyonunu azaltarak glukozun kullanılabilirliğini artırdığı gözlenmiştir. İzomerlerin etki mekanizması ise, vücutta kilo kaybından sorumlu bir genin uyarılarak lipoliz reaksiyonunun hızlandırılması sayesinde obezite ve diyabet oluşumunun engellenmesi, şeklinde açıklanır (Ryder vd. 2001, Huang vd. 2008).

#### **2.4.6 İskelet sistemi üzerine etki**

KLA'nın iskelet sistemi üzerine olan pozitif etkisi yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır. Kemik hücrelerini oluşturacak osteoblastlar (öncü hücreler/genç kemik hücresi) ile laboratuvar koşullarında yapılan çalışmada, KLA'nın kalsiyum absorpsiyonunu, alkalın fosfataz aktivitesini ve osteokalsin düzeyini artırdığı gözlenmiştir (Huang vd. 2008). Menapoz sonrası bayanlarda da kemik mineral düzeyini iyileştirici etki göstermiştir (Rahman vd. 2003). KLA izomerlerinin kemik sağlığı üzerine olan etki mekanizması 3 farklı hipotez ile açıklanır. Birinci hipoteze göre KLA, kemik mineral düzeyini dengede tutar. İkinci hipotez KLA'nın COX-2 enziminin aktivitesini ayarladđı ve prostaglandin emilimini değiştirdiği yönündedir. Üçüncü hipotez ise, KLA'nın kemik hücrelerinden kalsiyum salınımını artırarak kemik hücrelerini yok eden osteoklast hücrelerinin miktarını artıran maddeler olarak bilinen IL-1 (interlökin-1) ve IL-6 (interlökin-6)

bileşenlerinin konsantrasyonunu azaltma yönünde bir etkisi olduğudur (Huang vd. 2008).

#### **2.4.7 Bağışıklık sistemi üzerine etki**

Vücudumuz dışarıdan gelebilecek tehlikelere karşı bağışıklık sistemi ile korunmaktadır. Et, süt ve bunların ürünleri ile alınan KLA, bağışıklık sistemini güçlendirici etkiye sahiptir. KLA ilaveli yemlerle beslenen civcivlerle yapılan bir çalışmada, endotoksinlerin katabolik etkilerine karşı kısmen de olsa bir korunma sağlanmıştır (Huang vd. 2008).

KLA, alerjik reaksiyonların gözlenme düzeyini de azaltıcı etkiye sahiptir. Vücut allerjenler ile karşılaştığı zaman, savunma mekanizması devreye girer ve histamin adı verilen bir biyojenik amin salgılar. Bu biyojen amin kaşıntı, döküntü vb. şikayetlere neden olur. Gıdalarla alınan KLA, bu belirtilerin azalmasını da sağlamaktadır (Pariza vd. 2001).

#### **2.5 Et ve Et Ürünlerinde KLA**

Et ve ürünleri doğal fonksiyonel bir bileşik olan KLA açısından önemli gıdalardandır. Özellikle ruminantlardan elde edilen etler, monogastriklerden elde edilenlere göre KLA miktarı açısından oldukça zengindir. Antikarsinojenik, antiaterojenik, antiobezitik ve antidiyabetik etkilere sahip KLA'nın et ve ürünlerindeki miktarının, bu biyolojik etkilerini gösterebilecek düzeyde bulunmayışı ve sağlıklı yaşam için alınması gereken miktarı karşılamayışı, et ve ürünlerinde KLA miktarının artırılmasını gerektirir. Bu konuda yapılan çalışmalar olumlu sonuçlar verirken, artan KLA miktarı, hem et hem de et ürününün rengi, tekstürü, oksidasyon düzeyi ve duyuşal özellikleri açısından da olumlu etkiler sağlamaktadır. KLA'nın etlere uygulanan çeşitli proseslerden negatif yönde etkilenmeyişi de önemli bir avantajdır. Et ve ürünlerinde basit uygulamalarla artırılacak olan KLA'nın bu bilgiler ışığında, hem yaşam kalitesi hem de ürün kalitesi

bakımından pozitif sonuçlar doğuracağı bir gerçektir (Akoğlu 2008, Demirok ve Kolsarıcı 2010).

Kanatlı etlerinin sağlığa olumlu etkileri olan bileşenlerle zenginleştirilmesi, günümüzde insanlar için ilgi çekici bir konudur. Tüketici beklentilerindeki değişikliklerden dolayı bu konunun önemi gün geçtikçe artmaktadır. Yapılan araştırmalar tüketicilerin KLA açısından zenginleştirilmiş ürünlere karşı ilgili olduğunu göstermektedir. Türkiye’de ve dünyada tüketimi gün geçtikçe fazlaşan kaplamalı tavuk eti ürünlerinin, KLA içeriğinin artırılması ile sağlıklı beslenme adına önemli bir gelişme sağlanmış olacaktır.

KLA’nın et ve et ürünlerinde farklı konsantrasyonlarda bulunmasına etkili faktörler; diyetin bileşimindeki farklılıklar, canlıya bağlı genetik farklılıklar ve kesim sonrası faktörler olarak sıralanabilir. Rumendeki bakteri popülasyonu ve sayısı ile  $\Delta 9$ -desaturaz enziminin aktivasyon düzeyi, KLA miktarını etkileyen genetik farklılıklardır. Proses koşulları, depolama, pişirme, fermentasyon ve marinasyon ise KLA miktarını etkileyen kesim sonrası faktörlerdir (Khanal ve Olson 2004).

İnsan sağlığı üzerine pekçok olumlu etkisi olan bu biyoaktif bileşiğin miktarının gıdalarda istenilen düzeyden düşük oluşu, çalışmalarını gıdalardaki miktarının artırılması yönünde hızlandırmıştır. Bu amaçla otlatma ve hayvanların rasyonlarına KLA sentezi için öncü bileşenlerin (linoleik ve linolenik asit kaynağı olan bitkisel yağlar ya da tohumlar) ve balık yağının ilavesi en çok kullanılan yöntemler olmakla birlikte (Schmid vd. 2006) ürüne doğrudan KLA ilavesi de KLA miktarını artıran diğer bir uygulamadır (Baublits vd. 2007).

Ticari KLA kaynaklarının rasyona ilavesi ile etlerdeki KLA miktarındaki değişim üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır.

Lo Fiego vd. (2005) yaptıkları çalışmada rasyona eklenen KLA’nın bu etlerden üretilen terbiyelenmiş domuz jambonlarındaki toplam KLA düzeyini önemli oranda artırdığını tespit etmişlerdir. Çalışmada rasyona % 0.25 düzeyinde ilave edilen KLA’nın

domuzların *Biceps femoris* kasında cis-9, trans-11 miktarını % 0.75'ten % 1.74'e, trans-10, cis-12 miktarını % 0.06'dan % 0.53'e, adipoz dokuda ise cis-9, trans-11 miktarını % 0.95'ten % 5.22'ye, trans-10, cis-12 miktarını % 0.06'dan % 1.96'ya, çıkardığı belirlenmiştir.

Du vd. (2000) rasyona % 1.25, % 2.5 ve % 5.0 oranlarında ilave edilen ticari KLA'nın, kanatlı göğüs etlerinde toplam KLA miktarını sırasıyla % 3.8, % 7.2 ve % 13.9 oranında artırdığını görmüşlerdir. Aynı araştırmacıların diğer bir çalışması da, rasyona % 0.25, % 0.5 ve % 1 düzeylerinde ilave edilen ticari KLA'nın, kanatlı kasında trans-9, trans-11 miktarını sırasıyla % 0.12, % 0.24 ve % 0.50 oranında trans-10, cis-12 miktarını sırasıyla % 0.37, % 0.87 ve % 1.68 oranında ve diğer KLA izomerlerinin miktarını da sırasıyla % 0.13, % 0.25 ve % 0.43 oranında artırdığı belirlenmiştir (Du vd. 2002).

Enjeksiyon yönteminin sığır filetolarının KLA miktarı üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, kontrol grubuna karşı suda çözünebilen süttten izole edilmiş toz KLA ve linoleik asitce zengin safran yağı enjekte edilmiş gruplar ile çalışılmıştır. Toz KLA çiğ filetolarda KLA miktarını % 4300, safran yağı da % 2900 oranında artırmıştır. Toz KLA ilavesi ile filetolarda en iyi mozayikleşme derecesine ulaşıldığı ve safran yağının da en gevrek yapıyı oluşturduğu gözlenmiştir (Baublits vd. 2007).

Corino vd. (2003) çalışmalarında rasyona ticari KLA preparatı ilavesinin, tavşanlarda vücut ağırlığına, et kalitesine, *Longissimus lumborum* kasının oksidatif stabilitesine ve yağ asitleri dağılımına etkisini incelemişlerdir. KLA ilavesinin depolamanın ilk günlerinde değişime neden olmazken, depolamanın sonlarına doğru stabilitenin azalmasına ve etin oksidasyonuna neden olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar bunun sebebini, KLA ilavesinin etin çoklu doymamış yağ asitleri miktarını artırmış olması şeklinde yorumlamışlardır.

Jimenez vd. (2008) KLA ilave edilen ürünlerin duysal özelliklerinin, tüketici kabul edilebilirliğinde anahtar rol oynamakla birlikte KLA üzerine yapılan araştırmaların

tüketicilerin KLA açısından zenginleştirilmiş ürünlere karşı ilgili olduğunu gösterdiğini belirtmişlerdir.

Yapılan araştırmaların bazıları KLA'nın antioksidan, bazıları da prooksidan olarak davrandığını göstermiştir. İnvitro çalışmalarda ise KLA, linoleik asit kadar hızlı bir şekilde okside olabilmektedir. Aslında KLA havada da stabil değildir. Konjuge çift bağlar otooksidasyona karşı konjuge olmayan çift bağlardan daha hassastır. Bununla birlikte trans-trans KLA izomerleri havada daha stabilken aynı koşullarda cis-cis KLA izomerleri oksidatif parçalanmaya en hassas olanlardır. Bu sonuçlar KLA'nın gıda sistemlerinde zenginleştirici ve katkı olarak kullanılması durumunda oksidasyondan korunması gerektiğini göstermektedir (Moon vd. 2008). Bu korumayı sağlamak için kullanılan en etkili yöntemlerden birisi de KLA'nın mikroenkapsülasyonudur.

## **2.6 Mikroenkapsülasyon**

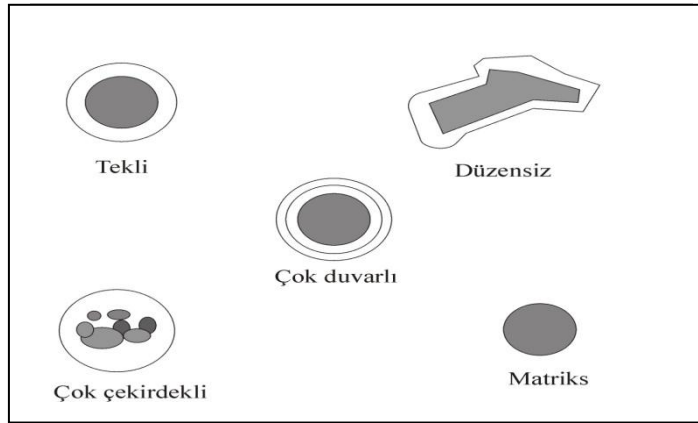
Günümüzde birçok sanayi dalında olduğu gibi gıda sanayisinde de nanoteknoloji uygulamalarına başlanmıştır. Mikro besinlerin stabilitesinin korunması, salınımlarının kontrolünün kolaylaştırılması, biyoyararlılıklarının geliştirilmesi ve çözünebilirliklerinin iyileştirilmesinin amaçlandığı nanoteknoloji uygulamaları sayesinde yeni tat ve tekstüre sahip, daha az yağ içeren, ambalajlama, izlenebilirlik ve gıda güvenliği açısından daha üst kaliteye sahip yeni ürünler üretilebilmektedir. Bu amaçla nanoteknolojiden yararlanılarak geliştirilen dağıtım sistemleri üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Mikroenkapsülasyon teknikleri ile oluşturulan kapsüller ve dispersiyonlar gıda sanayisinde yaygın olarak kullanılan taşıma sistemleridir (Akoğlu ve Kolsarıcı 2010).

Mikroenkapsülasyon; katı, sıvı veya gaz halindeki gıda bileşenlerinin, enzimlerin, hücre ve diğer maddelerin, ince film tabakaları ya da, polimer kapsüller içerisinde tutulması olarak tanımlanabilir. Enkapsülasyon veya mikroenkapsülasyonun tarihi 1920'lerde oil-gum acadia ile kaplanmış kapsüllerin püskürterek kurutulmasına dayanmaktadır. Günümüzde bileşenlerin çevresinin sarılması veya kaplanmasında ve gıda bileşenlerinin



hazırlanmasında mikroenkapsülasyonun gittikçe artan bir önemi vardır (Gibbs vd. 1999).

Mikrokapsül, mikropartikül, mikroküre veya mikromatriks olarak adlandırılan minyatür paketler  $\mu$  büyüklüğünde olabildikleri gibi bir kaç mm genişliğinde de olabilirler. Mikrokapsülün görünüşünü en fazla orjinal materyalin yapısı etkilemektedir. İdeal olarak küre biçimindedirler. Mikrokapsül içerisindeki aktif kısım: çekirdek, iç faz veya dolgu olarak; dışındaki kısım ise kabuk, kaplama maddesi veya duvar materyali olarak isimlendirilmektedir. Mikroenkapsülasyon; basit membran kaplama, küresel veya düzensiz şekilli duvar veya membran, çok duvarlı yapı, çok sayıda çekirdek gibi birçok farklı formda yapılabilir (Şekil 2.1). Mikrokapsüllerin adlandırılmasında hem kalınlık hem de tabaka sayısı göz önüne alınmaktadır (Saldamlı ve Erdoğan 1994, Ersus 2006).



Şekil 2.1 Mikroenkapsüllerin farklı yapıları (Ersus 2006)

Kaplanan materyal genelde sıvıdır fakat katı veya gaz da olabilir. Bu materyal çekirdek materyal (aktif materyal veya iç faz) olarak adlandırılır. Gıda endüstrisinde birçok madde enkapsüle edilmektedir. Gıda işlemede kullanılan asitlendiriciler, aroma maddeleri, tatlandırıcılar, renk maddeleri, lipitler, vitamin ve mineraller, enzimler, mikroorganizmalar, gazlar enkapsüle edilen maddelere örnek olarak verilebilir. Gıdalarda enkapsülasyon genelde koku veya tadın maskelenmesi için kullanılmaktadır. Aroma ajanları, asitler, bazlar, yapay tatlandırıcılar, renklendiriciler, koruyucular, mayalama ajanları, antioksidanlar, istenmeyen tat-kokuya sahip ajanlar gibi gıda

bileşenlerinin birçoğu enkapsüle edilmektedir. Aspartam gibi tatlandırıcılar ve sakızlardaki aroma bileşenleri için enkapsülasyonun kullanılması çok iyi sonuçlar vermektedir (Shahidi ve Han 1993, Gibbs vd. 1999, Ersus 2006).

Mikroenkapsülasyon teknolojisi ile oluşturulan kapsüller birçok nedenden dolayı önem kazanmıştır. Bunlar enkapsüle edilecek maddenin;

- Çevre koşulları (ışık, oksijen, su) ile etkileşimini azaltarak yapısının ve aktivitesinin değişmesini önlemek,
- Dış çevreye olan evaporasyonunu azaltmak,
- Kullanabilirliğini kolaylaştırmak (topaklanmayı engellemek, sıvı formdan katı forma dönüştürmek vb.),
- İstenilen koşullarda ortama kontrollü olarak salınımını sağlamak,
- İstenmeyen tadını, kokusunu, lezzetini maskeleyerek,
- Katılacağı ortamda homojen dağılımını sağlamak

şeklinde sıralanabilir (Shahidi ve Han 1993, Gibbs vd. 1999, Ersus 2006).

Mikrokapsüller, monolitik yapıda, etkin maddeleri vücut içinde belirli bölgelere taşıyabilme potansiyeline sahip olan, katı, küresel mikro taşıyıcı sistemlerdir. Kapsüllerin şekillendirilmesi için sprey kurutma, sprey dondurma, sprey soğutma, ekstrüzyon kaplama, akışkan yatak kaplama, lipozom tuzağı, koazervasyon (kümeleme, bir araya toplama), inklüzyon kompleksasyonu (dahil etme), santrifüj ekstrüzyonu ve rotasyonel süspansiyon separasyonu gibi çeşitli teknikler kullanılmaktadır (Saldamlı ve Erdoğan 1994, Gürsoy 2002, Ersus 2006, Akoğlu 2008).

Mikroenkapsülasyon teknolojisi ile oluşturulan mikrokapsüllerin karakterizasyonu kimyasal, fiziksel, fitokimyasal ve hatta duyusal özelliklerine göre yapılabilmektedir. Mikrokapsüllerin partikül dağılımlarını, büyüklüklerini ve kaplama materyalinin duvar oluştururken gösterdiği yapısal değişiklikleri belirlemek için bazı tekniklerden yararlanılmaktadır. Bu teknikler; elektron mikroskobu, taramalı elektron mikroskobu, transmisyon elektron mikroskobu, floresan yakalama, ultrasonik absorpsiyon, elektron

donma rezonansı spektroskopisi, nükleer manyetik rezonans spektroskopisi olarak sıralanabilir (Ersus 2006).

Mikroenkapsülasyon işlemi için ilk basamak uygun bir kaplama maddesinin seçimidir. Mikrokapsüllerin hazırlanmasında kullanılan polimerleri doğal ve sentetik polimerler olarak ayırmak mümkündür. Doğal polimerler; biyoparçalanır olmaları, organizma için toksik bir bileşen oluşturmamaları ve suda çözünebilir etkin maddeler için uygun taşıyıcılar olmaları gibi özellikleri ile tercih edilirler. Sentetik polimerler ise kendi içlerinde biyoparçalanır olan ve olmayan olarak ayrılırlar. İstenen özelliklere göre sentez edilebilmeleri, büyük ölçekli üretimlerinin yapılabilmesi, hazırlama ve saklama süresince dayanıklı olmaları ve yüksek saflıkta üretilebilmeleri gibi özellikleri nedeniyle tercih edilen polimerlerdir (Tunçay vd. 2000, Gürsoy 2002).

Gıda sanayisinde kullanılan kaplama maddeleri temelde film oluşturabilen, şekerler, gıdalar, proteinler, doğal ve modifiye polisakkaritler, yağlar veya sentetik polimerlerdir. Kaplama maddesinin yapısı mikrokapsüllerin fonksiyonel özelliklerini belirleyen ana faktördür. İdeal bir kaplama maddesi şu özelliklere sahip olmalıdır;

- Yüksek konsantrasyonlarda iyi akışkanlık özelliği göstermeli,
- Oluşan emülsiyonu stabilize edebilmeli ve aktif maddenin dağılmasını veya emülsifiye olmasını sağlayabilmeli,
- Kaplanacak madde ile proses sırasında veya depolamada reaksiyona girmemeli,
- Proses ve depolamada aktif materyali tutabilme özelliğine sahip olmalı,
- Enkapsülasyon işleminin gerçekleştirildiği kurutma veya diğer çözücü uzaklaştırma işlemleri sırasında çözücünün ayrılmasına olanak vermeli,
- Aktif materyalin çevresel koşullara karşı (ısı, ışık, nem vb.) korunmasını sağlamalı,
- Gıda endüstrisi için kabul edilebilir çözücülerde (su, etanol vb.) çözünebilmeli,
- Kimyasal olarak geri dönüşümsüz reaksiyonlara neden olmamalı,
- İstenen kapsül çözünebilirliğine yani aktif materyalin istenen oranda ortama salımına izin vermeli,

- Kanserojen etki göstermemeli,
- Toksik olmamalı,
- Antijenik etkiye sahip olmamalı,
- Ekonomik olmalıdır (Shahidi ve Han 1993, Ersus 2006, Akoğlu 2008).

Çizelge 2.2’de biyolojik olarak parçalanabilen doğal ve sentetik polimerlere örnekler verilmiştir.

Çizelge 2.2 Biyolojik olarak parçalanabilen polimerler (Yıldız 2006, Şensoy 2006)

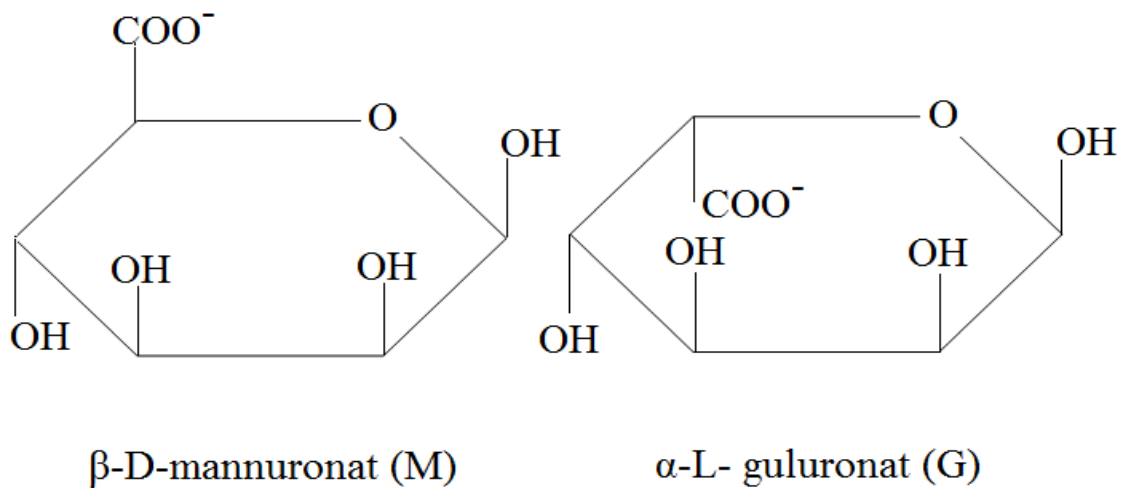
<b>DOĞAL POLİMERLER</b>
Proteinler (Albumin, Kollajen, Jelatin, Fibrinojen, İmmunoglobulinler, Eritrosit, DNA)
Karbonhidratlar (Dekstroz, Nişasta, Agar, Hiyaluronik asit, İnsulin, Selüloz, Aljinat)
Aminopolisakkaritler (Kitin ve Kitosan)
Lipitler (LDL, şilomikronlar, emülsiyonlar, mum)
<b>SENTETİK POLİMERLER</b>
Poli $\alpha$ -amino asitler, Poli amid, poli akrilamid, Poli orto esterler, Poli anhidritler, Poli stiren, Poli laktik asit, Poli glikolik asit, Poli hidroksi valerat

Doğal polimerler grubuna giren aljinat, gıda sanayisinde kaplama materyali olarak çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Aljinat (aljinik asit), kahverengi deniz yosunu türlerinde bulunan 100-3000 arasında değişen yapıtaşlarının esnek bir bağ ile birbirine bağlandığı, ekstraksiyonla veya çeşitli mikroorganizmaların fermentasyonu ile de elde edilebilen, yapısal bir polisakkarittir. Aljinik asidin (E 400) elde edildiği belli bağlı algler şunlardır; *Laminaria*, *Fucales*, *Eisenia*, *Ecklonia*, *Ascophyllum*, *Macrocystis*,

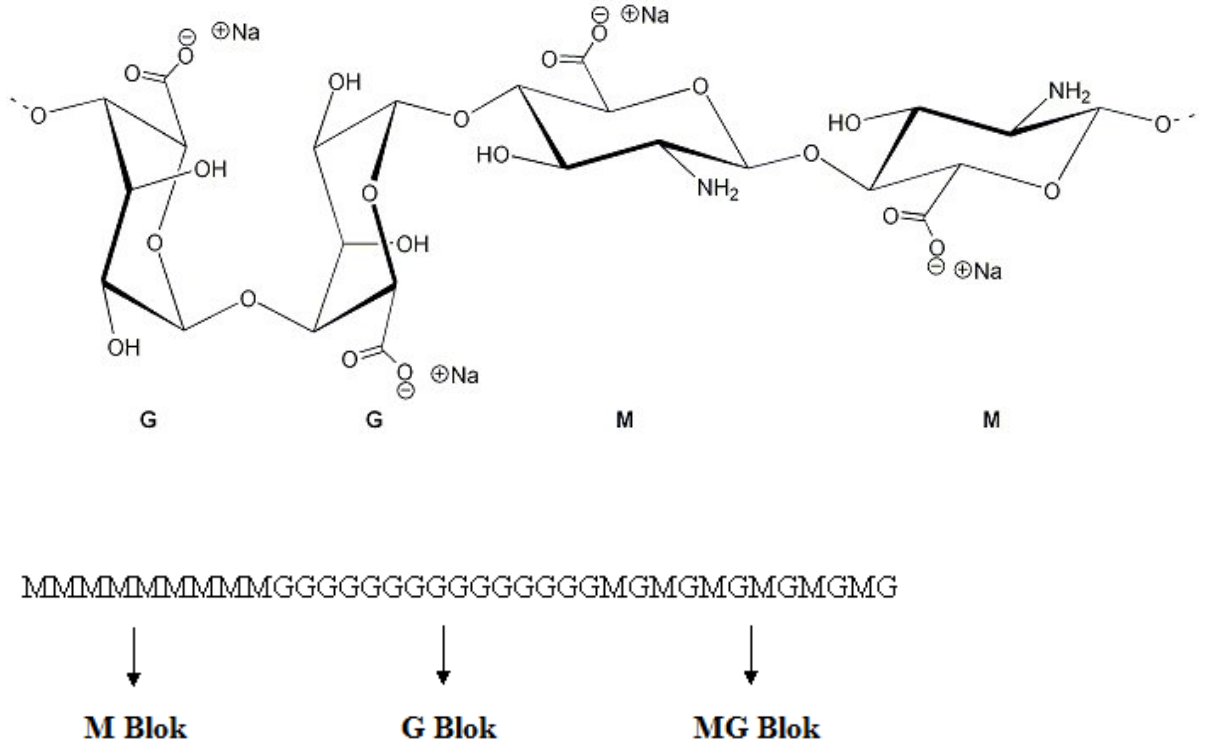
*Lessonia, Sargassum, Turbinaria, Durvillaea*. Bu alglerdeki aljinik asit içeriği % 20-40 arasında değişmekle birlikte, hücre zarının temel bileşenini oluşturmaktadır (<http://www.biokimkimya.com>., 2009).

Hidrokolloid yapıda ve suda çözünür özellikte olan aljinatların ilk tanımlamasını 1881 yılında İngiliz kimyager E.C.C Standford yapmış ve patentini almıştır. Aljinatların ticari olarak üretimleri ise 1920'lerde denizciler için üretilen konservelerde kullanmak amacıyla başlamıştır. Günümüzde ise birçok gıda uygulamaları görülen aljinatlar; kıvam artırıcı, emülsiyon stabilitesini sağlayıcı, jel oluşturucu, su almayı engelleyici ve ağızda dolgunluk hissi oluşturucu olarak kullanılmaktadır (<http://www.hamaddeler.com>, 2011).

McHugh (2011) aljinik asidin  $\beta$ -(1-4)-D-mannuronik asit ve  $\alpha$ -(1-4)-L-guluronik asitten oluştuğunu belirtmiştir. Bunlar ardışık G-blokları, ardışık M-blokları ya da değişen M ve G blokları şeklinde organize olmuşlardır. Şekil 2.2 ve 2.3'te gıda sanayisinde sıklıkla kullanılan sodyum aljinatın (E 401) ve monomerlerinin yapısı verilmiştir. Kimyasal formülü  $(C_6H_7NaO_6)_n$  olan sodyum aljinatın molekül ağırlığı yüksektir. Bu yapıda, G harfi ile gösterilen kimyasal madde,  $\alpha$ -L-guluronik asidi, M harfi ile gösterilen yapı da  $\beta$ -D-mannuronik asidi simgelemektedir (<http://www.fao.org>, 2011).



Şekil 2.2 Sodyum aljinatın monomerlerinin yapısı (<http://www.fao.org>, 2011)



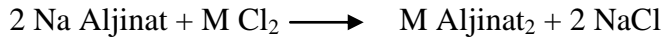
Şekil 2.3 Sodyum aljinatın yapısı (<http://www.fao.org>, 2011)

Aljinatların en önemli özelliklerinden birisi jel oluşturmalarıdır. Jel oluşturmak için kullanılan aljinatın derişimi % 0.5-2 arasında değişmektedir. Mg<sup>+2</sup> hariç iki ve çok değerli katyonlar aljinatlarla çapraz bağ yaparak tepkimeye girer. Çok değerli katyon tuzu aljinat çözeltilisine eklendiğinde çözeltilinin özelliklerinde bir takım değişiklikler görülür. Bu değişiklikler viskozitenin artması, jel oluşumu ve çökmedir (<http://www.fmcbiopolymer.com>, 2011).

Jel oluşturma özellikleri aljinat molekülünün kompozisyon ve sırasına bağlıdır. G bloklarının uzunluğu jel formasyonunun başlıca yapısal durumunu belirlemektedir. Aljinat içindeki G ve M oranlarındaki değişiklik aljinatın fiziksel özelliklerini de etkilemektedir. Örneğin, M içeriği fazla olan aljinatlar daha yumuşak ve elastik bir jel yapısı oluştururken, G içeriği yüksek olan aljinatlar ise daha sert ve kırılğan bir jel yapısına sahiptir (<http://www.fmcbiopolymer.com>, 2011).

Gıda sanayisinde yoğun olarak kullanılan sodyum aljinatın ise suda çözünmesi, su tutma kapasitesi ve jelleşme hızı yüksektir. Fakat istenildiğinde bazı uygulamalarla jelleşme hızı düşürülebilir. Sodyum aljinat ısıya dayanıklı ve geriye dönüştürülemeyen özellikte jel oluşturur. Doğal bir selüloz olan sodyum aljinat; kanda yağ asitlerinin, şekerin ve safra tuzunun emilimini ve serum kolesterolünü azaltır. Kandaki yüksek kan şekerini ve trigliseriti indirgediği ve stronsiyum (Sr), kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) gibi metallerin birikmesini engellediği için önemli bir katkı maddesidir. Ayrıca sodyum aljinat vücuttaki radyoaktif toksinleri (iodin-131 ve stronsiyum-90 ) çekmek için iyi bir bağlayıcıdır (<http://www.hammaddeler.com>, 2011).

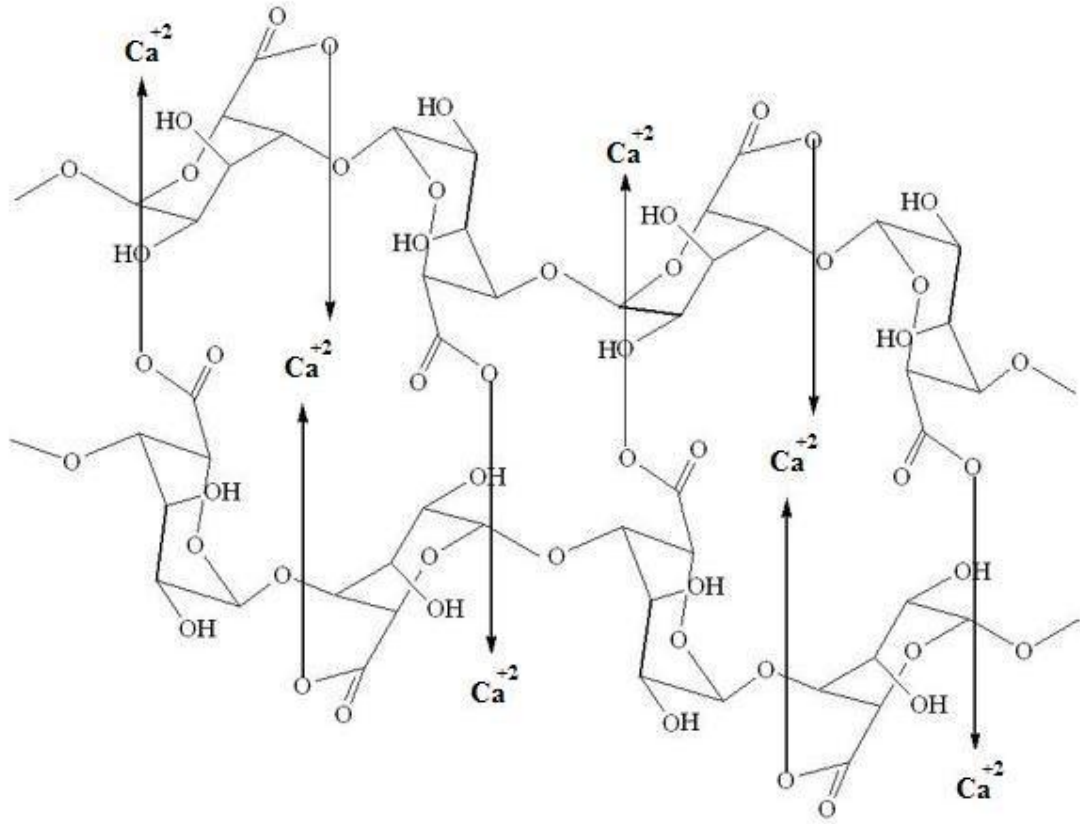
Katyon tuzu ve aljinat çözeltisi arasındaki tepkime aşağıda gösterilmiştir;  
(M: İki değerli katyon).



Aljinat çözeltisinin akışını, viskozitesini ve jel özelliklerini değiştirmek için en çok kullanılan iki değerli katyon kalsiyumdur. Jel oluşumu aljinatla kalsiyum arasındaki iyon değişimi sonucu olmaktadır. Sodyum aljinat çözeltisine kalsiyum iyonları ilave edildiğinde, kalsiyum iyonları aljinat çözeltisindeki karboksil ve hidroksil gruplarına bağlanarak yumurta-kafes (egg-box) modeli oluşmaktadır. Aljinat ile kalsiyum arasındaki tepkime oda sıcaklığında veya soğukta olabilir. Yüksek sıcaklıklarda ise jel oluşumu daha yavaş gerçekleşmektedir.  $\text{Ca}^{+2}$  ile aljinatın çapraz bağlanma tepkimesi Şekil 2.4'te verilmiştir (İskenderoğlu 2007).

BİOKİMYA aljinatların, çok yönlü biyopolimer yapıları sayesinde gıda ve diğer spesifik uygulamalarda geniş kullanım alanı olduğunu belirtmektedir. Gıda sanayisinde; dondurma, şerbet, salça, marmelat, reçel, şekerleme, salata sosu, peynir, margarin, puding ve kremalarda kıvam verici dispersiyon ajanı ve stabilizatör; et, balık ve diğer benzeri ürünlerin kaplanmasında ise, film oluşturucu madde olarak kullanılmaktadır. Ayrıca yenilebilir filmlerin üretiminde de aljinatlar kullanılmaktadır. Dondurulmuş et

ve balık üretiminde, dondurma işlemi sırasında oluşan şok yanıklarını engellemek amacıyla da kullanımı sözkonusudur. Karideslerin soğukta depolanması sırasında yenilebilir film olarak aljinat türevleri ile kaplanması, karideslerin raf ömrünü iki kat artırmıştır. Bu uygulamalarda kullanılacak aljinat miktarı; istenen ürüne, kullanılan teknoloji ve hammadde özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. Genel olarak kullanım oranı, % 0.3-1.0 değerleri arasında değişmektedir (<http://www.biokimkimya.com>, 2009).



Şekil 2.4 Aljinat ile  $Ca^{+2}$ 'nin etkileşimi (İskenderoğlu 2007)

## 2.7 Et Endüstrisinde Mikroenkapsülasyon Uygulamaları

Et teknolojisinde mikroenkapsülasyon teknolojisi kullanımı üzerine yapılan çalışma sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Bu çalışmaların bir kısmı aşağıda verilmiştir.



Gibbs vd. (1999), et işleme için uygun olan çok çeşitli asitler, flavorlar, antioksidanlar gibi enkapsüle edilmiş ürünler bulunduğunu belirtmişlerdir.

Barbut (2006), salami tip ürünlerin pH'sını azaltmak için; laktik asit bakterileri (LAB), sıvı laktik asit ve enkapsüle edilmiş laktik asit, sitrik asit ve glukono delta lakton (GDL) kullanımının etkilerini araştırmıştır. Araştırma sonucunda enkapsüle edilmiş asitler kullanıldığında geleneksel LAB fermentasyonu ile tamamen benzer bir yapı sağlandığını, üretim süresinin kısaldığı, pişme kaybının azaldığı ve sertlik değerinin düştüğünü belirlemiştir. Daha ucuz olan sıvı laktik asit kullanımının ise protein denatürasyonunu hızlandırdığını ve ayrıca ani pH düşüşüne, et parçacıklarının ufalanmasına ve su kaybına neden olduğunu belirlemiştir.

Lucke (2000), asit salınmasının hızlı olduğu durumlarda bu problemi çözmek için enkapsülasyon prosesinin kullanılabilceğini, enkapsüle edilmiş asit kullanımının 8 saatten 24 saate kadar uzayan fermentasyon periyodunun atlanması ile proses süresinin kısaltılacağını ve bu yolla üretim miktarının artırılacağını belirtmiştir.

Anas vd. (2006), birçok mikroorganizmanın bulunduğu et yüzeyinde, patojenik ve bozunmaya neden olan *Carnobacterium viridans*'a karşı, enkapsüle edilmiş laktoferrinin antimikrobiyel etkilerinin belirlenmesi için, peynir altı suyu proteini izolatu kullanarak mikrokapsüller oluşturmuşlardır. Bologna üzerinde yapılan araştırmanın sonuçlarına göre *C. viridans*'ın çoğalması geciktirilmiş ve enkapsüle edilmiş laktoferrin, enkapsüle edilmemiş halinden daha fazla antimikrobiyel aktiviteye sahip olmuştur. Böylece kürlenmiş etlere ilave edilen laktoferrin kapsüllerinin antimikrobiyel aktiviteyi artırdığını duyurmuşlardır.

Rodgers (2005), pişirilmiş soğutulmuş geleneksel gıdalardaki *Salmonella* ve *Listeria* gibi patojenlere karşı, koruyucu kültürlerin etkilerini araştırmış, mikroenkapsülasyon teknolojisi ile oluşturulan mikrokapsüllerin, bu kültürleri uzun süreli depolama işlemlerinde koruyabileceğini belirlemiştir.

Jeon vd. (2003), yaptıkları çalışmada uçucu et aromalarının kaybını en aza indirmek ve aroma stabilitesini iyileştirmek için mısır nişastası, arpa nişastası ve bunların kimyasal olarak modifiye edilmiş çeşitlerinin (mumlu mısır nişastası, mumlu arpa nişastası, süksinile edilmiş mumlu mısır nişastası, süksinile edilmiş mumlu arpa nişastası, oktenil mumlu mısır nişastası, oktenil mumlu arpa nişastası) kullanımını araştırmıştır. Araştırma sonuçlarında kullanılan bütün nişastaların enkapsülasyon için ve uçucu özellik taşıyan ızgarada pişmiş tavuk aromalarını (benzaldehit, dimetil trisülfit, 2-merkaptopropiyonik asit ve benzotiyazol) içeren karışımların kaplanabilmesi için etkili bir materyal olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Test edilen nişastaların 4 haftadan fazla süren depolamada aromaların korunmasında, enkapsülasyon için yaygın olarak kullanılan  $\beta$ -siklodekstrinden daha iyi sonuçlar verdiğini belirlemişlerdir.

Muthukumarasamy ve Holley (2006) ), probiyotik özellikteki *Lactobacillus reuteri*'nin mikroenkapsülasyonunun, sucuk kalitesine ve probiyotiklerin canlı kalabilmesine etkilerini araştırdıkları çalışmada probiyotikleri içeren gıdaların (fonksiyonel gıdalar) popülaritesi gittikçe artan ürünler olduğunu, probiyotiklerin diyet katkısı olarak veya doğrudan gıdaların içerisine katılarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Çalışmada emülsifikasyon yoluyla hazırlanan aljinat mikrokapsüllerinin küçük ve düzensiz şekilli (yaklaşık 40  $\mu$ m çapında) olmasına rağmen, ekstrüzyon yoluyla üretilenlerin etin kurutulması sırasında stabil ve daha büyük (2–3 mm çapında kürecikler) olduğu görülmüştür. Bununla beraber sucuk hamuru içerisindeki aljinat boncuklarının boyutları ve renklerinin birbirine benzediğini ve bu boncukların et tekstürü üzerinde fark edilemediği için tüketici üzerinde olumsuz bir etki göstermediği saptanmıştır. Araştırmacılar probiyotiklerin süt ürünleriyle taşınması yaygın olmasına rağmen et ürünlerinde de kullanımının olduğunu özellikle sucuk üretiminde daha yaygın olarak kullanılmasının beklendiğini iletmişlerdir. Ayrıca yoğurt, sucuk gibi ürünlere eklenen probiyotiklerin çok azının canlı kalabildiğini probiyotik organizmaların canlı kalabilenlerinin de insanda yararlı etkiler gösterebilmesi için son üründe en az 6 log kob/g oranında bulunması gerektiğini belirtmişlerdir. Proses süresince probiyotiklerin canlılığı için sucuklardaki düşük su aktivitesi ve pH'nın, eklenen kütleme tuzları ve rekabetçi organizmalar gibi çevresel değişikliklerin etkili olduğunu belirlemişlerdir. Çalışmada kaplama materyali olarak sodyum aljinat, yöntem olarak da ekstrüzyon

kaplamayı kullanılmış ve sucukların duysal kalitesinde değişiklik olmaksızın, proses süresince istenen miktarda probiyotik mikroorganizmanın canlı kalabilmesi için, *L. reuteri* mikrokapsüllerinin kullanılabilceğini duyurulmuştur.

Incze (1998) birçok LAB kültürünün intestinal mikrofloranın yeniden kurulması yoluyla probiyotik etki gösterdiğinin bilindiğini, LAB'nin süt ve et ürünleri fermentasyonunda uzun yıllardır kullanılmakta olduğunu fakat fermente etlerin üretimi için saf starter kültürler son 70 yıldır kullanıldığını aktarmıştır.

Doleyres ve Lacroix (2005) sucuk üretimi sırasında mikroenkapsülasyon teknolojisinin kullanımının, probiyotik mikroorganizmaları zorlu çevre koşullarından koruma anlamına geldiğini ve probiyotiklerin mikroenkapsülasyonunda nişasta, aljinat, karagenan, keçi boynuzu gamı, ksantan gam, jelatin ve peynir altı suyu proteini içeren kaplama materyallerinin kullanılabilceğini iletmişlerdir.

Iyer ve Kailasapathy (2005) ise son zamanlardaki çalışmalarda, diğer kaplama materyalleri ile karşılaştırıldığında *L. reuteri* için kaplama materyali olarak aljinatlar seçildiğini, aljinat ve diğer polimerlerle aljinatın karışımının mikroenkapsülasyonda bakteriyel stabiliteyi artırdığını iletmişlerdir.

Downham ve Collins (2000) satın almadan veya tüketimden önce gıdanın görünüşüne etki eden renklendiricilerin salınım mekanizmasının aroma ajanları gibi diğer bileşenlerinkinden daha önemli olduğunu belirtmişlerdir. Bu durumda da mikroenkapsülasyon teknolojisi ile pigmentlerin koruyucu bir kaplama maddesi (örneğin karbonhidratlar, gamlar, fosfolipitler ve proteinler) ile tutuklanarak oksidasyon gibi renk kaybına veya değişikliğine neden olabilecek faktörlerden korunacağını böylece de pigmentin stabil hale geleceğini bildirmişlerdir.

Shahidi ve Pegg (1991), kürlenmiş kırmızı etlerde et pigmentlerinin mikroenkapsülasyonu üzerine çalışmış ve nişasta bazlı kaplama maddesi kullanmışlardır. Araştırmacılar pigment mikrokapsüllerinin et ürünleri içerisindeki renk

stabilitelelerinin, nitrit ile kürlenmiş olan et rnlerindekiyle aynı etkiyi sağladığını belirlemişler ve mikroenkapsülasyon teknolojisinin gelecekte renklerin stabilize edilmesinde geniş bir yer tutacağını ifade etmişlerdir.

Balık yağı, kalp sağlığı açısından oldukça yararlı olan çoklu doymamış yağ asidi (PUFA; polyunsaturated fatty acid) bakımından zengin bir kaynaktır. Omega-3 ( $\Omega$  3, n-3) yağ asitlerinin en önemlileri olan Eikozapentaenoik asit (EPA) ve Dekozaheksaenoik asit (DHA) balık yağının içerdiği en önemli doymamış yağ asitleridir. EPA ve DHA elzem yağ asitleri oldukları için vücuda mutlaka beslenme yoluyla dışardan alınmaları gerekir. Diyetle birlikte n-3 yağ asitlerini almanın kanser ve kalp-damar hastalığı riskleri ile LDL kolesterolü azalttığı, eklem ve kas yangılarını azalttığı ve AIDS'in önlenmesi ve yönetilmesinde faydalı olabileceği bilinmektedir. Aynı zamanda diyabetli hastalarda glisemik kontrolün sağlanması konusunda olumlu etkileri bulunmakta, depresyon ve Alzheimer risklerini düşürmekte, hafızayı güçlendirmekte ve şizofreni hastalarının şikyetlerini azaltmaktadır. Kadınların diyetinin n-3 yağ asitleri ile desteklenmesi hamilelik kalitesini artırmakta, menstrual şikyetleri ve menapoz etkilerini azaltmaktadır (Mol 2008).

Balık yağı oksidasyona karşı çok hassas bir ürün olduğundan kolayca acılaşmaya uğrayabilmektedir. Ayrıca balıkyağı tüketimi mide barsak rahatsızlıklarına neden olabilmekte ve balıksı aroma tüketiciyi rahatsız etmektedir. Bunları engellemek için balık yağları mikroenkapslasyonla stabil hale getirilebilmektedir. Mikroenkapsller haline getirilerek oksijen, nem ve ışıktan korunan balık yağlarında istenmeyen balık kokusu ve tadı önlenmekte; aynı zamanda PUFA'ların oksidasyonu da engellenebilmektedir. Emülsifiye edilmiş balık yağının koruyucu bir filmle kaplanıp kuru bir toz haline getirilmesi ile yapılabilen mikroenkapsülasyon işleminde sprey kurutma, sprey soğutma, dondurarak kurutma, akışkan yatakta enkapsülasyon, ekstrüzyon enkapsülasyonu gibi metotlar kullanılabilir (Yaşar 2003, Zatsick ve Mayket 2007, Mol 2008).

Sakin vd. (2007), kurutulmuş-mikroenkapsüle balık yağının 25 °C'ta, karanlık ortamda, 45 gün depolama süresi boyunca oksidasyon derecesinin belirlenmesi amacıyla peroksit

değerinin izlenmesi, mikroenkapsülasyon verimi ve kurutulmuş ürünün bazı fiziksel özelliklerinin (mikro boyutta yapısı, renk değişimi, ürünün su aktivitesi ve nem içeriği) belirlenmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada peroksit değeri analizi sonuçlarına göre, mikroenkapsülasyon işleminin balık yağının oksidasyona karşı dayanıklılığını artırmış olduğu; kaplama materyali olarak pullulan-sakkaroz-jelatin içeren kapsüllerin, laktoz-sakkaroz-jelatin içeren kapsüllere göre daha düşük oranda oksidasyona uğradığı görülmüştür.

Baik vd. (2004) balık yağı mikrokapsüllerinin oksidasyona karşı olan dayanımı üzerine antioksidanların ve nemin etkisini araştırmışlar ve herhangi bir antioksidan katılmadan enkapsüle edilmiş yağın oksidasyona karşı açığındaki yağdan 10 kat daha dayanıklı olduğunu tespit etmişlerdir. Bir antioksidan olan tokoferol kullanıldığında ise her iki durumdaki yağın da yüksek dayanım kazandığını belirlemişlerdir. Çalışmada ayrıca en uzun lag süresi % 0 nisbi nem içeren ortamda kaydedilmiş, % 10-30 nisbi nem içeren ortamda ise 200 ppm'den fazla  $\alpha$ -tokoferol ilavesi ile mikroenkapsüle edilmiş balık yağı tozunun oksidatif dayanımı artırılabilmiştir. Çalışma sonucunda mikroenkapsüle edilmiş balık yağlarının nemsiz ya da antioksidan ilaveli olarak düşük nem içeren ortamda saklanması uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Wallace vd. (2000), balık yağı mikrokapsülleriyle zenginleştirilmiş gıdaları tüketen ve eş miktardaki n-3 PUFA içeren balık yağı kapsülleri alan kişileri karşılaştırmış ve her iki durumda da eşdeğer düzeyde n-3 yağ asidi alımı sağlandığını tespit etmişlerdir.

Benzer olarak Higgins vd. (1999) de balık yağı mikrokapsülleriyle zenginleştirilmiş gıdaların tüketilmesi veya doğrudan balık yağı kapsüllerinin tüketilmesi şeklinde balık yağı alımı arasında fark olmadığını tespit etmiş; gıda maddelerinin balık yağları mikrokapsülleri kullanılarak desteklenmesinin n-3 PUFA alımı konusunda etkin bir yol olması nedeniyle tüketiminin giderek yaygınlaşacağını ileri sürmüşlerdir.

## 2.8 KLA'nın Mikroenkapsülasyonu

Mikroenkapsülasyon uygulaması; KLA'nın serbest kalma zamanını belirlemekle birlikte sıcaklık ve nemin ekstrem koşulları altında mikrokapsüllerin stabilitesini artırmaktadır. Yapılan çalışmalarla KLA'nın mikroenkapsülasyonunun oksidatif stabiliteyi artırdığı ve kötü lezzet oluşumunun azalmasını sağladığı belirlenmiştir (Shahidi ve Han 1993, Gibbs vd. 1999, Akoğlu ve Kolsarıcı 2010).

Jimenez vd. (2008) sprey kurutma yöntemi ile oluşturdukları KLA mikrokapsüllerinin fiziksel özelliklerini incelemişlerdir. Peynir altı suyu konsantresi, peynir altı suyu konsantresi-maltodekstrin karışımı ve gam arabik olmak üzere 3 farklı kaplama materyali kullanmışlar ve sonuç olarak, mikrokapsüllerin fiziksel özelliklerinin kullanılan duvar materyaline ve depolama sırasındaki su aktivitesine bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Mikrokapsüllerin yapışkanlaşması, topaklaşması ve yapısal çöküşü gibi fiziksel değişikliklerinde su aktivitesi değerinin büyük önem taşıdığını, peynir altı suyu mikrokapsüllerinin düşük su aktivitesi değerinden daha az etkilendiğini, gam arabik mikrokapsüllerinin yüksek su aktivitesi değerlerinden etkilendiğini ve nemi absorbe ettiğini vurgulamışlardır. Ayrıca su aktivitesi değerinin 0.515'in altında olması durumunda oluşturdukları mikrokapsüller için en uygun depolamanın sağladığını tespit etmişlerdir.

Seck vd. (2000) KLA'nın siklodekstrinlerle (SD) mikroenkapsülasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Siklodekstrinlerin farklı tiplerini ( $\alpha$ -,  $\beta$ -, ve  $\gamma$ ) kullanarak ve dondurarak kurutma yöntemiyle KLA mikrokapsüllerini hazırlamışlar ve  $\alpha$ - SD'nin KLA'nın oksidasyona karşı korunması için etkili bir kaplama materyali olduğunu tespit etmişlerdir.

Buna ilaveten Park vd. (2002) siklodekstrinler içinde KLA'nın inklüzyon kompleksini hazırlamışlar ve hazırlanan KLA/SD karışımıyla 35 °C'de 80 saat süresince KLA'nın oksidasyonunun tamamen önlendiğini belirlemişlerdir.

Jimenez vd. (2004) kurutulmuş peynir altı suyu tozlarının gıda bileşeni olarak zengin besleyici değeri olması, fonksiyonelliği ve fiyatının düşük olmasından yola çıkarak gıda endüstrisinde kullanımını araştırmışlardır. Peynir altı suyu proteini konsantresini duvar materyali olarak kullanarak KLA'nın mikroenkapsülasyonunu gerçekteşirmişlerdir. Yapılan analizler sonucunda mikrokapsüllerin stabilitesinin su aktivitesi değeri ve depolama sıcaklığından etkilendiğini, en iyi stabilitenin 0.743-0.727 aw'de 35 °C ve 45 °C'de sağlandığını, enkapsülasyonun etkinliğinin % 89.60 olduğunu ve bu koşullarda 60 günlük depolamada mikrokapsüllerin KLA'nın oksidasyonuna karşı etkili bir koruma sağladığını belirlemişlerdir. Bu nedenle peynir altı suyu konsantrelerinin etkin bir mikroenkapsülasyon ajanı olarak dikkat çekici olduğunu belirtmişlerdir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1 Materyal

Çalışmada aktif materyal olarak KLA yağı (Lipid Nutrition, ABD), kaplama materyali olarak sodyum aljinat (Sigma Aldrich, Almanya), kaplamalı piliç eti ürünü olarak nugget (Erpiliç, Türkiye) kullanılmıştır.

Aktif materyal olarak kullanılan KLA yağı, fonksiyonel bileşenler içeren gıda takviyeleri satışı yapan Aktif Farma San. Tic. Ltd. Şti. (İstanbul) vasıtasıyla distribütörlüğünü yaptıkları Lipid Nutrition B.V., Loders Croklaan Group (Channahon, Illinois, ABD) firması tarafından sağlanmıştır. Ticari adı Clarinol G-80 olan trigliserit formdaki KLA yağı, cis-9, trans-11 ve trans-10, cis-12 izomerlerini eşit oranda (50:50) bulundurmaktadır. Clarinol G-80'in bileşiminde sırasıyla % 74.25 KLA, % 12.57 linoleik asit, % 4.73 palmitik asit, % 4.21 araşidik asit, % 2.22 stearik asit, % 1.91 oleik asit, % 0.1 palmitoleik asit ve % 0.01 linolenik asit bulunmaktadır.

Araştırmada materyal olarak kullanılan piliç eti ve yağı, ticari olarak piliç eti işleyen Erpiliç Entegre Tavukçuluk Üretim Pazarlama ve Ticaret Limited Şirketi'nin Dedeler Köyü-Göynük-BOLU'da bulunan kesimhanesinden alınmıştır.

Nugget hamurunun hazırlanmasında piliç eti ve yağının yanı sıra su, soğan, soya proteini, mısır nişastası, buğday nişastası, bitkisel lifler, tuz ve baharat kullanılmıştır. Kaplama materyalinin hazırlanmasında ise buğday unu, ekmek mayası, tuz ve renk maddesi olarak kurkumin E kullanılmıştır. Nugget hamuru ve kaplama materyalinin hazırlanmasında kullanılan tüm bileşenler ve katkı maddeleri Erpiliç firmasından temin edilmiştir.

Depolama süresince nuggetlarda yapılan analizlerde kullanılan diğer kimyasallar analitik saflıktadır (Merck, Almanya).



## 3.2 Yöntem

### 3.2.1 Deneme planı

Çalışma 3 aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada elektrostatik immobilizasyon yöntemi ile KLA'nın mikroenkapsülasyonu yapılmıştır.

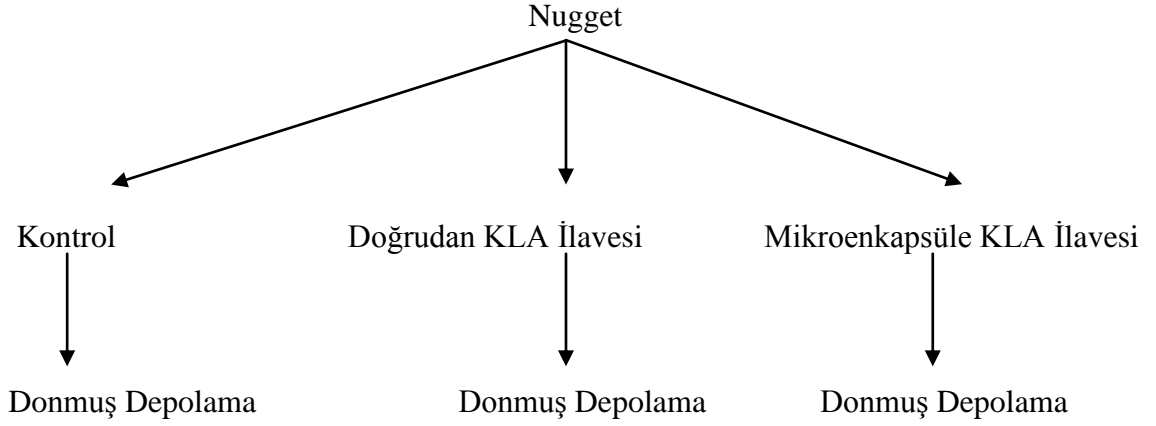
İkinci aşamada “nugget” üretimi gerçekleştirilmiş ve 3 örnek grubu oluşturulmuştur. Birinci örnek grubu olan kontrol grubuna KLA ilave edilmemiş, ikinci grupta KLA doğrudan ilave edilmiş, üçüncü grupta ise KLA mikrokapsülleri formunda ilave edilmiştir (Çizelge 3.1). Tüm örnek gruplarında yağ oranı % 12 olacak şekilde aşağıdaki gibi ayarlanmıştır:

Çizelge 3.1 Nugget gruplarının oluşturulması

<b>Nugget grubu</b>	<b>% Piliç yağı (w/w) (nugget hamurunda)</b>	<b>% KLA (w/w) (nugget hamurunda)</b>
Kontrol (K)	12	0
1. Grup (D)	10	2 (Doğrudan KLA ilavesi)
2. Grup (M)	10	2 (KLA mikrokapsülleri ilavesi)

Çalışmanın üçüncü aşamasında ise nugget üretimini takiben oluşturulan ürünler hızla dondurulmuş ve depolanmıştır (Şekil 3.1).

Donmuş olarak depolanan örneklerde 4 ay boyunca aylık olarak yapılan analizlerle ürün kalitesindeki, KLA'daki ve oluşturulan mikrokapsüllerdeki değişiklikler belirlenmiştir. İki tekerrür olarak yapılan çalışmada her bir tekerrürde analizler en az 3 paralel olarak gerçekleştirilmiştir.



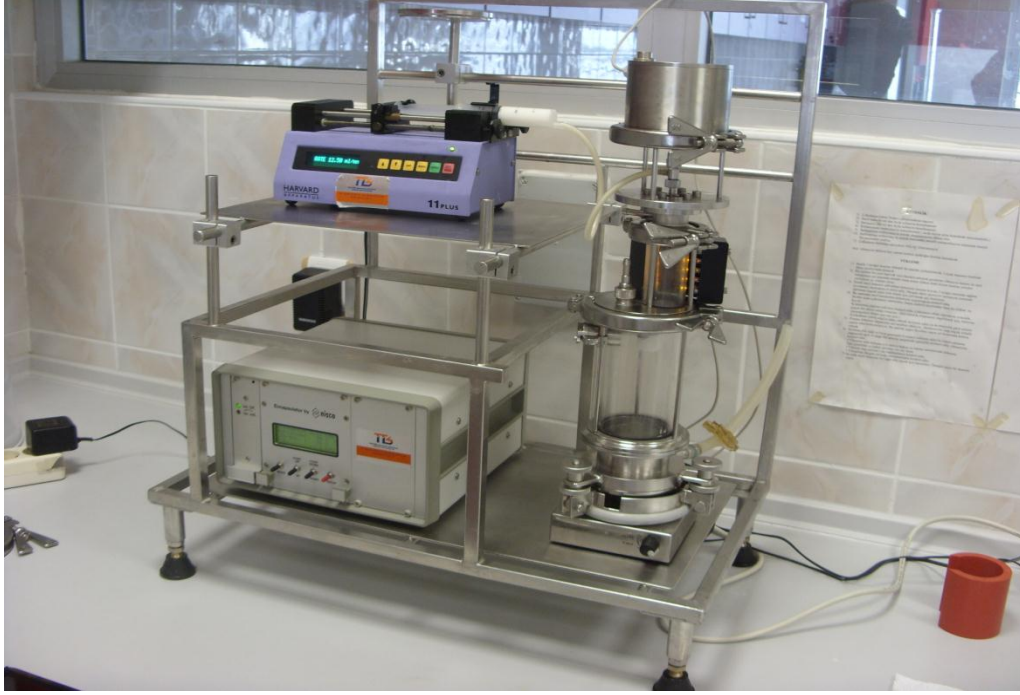
Şekil 3.1 Deneme planı

### 3.2.2 KLA'nın mikroenkapsülasyonu

KLA yağının mikroenkapsülasyonu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Mikrobiyoloji ve Biyoteknoloji Araştırma Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. KLA yağının mikroenkapsülasyonu için Nisco Var A model (Nisco Engineering Inc., Zürih, İsviçre) mikroenkapsülatör düzeneği kullanılmıştır. Bu düzenek elektrostatik titreşim ile ekstrüzyon/emülsiyon tipi kaplama işlemi yapmaktadır (Şekil 3.2).

Mikroenkapsülasyon düzeneğine farklı çaplarda püskürtücü başlık (nozzle) takılarak farklı büyüklüklerde kaplamalar gerçekleştirilebilmektedir. Kaplama işleminin gerçekleştirilmesinde 100, 150 ve 400  $\mu\text{m}$ 'lik 3 adet püskürtücü başlık ile denemeler yapılmış ve istenen özelliklerdeki mikrokapsülleri oluşturabilen 400  $\mu\text{m}$ 'lik püskürtücü başlık kullanılmasına karar verilmiştir.

Mikroenkapsülatörün uygun çalışma parametrelerinin belirlenmesi için yapılan denemeler sonucunda cihazın Çizelge 3.2'de verilen değerlere göre çalıştırılmasına karar verilmiştir.



Şekil 3.2 Nisco Var A model mikroenkapsülâtör

Çizelge 3.2 Mikroenkapsülasyon işleminde uygulanan çalışma parametreleri

Parametre	Çalışma Parametreleri
Aktif materyal	Konjuge linoleik asit yağı
Kaplama materyali	% 1.5 sodyum aljinat
Katılaştırma çözeltisi	0.1 M CaCl <sub>2</sub>
Püskürtücü başlık çapı	400 µm
Akış hızı	11.5 mL/dk
Frekans	2.21 kHz
Genlik (Amplitude)	% 95
Şırınga büyüklüğü	20 mL
Işık yayan diyot süresi (Led duration)	% 20

Bu aşamadan sonra mikroenkapsülasyon işlemi aşağıdaki şekilde yapılmıştır:

KLA yağı ve % 1.5'lik olarak hazırlanan sodyum aljinat çözeltisi, hacimce 1:2 oranında karıştırılmıştır. Bu karışım parçalayıcı mikserle (IKA Yellow Line Ultra Turrax, Almanya) 10.000 rpm'de ve azot gazı altında 5 dakika homojenize edilmiş sonrasında peristaltik pompaya takılan şırınga vasıtasıyla enkapsülatöre besleme yapılmıştır. Peristaltik pompanın hareketi ile şiringadan gelen karışım püskürtücü başlık sisteminden geçmeye zorlanmıştır. Bu aşamada önce büyük damlalar, ardından da standart düzgün bir akış elde edilmiştir. İmmobilizasyon prensibine uygun olarak elektrik akımı ile oluşturulan titreşimler sonucunda oluşturulan mikrokapsüller toplama tankı içerisindeki sertleştirme çözeltisine (0.1 M CaCl<sub>2</sub>) düşürülmüştür. Bu arada toplama tankında bulunan manyetik karıştırıcı çalıştırılarak mikrokapsüllerin birbirine ve düştükleri ortama yapışmaları engellenmiştir (EK 1). Bu şekilde üretilen mikrokapsüller 30 dakika karıştırıldıktan sonra buzdolabında bir gece bekletilerek katılaşma işlemi tamamlanmıştır (Jimenez vd. 2006). İşlem sırasında püskürtücü başlıkta meydana gelen tıkanmaların açılması için, ultrasonik su banyosu (Elma SIOH Elmasonic, Almanya) kullanılmıştır.

### **3.2.3 Mikrokapsül analizleri**

#### **3.2.3.1 Mikrokapsüllerde salım çalışmaları**

Çalışmanın başlangıcında; mikrokapsüllerin hazırlanması ve salımı için en iyi koşullar, KLA/polimer oranı ve pH belirlenmiştir. Bu koşullarda en yüksek salım değeri bulunmuştur. Salım çalışmaları farklı pH değerlerinde gerçekleştirilmiş ve salım ortamının pH değeri arttıkça salımdaki değişiklikler gözlenmiştir. Salım çalışmaları mikrokapsüllerin 37 °C'de ve 100 rpm karıştırma hızında 2 saat boyunca, sırasıyla pH 6.8 ve 7.4 tampon çözeltilerinde çalkalanmasıyla yapılmıştır.

### **3.2.3.2 Mikrokapsüllerdeki toplam yağ miktarı**

Kaplama materyalinin açılarak kapsüllerdeki toplam KLA yağı miktarının belirlenmesi için, iki ayrı pH değerinde (6.8 ve 7.4) hazırlanan fosfat tamponu ile yapılan salım çalışmaları sonrasında 5 g mikrokapsül Soxhlet kartuşuna alınmıştır. Soxhlet ekstraksiyon yöntemi ile n-hegzan kullanılarak mikrokapsüllerin yağı ekstrakte edilmiş ve mikrokapsüllerdeki toplam yağ miktarından toplam KLA miktarı hesaplanmıştır (Pauletti ve Amestoy 1999).

### **3.2.3.3 Mikroenkapsüle edilemeyen yağ miktarı**

KLA mikrokapsüllerinin yüzeyinde kalan, diğer bir tanımla mikroenkapsüle edilemeyen yağ miktarını belirlemek için mikrokapsüller (1 g) petrol eter (25 mL) içerisinde 15 dakika boyunca yavaşça çalkalanmış ve sonrasında çözgen uzaklaştırılarak mikrokapsüllerin yüzeyinden ekstrakte edilebilen (mikroenkapsüle edilemeyen) yağ gravimetrik olarak belirlenmiştir (Pauletti ve Amestoy 1999).

### **3.2.3.4 Mikroenkapsülasyonun etkinliği**

Mikroenkapsülasyonun etkinliği (MEE) aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Pauletti ve Amestoy 1999):

$$MEE = \frac{\text{Toplam yağ} - \text{Kapsül yüzeyinden ekstrakte edilen yağ}}{\text{Toplam yağ}} \times 100$$

### **3.2.3.5 Mikrokapsüllerde pH değeri**

pH değerini belirlemek amacıyla pH metre pH 4.0-7.0 tampon çözeltileri ile kalibre edildikten sonra mikrokapsüllerin okuması yapılmıştır (Anonymous 1990).

### 3.2.3.6 Partikül büyüklüğü ve dağılımı

Mikrokapsüllerin karakterizasyonu için partikül büyüklükleri ve morfolojileri belirlenmiş, toplam KLA konsantrasyonu ve kapsüllenemeyen KLA konsantrasyonunun belirlenmesiyle de mikroenkapsülasyonun etkinliği bulunmuştur (Jimenez vd. 2004).

Mikrokapsüllerin partikül büyüklüğü ve büyüklük dağılımı analizi Gazi Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Farmasötik Teknoloji Anabilim Dalı laboratuvarında lazer ışığı kırınımı yöntemi ile çalışan partikül analizatörü cihazı kullanılarak yapılmıştır (Sympatec Helos H0728 Particle Size Analyzer, Almanya). Çalışmada cihazın ölçme bölmesine su koyulmuş, daha sonra belli miktarda mikrokapsül bu ortama ilave edilmiştir. Ölçüm aşamasında su kullanılmasının nedeni; kullanılan etkin madde (KLA) ve polimerin (sodyum aljinat) su içerisinde çözünürlüğünün olmamasıdır. Bu analiz tüm mikrokapsül formülasyonları için her bir ölçüm üç kez tekrarlanarak yapılmıştır.

Yöntemin esası, saçılmadan gönderilen lazer ışığının, mikrokapsüllerin yüzeyine çarpmasını takiben oluşan saçılma ve penetrasyon gibi optik olaylara dayanmaktadır. Dağılma (difraksiyon) ise gönderilen ışık demetinin saçılma ve penetrasyonu sonrasında kalan ışık fraksiyonunda gözlemlenir.

Sistem sırasıyla; lazer kaynağı, ışın artırıcı ölçüm noktası, lens odaklayıcılar ve çok noktalı fotodedektörden oluşmaktadır. Ölçme zonu ve lenslerin odaklanma aralığı fotodedektördeki spektrumu belirler. Fotodedektör, lensin odak uzaklığına göre ayarlanmıştır. Numunenin partikül büyüklüğü ve dağılımına bağlı olarak dairesel ve simetrik görüntüler oluşur. Merkezden uzaklaştıkça enerji yoğunluğu azalır. Işık yoğunluğu ile orantılı olarak elektrik akımına çevrilir ve sayısal olarak ifade edilir. Daha sonra bu sayısal veriler kaydedilerek bilgisayarda değerlendirilir (Erzurumlu 2009).

### **3.2.3.7 Taramalı elektron mikroskobu ile görüntü analizi**

Oluşturulan mikrokapsüllerin yüzey morfolojisini incelemek için AİBÜ, Fen-Edebiyat Fak., Fizik Böl.'de bulunan taramalı elektron mikroskobu kullanılmıştır (SEM Jeol JSM-6390 LV, Japonya). Mikrokapsüller alüminyum plaka üzerine tutturularak yüzey fotoğrafları çekilmiş ayrıca enerji saçılımlı X-ışınları ünitesi (EDS) ile analiz edilmiştir.

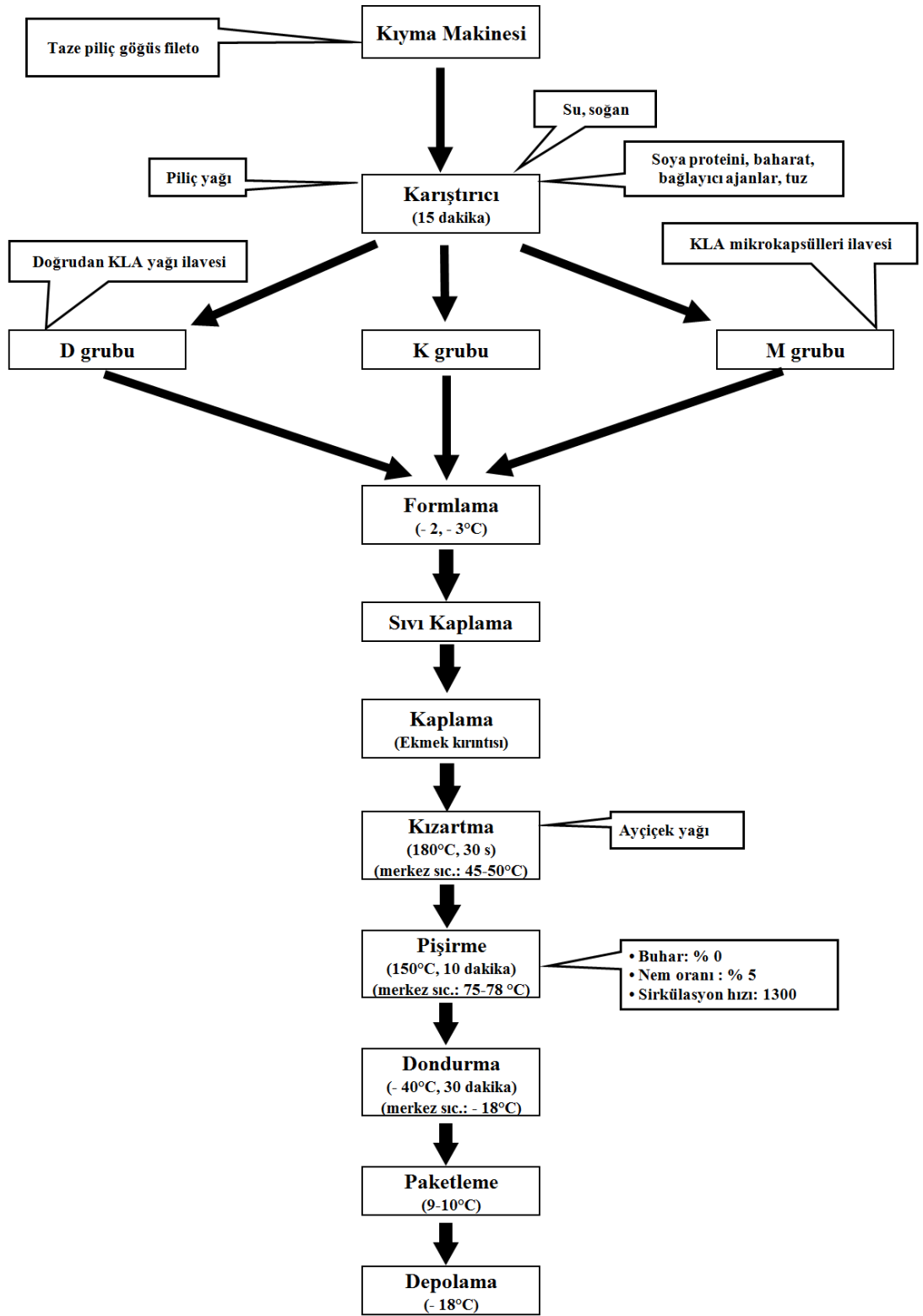
SEM'deki morfolojik incelemelerde yaklaşık 0.5 g ağırlığındaki yaş kapsülün ikincil elektron görüntüleri (SEI; Secondary Electron Image) kullanılmıştır (Sultana vd. 2000, Calleros vd. 2007).

### **3.2.4 Nugget üretimi**

Çalışmanın ikinci aşamasında nugget üretimi gerçekleştirilmiştir. Kaplamalı piliç eti ürünlerinden nugget üretimi, Erpiliç Entegre Tavukçuluk Üretim Pazarlama ve Ticaret Limited Şirketi'nin Dedeler Köyü-Göynük-Bolu'da bulunan kesimhanesinin İleri İşlenmiş Ürünler Bölümü'nde Şekil 3.3'te verilen iş akışına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Doğrudan ve mikrokapsül formda KLA ilaveli örnek gruplarını oluşturmak için nugget hamurunun şekillendirilmesinden hemen önce yapılan "hamur karıştırma" aşamasında % 2 oranında KLA ilavesi yapılmış ve hamurun homojenizasyonu için yapılan karıştırma işlemi ile de KLA'nın homojen olarak yayılması sağlanmıştır (Şekil 3.3).

Nuggetlara ilave edilecek mikrokapsül miktarının (aynı zamanda mikrokapsüllerin içerdiği KLA miktarının) belirlenmesi için öncelikle mikroenkapsülasyonun etkinliği ve ilave edilen KLA'nın ne kadarının mikroenkapsüle edilebildiği (mikroenkapsülasyon verimi) belirlenmiştir. Bütün bu hesaplamaların ardından KLA içeren mikrokapsüller yukarıda belirtilen oranı sağlayacak şekilde nugget hamuruna ilave edilmiştir.



Şekil 3.3 Nugget üretimi iş akışı



Nuggetlar deneme gruplarının oluşturulmasının ardından soğuk zinciri kırılmadan Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarına getirilmiş ve -18 °C'de depolanmıştır (EK 2). Depolanan örneklerde 4 aylık depolama süresince aylık olarak yapılan analizlerle ürün kalitesindeki, KLA'daki ve oluşturulan mikrokapsüllerdeki değişiklikler belirlenmiştir.

Araştırmada ticari olarak üretilen nuggetlarla (KLA ilavesiz- kontrol grubu) deneme sırasında üretilen doğrudan KLA ilaveli ve mikrokapsüle formda KLA ilaveli nugget gruplarında depolama boyunca KLA'daki, oluşturulan mikrokapsüllerdeki ve ürün kalitesindeki değişiklikler, aşağıda verilen analizlerle belirlenmiştir.

### **3.2.5 Nugget analizleri**

Nugget üretiminin ardından da ürünün kimyasal bileşiminin ortaya koyulabilmesi için pH, nem, toplam yağ, kül, protein ve yağ asitleri kompozisyonu belirlenmiştir.

Donmuş depolama sırasında aylık olarak yapılan analizlerde ise, *p*-anisidin, peroksit, toplam oksidasyon (totoks), TBA, yağ asitleri kompozisyonu, pH, renk değişimi (CIE L\*, a\* ve b\*) değerleri ve duyu analizi sonuçları belirlenmiştir.

#### **3.2.5.1 Protein miktarı**

Kjeldahl yöntemine göre örneklerin % azot miktarları belirlenmiş ve bu değer 6.25 faktörü ile çarpılarak ham protein miktarı (%) hesaplanmıştır (Anonymous 1990).

#### **3.2.5.2 Nem miktarı**

105 °C'da kurutulduktan sonra darası alınmış kuru madde kaplarına 5 g civarında dilimlenmiş örnek tartılarak 105 °C'daki kurutma dolabında sabit ağırlığa gelene kadar

kurutulmuş ve tartım farkından örneklerdeki % nem miktarı hesaplanmıştır (Anonymous 1990).

### **3.2.5.3 Kül miktarı**

Kurutma dolabında 105 °C'da kurutularak darası alınan kül kapsüllerine 3-4 g civarında dilimlenmiş örnek tartılarak kül fırınına koyulmuş, sıcaklık kademeli olarak artırılarak 550-570 °C'a getirilmiştir. Kül fırınında kül kapsülündeki örnek gri-beyaz bir renk alınca kadar yakma işlemine devam edilmiştir. Kül kapsüllerinin tartımları arasındaki fark alınarak örneklerdeki % kül miktarı hesaplanmıştır (Anonymous 1990).

### **3.2.5.4 Toplam yağ miktarı**

Mikrokapsüllerin dış yüzeyindeki yağ, petrol eteri ile 10 dakika boyunca çalkalanması suretiyle alınmış sonra da toplam yağ miktarları (%) Soxhlet düzeneği kullanılarak sıcak ekstraksiyon metoduyla belirlenmiştir. Yağ çözücü olarak petrol eteri kullanılmıştır (Anonymous 1990).

### **3.2.5.5 pH değeri**

Nuggetların pH değerini belirlemek amacıyla 10 g nugget örneği tartılarak üzerine 100 mL saf su ilave edilmiştir. Hazırlanan bu karışım ultra turraks (Micra D-9, Almanya) ile homojenize edilmiş ve pH metre (Hanna HI 221, Almanya) pH 4.0-7.0 tampon çözeltileri ile kalibre edildikten sonra örneklerin okuması yapılmıştır (Anonymous 1990).

### **3.2.5.6 Soğuk ekstraksiyonla yağ eldesi**

Homojen et örneğinden 100 g behere tartılıp, üzerine 1 spatül susuz sodyum sülfat, 135 mL kloroform ve 65 mL metanol ilave edilerek 2 dakika süre ile yüksek hızlı

karıştırıcıda homojenize edilmiştir. İçerik erlenmayer içerisine filtre edildikten sonra filtre kağıdındaki kalıntı tekrar behere aktarılmış ve aynı işlem 2 kere daha uygulanmıştır. İşlem sonunda toplanan filtrat ayırma hunisine alınmıştır. Ayırma hunileri düşük sıcaklıkta (+4 °C) bekletilerek kloroform ve metanol fazının ayrımı sağlanmıştır. Üstte kalan metanol fazı berrak bir görünüm aldığı anda bekleme işlemine son verilmiş ve altta toplanan kloroform fazı Rotary balonuna alınmıştır. Rotary evaporatörde kloroform uçurularak başka bir kaptan toplanmıştır ve Rotary balonu içerisinde kalan yağ, kahverenkli bir şişeye aktarılarak analizlerde kullanılmak üzere dondurulmuştur. Elde edilen bu yağ ile *p*-anisidin, peroksit analizi ve yağ asitleri bileşimi analizleri yapılmıştır (Bligh ve Dyer 1959).

### **3.2.5.7 Yağ asitleri bileşimi ve toplam KLA konsantrasyonu**

Yağ asitleri bileşiminin saptanması için yukarıda ayrıntılı olarak verilen yağ ekstraksiyonu sonrasında elde edilen yağ örnekleri AOAC (1990)'da verilen esaslara göre esterleştirilmiştir. Metil esteri oluştururken; 0.8 g yağ 25 mL'lik erlene alınmış, üzerine 4 mL izooktan eklenerek çözünmesi için karıştırılmış, sonra üzerine 0.2 mL 2 M metanolde hazırlanmış KOH eklenerek 30 saniye karıştırılmış ve 6 dakika karanlıkta bekletilmiş, sonra üzerine 2 damla metil oranj ile 0.45 mL 1 N HCl eklenmiş ve 30 dakika bekletilerek faz ayrımı sağlanmıştır. Berrak üst faz viyale alınarak gaz kromatografisi cihazına enjekte edilmiş, kapiler kolonda taşıyıcı gaz olarak helyum kullanılarak esterlerin yağ asidi bileşimi yüzde (%) olarak belirlenmiştir. Kromatogramdaki piklerin geliş zamanları standart metil esterleri verilme suretiyle ve sonra örnek geliş zamanları ile kıyaslanarak tespit edilmiştir. Örnekte bulunan KLA izomerlerinin tanımlanmasında KLA metil esterleri kullanılmıştır. Diğer yağ asitlerinin tanımlanmasında ise 37 yağ asidi metil esteri karışımından oluşan standart kullanılmıştır (Jimenez vd. 2006).

Gaz kromatografisi cihazının çalışma koşulları Çizelge 3.3'te verilmiştir.

### Çizelge 3.3 Gaz kromatografisi cihazının çalışma koşulları

Gaz kromatografi cihazı	: Shimadzu GC-2010
Kolon	: DB-23 Fused silica kapiler kolon (30 m, 0.25 mm İç çap, 0.25 µm film kalınlığı)
Kolon sıcaklığı	: 190 °C
Dedektör	: Alev iyonizasyon dedektörü (FID)
Dedektör sıcaklığı	: 240 °C
Taşıyıcı gaz	: Helyum
Akış hızı	: 1.00 mL/dakika
Enjeksiyon bloğu sıcaklığı	: 230 °C
Enjeksiyon miktarı	: 1µL
Split oranı	: 1:80

#### 3.2.5.8 TBA değeri

Örneğin yapısında bulunan malonaldehit (MA) destilasyon ile ayrılmış sonra MA'nın TBA reaktifi ile kaynar su banyosunda reaksiyona girmesi sağlanmış ve oluşan rengin absorbansı spektrofotometrede (Labomed UV-VIS, ABD) ölçülmüştür. Bu değer 7.8 katsayısı ile çarpılarak örneğin TBA değeri mg MA/ kg örnek cinsinden belirlenmiştir (Tarladgis vd. 1960).

#### 3.2.5.9 Peroksit değeri

Yaklaşık 0.8 g yağ örneğinin üzerine 30 mL asetik asit: kloroform (3:2 v/v) ilave edilerek yağın çözülmesi ve reaksiyon ortamının uygun hale getirilmesi sağlanmıştır. Sonrasında 0.5 mL doymuş KI çözeltisi ilave edilerek 1 dakika boyunca kuvvetlice çalkalanmıştır. Bu süre sonunda 30 mL destile su ilave edilerek reaksiyon sonlandırılmıştır. İndikatör olarak 3-4 damla nişasta çözeltisi ilave edilmiş ve sodyum tiyosülfat çözeltisi ile titre edilmiştir. Aşağıdaki formül kullanılarak peroksit değeri hesaplanmıştır (Anonymous 2003).

$$\text{Peroksit değeri (miliekivalan O}_2\text{/kg yağ)} = \frac{1000 \times V \times N}{m}$$

V : Harcanan sodyum tiyosülfat (mL)

N : Sodyum tiyosülfatın normalitesi (0.01 N)

m : Alınan örnek miktarı (g)

### 3.2.5.10 *p*-anisidin değeri

0.4 ile 5 g arasında yağ örneği (m) izooktan ile 25 mL'ye tamamlanmış ve örnek çözüldükten sonra 350 nm'de absorbansı okunmuştur (A). Bu karışımdan 5 mL alınmış ve üzerine 1 mL *p*-anisidin ayırıcı ilave edilmiştir. İzooktan ile de şahit hazırlanmıştır. Şahit ve örnek 10 dakika karıştırıldıktan sonra şahite karşı 350 nm'de örnek absorbansı ölçülmüş (B) ve aşağıdaki formülden *p*-anisidin değeri hesaplanmıştır (Anonymous 1997).

$$p\text{-anisidin değeri} = \frac{25x(1.2B - A)}{m}$$

### 3.2.5.11 Toplam oksidasyon değeri

Oksidasyon sonucu oluşan peroksitler, aldehitler ve ketonların toplamı toplam oksidasyon (totoks) değerini vermektedir. Totoks değerini belirlemek için aşağıdaki formül kullanılmaktadır (Anonymous 2002).

$$\text{Totoks değeri} = (2 \times \text{Peroksit değeri}) + p\text{-anisidin değeri}$$

### 3.2.5.12 Enstrümental renk değerleri

Renk ölçüm cihazı (Konica Minolta Chromameter CR-400, Japonya) ile nuggetların dış yüzeyindeki ve kesit alınması sonrasında iç yüzeyindeki farklı noktalardan ölçümler

yapılarak L\* (açıklık-koyuluk), a\* (kırmızılık) ve b\* (sarılık) değerleri (CIELAB) belirlenmiştir. Bu amaçla bir tekerrürde 3 farklı örnek alınmış ve örnek üzerinde 3 farklı noktadan ölçümler yapılmıştır (Hullberg ve Lundström 2004).

### **3.2.5.13 Duyusal analiz**

Örneklerin duyusal analizleri Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Duyusal Analiz Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Bu konuda eğitilmiş 9 adet tadımcı, duyusal paneller öncesinde ve örnekler arasında geçiş yaparken ağızlarındaki tadın giderilmesi için tuzsuz galeta yemeleri ve su içmeleri konusunda bilgilendirilmiştir. Nuggetlar kızgın tavada her yönü 2-3 dakika ısıtılarak servis edilmiştir. Örnekler tesadüfi olarak 3 haneli rakamlarla kodlanarak tadımcılara sunulmuştur. Örneklerin görünüş, renk, koku, lezzet, yapı (tekstür) ve genel beğeni özellikleri dikkate alınmış ve "hedonik test" ile 9'lu hedonik skala kullanılarak değerlendirme yapılmıştır (Kolsarıcı ve Candoğan, 1995).

### **3.2.5.14 İstatistik analiz**

Tesadüf blokları deneme tertibinde 5x3 faktöriyel düzende, iki tekerrürlü olarak yapılan çalışmada her bir tekerrürde analizler en az 3 paralel olarak gerçekleştirilmiştir. Zaman faktörünün 5 seviyesi (0, 1, 2, 3, 4) muamele faktörünün 3 seviyesi (K, D, M) ile birlikte dikkate alınmıştır. Her bir analiz için elde edilen en az 6 sonuç, SPSS 16.0 (2007) paket programı kullanılarak istatistik olarak değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Varyans analizi tekniği (Anova) ile grup ortalamaları arasındaki fark belirlenmiş, bu farklılığın önem derecesi ise Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılarak incelenmiştir. Anova öncesinde verilerin normal dağılıma uyumu Kolmogorov-Smirnov Testi ile, grup varyanslarının homojenliği ise Bartlett Testi ile kontrol edilmiştir.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

### 4.1 Mikrokapsül Analizleri

#### 4.1.1 Mikrokapsüllerdeki toplam yağ miktarı

KLA mikrokapsüllerinin içerdiği aktif materyalin belirlenebilmesi amacıyla farklı pH değerlerinde yapılan salım çalışmaları sonrasında Soxhlet ekstraksiyonu ile elde edilen toplam yağ miktarları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Mikrokapsüllerde yağ analizi sonuçları (%)\*

Özellik	%
Mikrokapsüllerdeki toplam yağ miktarı	35.27 ± 0.91
Mikroenkapsüle edilemeyen yağ miktarı	1.95 ± 0.33
Mikroenkapsülasyonun etkinliği	94.46 ± 0.94

\*: Ortalama ± standart sapma

#### 4.1.2 Mikroenkapsüle edilemeyen yağ miktarı

KLA yağı ve Na aljinat kaplama materyali ile oluşturulan emülsiyonun elektrostatik titreşim uygulanarak ekstrüzyon/emülsiyon tipi kaplama işlemi sayesinde oluşturulan KLA mikrokapsüllerinin yüzeyinde kalan yağı almak için yapılan ekstraksiyon sonucunda bulunan değerler Çizelge 4.1’de verilmiştir. Bu değerler ayrıca mikroenkapsülasyonun etkinliğinin belirlenmesinde de kullanılmıştır.

#### 4.1.3 Mikroenkapsülasyonun etkinliği (MEE)

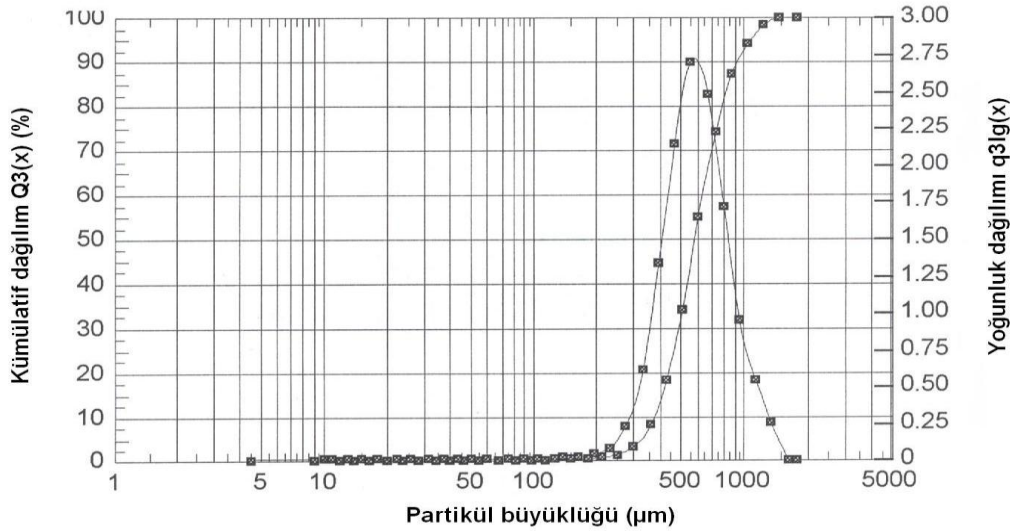
Salım çalışmaları sonucunda elde edilen mikroenkapsüle edilebilen yağ miktarı (% 35.27) ve kapsül yüzeyinde kalan (mikroenkapsüle edilemeyen) yağ miktarları kullanılarak hesaplanan MEE değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

#### 4.1.4 Mikroenkapsüllerde pH değeri

Yapılan ölçümlerde mikroenkapsüllerin pH değerlerinin ortalamasının 6.46 olduğu belirlenmiştir.

#### 4.1.5 Partikül büyüklüğü ve dağılımı

Mikroenkapsüllerinin partikül büyüklükleri Bölüm 3.2.10’da anlatıldığı şekilde ölçülmüş ve ölçüm sonuçları Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 KLA mikroenkapsüllerinin partikül büyüklüğü dağılımı



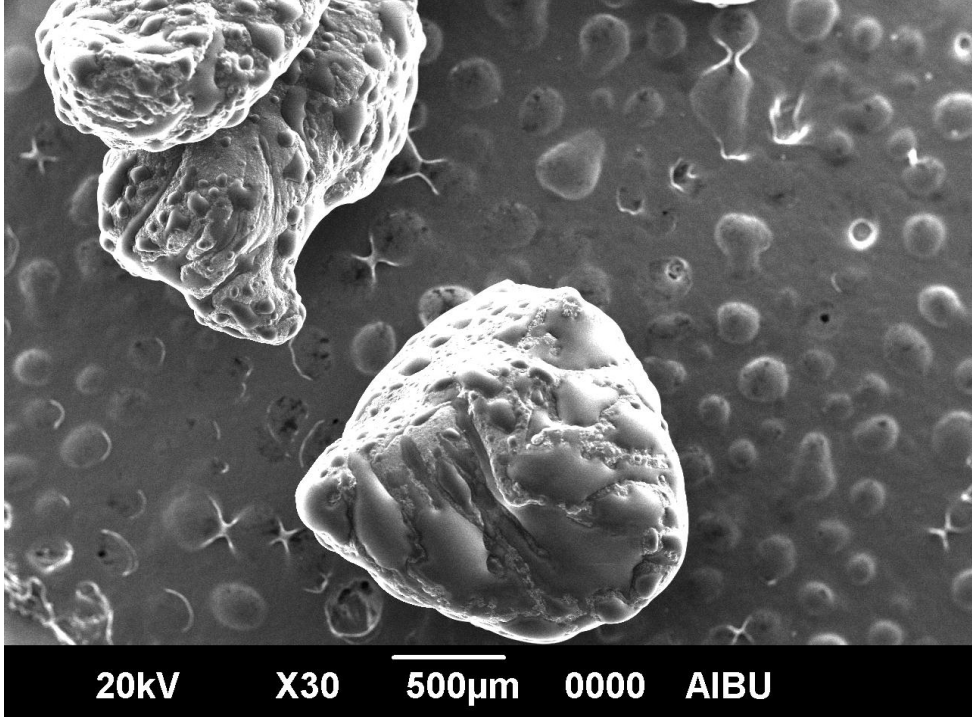
Şekil 4.1'deki bilgilere göre üretilen KLA mikrokapsüllerinin ortalama büyüklüğü 587.23 µm olduğu belirlenmiştir. Ayrıca KLA mikrokapsüllerinin dağılımının büyük farklılıklar göstermediği ve ortalama büyüklüğe yakın değerlere sahip olduğu görülmektedir.

Partikül büyüklüğü ve dağılımı, kolloidal taşıyıcı sistemlerin en önemli fizikokimyasal özelliğidir. Hazırlama yönteminin parametreleri, partikül büyüklüğünü ve dağılımını etkileyen önemli faktörlerdendir. Basıncın ve devir sayısının artırılması ile partiküllerin büyüklüğünde azalma olduğu belirlenmiştir. Kullanılan kaplama materyalinin tipi ve miktarı da, partikül büyüklüğünü etkilemektedir. Genellikle, kaplama materyalinin miktarını belirli bir orana kadar artırmak, ortalama partikül büyüklüğünü azaltmaktadır (Demirel ve Yazan 2000).

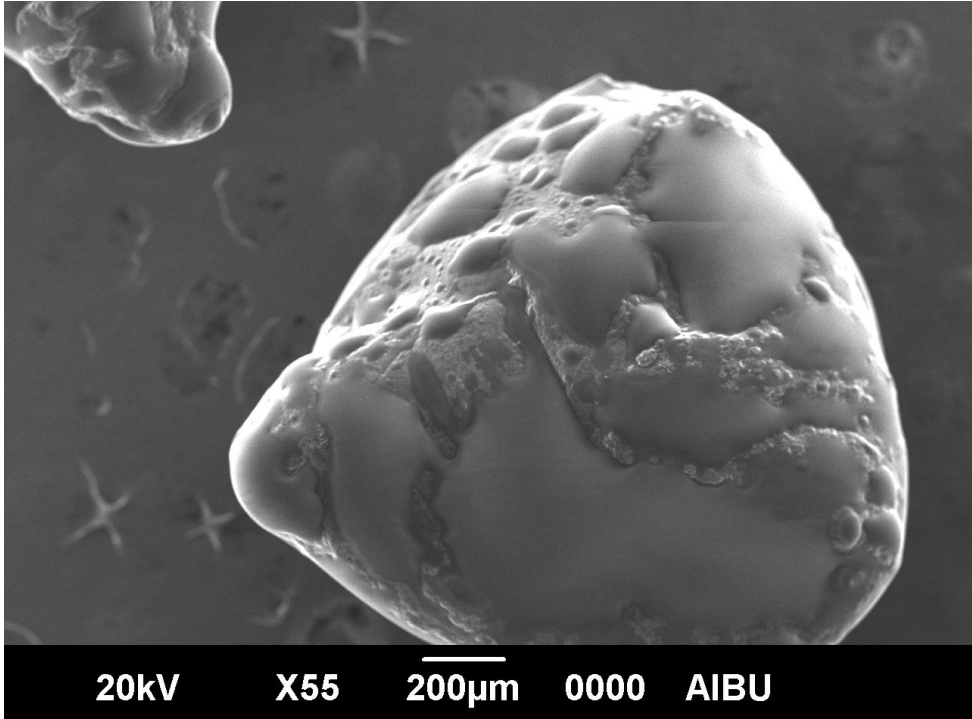
#### **4.1.6 Taramalı elektron mikroskobu ile görüntü analizi**

KLA'nın mikroenkapsülasyonun ardından yapılan Elektron Mikrograf Taraması, sonucunda elde edilen elektron mikrografları Şekil 4.2-4.7'de sırasıyla 30, 55, 250, 500, 700 ve 1000 büyütme olarak gösterilmiştir.

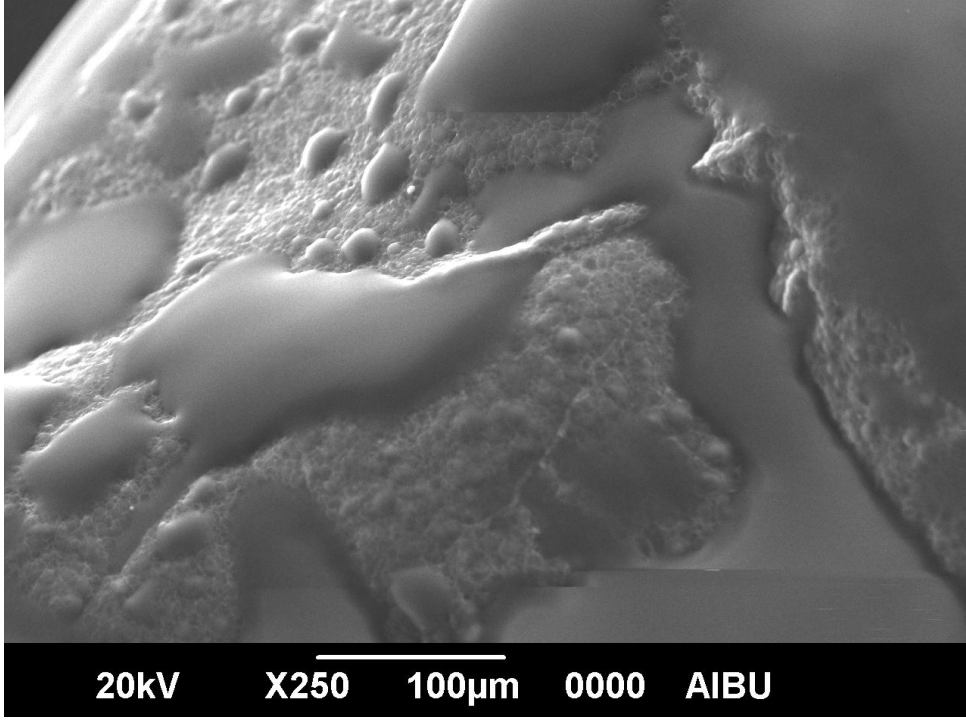
KLA mikrokapsüllerinin taramalı elektron mikroskobunda çekilen elektron mikrografları, KLA mikrokapsüllerinin küresel şekilli ve yüzeyinin pürüzlü olduğunu göstermiştir. Tesadüfen seçilen bu mikrokapsüllerin tamamının pürüzlü bir yüzeye sahip olmasının nedeninin kapsül içeriğinde etken madde olan KLA'nın bulunması olabileceği düşünülmektedir. Resimler incelendiğinde kaplanamayan KLA yağı globüllerinin mikrokapsül yüzeylerinde farklı büyüklüklerde yerleştiği görülmektedir. Mikroenkapsüle edilemeyen KLA yağı oranının % 1.95 düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. Mikrokapsül yüzeyinde kalan bu KLA yağı ile birlikte mikrokapsülün içeriğindeki KLA yağı da dikkate alınarak hesaplanan etkinlik değerinin de % 94.46 gibi yüksek bir orana sahip olduğu tespit edilmiştir. 500, 700 ve 1000 büyütme resimlerde mikrokapsüllerin yapısına giren KLA nedeniyle yüzeyin pürüzlü ve gözenekli bir yapıya sahip olduğu daha net olarak görülmektedir.



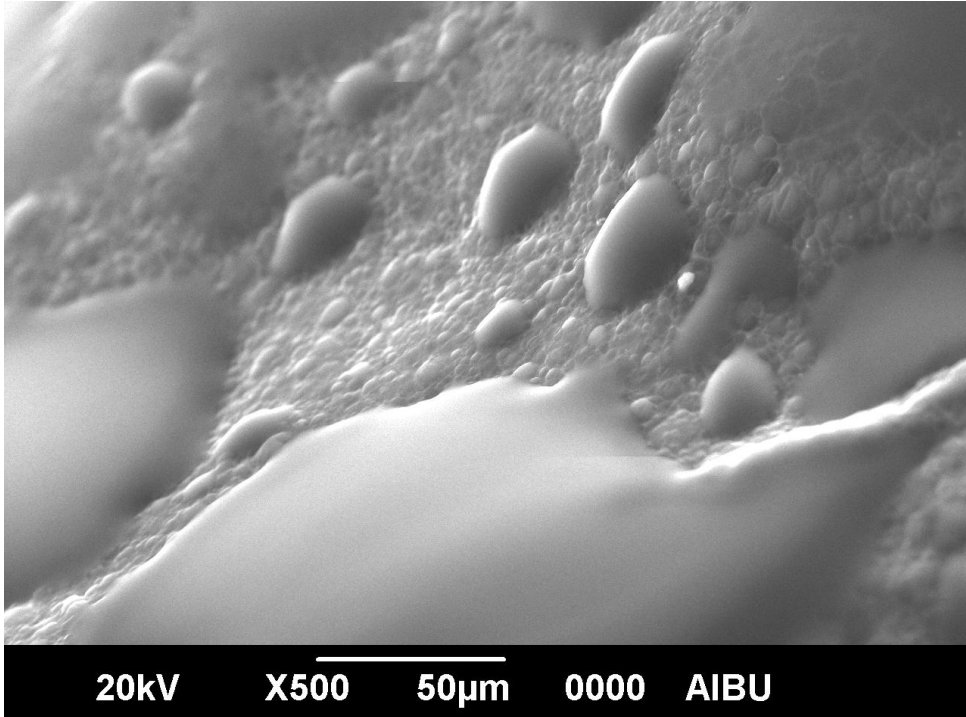
Şekil 4.2 KLA mikrokapsüllerine ait yüzey görüntüsü (x30)



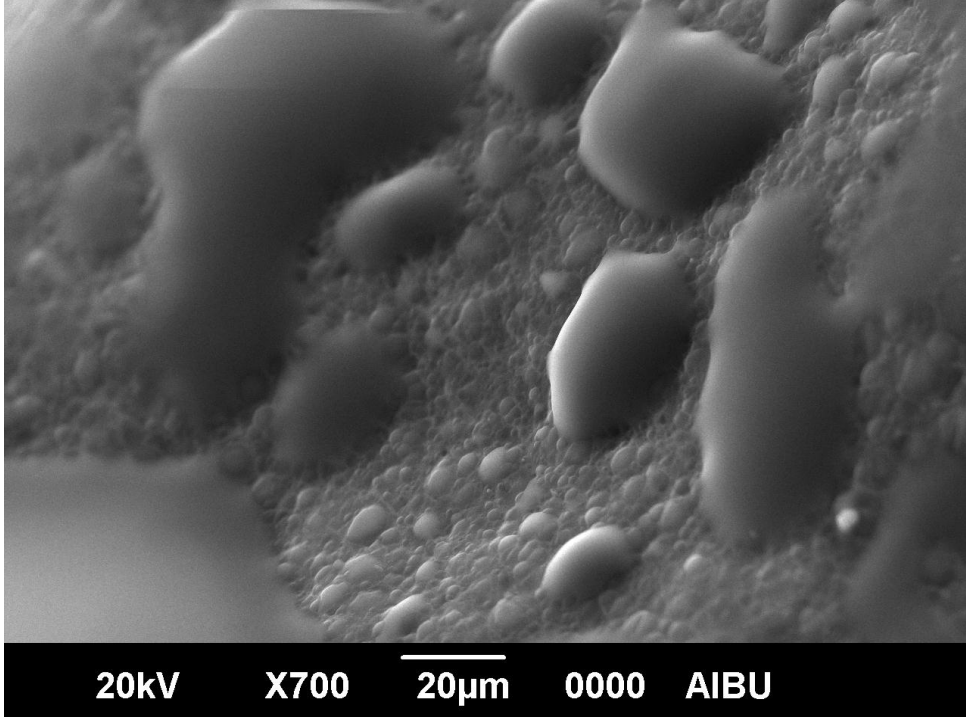
Şekil 4.3 KLA mikrokapsüllerine ait yüzey görüntüsü (x55)



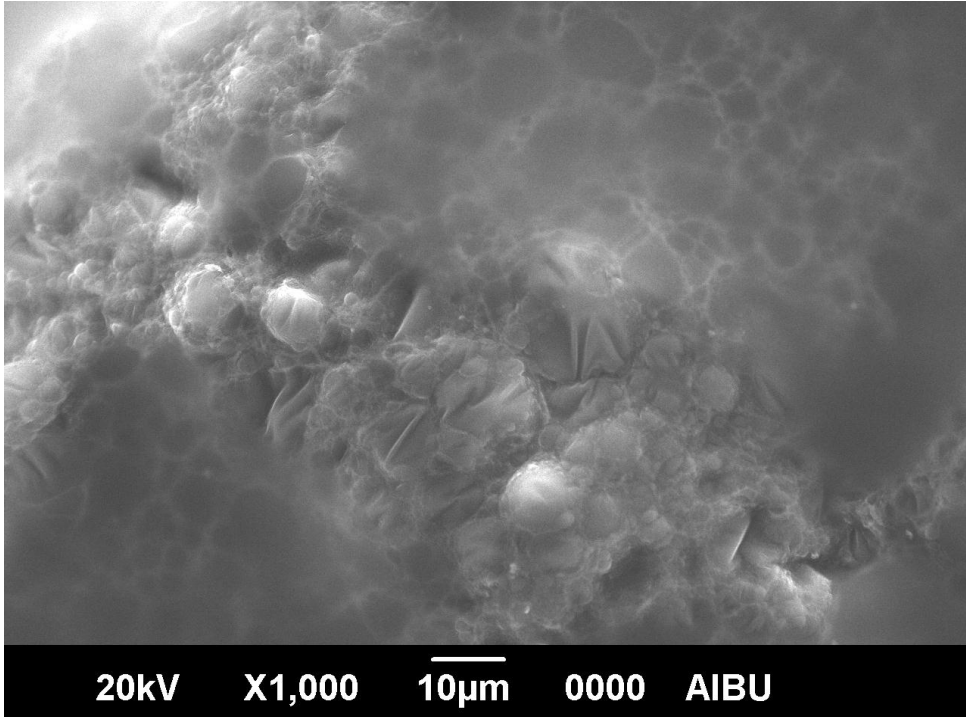
Şekil 4.4 KLA mikrokapsüllerine ait yüzey görüntüsü (x250)



Şekil 4.5 KLA mikrokapsüllerine ait yüzey görüntüsü (x500)



Şekil 4.6 KLA mikrokapsüllerine ait yüzey görüntüsü (x700)



Şekil 4.7 KLA mikrokapsüllerine ait yüzey görüntüsü (x1000)

## 4.2 Nugget Analizleri

### 4.2.1 Kimyasal bileşim

Nugget üretiminde doğrudan ve mikrokapsüle edilmiş KLA ilavesinin kimyasal bileşimde meydana getirdiği değişimler Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 Nuggetların kimyasal analiz sonuçları (%)\*

Örnek adı	K	D	M
Nem	53.55 ± 0.67A	52.09 ± 0.60B	52.93 ± 0.65AB
Yağ	13.43 ± 0.70	12.61 ± 0.43	13.30 ± 0.60
Kül	2.43 ± 0.19	2.61 ± 0.41	2.54 ± 0.13
Protein	16.01 ± 0.50A	15.48 ± 0.50A	14.30 ± 0.21B

\* : Ortalama ± standart sapma

K: Kontrol, D: Doğrudan KLA ilaveli grup, M: KLA mikrokapsülleri ilave edilen grup

A, B: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

Nuggetların depolama başlangıcındaki kimyasal bileşimine bakıldığında doğrudan veya mikrokapsül formda KLA yağı ilavesinin örneklerin % kül ve % yağ içeriklerini önemli oranda değiştirmedeği görülmüştür. Gruplar arasındaki kül miktarında önemli bir değişiklik olmaması mikrokapsüllerin kaplama materyalinin kül içeriğinin önemsenmeyecek ölçüde düşük olduğunu göstermektedir. Diğer yandan her iki gruba da ilave edilen yağ miktarı toplamda % 12’ye ayarlandığı için örneklerin yağ miktarları arasında bir fark görülmemiştir (p>0.05). K ve M grubu örneklerin nem miktarları arasındaki fark ile D ve M grubu örneklerin nem miktarları arasındaki farkın da istatistik açıdan bir önemi bulunmamaktadır (p>0.05). K ve D grubu örneklerinin protein içerikleri M grubu örneklerinden önemli oranda daha yüksek bulunmuştur. Bunun sebebinin de bileşime giren polisakkarit yapısındaki sodyum aljinat kaplama materyali olduğu düşünülmektedir.

#### 4.2.2 pH değeri

Doğrudan ve mikrokapsül formda KLA ilave edilen nuggetların pH değerindeki değişimler Çizelge 4.3 ile Şekil 4.8’de verilmiştir.

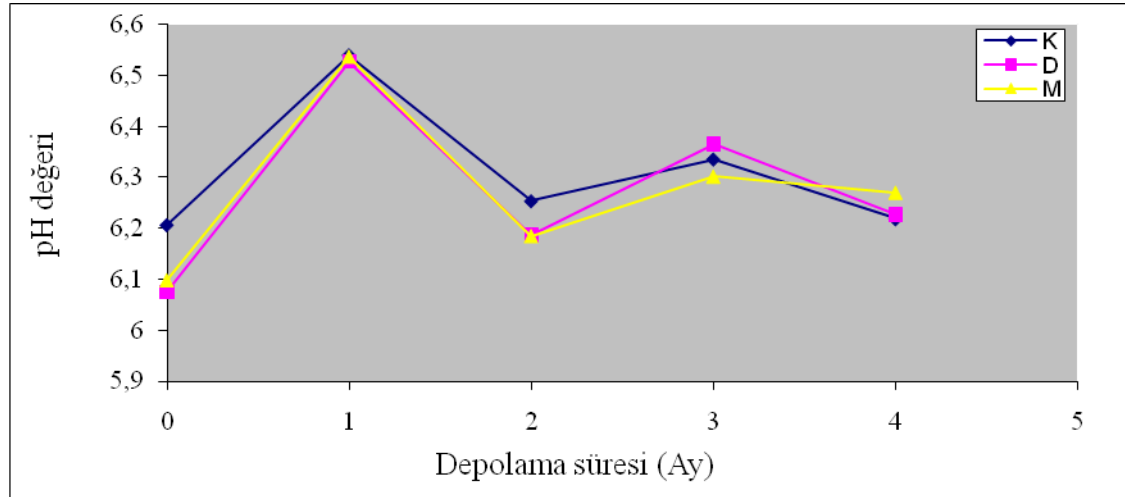
Çizelge 4.3 Nuggetların pH değerlerindeki değişim\*

Depolama Süresi (Ay)	Örnek Adı		
	K	D	M
0	6.21 ± 0.01c	6.08 ± 0.13d	6.10 ± 0.12c
1	6.54 ± 0.05a	6.53 ± 0.04a	6.54 ± 0.05a
2	6.25 ± 0.01c	6.19 ± 0.07c	6.19 ± 0.07bc
3	6.34 ± 0.09b	6.37 ± 0.08b	6.30 ± 0.12b
4	6.22 ± 0.03c	6.23 ± 0.04c	6.27 ± 0.09b

\*: Ortalama ± standart sapma

K: Kontrol, D: Doğrudan KLA ilaveli grup, M: KLA mikrokapsülleri ilave edilen grup

a, b, c, d: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)



Şekil 4.8 Nuggetların pH değerindeki değişimler

Depolamanın başlangıcında kontrol, doğrudan KLA ilaveli ve mikrokapsül formunda KLA ilaveli nuggetlarda belirlenen pH değerlerinin ortalamaları sırasıyla 6.21, 6.08 ve

6.10 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar tez çalışmamızı destekleyen Erpiliç firmasının nugget ürün özellikleri listesinde bulunan son ürün pH değeri (6-7) ile uyumludur. Ayrıca Verma vd. (2010)'nin tavuk nuggetlardaki sodyum klorür içeriğinin potasyum klorür-sitrik asit, tartarik asit ve sükroz karışımı ile değiştirilmesi ve elma pulpu ilavesinin tavuk nuggetlarının fizikokimyasal, tekstürel ve duyuşal özellikler üzerine etkisini araştırdığı çalışmada kontrol grubu örneklerindeki pH değerinin 5.98 olduğu bulunmuştur. Perlo vd. (2006)'nin mekanik ayrılmış tavuk etlerine (MATE) yıkanmış MATE'nin farklı oranlarda ilavesinin tavuk nuggetlarının fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri üzerine etkilerini araştırdığı çalışmada ise kontrol grubu nuggetların pH değeri 6.2 olarak verilmiştir. KLA ilave edilen gruplardaki başlangıç pH değerlerinin kontrol grubundan daha düşük olduğu fakat bu farkın istatistik açıdan önemli olmadığı tespit edilmiştir ( $p>0.05$ ). Benzer şekilde Joo vd. (2002) yaptıkları çalışmada domuzların yemlerine % 1, % 2.5 ve % 5 oranlarında KLA ilavesinin domuz eti örneklerinin pH'sında önemli bir değişikliğe neden olmadığını, bu nedenle PSE (pale, soft, exudative), RSE (reddishpink, soft, exudative), veya DFD (dark, firm, dry) et oluşumunda KLA'nın herhangi bir etkisi olmadığını belirtmişlerdir.

Depolamanın bütün aşamalarında KLA yağı veya mikrokapsülleri ilave edilmeyen kontrol örneklerinin pH değerleri ile mikrokapsül formunda KLA yağı ilave edilen örneklerin pH değerleri arasında istatistik açıdan bir fark görülmemesi, 6.46 olarak ölçülen KLA mikrokapsülleri pH değerinin nugget üzerine önemli bir etkisinin olmadığını göstermektedir.

Donmuş depolamanın 1. ayında tüm gruplardaki pH değerleri en yüksek değere ulaşmıştır. Depolamanın 2. ayında tüm örnek gruplarının pH değerleri istatistik açıdan önemli oranda azalmıştır ( $p<0.05$ ). Depolama süresince bütün periyotlarda K, D ve M örneklerinin pH değerlerinde önemli dalgalanmalar görülmesine rağmen ( $p<0.05$ ) örnek grupları arasındaki farkların istatistik açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir ( $p>0.05$ ).

### 4.2.3 Yağ asitleri bileşimi ve toplam KLA konsantrasyonu

Nugget üretiminde doğrudan ve mikroenkapsüle edilmiş KLA ilavesinin yağ asitleri bileşiminde meydana getirdiği değişimler Çizelge 4.4 ile Şekil 4.9-4.11’de gösterilmiştir. Nuggetlardan başlangıç analizlerinde elde edilen kromatogramlar ise EK 3-5’te verilmiştir.

Nuggetlardan elde edilen yağın ana bileşenleri çoktan aza doğru linoleik asit (18:2), oleik asit (18:1), palmitik asit (16:0), KLA (sadece D ve M örneklerinde), stearik asit (18:0), ve araşidik asittir (20:0). Palmitoleik asit (16:1) ve linolenik asit (18:3) içeriği ise tüm örnek gruplarında ve tüm depolama sürecinde sırasıyla en fazla % 2.06 ve % 1.98 olarak belirlenmiştir.

#### Palmitik asit (16:0) içeriği

Palmitik asit içeriği açısından K, D ve M grupları arasındaki farklılıklara bakıldığında, başlangıç analizlerinde K grubu nuggetların (% 19.84) M grubu nuggetlardan (% 15.71) önemli oranda daha fazla miktarda 16:0 yağ asidi içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Ayrıca D grubu (% 17.58) ile K grubu arasındaki ve D grubu ile M grubu arasındaki farklılıklar istatistik açıdan önemli bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Depolamanın 1. ve 4. aylarında ise gruplar arasındaki farkın önemli olmadığı belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). Depolamanın 2. ayında ise başlangıç analizlerinde olduğu gibi K grubu nuggetların 16:0 yağ asidi içeriğinin (% 19.63) M grubundan (% 17.11) önemli oranda daha fazla olduğu ( $p<0.05$ ), K ve D grupları (% 17.83) arasındaki farklılık ile D ve M grupları arasındaki farklılığın önemli olmadığı belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). Depolamanın 3. ayında ise K grubu nuggetların 16:0 yağ asidi içeriğinin (% 22.17), D (% 15.17) ve M (% 15.57) grubu nuggetların 16:0 yağ asidi içeriğinden önemli oranda daha fazla olduğu ( $p<0.05$ ) fakat D ile M grupları arasındaki farklılığın istatistik açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir ( $p>0.05$ ).



Çizelge 4.4 Nuggetların yağ asitleri bileşimindeki değişimler (%)

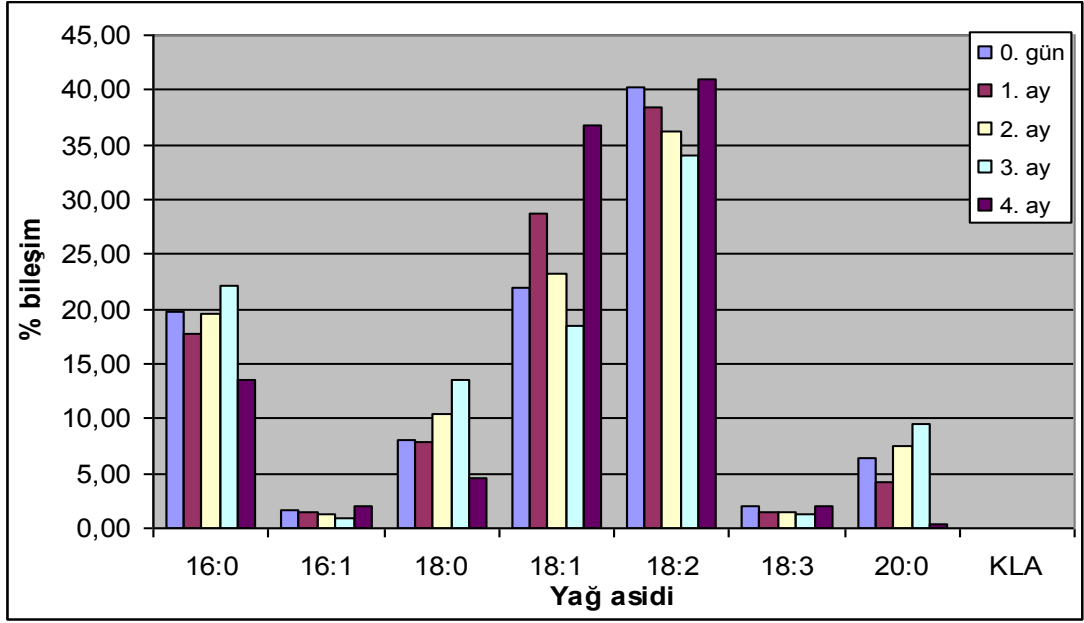
Örnek	Yağ asidi	Depolama süresi (Ay)				
		0	1	2	3	4
K	16:0	19.84Ab	17.82b	19.63Ab	22.17Aa	13.50c
	16:1	1.57b	1.52b	1.31bc	0.99c	2.06Aa
	18:0	8.04c	7.87c	10.49Ab	13.59Aa	4.48d
	18:1	21.89c	28.67Ab	23.22c	18.57Bd	36.74Aa
	18:2	40.30Aa	38.35Ab	36.29Ac	33.94d	41.00Aa
	18:3	1.98a	1.54Abc	1.48c	1.26Bc	1.93Aab
	20:0	6.38b	4.22c	7.58Ab	9.49Aa	0.28d
	ΣDYA	34.27Aab	29.92c	37.70Ab	45.25Aa	18.27d
	ΣTDYA	23.46c	30.19Ab	24.53c	19.56Bd	38.80Aa
	ΣÇDYA	42.28Ca	39.89Cb	37.77Bc	35.20Cd	42.93Ba
D	16:0	17.58ABab	17.25ab	17.83ABa	15.17Bbc	14.40c
	16:1	1.65	1.37	1.17	1.18	1.26B
	18:0	7.96ab	8.09ab	8.35Ba	6.33Bb	6.23b
	18:1	22.21ab	22.85Bab	20.87b	27.56Aa	27.35Ba
	18:2	33.74B	32.77B	33.48B	34.03	33.01B
	18:3	1.38	1.32B	1.71	1.48AB	1.51B
	20:0	4.83ab	5.68a	5.46Bab	3.08Bab	2.91b
	Σ KLA	10.65A	10.68B	11.13A	11.17A	13.35A
	ΣDYA	30.37ABab	31.02ab	31.64Ba	24.57Bbc	23.53c
	ΣTDYA	23.86ab	24.22Bab	22.04b	28.74Aa	28.60Ba
ΣÇDYA	45.77Bb	44.77Bb	46.32Aab	46.69Bab	47.86Aa	
M	16:0	15.71Bab	16.67a	17.11Ba	15.57Bab	13.99b
	16:1	1.58	1.52	1.3	1.24	1.42B
	18:0	7.24ab	7.40ab	8.29Ba	6.49Bab	5.87b
	18:1	21.51b	22.73Bb	20.28b	25.70ABab	28.79Ba
	18:2	34.85B	32.71B	33.22B	33.65	33.66B
	18:3	1.75a	1.18Bb	1.72a	1.75Aa	1.59Bab
	20:0	4.82ab	5.14ab	5.82ABa	3.02Bbc	2.17c
	Σ KLA	12.54A	12.65A	12.25A	12.59A	12.52A
	ΣDYA	27.77Bab	29.21a	31.22Ba	25.08Bab	22.02b
	ΣTDYA	23.09b	24.25Bb	21.59b	26.94ABab	30.20Ba
ΣÇDYA	49.13Aa	46.54Ab	47.19Ab	47.98Aab	47.77Aab	

K: Kontrol, D: Doğrudan KLA ilaveli grup, M: KLA mikrokapsülleri ilave edilen grup

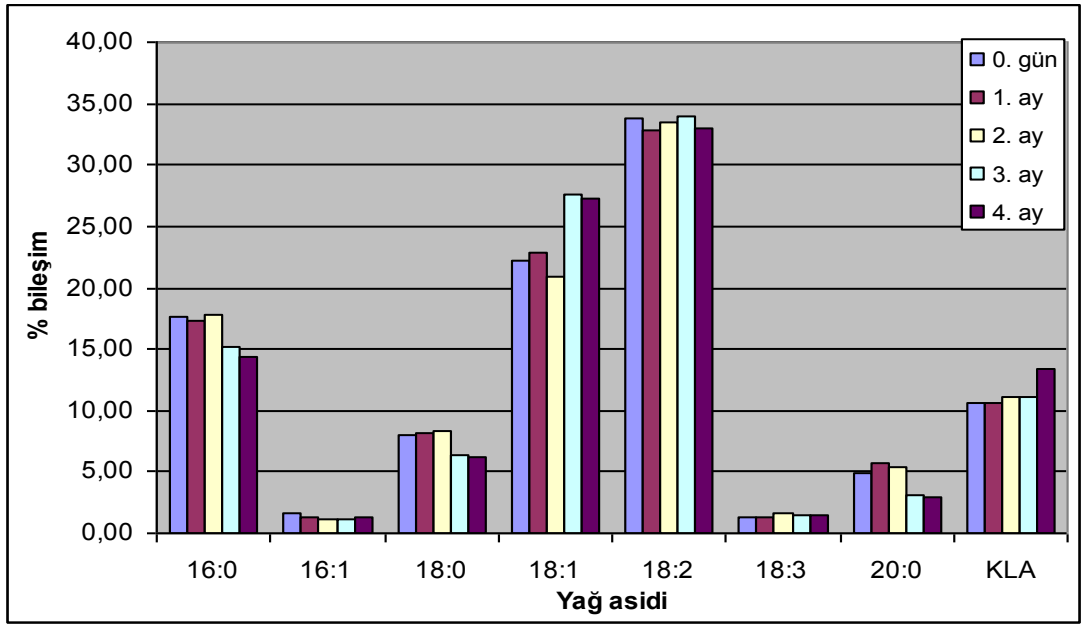
a, b, c, d : Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

A, B, C : Aynı yağ asidinde, aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

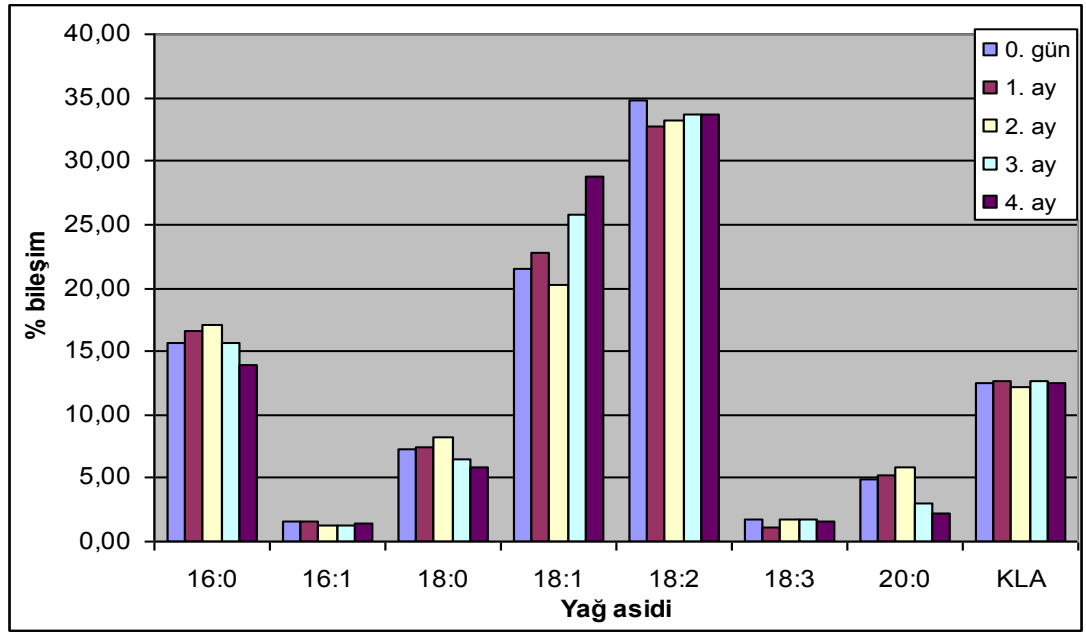
DYA: Doymuş yağ asidi, TDYA: Tekli doymamış yağ asidi, ÇDYA:Çoklu doymamış yağ asidi



Şekil 4.9 K grubu nuggetların yağ asitleri bileşimindeki değişimler



Şekil 4.10 D grubu nuggetların yağ asitleri bileşimindeki değişimler



Şekil 4.11 M grubu nuggetların yağ asitleri bileşimindeki değişimler

K, D ve M gruplarının depolama süresince 16:0 yağ asidi içeriğindeki farklılıklara bakıldığında K grubu nuggetların 16:0 yağ asidi içeriğinin başlangıçta % 19.84 olan değerinin depolamanın 1. ayında % 17.82 ( $p>0.05$ ) değerine düştüğü, 2. ve 3. aylarda artarak sırasıyla % 19.63 ( $p>0.05$ ) ve % 22.17 ( $p<0.05$ ) değerlerine ulaştığı, 4. ayda da tekrar azalarak % 13.50 değerine düştüğü belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). D grubu nuggetlarda başlangıçta % 17.58 olarak belirlenen 16:0 yağ asidi içeriği 1. ayda azalmış (% 17.25) ( $p>0.05$ ), 2. ayda artmış (% 17.83) ( $p>0.05$ ), 3. (% 15.17) ( $p<0.05$ ) ve 4. (% 14.40) ( $p>0.05$ ) aylarda ise azalmıştır. KLA mikrokapsülleri ilave edilen M grubunda ise başlangıçtan itibaren 2. ay analizlerine kadar bir artış görülmüş ve sırasıyla % 15.71, % 16.67 ve % 17.11 değerleri ölçülmüştür ( $p>0.05$ ). 2. aydan itibaren M grubu nuggetların 16:0 yağ asidi içeriğinde bir azalma görülmüş ve 3. ayda % 15.57, 4. ayda ise % 13.99 değeri ölçülmüştür.

### **Palmitoleik asit (16:1) içeriği**

K, D ve M grubu nuggetlardaki 16:1 yağ asidi içerikleri başlangıçta sırasıyla % 1.57, % 1.65 ve % 1.58 olarak ölçülmüştür. Tüm nugget gruplarının 16:1 yağ asidi içeriklerinde başlangıç değerine göre ilk 3 ayda bir azalma, 4. ayda ise artış görülmüştür. Depolamanın sadece 4. ayında gruplar arasındaki farkın önem taşıdığı belirlenmiştir. Yapılan 4. ay analizlerinde K grubu nuggetların 16:1 yağ asidi içeriğinin D ve M grubu nuggetlardan önemli oranda daha fazla olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ).

K grubu nuggetların 16:1 yağ asidi içeriği başlangıçta % 1.57 olarak ölçülmüşken 1., 2. ve 3. aylarda azalmış ve sırasıyla % 1.52, % 1.31 ve % 0.99 değerleri ölçülmüştür. 4. ay analizlerinde ise önemli oranda artış göstererek % 2.06 değerine ulaşmıştır ( $p<0.05$ ). Depolama süresince D ve M grubu nuggetların 16:1 yağ asidi içeriğindeki değişimlerin istatistik açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). Depolama sonucunda K grubu nuggetların 16:1 yağ asidi içeriği başlangıç değerine göre artış gösterirken ( $p<0.05$ ) D ve M grubu nuggetlarda önemli olmayan bir azalma görülmüştür ( $p>0.05$ ).

### **Stearik asit (18:0) içeriği**

K, D ve M grubu nuggetların 18:0 yağ asidi içeriğinde gruplar arasındaki farklılıklar incelendiğinde başlangıçta, 1. ayda ve 4. aydaki farklılıklar önem taşımazken ( $p>0.05$ ) 2. ve 3. ayda K grubunun D ve M grubu nuggetlardan önemli oranda daha fazla miktarda 18:0 yağ asidi içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ).

Tüm nugget gruplarında depolama başlangıcında belirlenen 18:0 yağ asidi içeriği, depolama sonucunda ölçülen değerlerden daha fazladır. 0. günde K grubu nuggetlarda % 8.04 olarak ölçülen 18:0 yağ asidi içeriği 2. ve 3. aylarda artış göstererek sırasıyla % 10.49 ve % 13.59 değerlerine ulaşmış, 4. ayda önemli oranda azalarak % 4.48 değerine gerilemiştir ( $p<0.05$ ). D ve M gruplarındaki başlangıç değerleri % 7.96 ve % 7.24 olarak ölçülmüşken 1. ve 2. aylardaki artış ve 3 ve 4. aylardaki azalış sonrasında % 6.23

ve % 5.87 olarak ölçülmüştür. 4. ayda belirlenen bu değerler ile başlangıç değerleri arasındaki farklılık istatistik açıdan önem taşımamaktadır ( $p>0.05$ ).

### **Oleik asit (18:1) içeriği**

K, D ve M grubu nuggetların 18:1 yağ asidi içeriğinde gruplar arasındaki farklılıklar incelendiğinde başlangıçta ve 2. ayda gruplar arasındaki farklılığın önemli olmadığı görülmektedir ( $p>0.05$ ). 1. ve 4. aylarda K grubu nuggetlar diğer gruplardan önemli oranda daha fazla 18:1 yağ asidi içeriğine sahipken ( $p<0.05$ ), 3. ay analizlerinde sadece D grubu nuggetların K grubu nuggetlardan önemli oranda daha fazla 18:1 yağ asidi içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ).

K grubu nuggetların 18:1 yağ asidi içeriği başlangıçta % 21.89 olarak ölçülmüşken 1. ayda artış göstererek % 28.67 değerine ulaşmış ( $p<0.05$ ), 2. ve 3. aylarda azalarak % 23.22 ve % 18.57 değerine gerilemiş ( $p<0.05$ ), 4. ayda ise tekrar artış göstererek % 36.74 değerine çıkmıştır ( $p<0.05$ ). D ve M grubu nuggetlar başlangıçtan itibaren 3. aya kadar benzer değişiklikler göstermiş ve 1. aydaki artışın ardından 2. ayda bir azalma ve 3. ayda yine bir artış göstermişlerdir. 4. ayda ise D grubunda bir azalma görülmüş ve % 27.35 değeri ölçülmüşken M grubunda bir artış görülerek % 28.79 değerine ulaşılmıştır ( $p>0.05$ ). Başlangıç değerlerine kıyasla depolamanın 4. ayında, tüm nugget gruplarındaki 18:1 yağ asidi içeriğinin artış gösterdiği belirlenmiştir. Fakat bu artış sadece K grubu ve M grubu nuggetlarda istatistik açıdan önem taşımaktadır ( $p<0.05$ ).

### **Linoleik asit (18:2) içeriği**

Nuggetların bileşiminde en yüksek orana sahip olan yağ asidinin 18:2 olduğu görülmektedir. Gruplar arasındaki farklılığa bakıldığında başlangıçta, 1., 2. ve 4. aylarda K grubu nuggetların diğer gruplardan önemli oranda daha fazla miktarda 18:2 yağ asidi içeriğine sahip olduğu görülmüştür ( $p<0.05$ ).

Kontrol grubu nuggetlarda başlangıçta % 40.30 olan 18:2 yağ asidi içeriği depolamanın 3. ayına kadar bir azalarak % 33.94 değerine düşmüş ( $p<0.05$ ), 4. ayda ise önemli oranda artarak % 41.00 değerine ulaşmıştır ( $p<0.05$ ). D ve M grubu nuggetların 18:2 yağ asidi içeriğinde hem gruplar arasında hem de depolama sürecinde önemli bir farklılık görülmemiştir ( $p>0.05$ ). Depolama başlangıcında D ve M gruplarında sırasıyla % 33.74 ve % 34.85 olarak ölçülen 18:2 yağ asidi içeriği, depolamanın 4. ayında az da olsa azalarak % 33.01 ve % 33.66 değerlerine düşmüştür ( $p>0.05$ ).

### **Linolenik asit (18:3) içeriği**

K, D ve M grubu nuggetların 18:3 yağ asidi içeriğinde gruplar arasındaki farklılıklar incelendiğinde depolama başlangıcında ve 2. ayda gruplar arasındaki farklılığın önemli olmadığı görülmüştür ( $p>0.05$ ). 1. ve 4. aylarda K grubu nuggetların D ve M grubu nuggetlardan önemli oranda daha fazla miktarda 18:3 yağ asidi içeriğine sahip olduğu ( $p<0.05$ ), D ve M grupları arasındaki farklılığın önemli olmadığı görülmüştür ( $p>0.05$ ). 3. ayda ise M grubu nuggetların, K grubu nuggetlardan önemli oranda daha fazla miktarda 18:3 yağ asidi içeriğine sahip olduğu görülmüştür ( $p<0.05$ ).

K grubu nuggetların başlangıçta % 1.98 olan 18:3 yağ asidi içeriğinin 3. aya kadar bir azalma eğiliminde olduğu ve % 1.26 değerine kadar düştüğü, 4. ayda ise önemli oranda artış göstererek % 1.93 değerine ulaştığı görülmüştür ( $p<0.05$ ). D grubu nuggetların başlangıçta % 1.38 ve 4. ayda % 1.51 düzeyinde olan 18:3 yağ asidi içeriğindeki farklılıkların depolama süresince önem taşımadığı belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). M grubu nuggetlarda başlangıçta % 1.75 olarak ölçülen 18:3 yağ asidi içeriği 1. ayda % 1.18 değerine düşmüş ( $p<0.05$ ), 2. ve 3. aylarda artarak % 1.72 ( $p<0.05$ ) ve % 1.75 ( $p>0.05$ ) değerlerine çıkmış, 4. ayda da yine azalarak 1.59 olarak ölçülmüştür ( $p>0.05$ ).

### **Araşidik asit (20:0) içeriği**

K, D ve M grubu nuggetların 20:0 yağ asidi içeriğinde gruplar arasındaki farklılıklar incelendiğinde, donmuş depolama başlangıcı ile 1. ve 4. aylarda K, D ve M gruplarının

20:0 yağ asidi içeriği arasındaki farklılıkların önemli olmadığı ( $p>0.05$ ), 2. ayda K grubu nuggetların 20:0 yağ asidi içeriğinin (% 7.58) D grubu nuggetlardan (% 5.46) önemli oranda fazla olduğu ( $p<0.05$ ), yine 2. ayda K grubu (% 7.58) ile M grubu (% 5.82) arasındaki ve D grubu (% 5.46) ile M grubu (% 5.82) arasındaki farklılığın önemli olmadığı ( $p>0.05$ ), 3. ayda ise K grubu nuggetların 20:0 yağ asidi içeriğinin (% 9.49) D (% 3.08) ve M grubu (% 3.02) nuggetlardan önemli oranda fazla olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ).

Nuggetların başlangıçtaki 20:0 yağ asidi bileşimi, K, D, ve M gruplarında sırasıyla % 6.38, % 4.83 ve % 4.82 olarak belirlenmişken depolamanın 4. ayında tüm grupların 20:0 yağ asidi içeriğinde bir azalma görülmüş ve sırasıyla % 0.28, % 2.91 ve % 2.17 değerleri ölçülmüştür. K ve M gruplarının 20:0 yağ asidi içeriğinde başlangıç değerine kıyasla görülen bu azalma istatistik açıdan önem taşırken ( $p<0.05$ ), D grubu nuggetlardaki azalmanın önemli olmadığı belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). Depolamanın 1. ayında K grubu nuggetların 20:0 yağ asidi içeriği (% 4.22) önemli oranda azalmış ( $p<0.05$ ), 2. (% 7.58) ve 3. (% 9.49) aylarda ise önemli oranda artış göstermiştir ( $p<0.05$ ). D grubu nuggetların 20:0 yağ asidi içeriği 1. ayda artmış (% 5.68) ( $p>0.05$ ), 2. (% 5.46) ve 3. (% 3.08) aylarda ise azalmıştır ( $p>0.05$ ). M grubu nuggetların 20:0 yağ asidi içeriği depolamanın 1. (% 5.14) ve 2. (% 5.82) aylarında artmış ( $p>0.05$ ), 3. ayda ise önemli oranda azalmıştır ( $p<0.05$ ).

### **Toplam KLA içeriği**

K, D ve M grubu nuggetlar arasındaki farklılıklara bakıldığında D ve M grubu nuggetların toplam KLA içeriğinin K grubu nuggetlardan önemli oranda fazla olduğu ( $p<0.05$ ), bununla birlikte 1. ay analizleri haricinde doğrudan KLA ilave edilen nuggetlar ile KLA mikrokapsülleri ilave edilen nuggetların toplam KLA içerikleri arasındaki farklılıkların istatistik açıdan önem taşımadığı belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). 1. ayda M grubu nuggetların toplam KLA içeriği (% 12.65), D grubu nuggetların toplam KLA içeriğinden (% 10.68) önemli oranda daha fazladır ( $p<0.05$ ).

K grubu nuggetlarda KLA içeriğine rastlanamamıştır. Ayrıca doğrudan KLA ilave edilen D grubu nuggetların ve KLA mikrokapsülleri ilave edilen M grubu nuggetların depolama süresince toplam KLA içeriklerindeki farklılıkların istatistik açıdan önem taşımadığı belirlenmiştir ( $p>0.05$ ).

### **Toplam doymuş yağ asitleri içeriği**

Toplam doymuş yağ asitleri (DYA) içerikleri açısından K, D ve M grupları arasındaki farklılıklar incelendiğinde başlangıçta K grubu (% 34.27) ile D grubu (% 30.37) ve D grubu ile M grubu (% 27.77) arasındaki farklılıkların önemli olmadığı ( $p>0.05$ ), 1. ve 4. aylarda gruplar arasındaki farklılıkların önemli olmadığı ( $p<0.05$ ), 2 ve 3. aylarda ise K grubu nuggetların diğer gruplardan önemli oranda daha fazla miktarda toplam DYA içeriğine sahip olduğu görülmüştür ( $p<0.05$ ). Tüm nugget gruplarının toplam DYA içeriklerinde depolamanın 4. ayında başlangıç değerine göre bir azalma görülmüştür. Fakat bu azalma sadece K ve D grubu nuggetlarda istatistik açıdan önem taşımaktadır ( $p<0.05$ ). KLA ilave edilmeyen K grubu nuggetlardaki toplam DYA içeriğinin, başlangıçta diğer gruplardan daha yüksek olduğu görülmüştür (% 34.27). Depolamanın 4. ayında ise K grubunun DYA içeriği (% 18.27) D ve M gruplarından daha düşük olarak ölçülmüştür ( $p<0.05$ ). K grubu nuggetlardaki toplam DYA içeriği depolamanın 1. ayında % 29.92 değerine düşmüş ( $p<0.05$ ) 2. ve 3. aylarda ise artış göstererek % 45.25 değerine ulaşmıştır ( $p<0.05$ ). D ve M grubu nuggetlarda ise depolamanın 2. ayına kadar artış göstermiş ve sırasıyla % 31.64 ve % 31.22 değerine ulaşmıştır ( $p>0.05$ ). 3. ve 4. aylarda ise azalarak %23.53 ve % 22.02 değerlerine gerilemiştir ( $p>0.05$ ).

### **Tekli doymamış yağ asitleri içeriği**

K, D ve M grubu nuggetların TDYA içeriğinde gruplar arasındaki farklılıklar incelendiğinde başlangıçta ve 2. ayda K, D ve M grubu nuggetların TDYA içerikleri arasındaki farklılığın istatistik açıdan önemli olmadığı görülmüştür ( $p>0.05$ ). 1. ve 4. ayda K grubu nuggetların diğer gruplardan önemli oranda daha fazla miktarda TDYA içeriğine sahip olduğu görülmüştür ( $p<0.05$ ). 3. ayda ise K grubunun en düşük değere



sahip olduğu ve bu değerin sadece D grubundan önemli oranda daha düşük olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ).

Tüm nugget gruplarının toplam tekli doymamış yağ asitleri (TDYA) içeriklerinde depolamanın 4. ayında başlangıç değerine göre bir artış görülmüştür. Ancak bu artış, TDYA içeriği başlangıçta % 23.86 ve 4. ayda % 28.60 olarak belirlenen D grubu nuggetlarda istatistik açıdan önem taşımamaktadır ( $p>0.05$ ). K grubu nuggetlarda başlangıçta % 23.46 olarak ölçülen TDYA içeriği artış göstererek 1 ayda % 30.19 ( $p<0.05$ ) değerine ulaşmıştır. 2. ayda % 24.53 ( $p<0.05$ ) değerine, 3. ayda ise % 19.56 değerine gerilemiş ( $p<0.05$ ) fakat 4. ayda tekrar artış göstererek % 38.80 olarak ölçülmüştür ( $p<0.05$ ). D grubu ile M grubu nuggetların TDYA içeriklerinde görülen değişimler benzerlik göstermektedir. Başlangıçta D ve M grubu nuggetlarda ölçülen sırasıyla % 23.86 ve % 23.09 değerleri, 1. ayda her iki grupta da artış göstererek % 24.22 ve % 24.25 değerlerine ulaşmış ( $p>0.05$ ), 2. ayda azalarak % 22.04 ve % 21.59 değerlerine gerilemiş ( $p>0.05$ ), 3. ayda yine bir artış ile % 28.74 ( $p<0.05$ ) ve % 26.94 ( $p>0.05$ ) değerlerine, depolamanın 4. ayında ise yine artmaya devam ederek % 28.60 ve % 30.20 ( $p>0.05$ ) değerlerine ulaşmıştır.

### **Çoklu doymamış yağ asitleri içeriği**

K, D ve M grubu nuggetların çoklu doymamış yağ asitleri (ÇDYA) içerikleri incelendiğinde tüm periyotlarda D ve M grubu nuggetların ÇDYA içeriklerinin K grubundan önemli oranda daha fazla olduğu ( $p<0.05$ ) ve 2. ile 4. aylar haricinde M grubu nuggetların ÇDYA içeriğinin D grubundan önemli oranda fazla olduğu görülmektedir ( $p<0.05$ ). K grubu nuggetların ÇDYA içeriği donmuş depolamanın 1 ( $p<0.05$ ), 2. ( $p<0.05$ ) ve 3. ( $p<0.05$ ) aylarında azalma eğilimindeyken 3. aydan sonra artarak 4. ayda başlangıç değerinin de üzerine çıkmıştır ( $p<0.05$ ). D ve M grubu nuggetların ÇDYA içeriği donmuş depolamanın 1. ayında azalmış, 2. ve 3. aylarda artmış, 4. aya gelindiğinde D grubunun ÇDYA içeriği artmış M grubunun ise azalmıştır.

Du vd. (2001) yaptıkları bir çalışmada yemlerine % 1.25, % 2.5 ve % 5 oranında KLA ilave edilen tavukların etlerindeki toplam doymuş yağ asitleri oranında bir artış olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca toplam tekli doymamış yağ asitleri ve KLA içermeyen çoklu doymamış yağ asitleri oranında görülen azalmanın pişmiş etlerin depolama stabilitesini iyileştireceğini belirtmişlerdir.

Chae vd. (2004) ise doğrudan KLA ilavesinin lipit oksidasyonu üzerine etkilerini dana etinden elde edilen kıymada araştırmışlar ve depolama süresi ilerledikçe KLA izomerlerinin konsantrasyonlarının arttığını, KLA ilavesi ile doymuş yağ asitleri ve bazı tekli doymamış yağ asitleri (16:1, 18:1) konsantrasyonlarının azaldığını belirlemişlerdir. Çalışmada 16:0 ve 18:1 yağ asitlerinde önemli bir artış görülmüş ( $p<0.05$ ), bu artışın sebebi olarak da 18:2 oranındaki azalma gösterilmiştir. Aynı zamanda bu sonucun uzun süreli depolamada 18:2'nin ve KLA izomerlerinin okside olacağını gösterdiğini belirtmişlerdir. Sonuçta da depolama süresi ve KLA konsantrasyonundaki değişimin ise yağ asitleri bileşimine önemli oranda bir etkisinin olmadığını duyurmuşlardır.

Hur vd. (2004) yaptıkları çalışmada dana etinden elde edilen kıymada KLA konsantrasyonu artışının yağ asitleri dağılımında meydana getirdiği değişikliği izlemişlerdir. Bu amaçla dana kıymasına % 0.5 ve % 2 oranındaki KLA ilave etmişler ve soğuk depolama boyunca analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Yaptıkları bu iki uygulama sonucunda KLA konsantrasyonunda önemli oranda bir artış olduğunu görmüşlerdir. Bu artış % 0.5 oranında KLA ilave edilen örnek grubunda % 4.71 olarak ve % 2 oranında KLA ilave edilen örnek grubunda % 14.9 olarak belirlenmiştir. 14 günlük soğuk depolamada ise KLA konsantrasyonlarında istatistik açıdan önemli bir değişiklik olmamıştır.

Baublits vd. (2007) toz haline getirilmiş ve yağ formunda olmak üzere iki ayrı şekilde ilave edilen KLA'nın dana etine etkileri üzerine yaptıkları çalışmada KLA'nın cis-9, trans-11 ve trans-10, cis-12 izomerlerinin oranlarını artırmak için toz haline getirilmiş KLA ilavesi veya doğrudan KLA yağı ilavesinin önemli bir yöntem olduğunu belirlemişlerdir. Uygulama yapılmayan kontrol örneğinde cis-9, trans-11

konsantrasyonu 0.19 mg/g yağ olarak belirlenmişken toz halinde KLA ilavesi yapıldığında bu oran 3.2 mg/g yağ seviyesine, yağ şeklinde KLA ilavesi yapıldığında ise 4.67 mg/g yağ seviyesine ulaşmıştır. Bu değişim örnekteki cis-9, trans-11 konsantrasyonunda sırasıyla % 1600 ve % 2500 oranında bir artışa denk gelmektedir. Uygulama yapılmayan kontrol örneğinde trans-10, cis-12 konsantrasyonu 0.02 mg/g yağ olarak belirlenmişken toz halinde KLA ilavesi yapıldığında bu oran 3.15 mg/g yağ seviyesine, yağ şeklinde KLA ilavesi yapıldığında ise 4.62 mg/g yağ seviyesine ulaşmıştır. Bu değişim de örnekteki trans-10, cis-12 konsantrasyonunda sırasıyla % 16000 ve % 23000 oranında bir artışa denk gelmektedir.

Martin vd. (2008b) de yağ asitleri üzerine KLA'nın etkilerini inceledikleri çalışmalarında, yemlere ilave edilen KLA ile kuru kürlenmiş domuz etlerinin tekli doymamış yağ asitleri düzeyi arasında bir interaksiyon görülmediğini açıklamışlardır.

Alfaia vd. (2010) mikrodalga, haşlama ve kızartma gibi farklı pişirme yöntemlerinin sığır etinin yağ asitleri ve konjuge linoleik asit izomerleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Çalışmada doymuş ve tekli doymamış yağ asitlerindeki değişim oranları daha yüksek olurken çoklu doymamış yağ asitlerindeki değişim değerlerine göre daha düşük oranlarda kalmıştır. Konjuge linoleik asit izomerleri ise farklı pişirme işlemleri sonucunda yüksek bir stabilite göstermiştir. Toplam KLA içeriği (mg/g et) nem kaybından dolayı, çiğ ete oranla önemli oranda daha yüksek bulunmuştur. Çiğ ette 0.05 mg/g et olan toplam KLA içeriği ızgarada pişmiş ette 0.08 mg/g et düzeyine haşlama ve mikrodalgada pişirilen etlerde ise 0.09 mg/g et düzeyine çıkmıştır. Ayrıca araştırmacılar bu tanımlamanın mg/g yağ şeklinde olması durumunda pişirme işlemleri sonrasında toplam KLA düzeyinde önemli bir değişiklik olmayacağını da belirtmişlerdir.

#### **4.2.4 TBA değeri**

Nugget üretiminde doğrudan ve mikroenkapsüle edilmiş KLA ilavesinin TBA değerinde meydana getirdiği değişimler Çizelge 4.5 ile Şekil 4.12'de gösterilmiştir.

Başlangıç analizlerinde sırasıyla K, D ve M grubu örnekleri TBA değerlerinin 1.25, 1.01, 0.97 (mg MA/kg örnek) olduğu belirlenmiştir. En yüksek TBA değeri başlangıç analizlerinde K grubu nuggetlarda 1.25 mg MA/kg örnek olarak, en düşük TBA değeri ise 1. ay analizlerinde KLA mikrokapsülleri ilave edilen M grubu nuggetlarda 0.63 mg MA/kg örnek olarak belirlenmiştir. Donmuş depolamanın 1. ayında bütün grupların TBA değerleri azalarak her bir grubun tüm periyotlardaki en düşük değerleri ölçülmüştür. Depolamanın 2. ayında tüm grupların TBA değerleri artış göstermiş fakat bu artış istatistik açıdan önemli olmamıştır ( $p>0.05$ ). Depolamanın 3. ayında D ve M grubu nuggetların TBA değerleri azalmış, K grubu nuggetların TBA değerleri ise artış göstermiştir. Fakat her iki değişim de önemli düzeyde gerçekleşmemiştir ( $p>0.05$ ). Depolamanın sonunda ise D ve M grubu nuggetların TBA değerleri artış gösterirken K grubu nuggetların TBA değerleri azalmıştır ( $p>0.05$ ). Başlangıç TBA değerleri ile bir karşılaştırma yapıldığında 4. ayda tüm grupların TBA değerinde bir azalma olduğu görülmesine rağmen sadece K grubunun TBA değerindeki düşüşün başlangıca göre önem taşıdığı tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ).

Çizelge 4.5 Nuggetların TBA değerindeki değişimler (mg malonaldehit/kg örnek)\*

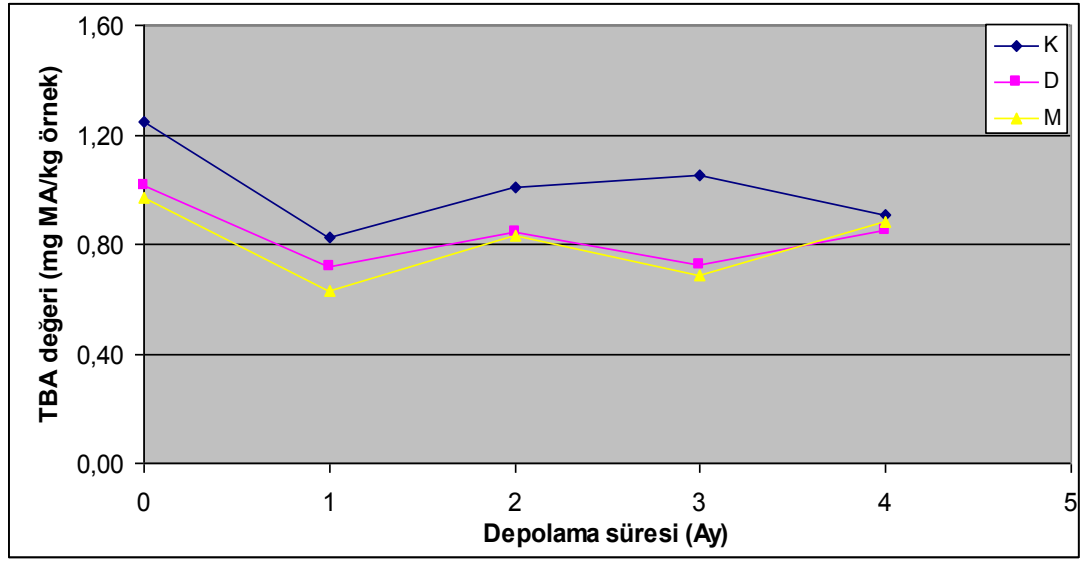
Depolama süresi (Ay)	Örnek adı		
	K	D	M
0	1.25 ± 0.17Aa	1.01 ± 0.07Ba	0.97 ± 0.10Ba
1	0.83 ± 0.28c	0.72 ± 0.40b	0.63 ± 0.28c
2	1.00 ± 0.08Abc	0.84 ± 0.03Bab	0.83 ± 0.04Babc
3	1.05 ± 0.10Ab	0.72 ± 0.24Bb	0.68 ± 0.27Bbc
4	0.90 ± 0.10bc	0.85 ± 0.06ab	0.88 ± 0.03ab

\*: Ortalama ± standart sapma

K: Kontrol, D: Doğrudan KLA ilaveli grup, M: KLA mikrokapsülleri ilave edilen grup

A, B: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p<0.05$ )

a, b, c: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p<0.05$ )



Şekil 4.12 Nuggetların TBA değerindeki değişimler

Ayrıca tüm periyotlarda D ve M grubu nuggetların TBA değerlerinin kontrol grubu nuggetlarının TBA değerlerinden daha düşük olduğu görülmüştür. Fakat aradaki bu fark 1. ve 4. aylarda istatistik açıdan önem taşımamaktadır ( $p>0.05$ ). D ve M grubu örneklerinin TBA değerlerinin yapılan tüm analizlerde birbirine çok yakın olması ve aradaki farkın bütün periyotlarda istatistik açıdan önem taşımaması dikkat çekicidir ( $p>0.05$ ).

Yapılan bir çalışmada Seck vd. (2000) KLA ile beslenen farelerden alınan meme bezi hücrelerinde KLA'nın antioksidan aktivitesini araştırmışlardır. Araştırmacılar farklı oranlarda KLA içeren yemlerle beslenen domuz ve tavuk etleri ile yine farklı oranlarda KLA içeren yemlerle beslenen tavukların yumurtalarındaki TBA değerlerinin kontrol örneği ile karşılaştırıldığında önemli oranda azaldığını tespit etmişler ve bu sonuçlar üzerine KLA'nın gıdalarda oksidasyonu önlemek amacıyla kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Joo vd. (2002)'de % 1, % 2.5, ve % 5 oranında KLA içeren yemlerle beslenen domuz etleri ile yaptıkları çalışmada KLA içermeyen kontrol grubu örneklerinde TBA değerinin daha hızlı yükseldiğini belirlemişlerdir.

Du vd. (2003) yemlerine farklı oranlarda KLA ilave ettikleri tavukların etlerindeki kalite değişimlerini izledikleri çalışmalarında yemdeki KLA düzeyindeki artışın tavuk etlerinin TBA değerlerini düşürdüğünü belirlemişlerdir. Bu düşüşün ise etteki doymamış yağ asidi içeriği oranının azalmasından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.

Hur vd. (2004) KLA ilavesinin sığır köftelerinde lipit oksidasyonuna etkilerini inceledikleri çalışmalarında KLA ilave edilen örneklerde TBA değerinin kontrol örneğine göre istatistik açıdan önemli oranda düşük olduğunu ( $p<0.05$ ) belirlemişlerdir. Ayrıca % 2 oranında KLA ilave edilen örneklerin TBA değerlerindeki azalmanın, kontrol örneğinin ve % 0.5 oranında KLA ilave edilen örneklerin TBA değerlerindeki azalmadan daha fazla olduğunu belirlemişlerdir ( $p<0.05$ ).

Bölükbaşı (2006) broylerlerin yemlerine KLA ilavesinin kaslardaki KLA düzeyini artırmada önemli bir yöntem olduğunu, yüksek KLA konsantrasyonunun dokulardaki lipit oksidasyonunu azalttığını belirtmiştir. Corino vd. (2003) de benzer şekilde KLA oranındaki artışın kaslardaki oksidatif stabiliteyi artırdığını belirtmişlerdir.

Baublits vd. (2007) yaptıkları çalışmada, KLA'yı toz ve yağ formunda dana etine ilave etmişlerdir. Çalışma sonucunda KLA'nın ilave ediliş şekli ile örneklerin depolama süreci arasında önemli bir interaksiyon olmadığı grlmştir. Ayrıca başlangıçta da örneklerin TBA değerleri arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır. Toz halinde KLA ilave edilen örnek grubu, diğer örnek gruplarına göre önemli oranda daha düşük TBA değerlerine sahip olmuştur.

Martin vd. (2008b) ise yaptıkları çalışmada, KLA ve tekli doymamış yağ asitleri ilave edilmiş yemlerle beslenen domuz etlerindeki değişiklikleri incelemişlerdir. Yemlere tekli doymamış yağ asitleri ilave edip KLA ilave etmedikleri uygulamanın diğer uygulamalarına göre en yüksek TBA değerlerini verdiğini (1.5 mg MA/kg et), % 2 oranında KLA ilavesinin ise etteki TBA değerinin 1.2 mg MA/kg et düzeyinde olmasını sağladığını belirlemişlerdir. Bu sonuçlardan yola çıkarak da kuru kürlenmiş domuz

etlerinin lipitlerinde oksidatif stabilitenin sağlanması için domuzların yemlerine KLA ilave edilmesini önermişlerdir.

Kawahara vd. (2009) ise KLA ile zenginleştirilmiş olan yemlerle beslenen tavuk göğüs etlerinde yaptığı çalışmada depolamanın 0. gününde % 2 oranında KLA içeren yemlerle beslenenlerin eti ile diğer gruplar arasında bir fark olmadığını, fakat 4 °C’de depolamanın 5. gününde kontrol grubunun TBA değerinin önemli oranda artmış olduğunu, oysa KLA ile beslenen tavukların etlerinin TBA değerlerinde bir değişiklik olmadığını belirlemişlerdir.

#### 4.2.5 Peroksit değeri

Nugget üretiminde doğrudan ve mikroenkapsüle edilmiş KLA ilavesinin peroksit değerinde meydana getirdiği değişimler, nuggetlardan soğuk ekstraksiyon ile elde edilen yağlarda yapılan peroksit analizi ile belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 4.6 ile Şekil 4.13’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.6 Nuggetların peroksit değerindeki değişimler (meqO<sub>2</sub>/kg yağ)\*

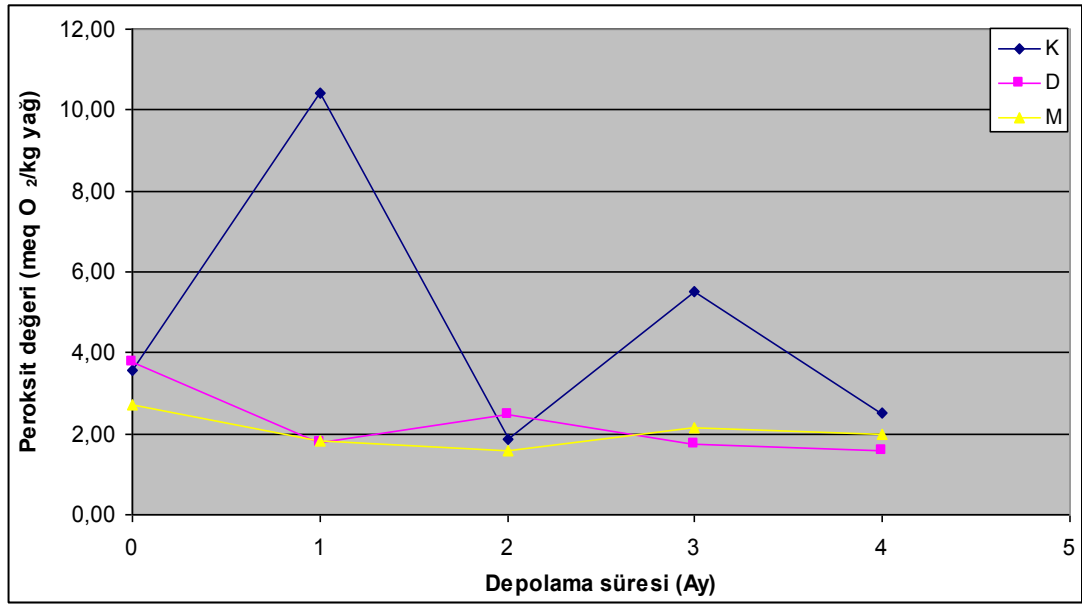
Depolama süresi (Ay)	Örnek adı		
	K	D	M
0	3.58 ± 0.25ABc	3.78 ± 1.29Aa	2.72 ± 0.31Ba
1	10.42 ± 1.36Aa	1.77 ± 0.38Bb	1.84 ± 0.24Bab
2	1.85 ± 1.00d	2.48 ± 0.71b	1.57 ± 0.42b
3	5.53 ± 1.24Ab	1.76 ± 0.40Bb	2.16 ± 0.73Bab
4	2.52 ± 0.49d	1.58 ± 0.27b	2.01 ± 1.37ab

\*: Ortalama ± standart sapma

K: Kontrol, D: Doğrudan KLA ilaveli grup, M: KLA mikroenkapsülleri ilave edilen grup

A, B: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

a, b, c, d: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)



Şekil 4.13 Nuggetların peroksit değerindeki değişimler

K, D ve M örnek gruplarının başlangıçtaki peroksit değerlerinin sırasıyla 3.58, 3.78 ve 2.72 olduğu belirlenmiştir. Depolamanın 1. ayında D ( $p>0.05$ ) ve M ( $p<0.05$ ) grubu örneklerinin peroksit değerlerinde düşüş gözlenirken K grubu örneğinde istatistik açıdan da önem taşıyan bir artış tespit edilmiştir. Kontrol grubu örneklerinin 3. aydaki analizinde peroksit değerinde görülen artış da dikkat çekicidir ( $p<0.05$ ). D örnek grubunun peroksit değeri başlangıçta M örnek grubundan daha yüksek bulunmasına rağmen diğer bütün periyotlarda bu iki grup arasındaki fark önemli olmamıştır ( $p>0.05$ ). Donmuş depolama sonundaki peroksit değerleri K ve D örneklerinde başlangıç değerlerine göre önemli oranda azalmış ( $p<0.05$ ), fakat M grubu örneklerindeki azalma önemli düzeyde olmamıştır ( $p>0.05$ ).

Seck vd. (2000) KLA'nın oksidasyon stabilitesini iyileştirmek için  $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\gamma$  siklodekstrinlerle (SD) farklı kaplama oranlarında enkapsülasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Siklodekstrinlerin koruyucu etkisi peroksit değerlerinin artışı önleyerek KLA'nın oksidasyondan korunmasında etkili olmuştur. Kontrol örneğinin peroksit değeri 535 meq/kg olarak bulunmuştur.  $\alpha$ -siklodekstrin:KLA oranı 1:1 olarak seçildiğinde peroksit değerinin önemli oranda azaldığı (182.5 meq/kg) farklı oranlarda



(1:2, 1:4 ve 1:6) kaplama yapıldığında ise peroksit değerindeki azalmanın daha da fazla olduğu (48.3, 30.3, 30.2) görülmüştür. Araştırmacılar çalışmanın sonucu olarak da KLA'nın mikroenkapsüle edilerek oksidasyondan korunması için 1: 4 oranında (KLA:  $\alpha$ -SD)  $\alpha$ -SD'nin  $\beta$  ve  $\gamma$ -SD'ye oranla çok daha etkili bir kaplama materyali olduğunu bildirmişlerdir.

Chen vd. (2001) yaptıkları modelleme çalışmasında KLA'nın oksidasyona çok hassas olduğunu ve bu aşamada peroksit oluşununun ana reaksiyon olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca yapılan ışık uygulamalarında da peroksit oluşununun, gerçekleşen en önemli reaksiyon olduğunu belirtmişlerdir. Model lipitlere KLA ilavesinin parçalanmayı yavaşlatabileceği de çalışmanın sonuçları arasında yer almaktadır.

Jimenez vd. (2006) yaptıkları bir diğer çalışmada yöntem olarak püskürterek kurutma, kaplama materyali olarak da Peynir Altı Suyu Proteini (PASP), Maltodekstrin (MD) ve Gam Arabik (GA) kullanarak KLA mikrokapsülleri oluşturmuşlardır. GA ile PASP-MD karışımı kullandıkları örnekler en yüksek peroksit değerlerini vermiştir. Bu nedenle de KLA'nın oksidasyondan korunmasında etkili olmadıklarını duyurmuşlardır.

Ahn vd. (2008) mikroenkapsüle edilmiş yağlar üzerine doğal bitki ekstraktlarının (DBE) etkisini inceledikleri çalışmalarında peroksit analizi ile primer oksidasyon ürünleri olan hidroperoksitleri belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmada mikroenkapsülasyon prosesinden sonra DBE ilave edilmeyen örneklerin peroksit değerlerinin zamanla arttığı belirlenmiştir. DBE ilave edilen örneklerin peroksit değerlerinde ise önemli bir artış görülmemiştir. Sonuç olarak da mikroenkapsüle edilen yağların lipit oksidasyonundan korunması için DBE olarak biberiye, brokoli ve turunil ekstraktları kullanılmasının etkili bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir.

#### 4.2.6 *p*-anisidin değeri

Nugget üretiminde doğrudan ve mikrokapsüle edilmiş KLA ilavesinin *p*-anisidin değerinde meydana getirdiği değişimler Çizelge 4.7 ile Şekil 4.14'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.7 Nuggetların *p*-anisidin değerindeki değişimler\*

Depolama süresi (Ay)	Örnek adı		
	K	D	M
0	49.40 ± 3.73Aa	52.78 ± 1.87Ab	32.74 ± 3.71Ba
1	16.50 ± 2.85Bd	68.22 ± 1.43Aa	14.28 ± 2.40Bc
2	15.03 ± 1.03Cd	39.59 ± 7.18Ac	22.21 ± 1.92Bb
3	25.55 ± 4.33Ac	13.16 ± 1.22Be	6.47 ± 1.96Cd
4	37.48 ± 4.16b	33.68 ± 2.18d	32.80 ± 3.18a

\*: Ortalama ± standart sapma

K: Kontrol, D: Doğrudan KLA ilaveli grup, M: KLA mikrokapsülleri ilave edilen grup

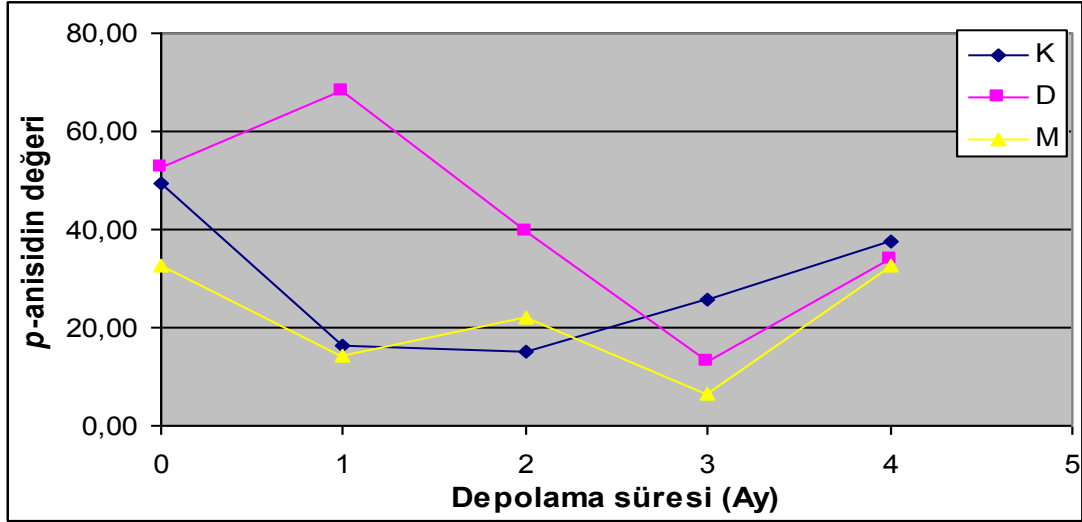
A, B, C: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p < 0.05$ )

a, b, c, d: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p < 0.05$ )

Okside olmuş bir yağda peroksitler daha ileri safhalarda karbonil gibi dekompoze olmuş ikincil türlere dönüşürler. *p*-anisidin değeri yüksek molekül ağırlıklı bu karbonil bileşiklerini (aldehitler, alkenler vs.) ifade etmektedir.

Depolama başlangıcında mikrokapsül formda KLA ilave edilen M grubu nuggetların *p*-anisidin değerleri, K ve D grubu nuggetların *p*-anisidin değerlerinden önemli oranda daha düşük bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Donmuş depolamanın başlangıcından 1. ayına kadar geçen sürede K ve M gruplarının *p*-anisidin değerleri önemli düzeyde azalırken doğrudan KLA ilavesi yapılan D grubunda ikincil oksidasyon ürünleri miktarının artışı ile *p*-anisidin değeri önemli oranda artış göstermiştir ( $p < 0.05$ ). Donmuş depolamanın 3. ayından itibaren tüm örnek gruplarının *p*-anisidin değerleri artmaya başlamış ve 4. ay yapılan analizde bu artışların tamamının istatistik açıdan önemli olduğu belirlenmiştir

( $p < 0.05$ ). Tüm nugget gruplarının  $p$ -anisidin değerleri depolama sonunda başlangıç değerlerine kıyasla istatistik açıdan önemli oranda daha düşük bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).



Şekil 4.14 Nuggetların  $p$ -anisidin değerindeki değişimler

Jimenez vd. (2004) yaptıkları bir çalışmada Peynir Altı Suyu Proteini Konsantratu ile mikroenkapsüle ettikleri KLA'daki oksidasyon düzeyini ölçmek için peroksit ve  $p$ -anisidin analizi sonuçları ile toplam oksidasyon değerini belirlemeye çalışmışlardır. Yapılan analizler sonucunda farklı sıcaklıklarda (35 °C ve 45 °C) depolamanın  $p$ -anisidin değerini etkilediğini (0.4'ten 0.7'ye ve 0.4'ten 1.15'e) aynı zamanda  $p$ -anisidin değerinin peroksit değeri ve su aktivitesi ( $a_w$ ) değeri ile de uyumlu olarak değiştiğini, oksidasyona karşı en iyi stabilitenin  $a_w=0.743$ 'te ve 35 °C'de ve  $a_w=0.727$ 'de 45 °C'de gerçekleştiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca KLA'nın oksidasyondan korunması için Peynir Altı Suyu Proteini Konsantratu'nun kaplama materyali olarak kullanılmasının çok etkili sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

Jimenez vd. (2006) yaptıkları bir diğer çalışmada yöntem olarak püskürterek kurutma, kaplama materyali olarak da Peynir Altı Suyu Proteini, Maltodekstrin ve Gam Arabik kullanarak KLA mikrokapsülleri oluşturmuşlardır. 2 ay boyunca 35 °C'de depolanan mikrokapsüllerin  $p$ -anisidin değerlerini ölçerek oksidasyon düzeyini belirlemeye

çalışmışlardır. Yapılan analizler sonucunda 3 ayrı su aktivitesine (0.628, 0.743, 0.898) sahip olan KLA mikrokapsüllerinin *p*-anisidin değerinin yaklaşık olarak 10 artışı ile oksidasyon ürünlerinin arttığını dolayısıyla oksidasyon düzeyinin ilerlediğini, bu nedenle Gam Arabik ile mikrokapsülasyonun diğer kaplama materyallerine göre KLA'yı oksidasyondan korumada etkili olmadığını belirtmişlerdir.

Drusch ve Berg (2008) püskürterek kurutma yöntemiyle elde ettikleri balık yağı mikrokapsüllerinin 2 aylık depolanması sırasında yaptıkları analizlerde *p*-anisidin değerinin düzenli olarak arttığını ve 10 mmol/ kg lipit düzeyinden yaklaşık 50 mmol/ kg lipit düzeyine ulaştığını tespit etmişlerdir.

Ahn vd. (2008) mikrokapsüle edilmiş yağlar üzerine doğal bitki ekstraktlarının (DBE) etkisini inceledikleri çalışmalarında *p*-anisidin değerinin ölçülmesi sayesinde ikincil oksidasyon ürünlerinin oluşmasını incelemişlerdir. Araştırmacılar çalışmalarında mikrokapsülasyon prosesinden sonra DBE ilave edilmeyen örneklerin *p*-anisidin değerlerinin zamanla arttığını belirlemişlerdir. Sonuç olarak da mikrokapsüle edilen yağların lipit oksidasyonundan korunması için DBE olarak biberiye, brokoli ve turunçgil ekstraktları kullanılmasının etkili bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir.

#### **4.2.7 Toplam oksidasyon (totoks) değeri**

Nugget üretiminde doğrudan ve mikrokapsüle edilmiş KLA ilavesinin totoks değerinde meydana getirdiği değişimler Çizelge 4.8 ile Şekil 4.15'te gösterilmiştir.

K, D ve M grubu nuggetların totoks değerlerinde gruplar arasındaki farklılıklar incelendiğinde depolamanın sadece 4. ayında gruplar arasındaki farklılığın önemli olmadığı belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). Depolamanın 1. ayında M grubu nuggetların totoks değerinin diğer gruplardan önemli oranda daha düşük olduğu, D grubu nuggetların totoks değerinin ise tüm nugget gruplarından önemli oranda daha yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). 2. ayda D grubu nuggetların totoks değerinin K ve M grubundan daha yüksek olduğu ( $p<0.05$ ) ve K ile M grubu nuggetlar arasındaki farklılığın önemli

olmadığı belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). Depolamanın 3. ayında ise yine M grubu nuggetların totoks değeri diğer gruplardan daha düşük olarak belirlenmiştir. Fakat M grubu ile K grubu nuggetlar arasındaki bu farklılık istatistik açıdan önemliyken ( $p<0.05$ ) M grubu ile D grubu arasındaki farklılık önemli değildir ( $p>0.05$ ). 4. ay analizlerinde ise yine M grubu nuggetların totoks değerinin diğer gruplardan daha düşük olduğu fakat gruplar arasındaki farklılığın istatistik açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir ( $p>0.05$ ).

Çizelge 4.8 Nuggetların totoks değerindeki değişimler

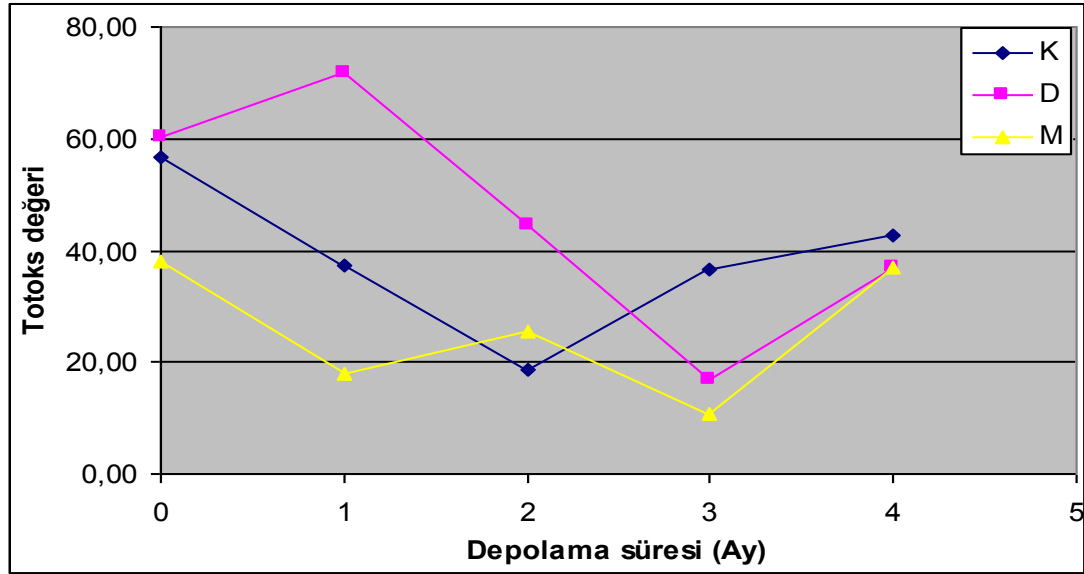
Depolama süresi (Ay)	Örnek adı		
	K	D	M
0	56.57Aa	60.35Ab	38.18Ba
1	37.33Bb	71.77Aa	17.96Ccd
2	18.73Bc	44.55Ac	25.35Bbc
3	36.61Ab	16.69Bd	10.80Bd
4	42.52b	36.84c	36.82ab

\*: Ortalama

K: Kontrol, D: Doğrudan KLA ilaveli grup, M: KLA mikrokapsülleri ilave edilen grup

A, B, C: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p<0.05$ )

a, b, c, d: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p<0.05$ )



Şekil 4.15 Nuggetların totoks değerindeki değişimler

Başlangıçta 56.57 olarak ölçülen K grubu nuggetların totoks değeri depolamanın 2. ayına kadar azalarak 18.73 değerine düşmüştür ( $p<0.05$ ). K grubu nuggetlarda 2. aydan itibaren artmaya başlayan totoks değeri 3. ay analizlerinde 36.61 seviyesine ( $p<0.05$ ) 4. ay analizlerinde ise 42.52 seviyesine ulaşmıştır ( $p>0.05$ ). Ayrıca bu değer başlangıç değerinden önemli oranda daha düşük olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ).

D grubu nuggetların 60.35 olarak ölçülen başlangıç totoks değeri 1. ay analizlerinde artarak 71.77 düzeyine ulaşmıştır ( $p<0.05$ ). Sonrasında totoks değeri hızla düşmüş ve 3. ay analizlerinde 16.99 olarak ölçülmüştür ( $p<0.05$ ). D grubu nuggetlarda 3. aydan itibaren totoks değeri tekrar artmış ve 4. ay analizlerinde 36.84 düzeyine ulaşmıştır ( $p<0.05$ ). 4. ayda ölçülen bu değer başlangıç değerinden önemli oranda daha düşük olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ).

KLA mikrokapsülleri ilave edilen M grubu nuggetlardaki totoks değeri başlangıçta 38.18 olarak ölçülmüştür. Bu değer M grubu nuggetların başlangıçtaki totoks değerinin K ve D grubu nuggetlardan önemli oranda daha düşük olduğunu göstermektedir ( $p<0.05$ ). M grubu nuggetların totoks değeri donmuş depolama süresince 2. ay haricinde diğer gruplardan daha düşük olarak belirlenmiştir. Depolama başlangıcından itibaren azalan totoks değeri 1. ayda 17.96 olarak ölçülmüştür ( $p<0.05$ ). 2. aya kadar totoks değerinde 25.35 düzeyine kadar görülen artış istatistik açıdan önem taşımamaktadır ( $p>0.05$ ). 2 aydan itibaren M grubu nuggetların totoks değeri azalarak 10.80 değerine gerilemiş ( $p<0.05$ ), sonrasında yine artarak 4. ayda 36.82 düzeyine ulaşmıştır ( $p<0.05$ ). Bu değer ile başlangıç değeri arasındaki farklılık istatistik açıdan önem taşımamaktadır ( $p>0.05$ ).

#### **4.2.8 Enstrümental renk değerleri**

Nugget üretiminde doğrudan ve mikroenkapsüle edilmiş KLA ilavesinin nugget kaplaması ve nugget kesit yüzeyindeki  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerinde meydana getirdiği değişimler aşağıda sırasıyla verilmiştir.

## L\* değerindeki değişimler

Nugget üretiminde doğrudan ve mikrokapsüle edilmiş KLA ilavesinin nugget kaplamasının L\* değerinde meydana getirdiği değişimler Çizelge 4.9 ile Şekil 4.16'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.9 Nugget kaplamasının L\* değerindeki değişimler\*

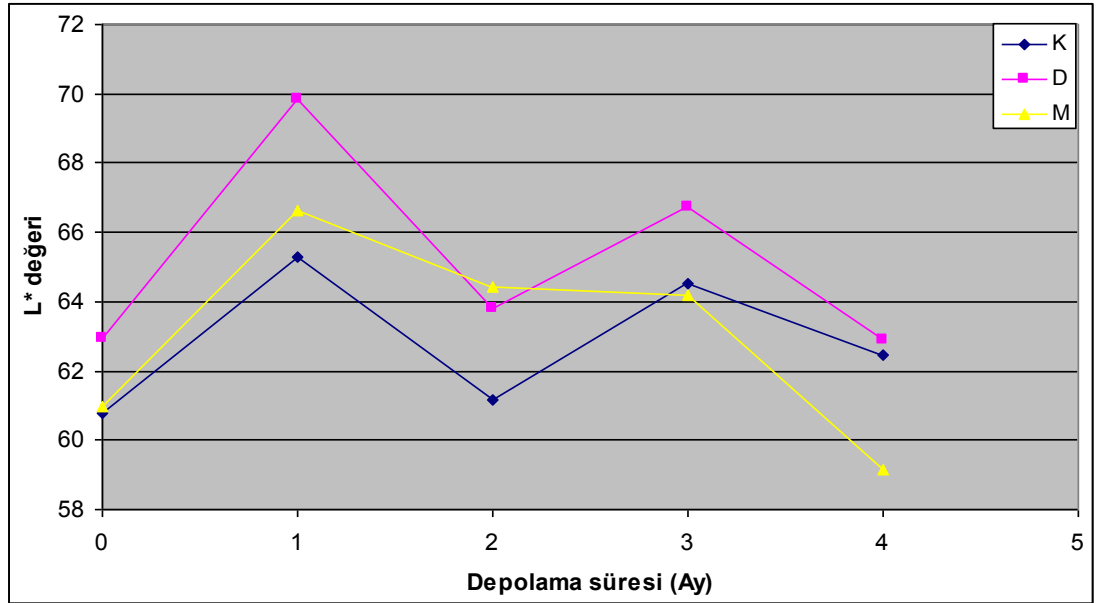
Depolama süresi (Ay)	Örnek adı		
	K	D	M
0	60.77 ± 0.70b	62.94 ± 4.00c	60.97 ± 2.83bc
1	65.27 ± 2.97a	69.83 ± 1.53a	66.63 ± 5.77a
2	61.17 ± 2.17Bb	63.80 ± 2.09Ac	64.42 ± 1.98Aab
3	64.54 ± 3.57a	66.71 ± 1.00b	64.20 ± 2.64ab
4	62.45 ± 1.44Aab	62.89 ± 1.90Ac	59.17 ± 1.95Bc

\*: Ortalama ± standart sapma

K: Kontrol, D: Doğrudan KLA ilaveli grup, M: KLA mikrokapsülleri ilave edilen grup

A, B: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

a, b, c: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)



Şekil 4.16 Nugget kaplamasının L\* değerindeki değişimler

Nugget üretiminde doğrudan ve mikroenkapsüle edilmiş KLA ilavesinin nuggetların kesit yüzeyinin L\* değerinde meydana getirdiği değişimler Çizelge 4.10 ile Şekil 4.17'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.10 Nuggetların kesit yüzeyinin L\* değerindeki değişimler\*

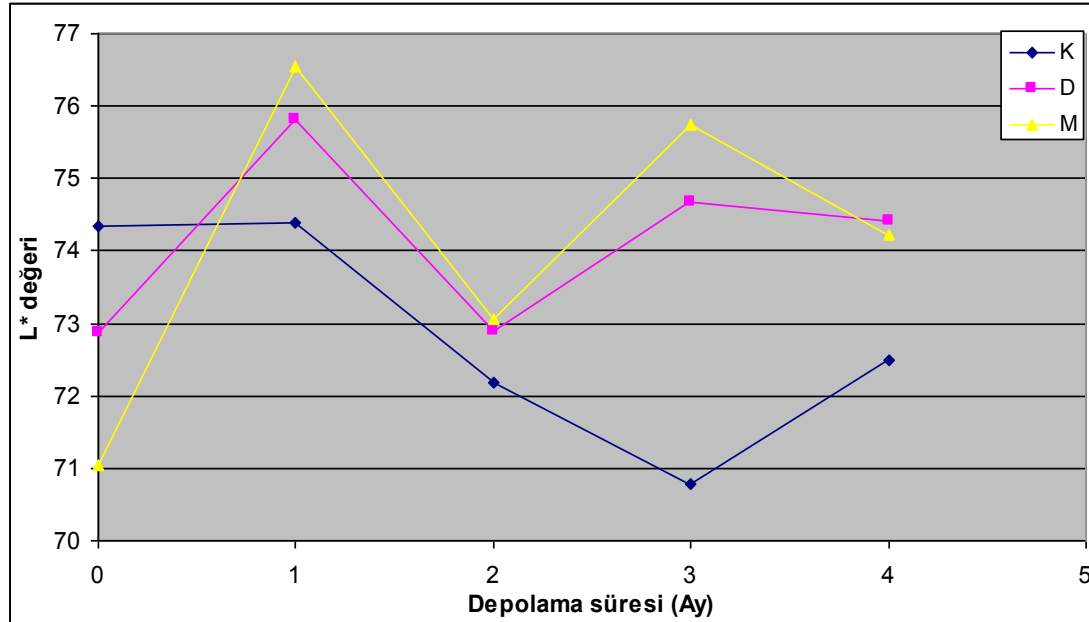
Depolama süresi (Ay)	Örnek adı		
	K	D	M
0	74.35 ± 0.94Aa	72.86 ± 1.99ABb	71.05 ± 2.99Bc
1	74.39 ± 2.48a	75.81 ± 1.69a	76.55 ± 2.00a
2	72.18 ± 1.61ab	72.90 ± 0.79b	73.05 ± 2.27bc
3	70.77 ± 1.59Bb	74.67 ± 1.89Aab	75.74 ± 1.61Aa
4	72.50 ± 2.35ab	74.41 ± 1.23ab	74.23 ± 0.97ab

\*: Ortalama ± standart sapma

K: Kontrol, D: Doğrudan KLA ilaveli grup, M: KLA mikroenkapsülleri ilave edilen grup

A, B: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

a, b, c: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)



Şekil 4.17 Nuggetların kesit yüzeyinin L\* değerindeki değişimler



Donmuş depolama süresince farklı formlarda KLA ilave edilen D ve M örnek gruplarının kaplama yüzeyinin L\* değerleri önemli değişiklikler göstermiştir. Doğrudan KLA ilave edilen D grubunun kaplama yüzeyinin L\* değerlerinin depolama süresince kontrol örneği ile benzer değişiklikler göstermesi ve KLA mikrokapsülleri ilave edilen M grubunun L\* değerinin 4 aylık depolama süresinin sonunda kontrol grubuna göre önemli oranda daha düşük bulunması ( $p<0.05$ ) dikkat çekicidir. Ayrıca doğrudan KLA ilave edilen örnekler depolama süresince kontrol örneğine göre daha yüksek L\* değerine sahip olmuştur ( $p<0.05$ ). Benzer şekilde D grubu nuggetların L\* değerleri, 2 ay haricindeki ölçümlerde KLA mikrokapsülleri ilave edilen M grubu örneklerinden daha yüksek olarak belirlenmiştir.

Depolamanın birinci ayında tüm örnek gruplarında önemli oranda artış gösteren ( $p<0.05$ ) L\* değerleri, 2. ayda tüm örnek gruplarında azalmıştır. K ve D grubu örneklerinde önemli düzeyde olan bu azalma ( $p<0.05$ ), M grubu örneğinde istatistik açıdan önem taşımamaktadır ( $p>0.05$ ).

Depolamanın 3. ayında ise sadece K ve D örneklerinin L\* değerleri artış göstermiş ( $p<0.05$ ), M grubu örneklerinde ise önemli olmayan bir azalma görülmüştür ( $p>0.05$ ). Donmuş depolama sonunda tüm örnek gruplarının L\* değerinde bir azalma görülmüştür.

Donmuş depolama süresince kesit yüzeyinde yapılan ölçümlerde de kontrol grubu (K) ile farklı formlarda KLA ilave edilen D ve M örnek gruplarının L\* değerlerinde önemli değişiklikler görülmüştür. Doğrudan KLA ilaveli D grubu ile KLA mikrokapsülleri ilave edilen M grubu örnekleri başlangıçta kontrol örneğine göre daha düşük L\* değerine sahipken analizlerin sonunda kontrol örneğinden daha yüksek L\* değerine sahip olmuştur.

Yapılan renk ölçümleri sayesinde, kaplama ve kesit yüzeyi L\* değerlerinin benzer değişimler gösterdiği belirlenmiştir.

Depolamanın birinci ayında D ve M örnek gruplarında önemli oranda artış gösteren ( $p<0.05$ )  $L^*$  değerleri, 2. ayda tüm örnek gruplarında azalmıştır. D ve M grubu örneklerinde önemli düzeyde olan bu azalma ( $p<0.05$ ), K grubu örneğinde istatistik açıdan önem taşımamaktadır ( $p>0.05$ ).

Depolamanın 3. ayında ise D ve M grubu örneklerinin  $L^*$  değerleri artış göstermiş ( $p<0.05$ ), K grubu örneklerinde ise azalma görülmüştür ( $p<0.05$ ). Donmuş depolama sonunda D ve M örnek gruplarının  $L^*$  değerinde bir azalma ( $p>0.05$ ), K örneğinde ise bir artış görülmüştür ( $p>0.05$ ). Başlangıç değerleri ile kıyaslandığında ise K örneğinde bir azalma ( $p>0.05$ ), D ( $p>0.05$ ) ve M grubu ( $p<0.05$ ) örneklerinde ise artış görülmüştür.

Du vd. (2000) yemlerine farklı oranlarda KLA ilave ettikleri tavukların etlerindeki ve bu etlerden hazırlanan köftelerdeki değişimleri inceledikleri çalışmalarında yemlerine % 5 oranında KLA ilave edilen tavuklardan elde edilen etlerin 7 günlük depolamasının ardından kontrol örneğine göre  $L^*$  değerlerinin azaldığını belirlemişlerdir. Çalışmalarında ayrıca vakum paketlenmenin ve ışınlamanın örnek grupları üzerine etkisini incelemişler ve her iki uygulamanın KLA ilave edilen örneklerin  $L^*$  değerlerinde değişikliklere neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Joo vd. (2002) ise domuzların yemlerine % 5 oranında KLA ilavesinin renk stabilitesini iyileştirdiğini açıklamışlardır. Araştırmacılar çalışmalarında 7 günlük soğuk depolama sonrasında kontrol örneklerine göre önemli oranda daha düşük  $L^*$  değerlerine neden olduğunu tespit etmişlerdir ( $p<0.05$ ).

Hur vd. (2004) sığır köftelerine ilave edilen KLA'nın lipit oksidasyonu ve köftenin rengi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada % 0.5 ve % 2 oranında KLA ilave edilen sığır köftelerinin 14 günlük depolanması sırasında bütün sığır köftesi örneklerinin  $L^*$  değerlerinde önemli oranda artış görülmüştür ( $p<0.05$ ). Başlangıçta örneklerin  $L^*$  değerleri arasında önemli bir fark görülmemişken 7 günlük depolamada KLA ilave edilen örneklerde  $L^*$  değerleri önemli oranda artmıştır ( $p<0.05$ ). Bununla

birlikte 14. günde KLA ilave edilen örnekler arasındaki artışın önem taşımadığı belirtilmiştir ( $p>0.05$ ). Çalışmanın sonuçlarında ise  $L^*$  değerindeki farklılıkların, KLA'nın doğrudan ete ilavesi veya hayvanların yemlerine ilavesi sonucunda ete farklı pozisyonlarda yerleşmesinden kaynaklanabileceğini açıklamışlardır.

Chae vd. (2004) çiğ ve pişmiş sığır kıyması ile yaptıkları çalışmada KLA ilavesinin etin  $L^*$  değerleri üzerine önemli bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir.

Perlo vd. (2006)'nin mekanik ayrılmış tavuk etlerine (MATE) yıkanmış MATE'nin farklı oranlarda ilavesinin tavuk nuggetlarının fizikokimyasal ve duyuşsal özellikleri üzerine etkilerini araştırdığı çalışmada kontrol grubu nuggetların kesit yüzeyinin  $L^*$  değerinin 68.7 olduğunu belirlemişlerdir.

Baublits vd. (2007) dana etine, toz ve yağ formunda KLA ilave ettikleri çalışmada her iki örnek grubunun  $L^*$  değerlerinin kontrol örneğine göre önemli oranda daha fazla olduğunu belirtmişlerdir.

### **a\* değerindeki değişimler**

Nugget üretiminde doğrudan ve mikroenkapsüle edilmiş KLA ilavesinin nugget kaplamasının a\* değerinde meydana getirdiğı değişimler Çizelge 4.11 ile Şekil 4.18'de gösterilmiştir.

Donmuş depolama süresince KLA ilave edilen örnek gruplarının kaplama yüzeyinin a\* değerlerinde bir azalma görülmüştür ( $p<0.05$ ). KLA mikrokapsülleri ilave edilen örnek grubunun başlangıçtaki ve 4 aylık donmuş depolama süresinin sonundaki a\* değeri kontrol grubuna ve doğrudan KLA ilave edilen gruba göre önemli oranda daha yüksek bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Depolamanın sonunda ise D grubu nuggetların a\* değeri 6.43 düzeyine kadar düşmüş ve bu değerin istatistik açıdan diğer grupların a\* değerlerinden önemli oranda daha düşük olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ).

Çizelge 4.11 Nugget kaplamasının a\* değerindeki değişimler\*

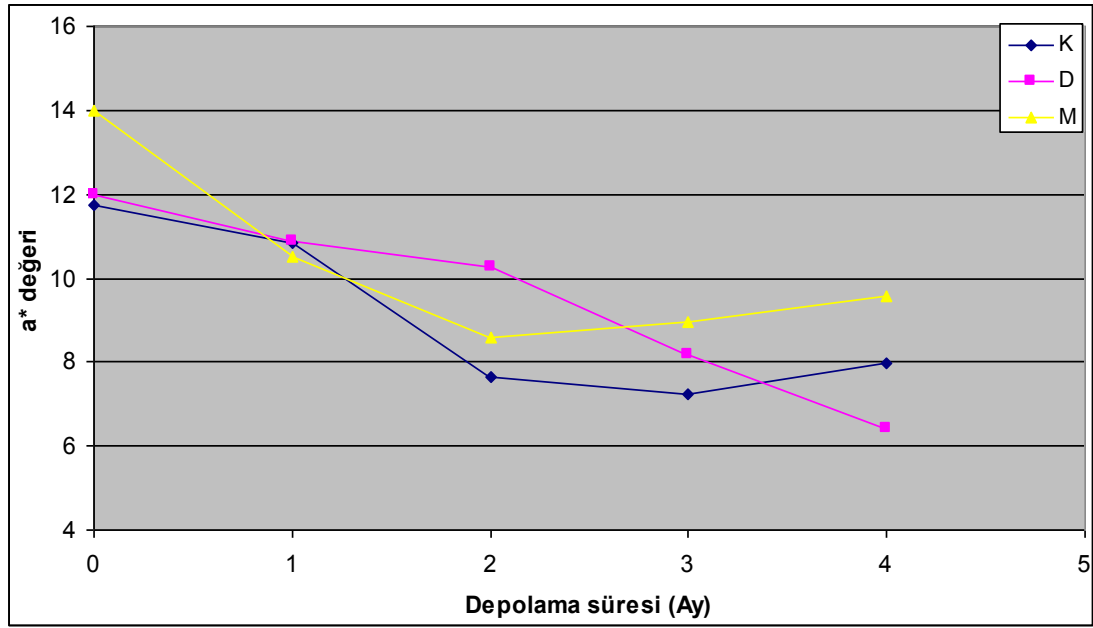
Depolama süresi (Ay)	Örnek adı		
	K	D	M
0	11.76 ± 0.50Ba	12.01 ± 0.55Ba	14.00 ± 0.64Aa
1	10.82 ± 1.06a	10.86 ± 0.48ab	10.50 ± 0.58b
2	7.63 ± 0.73Bb	10.25 ± 1.91Ab	8.60 ± 0.65Bd
3	7.24 ± 1.75Bb	8.16 ± 0.61Bc	8.97 ± 0.74Acd
4	7.97 ± 0.56Bb	6.43 ± 1.04Cd	9.55 ± 0.60Ac

\*: Ortalama ± standart sapma

K: Kontrol, D: Doğrudan KLA ilaveli grup, M: KLA mikrokapsülleri ilave edilen grup

A, B, C: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

a, b, c, d: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)



Şekil 4.18 Nugget kaplamasının a\* değerindeki değişimler

Nugget üretiminde doğrudan ve mikrokapsüle edilmiş KLA ilavesinin nuggetların kesit yüzeyinin a\* değerinde meydana getirdiği değişimler Çizelge 4.12 ile Şekil 4.19'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.12 Nuggetların kesit yüzeyinin a\* değerindeki değişimler\*

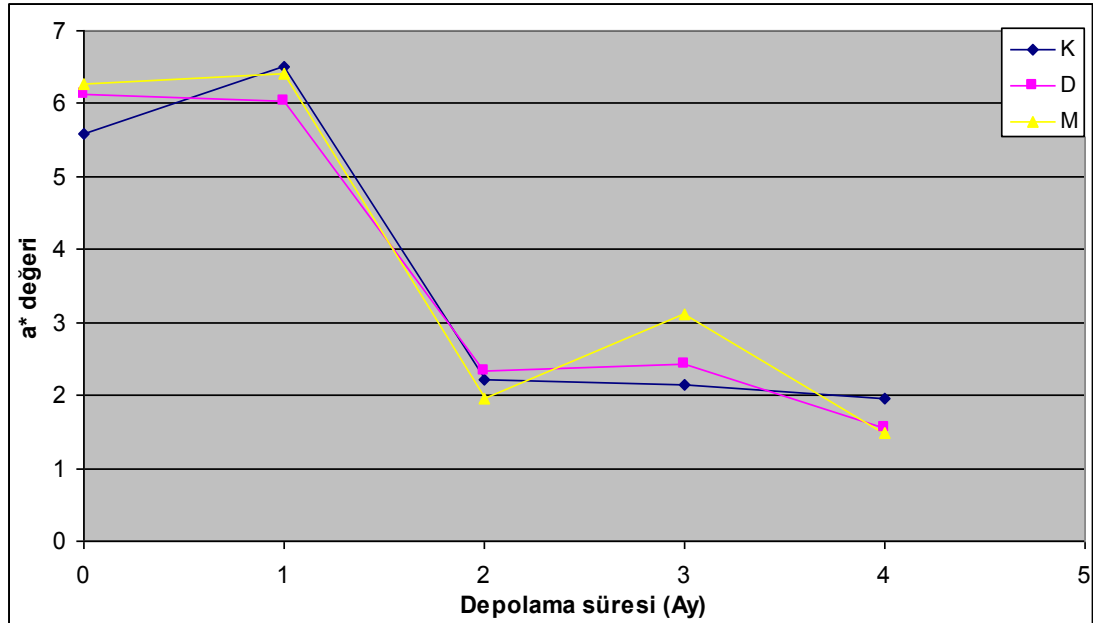
Depolama süresi (Ay)	Örnek adı		
	K	D	M
0	5.58 ± 0.86b	6.12 ± 0.42a	6.26 ± 0.09a
1	6.51 ± 0.40Aa	6.04 ± 0.22Ba	6.41 ± 0.17Aa
2	2.21 ± 0.55c	2.34 ± 0.26b	1.95 ± 0.32c
3	2.14 ± 0.44Bc	2.43 ± 0.44Bb	3.11 ± 0.46Ab
4	1.97 ± 0.16Ac	1.56 ± 0.26Bc	1.48 ± 0.30Bd

\*: Ortalama ± standart sapma

K: Kontrol, D: Doğrudan KLA ilaveli grup, M: KLA mikrokapsülleri ilave edilen grup

A, B: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

a, b, c, d: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)



Şekil 4.19 Nuggetların kesit yüzeyinin a\* değerindeki değişimler

Donmuş depolama sonucunda tüm örnek gruplarının kesit yüzeyinin a\* değerlerinde başlangıç değerlerine göre istatistik açıdan önem taşıyan bir azalma olduğu görülmüştür (p<0.05). KLA mikrokapsülleri ilave edilen örnek grubunun a\* değerleri depolama süresince kontrol grubu ve doğrudan KLA ilave edilen grup ile çok benzer bir değişim göstermiştir. M grubu örneklerinin a\* değeri depolama başlangıcında 6.26 değeri ile diğer gruplardan önemli oranda daha yüksek bulunmuştur (p<0.05). Donmuş

depolamanın 1. ayında K grubu nuggetların ve depolamanın 3. ayında M grubu nuggetların a\* değerindeki artışın önemli olduğu görülmüştür ( $p<0.05$ ). Depolama sonunda ise M grubu örneklerinin 1.48 düzeyindeki a\* değeri D grubu nuggetlardan daha düşük olmasına rağmen aradaki farkın istatistik açıdan önem taşımadığı belirlenmiştir ( $p>0.05$ ).

Yapılan renk ölçümleri sayesinde, kaplama ve kesit yüzeyi a\* değerlerinin benzer değişimler gösterdiği belirlenmiştir.

Du vd. (2002) yaptıkları çalışmada yemlerine KLA ilave edilen tavukların göğüs filetoalarının a\* değerlerinin önemli oranda etkilendiğini belirlemişlerdir. Uygulama sırasında yemlere % 0.5 oranında ilave edilen KLA diğer örneklerle göre daha yüksek a\* değerleri belirlenmesine neden olmuştur. Vakum altında depolanmayan örneklerde ise KLA düzeyi arttıkça a\* değerlerinin azaldığı görülmüştür.

Hur vd. (2004) sığırların yemlerine ilave edilen % 2 oranında KLA'nın bu sığırların etlerinden elde edilen köftelerin a\* değerlerini kontrol örneklerine göre önemli oranda düşürdüğünü tespit etmişlerdir. Araştırmacılar lipit oksidasyonu yoluyla renk değişiminin miyoglobinin oksidasyonunun düzeyi ile yakından ilişkili olduğunu, bu yüzden de KLA ilave edilen sığır köftelerinin a\*değerlerinin kontrol örneklerine göre daha düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Chae vd. (2004) çiğ ve pişmiş sığır kıyması ile yaptıkları çalışmada KLA ilavesinin etin a\* değerleri üzerine önemli bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir.

### **b\* değerindeki değişimler**

Doğrudan ve mikroenkapsüle edilmiş KLA ilavesinin nugget kaplamasının b\* değerinde meydana getirdiği değişimler Çizelge 4.13 ile Şekil 4.20'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.13 Nugget kaplamasının b\* değerindeki değişimler\*

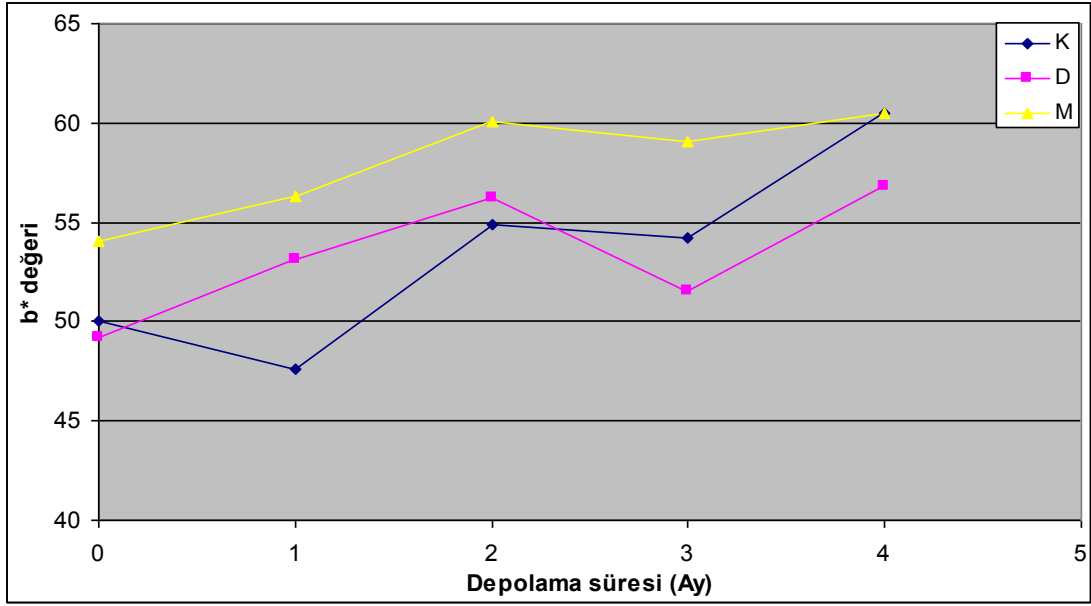
Depolama süresi (Ay)	Örnek adı		
	K	D	M
0	50.04 ± 3.10Bc	49.20 ± 1.56Bd	54.05 ± 0.12Ac
1	47.62 ± 3.53Bc	53.14 ± 2.43Abc	56.34 ± 3.27Abc
2	54.92 ± 5.03Bb	56.22 ± 3.07ABab	60.11 ± 1.28Aa
3	54.23 ± 3.28Bb	51.50 ± 4.06Bcd	59.07 ± 3.78Aab
4	60.45 ± 1.92Aa	56.84 ± 1.43Ba	60.52 ± 1.60Aa

\*: Ortalama ± standart sapma

K: Kontrol, D: Doğrudan KLA ilaveli grup, M: KLA mikrokapsülleri ilave edilen grup

A, B: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

a, b, c, d: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)



Şekil 4.20 Nugget kaplamasının b\* değerindeki değişimler

Nugget üretiminde doğrudan ve mikrokapsüle edilmiş KLA ilavesinin nuggetların kesit yüzeyinin b\* değerinde meydana getirdiği değişimler Çizelge 4.14 ile Şekil 4.21'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.14 Nuggetların kesit yüzeyinin b\* değerindeki değişimler\*

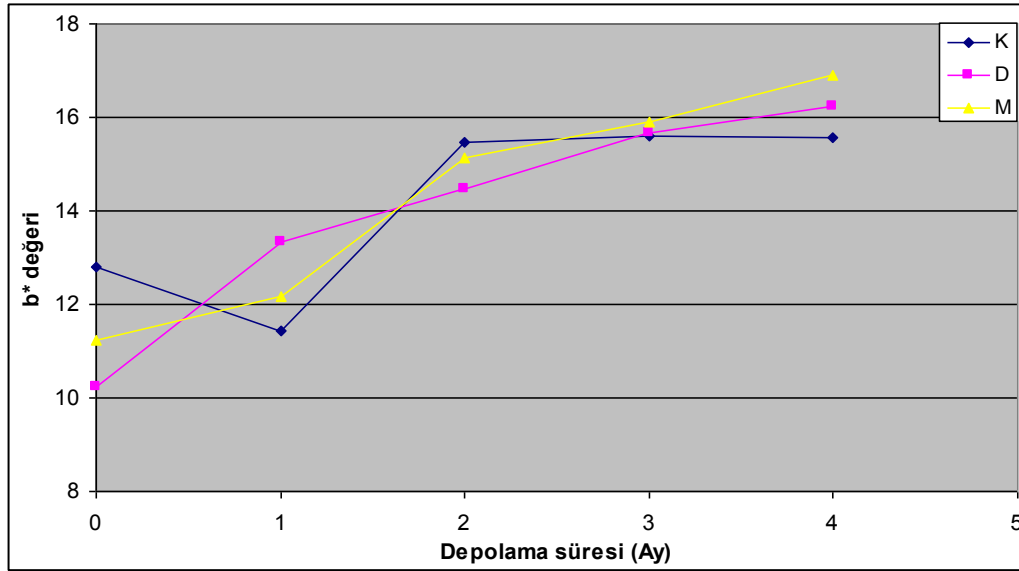
Depolama süresi (Ay)	Örnek adı		
	K	D	M
0	12.81 ± 1.57Ab	10.22 ± 0.04Bd	11.25 ± 0.42Bc
1	11.43 ± 1.16Bb	13.33 ± 0.78Ac	12.16 ± 0.43Bc
2	15.46 ± 0.67a	14.47 ± 1.19b	15.13 ± 1.74b
3	15.61 ± 1.71a	15.65 ± 0.81a	15.90 ± 1.01ab
4	15.57 ± 0.68Ba	16.23 ± 0.47Ba	16.90 ± 0.47Aa

\*: Ortalama ± standart sapma

K: Kontrol, D: Doğrudan KLA ilaveli grup, M: KLA mikrokapsülleri ilave edilen grup

A, B: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

a, b, c, d: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)



Şekil 4.21 Nuggetların kesit yüzeyinin b\* değerindeki değişimler

Donmuş depolama sonunda K, D ve M örnek gruplarının kaplama yüzeyinin b\* değerlerinin başlangıç değerlerine göre önemli oranda artmış olduğu görülmüştür (p<0.05). K grubu nuggetların 1. ve 3. aylardaki, M grubu nuggetların ise 3. aydaki b\* değerinde bir azalma görülse de bir önceki ayın değerlerine bakıldığında bu azalmanın istatistik açıdan bir önem taşımadığı belirlenmiştir (p>0.05). D grubu nuggetların b\* değerinde 3. ayda görülen azalma ise önemli düzeyde olmuştur (p<0.05). Ayrıca KLA



mikrokapsülleri içeren M grubu örneklerinin tüm periyotlardaki b\* değerlerinin diğer gruplardan daha büyük olduğu görülmüştür.

Donmuş depolama süresince K, D ve M örnek gruplarının kesit yüzeyinin b\* değerlerinin de kaplama yüzeyine benzer şekilde artış eğiliminde olduğu görülmüştür. Tüm örnek gruplarının başlangıçtaki ve depolama sonundaki b\* değerleri arasındaki fark istatistik açıdan önem taşımaktadır ( $p<0.05$ ). Kontrol grubu örneklerinin b\* değerlerinde donmuş depolamanın 1. ayında görülen düşüş istatistik açıdan önem taşımaktadır ( $p<0.05$ ). Donmuş depolama sonucunda M grubu nuggetların kesit yüzeyinin b\* değerinin diğer gruplardan önemli oranda daha yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ).

Yapılan renk ölçümleri sayesinde, kaplama ve kesit yüzeyi b\* değerlerinin benzer değişimler gösterdiği belirlenmiştir.

Du vd. (2000) yaptıkları çalışmada yemlerine % 5 oranında KLA ilave ettikleri tavukların etlerinden hazırlanan köftelerde 7 günlük depolamasının ardından kontrol örneğine göre b\* değerlerinin azaldığını belirlemişlerdir.

Joo vd. (2002) yaptıkları çalışmada domuzların yemlerine % 5 oranında KLA ilavesinin, 7 günlük soğuk depolamadan sonra kontrol örneklerine göre önemli oranda daha düşük b\* değerlerine neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Chae vd. (2004) çiğ ve pişmiş sığır kıyması ile yaptıkları çalışmada KLA ilavesinin etin b\* değerleri üzerine önemli bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir.

Martin vd. (2008a) yemlerine % 1 ve % 2 oranında KLA ve tekli doymamış yağ asitleri (% 19 ve % 39) ilave edilen domuzların etlerinin b\* değerlerinde 7 günlük soğuk depolamasının 4. gününe kadar önemli bir artış olduğunu belirtmişlerdir.

## 4.2.9 Duyusal analiz

### 4.2.9.1 Görünüş

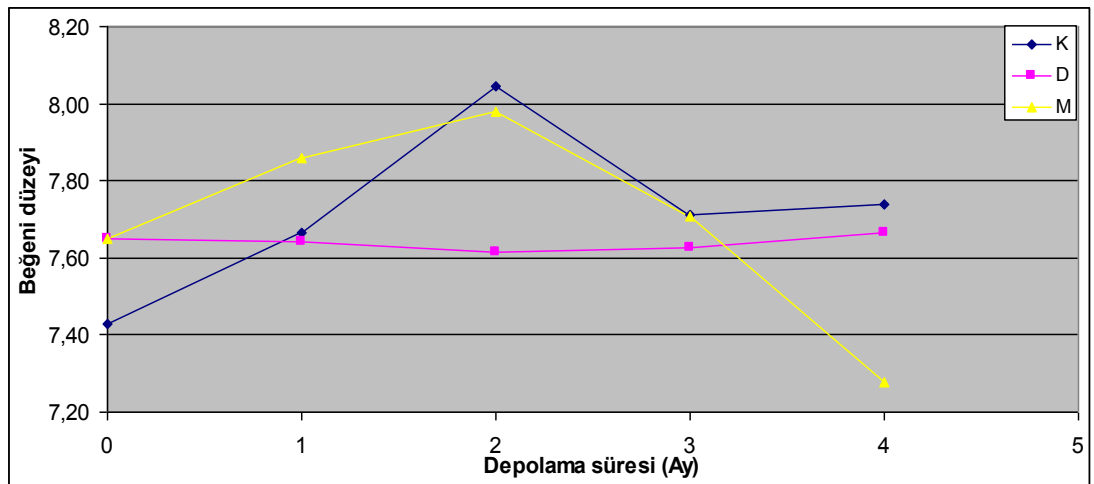
Doğrudan ve mikroenkapsüle edilmiş KLA ilavesinin duyusal açıdan nuggetların görünüş değerlerine etkisi Çizelge 4.15 ile Şekil 4.22’de verilmiştir. Yapılan duyusal değerlendirmede kullanılan form örneği EK 6’da verilmiştir.

Çizelge 4.15 Nuggetların duyusal analiz (görünüş) sonuçları \*

Depolama süresi (Ay)	Örnek adı		
	K	D	M
0	7.43 ± 1.08	7.65 ± 0.99	7.65 ± 1.14
1	7.67 ± 0.98	7.64 ± 0.93	7.86 ± 1.23
2	8.05 ± 0.72	7.61 ± 1.05	7.98 ± 0.82
3	7.71 ± 0.82	7.63 ± 0.83	7.71 ± 0.92
4	7.74 ± 0.73	7.67 ± 0.69	7.28 ± 1.02

\*: Ortalama ± standart sapma

K: Kontrol, D: Doğrudan KLA ilaveli grup, M: KLA mikroenkapsülleri ilave edilen grup



Şekil 4.22 Nuggetların duyusal analiz (görünüş) sonuçları

Başlangıçtan itibaren donmuş depolama boyunca yapılan duyu analizi sonuçlarına göre nuggetların görünüşlerindeki değişiklikler istatistik açıdan önem taşımamaktadır ( $p>0.05$ ). Depolamanın başında D ve M grubu örneklerinin görünüş puanları kontrol örneğine göre daha yüksek çıkmıştır. Depolama süresince D grubu örnekleri görünüş açısından yaklaşık olarak aynı değerleri alması dikkat çekicidir. K ve M örneklerinin görünüş puanları ise depolamanın ilk 2 ayında artış göstermiş ve 2. ay sonunda en yüksek değerlerine ulaşmıştır. Sonrasında her iki grubun görünüş puanlarında bir azalma görülse de bu azalma önemli oranda olmamıştır. Depolamanın sonunda ise K ve D örneklerinin görünüş puanları M örneğinden daha yüksek olmuştur ama bu farklılık istatistik açıdan önem taşımamaktadır ( $p>0.05$ ).

#### 4.2.9.2 Renk

Doğrudan ve mikroenkapsüle edilmiş KLA ilavesinin duyu analizi açısından nuggetların renk değerlerine olan etkisi Çizelge 4.16 ile Şekil 4.23'te verilmiştir.

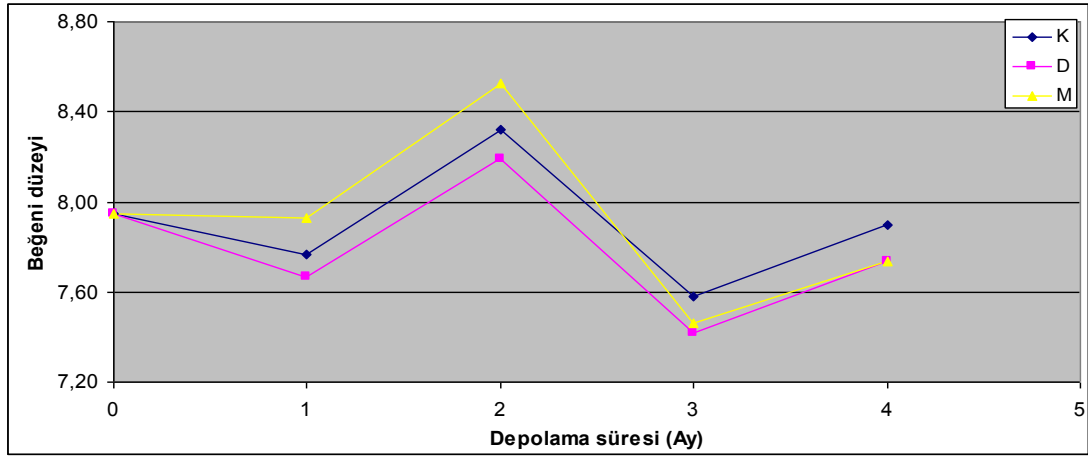
Çizelge 4.16 Nuggetların duyu analizi (renk) sonuçları \*

Depolama süresi (Ay)	Örnek adı					
	K		D		M	
0	7.95	± 1.05ab	7.95	± 0.91ab	7.95	± 0.83ab
1	7.77	± 0.83ab	7.67	± 1.11ab	7.93	± 1.27ab
2	8.32	± 0.76a	8.19	± 1.03a	8.52	± 0.68a
3	7.58	± 0.95b	7.42	± 0.90b	7.46	± 1.03b
4	7.89	± 0.81ab	7.74	± 0.93ab	7.74	± 0.97b

\*: Ortalama ± standart sapma

K: Kontrol, D: Doğrudan KLA ilaveli grup, M: KLA mikroenkapsülleri ilave edilen grup

a, b: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p<0.05$ )



Şekil 4.23 Nuggetların duyu analizi (renk) sonuçları

Depolamanın tüm aşamalarında K, D ve M grubu nuggetların duyu açıdan renk değerleri benzer değişiklikleri göstermiştir ve tüm periyotlarda örnek grupları arasındaki fark istatistik açıdan önem taşımamaktadır ( $p>0.05$ ). Başlangıçta ve 1. ayda yapılan duyu panellerde belirlenen örneklerin renk değerlerindeki değişiklikler önemli değildir. Fakat renk değerlerinde 2. ayda görülen artış ve 3. ayda görülen azalma tüm gruplarda önem taşımaktadır ( $p<0.05$ ). M grubu örnekleri 2. ayda, tüm depolama boyunca yapılan analizlerde elde edilen en yüksek renk beğenisi puanına ulaşmıştır (8.52). Depolamanın sonunda ise renk puanlarının ortalaması aynı olan D ve M grubu örnekleri (7.74) K grubu örneğinden (7.89) daha düşük bir değere sahip olmuşlardır.

#### 4.2.9.3 Koku

Doğrudan ve mikroenkapsüle edilmiş KLA ilavesinin duyu açıdan nuggetların koku değerlerine etkisi Çizelge 4.17 ile Şekil 4.24'te verilmiştir.

Nuggetların duyu açıdan koku değerlerinde depolama boyunca görülen değişiklikler istatistik açıdan önem taşımamaktadır ( $p>0.05$ ). Tüm grupların koku değerleri başlangıçtan itibaren 2. aya kadar bir artış göstermiştir. Depolamanın 2. ayında renk değerlerinde olduğu gibi koku değerlerinde de en yüksek puanı M grubu örnekleri

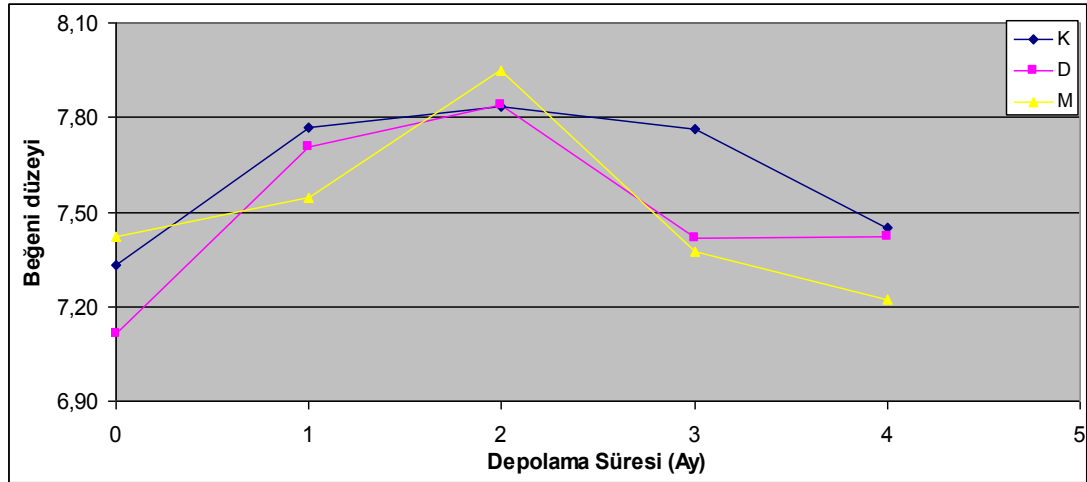
almıştır (7.95). Fakat bu farklılık istatistik açıdan bir önem taşımamaktadır ( $p>0.05$ ). Tüm gruptaki bu artışın ardından depolamanın 3 ve 4. aylarında koku değerlerinde bir azalma görülmüş ve K (7.45) ve D (7.42) örnekleri M grubuna (7.22) oranla daha yüksek koku değerlerine sahip olmuştur ( $p>0.05$ ).

Çizelge 4.17 Nuggetların duyu analizi (koku) sonuçları \*

Depolama süresi (Ay)	Örnek adı		
	K	D	M
0	7.33 ± 0.97	7.11 ± 0.96	7.42 ± 1.02
1	7.77 ± 0.93	7.71 ± 1.01	7.55 ± 1.04
2	7.83 ± 0.94	7.84 ± 1.02	7.95 ± 1.00
3	7.76 ± 0.75	7.42 ± 0.90	7.38 ± 1.03
4	7.45 ± 0.83	7.42 ± 0.90	7.22 ± 1.06

\*: Ortalama ± standart sapma

K: Kontrol, D: Doğrudan KLA ilaveli grup, M: KLA mikrokapsülleri ilave edilen grup



Şekil 4.24 Nuggetların duyu analizi (koku) sonuçları

#### 4.2.9.4 Lezzet

Doğrudan ve mikroenkapsüle edilmiş KLA ilavesinin duyusal açıdan nuggetların lezzet değerlerine etkisi Çizelge 4.18 ile Şekil 4.25'te verilmiştir.

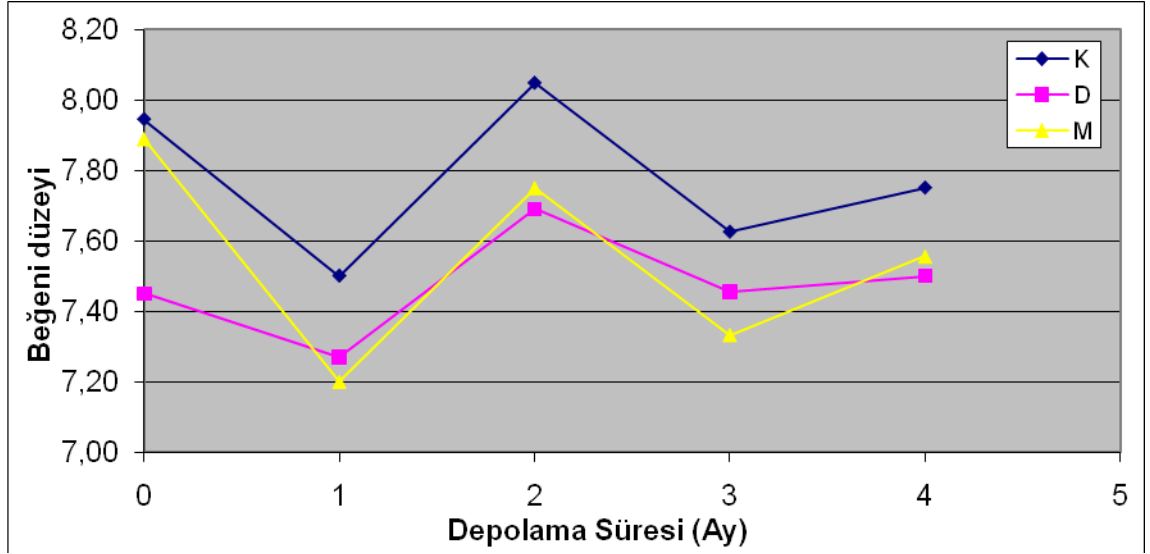
Nuggetların depolanması boyunca yapılan duyusal panellerde hem örnekler hem de periyotlar arasında lezzet değerlerinde görülen farklılıkların istatistik açıdan önem taşımadığı belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). Başlangıçtan itibaren tüm örnek gruplarındaki lezzet değerleri bir azalma göstermiş ve 1. ay analizlerinde en düşük lezzet değerleri ile karşılaşılmıştır. Yine tüm örnek gruplarının lezzet değerlerinde 2. ayda bir artış, 3. ayda ise az da olsa bir azalma görülmüştür. Depolamanın sonunda ise en beğenilen örnek K grubu örneği olmuştur. Fakat diğer örneklerle K grubu arasındaki farkın istatistik açıdan bir önem taşımadığı belirlenmiştir ( $p>0.05$ ).

Çizelge 4.18 Nuggetların duyusal analiz (lezzet) sonuçları \*

Depolama süresi (Ay)	Örnek adı		
	K	D	M
0	7.94 ± 1.00	7.45 ± 1.05	7.89 ± 1.02
1	7.50 ± 0.94	7.27 ± 1.09	7.20 ± 1.03
2	8.05 ± 0.86	7.69 ± 0.90	7.75 ± 1.06
3	7.63 ± 0.93	7.45 ± 0.93	7.33 ± 1.07
4	7.75 ± 0.66	7.50 ± 0.90	7.56 ± 0.92

\*: Ortalama ± standart sapma

K: Kontrol, D: Doğrudan KLA ilaveli grup, M: KLA mikroenkapsülleri ilave edilen grup



Şekil 4.25 Nuggetların duyu analizi (lezzet) sonuçları

#### 4.2.9.5 Yapı

Doğrudan ve mikrokapsüle edilmiş KLA ilavesinin duyu açıdan nuggetların yapısına etkisi Çizelge 4.19 ile Şekil 4.26’da verilmiştir.

Çizelge 4.19 Nuggetların duyu analizi (yapı) sonuçları \*

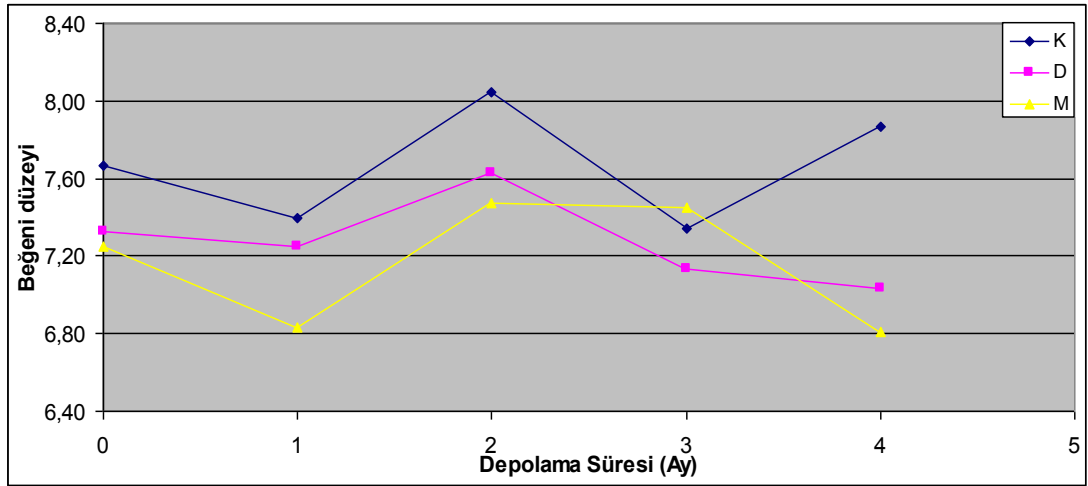
Depolama süresi (Ay)	Örnek adı		
	K	D	M
0	7.67 ± 1.14ab	7.32 ± 0.88	7.25 ± 1.09
1	7.40 ± 0.91ab	7.25 ± 0.85	6.83 ± 0.94
2	8.05 ± 0.74Aa	7.63 ± 0.70AB	7.48 ± 0.95B
3	7.34 ± 1.00b	7.14 ± 1.00	7.45 ± 1.17
4	7.87 ± 0.81Aab	7.03 ± 0.80B	6.81 ± 0.67B

\*: Ortalama ± standart sapma

K: Kontrol, D: Doğrudan KLA ilaveli grup, M: KLA mikrokapsülleri ilave edilen grup

A, B: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

a, b: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05)



Şekil 4.26 Nuggetların duysal analiz (yapı) sonuçları

Depolamanın 2. ve 4. aylarında M grubu örneği yapısal açıdan kontrol örneğinden önemli oranda daha düşük puanlar almıştır ( $p < 0.05$ ). D grubu örneği de her iki dönemde K grubu örneğinden daha düşük puanlar almıştır fakat 2. ayda belirlenen 7.63 değeri ile K grubunun 8.05 değeri arasındaki fark istatistik açıdan önem taşımamaktadır. K grubunun depolama süresince yapısal açıdan en yüksek değerleri almasına rağmen M grubu örneklerinin depolamanın 3. ayında en yüksek yapısal beğeni puanını alması da dikkat çekicidir. Depolama dönemlerinde yapılan duysal panellerde D ve M grubu örneklerinin yapısal açıdan birbirine benzer puanlar aldıkları ve bu puanlar arasındaki farkın istatistik açıdan bir önem taşımadığı da görülmüştür ( $p > 0.05$ ).

#### 4.2.9.6 Genel beğeni

Doğrudan ve mikroenkapsüle edilmiş KLA ilavesinin duysal açıdan nuggetların genel beğeni değerlerine etkisi Çizelge 4.20 ile Şekil 4.27’de verilmiştir.

Nuggetların duysal panellerinde genel beğeni açısından örnekler ve periyotlar arasında görülen farklılıkların istatistik açıdan önem taşımadığı belirlenmiştir ( $p > 0.05$ ). Başlangıçta ve 1. ay sonunda en beğenilen örnek M grubu olurken depolamanın ilerleyen aşamalarında en beğenilen örnek K grubu olmuştur ( $p > 0.05$ ). Depolamanın 2



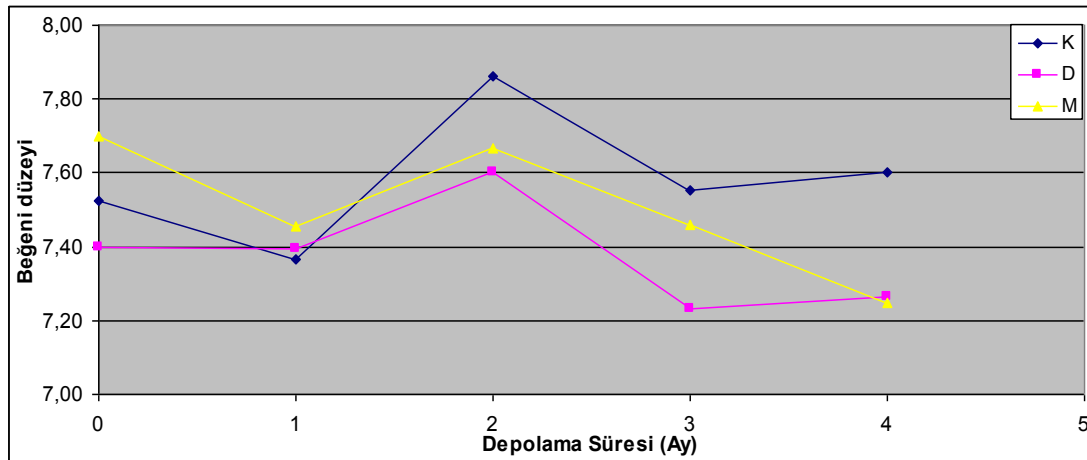
ayında örnek gruplarının genel beğenisinin en üst seviyelerde olması da dikkat çekicidir.

Çizelge 4.20 Nuggetların duyu analizi (genel beğeni) sonuçları \*

Depolama süresi (Ay)	Örnek adı					
	K		D		M	
0	7.53	± 0.99	7.40	± 0.87	7.70	± 1.03
1	7.37	± 0.90	7.39	± 0.92	7.45	± 1.15
2	7.86	± 0.88	7.60	± 0.74	7.67	± 0.98
3	7.55	± 0.83	7.23	± 0.97	7.46	± 1.08
4	7.60	± 0.70	7.26	± 0.84	7.25	± 0.88

\*: Ortalama ± standart sapma

K: Kontrol, D: Doğrudan KLA ilaveli grup, M: KLA mikrokapsülleri ilave edilen grup



Şekil 4.27 Nuggetların duyu analizi (genel beğeni) sonuçları

Yapılan birçok çalışmada KLA'nın, içerdiği konjuge çift bağlar nedeniyle düşük oksidatif stabiliteye sahip olduğu bildirilmiştir (Park vd. 2002, Jimenez vd. 2004, Jimenez vd. 2008). KLA kolayca okside olduğu için gıdalarda katkı veya zenginleştirici olarak kullanıldığında koruma altına alınması gerekmektedir. KLA'nın enkapsülasyonu

oksidasyon stabilitesinin artırılması için iyi bir yöntemdir. Fakat KLA'nın enkapsülasyonu da aromada istenmeyen birtakım değişikliklere neden olabilir. Bu nedenle ekleneceği ürünlerdeki eşik değerlerinin belirlenmesi aşamaları büyük önem taşımaktadır (Jimenez vd. 2008).

Du vd. (2000), farklı oranlarda KLA içeren yemlerle beslenen tavukların etlerindeki uçucu bileşenlerin, rengin ve lipit oksidasyonunun düzeyini inceledikleri çalışmalarında, tavuk etinin duyu özelliklerini de değerlendirmişler ve çiğ tavuk etindeki uçucu bileşenlerin yemlerdeki KLA düzeyinin değişmesinden önemli oranda etkilendiğini belirlemişlerdir. Sonuçlara göre yemlere ilave edilen KLA renk stabilitesini de iyileştirmiştir. Ayrıca panelistlerin farklı oranlarda KLA uygulamalarından elde edilen etlerin kokuları arasında bir fark belirleyemediğini de duyurmuşlardır.

Du vd. (2003) farklı oranlarda KLA içeren yemlerle beslenen tavuk etlerinin ışınlama sonrası kalite değişimlerini inceledikleri çalışmalarında KLA oranındaki artış ile tavuk göğüs etlerinin sertleştiğini, sululuk özelliğinin artış gösterdiğini belirtmişlerdir.

Jimenez vd. (2008) farklı oranlarda KLA ve kaplama materyalini kullanarak oluşturdukları KLA mikrokapsüllerini farklı süt ürünlerine ilave etmişler ve her ürünlerdeki eşik değerlerini belirlemeye çalışmışlardır. Çalışma sonuçlarında da tereyağdaki KLA mikrokapsüllerinin eşik değerlerini, süt ve yoğurt örneklerine göre daha yüksek bulmuşlardır. Bu sonuç tereyağında KLA'nın duyu olarak belirlenmesinin diğer örneklerle göre daha zor olduğunu göstermiştir.

Corino vd. (2003) ile Martin vd. (2008b) yaptıkları çalışmaların sonucu olarak kuru kütleme işlemi uyguladıkları domuz etlerinin duyu özelliklerinde KLA'nın önemli bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir.

Chidanandaiah vd. (2009), bufalo etinden yapılan ve buzdolabı sıcaklığında bekletilen köftelerin kalitesini iyileştirmek için köfteleri sodyum aljinat ile kaplamışlardır.

Araştırmacılar, kaplama materyali olarak % 2 oranında sodyum aljinat içeren emülsiyonu kullanmanın ürünlerin görünüş ve renk değerlerini diğer kaplamalara (% 0, 4 ve 6 oranında sodyum aljinat) göre istatistik açıdan önemli düzeyde iyileştirdiğini belirlemişlerdir. Ayrıca depolama süresindeki uzamanın da duyuşal özelliklerin olumlu puanlarını düşürdüğünü belirtmişlerdir.

## 5. SONUÇ

Yaygın biçimde zayıflama ürünü ve yağ dengeleyici olarak gıda takviyesi şeklinde kullanılan KLA'nın mikroenkapsülasyon tekniği uygulanarak gıdalarda kullanılabilirliğini gösteren çok az sayıda çalışma bulunmaktadır. Günümüzde kısa sürede hazırlanabilen, besleyici ve doyurucu gıda ihtiyaçlarının ortaya çıkması sonucunda ileri işlenmiş tavuk ürünlerine olan talep artmaktadır. Mikroenkapsüle edilmiş KLA'nın ileri işlenmiş tavuk ürünlerine ilavesi ile fonksiyonel gıda üretimi için ileri düzeyde Ar-Ge çalışmaları yapan kanatlı eti sektörünün ürün çeşitliliğini artırma isteğine cevap verilerek tüketici taleplerinin karşılanması sağlanmış olacaktır.

Mikroenkapsülasyon prosesinde, kaplama materyali olarak gıda sanayisinde kullanımı çok yaygın olan sodyum aljinat kullanılmıştır. Farklı kaplama materyallerinin (peynir altı suyu proteini, maltodekstrin, kitozan vb.) veya bunların karışımlarının farklı oranlarda kullanım olanakları, bu alanda yapılacak olan çalışmalarda araştırılmalıdır. Bununla birlikte KLA ilavesi ile fonksiyonel gıda özelliği kazandırılan nuggetin yanında yine tüketimi yaygın olan fakat KLA içeriği düşük olan gıdalarda da benzer çalışmaların yapılması yararlı olacaktır.

Tüketici beklentilerindeki değişikliklerden dolayı fonksiyonel gıdaların önemi gün geçtikçe artmaktadır. KLA yanında fonksiyonel açıdan önem taşıyan birçok bileşiğin ve gıda sanayisinin üretim proseslerinde gün geçtikçe daha fazla miktarda ve farklı amaçlarla kullanılan birçok bileşenin (aroma maddeleri, asitlendiriciler, vitaminler, mineraller, mikroorganizmalar, koruyucular, enzimler, lipitler, antioksidanlar, tatlandırıcılar, renk maddeleri vb.) mikrokapsüllerinin üretimi için yapılacak olan çalışmalar sonucunda, ithal etmek durumunda olduğumuz bu mikrokapsüllerin yurtiçinde üretimi sağlanarak ekonomimize bir katma değer sağlanmış olacaktır.

Nugget ve/veya diğer et ürünlerinin üretiminde, literatür taraması ile de desteklenen sonuçlar doğrultusunda, KLA içeriği artırılmış yemlerle beslenen hayvanların etlerinin kullanılması ile son üründe bulunan KLA miktarındaki artışın normal beslenen

hayvanların etlerinden elde edilen ürünlere kıyasla ortaya konması da ilerideki çalışmaların konusu olacaktır.

Araştırma sonucunda çalışmamızdaki mikroenkapsülasyonda kullanılan KLA:Sodyum aljinat oranı 1:2 olarak belirlenmiştir. Gerçekleştirilen mikroenkapsülasyon işlemi sonrasında oluşturulan KLA mikrokapsüllerinin ortalama büyüklüklerinin 587.23 µm ve mikroenkapsülasyonun etkinliğinin % 94.46 olduğu belirlenmiştir. Sodyum aljinatın farklı özellikteki kaplama materyalleri ile farklı oranlarda emülsiyonlarının oluşturulması ve oluşturulan bu kaplama materyalinin KLA'nın mikroenkapsülasyonunda kullanımı ile KLA'nın farklı oranlarda mikrokapsüle edilebilmesi sayesinde, yapısının farklı düzeylerde korunabilmesi ve sağlık üzerine olan etkilerinin yine farklı düzeylerde ortaya çıkması sağlanabilecektir.

Depolama başlangıcında nugget örneklerinin kimyasal analiz sonuçları incelendiğinde KLA mikrokapsülleri içeren M grubu nuggetların nem içeriği ile doğrudan KLA ilave edilen D grubu ve kontrol grubu nuggetların nem içerikleri arasında önemli bir farklılık olmadığı görülmüştür. Tüm örnek gruplarında yağ oranı % 12'ye ayarlandığı için nugget gruplarının % yağ bileşimlerinde de bir farklılık görülmemiştir. Ayrıca mikrokapsüllerin kaplama materyali olan aljinatın nuggetların % kül içeriğinde önemli bir değişikliğe neden olmadığı belirlenmiştir.

Depolama sırasında yapılan analizler sonucunda D ve M grubu nuggetların pH değerlerinin kontrol örneği ile benzer değişiklikler gösterdiği, doğrudan veya mikrokapsül formunda KLA ilavesinin D ve M grubu nuggetların pH değeri üzerine bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Bu da KLA ilavesinin asitlik gelişimi ile renkte ve aromada herhangi bir değişikliğe neden olmadığını göstermektedir.

Nugget yağında yapılan yağ asitleri bileşimi ve lipit oksidasyonu analizlerinin bazı sonuçlarında dalgalanmalar görülmüştür. Nuggetların, et ürünleri örnekleri arasında nispeten homojen bir yapıya sahip olmasına rağmen yine de nugget hamurunun hazırlanması sırasında tam manada bir homojenizasyonun sağlanamamasının bu

dalgalanmaların sebebi olduğu düşünülmektedir. Kontrol grubu nuggetlarda bulunmayan KLA içeriği, yapılan uygulama sonrasında D ve M grubu nuggetların yağında sırasıyla % 10.65 ve % 12.54 düzeylerine ulaşmıştır. Yapılan analizler ile doğrudan veya mikrokapsül formda KLA ilave edilen nuggetların KLA içeriğinde, donmuş depolama süresince önemli oranda bir değişim olmadığı görülmüştür. Ayrıca KLA mikrokapsülleri ilave edilen M grubu nuggetlarda ve doğrudan KLA ilave edilen D grubu nuggetlardaki çoklu doymamış yağ asidi içeriğinin tüm periyotlarda kontrol grubu nuggetlardan daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Lipit oksidasyonu düzeyinin belirlenmesi için yapılan TBA, peroksit, *p*-anisidin ve totoks değeri analizlerinde KLA ilave edilen nugget gruplarında ve özellikle de KLA mikrokapsülleri ilave edilen M grubu nuggetlardaki oksidasyon düzeyinin donmuş depolama süresince kontrol grubu nuggetlardan daha düşük düzeyde olduğu görülmüştür.

Nuggetların L\* değerinde depolama süresince görülen değişikliklerin KLA'nın ete farklı pozisyonlarda yerleşmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Nuggetların a\* değerinde depolama süresince bir azalma söz konusudur. Bu azalma miyoglobinin oksidasyonundan kaynaklanmaktadır. Donmuş depolama süresince K, D ve M örnek gruplarının b\* değerlerinin ise artış eğiliminde olduğu görülmüştür. M grubu nuggetlar ise tüm periyotlarda diğer gruplardan daha yüksek b\* değerlerine sahip olmuştur. Etin rengi oksimiyoglobinin oksidasyonu ve metmyoglobinin indirgenmesi arasındaki dengeye bağlıdır. Lipit oksidasyonu miyoglobinin metmyoglobine oksidasyonunu başlatabilir. KLA'nın ise yağlardaki oksidatif değişiklikleri yavaşlatarak etlerin renk stabilitesinin iyileştirilmesinde etkili bir bileşen olduğu belirlenmiştir.

Yapılan duyusal değerlendirme sonuçlarına göre; doğrudan veya mikrokapsül formda KLA ilavesi nuggetları görünüş, renk, koku, lezzet, yapı ve genel beğeni özellikleri açısından olumsuz yönde etkilememiştir.

Tüm bu sonuçlar doğrultusunda; ileri işlenmiş tavuk eti ürünleri arasında büyük bir tüketim potansiyeli bulunan nuggeta üretim prosesi sırasında KLA'nın bileşen olarak doğrudan ve mikrokapsül formda ilave edilmesi ile nugget yağındaki KLA içeriğinin artırılabilceği belirlenmiştir. Araştırmada kullanılan çalışma parametreleri ile üretilen mikrokapsüllerin, nuggetların üretimi aşamasında açıldığı ve bu nedenle de mikrokapsüllerin sadece üretim aşamasında KLA'daki oksidasyonun daha düşük düzeyde olmasını sağladığı belirlenmiştir. Bu noktadan hareketle nuggetların üretimi sırasında gerçekleştirilen yoğurma, kızartma, fırınlama, dondurma gibi koşullara dayanıklı bir kaplama materyalinin ve kaplama yönteminin belirlenmesi, ileride çalışılacak konuların arasında yer almalıdır.

## KAYNAKLAR

- Adlof, R. O., Duval, S. and Emken, E. A. 2000. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in humans. *Lipids*, Vol. 35 (2), pp. 131-135.
- Ahn, J. H., Young-Pil, K., Eun-Mi, S., Young-Ki, C. and Hak-Sung, K. 2008. Antioxidant effect of natural plant extracts on the microencapsulated high oleic sunflower oil. *Journal of Food Engineering*, Vol. 84, pp. 327-334.
- Akoğlu, İ. T. 2008. Mikroenkapsülasyon teknikleri ve et endüstrisinde uygulama alanları. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. Doktora Semineri. 38 s. Ankara.
- Akoğlu İ. T. ve Kolsarıcı N. 2010. Gıda sanayiinde enkapsülasyon teknolojisinin kullanımı. Uluslararası Katılımlı Nanobilim ve Nanoteknoloji Öğrenci Kongresi Özet Kitabı. s. 70. İstanbul.
- Alfaia, C. M., Alves, S. P., Lopes, A. F., Fernandes, M. J., Costa, A. S., Fontes, C. M., Castro, M. L., Bessa, R. J. and Prates, J. A. 2010. Effect of cooking methods on fatty acids, conjugated isomers of linoleic acid and nutritional quality of beef intramuscular fat. *Meat Science*, Vol. 84 (4), pp. 769-777.
- Anas, A., Han, J. H., Liu, Z., Rodrigues-Vieira, E. T. and Richard, A. H. 2006. Temperature-sensitive microcapsules containing lactoferrin and their action against *Carnobacterium viridans* on bologna. *JFS M: Food Microbiology and Safety Journal of Food Science*, Vol. 71 (6), pp. 208-214.
- Anonymous. 1990. Official methods of analyses. Association of Official Analytical Chemist. IAC, Arlington, VA, USA.
- Anonymous. 1997. p-Anisidine Value. AOCS Official Method. Sampling and analysis of commercial fats and oils. Cd 18-90.
- Anonymous. 2002. National Research Council (NRC), RB Working group raises the quality bar for long chain omega-3 EPA ve DHA products.
- Anonymous 2003. Peroxide Value. AOCS Official Method. Sampling and analysis of commercial fats and oils. Cd 8-53.
- Aydın, R. 2005. Conjugated linoleic acid: Chemical structure, sources and biological properties. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, Vol. 29, pp. 189-195.
- Baik, M. Y., Suhendro, E. L., Nawar, W. W., McClements, D. J., Decker, E. A., Chinachoti, P. 2004. Effects of antioxidant and humidity on the oxidative stability of microencapsulated fish oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, Vol. 81, pp. 355-360.



- Barbut, S. 2006. Fermentation and chemical acidification of salami-type products-effect on yield, texture and microstructure. *Journal of Muscle Foods*, Vol. 17 (1), pp. 34-42.
- Baublits, R. T., Pohlman, F. W., Brown, A. H., Johnson, Z. B., Proctor, A., Sawyer, J., Dias-Morse, P. and Galloway, D. L. 2007. Injection of conjugated linoleic acid into beef strip loins. *Meat Science*, Vol. 75, pp. 84-93.
- Bauman, D. E., Baumgard, L. H., Corl, B. A. and Griinari, J. M. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. *Proc. Am. Soc. Anim. Sci.*, 15 s. <http://www.asas.org/symposia/9899proc/0937.pdf>. Erişim Tarihi: 15.12.2011.
- Benito, P., Nelson, G. J., Kelley, D. S., Bartolini, G., Schmidt, P. C. and Simon, V. 2001. The effect of conjugated linoleic acid on plasma lipoproteins and tissue fatty acid composition in humans. *Lipids*, Vol. 36 (3), pp. 229-236.
- Bessa, R. J. B., Santos-Silva, J., Ribeiro, J. M. R. and Portugal, A. V. 2000. Reticulo-rumen biohydrogenation and the enrichment of ruminant edible products with linoleic acid conjugated isomers. *Livest Prod. Sci.*, Vol. 63, pp. 201-211.
- Bhattacharya, A., Banu, J., Rahman, M., Causey, J. and Fernandes, G. 2006. Biological effects of conjugated linoleic acids in health and disease. *J. Nutr. Biochem.*, Vol. 17, pp. 789–810.
- BIOKIMKIMYA, 2009. Web sitesi. <http://www.biokimkimya.com>. Erişim Tarihi: 01.09.2009.
- Bligh, E. G. and Dyer, W. J. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian J. Biochem. Physiol.* Vol. 37, pp. 911-913.
- Bölükbaşı, S. C. 2006. The effect of dietary conjugated linoleic acid (cla) on broiler performance, serum lipoprotein content, muscle fatty acid composition and meat quality during refrigerated storage. *Br. Poult. Sci.*, Vol. 47 (4), pp. 470-476.
- Calleros, C., Reyes-Hernández, J., Beristain, C. I., Hornelas-Urbe, Y., Sánchez-García, J. E. and Vernon-Carter, E. J. 2007. Microstructure and texture of white fresh cheese made with canola oil and whey protein concentrate in partial or total replacement of milk fat. *Food Research International*, Vol. 40, pp. 529-537.
- Campbell, W., Drake, M. A. and Larick, D. K. 2003. The impact of fortification with conjugated linoleic acid on the quality of fluid milk. *J. Dairy Science*, Vol. 86, pp. 43-51.
- Chae, S.H., Keton, J.T. and Smith, S.B. 2004. Conjugated linoleic acid reduces lipid oxidation in aerobically stored, cooked ground beef patties. *Journal of Food Science*, Vol. 69, pp. 306-309.

- Chen, J. F., Tai, C. Y., Chen, Y. C. and Chen, B. H. 2001. Effects of conjugated linoleic acid on the degradation and oxidation stability of model lipids during heating and illumination. *Food Chemistry*, Vol. 72, pp. 199-206.
- Chidanandaiah-Keshri, R. C. and Sanyal, M. K. 2009. Effect of sodium alginate coating with preservatives on the quality of meat patties during refrigerated storage. *Journal of Muscle Foods*, Vol. 20, pp. 275-292.
- Corino, C., Magni, S., Pastorelli, G., Rossi, R. and Mourot, J. 2003. Effect of conjugated linoleic acid on meat quality, lipid metabolism, and sensory characteristics of dry-cured hams from heavy pigs. *J. Anim. Sci.*, Vol. 81, pp. 2219-2229.
- Coşkun, T. 2005. Fonksiyonel besinlerin sağlığımız üzerine etkileri. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 48 (1), s. 61-84.
- Çelebi, Ş. ve Kaya, A. 2008. Konjuge linoleik asitin biyolojik özellikleri ve hayvansal ürünlerde miktarını artırmaya yönelik bazı çalışmalar. *Hayvansal Üretim*, 49 (1), s. 62-68.
- Demirel, M. ve Yazan, Y. 2000. Katı lipit nanopartiküller (SLN). *Fabad J. Pharm. Sci.*, Vol. 25, pp. 167-179.
- Demirok, E. ve Kolsarıcı, N. 2010. Et ve et ürünlerinde konjuge linoleik asit ve önemi. *Gıda*, 35(1), s. 71-77.
- Doleyres, Y. and Lacroix, C. 2005. Technologies with free and immobilised cells for probiotic bifidobacteria production and protection. *International Dairy Journal*, Vol. 15, pp. 973-988.
- Downham, A. and Collins, P. 2000. Colouring our foods in the last and next millennium. *International Journal of Food Science and Technology* Vol. 35 (1), pp. 5-22.
- Drusch, S. and Berg, S. 2008. Extractable oil in microcapsules prepared by spray-drying: Localisation, determination and impact on oxidative stability. *Food Chemistry*, Vol. 109, pp. 17-24.
- Du, M., Ahn, D. U., Nam, K. C. and Sell, J. L. 2000. Influence of dietary conjugated linoleic acid on volatile profiles, color and lipid oxidation of irradiated raw chicken meat. *Meat Science*, Vol. 56, pp. 387-395.
- Du, M., Ahn, D. U., Nam, K. C. and Sell, J. L. 2001. Volatile profiles and lipid oxidation of irradiated cooked chicken meat from laying hens fed diets containing conjugated linoleic acid. *Poultry Science*, Vol. 80, pp. 235-241.

- Du, M., Nam, K. C., Hur, S. J., Ismail, H. and Ahn, D. U. 2002. Effect of dietary conjugated linoleic acid, irradiation, and packaging conditions on the quality characteristics of raw broiler breast fillets. *Meat Science*, Vol. 60, pp. 9-15.
- Du, M., Nam, K. C., Hur, S. J., Ismail, H., Kim, Y. H. and Ahn, D. U. 2003. Quality characteristics of irradiated chicken breast rolls from broilers fed different levels of conjugated linoleic acid. *Meat Science*, Vol. 63, pp. 249-255.
- Ersus, S. 2006, Microencapsulation of anthocyanin extract of black carrots in spray drier. Scientific Research Project, 2002/MUH/013. Ege University, İzmir.
- Erzurumlu, M. O. 2009. Ağızda hızlı dağılan tablet formülasyonlarının hazırlanması ve karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Eczacılık Fakültesi Farmasötik Teknoloji Anabilim Dalı. Ankara.
- FMC BIOPOLYMER, 2011. Alginates / PGA/Forming a gel production, properties and uses of alginates. Web sitesi. <http://www.fmcbiopolymer.com>. Erişim Tarihi: 15.12.2011.
- Fritsche, J. and Steinhart, H. 1998. Amounts of conjugated linoleic acid (CLA) in German foods and evaluation of daily intake. *Z. Lebensm. Unters. Forsch. A.*, Vol. 206, pp. 77-82.
- Gibbs, B. F., Kermasha, S., Alli, I. and Mulligan, C. N. 1999. Encapsulation in the food industry: A review, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, Vol. 50, pp. 213-224.
- Gläser, R. K., Scheeder, M. R. L. and Wenk, C. 2000. Dietary C18:1 trans fatty acids increase conjugated linoleic acid in adipose tissue of pigs. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, Vol. 102, pp. 684-686.
- Grashorn, M. A. 2007. Functionality of poultry meat. *J. Appl. Poult. Res.*, Vol. 16, pp. 99-106.
- Griinari, J. M., Corl, B. A., Lacy, S. H., Chouinard, P. Y., Nurmela, K. V. V. and Bauman, D. E. 2000. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by  $\Delta^9$ -desaturase<sup>1,2</sup>. *J. Nutr.*, Vol. 130, pp. 2285-2291.
- Gürsoy, A. Z. 2002. Kontrollü salım sistemleri. *Kontrollü Salım Sistemleri Derneği Yayınları*, No:1. İstanbul.
- Ha, Y. L., Grimm, N. K. and Pariza, M. W. 1987. Anticarcinogens from fried ground beef: heat-altered derivatives of linoleic acid. *Carcinogenesis*, Vol.8: pp. 1881-1887.
- HAMMADDELER, 2011. Web sitesi. <http://www.hammaddeler.com>. Erişim Tarihi: 15.12.2011.

- Higgins, S., Carroll, Y. L., Brien, N. M. O. and Morrissey, P. A. 1999. Use of microencapsulated fish oil as a means of increasing n-3 polyunsaturated fatty acid intake *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, Vol. 12 (4), pp. 265-271.
- Huang, Y., Yanagita, T., Nagao, K. and Koba, K. 2008. Biological effects of conjugated linoleic acid. *Fatty acids in foods and their health implications*. 3rd Edition, pp. 825-831.
- Hullberg, A. and Lundström, K. 2004. The effects of RN genotype and tumbling on processing yield in cured-smoked pork loins. *Meat Science*, Vol. 67, pp. 409-419.
- Hur, S. J., Ye, B. W., Lee, J. L., Ha, Y. L., Park, G. B. and Joo, S. T. 2004. Effects of conjugated linoleic acid on color and lipid oxidation of beef patties during cold storage. *Meat Science*, Vol. 66, pp. 771-775.
- Hur, S. J., Park, G. B. and Joo, S. T. 2007. Biological activities of conjugated linoleic acid (CLA) and effects of CLA on animal products. *Livest Sci.*, Vol. 110 pp. 221-229.
- Incze, K. 1998. Dry fermented sausages. *Meat Science*, Vol. 49, pp. 169-177.
- Ip, C., Chin, S. F., Scimeca, J. A. and Pariza, M. W. 1991. Mammary cancer prevention by conjugated dienoic derivative of linoleic acid, *Cancer Res.*, Vol. 51, pp. 6118-6124.
- Iyer, C. and Kailasapathy, K. 2005. Effect of co-encapsulation of probiotics with prebiotics on increasing the viability of encapsulated bacteria under in vitro acidic and bile salt conditions and in yogurt, *Journal of Food Science*, Vol. 70, pp. 18-23.
- İskenderoğlu, C. 2007. Düşük molekül ağırlıklı heparinin oral ilaç şekli üzerine çalışmalar. Doktora tezi. Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Eczacılık Fakültesi Farmasötik Teknoloji Anabilim Dalı. Ankara.
- Jeon, Y. J., Vasanthani, T., Temelli, F. and Song, B. K. 2003. The suitability of barley and corn starches in their native and chemically modified forms for volatile meat flavor encapsulation. *Food Research International*, Vol. 36, pp. 349-355.
- Jimenez, M. García, H. S. and Beristain, C. I. 2004. Spray-drying microencapsulation and oxidative stability of conjugated linoleic acid. *European Food Research and Technology*, Vol. 219, pp. 588-592.
- Jimenez, M., Garcia, H. S. and Beristain, C. I. 2006. Spray-dried encapsulation of conjugated linoleic acid (CLA) with polymeric matrices, *Journal of the Science Food and Agriculture*, Vol. 86, pp. 2431-2437.

- Jimenez, M., García, H. S. and Beristain, C. I. 2008. Sensory evaluation of dairy products supplemented with microencapsulated conjugated linoleic acid (CLA). *Food Science and Technology*, Vol. 41 (6), pp. 1047-1052.
- Joo, S. T., Lee, J. I., Ha, Y. L. and Park, G. B. 2002. Effects of dietary conjugated linoleic acid on fatty acid composition, lipid oxidation, color, and water-holding capacity of pork loin. *J. Anim. Sci.*, Vol. 80, pp. 108-112.
- Kawahara, S., Takenoyama, S., Takuma, K., Muguruma, M. and Yamauchi, K. 2009. Effects of dietary supplementation with conjugated linoleic acid on fatty acid composition and lipid oxidation in chicken breast meat. *Animal Science Journal*, Vol. 80, pp. 468-474.
- Khanal, R. C. and Olson, K. C. 2004. Factors affecting conjugated linoleic acid content in milk, meat, and egg: A review. *Pakistan J. Nutr.*, Vol. 3 (2), pp. 82-98.
- Kolsarıcı, N. and Candoğan, K. 1995. Effects of potassium sorbate and lactic acid on the shelf life of vacuum-packed chicken meats. *Poultry Science*, Vol. 74 (11), pp. 1884-1894.
- Kritchevsky, D. 2000. Antimutagenic and some other effects of conjugated linoleic acid. *Br. J. Nutr.*, Vol. 83, pp. 459-465.
- Lo Fiego, D. P., Macchioni, P., Santoro, P., Pastorelli, G. and Corino, C. 2005. Effect of dietary conjugated linoleic acid (CLA) supplementation on CLA isomers content and fatty acid composition of dry-cured Parma ham. *Meat Science*, Vol. 70, pp. 285-291.
- Loor, J., Lin, X. and Herbein, J. 2002. Dietary trans-vaccenic acid (trans11-18:1) increases concentration of cis9, trans11-conjugated linoleic acid (rumenic acid) in tissues of lactating mice and suckling pups. *Reprod. Nutr. Dev.*, Vol. 42, pp. 85-99.
- Lucke, F. K. 2000. Utilization of microbes to process and preserved meat. *Meat Science*, Vol. 56, pp. 105-155.
- Martin, D., Antequera, T., Muriel, E., Andres, A. I. and Ruiz, J. 2008a. Oxidative changes of fresh loin from pig, caused by dietary conjugated linoleic acid and monounsaturated fatty acids, during refrigerated storage. *Food Chemistry*, Vol. 111, pp. 730-737.
- Martin, D., Antequera, T., Muriel, E., Perez-Palacios, T. and Ruiz, J. 2008b. Effect of dietary conjugated linoleic acid in combination with monounsaturated fatty acids on the meat composition and quality traits of dry-cured loin. *Meat Science*, Vol. 80, pp. 1309-1319.
- McHugh D. J. 2011. Production, properties and uses of alginates. <http://www.fao.org>. Erişim Tarihi: 15.12.2011.

- Mir, P. S., McAllister, T. A., Scott, S., Aalhus, J., Baron, V., McCartney, D., Charmley, E., Goonewardene, L., Basarab, J., Okine, E., Weselake, R. J. and Mir, Z. 2004. Conjugated linoleic acid-enriched beef production. *Am. J. Clin. Nutr.*, Vol. 79, pp. 1207-1211.
- Mol, S. 2008. Balık yağı tüketimi ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Journal of Fisheries Sciences*, Vol. 2 (4), pp. 601-607.
- Moon, H. S., Lee, H. G., Chung, C. S., Choi, J. and Cho, C. S. 2008. Physico-chemical modifications of conjugated linoleic acid for ruminal protection and oxidative stability. *Nutrition and Metabolism*, Vol. 5, p. 16.
- Muller, L. D. and Delahoy, J. E. 2005. Conjugated linoleic acid implications for animal production and human health. <http://www.das.psu.edu>. Erişim Tarihi:14. 02. 2009.
- Mulvihill, B. 2001. Ruminant meat as a source of conjugated linoleic acid. *Br. Nutr. Bull.*, Vol. 26, pp. 295-299.
- Muthukumarasamy, P. and Holley, R. A. 2006. Microbiological and sensory quality of dry fermented sausages containing alginate-microencapsulated *Lactobacillus reuteri*. *International Journal of Food Microbiology*, Vol. 111, pp. 164-169.
- Pariza, M. W., Ashoor, S. H., Chu, F. S. and Lund, D. B. 1979. Effects of temperature and time on mutagen formation in pan-fried hamburger. *Cancer Lett*, Vol. 7, pp. 63-69.
- Pariza, M. W., Park, Y. and Cook, M. E. 2001. The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. *Prog. Lipid Res.*, Vol. 40, pp. 283-298.
- Park, C. W., Kim, S. J., Park, S. J., Kim, J. H., Kim, J. K., Park, G. B., Kim, J. O. and Ha, Y. L. 2002. Inclusion complex of conjugated linoleic acid (CLA) with cyclodextrins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 50 (10), pp. 2977-2983.
- Pauletti, M. S. and Amestoy, P. 1999. Butter microencapsulation as affected by composition of wall material and fat. *Journal of Food Science*, Vol. 64 (2), pp. 279-282.
- Perlo, F., Bonato, P., Teira, G., Fabre, R. and Kueider, S. 2006. Physicochemical and sensory properties of chicken nuggets with washed mechanically deboned chicken meat: Research note. *Meat Science*, Vol. 72, pp. 785-788.
- Rahman, M., Kukita, A., Kukita, T., Shobuike, T., Nakamura, T. and Kohashi, O. 2003. Two histone deacetylase inhibitors, trichostatinA and sodium butyrate, suppress differentiation into osteoclasts but not into macrophages. *Blood*, Vol. 101 (9), pp. 3451-3459.

- Riserus, U., Smedman, A., Basu, S. and Vessby, B. 2004. Metabolic effects of conjugated linoleic acid in humans: the Swedish experience. *Am. J. Clin. Nutr.*, Vol. 79, pp. 1146-1153.
- Rodgers, S. 2005. Peer review. Food safety research underpinning food service systems- a review. *Food Service Technology*, Vol. 5 (2), pp. 67-76.
- Ryder, J. W., Portocarrero, C. P., Song, X. M., Cui, L., Yu, M., Combatsiaris, T., Galuska, D., Bauman, D. E., Barbano, D. M., Charron, M. J., Zierath, J. R. and Houseknecht, K. L. 2001. Isomer-specific antidiabetic properties of conjugated linoleic acid- improved glucose tolerance, skeletal muscle insulin action, and UCP-2 gene expression. *Diabetes*, Vol. 50, pp. 1149-1157.
- Sakin, M., Koç, M., Met, A. ve Ertekin, F. K. 2007. Balık yağının dondurarak kurutma yöntemiyle mikroenkapsüle edilmesi. Proje no: YÜT\_YB\_160, <http://www.projepazarlari.ege.edu.tr>. Erişim Tarihi: 15.12.2011.
- Saldamlı, İ. ve Erdoğan, F. 1994. Gıda endüstrisinde mikroenkapsülasyon ve mikroenkapsülasyon teknikleri. *Gıda Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı*. s. 144-158.
- Salminen, I., Mutanen, M., Jauhiainen, M. and Aro, A. 1998. Dietary trans fatty acids increase conjugated linoleic acid levels in human serum. *J. Nutr. Biochem.*, Vol. 9, pp. 93-98.
- Schmid, A., Collomb, A., Sieber, R. and Bee, G. 2006 .Conjugated linoleic acid in meat and meat products: A review. *Meat Science*, Vol. 73, pp. 29-41.
- Seck, J. K., Gu, B. P., Chung, B. K., Sang, D. P., Mun Y. J., Jeong, O. K. and Yeong L. H. 2000. Improvement of oxidative stability of conjugated linoleic acid (CLA) by microencapsulation in cyclodextrins. *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 48 (9), pp. 3922-3929.
- Shahidi, F. and Han, X. Q. 1993. Encapsulation of food ingredients. *Food Science and Nutrition*, Vol. 33, pp. 501-547.
- Shahidi, F. and Pegg, R. B. 1991. Encapsulation of the preformed cooked cured-meat pigment. *Journal of Food Science*, Vol. 56 (6), p. 1500.
- Shin, D., Kakani, G., Karimi, A., Cho, Y. M., Kim, S. W., Ko, Y. G. Shim, K. S. and Park, J. H. 2011. Influence of dietary conjugated linoleic acid and its combination with flaxseed oil or fish oil on saturated fatty acid and n-3 to n-6 fatty acid ratio in broiler chicken meat. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, Vol. 24 (9), pp. 1249-1255.
- Sultana, K., Godward, G., Reynolds, N., Arumugaswamy, R., Peiris, P. and Kailasapathya, K. 2000. Encapsulation of probiotic bacteria with alginate-

- starch and evaluation of survival in simulated gastrointestinal conditions and in yoghurt. *International Journal of Food Microbiology*, Vol. 62, pp. 47-55.
- Şensoy, D. 2006. Sulfasetamid sodyumun oküler mukoadesif mikrokürelerinin in vitro/in vivo değerlendirilmesi. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Tarladgis, B. G., Watts, B. M. and Yonathan, M. 1960. Distillation method for the determination of malonaldehyde in rancid foods. *Journal of American Oil Chemistry Society*, Vol. 37 (1), pp. 44-48.
- Tunçay, M., Çalış, S., Kaş, H. S., Ercan, M. T., Peksoy, İ. and Hıncal, A. A. 2000. In vitro and in vivo evaluation of diclofenac sodium loaded albumin microspheres. *Journal of Microencapsulation*, Vol. 17 (2), pp. 145-156.
- Turpeinen, A. M., Mutanen, M., Aro, A., Salminen, I., Basu, S., Palmquist, D. L. and Griinari, J. M. 2002. Bioconversion of vaccenic acid to conjugated linoleic acid in humans. *Am. J. Clin. Nutr.*, Vol. 76, pp. 504-513.
- Verma, A. K., Sharma, B. D. and Banerjee, R. 2010. Effect of sodium chloride replacement and apple pulp inclusion on the physico-chemical, textural and sensory properties of low fat chicken nuggets. *LWT-Food Science and Technology*, Vol. 43, pp. 715-719.
- Wallace, J. M., McCabe, A. J., Robson, P. J., Keogh, M. K., Murray, C. A., Kelly, P. M., Marquez-Ruiz, G., Mc Glynn, H., Gilmore, W. S. and Strain, J. J. 2000. Bioavailability of n-3 polyunsaturated fatty acids in foods enriched with microencapsulated fish oil. *Annals of Nutrition and Metabolism*, Vol. 44, pp. 157-162.
- Yaşar, T. 2003. Morina karaciğer yağından enzimatik hidroliz ile DHA'nın zenginleştirilmesinde enzim miktarı ve sürenin etkisi. Yüksek Lisans Tezi. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Yıldız, A. 2006. Heparin mikrokürelerinin hazırlanması ve akciğere hedeflenmesi. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Zatsick, N. M. and Mayket, P. 2007. Fish oil: Getting to the heart of it. *The Journal for Nurse Practitioners*, Vol. 3 (2), pp. 104-109.