

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KALORİSİ VE YAĞ MİKTARI AZALTILMIŞ
FONKSİYONEL (DİYET) SUCUK ÜRETİMİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Kim. Müh. Aylin ŞANES**

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

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Beraat ÖZÇELİK

ŞUBAT 2006

**KALORİSİ VE YAĞ MİKTARI AZALTILMIŞ
FONKSİYONEL (DİYET) SUCUK ÜRETİMİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Kim. Müh. Aylin ŞANES
(506021421)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 19 Aralık 2005
Tezin Savunulduğu Tarih : 31 Ocak 2006**

**Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Beraat ÖZÇELİK
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Artemis KARAALI (İ.T.Ü.)
Prof.Dr. Kamil BOSTAN (İ.Ü.)**

ŞUBAT 2006

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın her aşamasında bana destek olan, yardımlarını ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, fikirleri ile beni yönlendiren değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Beraat Özçelik'e teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca çalışmam sırasında kullandığım sucuk örneklerini üretmek için tesislerini kullanmama izin veren İpek Sucukları ve Mamülleri Gıda Sanayi Tic. A.Ş.'ye ve çalışmam sırasında doku cihazını temin eden ABP Ltd. Şirketi'ne ve yakın ilgisi nedeniyle Yasemin Şişman'a teşekkür ederim.

Deneysel çalışmalarım sırasında büyük emeği geçen Nalan Demir'e ve mikrobiyolojik analizlerimi gerçekleştirmemde yardımlarını esirgemeyen Ar. Gör. Harika Çankaya'ya teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca duyuşal panellere katılım gösteren tüm öğrenci, öğretim üyesi ve öğretim görevlilerine tekrar teşekkür etmek isterim.

Yüksek lisans tez çalışmamı, yaşamım boyunca her zaman olduğu gibi bu çalışmam sırasında da yanımda olan ve bana maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen anlayış gösteren aileme, tüm arkadaşlarıma ve dostlarıma ithaf ediyorum.

Aralık, 2005

Aylin ŞANES

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
ÖZET	x
SUMMARY	xi

1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	2
2.1. Fermente Gıdalar	2
2.1.1. Fermente Et Ürünleri	4
2.2. Fermente Sucuk Üretimi	5
2.2.1. Sucuk Üretiminde Kullanılan İngrediyenler	7
2.2.1.1. Et	7
2.2.1.2. Yağ	8
2.2.1.3. NaCl ve Tuzlama Ajanları	8
2.2.1.4. Starter Kültür	9
2.2.1.5. Karbonhidrat	10
2.2.1.6. Asitleyiciler	10
2.2.1.7. Diğer İngrediyenler	11
2.2.2. Fermentasyon	11
2.2.2.1. Doğal Fermentasyon	12
2.2.2.2. Starter Kültürlerle Fermentasyon	13
2.2.3. Olgunlaşma	16
2.2.3.1. Şeker Metabolizması	16
2.2.3.2. Proteoliz	17
2.2.3.3. Lipoliz	19
2.3. Fermentasyonun Sucuğun Duyusal Özelliklerine Etkileri	20
2.3.1. Renk	20
2.3.2. Tekstür	21
2.3.3. Lezzet	21
2.4. Sağlıklı Et ve Et Ürünleri Elde Etmek İçin Stratejiler	23
2.4.1. Karkas Kompozisyonunun Modifikasyonu	23
2.4.2. Et Hammaddesinin İşlenmesi	25
2.4.3. Et Ürünlerinin Yeniden Formüle Edilmesi	26
2.4.3.1. Yağ Miktarının Azaltılması	26
2.4.3.2. Yağ Asidi Profilinin Modifikasyonu	28
2.4.3.3. Kolesterolün Azaltılması	28
2.4.3.4. Fonksiyonel İngrediyenlerin İlavesi	29
2.4.3.5. Sodyum Miktarının Azaltılması	30

2.4.3.6. Nitrit Miktarının Azaltılması	31
2.5. Et Ürünlerinde Kullanılan Yağ İkameleri	32
2.5.1. Protein Bazlı Yağ İkameleri	33
2.5.1.1. Bitkisel Proteinler	33
2.5.1.2. Hayvansal Proteinler	34
2.5.2. Karbonhidrat Bazlı İkameler	35
2.5.2.1. Gamlar	36
2.5.2.2. Pektin	39
2.5.2.3. Selüloz ve Türevleri	40
2.5.2.4. Nişasta ve Maltodekstrin	41
2.5.2.5. İnülin ve Oligofruktoz	42
2.5.2.6. Yulaf Kepeği ve Yulaf Lifi	44
2.5.2.7. Buğday Lifi	45
2.5.3. Yağ Bazlı Yağ İkameleri	46
2.5.3.1. Yapılandırılmış Trigliseritler	46
2.5.3.2. Emülsifiyer	46
2.5.4. Sentetik Yağ İkameleri	47
2.5.4.1. Olestra	47
2.5.4.2. Polidekstroz	47
3. MATERYAL VE METOT	49
3.1. Materyal	49
3.2. Metot	49
3.2.1. Sucuk Formülasyonu ve Üretimi	49
3.2.2. Bileşen Analizi	50
3.2.3. Fizikokimyasal Analizler	50
3.2.4. Mikrobiyolojik Analiz	51
3.2.5. Ağırlık Kayıpları	51
3.2.6. Pişme Kaybı	51
3.2.7. Renk Analizi	51
3.2.8. TBA Analizi	51
3.2.9. Tekstür Analizi	53
3.2.9.1. Penetrasyon	53
3.2.10. Duyusal Analiz	54
3.2.11. Kolesterol Analizi	54
3.2.12. İstatistiksel Analiz	55
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	56
4.1. Sucuk Bileşen Analizi	56
4.2. Fizikokimyasal Analizler	57
4.3. Mikrobiyolojik Analiz	59
4.4. Ağırlık Kayıpları	60
4.5. Pişme Kaybı	62
4.6. Renk Analizi	64
4.7. TBA Analizi	67
4.8. Tekstür Analizi	69
4.8.1. Penetrasyon	71
4.9. Duyusal Analiz	72
4.10. Kolesterol Analizi	76

5. SONUÇ	78
KAYNAKLAR	80
EKLER	91
ÖZGEÇMİŞ	98

KISALTMALAR

a	: Kırmızılık değeri
ADA	: Amerikan Diyet Birliği
b	: Sarılık değeri
BHA	: Bütillenmiş hidroksi anisol
DFD et	: Kuru, sıkı, koyu et
GdL	: Glukono delta lakton
Kob	: Koloni oluşturan birim
L	: Parlaklık değeri
LAB	: Laktik asit bakterileri
PSE et	: Solgun, yumuşak, su salan et
RN	: Relatif nem
TBA	: 2-tiyobarbitürik asit
TMP	: 1,1,3,3-tetrametoksipropan
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1.	Bazı fermente gıdalar, kökenleri ve fermentasyonları sırasında rol oynayan mikroorganizmalar	3
Tablo 2.2.	Sucuk fermentasyonu için kullanılan starter kültürlerdeki mikroorganizmalar ve metabolik aktiviteleri.....	14
Tablo 2.3.	Buğday lifinin et ürünlerinde kullanımının avantajları.....	45
Tablo 3.1.	Farklı yağ seviyelerinde üretilen sucuk formülasyonları	50
Tablo 4.1.	Sucuk örneklerinin bileşen kompozisyonu	56
Tablo 4.2.	Farklı yağ seviyelerinin ve farklı yağ ikamelerinin eklenmesinin sucukların pH değerleri üzerine etkileri.....	58
Tablo 4.3.	Farklı yağ seviyelerinin ve farklı yağ ikamelerinin eklenmesinin sucukların su aktiviteleri üzerine etkileri	59
Tablo 4.4.	Farklı yağ seviyelerinin ve farklı yağ ikamelerinin eklenmesinin sucukların LAB sayıları üzerine etkileri.....	60
Tablo 4.5.	Sucukların 21 günlük depolama süresindeki ağırlık kayıpları	61
Tablo 4.6.	Farklı yağ seviyelerinin ve farklı yağ ikamelerinin eklenmesinin sucukların pişme kayıpları üzerine etkileri	63
Tablo 4.7.	Farklı yağ seviyelerinin ve yağ ikamelerinin ilave edilmesinin sucukların renk değerleri üzerine etkileri	65
Tablo 4.8.	Farklı yağ seviyelerinin ve farklı yağ ikamelerinin ilave edilmesinin sucukların TBA değerleri üzerine etkileri	68
Tablo 4.9.	Yağın azaltılmasının ve yağ ikamelerinin eklenmesinin sucukların tekstürel özellikleri üzerine etkileri	70
Tablo 4.10.	Farklı yağ seviyelerinin ve yağ ikamelerinin eklenmesinin sucukların penetrasyona olan tepki kuvvetleri üzerine etkileri	72
Tablo 4.11.	Sucukta yağın azaltılmasının sucuğun duyu özellikleri üzerine etkileri	73
Tablo 4.12.	Düşük yağlı sucuklara yağ ikamelerinin eklenmesinin sucukların duyu özellikleri üzerine etkileri.....	75
Tablo 4.13.	Orta yağlı sucuklara yağ ikamelerinin eklenmesinin sucukların duyu özellikleri üzerine etkileri.....	76
Tablo 4.14.	Yağ ikameleri eklenmeden üretilen kontrol sucuklar ile düşük yağlı buğday lifli sucukların kolesterol miktarları.....	77
Tablo A.1.	Farklı yağ seviyeleri ile yağ ikameleri ilavesinin sucukların pH değerleri üzerindeki etkisinin “Tek yönlü ANOVA” istatistiksel yöntemi ile değerlendirme sonuçları.....	91
Tablo A.2.	Farklı yağ seviyeleri ile yağ ikameleri ilavesinin sucukların su aktivite değerleri üzerindeki etkisinin “Tek yönlü ANOVA” istatistiksel yöntemi ile değerlendirme sonuçları.....	91

Tablo A.3.	Farklı yağ seviyeleri ile yağ ikameleri ilavesinin sucukların LAB sayıları üzerindeki etkisinin “Tek yollu ANOVA” istatistiksel yöntemi ile değerlendirme sonuçları.....	92
Tablo A.4.	Hem depolama süresinin hem de sucuk örneklerindeki farklılıkların sucukların ağırlık kayıpları üzerine etkisinin “İki yollu ANOVA” istatistiksel yöntemi ile değerlendirme sonuçları.....	92
Tablo A.5.	Sucuk örnekleri arasındaki farklılıkların sucukların ağırlık kayıpları üzerine etkisinin Duncan testi sonuçları.....	92
Tablo A.6.	Sucukların depolama süresinin sucukların ağırlık kayıpları üzerine etkisinin Duncan testi sonuçları.....	93
Tablo A.7.	Farklı yağ seviyelerinin ve farklı yağ ikamelerinin eklenmesinin sucukların pişme kayıpları üzerine etkilerinin “Tek yollu ANOVA” istatistiksel yöntemi ile değerlendirme sonuçları.....	93
Tablo A.8.	Farklı yağ seviyelerinin ve farklı yağ ikamelerinin eklenmesinin sucukların renkleri üzerine etkilerinin “Tek yollu ANOVA” istatistiksel yöntemi ile değerlendirme sonuçları.....	93
Tablo A.9.	Hem depolama süresinin hem de sucuk örneklerindeki farklılıkların sucukların TBA değerleri üzerine etkisinin “İki yollu ANOVA” istatistiksel yöntemi ile değerlendirme sonuçları.....	94
Tablo A.10.	Sucuk örnekleri arasındaki farklılıkların sucukların TBA değerleri üzerine etkisinin Duncan testi sonuçları.....	94
Tablo A.11.	Sucukların depolama süresinin sucukların TBA değerleri üzerine etkisinin Duncan testi sonuçları.....	94
Tablo A.12.	Yağın azaltılmasının ve yağ ikamelerinin eklenmesinin sucuğun tekstürel özellikleri üzerine etkilerinin “Tek yollu ANOVA” istatistiksel yöntemi ile değerlendirme sonuçları.....	95
Tablo A.13.	Yağın azaltılmasının ve yağ ikamelerinin eklenmesinin sucuğun penetrometre değerleri üzerine etkilerinin “Tek yollu ANOVA” istatistiksel yöntemi ile değerlendirme sonuçları.....	95
Tablo A.14.	Sucukta yağın azaltılmasının sucukların duyuşal özellikleri üzerine etkilerinin “Tek yollu ANOVA” istatistiksel yöntemi ile değerlendirme sonuçları.....	96
Tablo A.15.	Düşük yağlı sucuklara yağ ikamesi eklenmesinin duyuşal özellikler üzerine etkisinin “Tek yollu ANOVA” istatistiksel yöntemi ile değerlendirme sonuçları.....	96
Tablo A.16.	Orta yağlı sucuklara yağ ikamesi eklenmesinin sucukların duyuşal özellikleri üzerine etkisinin “Tek yollu ANOVA” istatistiksel yöntemi ile değerlendirme sonuçları.....	97
Tablo A.17.	Farklı yağ seviyelerinin ve düşük yağlı sucuklara buğday lifi eklenmesinin sucukların kolesterol miktarları üzerine etkisinin “Tek yollu ANOVA” istatistiksel yöntemi ile değerlendirme sonuçları.....	97

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Sucuk üretimi akım şeması.....	6
Şekil 2.2 : Laktik asit bakterilerinde homofermentatif şeker metabolizmasının basitleştirilmiş şeması	16
Şekil 2.3 : Proteolizin ana basamakları	18
Şekil 2.4 : Serbest amino asitlerin ana reaksiyonları	18
Şekil 2.5 : Lipolizin ana basamakları	19
Şekil 2.6 : Sucuk fermentasyonu sırasında lezzet bileşenlerinin oluşum mekanizmaları.....	21
Şekil 2.7 : Düşük yağlı et ürünü gelişimini etkileyen önemli faktörler	26
Şekil 2.8 : Alginat monomerlerinin kimyasal yapıları	36
Şekil 2.9 : Karagenanların kimyasal yapıları	37
Şekil 2.10 : Ksantan gamın kimyasal yapısı	38
Şekil 2.11 : Pektinin kimyasal yapısı.....	39
Şekil 2.12 : Selülozun kimyasal yapısı.....	40
Şekil 2.13 : İnülin ve oligofruktozunkimyasal yapıları	43
Şekil 2.14 : β -glukan'ın kimyasal yapısı.....	44
Şekil 2.15 : Yapılandırılmış lipidlerin genel kimyasal yapısı	46
Şekil 2.16 : Olestranın genelleştirilmiş kimyasal yapısı	47
Şekil 2.17 : Polidekstrozun kimyasal yapısı	48
Şekil 3.1 : TMP standartına ait kalibrasyon grafiği	52
Şekil 4.1 : Sucuk formülasyonları arasındaki farklılıklar ile depolama süresinin sucukların ağırlık kayıpları üzerine interaksyonunun etkisi.....	62
Şekil 4.2 : Sucuk formülasyonları arasındaki farklılıklar ile depolama süresinin sucukların TBA değerleri üzerine interaksyonun etkisi	67

KALORİSİ VE YAĞ MİKTARI AZALTIKMIŞ FONKSİYONEL (DİYET) SUCUK ÜRETİMİ

ÖZET

İnsan yaşamında sağlıklı beslenmenin önemi, yiyeceklerin hastalıkları önlemede, iyileştirmede ve sağlık üzerindeki olumlu etkilerinin ortaya çıkmasıyla artmıştır.

Sucuk, Türkiye’de fermente et ürünü denildiğinde ilk akla gelen et ürünümüz olup, sığır ve manda eti, sığır yağı, koyun kuyruk yağı, tuz, şeker, nitrit, nitrat ve baharat (kırmızı biber, kara biber, kimyon vb.) karışımının doğal veya yapay kılıflara doldurulup, olgunlaştırılmasıyla elde edilmektedir. Fakat yüksek oranda doymuş hayvansal yağ içeriği nedeniyle özellikle bazı kanser türleri ve kardiyovasküler hastalıklar riskini artırmaktadır.

Bu çalışmanın amacı geleneksel bir ürünümüz olan sucuğun, doku ve lezzet gibi özelliklerini koruyarak, fakat düşük yağ ve kolesterol içerikli, düşük kalorili, sağlık açısından fonksiyonel bir ürün haline getirilmesidir.

Bu çalışmada farklı yağ seviyeleri ile inülin, buğday lifi ve maltodekstrin ilavesinin sucukların kompozisyon, tekstür, renk, TBA değerleri, pişme ve ağırlık kayıpları, laktik asit bakteri sayıları, kolesterol miktarları ile fizikokimyasal ve duyusal özellikler üzerine etkileri incelenmiştir. Geleneksel Türk tipi sucuklar 3 farklı yağ seviyelerinde üretilmişlerdir. Yağ ikamesi olarak buğday lifi, maltodekstrin ve inülin düşük ve orta yağlı sucuklara sırasıyla, % 1,5, % 2 ve %3 oranlarında eklenmişlerdir.

Sonuç olarak, geleneksel Türk sucuğuna göre yağ % 22-42 ve kolesterolü % 13-24 azaltılmış sucuklar başarıyla üretilmiştir. Sucuklara buğday lifi, maltodekstrin ve inülin ilave edilmesi sucukların pişme kayıplarını azaltarak ve bazı dokusal ve duyusal özellikleri koruyarak yağın azaltılmasıyla meydana gelen bazı değişiklikleri önlemektedirler. Duyusal analiz sonuçlarına göre, en fazla beğenilen orta yağlı maltodekstrin ilave edilmiş sucuklar ile düşük yağlı buğday lifi ilave edilmiş sucuklar olmuştur. Sucukların dokularını iyileştirmek için daha fazla çalışma yapılmalıdır.

PRODUCTION OF FUNCTIONAL (DIET) SOUDJOUK WITH LOW CALORIE AND REDUCED FAT CONTENTS

SUMMARY

The significance of the healthy nutrition in human life has been increased by increasing the awareness of positive effects of foods on well-being and on curing and preventing diseases.

Soudjouk is the most popular Turkish dry-fermented meat product that consists of beef and buffalo meat, beef fat, sheep tail fat, salt, sugar, nitrite, nitrate and spice mixes (red pepper, black pepper, cumin etc.) and have been stuffed into a casing and ripened. However, because of its high content of saturated animal fat, it may increase the risk of heart diseases and some types of cancers.

The aim of this study is to improve this traditional meat product (soudjouk) by decreasing the fat and cholesterol contents to reformulate it as a healthy and functional food product without changing of its any sensory and textural properties.

In this study, the effects of fat level and inulin, wheat fiber and maltodextrin addition on composition, textural properties, color properties, TBA values, weight and cooking losses, lactic acid bacteria number, cholesterol values, physicochemical and sensory properties of soudjouks were studied. Traditional soudjouks were produced with 3 different fat levels. Wheat fiber, maltodextrin and inulin at levels of % 1,5, % 2 and % 3 were added to low-fat and medium fat soudjouks, respectively.

In conclusion, soudjouks with approximately % 22-42 less fat contents and % 13-24 less cholesterol contents than traditional Turkish soudjouks were produced successfully. The results indicate that fat replacers can partially offset some of the changes brought about fat reduction, decreasing cooking loss and maintaining number of textural and sensory characteristics of the soudjouks. According to sensory analysis, overall acceptability of the soudjouks formulated with maltodextrin addition to medium fat soudjouks and wheat fiber addition to low fat soudjouks were found greatest. More research is needed to improve texture of the soudjouks.

1. GİRİŞ

Et ve et ürünleri önemli protein, vitamin ve mineral kaynakları içermeleri nedeniyle beslenmemiz açısından önemli bir yere sahiptirler. Bununla birlikte, et ürünleri içerdikleri yağ, doymuş yağ asidi, kolesterol ve tuz nedeniyle tüketici sağlığı açısından risk teşkil etmektedirler. Diyetle yüksek yağ tüketiminin, obezite ve bazı tip kanser risklerini arttırdığı ve doymuş yağ tüketiminin ise yüksek kolesterol ve kalp-damar hastalıklarına yol açtığı bilinmektedir.

Son yıllarda, et ürünlerinin bu olumsuz özelliklerini gidererek tüketicilerin diyetlerinde daha kolay yer alabilmeleri amacıyla et ürünlerinin yağ içeriğinin azaltması, ürün içerisindeki yağın karbonhidrat ve protein bazlı bazı ingredienlerle ikame edilerek sağlık açısından daha faydalı bir ürün haline getirilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır.

Ülkemizde ise fermente et ürünü denildiğinde yapı, lezzet ve rengine alışılmış özellikleri ile Türk sucuğu akla gelmektedir. Türk tipi sucuk, ülkemize özgü, son derece sevilen ve özellikle yurt dışındaki vatandaşlarımız tarafından da tüketilen, satış rakamları açısından piyasada önemli bir paya sahip ürünümüzdür. Son yıllarda halkımızın daha sağlıklı beslenmeye olan artan ilgisi, daha düşük kalorili ve daha az sağlık riski taşıyan ürünleri tercih etmeye başlaması, bu ürünün satışında azalmaya neden olmuştur. Böyle bir ürünün daha sağlıklı hale getirilmesiyle, sucuğun popülaritesini koruması ve daha farklı pazarlara yönlendirilebilmesi söz konusu olabilecektir.

Bu çalışmada, sucuğun doku ve lezzet gibi özelliklerini koruyarak, fakat düşük yağ ve kolesterol içerikli, sağlık açısından daha faydalı bir et ürünü haline getirilmesi amaçlanmaktadır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Fermente Gıdalar

Fermente gıdalar değişik hammaddelerin kimi ön işlemlerden geçirilmesinden sonra belirli sıcaklık seviyelerinde belirli mikroorganizmaların çoğalmaları, faaliyetleri veya enzimleriyle polisakkaritleri, proteinleri veya lipitleri parçalayıp gıdada lezzet, aroma ve tekstür geliştirerek daha dayanıklı yeni ürünlere dönüşmesiyle meydana gelirler (Lücke, 1994; Steinkraus, 1997; Yücel ve Ötleş, 1998). Fermente gıdalar; süt ürünleri (peynir, yoğurt, kefir), içecekler (bira, şarap, boza, Sorghum birası, kahve, çay, kakao, Sake şarapları, elma şırası), hububatlar (ekmek, Lao-chao, ogi, tape, idli), et ürünleri (kurutulmuş et, Nham, pepperoni, sucuk), balık ürünleri (balık sosu, Bagoong), baklagiller (soya sosu, miso), meyve ve sebzeler (meyve ve sebze turşuları, zeytin, Sauerkraut, Kimchi) ile nişasta bazlı ürünler (gari, tape) olmak üzere altı grupta toplanabilir (Yücel ve Ötleş, 1998; Steinkraus, 1994; Steinkraus, 1997). Bazı fermente gıdalar, kökenleri ve fermentasyonları sırasında rol oynayan mikroorganizmalar Tablo 2.1’de verilmiştir (Caplice ve Fitzgerald, 1999).

Beslenmemizde fermente gıdaların yer alışı binlerce yıl geriye gitmekte olup, fermente gıdaların üretim ve tüketimiyle ilgili kayıtlar daha yakın tarihlidir. Taze etin tuzlanması ve/veya kurutulması en eski koruma yöntemlerinden biri olup, fermente sosis üretimine ilk kez M.Ö. 9. yüzyılda Homer’in Odyssey destanında rastlanmıştır (Yücel ve Ötleş, 1998). Çin’de M.Ö. 400-500 yıllarında fermente et ürünlerinin yapıldığı bilinmekte, Avrupa’da ise fermente et ürünlerinin tarihi çok eski olmayıp 1700’lü yıllara dayanmaktadır. 13. y.y. içinde ise fermente et ürünlere tuz ve nitrat kullanılmaya başlanmıştır (Varnam ve Sutherland, 1995). Türklerde ise et ürünlerinin üretimi hakkında ilk veriler 1072 tarihli bir sözlük olan Divanı Lügati Türk’te rastlanmış ve eserde 106 kelimede etin kurutulması, fermente edilmesi ve tuzlanması gibi bir çok işleme tekniklerinden bahsedilmektedir.

Tablo 2.1. Bazı fermente gıdalar, kökenleri ve fermentasyonları sırasında rol oynayan mikroorganizmalar (Caplice ve Fitzgerald, 1999)

Gıda	Ülke	Mikroorganizmalar	Substrat
Ekmek	Uluslararası	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> ve diğer mayalar, laktik asit bakterileri	Buğday, çavdar ve diğer hububatlar
Soya sosu	Uzakdoğu	<i>Lactobacillus</i> , <i>Aspergillus oryzae</i> , <i>Aspergillus soyae</i> , <i>Zogaccharomyces rouxii</i>	Soya fasülyesi
Tempeh	Endonezya	<i>Rhizopus oligosporus</i>	Soya fasülyesi
Peynir	Uluslararası	Laktik asit bakterileri (<i>Lactococcus lactis</i> , <i>Staphylococcus thermophilus</i> , <i>Lactobacillus shermanii</i>), bazen küfler (<i>Penicillium spp.</i>)	Süt
Yoğurt	Uluslararası	<i>S. thermophilus</i> , <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	Süt
Fermente sucuk	Güney ve Orta Avrupa ile Amerika	Laktik asit bakterileri (laktobasil), katalaz pozitif kok (<i>S. carnosus</i> , <i>S. xylosus</i> , <i>Micrococcus varians</i>), bazen küf ve mayalar	Domuz ve sığır eti
Sauerkraut	Uluslararası	Laktik asit bakterileri (<i>Lb. brevis</i> , <i>Lb. plantarum</i> , <i>Lb.sake</i>)	Lahana
Turşu	Uluslararası	<i>Pediococcus cerevisia</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i>	Salatalık
Zeytin	Akdeniz ülkeleri	<i>Lactobacillus plantarum</i>	Yeşil zeytin
Kimchi	Kore	Laktik asit bakterileri	Lahana, çeşitli sebzeler, bazen fındık
Ogi	Nijerya, Batı Afrika	<i>Fusarium</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium spp.</i> , <i>Saccharomyces cerevisia</i> , <i>Candida mycoderma</i>	Mısır

Fermente gıdalar insan beslenmesinde çok önemli bir yere sahip olup, fermente gıdaların beslenmeye katkıları aşağıda özetlenmiştir.

- Fermentasyon, gıdaları biyolojik olarak protein, vitamin, esansiyel amino asit ve yağ asitleri ile zenginleştirir.
- Gıdada fermentasyon sonucunda lezzet, aroma ve tekstür gelişir.
- Fermentasyon fitat, tripsin inhibitörleri ve aflotoksin gibi toksinleri azaltır.
- Laktik asit, alkol, asetik asit ve alkali fermentasyonlarıyla kolay bozulan gıdalar daha dayanıklı hale dönüşür.
- Fermentasyon gıdaları pişirmek için gereken zaman ve yakıt ihtiyacında azalma sağlar (Caplice ve Fitzgerald, 1999; Steinkraus, 1994; van Veen ve Steinkraus, 1970).

2.1.1. Fermente Et Ürünleri

Sucuk bileşiminde belirli oranlarda kıyılmış et ve yağ ile tuz, şeker, baharat ve diğer katkı maddeleri bulunan sucuk hamurunun doğal veya yapay kılıflara doldurulması, relatif nemi ve sıcaklığı belli olan ortamlarda olgunlaşması ve kurutulmasıyla elde edilen fermente et ürünüdür (Aksu, 2003; Hugas ve Monfort, 1997; Varnam ve Sutherland, 1995).

Bölgeye, ülkeye, iklime ve kültüre bağlı olmak üzere çok çeşitli fermente et ürünleri vardır. Fermentasyonda, farklı miktarlarda hammaddeler, baharatlar ve farklı proses süreleri uygulanmaktadır. Bu sebepten dolayı, sınıflandırılması çok zordur. (Toldrá ve ark., 2001).

Fermente et ürünleri kuru ve yarı-kuru olmak üzere 2 gruba ayrılabilir. Kuru sucukların su içeriği % 25-45, su aktivitesi 0,90'dan az olup, genellikle dumanlama veya ısıl işlem uygulanmaz ve pişirmeden tüketilir (Caplice ve Fitzgerald, 1999). Kuru fermente et ürünü, düşük asitli olup, genelde pH değeri 5,5 veya daha yüksektir.

Yarı kuru fermente sucukların su içeriği % 40-50, su aktivitesi 0,90-0,95 arasında olup dumanlama sırasında 60-68 °C ısıl işleme tabi tutulurlar. Yarı-kuru ürün yüksek asitli olup, pH değeri 5,3 veya daha düşüktür. Genellikle sucukların pH değerlerini düşürmek için karbonhidrat kaynakları eklenir. Starter kültür ilave edilmeden

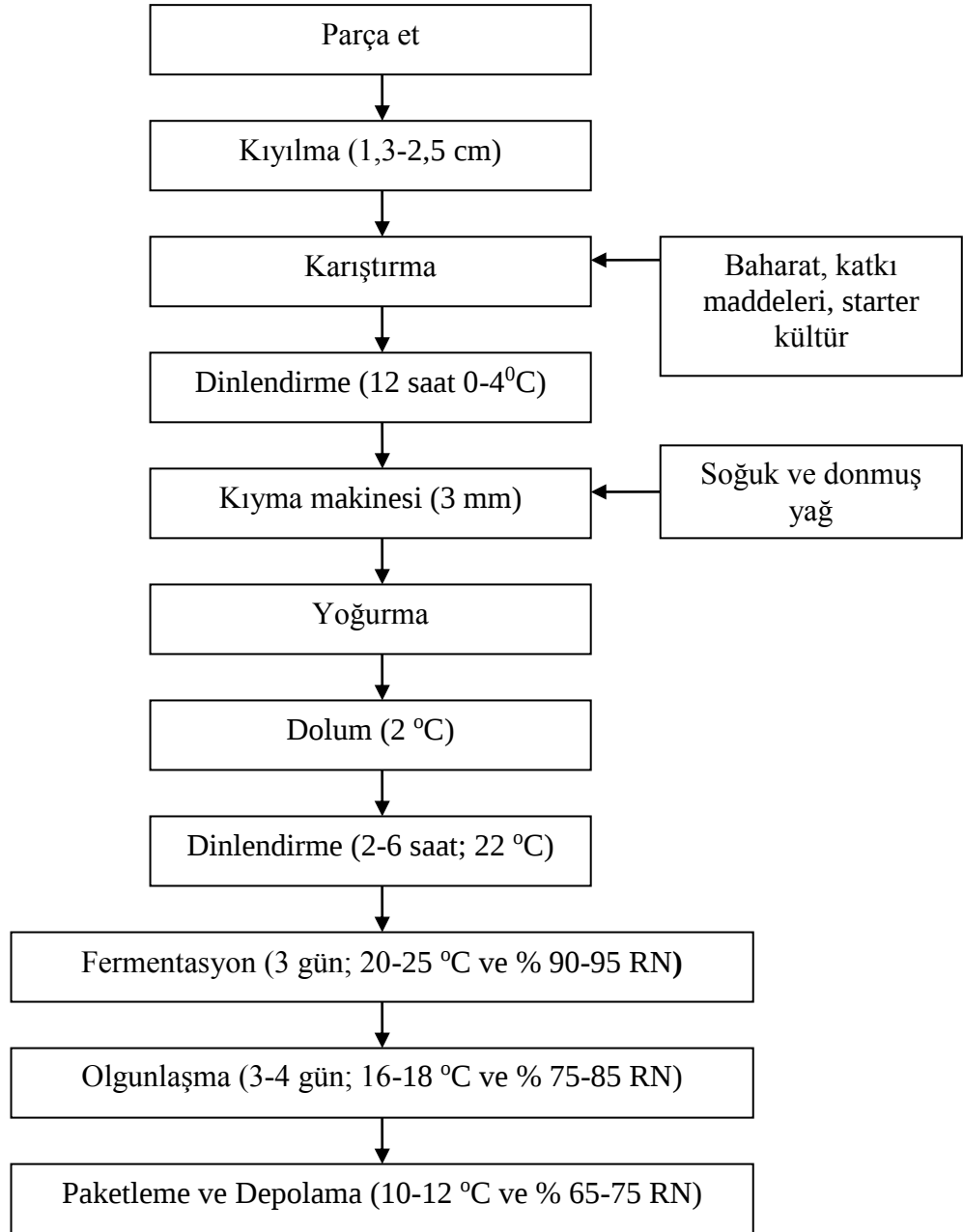
Üretilen sucukların pH'ları 4,6-5,0 arasında olup, starter ilave edilenlerde ise pH 4,0-4,5 arasındadır (Caplice ve Fitzgerald, 1999; Toldrá ve ark., 2001).

2.2. Fermente Sucuk retimi

Fermente sucuğun üretimi formülasyon (ingrediyenlerin karışımı), fermentasyon ve olgunlaştırma olmak üzere 3 ana basamaktan oluşmaktadır (Fernández ve ark., 2000; Garcia ve ark., 1992; Ordóñez ve ark., 1999). Sucuk üretiminin akım şeması şekil 2.1'de gösterilmiştir (Bozkurt ve Erkman, 2002; Heperkan ve Sözen, 1988; Erkman ve Bozkurt, 2004).

Formülasyon basamağında ingrediyenler hazırlanarak kılıflara doldurulur. Soğutulmuş etler 1,3-2,5 cm çaplı deliklere sahip aynalar kullanılarak kıyma makinesinden geçirilerek kuşbaşı büyüklüğünde parçalanır. Kuşbaşı haline getirilen etin üzerine baharat, nitrit, tuz ve diğerk bileşenler ilave edilerek iyice karışırılır. Eğer retimde starter kültür kullanılıyorsa bu aşamada eklenir. Elde edilen sucuk hamuru 0-4 °C'de 8-12 saat soğuk depoda tutularak ilave edilen maddelerin ete daha iyi nüfuz etmesi sağlanır (z ve ark., 2002; Aksu ve Kaya, 2004). Sonra donmuş yağ da et ile beraber 3 mm delik çaplı aynalı kıyma makinesinden geçirilir ve homojenizasyon sağlama için yoğurma işlemi gerçekleştirilir (z ve ark., 2002).

Karışım hazırlama işlemi tamamlandıktan sonra dolum makinesinde kullanılarak sucuk hamuru ya 36-44 mm çaplı yapay kılıflara ya da doğal kılıflara (sığır ince bağırsaklarına) doldurulur (Varnam ve Sutherland, 1995). Dolum mümkün olduğu kadar sıkı yapılmalı ve hava boşluğu bırakılmamalıdır. Dolum sıcaklığı 2-4 °C arasında olmalıdır (Lücke, 1998). Dolumdan sonra askıya alınan sucuklar klima odalarına alınmadan önce 2-6 saat bekletilerek dengeleme işlemi gerçekleştirilir (z ve ark., 2002).



Şekil 2.1. Sucuk üretimi akım şeması (Bozkurt ve Erkman, 2002; Heperkan ve Sözen, 1988; Erkman ve Bozkurt, 2004)

Fermentasyon sırasında, nitrat ve nitriti indirgeyen bakteriler tarafından azot oksitinin oluşumu ile laktik asit bakterileri tarafından glikolizle pH'nın düşüşü sağlanmaktadır (Fernández ve ark., 2000; Ordóñez ve ark., 1999). Sucuklar sıcaklığın, relatif nemin ve hava akım hızının kontrol edildiği kontrollü olgunlaşma odalarında (2-3 gün, 20-25 °C, % 90-95 relatif nemde, hava akım hızı 0,5-0,7 m/s) fermente edilirler (Bloukas ve ark., 1997; Heperkan ve Sözen, 1988; Toldrá ve ark., 2001). Fermentasyon sırasında relatif nemin kontrolü, kurumamanın başlaması ve yüzeyde

fazla maya ve küfün gelişmesini ve sert dış tabakanın oluşmasını önlemek amacıyla önemlidir (Varnam ve Sutherland, 1995).

Fermentasyon koşulları, kullanılan starter kültürlerle ve ürünün tipine göre değişim göstermektedir (Toldrá ve ark., 2001). Yarı-fermente sucuklarda ise fermentasyon daha yüksek sıcaklıklarda (32-38°C) ve kısa sürede (yaklaşık 24 saat) gerçekleşmektedir (Hammes ve ark., 2003; Ordóñez ve ark., 1999).

Sucuğun olgunlaşma/kuruma fazında ise ortam bağıl nemi ve sıcaklığı düşürülerek, ürünün yüzey kurumasına meydan vermeyecek şekilde homojen olarak kurutma işlemi yapılmakta ve son ürünün lezzeti, kokusu ve tekstürü gelişmektedir (Fernández ve ark., 2000; Ordóñez ve ark., 1999). Hava akımı da kademeli olarak 0,05-0,1 m/s'ye kadar azaltılmaktadır (Bloukas ve ark., 1997). Olgunlaşma periyodunda sucukta toplam nemin % 30-40'ın altına inene kadar kurutma işlemine devam edilmektedir (Öztan, 2003). Sucuklar ambalajlanmadan önce belli bir süre depolanacaklarsa sucuklar 10-12 °C ve % 65-75 relatif nemde ve 0,05 m/s hava akım hızında saklanabilirler. Vakumlu paketli sucuklar ise 2-4 °C'lerde depolanırlar (Öztan, 2003; Heperkan ve Sözen, 1988).

2.2.1. Sucuk Üretiminde Kullanılan İngrediyenler

2.2.1.1. Et

Fermente sucuk üretmek için oluşturulan ilk karışım % 50-70 yağsız et içermektedir (Varnam and Sutherland, 1995; Lücke, 1998). Almanya'da fermente sucuklar genelde domuz ve sığır etinden, İtalyan ve Macar salamaları sadece domuzdan, Türk sucukları ise ya manda veya koyun etini sığır eti ile karıştırarak ya da sadece sığır etinden üretilmektedir. Yeme alışkanlıkları, dinsel gelenekler ve et ücretleri üretimde kullanılacak hayvan türlerini belirlemektedir (Lücke, 1998; Öztan, 2003). Fermente sucuk üretimi için kullanılacak etin uygunluğu etin son pH'sına, su tutma kapasitesine ve istenen kürlleme rengi yoğunluğuna bağlıdır (Lücke, 1998; Varnam and Sutherland, 1995). Etin pH'sı 5,4-5,8 ve üretim sırasında et sıcaklığı ise (-5 °C)-0 °C arasında olmalıdır (Heperkan ve Sözen, 1988).

Eğer, kas pH'sı 5,8'e düştüğünde kas sıcaklığı hala 40 °C civarında iken (kesimden sonra yaklaşık 45 dak. içinde) kas proteinleri solgun, yumuşak, su salan (PSE) hale gelir. Post-mortem glikoliz sürecinden sonra, hayvan kesiminden önce yanlış

müdahaleler sonucunda ette bulunan fermente olabilir karbonhidratların tükenmesi sonucunda pH değerinde düşme meydana gelmez ve 6'ın üzerinde kalır. Böyle etler suyu daha sıkı bağlarlar. Normal pH'lı etlere göre daha çabuk bozulduklarından fermente sucuk üretimi için uygun değildirler (Lücke, 1998). Kuru, sıkı ve koyu etler (DFD) fermente sucuk üretiminde kullanılmamalı fakat PSE etler, sucuklarda organoleptik kaliteyi etkilemeden karışımın toplam ağırlığının % 20'si kadar kullanılabilirler (Varnam and Sutherland, 1995; Lücke, 1998).

2.2.1.2. Yağ

Fermente sucuklarda yağ çok önemli bir ingrediye olup yağ oksidasyonu ile acılaşmaya neden olduğundan ve bitmiş ürünün raf ömrünü azaltacağından, yüksek erime noktası olan ve düşük oranda doymamış yağ asidi içeren yağların kullanımı önemlidir (Varnam ve Sutherland, 1995; Lücke, 1998). Türk tipi sucuk üretiminde genellikle koyun kuyruk yağı kullanılmakta, genç danalardan elde edilen sırt yağı (kabuk yağı) veya iç yağlardan üretilen yağlar da kullanılabilir (Öztan, 2003). Fakat son yıllarda fermente et ürünlerinde bitkisel yağların kullanıldığı çalışmalar mevcuttur (Muguerza ve ark., 2002; Muguerza ve ark., 2004; Kayaardı ve Gök, 2003).

Depolamada, erken bozulmaları önlemek için her çeşit yağ kullanılmamalı ve yumuşak yağlar (örneğin, doymamış yağ asitlerince zengin diyetlerle beslenen domuzların sırt yağları), üründe yapı, renk ve lezzet hatalarına ve aynı zamanda kuruma prosesine etki ederek sucukların raf ömürlerini kısaltmaktadır. Fermente sucukların uzun raf ömürlü olmaları için yağdaki toplam yağ asitlerinde çoklu doymamış yağ asitleri % 12'yi aşmamalıdır (Lücke, 1998). Bazı ülkelerde yağlarla birlikte antioksidanların eklenmesine izin verilmektedir. Yağ oksidasyonunu önlemek için inhibitör olarak askorbik asit eklenebilir. Fakat, askorbik asidin asıl rolü istenen rengin korunması ve kürlenme ajanı olmasıdır (Varnam and Sutherland, 1995).

2.2.1.3. NaCl ve Tuzlama Ajanları

Et endüstrisinde sodyum klorür vazgeçilmez bir ingrediye olup tuzda çözünür nitelikli et proteinlerinin çözünmesini sağlayarak emülsiyonun meydana gelmesine yardımcı olur. NaCl, et ürünlerinin tekstürünü ve raf ömrünü etkilemektedir (Gelabert ve ark., 2003; Öztan, 2003; Työppönen ve ark., 2003). Tuz, et ürünlerinin

su ve yağ tutma kapasitesini artırması sonucunda pişme sırasında istenen jel yapısını oluşturur (Gelabert ve ark., 2003; Ruusunen ve ark., 2005; Ruusunen ve Puolanne, 2005). Lezzeti zenginleştirerek karakteristik tadın ortaya çıkmasına yardımcı olur (Lücke, 1998; Toldrá ve ark., 2001).

Sucuk karışma, genellikle % 2-3 seviyesinde ilave edilen tuz başlangıçtaki su aktivitesi seviyesinin yaklaşık 0,96'ya düşmesini sağlar (Varnam ve Sutherland, 1995; Lücke, 1998; Toldrá ve ark., 2001). Bu su aktivitesi, istenmeyen ve tehlikeli mikroorganizmaların gelişimini inhibe ederek veya geciktirerek lactobasil, stafilokok ve mikrokokların gelişimini destekler (Lücke, 1998; Toldrá ve ark., 2001).

Nitrit karışma kütleme tuzu olarak veya mikroorganizmalarla birlikte nitrat formunda eklenir. Nitrit, sucuklarda myoglobine reaksiyona girerek tipik pembe kütleme renginin oluşumuna, acılaşmaya sebep olan otooksidasyon prosesinin inhibasyonuna ve fermentasyonun başlangıç aşamalarında istenmeyen mikroorganizmaların (*Clostridium botulinum*) gelişmelerini engelleyerek, istenen Gram-pozitif “olgunlaşma mikroflorasının” (lactobacilli ve patojen-olmayan katalaz-pozitif koklar) oluşumuna katkıda bulunma gibi 3 fonksiyonu yerine getirir (Cammack ve ark., 1999; Lijinsky, 1999; Lücke, 1998; Noel ve ark., 1990; Pennington, 1998).

Uzun olgunlaştırma yapılan sucuklara nitrat, kısa olgunlaştırma yapılanlara ise nitrit kullanılmaktadır. Sucuk formülasyonuna eklenen sodyum nitrit 150 mg/kg'ı aşmamalı ve 50 mg/kg ise istenen renk ve lezzetin oluşumu için yeterli olmaktadır. Potasyum nitrat ise karışma 200-600 mg/kg kadar eklenebilir (Lücke, 1998). Nitratı indirgeyen bakteriler etin kendi mikroflorasında doğal olarak bulunurlar veya starter kültüre eklenirler. Fakat, ilk saatlerde pH 5,4'ün üstünde tutulmalı çünkü düşük pH değerlerinde mikroorganizmaların nitratı indirgeme aktiviteleri inhibe olmaktadır (Toldrá ve ark., 2001). Yarı-kuru sucuklarda yüksek su miktarı ve su aktivitesi seviyelerinden dolayı nitrit son üründe stabiliteyi sağlama açısından çok önemli rol oynamaktadır (Varnam and Sutherland, 1995).

2.2.1.4. Starter Kültür

Starter kültürler, istenen mikrobiyolojik aktiviteleri fermentasyon substratında geliştiren canlı veya uyku durumundaki mikroorganizmalardan oluşurlar (Hammes ve Hertel, 1998). Starter kültürler et fermentasyonunda ilk defa 1960'ların başında

kullanılmaya başlandı. Starter kültürler endüstriyel uygulamalarda sucukların fermentasyon sürelerini azaltarak, patojen mikroorganizmaların inhibasyonunu sağlayarak, renk gelişimine yardımcı olarak, daha hijyenik, kaliteli, standart ve raf ömrü uzun ürünler elde etmek amacıyla yaygın olarak yarı-kuru fermente sucuklarda kullanılmaktadırlar (Hammes ve Knauf, 1994; Lücke, 1994).

2.2.1.5. Karbonhidrat

Sucuklara karbonhidrat eklenmesinin amacı, yeterli fermente olabilen substratın bulunmasıyla laktik asit bakterilerinin (LAB) gelişimini artırmak ve karbonhidratların fermentasyonu ile organik asitlerin üretimini sağlamaktır. Eklenen karbonhidratların türü ve miktarı, etkili bir laktik asit fermentasyonu sağlayacak ve pH değerinde hızlı düşüşü engelleyecek ve her ikisi arasında denge oluşturacak şekilde olmalıdır (Lücke, 1998; Toldrá ve ark., 2001; Varnam ve Sutherland, 1995).

Sucukta glikoz gibi hızlıca metabolize edilen şekerler kullanılırsa, pH değerinde hızlı düşme meydana gelerek aside hassas, istenen metabolik aktiviteleri olan mikroorganizmaların gelişimini engellenir. Dekstrin gibi yavaşça metabolize olan karbonhidratların kullanımı ise laktik asit oluşum hızını düşürerek fermentasyon sırasında istenmeyen organizmaların gelişimini tetikler. Enzimatik reaksiyonların arandığı sucukta, pH'daki azalma hızını kontrol etmek amacıyla bu şekerlerin kombinasyonu kullanılmaktadır (Lücke, 1998; Toldrá ve ark., 2001).

Karbonhidratın miktarı oluşan laktik asit miktarı ile doğrudan ilişkili olduğundan önemlidir. Sucukta pH değerinin yavaşça 5,0'in altına inmesi için eklenen karbonhidrat seviyesi % 0,5-0,7 olmalıdır. Fazla miktarlarda eklenen karbonhidratlar pH değerinin 4,5 civarına inmesini sağlarken, üründe kabul edilebilir sonuçlar verse de çoğu zaman istenmeyen asit tadı oluştururlar (Toldrá ve ark., 2001). Yarı-kuru fermente sucuklarda ise % 2 oranına kadar fermente olabilen şekerler kullanılabilir (Lücke, 1998).

2.2.1.6. Asitleyiciler

Glukonik asidin hidrolizi olan Glukono- δ -lakton (GdL) birçok üretici tarafından asitleyici olarak kullanılmaktadır (Varnam and Sutherland, 1995). Bazı fermente sucuklarda GdL % 0,5'e kadar eklenmektedir. Fermente sucuklara GdL eklenmesi, sucukların çabuk olgunlaşmasına ve pH'nın hızlıca düşürerek istenmeyen aside

hassas mikroorganizmaların kontrolüne katkıda bulunur. Aynı zamanda istenmeyen duyuşsal özelliklere ve depolama sırasında kötü lezzet bileşenlerinin açığa çıkmasına sebep olmaktadır (Lücke, 1998; Prochaska ve ark., 1998).

2.2.1.7. Diğer İngrediyenler

Fermente et ürünlerine farklı ülke ve bölgelerde çok çeşitli baharatlar ilave edilmektedir (Toldá ve ark., 2001). Genelde Türk sucuğı üretiminde baharat olarak kırmızı biber, karabiber, kimyon, yenibahar ve sarımsak kullanılmakta ve bunlar tipik sucuk aromasına katkıda bulunmaktadırlar (Aksu, 2003).

Bitkisel proteinler, özellikle soya proteini fermente sucuklarda (en fazla % 5 oranında) sıkça kullanılmaktadır. Fakat, kalite üzerine olumsuz etkileri % 2'den fazla seviyelerde kullanıldığında görülebilmektedir (Varnam ve Sutherland, 1995).

2.2.2. Fermentasyon

Fermentasyon prosesinin amacı, çabuk bozulan et ürününün optimum besinsel değerde ve duyuşsal kalitede güvenilir bir gıda olmasını sağlamaktır. Ham materyalin yapısı, mikroorganizmaların aktiviteleri, enzimler ve proses teknolojisi fermentasyonu etkileyen faktörlerdir (Hammes ve ark., 2003).

İstenilen mikrofloranın oluşumu (*Micrococcaceae* ve laktik asit bakterileri) ile patojen ve bozulma etkeni mikroorganizmaların, özellikle gram negatif aerobik bakterilerin gelişimi önlemek için bazı faktörler söz konusudur (Toldrá ve ark., 2001). Bu seçici faktörler, düşük pH, su aktivitesinde azalma, oksijenin tükenmesi ile tuz ve nitrit gibi katkı maddeleridir. Düşük su aktivitesi, metabolik ürünlerin birikmesi, kürlenme tuzları, nitratlar ve oksijenin azalması, taze ette bozulmaya sebep olan bakterileri inhibe etmektedir (Ordóñez ve ark., 1999).

Et tuz, baharat ve diğer ingrediyenlerle karıştırıldığında, sucuk hamurunun su aktivitesi 0,96-0,97'ye düşer ve ortamda bulunan oksijen hızlıca tükenir. Oksijene gereksinim duyan, nitrit ve tuza hassas olan *Pseudomonas*'lar inhibe olurlar. Düşük oksijen ile pH ve tuzlu ortama hassas olan *Enterobacteriaceae* sayısı azalır. Böylece sucuk mikroflorasının kompozisyonu *Lactobacillus* ve *Micrococcus*'a doğru değişim gösterir (Heperkan ve Sözen, 1988; Lücke, 1998).

2.2.2.1. Doğal Fermentasyon

Sucuk karışımının orijinal mikroflorası çok çeşitli olup, mikroflora kompozisyonu etin işlenmesine, çevrede bulunan mikroorganizmalara ve üretimde kullanılan katkı maddelerine bağlı olarak değişim göstermektedir (Hammes ve ark., 2003; Toldrá ve ark., 2001). Fermentasyondan önce sucukların mikrobiyolojik yükü 10^5 - 10^6 kob/g olup taze ette bulunan mikrofloraya benzerlik göstermektedir. Laktobasilli, Mikrokok, enterobakteri, *Pseudomonas* spp., *Achromobacter* spp., *Flavobacterium* spp., *Bacillus* spp., maya ve küfler bulunmaktadır (Ordóñez ve ark., 1999).

Doğal fermentasyon tümüyle çiğ ette bulunan laktik asit bakterilerine bağlı olarak meydana gelmekte ve fermentasyon doğru uygulandığında laktik asit bakterileri hızla gelişerek sayıları 2-5 gün sonunda 10^7 - 10^9 kob/g'a ulaşır ve kuruma periyodu boyunca sabit kalır (Toldrá ve ark., 2001; Varnam ve Sutherland, 1995). Sucukların pH değerlerindeki azalma sonucunda, 2-3 gün içinde *Pseudomonas*'lar ve diğer aside hassas Gram-negatif bakteriler ölürler ve *Salmonella* gibi aside toleranslı türler ise daha uzun süre canlılıklarını sürdürürler. Laktik asit fermentasyonun başlamasının gecikmesiyle pH değerlerinin yavaş düşmesi, *S. aureus*'un gelişimini ve enterotoksin oluşumunu tetiklemektedir. Diğer istenmeyen mikroorganizmaların gelişmesiyle zayıf bir lezzet oluşur (Varnam ve Sutherland, 1995).

Fakültatif homofermentatif *Lactobacillus* doğal sucuk fermentasyonunda dominant laktik asit bakterisidir (Lorey ve ark., 2005). 20-25°C'lerde fermente olan sucuklarda *Lb. sakei* ve *Lb. curvatus* baskın florayı oluştururken, *Lb. plantarum* ise daha yüksek sıcaklıklarda fermente edilen ürünlerde bulunur (Toldrá ve ark., 2001). *Leuconostoc* sayısının fazla olması ürünün düşük kalitede olduğunu göstermektedir. *Pediococcus* (*P. damnosus*, *P. acidilactici* ve *P. pentasaceus*) da genelde *Lactobacillus*'dan sonra önemli miktarlarda bulunur. Sucuk mikroflorasında H_2O_2 üreten *Lb. curvatus* gibi istenmeyen türler de önemli miktarlarda bulunabilirler (Varnam ve Sutherland, 1995).

Fermentasyon basamağında *Micrococcaceae*'da çok önemlidir ve seviyeleri 10^6 – 10^7 kob/g'a yükselir. Bu ailenin üyeleri (*Staphylococcus* ve *Micrococcus*) aside hassas olduklarından kuruma sırasında sayıları azalmaktadır. Doğal fermente sucuklarda *S. xylosus* ve *S. carnosus* türleri baskın olarak bulunmakla birlikte, *Micrococcus*

varians, *S. saprophyticus*, *S. simulans* ve *S. scivri* küçük miktarlarda izole edilirler (Leroy ve ark., 2005; Toldrá ve ark., 2001).

Fermentasyon aşamasında küf ve mayaların sayısı 10^6 ile 10^7 kob/g'a yükselir. Doğal fermente etlerde *Debaryomyces hansenii* (maya) sıkça izole edilmesine rağmen, *Candida*, *Cryptococcus*, *Pichia*, *Rhodotorula* ve *Trichosporon*'a da rastlanmaktadır (Toldrá ve ark., 2001).

Fermentasyon sırasında *Enterbacteriaceae* sayısı çok az artar ve 10^2 - 10^5 kob/g değerine yükselir ve kuruma sırasında farkedilir şekilde azalır (Lorey ve ark., 2005). Genel olarak gram negatif bakterilerin sayısı olgunlaşma sonunda önemsiz hale (10^3 kob/g'dan az) gelmektedir. *Salmonella* spp. gibi patojen bakterilerin gelişimi, başlangıçta katılan nitritin ve sonra su aktivitesi ve pH'nın azalmasıyla engellenmektedir. *Listeria monocytogenes*'in düşük pH, rekabetçi flora ve antimikrobiyal bileşiklerin birikmesi sonucunda gelişmesi engellenir. Yeterli fermentasyon ile *Staphylococcus aureus*'un toksin üretimi ve gelişimi engellenir. *Clostridium botulinum* ve *Clostridium perfringens* gelişimi nitrit, sodium klorür ve düşük pH gibi seçici faktörlerle engellenir (Toldrá ve ark., 2001).

2.2.2.2. Starter Kültürlerle Fermentasyon

Sucuk fermentasyonunda starter kültür olarak kullanılan mikroorganizmaların metabolik aktiviteleri ve sucuk fermentasyonuna yararları Tablo 2.2'de gösterilmiştir (Lücke, 1994). İstenilen mikroorganizmaların et ürünlerine eklenmesinin 4 farklı amacı vardır:

1. Ürünün güvenliğini artırma (patojenlerin inaktivasyonu)
2. Ürün stabilitesini artırma (istenmeyen değişiklikleri, bozulmaya yol açan mikroorganizmaları veya biyotik reaksiyonları inhibe ederek ürünün raf ömrünün uzaması)
3. Değişim sağlama (hammaddelerin modifikasyonu ile ürüne yeni duyuşal özellikler kazandırma)
4. Sağlık yararları sağlama (bağırsak florasına pozitif etkileri)

Et fermentasyonunda laktik asit bakterileri (*Lactabacillus* ve *Pediococcus*) starter kültürlerin temel bileşeni olup, 1-3 amaçlarını yerine getirirler. Katalaz pozitif koklar

(*Kocunia* ve *Stahylococcus*), mayalar (*Debaryomyces*) ve küfler (*Penicillium*) ise istenen duyuşsal özelliklerin stabil hale gelmesini sağlarlar (Lücke, 2000).

Tablo 2.2. Sucuk fermentasyonu için kullanılan starter kültürlerdeki mikroorganizmalar ve metabolik aktiviteleri (Lücke, 1994; Lücke, 1998)

Mikrobiyal grup	Starterde kullanılan türler	Metabolik aktivite	Sucuk fermentasyonuna yararları
Laktik asit bakterileri	<i>L.plantarum</i> <i>L.pentosus</i> <i>L.sake</i> <i>L.curvatus</i> <i>P.pentosaceus</i> <i>P.acidilactici</i>	Laktik asit oluşumu	Patojen ve bozulma etkeni bakterilerin inhibasyonu Renk oluşumu ve kurumayı hızlandırma
Katalaz pozitif kok	<i>S.carnosus</i> <i>S.xylosus</i> <i>M.varians</i>	Nitrati indirgeme ve oksijen tüketimi Lipoliz Peroksiti parçalama	Renk oluşumu ve stabilizasyon Aroma oluşumu Acılaşmanın gecikmesi Fazla nitratin uzaklaşması
Maya	<i>Debaryomyces hansenii</i> <i>Candida famata</i>	Oksijen tüketimi Lipoliz	Acılaşmanın gecikmesi Aroma oluşumu
Küf	<i>Penicillium nalgiovense</i> <i>biotypes 2,3,6</i> <i>Penicillium chrysogenum</i>	Oksijen tüketimi Peroksiti parçalama Protein ve amino asitlerin parçalanması	Renk stabilitesi Acılaşmanın gecikmesi Aroma oluşumu

Fermente et ürünlerinde laktik asit bakterileri önemli rol oynamakta ve fermentasyonda *Pediococcus*, *Lactobacillus*'un homofermentatif türleri çok önemlidir (Varnam ve Sutherland, 1995). Heterofermentatif laktik asit bakterileri değişik lezzet maddeleri ve gaz oluşturdıklarından, *Leuconostoc*'un da bazı türleri salgı oluşturdıklarından dolayı pek istenmemektedirler (Lücke, 1998). Bazı homofermantatif *Lb. sakei* türleri de salgı üretmektedirler (Varnam ve Sutherland, 1995). LAB'lerin ana rolü, et karışımında karbonhidratları fermente ederek ortamı asitlendirir (Ordóñez ve ark., 1999). Laktik asit bakterileri güçlü proteolitik ve lipolitik aktiviteye sahip olmamalarına rağmen bazı türleri ette lipaz ve peptidaz aktiviteleri göstermektedirler (Ordóñez ve ark., 1999; Lorey ve ark., 2005).

Katalaz pozitif koklar, acımsı tat oluşumunu ve yağ asitlerinin oksidasyonunu azaltma, sucuğun olgunlaşması sırasında renk stabilizasyonunu sağlama, peroksitleri

parçalama ile proteoliz ve lipoliz gibi istenen reaksiyonlardan sorumludurlar (Lorey ve ark., 2005; Hammes ve Knauf, 1994; Lücke, 1998; Varnam ve Sutherland, 1995). *Micrococcaceae* katalaz aktivitesine sahip olup, bu aktivite aerobik ve birçok fakültatif aerobik bakterinin özelliğidir (Montel ve ark., 1998; Toldrá ve ark., 2001).

Micrococcus ve *Staphylococcus* türlerinin nitrat indirgeyici aktiviteleri kürlenmiş etlerde renk gelişimi ve stabilizasyonu ile aroma oluşumunu sağlamaktadırlar. Bu enzim nitrat ve nitriti indirgeyerek kırmızı renkli nitrozomyoglobin oluşumuna yardımcı olur (Hammes ve Knauf, 1994; Heperkan ve Sözen, 1988; Toldrá ve ark., 2001). Taze ette bulunan, *Pseudomonas* gibi bazı bakteriler nitratı indirgemelerine rağmen, fermentasyon sırasında gelişemezler (Varnam ve Sutherland, 1995). LAB nitrit/nitratı indirgemedede zayıf etkileri vardır. Aerobik gram-pozitif bakteriler ise (*Enterobacteriaceae*) nitratı indirgeme aktivitesine sahip fakat yaygınlığı ve nitratı indirgeme rolleri fermente et ürünlerinde sınırlıdır (Toldrá ve ark., 2001).

Olgunlaşma sırasında, *Micrococcus* ve *Staphylococcus* lipolitik ve proteolitik enzim kaynağıdır (Montel ve ark., 1998; Varnam ve Sutherland, 1995). Fakat fermente sucuklarda Micrococci yükü olgunlaşmanın 15-20. günlerinde azalmakta ve bu sebepten dolayı sucuğun olgunlaşma sırasında lipolize aktif olarak katılamamaktadırlar. Fakat, enzimleri ortamda kaldıklarından uzun zincirli trigliseritleri parçalarlar (Ordóñez ve ark., 1999). Bu enzimler, lezzet oluşumunu sağlarken, *Staphylococcus carnosus*, fermente et ürünlerinde lezzeti olumsuz etkilemektedir (Varnam ve Sutherland, 1995). *K. varians*, *S. carnosus* ve *S. xylosus* lipolitik aktivite göstermekte, fakat pH 6'nın altında inhibe olurlar (Hammes ve ark., 2003). Zayıf metabolik aktiviteye sahip *S. carnosus* ve *S. xylosus* fermente sucuklarda tipik güçlü koku oluştururlar. *Staphylococcus* bakterilerinin bazı türlerinin lipazları pH 7,5'un üzerinde en iyi aktivite göstermektedirler (Montel ve ark., 1998).

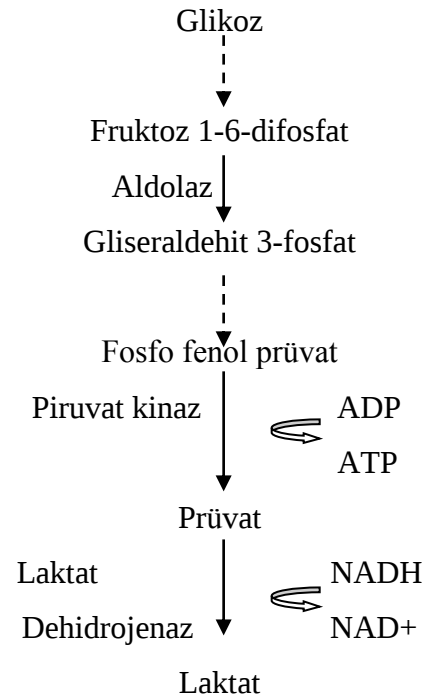
Debaryomyces hansenii'nin lipolitik aktiviteleri ile karakteristik maya tadının ortaya çıkmasını ve katalaz aktiviteleriyle ise kırmızı rengin stabilizasyonunu sağlamaktadırlar. *Debaryomyces hansenii* yüksek tuza toleranslı olup su aktivitesi 0,87'nin üstünde gelişme gösterirler (Hammes ve Knauf, 1994). Aerobik ve zayıf fermentatif metabolizmaya sahip olduklarından sucukların yüzeyinde ve iç kısımlarında gelişirler (Toldrá ve ark., 2001). Nitriti indirgeme özelliği göstermemektedirler (Hammes ve Knauf, 1994).

Penicillium nalgiovense ve *Penicillium chrysogenum* gibi arzu edilen küflerin proteolitik ve lipolitik aktiviteleri sucuğa karakteristik yüzey özellikleri kazandırır ve lezzeti geliştirirler. Küflerin yüzeyde gelişimi oksijenin ve ışığın olumsuz etkilerinin, acılaşmanın ve renk değişikliklerinin meydana gelmesini önlerler (Leroy ve ark., 2005; Hammes ve Knauf, 1994; Montel ve ark., 1998; Ordóñez ve ark., 1999).

2.2.3. Olgunlaşma

2.2.3.1. Şeker Metabolizması

Şeker metabolizması, şekerin hücrelere taşınmasıyla başlar ve sindirimi glikolitik veya Embden-Meyerhof yoluyla meydana gelir. Anahtar enzimler Şekil 2.2’de gösterilmiştir (Toldrá ve ark., 2001).



Şekil 2.2. Laktik asit bakterilerinde homofermentatif şeker metabolizmasının basitleştirilmiş şeması (Toldrá ve ark., 2001)

Homofermentatif *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Lactococcus* ve bazı laktobasiller glüköz fermentasyonu sonucunda laktik asit üretirler (Caplice ve Fitzgerald, 1999). Fermentasyon sonucunda laktik asidin yanında asetik asitte oluşabilir. Fakültatif heterofermentatif laktobasiller pentozu fermente ederek eşit molarlarda asetik ve laktik asit oluştururlar. Eğer ortamda oksijen varsa bazı laktobasiller laktik ve/veya pürivik asidi oksitleyerek de asetik asit oluştururlar (Lücke, 1998). Asit oluşumu ürünlerde

pH'nın düşmesine sebep olur ve pH düşüşü amonyak oluşumu ile dengelenmiştir. Asitlenme lezzet ve tekstür gelişimi için çok önemlidir (Montel ve ark., 1998).

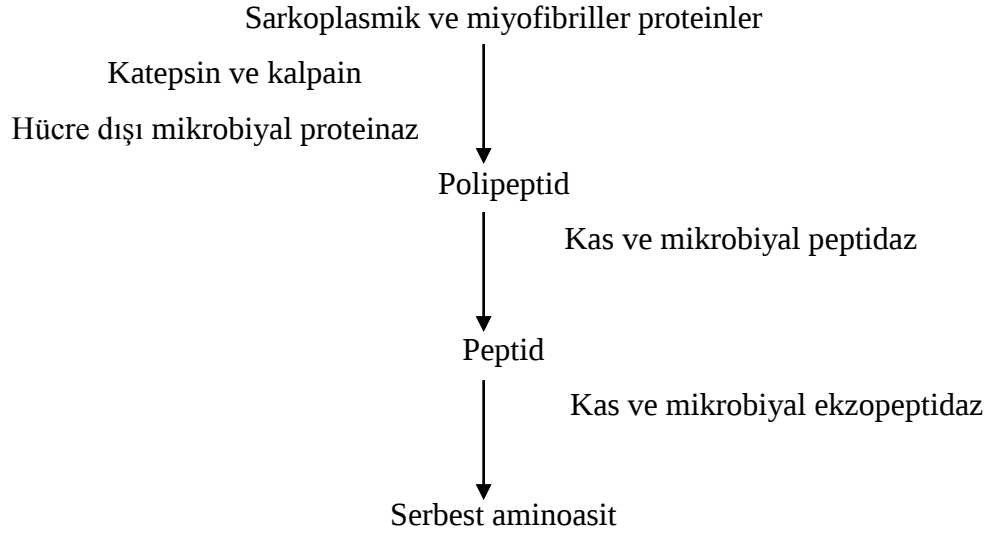
Eklenen karbonhidratın miktarı ve çeşidi, sucuğun çapı ve diğer teknolojik faktörlerin yanında, fermentasyonu yapan bakteri türü sucuk fermentasyonu sırasında asit oluşum hızını etkilemektedir (Lücke, 1998; Montel ve ark., 1998).

2.2.3.2. Proteoliz

Miyofibriller ve sarkoplazmik proteinlerin hidrolizinin önemli bir kısmı sucuğun olgunlaşması sırasında meydana gelmektedir (Toldrá ve ark., 2001). Fermente sucukların olgunlaşması sırasında proteinler farklı proteolitik enzimlerin aktiviteleri sonucunda bir çok değişikliğe uğramaktadırlar. Enzimlerin bazıları mikrobiyal orjinli olup, bazıları ise dokulardan elde edilir (Ordóñez, ve ark., 1999). Proteinlerin hidrolizi kas proteinazları (katepsin ve kalpain), ekzopeptidaz ve starter proteazların birleşimiyle gerçekleşir. Kas aminopeptidazların aktivitelerinin optimum düzeyi bazik pH ve nötr ortamlardır ve sonraki aşamalarda proteoliz bakteriyel peptidaz tarafından baskın olarak yapılmaktadır (Leroy ve ark., 2005; Toldrá ve ark., 2001). Şekil 2.3'de proteolizin ana basamakları gösterilmiştir (Toldrá ve ark., 2001).

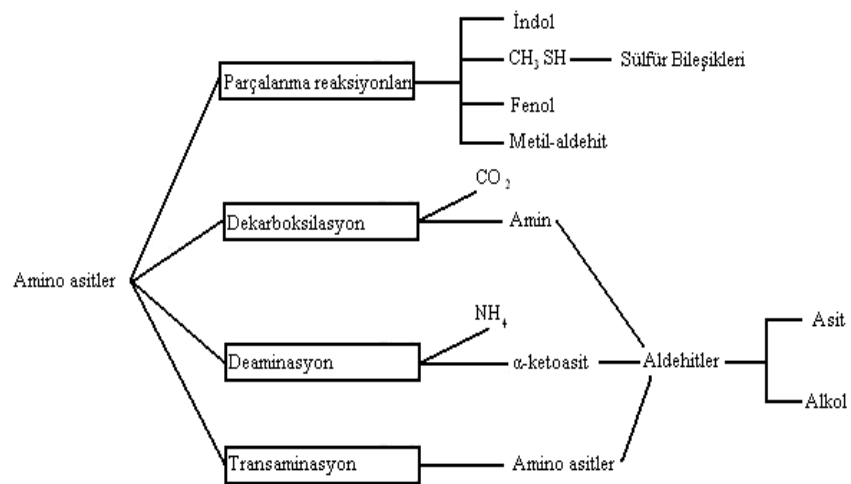
Starter kültürlerin proteolitik aktiviteleri doku enzimleriyle karşılaştırıldığında daha azdır (Hammes ve ark., 2003). Bakteriler ortamdaki proteinleri direkt kullanamadıklarından proteinler amino asit ve peptitlere hidroliz olduktan sonra hücrelere transfer edilmektedirler. Sitoplazmanın içinde peptidazlar ile peptitler parçalanarak serbest amino asitler oluşmaktadır (Ordóñez, ve ark., 1999).

LAB ve *Micrococcaceae*'nin fermente sucukların olgunlaşması sırasında proteolitik değişikliklere hangi derece katkıda bulundukları tam olarak bilinmemektedir. Laktik asit bakterileri pH'yı düşürerek, katepsin D aktivitesini artırarak ve proteinlerin çözünürlüğünü azaltarak proteolize katkıda bulunurlar. Mikrokoklar proteolitik aktivite göstermekte ve bazı türleri ise sarkoplazmik proteinleri hidrolize etmektedirler (Montel ve ark., 1998). Bazı küf türleri (*Penicillium*, *Aspergillus*) de proteolitik aktivite göstermektedirler (Ordóñez ve ark., 1999).



Şekil 2.3. Proteolizin ana basamakları (Toldrá ve ark., 2001)

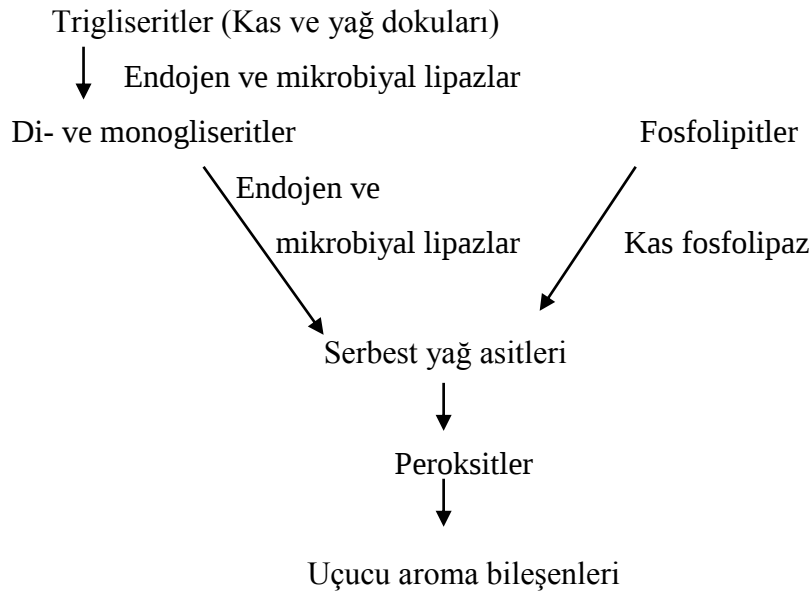
Serbest amino asitler parçalanma reaksiyonları, dekarboksilasyon, deaminasyon ve transaminasyon gibi çeşitli kimyasal dönüşümlerle amin, keto asit, organik asit ve amonyak gibi farklı bileşenler oluşarak gıdaların duysal özelliklerini etkilerler ve bazen de gıdaya istenmeyen özellikler kazandırırılar (Montel ve ark., 1998; Ordóñez ve ark., 1999; Toldrá ve ark., 2001). Serbest amino asitlerin ana reaksiyonları Şekil 2.4’de verilmiştir. Bu reaksiyonların çoğu üründe bulunan mikroorganizmaların enzimleri ile gerçekleşmektedir. Kas proteinlerinin proteolizi sonucunda oluşan serbest amino asitler bu reaksiyonlar için substrat olarak davranırılar (Toldrá ve ark., 2001).



Şekil 2.4. Serbest amino asitlerin ana reaksiyonları (Toldrá ve ark., 2001)

2.2.3.3. Lipoliz

Yağ dokusunda lipolizin ana basamakları Şekil 2.5’de verilmiştir. Lipoliz ile serbest yağ asitleri oluşmakta ve bunlar doymamış olup oksidasyon için substrat olarak davranırlar ve aroma özellikleri olan uçucu bileşikler oluştururlar. Yağ dokusu ve kaslar arasındaki yağların ana bileşeni trigliseritler olup aynı zamanda kaslar arasındaki yağlar çoklu doymamış yağ asitlerince zengin fosfolipitleri de içermektedirler (Toldrá ve ark., 2001).



Şekil 2.5. Lipolizin ana basamakları (Toldrá ve ark., 2001)

Trigliseritlerin ilk parçalanması endojen lipazlar (lizozomdaki asit lipaz) ile meydana gelmektedirler (Ordóñez ve ark., 1999). Lizozomdaki asit lipazları kaslarda bulunup, pH=5,0 civarında çok aktiftirler. Asit lipazların aktiviteleri NaCl konsantasyonu arttıkça ve su aktivitesi düştükçe artmaktadırlar (Ordóñez ve ark., 1999; Toldrá ve ark., 2001). Natürel ve bazik lipazlar düşük su aktivitesi ve yüksek tuz konsantrasyonlarında inhibe olduklarından sucuğun olgunlaşması sırasında rol oynamamaktadırlar (Toldrá, 1998).

LAB’lerinin çoğu trigliseritleri hidrolize edemezler fakat mono ve digliseritlere etki ederek serbest yağ asitlerini oluştururlar (Ordóñez ve ark., 1999; Toldrá ve ark., 2001). Lipolizde mikrobiyal ve endojen enzimlerin lipolize katkıları tam olarak bilinmemekte ve toplam yağ hidrolizinde doku lipolitik enzimlerinin etkisinin % 60-80 civarında olduğu tahmin edilmektedir (Hammes ve Hertel, 1998; Toldrá ve ark., 2001).

2.3. Fermentasyonun Sucuğun Duyusal Özelliklerine Etkileri

Fermente ürünlerin duyusal karakteristikleri, mikrobiyal, fiziksel ve biyokimyasal reaksiyonların birbirleriyle etkileşimleri sonucunda elde edilir. Fermentasyon sırasında oluşan reaksiyonlar, fermente ürünlere özgü renk, tekstür ve lezzet oluşumunu sağlarlar (Toldrá ve ark., 2001).

2.3.1. Renk

Etin rengi; nem, yağ ve özellikle myoglobin miktarından etkilenmesine rağmen fermente sucukların karakteristik rengi, nitritin myoglobinle etkileşimi sonucu oluşan kırmızı renktir. Fermente sucuklarda rengin oluşması birkaç basamakta elde edilir (Toldrá ve ark., 2001).

Eğer kürlleme maddesi olarak nitrat kullanılmışsa, bakteriyel indirgemeyle önce nitrite dönüşür. Ette ortam koşullarına ve özellikle kesimden hemen sonra oksijen varlığına bağlı olarak myoglobin ile oksimiyoglobin denge halindedir. Düşük pH'da nitrit hidrojen alarak nitroz asit formuna geçer (Vural ve Öztan, 1992). Oksijenlenen myoglobin (kırmızı) nitroz asit ile birleşerek metmyoglobin (kahverengi) meydana getirir. Metmyoglobin nitroz asit ve/veya nitrik oksit ve iç ve/veya dış indirgeyicilerle (askorbat gibi) reaksiyona girmesiyle kırmızı renkli azot oksit myoglobin oluşur. Bu bileşiğin oluşum hızı, pH düşmesiyle ve laktik asit bakterilerinin aktiviteleriyle artmaktadır.

Olgunlaşma sırasında, azot oksit myoglobin protein kısmı denatüre olarak azot oksit myokromojen oluşmakta ve azot oksit hem grubundan daha az çözündüğünden, bu olay sucuğun renk stabilitesi arttırmaktadır. Düşük pH'da yağ dokusunda bulunan peroksitler veya laktik asit bakterileri tarafından oluşan peroksitler azot oksit myokromojendeki demiri oksitlerler. Bu da, et renginin kahverengine dönüşümüne neden olduğundan sucuk yapımında taze, kaliteli yağ kullanılmalı ve oksijenle temasın minimum olması gerekmektedir (Heperkan ve Sözen, 1988; Lücke, 1998; Toldrá ve ark., 2001).

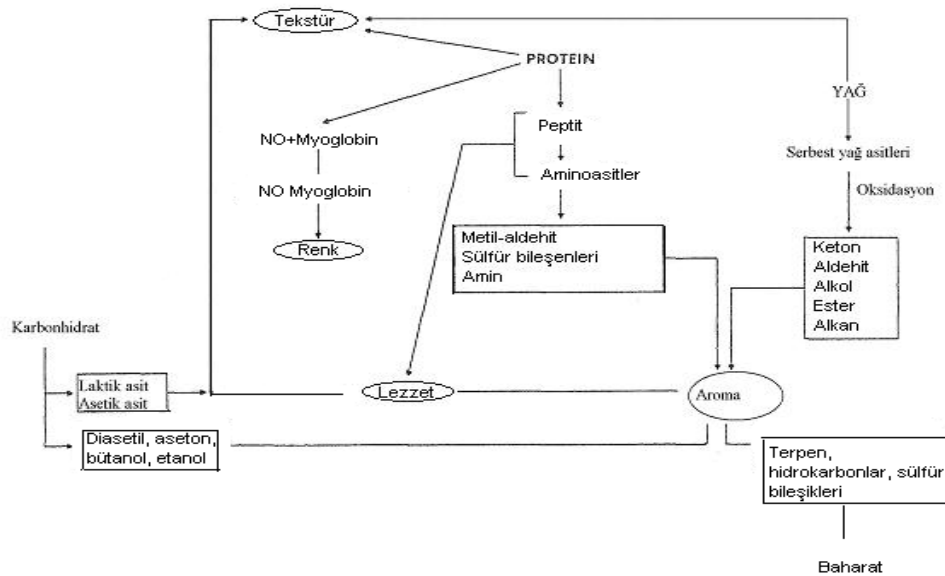
Katalaz pozitif koklar (*Staphylococcus* ve *Micrococcus*) fermente sucuklarda istenen duyusal özelliklerin oluşumu ve renk stabilitesi sağladıkları için çok önemlidirler (Lücke, 1998).

2.3.2. Tekstür

Karbonhidratların parçalanmasıyla laktik asidin sürekli birikmesi et proteinlerinin izoelektrik noktaya yaklaşmasını sağlamaktadır. Sucuğun pH değeri 5,3'e yaklaştığında, etin su tutma kapasitesinin azalması sonucunda ürünün kıvamı artarak daha sıkı bir yapı kazanır (Hammes ve ark., 2003; Toldrá ve ark., 2001; Ordóñez ve ark., 1999; Lücke, 1998). Asitlendirme işlemi üründe tipik dilimlenme kabiliyetine ulaşması için gereklidir (Työppönen ve ark., 2003).

2.3.3. Lezzet

Et ürünlerinde lezzetin gelişimi kompleks bir proses olup genel olarak, lezzet bileşenleri enzimatik faaliyetler ile lipit oksidasyonu, Maillard reaksiyonları ve Strecker parçalanması gibi kimyasal reaksiyonlar sonucunda oluşmaktadır (Fernández ve ark., 2000; Toldrá, 1998). Fermente sucuklarda lezzet, ingrediyenlerin türü, miktarı ve kaynağından (et, yağ, karbonhidratlar, kürlleme ajanları ve baharatlar), proses koşullarından (sıcaklık, relatif nem, kılıfın çapı ve ham materyali gibi) ve mikrobiyal metabolizma ürünlerinden etkilenmektedir (Hammes ve Hertel, 1998; Leroy ve ark., 2005; Lücke, 1998; Toldrá ve ark., 2001). Sucuk fermentasyonu sırasında lezzet bileşenlerinin oluşum mekanizmaları Şekil 2.6'da gösterilmiştir (Hammes ve ark., 2003).



Şekil 2.6. Sucuk fermentasyonu sırasında lezzet bileşenlerinin oluşum mekanizmaları (Hammes ve ark., 2003)

Sucukta lezzet, tat (başlıca laktik asit üretimi ve proteoliz sonucunda peptit ve serbest amino asitler) ile aromanın (lipit otooksidasyonu ve bakteriyel metabolizma sonucunda oluşan uçucu bileşenler) etkileşimi sonucunda oluşmaktadır (Leroy ve ark., 2005). Proteolitik ve lipolitik enzim reaksiyonları direkt veya indirekt olarak uçucu ve uçucu olmayan bileşenlerin oluşumunda önemli rol oynamaktadırlar (Toldrá, 1998). Fermente et ürünlerinde inorganik tuzlar, nükleotik metabolitler, şeker, inorganik asit, amino asit ve peptit gibi uçucu olmayan bileşenler ile alkan, alken, aldehit, keton, alkol, aromatik hidrokarbonlar, karboksilik asit, ester, terpen, sülfür bileşikleri, furan, amin ve klorür bileşikleri gibi birçok uçucu bileşenler tada katkıda bulunurlar (Ordóñez ve ark., 1999; Toldrá ve ark., 2001).

Karbonhidratların fermentasyonu ile tipik ekşimsi, asit tat oluşmaktadır (Montel ve ark. 1998). Karbonhidrat fermentasyonu ile laktik asidin yanında asetik asit de oluşmakta ve yüksek miktarlardaki asetik asit oluşumu ürüne ekşimsi acı bir tat verir (Lorey ve ark., 2005). Katalaz pozitif kokların ve LAB tarafından karbonhidratların fermentasyonu sonucunda asetoin, diasetil ve/veya 2,3-butandiol az miktarlarda oluşmasına rağmen sucuk aromasında peynirimsi, tereyağımsı bir tat oluştururlar (Caplice ve Fitzgerald, 1999; Lorey ve ark., 2005; Montel ve ark., 1998; Lücke, 1998).

Trigliseritlerin mikrobiyal ve endojen lipazlarla parçalanmalarıyla yağ asitleri açığa çıkmakta ve sonra yağ asitleri kimyasal veya enzimatik reaksiyonlarla oksitlenerek alkan, alken, aldehit, alkol ve keton gibi bir çok bileşen oluşturarak sucukların tat ve kokularında değişimlere sebep olmaktadır (Fernández ve ark., 2000; Lorey ve ark., 2005; Montel ve ark., 1998). Bu değişiklikler acı tat oluşturduğundan dolayı istenmemelerine rağmen, kuru-fermente sucuklarda karakteristik tat ve kokunun oluşması için belirli derecede oksidasyon önemlidir. Kısa zincirli yağ asitlerinin ekşi tadı vardır ve zincir uzunlukları arttıkça duyuşsal özelliklerinde azalma meydana gelmektedir (Ordóñez ve ark., 1999).

Proteinlerin parçalanmasıyla polipeptitler, peptitler ve serbest amino asitler oluşmaktadır (Fernández ve ark., 2000). Amino asitlerin dönüşümleriyle oluşan bileşenler fermente sucuklarda lezzetin gelişmesine katkıda bulunurlar. Proteolizin fazla olması sucuk lezzeti bozarak acımsı ve metalik bir tat oluşturur (Hammes ve ark., 2003; Toldrá, 1998).

2.4. Sağlıklı Et ve Et Ürünleri Elde Etmek İçin Stratejiler

Et ve et ürünleri biyolojik değeri yüksek proteinleri, selenyum, çinko, demir, folik asit, vitamin B₁₂ ve A gibi mineral ve vitaminleri içermeleri nedeniyle beslenmemiz açısından önemli bir yere sahiptirler. Bununla birlikte, et ürünleri içerdikleri yağ, doymuş yağ asidi, kolesterol ve tuz nedeniyle tüketici sağlığı açısından risk teşkil etmektedirler (Biesalski, 2005; Colmenero ve ark., 2001; Higgs, 2000; Muguerza ve ark., 2004; Colmenero, 2000). Kırmızı ette doymuş yağ asidi olarak en çok palmitik (C16:0) ve stearik asit (C18:0) bulunurken, tekli doymamış yağ asitleri toplam yağın % 40'ını oluşturmakta ve bunların da çoğunluğunun oleik asit (C18:1) olduğu bilinmektedir (Higgs, 2000; Hammes ve ark., 2003).

Diyette yüksek yağ tüketiminin kolon, göğüs ve prostat gibi bazı tip kanser risklerini ve obeziteyi arttırdığı, doymuş yağ tüketiminin ise yüksek kolesterol ve kalp-damar hastalıklarına yol açtığı bilinmektedir (Akoh, 1998; Chizzolini ve ark., 1999; Giese, 1996b; Pearson, 1997; Serdaroğlu ve Değirmencioğlu, 2004). Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) belirlediğine göre diyetteki kalorilerin % 15-30'u yağdan sağlanmalı, doymuş yağlar toplam enerji alımının % 10'dan fazla olmamalı ve kolesterol alımı ise günde 300 mg'ı geçmemelidir. Dolayısıyla, diyetteki kolesterol seviyeleri ile yağ asidi kompozisyonu da en az alınan yağ miktarı kadar önem taşımaktadır (Colmenero, 2000; Serdaroğlu ve Değirmencioğlu, 2004; Chizzolini ve ark., 1999).

Sağlıklı et ve et ürünleri, istenilmeyen maddelerden sakınarak veya bunları uygun limit değerlerine indirerek ve yararlı özellikleri olan fonksiyonel bileşenlerin miktarlarını artırarak elde edilir. Karkas kompozisyonun modifikasyonu, et hammaddelerinin işlenmesi ve et ürünlerinin yeniden formüle edilmesi olmak üzere 3 temel strateji vardır (Colmenero ve ark., 2001).

2.4.1. Karkas Kompozisyonunun Modifikasyonu

Hayvan üretim aşamasında karkas kompozisyonu, sadece türe göre değil, yaş, cinsiyet, beslenme ve yetiştirme şekline göre de değiştiği bilinmektedir (Colmenero ve diğ., 2001; Colmenero, 1996).

Genetik seçimi, hayvan beslenmesindeki değişiklikler (yemlere probiyotik ve antibiyotik gibi bazı katkıların eklenmesi), yetiştirme yönetimindeki değişiklikler,

gen işleme teknikleri ve hayvan metabolizmasına (anabolik ajanlar, büyüme hormonları) müdahale gibi çeşitli stratejiler uygulanarak karkasların yağ asidi kompozisyonlarını, protein ve yağ içeriklerini değiştirmek mümkündür (Colmenero ve diğ., 2001; Colmenero, 1996; Chizzolini ve ark., 1999).

Genetik yapının değiştirilmesiyle karkas kompozisyonu önemli derecede değiştirilmektedir. Bu da, yağlılıkta önemli azalmalara ve doymamış yağ asidi miktarlarında artışlara sebep olmaktadır (Colmenero ve diğ., 2001; Chizzolini ve ark., 1999). Fakat genetik iyileştirme zaman almakta ve düşük yağlı hayvan üretimine kısa sürede çözüm getirememektedir. Sığır etinin kompozisyonu iri damızlıkların seçimi ve hayvanların büyüme eğrilerinin erken aşamalarında kesimi ile değiştirilebilmektedir (Pearson, 1997).

Sığır, koyun, domuz ve kümes hayvanlarının karkaslarındaki yağın yağsız ete oranı diyetle alınan besinlerin kompozisyonundan, beslenme seviyelerinden ve özellikle de diyetlerinde alınan enerji ve protein miktarlarından etkilenmektedir (Colmenero, 1996; Dikeman, 1997; Keeton, 1994). Geviş getiren hayvanların diyetlerindeki yüksek lif içeriği, iškembelerindeki fermentasyon ve otlama sırasında kontrolsüz miktarda ve kompozisyonda beslenmeleri nedeniyle seçici beslenmeyle karkaslarındaki yağ miktarlarını değiştirmek monogastriklere göre daha güçtür (Dikeman, 1997; Southgate, 1997). Son 20 yılda karkasların yağ içerikleri sığırda % 6, domuzda % 23 ve koyunda ise % 9'a kadar düşürülmüştür (Colmenero, 1996). Domuzlarda, enerji alımının azaltılması, karkastaki yağ miktarını azaltırken, proteinlerin fazla tüketimi ise yağsız etin yağa oranını artırmaktadır (Colmenero ve diğ., 2001; Pearson, 1997). Monogastrik (domuz, hindi ve kümes hayvanları) hayvanların diyetlerinde farklı tipte yağların ilave edilmesi karkas kompozisyonunu önemli derecede etkilemektedir. St. John ve ark. (1987) domuzları % 20 kanola yağı (% 60-65 oleik asit) içeren diyetle beslediklerinde yağ ve kas dokularındaki doymuş yağ asidi seviyesi sırasıyla % 25 ve % 19 azaldığını bulmuşlardır (Keeton, 1994). Domuz ve tavukların diyetleri konjuge linoleik asit ile zenginleştğinde hayvanların vücut yağları azalarak yağsız et miktarlarında artış meydana gelmektedir (Higgs, 2000).

Anabolizer, büyüme hormonları gibi ajanlar hayvanların büyümesi sırasında besinlerin kullanımını düzenleyerek, protein sentezini teşvik ederek, yağların depolanma olasılıklarını azaltmaktadırlar (Colmenero ve ark., 2001).

Ette doymamış yağ asitlerinin miktarının artması duyusal ve sağlık üzerine istenilmeyen etkileri olan oksidasyon prosesinin meydana gelmesini artırır. Lipit oksidasyonunu azaltmak için uygulanan yöntemlerden birisi de hayvanların diyetlerinin değiştirilmesiyle ilgilidir (Colmenero ve diğ., 2001). Kümes hayvanları, büyük baş hayvanlar ve domuzlar vitamin E takviyeli diyetlerle beslendiklerinde bunlardan elde edilen ürünlerde lipit ve myoglobin oksidasyonu azaldığından, ürünlerin raf ömürlerinin uzadığı ortaya çıkmıştır (Morrissey ve ark., 1998).

2.4.2. Et Hammaddesinin İşlenmesi

Kasın ete dönüşümü sırasında veya hammadde hazırlama sırasındaki herhangi bir basamağa müdahale edilmesi et kompozisyonunu değiştirerek daha sağlıklı bir ürün haline gelmesini sağlar (Colmenero ve ark., 2001). Toptan satışlarda, karkası ilk parçalama sırasında veya perakende satışlarda et parçalarını hazırlama sırasında etten yağ kesilerek uzaklaştırılabilmektedir (Pearson, 1997). Bununla birlikte, satılabilir etin ağırlığı azaldığından, yağların kesilmesi et maliyetlerini artırmaktadır. Ticari kesimlerde yağ miktarını azaltmak için görünen (yağlı doku) ve kas dokusunda kolay ulaşılacak yerlerde bulunan yağların ayrılması ve/veya ekstrakte edilmesiyle ilgili bir çok prosedür geliştirilmiştir (Colmenero, 2001; Keeton, 1994; Resurreccion, 2003). Tüketicilerin isteklerine göre süper marketlerde satılan sığır etlerinin yağları kesilerek ürünlerdeki yağ miktarları % 42'ye kadar azaltılabilmektedir (Keeton, 1994).

Son yıllarda modern kasaplık teknikleriyle kaslar arasında bulunan yağlar da uzaklaştırılarak çok yağsız etler elde edilmektedir (Higgs, 2000; Southgate, 1997). Et ham materyal tipine ve istenen yağ içeriğine göre çeşitli kompleks fizikokimyasal teknikler uygulanabilir. Önce etin parçacık boyutu ufaltılır ve etin yağını ayırmadan veya uzaklaştırmadan önce ortamın pH'sı veya iyonik kuvveti modifiye edilir ve sonraki aşamada ise ekstraksiyon, süzme, santrifüjleme ve süperkritik sıvı ekstraksiyon teknolojisi gibi ayırma prosesleri uygulanır (Colmenero, 1996).

Süper kritik CO₂ ekstraksiyonu pahalı olmasına rağmen, et ürünlerinden yağın uzaklaştırılması ve kıymalarda ise lipit ve kolesterolü uzaklaştırmak için çok etkili bir prosedürdür (Pearson, 1997). Kıymalarda yağlar 30-50 °C'de ve 103-310 bar basınçta süperkritik CO₂ ekstraksiyonun kullanımı ile ekstrakte edilirken, taze

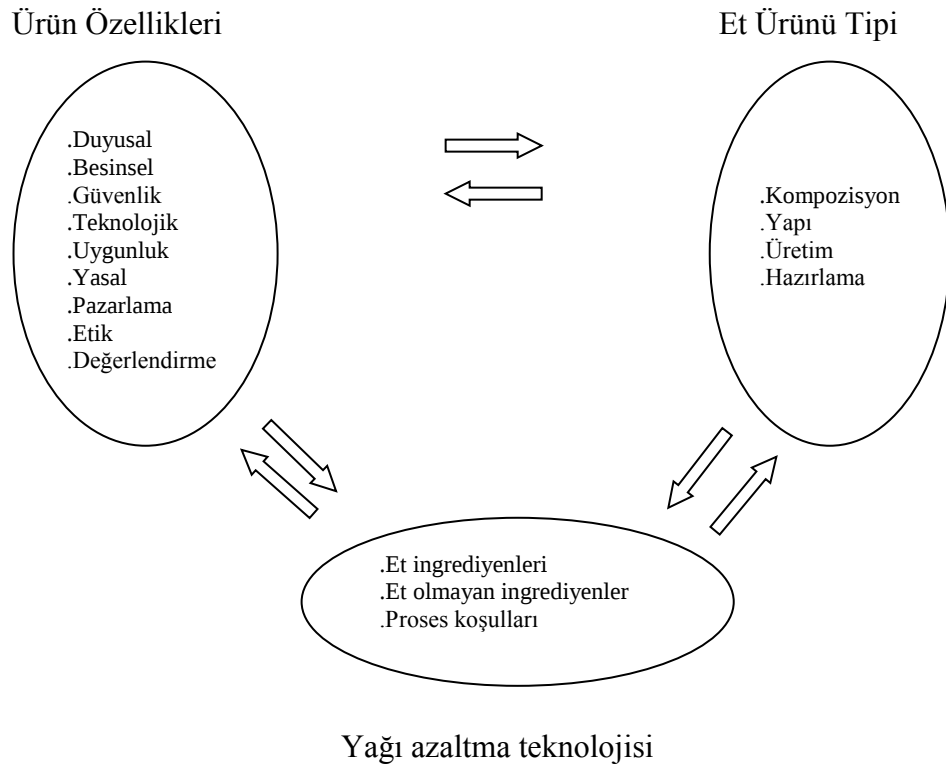
etlerdeki yağların ekstraksiyonu süperkritik CO₂ ekstraksiyonu ile başarılı değildir (Giese, 1992; Clarke, 1997).

2.4.3. Et Ürünlerinin Yeniden Formüle Edilmesi

Et endüstrisinde, geleneksel ürünlerin besinsel özelliklerini iyileştirerek daha sağlıklı ürünler geliştirmek üzerine birçok çalışma yapılmaktadır. Ürünü hazırlama aşamasında ürünün tipine bağlı olarak ürünün kompozisyonu iki tane birbirini tamamlayan işlem yapılarak değiştirilebilir. Bunlardan birincisi gıdalarda normal olarak bulunan yağ, doymuş yağ asidi, tuz ve nitrit gibi bileşenler uygun miktarlarda azaltılır ve ikincisi ise lif, antioksidanlar, bazı tür bitkisel proteinler, çoklu doymamış yağ asitleri ve tekli doymamış yağ asitleri gibi sağlığı iyileştiren (fonksiyonel) ingredienler ilave edilir (Colmenero ve ark., 2001).

2.4.3.1. Yağ Miktarının Azaltılması

Yağın azaltılması ürünün yeniden formüle edilmesiyle elde edilir. Şekil 2.7’de düşük yağlı et ürünü gelişimini etkileyen önemli faktörler gösterilmektedir (Colmenero, 2000).



Şekil 2.7. Düşük yağlı et ürünü gelişimini etkileyen önemli faktörler (Colmenero, 2000)

Gıdaların yağ içeriği, görünüş, lezzet, ağız hissi, doku, sululuk, ısırılabilirlik ve ısı transferi gibi bir çok besinsel, fiziksel, kimyasal ve duysal özelliği etkilemektedir (Muguerza ve ark., 2004; Tokuşoğlu ve Ünal, 2003; Lucca ve Tepper, 1994; Shand, 1997). Gıdalarda yağın 3 ana besinsel fonksiyonu vardır:

- Esansiyel yağ asidi kaynağı (linolenik ve linoleik asit) olarak davranır.
- Yağda çözünen vitaminleri (A,D,E,K) taşır.
- Önemli enerji kaynağıdır (Papadima ve Bloukas, 1999; Jones, 1996; Garcia ve ark., 2002; Giese, 1996b).

Fakat, yağlar karbonhidrat ve proteinin sağladığı kaloringin 2 katından fazlasını sağlamaktadırlar. Yağlar; tatmin edici bir role sahip olduklarından iştahı bastırarak, mide asidinin salgılanmasını ve midenin boşalmasını geciktirirler. Yağın azaltılması gıdaların tüketimini artırabilir (Papadima ve Bloukas, 1999).

Yağlar, gıdalarda görünüş (renk, parlaklık, yarı saydamlık, yüzey tekbiçimlilik), tekstür (viskozite, elastiklik ve sertlik), lezzet (lezzetin yoğunluğu, lezzetin gelişimi, lezzet profili ve lezzetin açığa çıkması) ve ağız dolgunluğu (eriyebilme, kayganlık ve ağız kaplama derecesi) gibi dört duysal özelliğın belirlenmesinde önemli fonksiyonları vardır (Sampaio ve ark., 2004; Jones, 1996).

Yağlar, lezzet bileşenlerinin yoğunluğunu, lezzetin açığa çıkmasını ve bileşenlerin yayılımını etkileyerek lezzet bileşenlerinin algılanışı modifiye ederler (Garcia ve ark., 2002). Yağlar, et ürünlerinin bağlanma, yapısal ve reolojik özelliklerini etkilerler (Garcia ve ark., 2002; Crehan ve ark., 2000).

Et ürünlerinde yağın azalması ürünün yavan ve kuru bir hale gelmesine, sert, süngerimsi bir yapı kazanmasına, kabul edilirlğinde, pişme kaybında, sululuğunda, yumuşaklık ve lezzetinde azalma ile pişme süresi ve sertlik değerlerinde artışa sebep olmaktadır (Ertaş, 1997; Keeton, 1994; Serdaroğlu, 2005; Egbert ve ark., 1991; Cengiz ve Gökoğlu, 2005). Gıdalarda yağı azaltırken, yağın multifonksiyonel rolünün, gıdanın kimyasal, fiziksel ve duysal özelliklerini ve proses karakteristiklerini nasıl etkileyeceğı dikkate alınmalıdır (Jones, 1996).

Kuru fermente et ürünlerde düşük yağlı ürünler geliştirmek yağın önemli fonksiyonlarından dolayı diğer geleneksel ürünlere göre daha zordur (Muguerza ve ark., 2004). Olgunlaşma sırasında etten yüksek miktarda su kaybı söz konusu

olduğundan, düşük kalorili et üretiminde, yağın formülasyon içerisindeki oranının azaltılması sertliği çok yüksek son ürün oluşumuna neden olacaktır. Bu nedenle yağ miktarının direkt olarak azaltılması yerine, su tutma özelliği olan yağ ikameleri kullanılmaktadır (Mendoza ve ark., 2001).

Sonuç olarak; düşük yağlı et ürünleri geliştirmede et, et olmayan bileşenler, bunların hazırlanması ile birlikte yeni geliştirilen ürünün türü (köfte, sosis, sucuk gibi), istenilen ürünün kompozisyonu (yağ, tuz, yağ seviyesi oranları gibi) ve üretim için gereken proses tipi (pişirme, dumanlama, kürleme gibi) gibi faktörler dikkate alınmalıdır (Colmenero, 1996; Keeton, 1994).

2.4.3.2. Yağ Asidi Profilinin Modifikasyonu

Et ürünlerinin yağ asidi kompozisyonunu, genetik ve beslenme stratejileriyle doymamış yağların miktarını artırarak ve hayvansal yağların bir kısmını doymuş yağ asidi miktarı daha az olan tekli veya çoklu doymamış yağ asitlerince daha zengin yağlarla ikame ederek değiştirmek mümkündür. Et ürünlerine bu amaçla balık yağları (omega-3 çoklu doymamış yağ) ve bitkisel yağlar (palm, fındık, soya ve mısır yağının kısmen hidrojenlendirilmesiyle, yüksek oleik asit içeren ayçiçek, pamuk ve zeytin yağı) katılmaktadır (Colmenero ve diğ., 2001; Giese, 1996b).

Sığır yağının kısmen bitkisel yağlarla ikame edilmesi ürünlerin kalori değerlerini düşürmemesine rağmen, kolesterolsüz ve doymamış yağ asitlerinin daha fazla olması nedeniyle daha sağlıklı ürünler elde edilmesini sağlamaktadır (Colmenero ve diğ., 2001; Giese, 1992; Rogers., 2001).

2.4.3.3. Kolesterolün Azaltılması

Kesimden önce sığır ve domuzlardaki kolesterol miktarı; doğru genetikte hayvanların seçimi, doymamış lipidlerle zengin diyetlerle besleme ile büyüme hormonları veya çeşitli ilaçlarla muamele etmek ile azaltılmaktadır. Bu yöntemlerin bir çoğu kolesterolü azaltmakta çok etkili olamamakla birlikte bunlar hayvanların kolesterol içerikleri azaltmak için hayvan üreticilerinin yaptıkları çabaları kapsamaktadır. Yağ dokusuna karşı pasif bağışıklık kazandırılmış hayvanlarda yağ dokusu oluşumu sınırlandırıldığından daha yağsız ürünler elde edilmektedir. Yağsız doku yağlı dokuya göre daha az kolesterol içerdiğinden bu yöntem kolesterolü azaltmak için etkili bir yöntemdir (Clarke, 1997).

Ürün modifikasyonlarında en pratik yöntem ise kolesterolün seyreltilmesidir. Üründeki yağın kolesterolden yoksun bitkisel ürünlerle veya bitkisel yağlarla ikame edilmesi yöntemi günümüzde sıkça uygulanmaktadır (Clarke, 1997). Bir çok et ürünü, hayvansal yağ miktarı azaltılarak ve/veya hayvansal yağlar bitkisel yağlarla (kanola, zeytin, ayçiçek, fındık) kısmen ikame edilerek ve bitkisel proteinler (soya, mısır, yulaf gibi) veya karbonhidratlar ilave edilerek yeniden formüle edilmektedir (Colmenero ve diğ., 2001). Rhee ve Smith (1983) % 8-12 oranlarında izole soya proteini eklenerek üretilen köftelerin kolesterol içeriklerinin % 16-19 arasında azaldığını rapor etmişlerdir. Paneras ve Bloukas (1994) zeytin, mısır, ayçiçek veya soya yağı ilave edilerek üretilen sosislerin kolesterollerinde önemli azalmalar meydana geldiğini bulmuşlardır.

2.4.3.4. Fonksiyonel İngrediyenlerin İlavesi

Et ürünleri diyet lifi, oligosakkarit, şeker/alkol, amino asit, peptit ve protein, glukosit, alkol, vitamin, doymamış yağ asidi, laktik asit bakterileri, mineraller, fitokimyasal bileşikler ve antioksidanlar gibi yararlı etkileri olan gıda bileşenleri ilave edilerek insan sağlığı için daha yararlı hale getirilebilmektedirler (Borderías ve ark., 2005; Colmenero ve ark., 2001).

Diyet lifleri, mide ve ince bağırsakta sindirime dayanıklı, kalın bağırsakta tamamen veya kısmen fermente olan ve başlıca tahıl, meyve ve sebzelerde bulunmaktadır (Sandrou ve Arvanitoyannis, 2000). Bitki hücre duvarında bulunan lignin; kutin, mumsu bileşikler, suberin gibi lignin türevleri; selüloz, hemiselüloz, pektin gibi yapı polisakkaritleri, inülin ve oligofruktoz gibi oligosakkaritler diyet lifi olarak tanımlanmaktadır. Hücre duvarı bileşeni olmayan gam arabik ve guar gam gibi gamlar ile karagenan, agar, alginat gibi deniz yosunu polisakkaritleri de diyet lifi bileşenleridir. Bazı araştırmacılar dirençli nişastayı da bu gruba dahil etmektedirler (Thebaudin ve ark., 1997).

Diyet liflerinin kardiyovasküler hastalıklar, diyabet, kolon kanseri, obezite gibi bazı hastalık risklerini azalttığı bilinmektedir. Bir çok diyet lifi et ürünlerinde sadece sağlık üzerine yararlı etkilerinden dolayı değil, aynı zamanda yağ ikamesi, tekstür ve kalınlaştırıcı/viskozite/jelleşme ajanı, kayganlık ile donma/çözünme stabilitesi sağlama ve su ile yağı bağlama gibi çeşitli fonksiyonel özellikler sağladıklarından

dolayı sıkça kullanılmaktadır (Gelroth ve Ranhotra, 2001; Hughes ve ark., 1997; Mendoza ve ark., 2001; Serdaroğlu ve Turp, 2004; Thebaudin ve ark., 1997).

Laktik asit bakterilerinin sağlık üzerine yararlı etkilerinin olduğu bilinmekte ve bazı türleri ise probiyotik olarak görev yapmaktadırlar (Inzce, 1998; Työppönen ve ark., 2003). Probiyotikler tek ya da karışık mikroorganizma kültürlerinden oluşan bağırsağın mikrobiyal dengesini sağlayarak veya geliştirerek tüketicilerin sağlıklarına yararlı etkileri vardır. Probiyotikler immün sistemin düzenlenmesinde, gastrointestinal bozukluklara karşı koruma, serum kolesterolünün düşürülmesinde, bağırsak hareketlerinin düzenlenmesinde ve laktoz intoleransı semptomlarının azaltılmasında rol oynamaktadırlar (Charalampopoulos ve ark., 2002).

Fermente et ürünlerinde yüksek miktarlarda bulunan LAB'leri bozulmaya sebep olan ve özellikle *Staphylococcus aureus* gibi patojen mikroorganizmaların gelişimi inhibe ederek hakim florayı oluşturmaktadır (Papadima ve Bloukas, 1999).

2.4.3.5. Sodyum Miktarının Azaltılması

Beslenme alışkanlıkları göz önüne alındığında yaklaşık olarak tuz tüketiminin % 20-30'u et ve et ürünlerinden sağlanmaktadır (Colmenero ve ark., 2001). Kardiyovasküler hastalıklar için risk faktörlerinden biri olan hipertansiyon diyetteki yüksek miktarlarda sodyumun tüketimiyle ilgilidir. Sodyum klorür yüksek kan basıncı, inme risklerinde artışlara ve kardiyovasküler hastalıklardan dolayı erken ölümlere sebep olmaktadır (Muguerza ve ark., 2004; Ruusunen ve Puolanne, 2005).

Et ürünlerinde NaCl'ün düşük miktarlarda kullanımı, pişme veriminin, duyusal kalitenin, karakteristik lezzet şiddetinin ve koruyucu etkinin azalmasıyla sonuçlanmaktadır (Ruusunen ve ark., 2005). İşlenmiş etlerde kullanılan sodyum miktarının azaltılmasıyla ilgili çeşitli yaklaşımlar vardır. Bunlar;

- NaCl'ün tamamının veya kısmen diğer klorür tuzlarıyla (KCl, CaCl₂ ve MgCl₂) ikame edilmesi,
- NaCl'ü fosfat gibi klorlu olmayan tuzlarla kısmen ikame edilmesi,
- Yukarıdaki yaklaşımların kombinasyonudur (Muguerza ve ark., 2004; Ruusunen ve Puolanne, 2005).

Fosfatın et ürünlerine eklenmesinin amacı düşük tuz seviyelerinin negatif etkilerini azaltarak ürünün duyusal ve teknolojik özellikleri artırmaktır. Fosfatların

antimikrobiyal ve antioksidan özellikleri ürünün stabil kalmasını sağlamaktadırlar. Fosfat kullanılarak ürünlerdeki tuz seviyeleri % 50 azaltılmaktadır. Fosfatların antimikrobiyal etkileri; fosfat tipi ve konsantrasyonuna, ürün pH'sına, NaCl miktarına, ortamdaki diğer inhibitörlerin varlığına ve depolama koşulları gibi pek çok faktöre bağlıdır (Colmenero ve ark., 2001).

Gou ve ark. (1996) yaptıkları çalışmada, fermente sucuklarda sodyum klorürü potasyum klorür, potasyum laktat ve glisin ile ikame etmişlerdir. Laktatlar, lezzeti kuvvetlendirici, mikrobiyal gelişmeyi önleyici olarak kullanılmakta ve tuz seviyeleri laktat kullanılarak azaltılabilmektedir. Lezzet hataları bu tuz ikamelerinin % 40'dan fazla sodyum klorürün yerine kullanıldığına meydana geldiği ve tekstür ile ilgili bazı parametrelerin ise NaCl'ün % 30'dan fazla potasyum laktat ve % 50'den fazla glisin ile ikame edildiğinde meydana geldiği sonucuna varmışlardır (Muguerza ve ark., 2004).

2.4.3.6. Nitrit Miktarının Azaltılması

Et ürünlerinde nitritin potansiyel sağlık riskleri, eklenen nitrit miktarının azaltılması veya elimine edilmesi ile N-nitrozamin inhibitörlerinin kullanılmasıyla azaltılabilmektedir.

Nitritin sekonder aminlerle asidik ortamda reaksiyonu sonucunda kanserojen etkileri olan N-nitrozaminler oluşmaktadır (Lijinsky, 1999; Öztan, 2003). N-nitrozamin oluşumu kalıntı nitrit seviyesine bağlı olup, bu seviyenin azaltılması kansere sebep olan bileşenlerin oluşum risklerini azaltmaktadır. Askorbatların kullanımı ile nitrit miktarları azaltılabilir. Et ürünlerinde nitrit, amin ve amino asit gibi öncüler olduğu için N-nitrozamin oluşumunu tamamen elimine etmek mümkün değildir (Colmenero ve ark., 2001).

Nitritin tüm fonksiyonlarını tamamen ikame edebilecek tek bir bileşen yoktur. Çeşitli maddelerin kombine edilerek kullanımı nitritin renk, lezzet, antioksidan ve antimikrobiyal aktivitesine kümülatif etki gösterirler (Colmenero ve ark., 2001; Lijinsky, 1999).

Eritrosin gibi renk verici maddeler kürlenmiş etlerde nitritin yerine kullanılabilir ve nitrit ile aynı pigmenti oluştururlar. Nitritin antioksidan etkisi kimyasal antioksidanlar ve şelatlama ajanları ile oluşturulabilir. Nitritin antimikrobiyal etkisi

için de sorbik asit ve potasyum sorbat, fumarik asit esterleri, paraben ve laktik asit bakterileri kullanılabilir (Colmenero ve ark., 2001).

Askorbatlar renk oluşumunu zenginleştirirler (Työppönen ve ark., 2003). Askorbat ve eritrobat, nitroz asidin nitrik aside indirgenmesinin hızlandırılmasına, renk gelişimini sağlayarak kalıntı nitrit seviyesini azaltmaya ve böylece N-nitrozamin oluşumunun inhibasyonuna katkıda bulunurlar. Son yıllarda ticari olarak satılan et ürünlerinde kalıntı askorbat miktarlarında artış gözlenmektedir (Pennington, 1998).

2.5. Et Ürünlerinde Kullanılan Yağ İkameleri

Yağ ikameleri, yağın özelliklerini tamamen veya kısmen karşılayan, et ürününe en az kalori sağlayan ve ürünün lezzet, sululuk, koku, viskozite ve diğerk duysal ve teknolojik özelliklerini olumsuz yönde etkilemeyen katkı maddeleridir (Keeton, 1994; Ada, 2005; Ertaş, 1997).

Birçok ilave madde yağın işlevlerini kısmen yerine getirir ve genel olarak bunlar yağsız et, su ilavesi, protein, karbonhidrat ve yağ bazlı ikameler ile sentetik bileşikler olmak üzere altı grup altında toplanabilirler (Troutt ve ark., 1992a; Hughes ve ark., 1998; Tokuşoğlu ve Ünal, 2003; Mittal ve Barbut, 1994; Mendoza ve ark., 2001; Crehan ve diğ, 2000; Pietrasik ve Duda, 2000).

Yağın yağsız et ile ikame edilmesi ürün maliyetlerinde artışlara sebep olmakta ve yağsız etle üretilen ürünler normal yağlı ürünlere göre daha sıkı, kuru, az sulu ve daha az lezzetli olmaktadır (Colmenero, 1996; Crehan ve ark., 2000).

Yağın suyla ikame edilmesi suyun ucuz ve güvenli olması gibi bir çok avantaj sağlamasına rağmen, yalnız suyun kullanılması ürünlerde renk değişikliklerine ve yüksek ağırlık kayıplarına sebep olmaktadır (Hughes ve ark., 1997). Böylelikle yağ miktarının azaltılması yağı tutma kapasitesinin düşmesine, su miktarının artması ise su tutma kabiliyetinin artmasına sebep olmaktadır (Colmenero, 1996). Yağ ağırlık bazında eşit miktarda suyla ikame edilmesiyle serbest nem içeriği yüksek ürünler elde edilir ve bu da lapa gibi yumuşak ağız hissine sebep olmaktadır (Crehan ve ark., 2000). Bu dezavantajları ortadan kaldırmak için su genelde suyu tutma özelliği olan diğerk ingrediyenlerle birlikte kullanılır (Hughes ve ark, 1997).

Ada (Amerikan Diyet Birliği) raporuna göre düşük yağlı et ürünlerinde en fazla karbonhidrat bazlı yağ ikameleri kullanılmaktadır (Ada, 2005).

2.5.1. Protein Bazlı Yağ İkameleri

Proteinler ısıtılma sırasında pıhtılaştıkları ve denatüre olduklarından dolayı yağa benzer doku ve kayganlığını kaybederler. Proteinlerin kimyasal olarak bazı lezzet bileşenlerine bağlanmaları, lezzet kayıplarına ve kötü lezzetlerin oluşuma sebep olabilmektedirler. Bu sebeplerden dolayı proteinlerin gıdalarda yağ ikamesi olarak kullanımları kısıtlanmıştır (Lucca ve Tepper, 1994).

Bitkisel ve hayvansal kaynaklı proteinler et ürünlerinin verimini artırmak (su ve yağ bağlama), formülasyon maliyetini azaltmak, ürünün besleyici değerini korumak veya artırmak, yağ ve kolesterol miktarını azaltmak ve partiküler bağlanmayı artırmak amaçlarıyla kullanılmaktadırlar (Colmenero, 1996; Keeton, 1994; Shand, 1997). Protein bazlı yağ ikame maddeleri arasında en çok kullanılanlar tekstüre edilmiş ve granüler formdaki soya proteini unları, konsantreleri ve izolatları, yağsız süt tozu, kazeinatlar ve peynir altı suyu proteinleri ve buğday glutenidir (Keeton, 1994; Ertaş, 1997). Bu yağ ikameleri 1-4 kcal/g enerji sağlarlar (Ada, 2005; Shand, 1997).

2.5.1.1. Bitkisel Proteinler

Et ürünlerinde soya unu, soya konsantresi ve izole soya proteini olmak üzere 3 tip soya proteini yağ ile suyu bağlayıcı ve tekstür ajanı olarak kullanılmaktadırlar (Giese, 1992; Pearson, 1997). Soya unu, soya fasüyesinin lipidlerinin ekstrakte edilmesi ve materyalin ezilerek kabuğunun çıkarılmasıyla elde edilir ve yaklaşık olarak % 50 protein içermektedir. Proteinlerin saflaştırılması sonucunda soya konsantresi (yaklaşık % 70 protein) ve izole soya proteini (minimum % 90 protein) elde edilir (Giese, 1992).

Tek tek ya da karışık halde birçok soya unu ve konsantresi, kuru ağırlıkları esas alınmak üzere formülasyona % 3,5'a kadar sulandırılarak (3 kısım su/1 kısım un) kullanılmaktadır. Ancak % 90 proteinli izolatların kullanımı, toplam ürün formülasyonunda % 2 (kuru ağırlık üzerinden) ile sınırlandırılmakta ve (4 kısım su/1 kısım su) oranında sulandırılarak kullanılmaktadır (Keeton, 1994).

Et ürünlerinde soya proteinlerinin fonksiyonları; su bağlama kapasitesini artırmak, ağız hissini iyileştirmek, yapışkanlığa yol açmadan et parçalarının birbirine bağlanmasını sağlamak, pişme sırasında küçülme ve daralmayı azaltmak, yağ ile suyun birbirinden ayrılmasını önlemektir. Sığır etinden yapılan köftelere katılan soya proteini unlarının ve konsantrelerinin miktarı arttıkça, köftenin renk kaybı, çiğneme

beğenisi, soya tadı ve bazı hallerde sululuğu artarken; pişme kaybı, su kaybı, kalori değeri, kolesterol miktarı, et aroması, lezzet yoğunluğu ve acılaşması azalmaktadır (Ertaş, 1997; Colmenero, 1996).

Buğday gluteni, mısır, bezelye ve yulaf proteini gibi diğer bitkisel proteinler de et ürünlerinde kullanılmaktadır (Eilert ve Mandigo, 1997; Giese, 1994).

2.5.1.2. Hayvansal Proteinler

Değişik oranlarda (genellikle % 3,5'a kadar), yağsız süt tozu, kazeinatlar ve peynir altı suyu tozu gibi hayvansal proteinler et ürünlerinde kullanılmaktadır (Colmenero, 1996).

Mikropartikülleşmiş protein, süt ve/veya yumurta veya peynir altı suyu proteini içermekte, küçük yuvarlak parçacıklar halinde olup kremsi bir ağız hissi oluşturur (Giese, 1996b). Mikropartikülleşme, proteinlerin ısıya tabi tutulmasıyla jel yapısında pıhtılaşmasıyla meydana gelir ve pıhtılaşan proteinler 0.1-2.0 µm çapında çok küçük küremsi parçacıklara indirgenirler. İnsan dili çapı 3 µm'den az olan parçacıkları tek parçacık olarak algılayamaz. Mikropartikülleşmiş proteinler bu sebepten dolayı kremsi ve pürüzsüz olarak algılanır ve yağa benzer şekilde ağız hissi oluşturur. Ağız kaplama sadece lezzet bileşenlerinin reseptörlere yavaşça ulaşması için değil, aynı zamanda düşük yağlı ürünlerde acı ve farklı tatları maskeleyemeye yardımcı olmaktadır (Lucca ve Tepper, 1994 ; Shand, 1997).

Peynir altı suyu proteini, peynir üretiminin yan ürünü olup, kazein olmayan süt proteinlerinin heterojen bir karışımıdır (Hughes ve ark., 1998; Giese, 1994; Serdaroğlu, 2005). Peynir altı suyunu yaklaşık % 20'sini orijinal süt proteini oluşturmaktadır (Serdaroğlu, 2005). Diğer bağlayıcılarla karşılaştırıldığında daha ucuz olup peynir altı suyu proteini yağ/su ara yüzeyinde adsorbe edildiklerinden dolayı gıda matrisinde globülleri ve emülsiyonları stabil hale getirirler (Hughes ve ark., 1998; Lucca ve Tepper, 1994).

Süt proteini, kazein proteini (% 80) ve peynir altı suyu proteini (% 20) olmak üzere 2 ana bölümden oluşmaktadır (Lucca ve Tepper, 1994). Süt proteinleri emülsiyonu stabilize etme, tekstürü modifiye edici, renk ve organoleptik kaliteyi iyileştirici, yağ bağlayıcı, su tutucu ve jel oluşturma özelliklerinden dolayı düşük yağlı et ürünlerinde yağ ikamesi olarak kullanılmaktadır (Colmenero, 1996; Eilert ve Mandigo, 1997). Et

ürünlerinin fonksiyonel özelliklerini geliştirmek için süt proteinleri % 20'ye kadar kullanılırlar (Serdaroğlu ve Tömek, 1995).

Bağlayıcı doku su ve yağ bağlama özelliklerinden dolayı et emülsiyonlarında kullanılmaktadır. Bağlayıcı dokunun etkileri, kullanılan miktara, ortamın pH'sına, ufalama metoduna, ısıtılma işlemi ve üründe bulunan yağ miktarına bağlıdır. (Colmenero, 1996).

Kollojen molekülleri ısıtıldıklarında büzüldüklerinden ve jelatinleşme özellik gösterdiklerinden dolayı üründen pişme sırasında yağın ve jelatinin açığa çıkması söz konusudur. Bu sebeplerden dolayı düşük yağlı et ürünlerinde kullanımları sınırlıdır (Eilert ve Mandigo, 1997).

Surimi düşük yağ içeriği ve jel oluşturma kapasiteleri gibi fonksiyonel özelliklerinden dolayı düşük yağlı et ürünlerinin gelişiminde kullanılmaktadır. Sardalye surimisi sosislerde bağlama özelliklerini etkiler fakat etkisi eklenen miktara bağlıdır (Colmenero, 1996). Balık bazlı surimiler sosislerde yağı azaltmak amacıyla kullanılırlar (McAuley ve Mawson, 1994).

Kan proteinleri su tutma kapasitelerinden dolayı düşük yağlı kıyılmış etlerde ve sosislerde ürünün sululuğunu ve lezzetini korumak amacıyla yağ ikamesi olarak kullanılmaktadırlar. Kan plazma proteinleri de bu amaçlarla kullanılmaktadırlar ve ısıtıldıklarında çok güçlü bağlayıcı özellik göstermektedirler (Eilert ve Mandigo, 1997; McAuley ve Mawson, 1994).

Yumurta proteinleri, su tutma özelliği gösterip üründe protein ağının kurulmasına yardımcı olduklarından dolayı düşük yağlı et ürünlerinde kullanılmaktadırlar (Carballo ve ark., 1995). Böylece daha iyi tekstür özelliği olan daha stabil et ürünleri üretilmektedir (Pietrasik, 2003).

2.5.2. Karbonhidrat Bazlı Yağ İkameleri

Et ürünlerinde pişme verimini artırmak, su tutmayı yükseltmek, maliyeti düşürmek, donma-çözünme stabilitesini ve yapısal özellikleri iyileştirmek amacıyla nişasta, selüloz, diyet lifi, polidekstroz, gamlar, maltodekstrin, dekstrin gibi karbonhidrat bazlı yağ ikameleri yaygın olarak kullanılmaktadırlar (Ada, 2005; Keeton, 1994; Mendoza ve diğ., 2001). Karbonhidrat bazlı ikameler eklenen suyu jel benzeri matriste stabil hale getirerek, yüksek yağlı ürünlere benzer kayganlık hissi sağlarlar

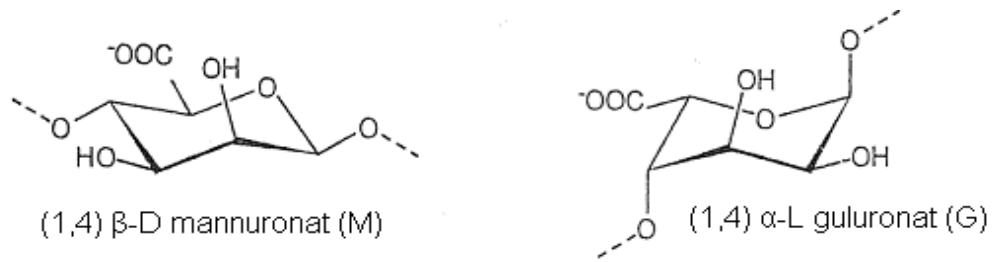
(Lindey, 1993; Shand, 1997). Karbonhidrat bazlı ikameler 4 kcal/g'a kadar enerji sağlarlar, fakat genelde suyla karıştırıldıklarından 1-2 kcal/g enerji sağlarlar. Selüloz gibi bazı ikameler ise sıfır kalori sağlarlar (Ada, 2005).

2.5.2.1. Gamlar

Gamlar hidrokolloid olup deniz yosunu, tohum ve ağaç sızıntıları gibi bitkisel kaynaklardan, polisakkaritlerin kimyasal modifikasyonlarıyla veya mikrobiyal fermentasyonla elde edilirler (Giese, 1996b; Wallingford ve Labuza, 1983; Williams ve Philips, 2000).

Gamların et ürünlerinde yağa benzer ağız hissi ve viskozite sağlama, kalınlaştırıcı ajan, kristalizasyonu kontrol etme, jel oluşumunu sağlama, suyu tutma kapasitesi, sinerisi önleme, emülsiyon stabilitesi ve partiküler bağlanmayı sağlayarak pişme kayıplarında azalma sağlama gibi fonksiyonları vardır (Linden ve Lorient, 1999, Lucca ve Tepper, 1994; Morin ve ark., 2002; Pietrasik ve Duda, 2000; Shand, 1997). Gamlar genellikle % 0,1-0,5 seviyelerinde kullanılır (Anon, 1990).

Alginatlar *Phaeophyceae* sınıfından kahverengi deniz yosunundan ekstrakte edilirler. Alginat uronik asidin mannuronat (M) ve guluronat (G) tuzlarına dönüşümüyle elde edilir ve kimyasal yapıları Şekil 2.8'de gösterilmiştir (Onsøyen, 2001). Alginatlar kalsiyumun varlığında soğuk suda tersinmez jel oluştururlar ve kalınlaştırıcı, emülsiyonu stabilize etme, sinerisi inhibe etme ve yağa benzer ağız hissi sağlama gibi özelliklerinden dolayı düşük yağlı et ürünlerinde kullanılmaktadırlar (Dziezak, 1991).

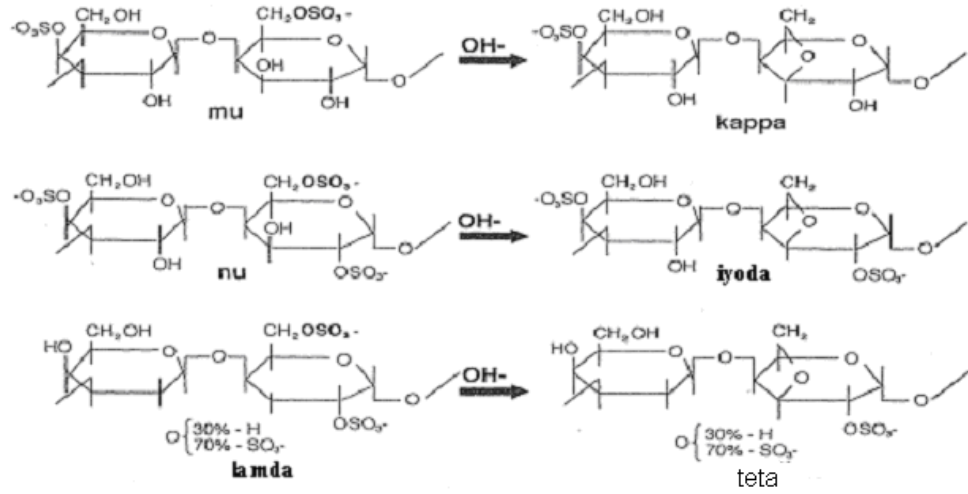


Şekil 2.8. Alginat monomerlerinin kimyasal yapıları (Onsøyen, 2001)

Agar *Rhodophyceae* sınıfından kırmızı deniz yosunlarından elde edilir. Agarlar soğuk suda çözünmezken, sıcak suda çözünürler. Solüsyon soğurken, 35-40 °C'lerde güçlü, ısıyla dönüşür jel oluştururlar. Oluşan jel 85 °C'ye kadar erimez ve jel kırılğan

ve sert olup sinerisise eğilimlidir (Dziezak, 1991). Locust fasülyesi gamı ile sinerji yaratarak ürünün tekstürünü daha elastik yaparlar (Armisen ve Galatas, 2000).

Karagenanlar *Rhodophyceae* sınıfından kırmızı deniz yosunlarından sulu alkali ekstraksiyon ile elde edilir (Hsu ve Chung, 2001; Sandrou ve Arvanitoyannis, 2000; Trius ve Sebranek, 1996). Karagenanlar düşük yağlı et ürünlerinde doku ve duyusal özellikleri iyileştirirler. İyoda, kappa ve lamda karagenan olmak üzere 3 çeşit karagenan vardır. Karagenan türlerinin basit disakkarit birimleri Şekil 2.9'da gösterilmektedir (Imeson, 2000).



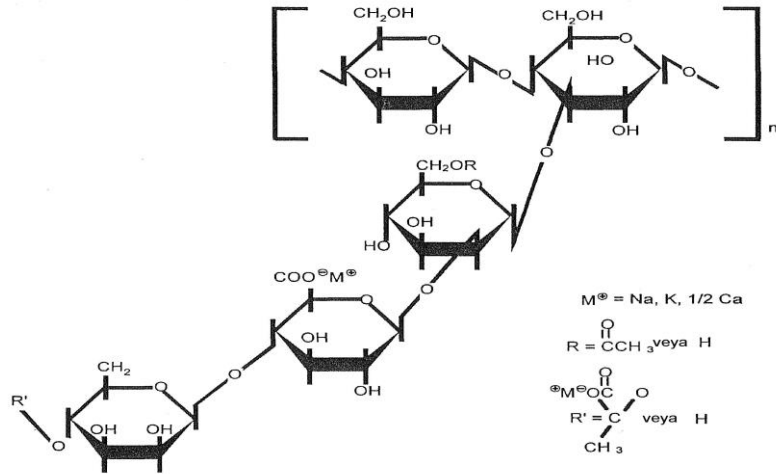
Şekil 2.9. Karagenanların kimyasal yapıları (Imeson, 2000)

İyoda ve kappa karagenan jelleştirici ajanlar olarak kullanılırken, lamda tipi ise kıvamlaştırıcı olarak kullanılır. İyoda-karagenan diğer karagenan türlerine göre suyu bağlama kapasiteleri daha yüksek olup, kalsiyum iyonlarıyla güçlü jel oluştururlar ve düşük yağlı et ürünlerinde fonksiyonel özelliklerinden dolayı tercih edilmektedirler (Giese, 1992; Rogers, 2001; Sandrou ve Arvanitoyannis, 2000; Serdaroğlu ve Turp, 2004).

Keçi boynuzu gamı, bitki tohumu türevlerinden elde edilir ve düz zincirli D-mannoz ve galaktozun 4:1 oranında oluşturdukları doğal polisakkaritlerdir. Soğuk suda çözünmediklerinden çözünmeleri için ısı gerekmektedir. Maksimum viskoziteyi 95 °C'ye kadar ısıtıldıklarında oluştururlar. Ksantam gam ile birlikte kullanıldığında jel oluştururlar. Kalınlaştırıcı, emülsiyon stabilizasyonu ve sinerisisi inhibe etme keçi boynuzu gamının başlıca fonksiyonlarıdır (Dziezak, 1991).

Guar gam, guar bitkisinin, *Cyamopsis tetragonolobus*, endosperminden elde edilir. Guar gam, jel oluşturmeyen, viskoziteyi düzenleyen, su bağlayıcı ve stabilizatördür. Ksantan gumu ile birlikte sinerjistik etki yaratarak solüsyon viskozitesini artırır. Guar gam ağızda hafif yapışkan bir his oluşturduğundan üründe kayganlığa katkıda bulunmak için çok az seviyelerde kullanılmalıdır (Dziezak, 1991). Et ürünlerinde tekstürü yumuşatarak akıcı bir ağız hissi sağlarlar (Shand, 1997).

Ksantan gam, *Xanthomas capestris* saf kültürünün fermentasyonu sonucunda üretilen yüksek molekül ağırlıklı polisakkarittir (Dziezak, 1991; Linden ve Lorient, 1999). Çok düşük konsantrasyonlarda kullanıldıklarında kalınlaştırıcı ajan olarak görev yapmaktadırlar. Ksantan solüsyonları yapışkan olmayan ağız hissi ve istenen lezzetin açığa çıkmasına katkıda bulunurlar (Shand, 1997). Ksantan gamın kimyasal yapısı Şekil 2.10'da gösterilmiştir (Sworn, 2000).



Şekil 2.10. Ksantan gamın kimyasal yapısı (Sworn, 2000)

Jellan gam, *Pseudomonas elodea* tarafından üretilir ve çözünmesi için ısıya ihtiyaç duyar ve % 0,05 konsantrasyonunda kullanıldıklarında jel meydana getirirler. Et ürünlerinde ksantan gam ve jellan gamın kullanımı ile ilgili daha fazla çalışma yapılmalıdır (Shand, 1997).

Arabik gamı, *Acacia* türü ağaçlardan sızan bitki öz suyundan elde edilir. Gıdalarda emülsifiyer ve stabilizatör olarak görev yapmaktadır (Dziezak, 1991).

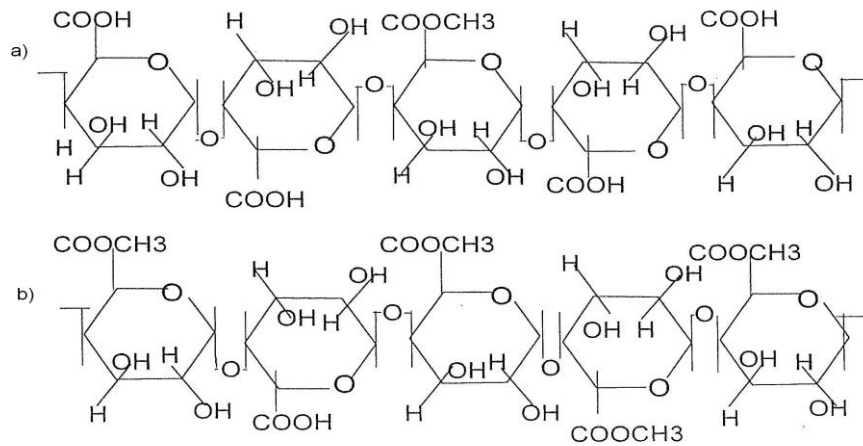
Ghatti gamı, *Anogeissus latifolia* ağacından elde edilir. Jel oluşturmazlar fakat arabik gamına göre daha iyi emülsifiyerdir. Viskozite sağlar ve suyu bağlarlar.

Karaya gamı, *Sterculia* ağacından elde edilir. Suda çözünmez fakat suyu absorplayarak şişer.

Gam Tragacanth, *Astragalus* çalılarında elde edilir. Diğer bitki hidrokolloidlerine göre daha fazla viskozite sağlarlar. Kaygan ağız hissi, kalınlaştırıcı ve stabilizatör olarak bir çok gıdada kullanılmaktadır (Dziezak, 1991).

2.5.2.2. Pektin

Pektin α -1,4 glikozit bağlarıyla D-galakturnik asidin metil esterlerinden oluşur (Nelson, 2001). Zincir uzunlukları ve esterleşme dereceleri pektinin özelliklerini belirlemektedir (Fernandez, 2001). Yüksek-metoksil pektin (esterleşme derecesi % 50-80) ve düşük-metoksil pektin (esterleşme derecesi % 50'den az) olmak üzere 2 çeşit pektin vardır. Kimyasal yapıları Şekil 2.11'de gösterilmiştir.

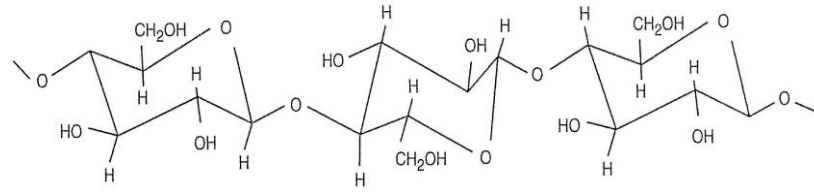


Şekil 2.11. Pektinin kimyasal yapısı (a) Düşük metoksil pektin ve b) Yüksek metoksil pektin) (Fernandez, 2001)

Yüksek metoksil pektinler asidik pH'da ve şekerin yüksek konsantrasyonlarında jel oluştururken, düşük metoksil pektinler ise kalsiyum gibi iki değerlikli katyonların varlığında yumuşak ve elastik jel oluştururlar. Gıdaya kalori sağlamazlar ve proteinlerle birlikte emülsifiyer ajan olarak yüksek besinsel değerli düşük kalorili ürünler elde etmeye yardımcı olurlar (Fernandez, 2001; Shand, 1997). Pektin jel oluşturma, su tutma ve kalınlaştırıcı ajan özelliklerinden ve yağa benzer ağız hissi, tekstür ve kayganlık sağladıklarından dolayı yağ ikamesi olarak gıdalarda kullanılmaktadır (Ada, 2005; Pszczola, 1991).

2.5.2.3. Selüloz ve Türevleri

Selüloz çözünmeyen diyet lifi olup, β -D-1,4 glikozit bağları içeren lineer, dallanmamış glikoz ünitelerinden oluşur (Nelson, 2001). Selüloz gıdalarda yağ ikamesi, kızartma sırasında kızartılmış ürünlerde ürünün fazla yağ absorplamasını engelleme, hacim artırıcı, bağlayıcı ve stabilizatör olarak görev yapmaktadır (Aleson-Carbonell ve ark., 2005). Selülozun kimyasal yapısı Şekil 2.12’de gösterilmiştir (Iijima ve Takeo, 2000).



Şekil 2.12. Selülozun kimyasal yapısı (Iijima ve Takeo, 2000)

Saflaştırılmış selüloz, mekanik öğütme ile toz selüloz, kimyasal depolimerizasyon ve mekanik parçalama ile mikrokristalleşmiş selüloz ve kimyasal türeme ile karboksi metil selüloz, metilselüloz ve hidropropil metil selüloz olmak üzere 3 farklı yolla üretilir. Suda dağıldıklarında selüloz türevleri jel oluşturarak emülsiyon ve köpükleri stabilize ederler, tekstürü modifiye ederek, viskoziteyi artırır (Giese, 1996b).

Karboksi metil selüloz gıdalarda kalınlaştırıcı ajan, jelleri stabilize etme, sulu çözeltilerin akış özelliklerini modifiye etme ve yüksek su tutma kapasitesine sahip olma gibi özelliklere sahiptir (Mittal ve Barbut, 1993; Shand, 1997). Metil selüloz ve hidroksipropil metil selüloz ısıtıldıklarında jel oluştururlar ve soğurken orjinal viskozitelerine geri dönerler. Bunlar yağ ikamesi olarak gıdalarda kullanılmazlar fakat kızartılmış ürünlerde yağın absorblanmasını azaltırlar (Shand, 1997).

Mikrokristalleşmiş selüloz suda dağıldığında çözünmez selüloz kristalit ağ oluşturur. Kristalitler 0.2 μ m çapında olup yağ benzeri kremsi ağız hissi oluştururlar (Sandrou ve Arvanitoyannis, 2000). Mikrokristalleşmiş selülozun suyun hareketliliğini ve buz-kristal oluşumunu kontrol etme, katıların süspansiyonu ve emülsiyonların stabilizasyonu sağlama ve düşük yağlı ürünlerde yağa benzer ağız hissi ve viskozite sağlama gibi birçok yararlı fonksiyonları vardır (Chung and Min, 2004; Mittal ve Barbut, 1993; Sandrou ve Arvanitoyannis, 2000).

2.5.2.4. Nişasta ve Maltodekstrin

Nişasta ve maltodekstrinler tipik olarak buğday, mısır, yulaf, patates veya pirinçten elde edilen glikoz polimerleridir (Colmenero, 1996). Maltodekstrin tatlı olmayan sakkarit polimeri olup dekstroz eşdeğeri 20'den azdır (Giese, 1996b; Linden ve Lorient, 1999; Lucca ve Tepper, 1994). Düşük dekstroz eşdeğeri olan maltodekstrinler yüksek dekstroz eşdeğeri olanlara göre daha etkili yağ ikameleridir (Chung and Min, 2004; Shand, 1997). Maltodekstrin nişasta zincirlerinin enzimatik olarak hidroliziyle elde edilir. Fiyatları düşük olup, hidratlandıklarında yağ benzeri bir jel meydana getirirler (Keeton, 1994, Lindley, 1993).

Maltodekstrinler pişmiş et ürünlerinde bağlayıcı olarak % 3,5'a kadar kullanılmaktadırlar (Giese, 1992). Et ürünlerine kalınlaştırıcı ve bağlayıcı olarak eklendiğinde emülsiyon stabilitesi sağlamakta ve yüksek konsantrasyonlarda kullanıldığında ağız hissine, ürünün tekstürüne ve viskozitesine katkıda bulunurlar (Chung and Min, 2004; Crehan ve ark., 2000; Shand, 1997).

Nişasta hidratlandığında iki polimerik formu amiloz ve amilopektin üç boyutlu jel ağı oluşturarak suyu hapseder (Keeton, 1994). Pişmiş etlerde nişastanın kullanımı, çok hızlı hidratlanma ve et hamuru viskozitesinde keskin artışlara sebep olmaktadır. Fakat pişirmenin uzaması granüllerin kırılmasıyla viskozitede hızlı düşüş meydana getirir. Bu da istenilmeyen tekstüre, zayıf stabiliteye, jel boşluklarının oluşmasına ve su kaybına neden olmaktadır (Rogers, 2001). Bu sebeplerden dolayı et ürünlerinde modifiye nişastalar tercih edilmektedir.

Modifiye nişastalar; düşük yağlı et ürünlerinde sululuğu ve yumuşaklığı korumak için bağlayıcı olarak kullanılmaktadır. Bu nişastaların avantajları; ucuz olmaları, teknolojiye alışık ingrediyenler olmaları ve tüketiciler tarafından kabul edilebilir olmalarıdır (Giese, 1992). Modifiye nişastalar hidratlandıklarında ağırlıklarının 6-10 katı kadar suyu bağlayabilirler. Bazı nişastalar donma/çözünme stabilitesine sahipken, birçoğu dokuyu yumuşatırlar (McAuley ve Mawson, 1994). Nişasta bazlı yağ ikameleri hidratlandığında kaygan ağız hissi oluşturmakta, nişastanın tipi, modifikasyonu ve kaynağı nişastanın duysal özelliklerini etkilemektedir.

Çapraz bağlı modifiye nişastalar, nişasta zincirlerinin hidrojen bağlarını daha güçlü, daha kalıcı kovalent bağlarıyla yer değişmesiyle elde edilir. Böylelikle, nişastanın

şışmesi gecikir, ısıya, aside ve mekanik aşınmaya toleransı artar. Çapraz bağ sayısı arttıkça nişasta jelatinleşmeye daha dirençli hale gelmektedir (Murphy, 2000).

Ön-jelatinize nişastalar da soğuk suda şişme özelliği gösterip et ürünlerinde sinerisi önleme, yüksek ısı koşullarına dirençli olma ve donma/çözünme stabilitesini iyileştirme gibi özellikler sağlamaktadırlar (Keeton, 1994). Bununla birlikte üründe çok hızlı viskozite gelişimine neden olduklarından et emülsiyonlarında tercih edilmemektedir (Rogers, 2001).

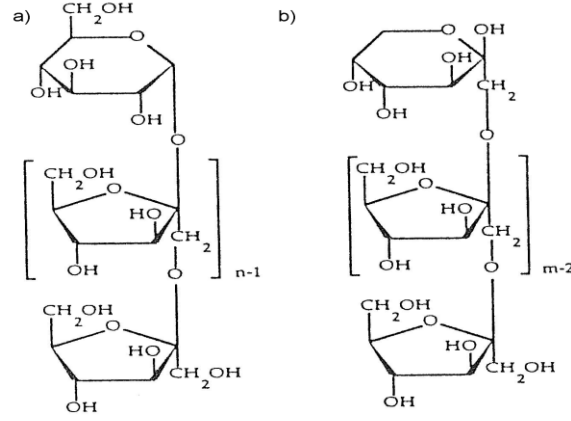
Dirençli nişasta yeni jenerasyon lif olarak tanımlanmaktadır (Mahadevamma ve ark., 2003). Dirençli nişasta normal nişastalar gibi hızlıca sindirilmezler ve bu özelliği de biyolojik yararlar sağlamaktadır (Haralampu, 2000). Dirençli nişasta bağırsaklarda absorbe olur ve sonra kolonik bakteriler tarafından fermente olmaktadır (Namratha ve ark., 2002). Dirençli nişastanın fermentasyonu sonucunda kısa zincirli yağ asitleri, asetat, butirat ve propiyonat oluşur. Bu kolonun pH'sını düşürerek, kemokoruyucu enzim aktivitesini indükleyerek zararlı kolon bakterilerinin gelişimini engeller. Dirençli nişasta plazma kolesterolünü ve kan lipitlerini düşürür ve glikoz toleransı artırır (Charalampopoulos ve ark., 2002; Niba ve Hoffman, 2003; Voregan, 1998).

RS1, RS2, RS3 ve RS4 olmak üzere 4 tip dirençli nişasta vardır. RS1 nişastalar, baklagil, tahıl ve tohumlarda bulunup fiziksel olarak ulaşılamayan, çevreleri sarılmış nişastalardır. Bu sebepten dolayı enzimlerle parçalanmamaktadırlar. Sindirebilmek için dış kaplamasını kırmak gerekmektedir (Nelson, 2001). Genel olarak, proses sırasında parçalandığı için gıda ingrediye olarak uygun değildir (Murphy, 2000). RS2 nişastalar patates ve yeşil muzda bulunan nişasta granülleri olup jelatinize olana kadar enzimler kolaylıkla parçalayamazlar (Nelson, 2001; Murphy, 2000). RS3 nişastalar, bayatlamış ve tanecikli yapılarını kaybetmişlerdir. Bayatlamayla oluşan ağ sebebiyle enzimler nişastayı parçalayamazlar. Ekmek, pişmiş ve soğutulmuş patates ve yemeğe hazır tahıl ürünlerinde bulunurlar. RS4 nişastalar ise kimyasal olarak modifiye edilmiş çapraz bağlar içeren nişastalardır (Nelson, 2001).

2.5.2.5. İnülin ve Oligofruktoz

İnülin ve oligofruktoz, polimerizasyon dereceleri 2-60 ve 2-10 arasında değişen β -2-1 bağlarıyla bağlı fruktoz polimerlerinden oluşurlar. İnülin başlıca hindiba bitkisinden ekstrakte edilmektedir (Coussement ve Franck, 2001; Nelson, 2001; Vendrell-Pascuas ve ark., 2001). Oligofruktoz ise inülinin enzimatik hidrolizi veya

sukrozun enzimatik senteziyle elde edilir. İnülin ve oligofruktozun enerji değerleri sırasıyla 1 ve 1.5 kcal/g olup kimyasal formülleri Şekil 2.13’de gösterilmektedir (Coussement ve Franck, 2001).



Şekil 2.13. İnülin (a) ve oligofruktozun (b) kimyasal yapıları (Coussement ve Franck, 2001)

Oligosakkaritler, gastrointestinal bölgenin üst kısımlarında hidroliz olmadıklarından ya da absorblanmadıklarından dolayı prebiyotik olarak sınıflandırılmaktadırlar. Oligosakkaritler sindirilmeden kolona gelirler ve kolonda bulunan yararlı bakterilerin gelişimini ve aktivitelerini teşvik ederek, patojenlerin gelişimini önleyerek konakçının sağlığını iyileştirirler (Voragen, 1998). Kalın bağırsakta fermente olarak uçucu yağ asitleri ve laktik asit oluşturduğundan diyet lifi olarak inülinin fermentasyonu sonucunda kolonda bifidobakteri sayısı artar. Kısa zincirli yağ asitlerini üreterek, kalsiyum absorpsiyonunu iyileştirir (Mendoza ve ark., 2001). Oligofruktoz kalsiyum absorpsiyonunu artırır ve insuline bağımsız diyabetlilerde toplam serum LDL kolesterol seviyelerini düşürür. Bunların tüketimi kolon kanseri ve koroner hastalıkların meydana gelme olasılıklarını azaltmaktadır (Roberfroid ve Slavin, 2001).

İnülin yağ ikamesi olarak düşük yağlı gıdaların tekstürünü ve görünüşünü modifiye eder, kremsi ağız hissi sağlar ve lezzeti zenginleştirir (Linden ve Lorient, 1999; Mendoza ve ark., 2001). Su tutma kapasitelerinin yanında jelleşme ve kalınlaştırıcı ajan olarak gıdaların emülsiyon stabilitelerini artırır (Vendrell-Pascaus, 2000). İnülin, hidrokolloidlerden daha küçük molekül ağırlıklı olup su tutma kapasiteleri

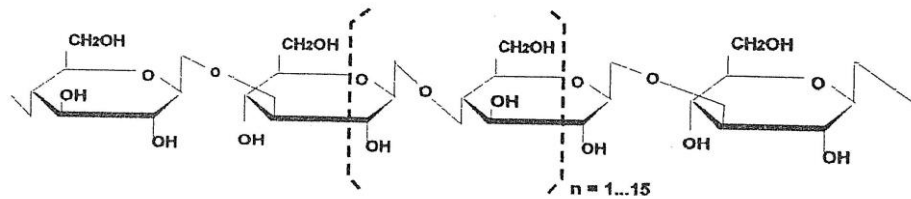
daha düşüktür. İnülin hidrokolloidlerle birlikte kullanıldıklarında ürünlerin reolojik özellikleri optimum olur (Sensus Operations, 2000).

2.5.2.6. Yulaf Kepeği ve Yulaf Lifi

Suyu tutma özelliği, yağa benzer ağız hissi, pişme sonrasında etin sululuğunu koruma ve yapı yönünden kıyılmış etlerdeki partikülleşmeye uygunluğu nedeniyle yulaf kepeği ve yulaf lifi kıyma ve sosis tipi et ürünlerinde yağ ikame maddesi olarak kullanılmaktadır (Keeton, 1994; Sandrou ve Arvanitoyannis, 2000).

Yulaf kepeğinin veya lifinin fazla miktarlarda kullanımı veya yanlış kullanımı sonucunda şekillendirmede zorluk (partiküller bağlanmada azalma), ürünün renginde ve stabilitesinde azalma, pişirme sonrası unsu ve ufalanabilen bir yapı, normal olmayan bir koku ve çiğ materyalin soğukta depolanması sırasında mikrobiyal dayanma süresinde kısalma ortaya çıkabileceği ifade edilmektedir (Ertaş, 1997; Keeton, 1994).

Yulaf kepeği suda iyi çözünür lif kaynağı olup serum kolesterolü azaltmada çok etkilidir. Yulaftaki çözünür lif kaynağının ana bileşeni β -D-glukandır (Chang ve Carpenter, 1997; Johansson ve ark., 2000). Arpa β -glukanı (nişasta olmayan polisakkarit) yüksek viskoz yapısı, su bağlama, köpük ve emülsiyonu stabilize etme özellikleri nedeniyle çok iyi bir yağ ikamesidir (Morin ve ark., 2002). β -glukan'ın kimyasal yapısı Şekil 2.14'de gösterilmiştir (Mälkki, 2001).



Şekil 2.14. β -glukan'ın kimyasal yapısı (Mälkki, 2001)

β -glukan, anti-tümör ve anti-bakteriyel özellikler göstererek fizyolojik etkiler yaratmaktadır. Kolonda fermentasyon substratı olarak görev yaparlar (Niba ve Hoffman, 2003).

2.5.2.7. Buğday Lifi

Buğday lifi kokusuz, renksiz ve kalorisiz olup, suda çözünmez diyet lifidir. Buğday lifi hidrokolloidlerle birlikte sinerjistik etki yaratır. Buğday lifinin et ürünlerinde kullanılmasının avantajları Tablo 2.3’de özetlenmiştir (Anon, 2005).

Tablo 2.3. Buğday lifinin et ürünlerinde kullanımının avantajları (Anon, 2005)

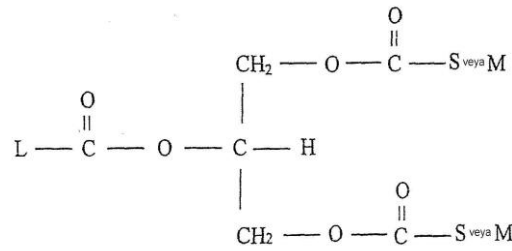
Besinsel Yararları	
Diyet lifi ile zenginleştirme	% 98 lif içeriği nedeniyle gıdalara çok düşük dozlarla eklendiklerinde, gıdalar lifçe zenginleşmiş olur.
Kaloride azalma	Kalorisiz olduklarından düşük kalorili gıdalar üretilebilir. Yüksek su tutma kapasitesi de kalorinin azalmasına sebep olur.
Fonksiyonel Yararları	
Su tutma kapasitesi	% 1-2 oranlarında gıdaya eklendiklerinde suyu bağlama kapasiteleri artar.
Stabilizasyon	Gıdayı lifle zenginleştirme, ürünün natürel protein yapısını destekleyen stabil ağ yapısı oluşturur.
Dokuyu iyileştirme	Buğday lifi çözünmeyen bir yapıya sahip olduğundan gergi uygulandığında uzun lifler matris içinde dağılarak 3 boyutlu ağ oluştururlar. Bu da yapı ve tekstürü iyileştirir.
Emülsiyona etkisi	Yağı tutma özelliği gösterirler.
Sıcaklık stabilitesi	Sıcaklık değişikliklerinden etkilenmezler.
pH-stabilitesi	Çok yüksek pH değerlerinde de stabildirler.
Ağız hissi	Şişmiş lifin dokusu ete benzediğinden üründe kabul edilebilir ağız hissi sağlarlar.

Buğday kepeğinin tüketilmesi bazı tür kanser risklerini azaltmada önemli rol oynamaktadırlar. Diğer lif kaynaklarına göre buğday kepeği kolon kanserine karşı en fazla koruyucu etki göstermektedir (Cho ve Clark., 2001).

2.5.3. Yağ Bazlı Yağ İkameleri

2.5.3.1. Yapılandırılmış Trigliceritler

Yapılandırılmış yağlar, gliserolün çeşitli yağ asitleriyle esterleşmesi ile oluşmaktadır. Caprenin ise gliserolün kaprik (C₁₀) ve kaprilik (C₈) asit olmak üzere iki kısa zincirli doymuş yağ asidi ile bir tane uzun zincirli behenik asitten (C₂₂) oluşur. Behenik asit çok yavaş absorbe edildiğinden bu trigliserit 5 kcal/g enerji sağlamaktadır (Shand, 1997; Warshaw ve ark., 1996). Yapılandırılmış yağların genel kimyasal yapısı Şekil 2.15’de gösterilmiştir (Chung ve Min, 2004).



Şekil 2.15. Yapılandırılmış lipidlerin genel kimyasal yapısı (L; uzun-zincirli yağ asidi, S: kısa zincirli yağ asidi, M: orta zincirli yağ asidi) (Chung ve Min, 2004)

Salatrim bir kısa zincirli yağ asidi ile bir uzun zincirli yağ asidinin rasgele gliserol molekülüne bağlanmasıyla oluşup 5 kcal/g enerji sağlar (Ada, 2005; Chung and Min, 2004). Fiziksel özellikleri, kısa ve uzun zincirli yağ asitleri kompozisyonuna ve gliseroldeki pozisyonlarına bağlıdır. Salatrim düşük nemli gıdalarda daha etkili olup, kızartmaya uygun değildir. Salatrim gıdalarda yağa benzer tekstür ve lezzet sağlamaktadır (Sandrou ve Aranitoyannis, 2000; Giese, 1996b; Kosmark, 1996).

Orta zincirli trigliseritler özel diyetetik gıdalarda kullanılmaktadır. 8.3 kcal/g enerji sağlarlar ve yağı azaltılmış et ürünlerinde kullanımı sınırlıdır (Shand, 1997).

2.5.3.2. Emülsifiyer

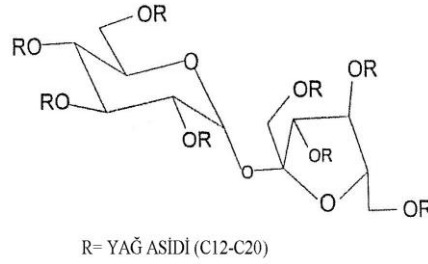
Emülsifiyerler, yağ veya yağ asidinden türemiş bileşenler olup hidrofilik ve lipofilik özellikleriyle katı veya sıvıların yüzey özelliklerini modifiye ederler. Emülsifiyerler birçok düşük yağlı gıdada önemli bir ingrediyen olup, normalde yağ ikamesi değildirler. Fakat, yağ ikame sisteminin bir bölümü olarak görev yapmaktadırlar. Düşük konsantrasyonlarda (% 0,05) kullanılıp yağı azaltılmış ürünlerde yağı genişletici etki göstermektedirler (Ada, 2005).

2.5.4. Sentetik Yağ İkameleri

2.5.4.1. Olestra

Olestra, sukroz poliesteri olup organoleptik ve termal özellikleri yağa benzemesine rağmen mide veya pankreas enzimleriyle hidroliz olmazlar. Bağırsaklarda absorblanmadıklarından dolayı kalori sağlamazlar (Ada, 2005). Sukroz poliestesterleri, katalizör varlığında yağ asitlerinin sukrozun hidroksil gruplarıyla reaksiyonu ile sentezlenmektedir (Giese, 1996a). Olestra ise sukroz esterlerinin karışımının genel adı olup, sukrozun serbest altı, yedi veya sekiz hidroksil grubuyla uzun zincirli yağ asitlerinin esterleşmesiyle sentezlenir (Glicksman, 1991; Warshaw ve ark., 1996).

Olestra ve diğer sukroz poliestesterlerinin özellikleri esterleşme derecesine, yağ asidi uzunluğuna ve yağ asitlerinin doymuşluk derecelerine bağlıdır. Olestranın görünüşü, lezzeti, tadı, ısı stabilitesi ve raf ömrü yağa benzerdir (ANON, 1990; Shand, 1997). Şekil 2.16’da olestranın kimyasal yapısı gösterilmektedir (Giese, 1996a).



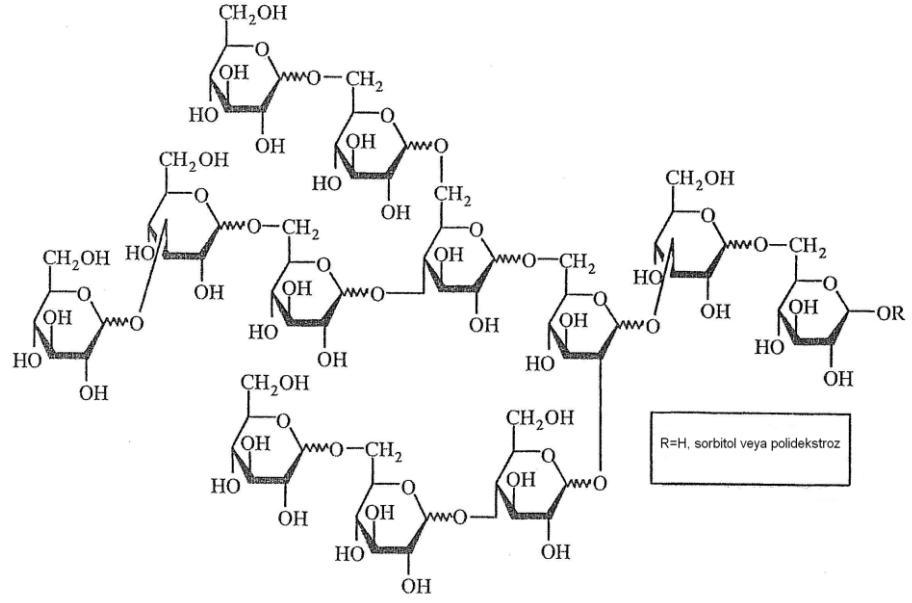
Şekil 2.16. Olestranın genelleştirilmiş kimyasal yapısı (Giese, 1996a)

2.5.4.2. Polidekstroz

Polidekstroz glikozun küçük miktarlarda sorbitol ve sitrik asit ile rasgele polimerleşmesi sonucunda oluşur. Her porsiyonda 15 g’dan fazla tüketildiğinde laksatif etki göstermektedir (Giese, 1996b; Shand, 1997). Polidekstrozun gastrointestinal sistemde absorpsiyonu zayıf olup kolonda bakteriyel parçalanmaya çok dirençlidir. 1 kcal/g enerji sağlar ve gıdalarda hacim verici ajan olarak yağ ve şekeri ikame etmek için kullanılmaktadır.

Polidekstroz hidratlandığında jel meydana getirerek yağa benzer ağız hissi oluşturma ve kayganlık sağlama gibi yağın bazı özelliklerini yerine getirirler (Ada, 2005;

Chung and Min, 2004; Shand, 1997). Polidekstrozun kimyasal yapısı Şekil 2.17’de gösterilmiştir.



Şekil 2.17. Polidekstrozun kimyasal yapısı (Nelson, 2000)

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Türk sucuğu üretiminde hammadde olarak sığır eti, sığır yağı, baharat ve sucuk formülasyonlarındaki diğer ingrediyeñler İpek Sucukları ve Mamülleri Gıda Sanayi Tic. A.Ş.'den sağlanmış ve sucuk üretimi Afyon'da İpek Et Tesislerinde gerçekleştirilmiştir. Sucuk formülasyonlarında yağ ikameleri olarak inülin (Frutafit HD, Sensus, Hollanda), maltodekstrin [(C*Dry MD 01910), Cerestar, İngiltere] ve buğday lifi (Vitacel, J. Rettenmaier & Söhne, Almanya) kullanılmıştır. Analizlerde kullanılan çözgen ve kimyasal maddeler Merck, Fluka ve Riedel firmalarının ürünleridir.

3.2. Metot

3.2.1. Sucuk Formülasyonu ve Üretimi

Yağı azaltılmış sucuk numunelerine farklı yağ ikamelerinin eklenmesinin sucuğun kalite, duyuşal, dokusal, fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkilerinin incelenmesi amaçlandığından, zeytin yağı yüksek yağlı (ZYY), zeytin yağı orta yağlı (ZOY) ve zeytin yağı düşük yağlı (ZDY) olmak üzere 3 farklı kontrol sucuk örneğı hazırlanmıştır. Tüm kontrol numuneleri geleneksel sucuk formülasyonlarından farklı olarak bileşimlerinde zeytin yağı da içerdiklerinden, zeytin yağından kaynaklanan farklılığı gözlemek amacıyla zeytinyağısız (YY) yüksek yağlı kontrol sucuk örneğı de hazırlanmıştır. Farklı yağ seviyelerinde üretilen sucuk formülasyonları Tablo 3.1'de gösterilmiştir. Zeytin yağı orta yağlı ve zeytin yağı düşük yağlı sucuklara % 1.5 buğday lifi, % 2 maltodekstrin ve % 3 inülin olmak üzere 3 farklı yağ ikamesi ilave edilmiş ve toplam 10 çeşit sucuk formülasyonu 2 ayrı denemede üretilmiştir. Buğday lifi 1:2 oranında hidratlandırılarak kullanılmıştır.

Her bir partiye ticari baharat karışımları (kimyon, karabiber, acı kırmızı biber, tatlı kırmızı biber ve sarımsak) % 3,4 oranında, fosfat, glukono delta lakton, şeker, mono

sodyum glutamat, karminik asit ve katasit (asetik asit, laktik asit, sodyum sitrat) ise % 3,2 oranında eklenmiştir.

Temin edilen parça etler kuşbaşı halinde doğranarak donmuş yağ da et ile birlikte kuterde parçalanmıştır. Daha sonra et-yag karışımına diğer ingrediyeñler ilave edilmiş ve karıştırılarak homojen bir karışım elde edilmiştir. Doluma hazır hale getirilen sucuk hamurları doğal bağırsaklara doldurulmuştur. Dolumu biten sucuklar, sucuk arabalarına asıldıktan sonra 1 gece 12 °C’de bekletilmiş ve daha sonra sucuklar, sıcaklığı otomatik olarak ayarlanabilen olgunlaşma odasında (54 °C) 6 saat tutulmuştur.

Tablo 3.1. Farklı yağ seviyelerinde üretilen sucuk formülasyonları

İngrediyenler	YY	ZYY	ZOY	ZDY
Sığır eti (% 12 yağlı)	74,4	74,4	82,9	86,9
Sığır et yağı	17	16,5	8	4
Zeytin yağı	-	0,5	0,5	0,5
Baharat karışımı	3,4	3,4	3,4	3,4
Nitrit içeren tuz	2	2	2	2
Diğerleri*	3,2	3,2	3,2	3,2

* Fosfat, glukono delta lakton, şeker, mono sodyum glutamat, karminik asit ve katasit (asetik asit, laktik asit, sodyum sitrat)

3.2.2. Bileşen Analizi

Sucuklarda; yağ miktarı tayini (Sохhlet metodu) AOAC (960.39), protein miktarı tayini (Kjeldhal nitrojen) AOAC (981.10), kül miktarı tayini AOAC (920.153) ve nem miktarı tayini AOAC (950.46B) yöntemleri kullanılarak yapılmıştır. Karbonhidrat miktarı ise diğer bileşenlerin toplamının 100’den çıkarılmasıyla hesaplanmıştır. Tüm analizler iki paralelli çalışılmıştır.

3.2.3. Fizikokimyasal Analizler

Su aktivitesi Protimeter DP989 (Protimeter Plc, İngiltere) çiğlenme noktası higrometresi ile 25±2 °C’de ölçülmüştür. pH ölçümünde 20 gram sucuk 80 ml distile suyla homojen hale getirilmiştir. Ölçümler, WTW 315i, dijital pH metre (WTW-

Wissensehaftlich-Technische Werkstaetten GmbH, Weilheim, Almanya) kullanılarak yapılmıştır. Tüm analizler iki paralelli çalışılmıştır.

3.2.4. Mikrobiyolojik Analiz

LAB için 25 gram sucuk örneği, 225 ml % 0,1 peptonlu su ilave edilerek Stomacher 400'de (Seward, Londra, İngiltere) özel torbası içerisinde, yüksek hızda 2 dakika homojenize edilmiş ve 10^{-7} 'ye kadar dilüsyonlar hazırlanmıştır. Laktik asit bakterileri MRS (Man Rogosa Sharpe) Agar'da (Merck, Almanya) 30 °C'de 48 saat inkübe edilmiştir. Toplam LAB sayısı kob/g cinsinden ifade edilmiştir.

3.2.5. Ağırlık Kayıpları

Sucuklar kılıflara doldurulduktan hemen sonra tartılmış ve tartımlar 2, 7, 14 ve 21. günlerde tekrarlanmıştır. Ağırlık kayıpları ilk ağırlığın yüzdesi olarak tanımlanır. Ölçümler iki paralelli yapılmıştır.

3.2.6. Pişme Kaybı

Dilimler halinde kesilen sucuk numunelerinin ağırlıkları pişme öncesi ve sonrasında ölçülmüştür. Sucuklar 1,5 cm kalınlığında kesilip, önceden ısıtılmış elektrikli ızgarada her bir yüzü birer dakika olmak üzere toplam 2 dakika pişirilmiştir. Sucukların pişme kayıpları 2.1 no'lu denklikten hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Pişme kaybı} = \frac{(\text{Pişmeden önceki ağırlık} - \text{Pişmeden sonraki ağırlık})}{\text{Pişmeden önceki ağırlık}} * 100 \quad (2.1)$$

3.2.7. Renk Analizi

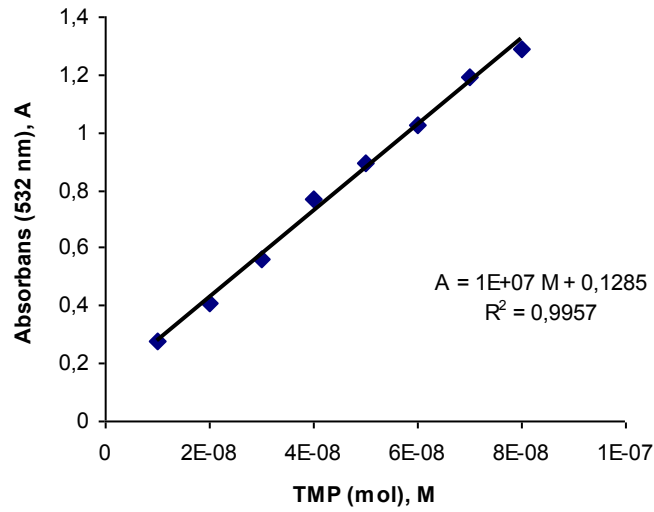
Sucukların renk yoğunlukları Minolta CR-300 (Osaka, Japonya) renk ölçüm cihazı kullanılarak yapılmıştır. L (parlaklık), a (kırmızılık) ve b (sarılık) değerlerinin ölçümü her bir sucuk örneğinde 5 ayrı noktada yapılmıştır.

3.2.8. TBA Analizi

2-tiyobarbitürik asit (TBA) analizi Pikul ve ark. (1989)'na göre yapılmıştır. 10 gram sucuk örneği, 34 ml % 4 perklorik asit (Merck, Almanya) ile 1 ml BHA (bütillenmiş hidroksi anisol) içeren soğuk (4 °C) ekstraksiyon solüsyonu ile birlikte Ultra-Turrax homojenizatörde (Ultra-Turrax, Model T25, Cincinnatti) 13,800 rpm'de 2 dakika homojenize edilir. (BHA solüsyonu 7,2 g BHA 100 ml etanol (Riedel, Almanya)

içerisinde çözündürülerek hazırlanmıştır). Karıştırılan örnekler 50 ml'lik balonjölere Whatman No: 42 filtre kağıdı kullanılarak filtre edilir ve sonra 5 ml. distile suyla yıkama yapılır. Filtrat, % 4'lük perklorik asit ile 50 ml'lik balonjölelerde tamamlanır. 5 ml'lik filtrata 5 ml 0,02 M TBA eklenerek karıştırılır. Test tüpleri 80 ± 2 °C'de malonaldehitin gelişimi için 60 dakika termostatik olarak kontrol edilen su banyosunda ısıtılır. Sonra TBA kompleksi 10 dakika soğuk su altında soğutulur. Örnek absorbans değerleri spektrofotometrede (Philips PU 8625, UV-Vis.) 532 nm'de 5 ml perklorik asit ve 5 ml TBA (Fluka, Almanya) reaktifinden oluşan köre karşı okunur. Sucuk örneklerinin oksidatif acılaşıma miktarları depolama süresinin 0, 2, 4, 6 ve 8. haftalarında ölçülmüştür. Tüm ölçümler iki paralelli yapılmıştır.

Ölçülen absorbans değerleri K sabit katsayısı ile çarpılır. K katsayısı ise kalibrasyon grafiğinden ve bilinen dilüsyonlarla hesaplanır. K ekstraksiyon katsayısının ifadesi 2.2. no'lu denklikte verilmiştir. Kalibrasyon grafiği TMP (1,1,3,3-tetrametoksipropen) standardı kullanılarak çizilmiştir. Kalibrasyon grafiği, doğru denklemi ve regresyon katsayıları Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. TMP standartına ait kalibrasyon grafiği

$$K_{\text{ekstraksiyon}} = S/A * 72,063 * 10^6 / E * 100 / P \quad (2.2)$$

S; 5 ml filtrat içindeki TMP (Fluka, Amerika) standard konsantrasyonu ($1 * 10^{-8}$ ile $8 * 10^{-8}$ mol arasında), A; standardın absorbansı, 72,063; malonaldehitin molekül ağırlığı, E değeri örneğin ağırlık eşdeğeri olup Pikul et al. (1989)'a göre 10 gram et

için E değeri 1'dir. P ise geri kazanma yüzdesi olup TMP'nin geri kazanma yüzdesi 2.3 no'lu formülde verilmiştir (Gomes ve ark., 2003).

$$P(\%) = (A_3 - A_1) * 100 / A_2 \quad (2.3)$$

A₃; TMP içeren örneğin absorbası

A₁; Örneğin absorbası

A₂; TMP'nin absorbası

TBA testinde lipit oksidasyon mg malonaldehit/kg örnek şeklinde ifade edilmektedir. TBA analizi için K_{ekstraksiyon-ortalama} 4,29 ve geri kazanma yüzdesi 89,5 olarak bulunmuştur.

3.2.9. Tekstür Analizi

Sucukların tekstür özellikleri Stable Micro System Mod. TA.XT2 Plus marka tekstürometre (Godalming, İngiltere) ile piston hızı 2 mm/saniye hızda 30 kg'lık yük kullanılarak ölçülmüştür. Her örnekten 4 dilim alınarak (1,5 cm kalınlığında) orijinal yüksekliğinin % 30'u kadar 2 kademeli sıkıştırılır.

Ölçümü yapılan doku parametreleri şu şekilde tanımlanabilir (Bourne, 1978): **Sertlik** (N/cm²)= Örneği sıkıştırmak için gerekli olan maksimum kuvvet; **İç yapışkanlık**= Örneğin kopmadan önceki deformasyon miktarı (A₂/A₁, A₁ ilk sıkıştırma için gerekli olan toplam enerji ve A₂ ikinci sıkıştırma için gerekli olan toplam enerji); **Dış yapışkanlık**= Örnekten sıkıştırma pistonunu uzaklaştırmak için gereken iş; **Elastikiyet** (cm)= Deforme eden güç ortadan kaldırıldıktan sonra ürünün orijinal haline dönebilme kabiliyeti (S); **Sakızımsılık** (N/cm²)= Yarı katı örneği yutmaya hazır hale getirmek için gerekli olan parçalama kuvveti, (Sertlik*İç yapışkanlık); **Çiğnenebilirlik** = Katı örneği yutmaya hazır hale getirmek için gerekli olan iş, (Elastikiyet*sakızımsılık).

3.2.9.1. Penetrasyon

Penetrasyon ölçümü Micro System Mod. TA.XT2 Plus marka tekstürometre (Godalming, İngiltere) ile 0,20 cm çaplı çubuk başlık kullanılarak ölçülmüştür. Çubuk başlığı 3 mm/saniye hızla 10 mm derinliğe inecek ve otomatik dönüş yapacak şekilde ayarlanmıştır. Penetrasyon için gerekli olan maksimum kuvvet (N) kayıt edilir.

3.2.10. Duyusal Analiz

Sucuklarda duyusal analiz yarı eğitimli 10 panelist ile yapılmıştır. Panel üyeleri İstanbul Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünden ve yüksek lisans öğrencilerinden seçilmiştir. Sucuklar 1,5 cm kalınlığında kesilip, her bir yüzeyi birer dakika olmak üzere 2 dakika pişirilmiştir.

Pişmiş sucuklar 3 basamaklı rasgele sayılarla kodlanmıştır. Panelistler kontrol numunelerini (4 adet), orta yağlı numuneleri (4 adet) ve düşük yağlı numuneleri (4 adet) 3 farklı oturumlarda değerlendirmişlerdir. Panelistlere sucuklar arasındaki ağız tadını temizlemek için tuzsuz kraker ve oda sıcaklığında su verilmiştir.

Duyusal analize katılan panelistler 0-8 skalası kullanarak sucukların renk, sıklık, çiğnenebilirlik, yağlılık, farklı tat ve genel beğenirlik gibi özelliklerini değerlendirmişlerdir. Değerlendirmede her özellik için 0 en düşük değeri gösterirken 8 en yüksek değeri göstermektedir.

3.2.11. Kolesterol Analizi

Toplam kolesterol içeriği Boehringer kiti (139050) kullanılarak (Boehringer Mannheim/R-Biopharm, Darmstadt, Almanya) kolorimetrik yöntemle yapılmıştır. 2,5 gram sucuk örneği balonjojeye tartılır ve 1 gram deniz kumu ile 10 ml taze hazırlanmış metanollü potasyum hidroksit solüsyonu (1 M) eklenir. Magnetik karıştırıcıyla 25 dakika geri soğutucu altında ısıtılır. Üstte kalan solüsyon pipetle 25 ml'lik balonjojeye aktarılır. Geri soğutucu altında 6 ml isopropanol (Merck, Almanya) eklenerek 5 dakika daha kaynatılır. Üstte kalan solüsyon 25 ml'lik balonjojeye aktarılır. 5 dakika daha kaynatma işlemi yapılarak yine üstte kalan solüsyon 25 ml'lik balonjojede toplanarak soğumaya bırakılır. Balonjoje isopropanolle tamamlanır ve iyice karıştırılır. Filtre kağıdından geçirilerek berrak solüsyon elde edilir.

Çözelti 4, 3 hacim çözelti 1 (amonyum fosfat tamponu, katalaz) ile 1 hacim çözelti 2'nin (0,05 M asetil aseton ile 0.3 M metanol karışımı) kahverengi şişede karıştırılmasıyla elde edilir. Çözelti 20-25 °C'ye getirilir ve kullanılmadan önce 1 saat bekletilir. Çözelti 4'den 5 ml ve örnek çözeltisinden 0,4 ml alınarak örnek körü hazırlanır. Örnek köründen 2,5 ml alınır ve çözelti 3 (kolesterol oksidaz)'den 0,02 ml alınarak örnek hazırlanmış olur. Test tüpleri cam kapaklarla kapatılarak 1 saat 37-40 °C'de sıcak su banyosunda tutulur. 20-25 °C'ye kadar soğuyunca önce körün sonra

da örneğin absorbansları aynı küvette havaya karşı 405 nm’de spektrofotometrede (Philips PU 8625, UV-Vis.) ölçülür. Örneğin absorbasından örnek körünün absorbansı çıkarılarak ΔA bulunur. Kolesterol konsantrasyonu 2.4 no’lu denklikte verilmiştir.

$$c = 0.711 * \Delta A \text{ (g kolesterol/l örnek çözelti)} \quad (2.4)$$

Yarı katı veya katı örneklerde kolesterol analizi yapıldığında örnek solüsyonu hazırlanırken tartım yapıldığından sonuçlar tartılan miktardan hesaplanmaktadır. Örnekteki kolesterol miktarı 2.5 no’lu denklikten hesaplanmıştır.

$$\text{Kolesterol miktarı} = \frac{C_{\text{kolesterol}}(\text{g/ l örnek solüsyonu}) * 100 (\text{g/100 g})}{\text{ağırlık}_{\text{örnek}} (\text{g/l örnek solüsyonu})} \quad (2.5)$$

Kolesterol analizi kontrol sucuk numunelerine ve duyuusal analiz sonucunda en fazla beğenilen buğday lifli sucuklara iki paralelli olarak yapılmıştır.

3.2.12. İstatistiksel Analiz

Varyans analizi (ANOVA) SPSS-11.5 programı kullanılarak yapılmıştır. Hem depolama süresinin hem de sucuk örnekleri arasındaki farklılıkların sucukların ağırlık kayıpları ile TBA değerleri üzerine etkileri “İki yollu ANOVA” istatistiksel yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Diğer analizlerde “tek yollu ANOVA” istatistiksel yöntemi kullanılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testi uygulanarak bulunmuştur. Seçilen parametreler arasında Pearson’s korelasyon katsayısı hesaplanmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Sucuk Bileşen Analizi

Sucuk örneklerinin kompozisyon analizleri örneklerin üretiminden 1 hafta sonra gerçekleştirilmiştir. Tüm analizlerin aynı günde yapılması mümkün olmayacağından sucuk örneklerinin bir bölümü analizlenmek üzere dondurularak saklanmıştır. Tablo 4.1’de sucuk örneklerinin bileşen kompozisyonları gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Sucuk örneklerinin bileşen kompozisyonu

Örnek	Nem	Protein	Yağ	Kül	Karbonhidrat	Yağdaki Azalma%
ZDY- Kontrol	45,39±0,76	26,35 ±1,14	21,42±1,25	3,85±0,62	2,99±0,66	36,02
ZDY-İnülin	43,92±0,83	25,73 ±0,93	19,76±1,29	4,91±0,61	5,68±0,30	40,97
ZDY-Maltodekstrin	44,07±1,41	25,95 ±0,87	20,22±1,22	5,14±0,36	4,62±0,57	39,61
ZDY-Buğday lifi	45,27±0,96	25,46 ±0,85	19,35±0,50	5,09±0,54	4,83±0,72	42,20
ZOY-Kontrol	43,38±0,88	24,42 ±0,94	25,95±0,99	3,43±0,36	2,82±1,09	22,49
ZOY-İnülin	40,88±1,29	24,22 ±0,68	24,38±0,61	4,95±0,30	5,57±1,05	27,18
ZOY-Maltodekstrin	41,09±1,06	24,31 ±0,73	24,74±0,98	5,23±0,26	4,63±0,85	26,11
ZOY-Buğday lifi	42,78±0,87	23,93 ±0,71	24,10±0,73	4,52±0,62	4,67±0,82	28,02
ZYY-Kontrol	39,02±1,26	21,41 ±1,11	33,48±0,97	3,40±0,22	2,69±1,41	-
YY- Kontrol	38,72±0,94	21,44 ±0,60	32,78±0,96	4,38±0,31	2,68±0,87	-

Kontrol olarak kullanılmak amacıyla yağ ikamesi ilave edilmemiş sucuk örnekleri karşılaştırıldığında, sucukların yağ miktarı azaldıkça protein miktarlarında meydana gelen artışın sebebi düşük yağlı sucuklarda yağın sığır etiyle ikame edilmiş olmasıdır. Yağı, yağsız et ile ikame edilerek üretilen kıymalarda (Troutt ve ark., 1992a), sosislerde (Papadima ve Bloukas, 1999) ve köftelerde (Serdaroğlu ve Değirmencioğlu, 2004) benzer sonuçlar bulunmuştur. Orta yağlı sucuklarda yağ miktarındaki azalma % 22-28 arasındayken, düşük yağlılarda % 36-42 arasındadır.

Başlangıçta aynı yağ seviyesinde hazırlanan sucukların formülasyonlarının aynı olmasına rağmen sucuk formülasyonlarına ilave edilen yağ ikamelerine bağlı olarak sucukların kül ve karbonhidrat miktarlarının arttığı gözlenmiştir. Başka bir çalışmada da kullanılan farklı yağ ikame türleri (buğday, yulaf, portakal ve elma lifleri) ve miktarlarına bağlı olarak fermente sucukların kül ve karbonhidrat miktarlarının arttığı bulunmuştur (Garcia ve ark., 2002).

TS 1070 Türk Sucuğu Standardına göre birinci sınıf sucuklarda nem oranı (kütlece) en çok % 40, protein (kütlece) oranı en az % 22 ve yağ oranı ise (kütlece) en çok % 30 olmalıdır (Anon, 1983). Üretilen sucukların 1. sınıf özellikte Türk sucuğu olarak TS 1070’de belirtilen koşullara uygun olarak üretildiği görülmektedir.

4.2. Fizikokimyasal Analizler

Farklı yağ seviyelerinin ve farklı yağ ikamelerinin eklenmesinin sucukların pH değerleri üzerine etkileri Tablo 4.2’de gösterilmiştir. Bu çalışmada, sucukların pH değerleri 6,0’dan 6. gün sonunda 4,65-4,91’e düşmüştür. Yüksek asitli sucuklarda fermentasyon sırasında karbonhidratların parçalanması sonucunda laktik asit başta olmak üzere organik asitler oluşmakta ve bunların sonucunda ise sucukların pH değerleri 5,3’un altına düşmektedir (Muguerza ve ark., 1999). Türk Standartlarında (TS 1070) sucukların pH değerlerinin 5,4-5,8 arasında olması gerektiği bildirilmiştir. Sucukların pH değerlerinin düşük çıkması sucuk üretiminde GdL kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Erkmen ve Bozkurt (2004) ise Türkiye’de satılan sucukların pH değerlerinin 4,53-5,77 arasında değiştiğini bulmuşlardır. Bu çalışmadaki sucukların pH değerleri de bu aralıkta bulunmuştur. Sucukların pH değerleri içerdikleri farklı yağ seviyelerinden, bu miktarlarda ilave edilen zeytin yağı ve yağ ikamelerinden istatistiksel olarak ($p < 0,05$) etkilenmemişlerdir (Tablo A.1).

Cáceres ve ark. (2004), Garcia ve ark. (2002), Mendoza ve ark. (2001), Troutt ve ark. (1992a), Pietrasik ve Duda (2000), Papadima ve Bloukas (1999) farklı yağ seviyelerinin ve farklı yağ ikameleri kullanımının, Muguerza ve ark. (2002), Bloukas ve ark. (1997), Bloukas ve Paneras (1993) ve Kayaardı ve Gök (2003) ise hayvansal yağın bitkisel yağlarla ikame edilmesinin sosislerin ve fermente sucukların pH değerlerini etkilemediği sonucuna varmışlardır.

Tablo 4.2. Farklı yağ seviyelerinin ve farklı yağ ikamelerinin eklenmesinin sucukların pH değerleri üzerine etkileri

Örnek	0. Gün	6. Gün
ZDY-Kontrol	6,05±0,26 ^a	4,91±0,08 ^a
ZDY-İnülin	6,04±0,08 ^a	4,78±0,20 ^a
ZDY-Maltodekstrin	6,06±0,04 ^a	4,89±0,03 ^a
ZDY-Buğday lifi	6,08±0,16 ^a	4,73±0,07 ^a
ZOY-Kontrol	6,07±0,09 ^a	4,83±0,08 ^a
ZOY-İnülin	6,06±0,15 ^a	4,68±0,26 ^a
ZOY-Maltodekstrin	6,04±0,08 ^a	4,81±0,21 ^a
ZOY-Buğday lifi	6,09±0,17 ^a	4,65±0,12 ^a
ZYY-Kontrol	6,05±0,18 ^a	4,85±0,13 ^a
YY-Kontrol	6,00±0,22 ^a	4,82±0,19 ^a

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

Tablo 4.3’de farklı yağ seviyelerinin ve farklı yağ ikamelerinin eklenmesinin sucukların su aktiviteleri üzerine etkileri gösterilmiştir. Kılıflara doldurulmadan önce sucuk hamurlarının su aktivitesi değerleri 0,90-0,96 arasında olup, sucukların su aktiviteleri 6. gün sonunda 0,82-0,88’e düşmüştür. Sucukların su aktivitesi değerleri içerdikleri farklı yağ seviyelerinden, bu miktarlarda ilave edilen zeytin yağı ve yağ ikamelerinden istatistiksel olarak (p<0,05) etkilenmemişlerdir (Tablo A.2). Mendoza ve ark. (2001) ile Garcia ve ark. (2002) fermente sucuklarda farklı yağ içeriği ve diyet lifleri ilavesinin, Cáceres ve ark. (2004) ise sosislere fruktooligosakkarit ilavesinin ürünlerin su aktivitesi değerlerini etkilemediklerini bulmuşlardır. Sonuç olarak, bu çalışmada kullanılan yağ ikamelerinin sucuk örneklerinin fizikokimyasal özellikleri üzerine fazla değişikliğe neden olmadığı söylenebilir.

Tablo 4.3. Farklı yağ seviyelerinin ve farklı yağ ikamelerinin eklenmesinin sucukların su aktiviteleri üzerine etkileri

Örnek	0.gün	6.gün
ZDY-Kontrol	0,91±0,05 ^a	0,88±0,05 ^a
ZDY-İnülin	0,92±0,04 ^a	0,82±0,03 ^a
ZDY-Maltodekstrin	0,90±0,05 ^a	0,87±0,04 ^a
ZDY-Buğday lifi	0,94±0,01 ^a	0,85±0,04 ^a
ZOY-Kontrol	0,90±0,06 ^a	0,86±0,05 ^a
ZOY-İnülin	0,93±0,03 ^a	0,85±0,03 ^a
ZOY-Maltodekstrin	0,92±0,03 ^a	0,84±0,06 ^a
ZOY-Buğday lifi	0,96±0,02 ^a	0,83±0,05 ^a
ZYY-Kontrol	0,92±0,05 ^a	0,87±0,09 ^a
YY-Kontrol	0,95±0,02 ^a	0,86±0,05 ^a

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

4.3. Mikrobiyolojik Analiz

Tablo 4.4’de farklı yağ seviyelerinin ve farklı yağ ikamelerinin eklenmesinin sucukların laktik asit bakteri sayıları üzerine etkileri gösterilmiştir. Starter kültür ilave edilmeden üretilen sucuklarda spontan olarak bulunan laktik asit bakterileri sucuk ortamında iyi bir gelişme göstermiş ve sayıları 15. gün sonunda $5,1 \cdot 10^8$ - $7,1 \cdot 10^8$ kob/g’ a ulaşmıştır. Bu da, sucuk mikroflorasında laktik asit bakterilerinin baskın olduğunu göstermektedir.

Sucukların LAB sayıları içerdikleri farklı yağ seviyelerinden, bu miktarlarda ilave edilen zeytin yağı ve yağ ikamelerinden istatistiksel olarak (p<0,05) etkilenmemişlerdir (Tablo A.3). Literatürde fermente sucuklarla yapılan benzer çalışmalarda yağ seviyesinin (Papadima ve Bloukas, 1999), diyet lifleri (Mendoza ve ark., 2001; Garcia et al., 2002) ile zeytin yağı ilavesinin (Murguerza ve ark., 2002) LAB sayısı üzerine hiç bir etkisinin olmadığını bulmuşlardır.

Bulunan LAB sayısı Garcia ve ark. (2002)’nın sonuçlarıyla benzerlik göstermekte ve farklı seviyelerde inülin ilave edilmiş düşük yağlı fermente sucuklarda LAB

sayısının olgunlaşmanın 2. günde 10^8 - 10^9 kob/g'a ulaştığını ve olgunlaşma sırasında da LAB sayısının sabit kaldığını rapor etmişlerdir. Sucuk ve benzeri fermente et ürünlerinde mikrobiyal faaliyetler sonucunda asidik ortamın sağlanmasında laktik asit bakterileri büyük rol oynamaktadırlar (Työppönen ve ark., 2003). Bu çalışmada, laktik asit bakteri sayısı ile pH değerleri arasındaki negatif korelasyon ($r = -0,53$) istatistiksel açıdan $p < 0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Papadima ve Bloukas (1999) tarafından fermente sucuklarla yapılan bir çalışmada ise LAB ile pH arasındaki negatif korelasyon katsayısı $r = -0,79$ olarak bulunmuşlardır ($p < 0,001$).

Tablo 4.4. Farklı yağ seviyelerinin ve farklı yağ ikamelerinin eklenmesinin sucukların LAB sayıları üzerine etkileri

Örnek	LAB Sayısı
ZDY-Kontrol	$5,1 \cdot 10^8 \pm 0,63 \cdot 10^8$ a
ZDY-İnülin	$6,1 \cdot 10^8 \pm 0,56 \cdot 10^8$ a
ZDY-Maltodekstrin	$5,2 \cdot 10^8 \pm 0,07 \cdot 10^8$ a
ZDY-Buğday lifi	$6,8 \cdot 10^8 \pm 0,21 \cdot 10^8$ a
ZOY-Kontrol	$5,4 \cdot 10^8 \pm 0,63 \cdot 10^8$ a
ZOY-İnülin	$6,9 \cdot 10^8 \pm 0,56 \cdot 10^8$ a
ZOY-Maltodekstrin	$5,9 \cdot 10^8 \pm 1,27 \cdot 10^8$ a
ZOY-Buğday lifi	$7,1 \cdot 10^8 \pm 1,34 \cdot 10^8$ a
ZYY-Kontrol	$5,3 \cdot 10^8 \pm 1,20 \cdot 10^8$ a
YY-Kontrol	$5,8 \cdot 10^8 \pm 0,42 \cdot 10^8$ a

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

4.4. Ağırlık Kayıpları

Farklı yağ seviyeleri ile yağ ikameleri kullanılarak üretilen sucukların 21 günlük depolama süresince tespit edilen ağırlık kayıpları Tablo 4.5'de verilmiştir. Hem sucuk formülasyonlarındaki farklılıkların, hem de depolama süresinin değişiminin sucukların ağırlık kayıpları üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak ($p < 0,05$) önemli olduğu bulunmuştur. Ayrıca sucuk formülasyonları arasındaki farklılıklar ile depolama süresinin birbirleriyle olan etkileşimleri de istatistiksel olarak ($p < 0,05$)

önemli bulunmuş ve interaksiyon grafiği Şekil 4.1’de gösterilmiştir. İstatistiksel sonuçlar Tablo A.4’de verilmiştir.

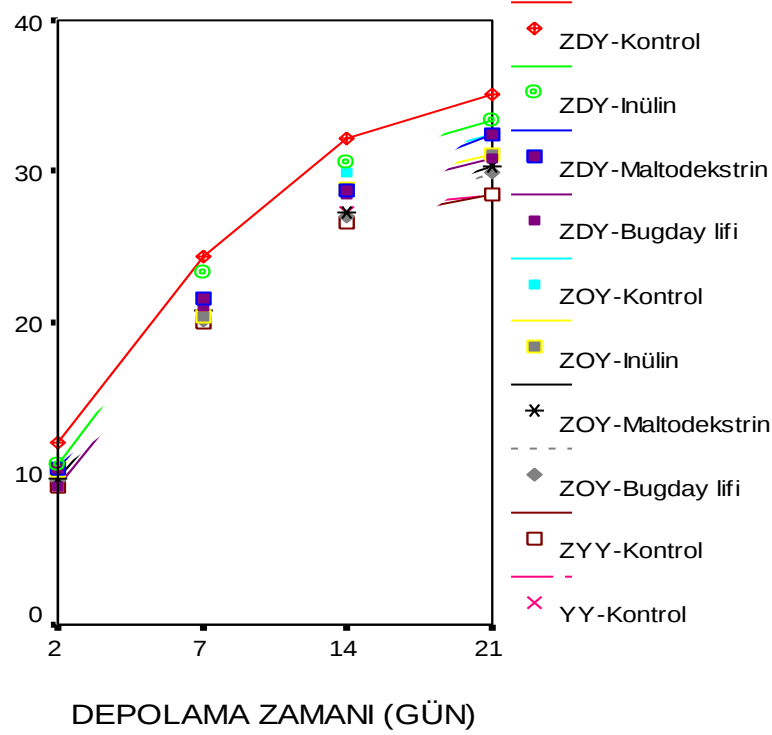
Tablo 4.5. Sucukların 21 günlük depolama süresindeki ağırlık kayıpları

Örnek	2.Gün	7.Gün	14.Gün	21.Gün
ZDY-Kontrol	12,02±0,58	24,43±0,81	32,12±0,79	35,12±0,21
ZDY-İnülin	10,63±0,71	23,30±1,00	30,60±0,95	33,36±1,05
ZDY-Maltodekstrin	10,30±0,11	21,65±1,29	28,74±0,79	32,40±0,84
ZDY-Buğday lifi	9,20±0,54	21,12±1,24	28,43±1,28	30,83±0,51
ZOY-Kontrol	10,36±0,53	21,34±0,44	29,98±0,53	32,51±0,69
ZOY-İnülin	10,21±0,32	20,36±0,52	28,94±1,05	31,10±0,43
ZOY-Maltodekstrin	9,72±0,28	20,81±0,99	27,34±0,85	30,28±0,16
ZOY-Buğday lifi	9,48±0,20	20,07±0,28	27,07±0,19	29,93±0,56
ZYY-Kontrol	9,09±0,06	19,95±0,97	26,66±0,70	28,43±0,53
YY-Kontrol	9,28±0,53	20,02±0,50	27,34±0,85	28,48±0,62

Depolama sırasında sucuklar nem kayıpları nedeniyle ağırlık kaybetmişlerdir. Olgunlaşma odalarında fermente sucukların ağırlık kayıpları ise olgunlaşma odasının sıcaklığına, relatif neme, odadaki hava hareketine, olgunlaşma süresine, et karışımının ufalanma derecesine, kılıfın kalınlığına, kılıf materyaline ve sucukların yağ içeriğine bağlı olarak meydana gelmektedir (Papadima ve Bloukas, 1999; Bloukas et al., 1997; Muguerza ve ark., 2002).

Genel olarak aynı depolama süresinde yağ ikamesi ilave edilmemiş kontrol sucukları karşılaştırıldığında, sucukların yağ miktarı azaldıkça ağırlık kayıplarında meydana gelen artış $p<0,05$ düzeyinde önemli bulunmuş ve Duncan testi sonuçları Tablo A.5’de verilmiştir. Papadima ve Bloukas (1999), Muguerza ve ark. (2002) ve Bloukas ve ark. (1997) farklı yağ seviyelerinde üretilen fermente sucuklarda benzer sonuçlar bulmuşlardır.

Sucuklara yağ ikamesi ilave edilmesiyle ağırlık kayıplarında meydana gelen azalma istatistiksel açıdan ($p<0,05$) önemli bulunmuş ve en az ağırlık kaybı buğday lifi içeren sucuklarda elde edilmiştir.



Şekil 4.1. Sucuk formülasyonları arasındaki farklılıklar ile depolama süresinin ağırlık kayıpları üzerine interaksyonun etkisi

Bu çalışmada, zeytin yağı ilavesinin sucukların ağırlık kayıplarını çok az azaltmasına rağmen, bu etki istatistiksel açıdan ($p < 0,05$) önemli bulunmuştur. Sucuk karışımında dağılmış halde bulunan kıyılmış sığır et yağları sucuğun iç kısımlarında bulunan nemin sürekli olarak açığa çıkmasına yardımcı olurken, zeytin yağı ise sucuk karışımı içinde et parçacıklarının etrafını kapladığından nemin açığa çıkması önler ve böylece ağırlık kayıplarında azalma meydana gelir (Bloukas ve ark., 1997; Kayaardı ve Gök, 2003; Papadima ve Bloukas, 1999). Bloukas ve ark. (1997) sığır yağının % 10-20'sinin zeytin yağı ile ikame edilerek üretilen fermente sucukların ağırlık kayıplarının zeytin yağı içermeyen kontrol sucuklara göre daha az olduğunu rapor etmişlerdir.

Beklenildiği gibi depolama süresi arttıkça ağırlık kayıplarında artış meydana gelmiş ve bu artış istatistiksel olarak ($p < 0,05$) önemli bulunmuştur. Depolama süresinin ağırlık kayıpları üzerine etkisinin Duncan testi sonuçları Tablo A.6'da verilmiştir.

4.5. Pişme Kaybı

Farklı yağ seviyelerinin ve farklı yağ ikamelerinin eklenmesinin sucukların pişme kayıpları üzerine etkileri Tablo 4.6'da gösterilmiştir. Pişme kayıplarının üründeki

yağın erimesi ve nemin buharlaşması ile meydana geldiği bilinmektedir. Pişme kayıplarını kontrol altında alma, ürünün sululuğunu koruma ve pişme sırasında yağın et ürünleri matrisinin içinde kalması ise ürünün duyu kalitesi ve kabul edilebilirliği açısından çok önemlidir (Serdaroğlu ve Değirmencioğlu, 2004). Farklı yağ ikamelerinin eklenmesi ve farklı yağ düzeylerinin sucukların pişme kayıpları üzerindeki etkisi istatistiksel olarak ($p<0,05$) önemli bulunmuştur (Tablo A.7).

Tablo 4.6. Farklı yağ seviyelerinin ve farklı yağ ikamelerinin eklenmesinin sucukların pişme kayıpları üzerine etkileri

Örnek	Pişme Kaybı
ZDY-Kontrol	13,13±0,94 ^{cd}
ZDY-İnülin	12,50±0,55 ^d
ZDY-Maltodekstrin	10,67±0,41 ^{ef}
ZDY-Buğday lifi	9,53±0,35 ^g
ZOY-Kontrol	15,09±0,64 ^b
ZOY-İnülin	14,03±0,85 ^c
ZOY-Maltodekstrin	11,25±0,78 ^e
ZOY-Buğday lifi	10,09±0,30 ^{fg}
ZYY-Kontrol	18,95±0,82 ^a
YY-Kontrol	18,18±0,26 ^a

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

Lif içermeyen kontrol sucuk örnekleri karşılaştırıldığında, yağ miktarının azalmasının sucukların pişme kayıplarında azalmaya neden olmuştur. Bu azalma fazla olmamakla birlikte istatistiksel açıdan önemli düzeydedir ($p<0,05$). Yüksek yağlı sucuklar düşük yağlılara göre daha fazla yağ içerdiğinden pişme sırasında daha fazla kayıp meydana gelmiştir. Bu çalışmada bulunan sonuçlar, farklı yağ seviyelerinde üretilen kıyma, sığır eti ile ciğer köftelerinin pişme kayıplarıyla benzerlik göstermiştir (Troutt ve ark., 1992a; Yılmaz, 2005; Estévez ve ark., 2005). Fakat, yağın su ile ikame edildiği sosis çeşitlerinde ve köftelerde yağ miktarının azalmasının ürünlerin pişme kayıplarında artışa neden olduğu görülmüştür (Crehan

ve ark., 2000; Hughes ve ark., 1997; Hughes ve ark., 1998; Mittal and Barbut, 1993; Pietrasik ve Duda, 2000).

Bu çalışmada, sucuklara zeytin yağı ilave edilmesi sucukların pişme kayıplarında artışa sebep olmasına rağmen istatistiksel açıdan ($p<0,05$) bir fark yaratmamıştır. Literatürde zeytin yağı ilavesinin pişme kayıpları üzerine etkilerine ilişkin bilgi bulunamamış olup, bu nedenle karşılaştırma yapmak mümkün olmamıştır.

Sucuklara inülin, maltodekstrin veya buğday lifinin eklenmesinin sucukların pişme kayıplarını istatistiksel açıdan ($p<0,05$) önemli düzeyde azaltmıştır. Bunun da, yağ ikamelerinin su ve yağ bağlama özelliklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Pişme kayıplarını en fazla azaltan buğday lifi ilave edilmiş sucuklar olmuştur.

İnülin, buğday lifi ve maltodekstrinin et ürünlerinde pişme kayıpları üzerine etkileri literatürde mevcut olan diğer yağ ikameleri ilave edilmiş et ürünleriyle ilgili değerler ile karşılaştırılmıştır. Pietrasik ve Duda (2000) soya proteini, karagenan eklenerek üretilen düşük yağlı sosislerin, Serdaroğlu (2005) ise peynir altı suyu tozu ilave edilerek üretilen köftelerin, yağ ikamesi ilave edilmemiş kontrol örneklerine göre pişme kayıplarında azalma meydana geldiğini rapor etmişlerdir.

4.6. Renk Analizi

Farklı yağ seviyelerinin ve yağ ikamelerinin ilave edilmesinin sucukların renk değerleri üzerine etkileri Tablo 4.7’de verilmiştir. Sucukların L değerleri 44,09-51,23 arasında, kırmızılık değerleri 16,97-18,86 arasında ve sarılık değerleri 18,85-21,59 arasında bulunmuştur. Üren and Babayiğit (1996) Türkiye’de çeşitli et fabrikalarında üretilen sucukların renklerini incelemişler ve sucukların L değerlerinin 35,87-45,92 arasında, kırmızılık ve sarılık değerlerinin sırasıyla, 6,87-14,14 ve 10,04-17,62 arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Bu çalışmada, sucuk örneklerinin renk değerlerinin yüksek çıkması sucuk formülasyonlarındaki farklılıklardan ve formülasyona eklenen renk maddesi karminik asitten kaynaklanabilmektedir.

Farklı yağ seviyelerinin sucukların renklerine etkileri istatistiksel açıdan ($p<0,05$) önemli bulunmuştur (Tablo A.8). Sucukların renkleri, üretimde kullanılan ham materyallerin renkleriyle ilişkili olduğundan formülasyondaki ingrediyenlerin miktarlarının değiştirilmesi sucukların renklerinde farklılıklara sebep olmaktadır. Bu çalışmada sucukların yağ miktarının azalması parlaklık ve sarılık değerlerinde

azalmaya sebep olurken, kırmızılık değerlerinde artışa neden olmuştur. Literatürde yağın, çeşitli et ürünlerinin renklerini etkilediği belirtilmiştir (Hughes ve ark., 1998; Mittal and Barbut, 1994; Hughes ve ark., 1997; Papadima ve Bloukas, 1999; Crehan et al., 2000; Grigelmo-Miguel et al., 1999).

Tablo 4.7. Farklı yağ seviyelerinin ve yağ ikamelerinin ilave edilmesinin sucukların renk değerleri üzerine etkileri

Örnek	L	a	b
ZDY-Kontrol	44,09±2,35 ^e	18,73±0,71 ^a	18,85±0,89 ^d
ZDY-İnülin	47,41 ±1,42 ^d	18,71±0,56 ^a	19,79±1,36 ^{cd}
ZDY-Maltodekstrin	51,64±1,43 ^a	18,09±1,08 ^{ab}	20,42±1,56 ^{bc}
ZDY-Buğday lifi	51,18±1,69 ^a	17,97±0,82 ^{ab}	21,59±0,95 ^a
ZOY-Kontrol	49,37±1,72 ^b	17,85±0,87 ^b	20,14±1,22 ^c
ZOY-İnülin	52,58±0,81 ^a	18,86±0,79 ^b	20,48±0,83 ^{bc}
ZOY-Maltodekstrin	47,65± 1,55 ^{cd}	18,65±0,87 ^a	20,40±1,04 ^{bc}
ZOY-Buğday lifi	48,88±0,87 ^{bc}	18,72±0,84 ^a	21,33±1,06 ^{ab}
ZYY-Kontrol	51,23±0,75 ^a	17,01±0,58 ^c	20,43±1,48 ^{bc}
YY-Kontrol	51,19±0,85 ^a	16,97±0,72 ^c	20,26±0,86 ^{bc}

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

Yağ ikamesi ilave edilmeden üretilen kontrol sucuk örnekleri karşılaştırıldığında, sucukların parlaklığı direkt olarak sucukta bulunan yağ miktarına bağlı olup, sucukların L değerleri ile yağ miktarları arasında önemli korelasyon (r=0,86, p<0,01) bulunmuştur.

Sucuklarda yağ miktarının azalmasıyla sucukların kırmızılık değerlerindeki artışın sebebi yağın et ile ikame edilmiş olması şeklinde açıklanabilir. Sucuktaki yağ seviyesinin artması myogloblin miktarını seyrelttiği için en düşük a değerleri ve en yüksek parlaklık değerleri yüksek yağlı kontrol sucuklar ile elde edilmiştir.

Et ürünlerinin sarılık değerlerinin kısmen ürün formülasyonunda kullanılan yağın kaynağına bağlı olarak değişim gösterdiği bilinmektedir. Hayvanların diyetleri arasındaki farklılıklar, yağlarının renklerini etkileyebileceğinden literatürde et

ürünlerinin sarılık değerlerini karşılaştırmak güçtür (Morin ve ark., 2002). Bu çalışmadaki bulunan sonuçlar Hughes ve ark. (1997) farklı yağ seviyelerinde üretilen sosislerde buldukları sonuçlara benzerlik göstermiştir. Fakat, Mittal and Barbut (1994) ile Serdaroğlu (2005) sosis ve köftelerde yağın azaltılmasının ürünlerin sarılık değerlerini değiştirmediğini bulmuşlardır.

İnülin eklenmesi, sucukların yağ seviyelerinden bağımsız olarak, parlaklığı artırırken, sucukların kırmızılık değerlerini etkilememiştir ($p<0,05$). Literatür taraması sonucunda inülin ilave edilmesinin et ürünlerinin renk değerlerini nasıl etkilediklerine ilişkin bir bilgi bulunamamış olup, bu nedenle karşılaştırma yapmak mümkün olmamıştır.

Maltodekstrin ve buğday lifi ilavesi ise yalnızca düşük yağlı sucuklarda parlaklığı artırmış ve orta yağlı sucuklarda ise azaltmıştır ($p<0,05$). Buğday lifi ve maltodekstrin düşük yağlı sucuklarda kırmızılık değerlerini azaltırken, orta yağlılarda artırmıştır. Crehan ve ark. (2000) ise benzer sonuçları sosislerde yaptıkları çalışmada bulmuşlar ve maltodekstrin ilave edilmesinin yüksek yağlı sosislerde kırmızılık değerlerini artırdığını ve düşük yağlılarda ise azalttığını rapor etmişlerdir.

Sucuklara inülin, buğday lifi ve maltodekstrinin eklenmesi yağ seviyesine bakılmaksızın sarılık değerlerini kontrole göre artırmıştır. Yılmaz (2005) buğday kepeğinin düşük yağlı köftelere eklenmesinin köftelerin sarılık değerlerini artırdığını rapor etmişlerdir.

Literatürde çeşitli et ürünlerinde farklı yağ ikamelerinin kullanımının ürünlerin renklerini etkilediklerini (Claus ve Hunt, 1991; Fernández-Ginés ve ark., 2003; Grigelmo-Miguel ve ark., 1999) ve bazı çalışmalarda ise etkilemediklerini bulmuşlardır (Hughes ve ark., 1997; Mansour ve Khalil, 1997).

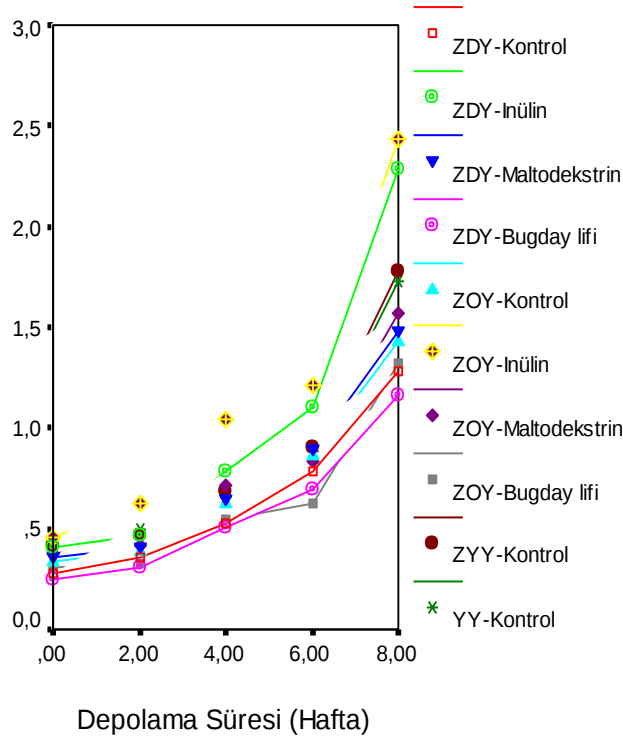
Sucuklara zeytin yağı ilave edilmesinin sucukların parlaklık, kırmızılık ve sarılık değerleri üzerindeki etkisi istatistiksel açıdan ($p<0,05$) önemli bulunmamıştır. Bunun zeytin yağının çok düşük miktarlarda ilave edilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Muguerza ve ark. (2002) fermente sucukların domuz sırt yağının % 20'sinin zeytin yağı ile ikame edilmesinin zeytin yağsız kontrol sucuklarla karşılaştırıldığında daha parlak ve sarı olduklarını rapor etmişlerdir.

İnülin ilave edilen orta yağlı sucuklar ile maltodekstrin ve buğday lifi ilave edilen düşük yağlı sucukların parlaklığı yüksek yağlı sucuklara benzer çıkmıştır. Yağ

seviyesine bakılmaksızın maltodekstrin ilave edilmiş sucuklar ile inülin ilave edilmiş orta yağlı sucukların sarılık değerleri yüksek yağlı sucuklara benzer çıkmıştır.

4.7. TBA Analizi

TBA analizi et ve et ürünlerinde lipit oksidasyonunu ölçmek için sıkça kullanılmaktadır (Crackel ve ark., 1988; Gomes et al., 2003; Fernández et al., 1997; Ulu, 2004; Rhee, 1996). Tablo 4.8’de farklı yağ seviyelerinin ve farklı yağ ikamelerinin ilave edilmesinin 8 haftalık depolama süresi boyunca sucukların TBA değerleri üzerine etkileri gösterilmiştir. Hem depolama süresinin hem de sucuk formülasyonları arasındaki farklılıkların sucukların TBA değerleri üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur. Ayrıca depolama süresi ile sucuk formülasyonlarının birbirleriyle olan etkileşimleri de istatistiksel olarak ($p<0,05$) önemli olup etkileşim grafiği Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Sonuçlar Tablo A.9’da gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Sucuk formülasyonları arasındaki farklılıklar ile depolama süresinin sucukların TBA değerleri üzerine etkisi

Sucukların yağ miktarlarının artması sucukların lipit oksidasyonunu tetiklemiştir. Yüksek yağlı sucukların TBA değerleri düşük yağlılara göre daha fazla olduğu gözlenmiştir (Tablo A.10). Yağ ikamesi ilave edilmemiş kontrol sucuk örneklerinde

yağ miktarlarıyla TBA değerleri arasındaki korelasyon ($r=0,79$) istatistiksel açıdan ($p<0,01$) önemli bulunmuştur. Benzer sonuçları Estévez ve ark. (2005) farklı yağ seviyelerinde ürettikleri karaciğer köftelerinde yağ seviyelerinin azalmasıyla TBA değerlerinde azalma meydana geldiğini ve yağ seviyesi ile lipit oksidasyon arasında korelasyon katsayısını $r=0,52$ olarak ($p<0,05$) bulmuşlardır.

Sekiz haftalık depolama süresince depolama süresi arttıkça sucukların TBA değerlerinde artışlar istatistiksel olarak ($p<0,05$) önemli bulunmuş ve Duncan testi sonuçları Tablo A.11’de verilmiştir.

Tablo 4.8. Farklı yağ seviyelerinin ve farklı yağ ikamelerinin ilave edilmesinin sucukların TBA değerleri üzerine etkileri

Örnek	Sucuk Hamuru	2. Hafta	4.Hafta	6.Hafta	8.Hafta
DY-Kontrol	0,28±0,04	0,36±0,03	0,53±0,04	0,78±0,06	1,28±0,08
DY-İnülin	0,41±0,03	0,47±0,03	0,78±0,03	1,1±0,06	2,28±0,13
DY-Maltodekstrin	0,36±0,04	0,40±0,03	0,65±0,06	0,89±0,08	1,48±0,19
DY-Buğday lifi	0,25±0,04	0,31±0,04	0,51±0,05	0,69±0,09	1,16±0,04
OY-Kontrol	0,34±0,03	0,39±0,04	0,63±0,04	0,86±0,04	1,43±0,09
OY-İnülin	0,46±0,04	0,63±0,04	1,04±0,14	1,21±0,12	2,44±0,10
OY-Maltodekstrin	0,38±0,08	0,42±0,06	0,72±0,03	0,83±0,09	1,57± 0,13
OY-Buğday lifi	0,31±0,04	0,33±0,05	0,55±0,04	0,63±0,06	1,32±0,13
ZYY-Kontrol	0,42±0,05	0,50±0,03	0,69±0,03	0,90 ±0,05	1,78±0,11
YY-Kontrol	0,41±0,05	0,47±0,06	0,66±0,07	0,88±0,07	1,73±0,10

Erkmen ve Bozkurt (2004) Türkiye’de satılan sucukları incelemişler ve fabrikada üretilen sucukların TBA değerlerini 0,51-2,11 mg/kg ve kasaplarda üretilenlerin ise 0.65-3.34 mg/kg arasında değiştiğini bulmuşlardır. İşlenmiş et ürünlerinde TBA değerinin 1’den büyük olması lipit oksidasyonun başladığını göstermektedir (Paneras ve Bloukas, 1994).

Zeytin yağı ilave edilmesi sucukların TBA değerlerinde çok az artışa sebep olmuş ve bu artış istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur ($p<0,05$). St. John ve ark. (1986) yaptıkları çalışmada frankfurterlerin TBA değerlerine ne ürünlerdeki yağ miktarının (% 22, % 30) ne de ürünlerdeki bitkisel yağ (kanola yağı) oranının (% 10 ve % 20) etkisinin gözlenmediğini belirtmişlerdir. Kayaardı ve Gök (2003) ise fermente sucuklarda sığır yağının kısmen zeytin yağı ile ikame edilmesinin lipid oksidasyonuna olan duyarlılığı artırdığını ve formülasyona eklenen zeytin yağı miktarındaki artışa bağlı olarak sucukların TBA değerlerinde artış meydana geldiğini rapor etmişlerdir.

Bir çok çalışmada farklı buğday türlerinin ve buğday içeren gıdaların antioksidan aktivite gösterdiği bildirilmiştir (Yu et al., 2005; Hall, 2001; Esposito et al., 2005). Buğday kepeği antioksidan diyet lifi olup, vanilik, *p*-kumarik ve ferulik asit gibi bir çok fenolik madde içermektedir (Yuan ve ark., 2005; Kim et al., 2005). Buğday lifi katkılı sucukların TBA değerlerinin kontrol sucuklardan daha düşük olması, buğday lifinin antioksidan özellik göstermesinden kaynaklandığı şeklinde yorumlanabilir. İnülin içeren sucuk örnekleri 8. hafta sonunda maksimum TBA değerine ulaşmıştır.

Literatür taraması sonucunda sadece bir çalışmada diyet lifinin (portakal lifi) sosislere eklenmesinin sosislerin TBA değerleri üzerine etkileri incelenmiştir. Lif ilave edilmeden üretilen kontrol sosislerin TBA değerleri portakal lifli sucuklara göre daha fazla olduğu bulunmuştur. Bunun sebebi ise lifte polifenol, karoten ve flavonoid gibi antioksidan özellikte bileşiklerin bulunması şeklinde açıklanmıştır (Fernández-López ve ark., 2004).

4.8. Tekstür Analizi

Yağın azaltılmasının ve yağ ikamelerinin eklenmesinin sucukların tekstürel özellikleri üzerine etkileri Tablo 4.9'da gösterilmiştir. Sucukların yağ miktarlarının değiştirilmesinin dokusal özellikleri üzerine etkileri istatistiksel açıdan ($p<0,05$) önemli bulunmuştur. Yağ miktarının azalması önemli derecede ($p<0,05$) sertlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerlerinde artışa, elastiklik, iç ve dış yapışkanlık değerlerinde azalmaya ($p<0,05$) sebep olmuştur (Tablo A.12). Mendoza ve ark. (2001) farklı yağ seviyelerinde üretilen fermente sucuklarda benzer sonuçlar bulmuşlardır.

Tablo 4.9. Yağın azaltılmasının ve yağ ikamelerinin eklenmesinin sucukların tekstürel özellikleri üzerine etkileri

Örnek	Sertlik (N/cm ²)	Elastiklik (cm)	Dış Yapışkanlık	İç Yapışkanlık	Sakızimsılık (N/cm ²)	Çiğnenebilirlik
ZDY-Kontrol	39,02±1,81 ^a	0,51±0,02 ^e	-0,45±0,05 ^{ef}	0,53±0,03 ^{cde}	20,64±1,74 ^a	10,56±0,78 ^b
ZDY-İnülin	37,87±0,96 ^a	0,61±0,04 ^d	-0,61±0,09 ^{cd}	0,52±0,02 ^{de}	19,74±0,89 ^a	12,10±1,16 ^a
ZDY-Maltodekstrin	22,61±0,93 ^d	0,64±0,04 ^{cd}	-0,64±0,19 ^c	0,56±0,03 ^{bc}	12,63±0,75 ^c	8,09±0,66 ^d
ZDY-Buğday lifi	27,56±1,30 ^b	0,66±0,04 ^c	-0,41±0,04 ^f	0,55±0,03 ^{bcd}	15,14±0,80 ^b	9,98±0,68 ^{bc}
ZOY-Kontrol	26,58±1,36 ^{bc}	0,65±0,03 ^{cd}	-0,68±0,12 ^c	0,57±0,04 ^{ab}	15,16±0,92 ^b	9,81±0,92 ^{bc}
ZOY-İnülin	15,18±0,67 ^e	0,72±0,05 ^b	-0,98±0,05 ^a	0,53±0,03 ^{cde}	8,05±0,69 ^e	5,77±0,53 ^e
ZOY-Maltodekstrin	22,44±1,54 ^d	0,68±0,04 ^c	-0,96±0,11 ^a	0,52±0,04 ^{de}	11,63±0,75 ^d	7,87±0,68 ^d
ZOY-Buğday lifi	25,56±1,49 ^c	0,71±0,04 ^b	-0,54±0,06 ^{de}	0,50±0,01 ^e	12,84±0,71 ^c	9,18±0,86 ^c
ZYY-Kontrol	21,16±1,57 ^d	0,73±0,04 ^b	-0,82±0,03 ^b	0,60±0,03 ^a	12,70±1,12 ^c	9,23±1,07 ^c
YY-Kontrol	21,77±1,32 ^d	0,77±0,03 ^a	-0,84±0,03 ^b	0,58±0,02 ^{ab}	12,67±0,87 ^c	9,77±0,61 ^{bc}

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

Yağ ikamesi ilave edilmemiş kontrol sucuk numuneleri karşılaştırıldığında sucukların yağ miktarları ve sertlikleri birbirleriyle negatif korelasyon (r:-0,89; p<0,01) bulunmuştur. Yüksek miktarda yağ, sucuk dokusunu yumuşatmıştır. Bir çalışmada da sosislerinde yağ ile sertlik arasında yüksek korelasyon (r=-0,86; p<0,05) bulunmuştur (Gregg ve ark., 1993). Başka çalışmalarda ise yağın suyla ikame edilerek protein miktarlarının sabit tutulduğu sosislerde, yağ miktarının azalmasının sosislerin sertliğini azalttığı (Cáceres ve ark., 2004; Pietrasik ve Duda, 2000) veya değiştirmedeği (Mittal ve Barbut, 1993) rapor edilmiştir.

İnülin, maltodekstrin ve buğday liflerinin farklı yağ seviyelerindeki sucuk örneklerine ilavesi, bazı doku özelliklerini farklı şekillerde etkiledikleri görülmüştür. Düşük ve orta yağlı sucuklara inülin, maltodekstrin veya buğday lifinin eklenmesi sucukları daha elastik yapmışlardır.

Sucuklara maltodekstrin eklenmesi yağ seviyesine bakılmaksızın sucukların sertliklerinde meydana gelen azalma istatistiksel olarak (p<0,05) önemlidir. Bu, literatürde maltodekstrinin et parçacıkları arasındaki bağlanmayı azaltmasından kaynaklanabildiği şeklinde açıklanmaktadır (Crehan ve ark., 2000). Sucuklara

maltodekstrin ilave edilmesi düşük ve orta yağlı sucukların çiğnenebilirlik ve sakızimsılık değerlerini düşürürken dış yapışkanlık değerlerini artırmıştır. Maltodekstrinin sucukların iç yapışkanlığına etkisi sucuktaki yağ miktarına bağlıdır. Düşük yağlı sucuklara maltodekstrin eklenmesi iç yapışkanlığı artırırken orta yağlı sucuklarda ise düşürmüştür ($p<0,05$).

Sucuklara buğday lifinin eklenmesi yağ seviyesine bakılmaksızın sertliği, sakızimsılık, çiğnenebilirlik değerlerini ve dış yapışkanlık değerlerini azaltmıştır ($p<0,05$). Orta yağlı sucuklara buğday lifi eklenmesi iç yapışkanlık değerlerini azaltırken, düşük yağlı sucuklarda ise artırmıştır ($p<0,05$). Garcia ve ark. (2002) % 1,5 buğday lifi ilave edilen sucuklarda benzer iç yapışkanlık sonuçları elde etmişlerdir.

İnülin düşük yağlı sucukların sertliği ve sakızimsılık değerlerine etki etmezken orta yağlı sucuklarda inülinin eklenmesi sucukların sertlik ve sakızimsılık değerlerini düşürmüştür ($p<0,05$). İnülin yağ seviyesine bakılmaksızın dış yapışkanlığı artırırken iç yapışkanlığı düşürmüşlerdir. İnülinin düşük yağlı sucuklara eklenmesi çiğnenebilirliği artırmış, orta yağlılarda ise çiğnenebilirliği düşürmüştür.

Zeytin yağı ilavesi sucuk dokusunu biraz yumuşatmasına rağmen istatistiksel açıdan bir fark yaratmamıştır ($p<0,05$). Muguerza ve ark. (2002) ise % 20 zeytin yağı ilavesinin sucukların sertliklerini etkilemediklerini rapor etmişlerdir.

Duncan testi sonuçlarına göre, yağ seviyesine bakılmaksızın maltodekstrin ilave edilmiş sucukların sertlikleri yüksek yağlı kontrol sucuklara benzer çıkmıştır. Orta yağlı inülin ve buğday lifi ilave edilmiş sucukların elastiklik değerleri yüksek yağlı kontrol sucuklara benzer çıkmıştır. Orta yağlı buğday lifli sucukların sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri ile düşük yağlı maltodekstrinli sucukların sakızimsılık değerleri yüksek yağlı kontrol sucuklara benzer çıkmıştır.

4.8.1. Penetrasyon

Farklı yağ seviyelerinin ve yağ ikamelerinin eklenmesinin sucukların penetrasyona olan tepki kuvvetleri üzerine etkileri Tablo 4.10'da gösterilmiştir. Sucukların yağ miktarı azaldıkça penetrasyona olan tepki kuvvetlerinde meydana gelen artış istatistiksel açıdan ($p<0,05$) önemli bulunmuştur (Tablo A.13). Penetrasyon ile sertlik arasındaki korelasyon ($r=0,79$) $p<0,01$ düzeyinde istatistiksel açıdan önemli

bulunmuştur. Grigelmo-Miguel (1999) frankfurterlerde penetrasyon ile sertlik arasındaki korelasyon katsayısını $r=0,66$ olarak ($p<0,01$) bulmuşlar.

Yağ ikamelerinin ilave edilmesinin sucukların penetrasyona olan tepki kuvvetlerine etkisi istatistiksel açıdan ($p<0,05$) önemli bulunmuştur. İnülin, buğday lifi ve maltodekstrin ile formüle edilen sucukların penetrasyona olan tepki kuvvetleri yağ ikameleri ilave edilmemiş kontrol sucuklara göre daha azdır. Zeytin yağı ilave edilmesi de sucuğun penetrasyona olan tepki kuvvetinin azalmasına neden olmuş ve bu azalma istatistiksel olarak ($p<0,05$) önemli bulunmuştur.

Orta yağlı maltodekstrin ilave edilmiş sucukların penetrasyona olan tepki kuvvetleri yüksek yağlı sucuklara benzer çıkmıştır.

Tablo 4.10. Farklı yağ seviyelerinin ve yağ ikamelerinin eklenmesinin sucukların penetrasyona olan tepki kuvvetleri üzerine etkileri

Örnek	Penetrasyon (N)
ZDY Kontrol	5,24±0,91 ^a
ZDY-İnülin	4,30±0,38 ^b
ZDY-Maltodekstrin	3,43±0,65 ^c
ZDY-Buğday lifi	3,55±0,68 ^c
ZOY-Kontrol	3,15±0,40 ^{cd}
ZOY-İnülin	2,19±0,76 ^g
ZOY-Maltodekstrin	2,55±0,46 ^{ef}
ZOY-Buğday lifi	3,08±0,44 ^{cde}
ZYY-Kontrol	2,57±0,21 ^{ef}
YY-Kontrol	2,74±0,29 ^{de}

Aynı sütundaki aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farksızdır ($p<0,05$).

4.9. Duyusal Analiz

Sucukta yağın azaltılmasının sucuğun duyusal özellikleri üzerine etkileri Tablo 4.11’de gösterilmiştir. Sucukların yağ miktarı azaldıkça tipik sucuk renginden farklılaşma söz konusudur (Tablo A.14). Sucukların yağ miktarı azaldıkça duyusal analiz sonucunda elde edilen yağlılık değerlerinin beklenene uygun olarak azaldığı

($P<0,05$) gözlenmiştir. Panelistler, farklı yağ seviyelerinde üretilen sucuklar arasında farklı bir tat algılamamışlardır. Yağın azaltılması sucuklardaki sıklık değerlerinde artışa ve çiğnenebilirlik değerlerinde azalmaya neden olmuştur ($P<0,05$).

Troutt ve ark. (1992b) köftelerde yaptıkları duyusal analizde yağ miktarının azalmasıyla köftelerin daha sıkı bir yapı kazandıklarını ve yağlılık hissinde azalma meydana geldiğini bulmuşlardır. Yağın suyla ikame edildiği bir çalışma ise, formülasyona eklenen su miktarının artmasıyla düşük yağlı frankfurterin duyusal analiz sonuçlarında bu çalışmada bulunanların tersi yönünde sonuçlar elde edilmiştir (Mittal ve Barbut, 1994).

Duyusal analizdeki yağlılık hissi ile bileşen analizinde deneysel olarak bulunan yağ miktarı ile aralarındaki korelasyon ($r=0,69$) istatistiksel açıdan $p<0,01$ düzeyinde önemli bulunmuş, sucuklarda yağ miktarı arttıkça yağlılık hissinde artış meydana gelmiştir.

Tablo 4.11. Sucukta yağın azaltılmasının sucuğun duyusal özellikleri üzerine etkileri

Örnek	Renk	Sıklık	Çiğnenebilirlik değeri	Yağlılık	Farklı Tat	Genel Beğenirlik
ZDY-Kontrol	5,93±0,99 ^a	6,08±0,94 ^a	4,65±1,17 ^c	3,82±1,08 ^c	0,18±0,50 ^a	4,73±1,22 ^c
ZOY-Kontrol	5,35±0,74 ^b	5,33±0,82 ^b	5,48±0,98 ^b	4,95±0,78 ^b	0,33±0,66 ^a	6,75±0,95 ^a
ZYY-Kontrol	4,90±0,98 ^c	4,43±1,24 ^c	6,13±1,18 ^a	6,18±1,03 ^a	0,35±0,58 ^a	5,45±0,81 ^b
YY-Kontrol	4,73±1,28 ^c	4,58±0,98 ^c	5,85±1,03 ^{ab}	6,33±1,16 ^a	0,43±0,59 ^a	5,13±0,88 ^{bc}

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

Duyusal analize katılan panelistler pişmiş düşük yağlı sucukları çok sert ve kuru bulduklarını bildirmişlerdir. Yağlar, lezzet bileşenlerinin yoğunluğunu ve lezzetin açığa çıkmasını ve lezzet bileşenlerin yayılımını etkileyerek lezzet bileşenlerinin algılanışını etkilemektedirler (Garcia ve ark., 2002; Hughes ve ark., 1997; Jones, 1996). Tüm formülasyonlara aynı miktarda tuz, baharat konulmasına rağmen, düşük yağlı sucuklar panelistler tarafından daha baharatlı ve tuzlu olarak algılandıklarından düşük yağlı sucukların genel beğenirlik değerleri düşük çıkmıştır. Yağın azaltılmasıyla tuz ve baharat lezzetlerinde artışa sebep olmakta ve bu da yağların

lezzetin algılanmasında tampon etki gösterdiğini açıklamaktadır (Mendoza ve ark., 2001; Serdaroğlu, 2005).

En fazla beğenilen sucuk örnekleri beklenilenden farklı olarak orta yağlı sucuklar olmuşlardır. Bunun nedeni de son yıllarda, halkımızın damak tadının değiştiğinin ve sağlık nedeniyle daha az yağlı ürünleri tercih ettiklerinden dolayı düşük yağlı ürün tadına alıştıklarının göstergesi olarak düşünülebilir.

Panel sonuçlarına göre, bileşen analizinde deneysel olarak bulunan yağ miktarı ile sıklık değerleri arasındaki ters korelasyon ($r = -0,57$) istatistiksel açıdan $p < 0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Bu, sucuğun yağ miktarı azaldıkça dokusunun sıklaştığını göstermektedir. Sucuk dokusu sıkılaştıkça sucuğunu ısırarak ve çiğnemek için daha fazla güç gerekmektedir. Paneras ve Bloukas (1994) tarafından da frankfurterlerde benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bloukas ve Paneras (1993) düşük yağlı frankfurterlerde protein miktarları arttıkça sıklık değerlerinde artış meydana geldiğini rapor etmişlerdir. Et ürünlerinde yağ miktarı azaldıkça ürünlerin daha sıkı ve daha az sulu olduğu bir çok çalışmada da belirtilmiştir (Yılmaz, 2005; Hughes ve ark., 1998; Troutt ve ark., 1992b; Estévez ve ark., 2005).

Tablo 4.12’de düşük yağlı sucuklara yağ ikamelerinin eklenmesinin sucukların duyusal özellikleri üzerine etkileri gösterilmiştir. Yağ, lezzet bileşenlerinin ürün içinde tutulmasında ve ürünün tüketimi sırasında da bu bileşenlerin ağızda uygun bir şekilde açığa çıkmasında etkili bir faktördür. Bu nedenle, ideal yağ ikameleri gıda matrisinde lezzet bileşenleri tutmalı ve normal yağlılara benzer şekilde açığa çıkmalarını sağlamalıdır (Hughes ve ark., 1998). Yağ ikamelerinin eklenmesi pişmiş sucukların renklerinde panelistlerin algılayabileceği düzeyde bir fark ($p < 0,05$) yaratmamıştır (Tablo A.15).

Tablo 4.12. Düşük yağlı sucuklara yağ ikamelerinin eklenmesinin sucukların duyusal özellikleri üzerine etkileri

Örnek	Renk	Sıklık	Çiğnenebilirlik değeri	Yağlılık	Farklı Tat	Genel Beğenirlik
ZDY-Kontrol	5,25±1,01 ^a	5,65±0,92 ^a	4,25±1,31 ^c	3,70±0,97 ^c	0,38±0,54 ^a	4,25±0,96 ^c
ZDY-İnülin	4,83±0,81 ^a	5,20±0,94 ^a	5,15±1,33 ^{ab}	5,30±0,86 ^a	0,75±0,90 ^a	4,95±1,38 ^{bc}
ZDY-Maltodekstrin	4,78±0,80 ^a	4,40±0,87 ^b	5,50±1,18 ^b	4,55±1,14 ^b	0,45±0,50 ^a	5,50±1,04 ^{ab}
ZDY-Buğday lifi	4,85±1,03 ^a	4,55±1,09 ^b	6,00±1,21 ^c	4,85±1,08 ^{ab}	0,6±0,99 ^a	5,95±1,09 ^a

Aynı sütundaki aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

Çiğnenebilirlik değerleri yağ ikamelerinin eklenmesiyle artmış ve çiğnenebilirliği en fazla artıran buğday lifli sucuk olmuştur. Yağlılık hissini en fazla artıran inülin ilave edilmiş sucuklardır. İnülin eklenmesi sucukların sıklık değerlerini etkilemezken buğday lifi ve maltodekstrin ilavesi sucukların sıklık skorlarını düşürmüştür.

Troutt ve ark. (1992a) % 5 ve % 10 yağlı kıymalara polidekstroz, patates nişastası ile yulaf lifinin eklenmesinin kıymaların sıklık değerlerini düşürdüğünü bulmuşlardır. Fakat, Morin ve ark. (2002) su ilave edilerek üretilen düşük yağlı sosislerde buğday kepeği, yulaf kepeği, karagenan, peynir altı suyu proteinin eklenmesinin sosislerin sıklık değerlerini arttırdığı sonucuna varmışlardır. Bunun sebebi ise su içeren örneklerin dokularının çok yumuşak olmalarından kaynaklanmaktadır. Fakat, yüksek miktarlarda su eklenerek üretilen düşük yağlı et ürünlerinde uygun yağ ikamesi ürün sıklığını artırmalıdır. Genel beğenirlik açısından buğday lifi içeren sucuklar en yüksek skoru almışlardır.

Orta yağlı sucuklara yağ ikamelerinin eklenmesinin sucukların duyusal özellikleri üzerine etkileri Tablo 4.13'de gösterilmiştir. Panelistler pişmiş sucukların renkleri arasında bir fark bulamamışlardır (Tablo A.16). Sıklık skorları yağ ikameleri eklenmesiyle azalmış ve sıklığı en fazla azaltan inülin ilave edilmiş sucuk örnekleri olmuştur. Yağlılık hissini en fazla artıran inülin ilave edilmiş sucuklar olup genel beğenirlik açısından maltodekstrin ilave edilmiş sucuklar en fazla beğenilmiştir.

Tablo 4.13. Orta yağlı sucuklara yağ ikamelerinin eklenmesinin sucukların duyuasal özellikleri üzerine etkileri

Örnek	Renk	Sıklık	Çiğnenebilirlik	Yağlılık	Farklı Tat	Genel Beğenirlik
ZOY Kontrol	4,13±0,61 ^a	5,38±1,05 ^a	4,88±1,07 ^c	4,45±0,87 ^c	0,55±0,99 ^a	4,58 ± 1,53 ^d
ZOY-İnülin	4,23±0,83 ^a	4,38±1,17 ^c	5,43±1,24 ^b	5,55±1,10 ^a	1,00±0,71 ^a	5,05± 1,01 ^c
ZOY-Maltodekstrin	4,08±1,05 ^a	4,70±0,72 ^{bc}	5,33±1,07 ^{bc}	4,95±1,22 ^b	0,63±1,03 ^a	6,48±1,10 ^a
ZOY-Buğday lifi	3,95±0,85 ^a	4,85±1,03 ^b	6,10±1,19 ^a	4,65±0,92 ^{bc}	0,65±1,21 ^a	5,95± 1,06 ^b

Aynı sütundaki aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

Panel sonuçlarına göre, yağ seviyesine bakılmaksızın inülin içeren sucuklar en düşük genel beğenirlik skorlarını almışlardır. Panelistler yağ ikamesi ilave edilen sucuk örneklerinde yabancı tat algılamamışlardır. Bu da, sucuk örneklerindeki güçlü baharat lezzeti maltodekstrin, inülin veya buğday lifinin ürünlerdeki lezzetlerini maskeleyen ve maltodekstrin, inülin veya buğday lifinin doğal tatlarından kaynaklanmış olabilmektedir.

4.10. Kolesterol Analizi

Yağ ikameleri eklenmeden üretilen kontrol sucuklar ile düşük yağlı buğday lifli sucukların kolesterol analizi sonuçları Tablo 4.14’de verilmiştir. Sucuklarda yağın azaltılmasıyla kolesterol miktarlarında meydana gelen azalma istatistiksel açıdan (p<0.05) önemli bulunmuştur (Tablo A.17). Sucukların yağ seviyeleri ile kolesterol miktarları arasındaki korelasyon (r= 0,96) istatistiksel açıdan p<0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur. Mansour ve Khalil (1997) kuru bazda köftelerin yağ seviyeleri ile kolesterol arasında pozitif korelasyon (r= 0,93; p<0,01) bulmuşlardır.

Yüksek yağlı sucukların kolesterol miktarı kuru bazda 188,72 mg/100 g olarak bulunmuştur. Kayaardı ve Gök (2003) normal yağlı sucukların kolesterol miktarını kuru bazda 176 mg/100 g olarak bulmuşlardır. Kuru bazda sucukların kolesterol miktarı yüksek yağlı sucuklara göre % 14-23 arasında azalmıştır. Sucuklara buğday lifi ilavesiyle sucukların kolesterol miktarlarında meydana gelen azalma istatistiksel açıdan önemli (p<0,05) bulunmuştur. Cengiz ve Gökoğlu (2005) ise turuncgil lifi ve soya proteini eklenen köftelerde kolesterol miktarlarında azalma meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Tablo 4.14. Yağ ikameleri eklenmeden üretilen kontrol sucuklar ile düşük yağlı buğday lifli sucukların kolesterol miktarları

	Kolesterol (mg/100 g)	Kolesterolde azalma (%)
ZDY-Kontrol	150, 12±5.56 ^c	20,45
ZDY-Buğday lifi	144,27±2,88 ^d	23,55
ZOY-Kontrol	162,50±5,23 ^b	13,89
ZYY-Kontrol	183,16±1,71 ^a	2,95
YY-Kontrol	188,72±1,34 ^a	-

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

Hayvansal yağ yerine zeytin yağı kullanımı, sucuktaki kolesterol miktarının azalmasına neden olmuş fakat çok az miktarlarda eklendiğinden istatistiksel açıdan önemli bir fark yaratmamıştır (p<0,05).

5. SONUÇ

Sucuk çok sevilen bir et ürünümüz olmasıyla birlikte doymuş hayvansal yağ içeriğinin yüksek olması nedeniyle yüksek kolesterol ve kalp-damar hastalıkları açısından risk taşımaktadır.

Bu çalışmada geleneksel bir ürünümüz olan sucuğun doymuş hayvansal yağ miktarını azaltarak, yağın karbonhidrat bazlı bazı ingrediyelelerle ikame edilmesi ve bunun da ötesinde diyet lifi ile zenginleştirilerek sucuğun doku, lezzet gibi bazı özelliklerini koruyarak sağlık açısından daha faydalı fonksiyonel bir ürün haline getirilmesi amaçlanmıştır.

Sonuç olarak, geleneksel Türk sucuğuna göre yağ % 22-42, kolesterolü % 13-24 azaltılmış sucuklar başarıyla üretilmiştir. Yağın azaltılması sucukların pişme ve ağırlık kayıplarında, TBA değerlerinde, renk, doku ve duyusal özelliklerinde önemli değişikliklere neden olmuştur.

İnülin, maltodekstrin ve buğday lifi düşük ve orta yağlı sucukların bazı kalite parametrelerini iyileştirmiştir. Sucuklara maltodekstrin ve inülin ilave edilmesi sucukların pişme ve ağırlık kayıplarını azaltarak ve sucuğun bazı dokusal ve duyusal özellikleri koruyarak yağın azaltılmasıyla meydana gelen bazı değişiklikleri önlemektedirler. Ağırlık ve pişme kayıplarını en fazla azaltan buğday lifi ilave edilmiş sucuklar olmuşturlardır. Duyusal analiz sonuçlarına göre, buğday lifi ilave edilmiş düşük yağlı sucuklar ile maltodekstrin ilave edilmiş orta yağlı sucuklar en fazla beğenilmiştir.

Sucuklara maltodekstrin, buğday lifi veya inülin eklenmesi, sucukların laktik asit bakteri sayılarını, pH ve su aktivite değerlerini etkilememiştir. Buğday lifi içeren sucukların TBA değerlerinin en düşük olması, buğday lifinin antioksidan etki yaptığını düşündürmüştür.

Doku analizi sonuçlarına göre, yağ seviyesine bakılmaksızın maltodekstrin ilave edilmiş sucukların sertlikleri yüksek yağlı kontrol sucuklara benzer çıkmıştır. Orta yağlı inülin ve buğday lifi ilave edilmiş sucukların elastiklik değerleri yüksek yağlı kontrol sucuklara benzer çıkmıştır. Orta yağlı buğday lifli sucukların sakızimsılık ve

ığnenebilirlik değerleri ile düşük yağlı maltodekstrinli sucukların sakızımsılık değerleri yüksek yağlı kontrol sucuklara benzer çıkmıştır

Renk analizi sonuçlarına göre, inülin ilave edilen orta yağlı sucuklar ile maltodekstrin ve buğday lifi ilave edilen düşük yağlı sucukların parlaklığı yüksek yağlı sucuklara benzer çıkmıştır. Yağ seviyesine bakılmaksızın maltodekstrin ilave edilmiş sucuklar ile inülin ilave edilmiş orta yağlı sucukların sarılık değerleri yüksek yağlı sucuklara benzer çıkmıştır.

Maltodekstrin, buğday lifi ve inülinin çeşitli dokuyu iyileştirici özellikte yağ ikameleriyle kombinasyonu ile sucukların organoleptik özellikleri daha da artırılabilir. Sucuğa uygun ideal yağ ikamesini bulmak için bu alanda daha fazla çalışma yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Ada**, 2005. Position of the American Dietetic Association: Fat replacers, *Journal of the American Dietetic Association*, 105, 266-275.
- Akoh, C.C.**, 1998. Fat replacers, *Food Technology*, 52 (3), 47-53.
- Aksu, M.İ. and Kaya, M.**, 2004. Effect of usage *Urtica dioica* L. on microbiological properties of sucuk, a Turkish dry-fermented sausage, *Food Control*, 15 (8), 591-595.
- Aksu, M.İ.**, 2003. Türk sucuğu üretiminde *Urtica dioica* L. (Isırgan Otu) kullanımının sucuğun kalitesi üzerine etkisi, *Turk J Vet Animal Science*, 27 (2003), 685-693.
- Aleson-Carbonell, L., Fernandez-Lopez, J., Perez-Alvarez, J.A. ve Kuri, V.**, 2005. Characteristics of beef burger as influenced by various types of lemon albedo, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 6 (2), 247-255.
- Anon**, 2005. Vitacel wheat fiber, Technical information, Vitacel, J. Rettenmaier & Söhne, Almanya.
- Anon.**, 1990. Fat substitute update, *Food Technology*, 44 (3), 92-97.
- AOAC**, 1990. Meat and meat products, Ch. 39, in *Official Methods of Analysis*, PP. 931-937, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Virginia, USA.
- Armisen, R. and Galatas, F.**, 2000. Agar, in *Handbook of Hydrocolloids*, pp. 21-38, Eds. Philips, G.O and Williams, P.A., CRC Press, Cambridge.
- Biesalski, H.-K.**, 2005. Meat as a component of a healthy diet-are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet?, *Meat Science*, 70 (2005), 509-524.
- Bloukas, J.G. and Paneras, E.D.**, 1993. Substituting olive oil for pork backfat affects quality of low-fat frankfurters, *Journal of Food Science*, 58 (4), 705-709.
- Bloukas, J.G., Paneras, E.D. and Fournitzis, G.C.**, 1997. Effect of replacing pork backfat with olive oil on processing and quality characteristics of fermented sausages, *Meat Science*, 45 (2), 133-144.
- Borderías, A.J., Sánchez-Alonso, I. and Pérez-Mateos, M.**, 2005. New applications of fibers in foods: addition to fishery products, *Trends in Food Science & Technology*, 16(10), 458-465.
- Bourne, M.C.**, 1978. Texture profile analysis, *Food Technology*, 32 (7), 62-66.
- Bozkurt, H. and Erkmén, O.**, 2002. Effects of starter cultures and additives on the quality of Turkish style sausage (sucuk), *Meat Science*, 61 (2002), 149-156.

- Cáceres, E., Garcia, M.L., Toro, J. and Selgas, M.D.,** 2004. The effect of fructooligosaccharides on the sensory characteristics of cooked sausages, *Meat Science*, 68, 87-96.
- Cammack, R., Joannou, C.L., Cui, X-Y., Martinez, C.T., Maraj, A.R. and Hughes, M.N.,** 1999. Nitrite and nitrosyl compounds in food preservation, *Biochimica et Biophysica Acta*, 1411 (1999), 475-488.
- Caplice, E. and Fitzgerald, G.F.,** 1999. Food fermentations: role of microorganisms in food production and preservation, *International Journal of Food Microbiology*, 50 (1999), 131-149.
- Carballo, J., Barreto, G. and Colmenero, F.J.,** 1995. Starch and egg white influence on properties of Bologna sausage as related to fat content, *Journal of Food Science*, 60 (4), 673-677.
- Cengiz, E. and Gökoğlu, N.,** 2005. Changes in energy and cholesterol contents of frankfurter-type sausages with fat reduction and fat replacer addition, *Food Chemistry*, 91 (3), 443-447.
- Chang, H-C and Carpenter, J.A.,** 1997. Optimizing quality of frankfurters containing oat bran and added water, *Journal of Food Science*, 62 (1), 194-197.
- Charalampopoulos, D., Wang, R., Pandiella, S.S. and Webb, C.,** 2002. Application of cereals and cereal components in functional foods: a review, *International Journal of Food Microbiology*, 79 (2002), 131-141.
- Chizzolini R., Zanardi, E., Dorigoni, V. and Ghidini, S.,** 1999. Calorific value and cholesterol content of normal and low-fat meat and meat products, *Trends in Food Science and Technology*, 10 (1999), 119-128.
- Cho, S.S. and Clark, C.,** 2001. Wheat Bran: Physiological Effects, in *Handbook of Dietary Fiber*, pp. 453-469, Eds. Cho, S.S. and Dreher, M.L., Marcel Dekker, Inc., New York.
- Chung, H.J. and Min, D.B.,** 2004. Developments in fat replacers, in *Functional Foods, Cardiovascular Disease and Diabetes*, pp.351-368, Ed. Arnoldi, A., CRC Press, Cambridge.
- Clarke, A.D.,** 1997. Reduction of cholesterol levels in meat, poultry and fish products, in *Production and Processing of Healthy Meat, Poultry and Fish Products*, pp.101-118, Eds. Pearson, A.M. and Dutson, T.R., Blackie Academic and Professional, London.
- Claus, J.R. and Hunt, M.C.,** 1991. Low-fat, high added-water bologna formulated with texture-modifying ingredients, *Journal of Food Science*, 56 (3), 643-647.
- Colmenero, E.J.,** 1996. Technologies for developing low-fat meat products, *Trends in Food Science & Technology*, 7 (2), 41-47.
- Colmenero, F.J.,** 2000. Relevant factors in strategies for fat reduction in meat products, *Trends in Food Science & Technology*, 11 (2000), 56-66.
- Colmenero, F.J., Carballo, J. ve Cofrades, S.,** 2001. Healthier meat and meat products: their role as functional foods, *Meat Science*, 59 (2001), 5-13.

- Coussement, P. and Franck, A.**, 2001. Inulin and Oligofructose, in *Handbook of Dietary Fiber*, pp.721-732, Eds. Cho, S.S. and Dreher, M.L., Marcel Dekker, Inc., New York.
- Crackel, R.L., Gray, J.I., Pearson, A.M., Booren, A.M. and Buckley, D.J.** 1988. Some further observations on the TBA test as an index of lipid oxidation, *Food Chemistry*, 28 (1988), 187-196.
- Crehan, C.M., Hughes, E., Troy, D.J. and Buckley, D.J.**, 2000. Effects of fat level and maltodextrin on the functional properties of frankfurters formulated with 5, 12 and 30 % fat, *Meat Science*, 55 (2000), 463-469.
- Dikeman, M.E.**, 1997. Reducing the fat content by production practices. in *Production and Processing of Healthy Meat, Poultry and Fish Products*, pp.150-183, Eds. Pearson, A.M. and Dutson, T.R., Blackie Academic and Professional, London.
- Dziezak, J.D.**, 1991. A focus on gums, *Food Technology*, 45 (3), 116-132.
- Egbert, W.R., Huffman, D.L., Chen, C. and Dylewski, D.P.**, 1991. Development of low-fat ground beef, *Food Technology*, 6, 64-73.
- Eilert, S.J. and Mandigo, R.W.**, 1997. Use of additives from plant and animal sources in production of low fat meat and poultry products, in *Production and Processing of Healthy Meat, Poultry and Fish Products*, pp. 210-222, Eds. Pearson, A.M. and Dutson, T.R., Blackie Academic and Professional, London.
- Erkmen, O. and Bozkurt, H.**, 2004. Quality characteristics of retailed sucuk (Turkish dry-fermented sausage), *Food Technol. Biotechnol.*, 42 (1), 63-69.
- Ertas, A.H.**, 1997. Az yağlı et ürünleri ve yağ ikame maddeleri, *Gıda*, 22 (5), 345-350.
- Esposito, F., Arlotti, G., Bonifati, A.M., Napolitano, A., Vitale, D. and Fogliano, V.**, 2005. Antioxidant activity and dietary fibre in durum wheat bran by-products, *Food Research International*, 38 (2005), 1167-1173.
- Estévez, M., Ventanas, S. and Cava, R.**, 2005. Physicochemical properties and oxidative stability of liver pâté as affected by fat content, *Food Chemistry*, 92 (2005), 449-457.
- Fernández, J., Pérez-Álvarez, J.A. and Fernández-López, J.A.**, 1997. Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat, *Food Chemistry*, 59(3), 345-353.
- Fernández, M., Ordóñez, J.A., Bruna, J.M., Herranz, B. and de la Hoz, L.**, 2000. Accelerated ripening of dry fermented sausages, *Trends in Food Science & Technology*, 11 (2000), 201-209.
- Fernandez, M.L.**, 2001. Pectin: composition, chemistry, physicochemical properties, food applications and physiological effects, in *Handbook of Dietary Fiber*, pp. 583-596, Eds. Cho, S.S. and Dreher, M.L., Marcel Dekker, Inc., New York.

- Fernández-Ginés, J.M., Fernández-López, J., Sayas-Barberá, E., Sendra, E. and Pérez-Alvarez, J.A.,** 2003. Effect of storage conditions on quality characteristics of bologna sausages made with citrus fiber, *Journal of Food Science*, 68 (2), 710-715.
- Fernández-López, J., Fernández-Ginés, J.M., Aleson-Carbonell, L., Sendra, E., Sayas-Barberá, E. and Pérez-Alvarez, J.A.,** 2004. Application of functional citrus by-products to meat products, *Trends in Food Science & Technology*, 15 (2004), 176-185.
- Garcia, M.L., Dominguez, R., Galvez, M.D., Casas, C. ve Selgas, M.D.,** 2002. Utilization of cereal and fruit fibres in low fat dry fermented sausages, *Meat Science*, 60, 227-236.
- Garcia, M.L., Selgas, M.D., Fernandez, M. and Ordóñez, J.A.,** 1992. Microorganisms and lipolysis in the ripening of dry fermented sausages, *International Journal of Food Science and Technology*, 27, 675-682.
- Gelabert, J., Gou, P., Guerrero, L. and Arnau, J.,** 2003. Effect of sodium chloride replacement on some characteristics of fermented sausages, *Meat Science*, 65 (2003), 833-839.
- Gelroth, J. and Ranhotra, G.S.,** 2001. Food Uses of Fiber, in *Handbook of Dietary Fiber*, pp. 439-445, Eds. Cho, S.S. and Dreher, M.L., Marcel Dekker, Inc., New York.
- Giese, J.,** 1992. Developing low-fat meat products, *Food Technology*, 46 (1-4), 100-107.
- Giese, J.,** 1994. Proteins as ingredients: types, functions, applications, *Food Technology*, 48 (10), 50-60.
- Giese, J.,** 1996a. Olestra: properties, regulatory concerns and applications, *Food Technology*, 46 (3), 130-131.
- Giese, J.,** 1996b. Fats, oils and fat replacers, *Food Technology*, 46(4), 78-83.
- Glicksman, M.,** 1991. Hydrocolloids and the search for the "oily grail", *Food Technology*, 10, 94-103.
- Gomes, H.A., Silva, E.N., Nascimento, M.R.L. and Fukuma, H.T.,** 2003. Evaluation of the 2-thiobarbituric acid method for the measurement of lipid oxidation in mechanically deboned gamma irradiated chicken meat, *Food Chemistry*, 80, 433-437.
- Gregg, L.L., Claus, J.R., Hackney, C.R. and Marriott, N.G.,** 1993. Low fat, high water bologna from massaged, minced batter, *Journal of Food Science*, 58 (2), 259-264.
- Griguelmo-Miguel, N., Abadías-Serós, M.I. and Martín-Belloso, O.,** 1999. Characterisation of low-fat high-dietary fibre frankfurters, *Meat Science*, 52 (1999), 247-256.
- Hall, C.,** 2001. Sources of natural antioxidants: oilseeds, nuts, cereals, legumes, animal products and microbial sources, in *Antioxidants in Food*, pp. 180-189, Eds. Pokorny, J., Yanishlieva, N. and Gordon, M., CRC Press, Cambridge.

- Hammes, W.P. and Hertel, C.,** 1998. New developments in meat starter culture, *Meat Science*, 49 (Suppl.1), 125-138.
- Hammes, W.P. and Knauf, H. J.,** 1994. Starters in the processing of meat products, *Meat Science*, 36 (1994), 155-168.
- Hammes, W.P., Haller, D. and Ganzle, M.G.,** 2003. Fermented meat, in *Handbook of Fermented Functional Foods*, pp. 251-275, Ed. E.R. Farnworth, E.R., CRC Press, Cambridge.
- Haralampu, S.G.,** 2000. Resistant starch- a review of the physical properties and biological impact of RS₃, *Carbohydrate Polymers*, 41, 285-292.
- Heperkan, D. ve Sözen, M.,** 1988. Fermente et ürünleri üretimi ve mikrobiyal proseslerin kaliteye etkisi, *Gıda*, 13 (5), 371-378.
- Higgs, J.D.,** 2000. The changing nature of red meat: 20 years of improving nutritional quality, *Food Science & Technology*, 11 (2000), 85-95.
- Hsu, S.Y. and Chung, H.,** 2001. Effects of k-carrageenan, salt, phosphates and fat on qualities of low fat emulsified meatballs, *Journal of Food Engineering*, 47 (2001), 115-121.
- Hugas, M. and Monfort, J.M.,** 1997. Bacterial starter cultures for meat fermentation, *Food Chemistry*, 59 (4), 547-554.
- Hughes, E., Cofrades, S. and Troy, D.J.,** 1997. Effects of fat level, oat fibre and carrageenan frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat, *Meat Science*, 45 (3), 273-281.
- Hughes, E., Mullen, A.M. and Troy, D.J.,** 1998. Effects of fat level, tapioca starch and whey protein on frankfurters formulated with 5% and 12% fat, *Meat Science*, 48 (1/2), 169-180.
- Iijima, H. and Takeo, K.,** 2000. Microcrystalline cellulose: an overview, in *Handbook of Hydrocolloids*, pp. 332-333, Eds. Philips, G.O. and Williams, P.A., CRC Press, Cambridge.
- Imeson, A.P.,** 2000. Carrageenan, in *Handbook of Hydrocolloids*, pp. 88-91, Eds. Philips, G.O and Williams, P.A., CRC Press, Cambridge.
- Incze, K.,** 1998. Dry fermented sausages, *Meat Science*, 49(Suppl. 1), 169-177.
- Johansson, L., Virkki, L., Maunu, S., Lehto, M., Ekholm, P. and Varo, P.,** 2000. Structural characterization of water-soluble β -glucan of oat bran, *Carbohydrate Polymers*, 42, 143-148.
- Jones, S.A.,** 1996. Issues in fat replacement, in *Handbook of Fat Replacers*, pp.3-26, Eds. Roller, S. and Jones, S.A., CRC Press, New York.
- Kayaardı, S and Gök, V.,** 2003. Effect of replacing beef fat with olive oil on quality characteristics of Turkish soudjouk (sucuk), *Meat Science*, 66 (2003), 249-257.
- Keeton, J.T.** 1994. Low-fat meat products-technological problems with processing, *Meat Science*, 36 (1994), 261-276.
- Kim, K-H., Tsao, R., Yang, R. and Cui, S.W.,** 2005. Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extracts and the effect of hydrolysis conditions, *Food Chemistry*, 95, 466-473.

- Kosmark, R.**, 1996. Salatrim: properties and applications, *Food Technology*, 4, 98-101.
- Leroy, F., Verluyten, J. and Vuyst, L.D.**, 2005. Functional meat starter cultures for improved sausage fermentation, *International Journal of Food Microbiology*, Article in press.
- Lijinsky, W.**, 1999. N-Nitroso compounds in the diet, *Mutation Research*, 443 (1999), 129-138.
- Linden, G. and Lorient, D.**, 1999. New ingredients in food processing, Woodhead Publishing Limited, Cambridge.
- Lindley, M.G.**, 1993. Fat replacer ingredients and the markets for fat-reduced foods, in *Low-Calorie Foods and Food Ingredients*, pp.77-105, Ed. Khan, R., Blackie Academic & Professional, London.
- Lucca, P.A. and Tepper, B.J.**, 1994. Fat replacers and the functionality of fat in foods, *Trends in Food Science & Technology*, 5 (1), 12-19.
- Lücke, F.-K.**, 1994. Fermented meat products, *Food Research International*, 27 (1994), 299-307.
- Lücke, F.-K.**, 1998. Fermented sausages, in *Microbiology of Fermented Foods*, pp. 8-20, Ed. B.J.B. and Wood, B.J.B., Blackie Academic & Professional, London.
- Lücke, F.K.**, 2000. Utilization of microbes to process and preserve meat, *Meat Science*, 56 (2000), 105-115.
- Mahadevamma, S., Prashanth, K.V.H. and Tharanathan, R.N.**, 2003. Resistant starch derived from processed legumes-purification and structural characterization, *Carbohydrate Polymers*, 54, 215-219.
- Mätkki, Y.**, 2001. Oat fiber: production, composition, physicochemical properties, physiological effects, safety and food applications, in *Handbook of Dietary Fiber*, pp. 502-504, Eds. Cho, S.S. and Dreher, M.L., Marcel Dekker, Inc., New York.
- Mansour, E.H. and Khail, A.H.**, 1997. Characteristics of low-fat beefburger as influenced by various types of wheat fibers, *Food Research International*, 30 (3/4), 199-205.
- McAuley, C. and Mawson, R.**, 1994. Low-fat and low-salt meat product ingredients, *Food Australia*, 46 (6), 283-286.
- Mendoza, E., Garcia, M.L., Casa, C. and Selgas, M.D.**, 2001. Inulin as a fat substitute in low fat, dry fermented sausages, *Meat Science* 57 (2001), 378-393.
- Mittal, G.S. and Barbut, S.**, 1993. Effects of various cellulose gums on the quality parameters of low-fat breakfast sausages. *Meat Science*, 35, 93-103.
- Mittal, G.S. and Barbut, S.**, 1994. Effects of fat reduction on frankfurters' physical and sensory characteristics, *Food Research International*, 27 (1994), 425-431.
- Montel, M.C., Masson, F. and Talon, R.**, 1998. Bacterial role in flavor development, *Meat Science*, 49 (1), 111-123.

- Morin, L.A., Temelli, F. and McMullen, L.,** 2002. Physical and sensory characteristics of reduced-fat breakfast sausages formulated with barley β -glucan, *Journal of Food Science*, 67 (6), 2391-2396.
- Morrissey, P.A., Sheehy, P.J.A., Galvin, K., Kerry, J.P. and Buckley, D.J.,** 1998. Lipid stability in meat and meat products, *Meat Science*, 49 (Suppl. 1), 73-86.
- Muguerza, E., Fista, G., Ansorena, D., Astiasaran, I. and Bloukas, J.G.,** 2002. Effect of fat level and partial replacement of pork backfat with olive oil on processing and quality characteristics of fermented sausages, *Meat Science*, 61 (2002), 397-404.
- Muguerza, E., Gimeno, O., Ansorena, D. and Astiasaran, I.,** 2004. New formulations for healthier dry fermented sausages: a review, *Food Science & Technology*, 15 (2004), 452-457.
- Murphy, P.,** 2000. Starch, in *Handbook of Hydrocolloids*, pp. 41-66, Eds. Philips, G.O and Williams, P.A., CRC Press, Cambridge.
- Namratha, J., Asna, U. and Prasad, N. N.,** 2002. Effect of storage on resistant starch content of processed ready-to-eat foods, *Food Chemistry*, 79, 395-400.
- Nelson, A.L.,** 2001. *High-Fiber Ingredients*, pp. 1-27, Eagan Press, Minnesota.
- Niba, L.L. and Hoffman, J.,** 2003. Resistant starch and β -glucan levels in grain sorghum (*Sorghum bicolor* M.) are influenced by soaking and autoclaving, *Food Chemistry*, 81, 113-118.
- Noel, P., Briand, E. and Dumont, J.P.,** 1990. Role of nitrite in flavor development in uncooked cured meat products: sensory assessment, *Meat Science*, 28 (1990), 1-8.
- Onsøyen, E.,** 2001. Alginate: production, composition, physicochemical properties, physiological effects, safety and food applications, in *Handbook of Dietary Fiber*, pp.659-674, Eds. Cho, S.S. and Dreher, M.L., Marcel Dekker, Inc., New York.
- Ordóñez, J.A., Hierro, E.V., Bruna, J.M. and Hoz L.,** 1999. Changes in the components of dry-fermented sausages during ripening, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 39 (4), 329-367.
- Öz, F., Kaya, M. ve Aksu, M.İ.,** 2002. Sucuk üretiminde farklı nitrit dozlarının ve starter kültür kullanımının *Escherichia coli* 0157:H7'nin gelişimi üzerine etkisi, *Turk J Vet Animal Science*, 26 (2002), 651-657.
- Öztan, A.,** 2003. *Et Bilimi ve Teknolojisi*, pp. 229-230, Gıda Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara.
- Paneras, E.D. and Bloukas, J.G.,** 1994. Vegetable oils replace pork backfat for low-fat frankfurters, *Journal of Food Science*, 59 (4), 725-728.
- Papadima, S.N. and Bloukas, J.G.,** 1999. Effect of fat level and storage conditions on quality characteristics of traditional Greek sausages, *Meat Science*, 51 (1999), 103-113.

- Pearson, A.M.**, 1997. Principles and applications in production of reduced and low fat products, in *Production and Processing of Healthy Meat, Poultry and Fish Products*, pp. 64-79, Eds. Pearson, A.M. and Dutson, T.R., Blackie Academic and Professional, London.
- Pennington, J.A.T.**, 1998. Dietary exposure models for nitrates and nitrites, *Food Control*, 9 (6), 385-395.
- Pietrasik, Z. and Duda, Z.**, 2000. Effect of fat content and soy protein/carrageenan mix on the quality characteristics of comminuted, scalded sausages, *Meat Science*, 56 (2000), 181-188.
- Pietrasik, Z.**, 2003. Binding and textural properties of beef gels processed with k-carrageenan, egg albumin and microbial transglutaminase, *Meat Science*, 63, 317-324.
- Pikul, J., Leszczynski, D.E. and Kummerow, F.A.**, 1989. Evaluation of three modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 37, 1309-1313.
- Prochaska, J.F., Ricke, S.C. and Keeton, J.T.**, 1998. Meat fermentation research opportunities, *Food Technology*, 52 (9), 52-57.
- Pszczola, D.E.**, 1991. Pectin's functionality finds use in fat-replacer market, *Food Technology*, 11, 116-117.
- Resurreccion, A.V.A.**, 2003. Sensory aspects of consumer choices for meat and meat products, *Meat Science*, 66 (2003), 11-20.
- Rhee, K.S., Anderson, L.M. and Sams, A.R.**, 1996. Lipid oxidation potential of beef, chicken and pork, *Journal of Food Science*, 61 (1), 8-10.
- Rhee, K.S. and Smith, G.C.**, 1983. Effect of cooking on cholesterol content of patties containing different amounts of beef, textured soy protein and fat, *Journal of Food Science*, 48, 268, Alınmıştır: Clarke, A.D., (1997). Reduction of cholesterol levels in meat, poultry and fish products, in *Production and Processing of Healthy Meat, Poultry and Fish Products*, pp.101-118, Eds. Pearson, A.M. and Dutson, T.R., Blackie Academic and Professional, London.
- Roberfroid, M. and Slavin J.L.**, 2001. Resistant oligosaccharides, in *Handbook of Dietary Fiber*, pp. 125-146, Eds. Cho, S.S. and Dreher, M.L., Marcel Dekker, Inc., New York.
- Rogers, R. W.**, 2001. Manufacturing of reduced-fat, low-fat and fat-free emulsion sausage, in *Meat Science and Applications*, pp. 443-462, Eds. Hui, Y.H., Nip, W., Rogers, R.W. and Young, O.A., Marcel Dekker, Inc., New York.
- Ruusunen, M. and Puolanne, E.**, 2005. Reducing sodium intake from meat products, *Meat Science*, 70 (3), 531-541.
- Ruusunen, M., Vainionpää, J., Lyly, M., Lähteenmäki, L., Niemistö, M., Ahvenainen, R. and Puolanne, E.**, 2005. Reducing the sodium content in meat products: The effect of the formulation in low-sodium ground meat patties, *Meat Science* 69 (2005), 53-60.

- Sampaio, G.R., Castellucci, C.M.N., Silva, M.E. and Torres, E.A.F.S.,** 2004. Effect of fat replacers on the nutritive value and acceptability of beef frankfurters, *Journal of Food Composition and Analysis*, 17, 469-474.
- Sandrou, D.K. and Arvanitoyannis, I.S.,** 2000. Low fat/calorie foods: current state and perspectives, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40 (5), 427-447.
- Sensus Operations, CV.,** 2000. Frutafit®-inulin, in *Handbook of hydrocolloids*, pp.397-412, Eds. Philips, G.O and Williams, P.A., CRC Press, Cambridge.
- Serdaroğlu, M. and Değirmencioğlu, Ö.,** 2004. Effects of fat level (5%, 10%, 20%) and corn flour (0%, 2%, 4%) on some properties of Turkish type meatballs (koefte), *Meat Science*, 68, 291-296.
- Serdaroğlu, M. ve Tömek, S.,** 1995. Yağı azaltılmış et ürünleri üretim tekniği. *Gıda*, 20 (4), 237-241.
- Serdaroğlu, M. ve Turp, G.Y.,** 2004. Diyet lifi ve et ürünlerinde diyet lifi kullanılması, *Akademik Gıda*, 2 (10), 18-21.
- Serdaroğlu, M.,** 2005. Improving low fat meatball characteristics by adding whey powder, *Meat Science*, Article in press.
- Shand, P.J.,** 1997. Mimetic and synthetic fat replacers for the meat industry, in *Production and Processing of Healthy Meat, Poultry and Fish Products*, pp.191-207, Eds. Pearson, A.M. and Dutson, T.R., Blackie Academic and Professional, London.
- Southgate, D.A.T.,** 1997. Demand for healthful meat, poultry and fish products, in *Production and Processing of Healthy Meat, Poultry and Fish Products*, pp.1-29, Eds. Pearson, A.M. and Dutson, T.R., Blackie Academic and Professional, London.
- St. John, L.C., Buyck, M.J., Keeton, J.T., Leu, R. and Smith, S.B.,** 1986. Sensory and physical attributes of frankfurters with reduced fat and elevated monounsaturated fats, *Journal of Food Science*, 51 (5), 1144-1179.
- Steinkraus, K.H.,** 1994. Nutritional significance of fermented foods, *Food Research International*, 27 (1994), 259-267.
- Steinkraus, K.H.,** 1997. Classification of fermented foods: worldwide review of household fermentation techniques, *Food Control*, 8 (5/6), 311-317.
- Sworn, G.,** 2000. Xanthan gum, in *Handbook of Hydrocolloids*, pp. 104-105, Eds. Philips, G.O and Williams, P.A., CRC Press, Cambridge.
- Thebaudin, J.Y., Lefebvre, A.C., Harrington, M. and Bourgeois, C.M.,** 1997. Dietary fibres: nutritional and technological interest, *Trends in Food Science & Technology*, 8, 41-48.
- Tokuşoğlu, Ö. and Ünal, M.K.,** 2003. Fat replacers in meat products, *Pakistan Journal of Nutrition*, 2 (3), 196-203.
- Toldrá F.,** 1998. Proteolysis and lipolysis in flavor development of dry-cured meat products, *Meat Science*, 49 (Suppl.1), 101-110.

- Toldrá, F., Sanz, Y. and Flores M.,** 2001. Meat fermentation technology, in *Meat Science and Applications*, pp. 537-563, Eds. Hui, Y.H., Nip, W.-K., Rogers, R.W. and Young, O.A., Marcel Dekker, New York.
- Trius, A. and Sebranek, J.G.,** 1996. Carrageenans and their use in meat products, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 36(1&2), 69-85.
- Troutt, E.S., Hunt, M.C., Johnson, D.E., Claus, J.R., Kastner, C.L. and Kropf, D.H.,** 1992a. Characteristics of low-fat ground beef containing texture-modifying ingredients, *Journal of Food Science*, 57 (1), 19-24.
- Troutt, E.S., Hunt, M.C., Johnson, D.E., Claus, J.R., Kastner, C.L., Kropf, D.H. and Stroda, S.,** 1992b. Chemical, physical and sensory characterization of ground beef containing 5 to 30 percent fat, *Journal of Food Science*, 57 (1), 25-29.
- TS 1070,** 1983. Türk sucuğu standartı, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Työppönen, S., Ptäjä, E. and Mattilla-Sandholm, T.,** 2003. Bioprotectives and probiotics for dry sausages, *International Journal of Food Microbiology*, 83 (2003), 233-244.
- Ulu, H.,** 2004. Evaluation of three 2-thiobarbituric acid methods for the measurement of lipid oxidation in various meats and meat products, *Meat Science*, 67 (2004), 683-687.
- Üren, A. and Babayiğit, D.,** 1997. Color parameters of Turkish-type fermented sausages during fermentation and ripening, *Meat Science*, 45 (9), 539-549.
- van Veen, A.G. and Steinkraus, K.H.,** 1970. Nutritive value and wholesome of fermented foods, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 18 (4), 576-578.
- Varnam, A.H. and Sutherland, J.P.,** 1995. Fermented sausages, in *Meat and Meat Products: Technology, Chemistry and Microbiology*, pp. 314-344, Chapman & Hall, London.
- Vendrell-Pascuas, S., Castellote-Bargalló, A.I. and López-Sabater, M.C.,** 2000. Determination of inulin in meat products by high-performance liquid chromatography with refractive index detection, *Journal of Chromatography*, 881 (2000), 591-597.
- Voragen, A.G.J.,** 1998. Technological aspects of functional food-related carbohydrates, *Trends in Food Science & Technology*, 9 (1998), 328-335.
- Vural, D. ve Öztan, A.,** 1992. Fermente et ürünlerinde nitrosomyoglobin oluşumu ve etkileyen faktörler, *Gıda Teknolojisi Derneği Yayın Organı*, 17 (3), 191-196.
- Wallingford, L. and Labuza, T.P.,** 1983. Evaluation of the water binding properties of food hydrocolloids by physical/chemical methods and in a low fat meat emulsion, *Journal of Food Science*, 48, 1-5.
- Warshaw, H., Powers, M.A., Franz, M. and Wheeler, M.,** 1996. Fat replacers: their use in foods and role in diabetes medical nutrition therapy, *Diabetes Care*, 19 (11), 1294-1303.

- Williams, P.A. and Philips, G.O.,** 2000. Introduction to food hydrocolloids, in *Handbook of Hydrocolloids*, pp. 1-20, Eds. Philips, G.O and Williams, P.A., CRC Press, Cambridge.
- Yılmaz, İ.,** 2005. Physicochemical and sensory characteristics of low fat meatballs with added wheat bran, *Journal of Food Engineering*, 69 (3), 369-373.
- Yu, L., Zhou, K. and Parry, J.W.,** 2005. Inhibitory effects of wheat bran extracts on human LDL oxidation and free radicals, *LWT*, 38 (2005), 463-470.
- Yuan, X., Wang, J. and Yao, H.,** 2005. Antioxidant activity of feruloylated oligosaccharides from wheat bran, *Food Chemistry*, 90 (2005), 759-764.
- Yücel, U. ve Ötleş, S.,** 1998. Fermente ürünlere bir bakış, *Dünya Gıda*, 11, 51-54.

EKLER

Tablo A.1. Farklı yağ seviyeleri ile yağ ikameleri ilavesinin sucukların pH değerleri üzerindeki etkisinin “Tek yollu ANOVA” istatistiksel yöntemi ile değerlendirme sonuçları

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	S.D.	Kareler Ortalaması	F Değeri (Hesaplanan)	F Değeri (Tablo)
0. Gün	İşlem	0,023	9	0,003	0,099	2,21
	Hata	0,762	30	0,025		
	Toplam	0,784	39			
6. Gün	İşlem	0,265	9	0,029	1,214	2,21
	Hata	0,727	30	0,024		
	Toplam	0,992	39			

$p < 0.05$ olasılık düzeyinde işlemler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark yoktur.

Tablo A.2. Farklı yağ seviyeleri ile yağ ikameleri ilavesinin sucukların su aktivite değerleri üzerindeki etkisinin “Tek yollu ANOVA” istatistiksel yöntemi ile değerlendirme sonuçları

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	S.D.	Kareler Ortalaması	F Değeri (Hesaplanan)	F Değeri (Tablo)
0. Gün	İşlem	0,014	9	0,002	1,114	2,21
	Hata	0,041	30	0,001		
	Toplam	0,055	39			
6. Gün	İşlem	0,013	9	0,001	0,554	2,21
	Hata	0,077	30	0,003		
	Toplam	0,090	39			

$p < 0.05$ olasılık düzeyinde işlemler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark yoktur.

Tablo A.3. Farklı yağ seviyeleri ile yağ ikameleri ilavesinin sucukların LAB sayıları üzerindeki etkisinin “Tek yollu ANOVA” istatistiksel yöntemi ile değerlendirme sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	S.D.	Kareler Ortalaması	F Değeri (Hesaplanan)	F Değeri (Tablo)
İşlem	$1,01 \cdot 10^{17}$	9	$1,12 \cdot 10^{16}$	1,712	3,02
Hata	$6,55 \cdot 10^{16}$	10	$6,55 \cdot 10^{15}$		
Toplam	$1,66 \cdot 10^{17}$	19			

$p < 0.05$ olasılık düzeyinde işlemler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark yoktur.

Tablo A.4. Hem depolama süresinin hem de sucuk örneklerindeki farklılıkların sucukların ağırlık kayıpları üzerine etkisinin “İki yollu ANOVA” istatistiksel yöntemi ile değerlendirme sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	S.D.	Kareler Ortalaması	F Değeri (Hesaplanan)	F Değeri (Tablo)
İşlem	11250,858	39	288,484	562,828	1,50
Zaman	10868,354	3	3622,785	7068,006	2,68
Örnek	334,225	9	37,136	72,452	1,96
Z*Ö	48,280	27	1,788	3,489	1,58
Hata	61,507	120	,513		
Toplam	94666,070	160			

$p < 0.05$ olasılık düzeyinde işlemler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark vardır.

Tablo A.5. Sucuk örnekleri arasındaki farklılıkların sucukların ağırlık kayıpları üzerine etkisinin Duncan testi sonuçları

Örnek	N								
		1	2	3	4	5	6	7	8
ZYY-Kontrol	16	21,03							
YY-Kontrol	16	21,28	21,28						
ZOY-Buğday lifi	16		21,64	21,64					
ZOY-Maltodekstrin	16			22,038	22,038				
ZDY-Buğday lifi	16				22,39	22,39			
ZOY-İnülin	16					22,65			
ZDY-Maltodekstrin	16						23,27		
ZOY-Kontrol	16						23,55		
ZDY-İnülin	16							24,47	
ZDY-Kontrol	16								29,92

Farklı sütunda bulunan ortalamalar $p < 0,05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.

Tablo A.6. Sucukların depolama süresinin sucukların ağırlık kayıpları üzerine etkisinin Duncan testi sonuçları

Depolama Süresi (Gün)	N				
		1	2	3	4
2	40	10,029			
7	40		21,30		
14	40			28,72	
21	40				31,24

Farklı sütunda bulunan ortalamalar $p < 0,05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.

Tablo A.7. Farklı yağ seviyelerinin ve farklı yağ ikamelerinin eklenmesinin sucukların pişme kayıpları üzerine etkilerinin “Tek yollu ANOVA” istatistiksel yöntemi ile değerlendirme sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	S.D.	Kareler Ortalaması	F Değeri (Hesaplanan)	F Değeri (Tablo)
İşlem	383,163	9	42,574	104,705	2,21
Hata	12,198	30	0,407		
Toplam	395,361	39			

$p < 0.05$ olasılık düzeyinde işlemler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark vardır.

Tablo A.8. Farklı yağ seviyelerinin ve farklı yağ ikamelerinin eklenmesinin sucukların renkleri üzerine etkilerinin “Tek yollu ANOVA” istatistiksel yöntemi ile değerlendirme sonuçları

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	S.D.	Kareler Ortalaması	F Değeri (Hesaplanan)	F Değeri (Tablo)
L	İşlem	602,062	9	66,896	32,608	2,01
	Hata	184,635	90	2,051		
	Toplam	786,697	99			
a	İşlem	40,386	9	4,487	7,022	2,01
	Hata	57,511	90	0,639		
	Toplam	97,897	99			
b	İşlem	51,466	9	5,718	4,290	2,01
	Hata	119,978	90	1,333		
	Toplam	171,444	99			

$p < 0.05$ olasılık düzeyinde işlemler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark vardır.

Tablo A.9. Hem depolama süresinin hem de sucuk örneklerindeki farklılıkların sucukların TBA değerleri üzerine etkisinin “İki yollu ANOVA” istatistiksel yöntemi ile değerlendirme sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	S.D.	Kareler Ortalaması	F Değeri (Hesaplanan)	F Değeri (Tablo)
İşlem	51,551	49	1,052	190,563	1,35
Örnek	5,605	9	0,623	112,801	1,88
Zaman	42,711	4	10,678	1934,124	2,37
Z*Ö	3,234	36	0,090	16,274	1,43
Hata	0,828	150	0,006		
Toplam	179,757	200			

$p < 0.05$ olasılık düzeyinde işlemler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark vardır.

Tablo A.10. Sucuk örnekleri arasındaki farklılıkların sucukların TBA değerleri üzerine etkisinin Duncan testi sonuçları

Örnek	N	1	2	3	4	5	6	7
ZDY-Buğday lifi	20	0,584						
ZOY-Buğday lifi	20	0,628	0,628					
ZDY-Kontrol	20		0,646					
ZOY-Kontrol	20			0,730				
ZDY-Maltodekstrin	20			0,757	0,757			
ZOY-Maltodekstrin	20				0,784			
YY-Kontrol	20					0,836		
ZYY-Kontrol	20					0,851		
ZDY-İnülin	20						1,008	
ZOY-İnülin	20							1,155

Farklı sütunda bulunan ortalamalar $p < 0,05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.

Tablo A.11. Sucukların depolama süresinin sucukların TBA değerleri üzerine etkisinin Duncan testi sonuçları

Depolama süresi (Hafta)	N	1	2	3	4	5
0	40	0,362				
2	40		0,428			
4	40			0,676		
6	40				0,877	
8	40					1,646

Farklı sütunda bulunan ortalamalar $p < 0,05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.

Tablo A.12. Yağın azaltılmasının ve yağ ikamelerinin eklenmesinin sucuğun tekstürel özellikleri üzerine etkilerinin “Tek yönlü ANOVA” istatistiksel yöntemi ile değerlendirme sonuçları

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	S.D.	Kareler Ortalaması	F Değeri (Hesaplanan)	F Değeri (Tablo)
Sertlik	İşlem	3967,97	9	440,886	246,275	2,02
	Hata	125,315	70	1,790		
	Toplam	4093,28	79			
Elastiklik	İşlem	0,377	9	0,042	28,689	2,02
	Hata	0,102	70	0,001		
	Toplam	0,479	79			
Dış yapışkanlık	İşlem	2,941	9	0,327	36,083	2,02
	Hata	0,634	70	0,009		
	Toplam	3,574	79			
İç yapışkanlık	İşlem	0,069	9	0,008	8,116	2,02
	Hata	0,066	70	0,001		
	Toplam	0,135	79			
Sakızimsılık	İşlem	1017,35	9	113,040	119,866	2,02
	Hata	66,014	70	0,943		
	Toplam	1083,37	79			
Çiğnenebilirlik	İşlem	210,38	9	23,375	36,605	2,02
	Hata	44,70	70	0,639		
	Toplam	255,08	79			

$p < 0.05$ olasılık düzeyinde işlemler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark vardır.

Tablo A.13. Yağın azaltılmasının ve yağ ikamelerinin eklenmesinin sucuğun penetrometre değerleri üzerine etkilerinin “Tek yönlü ANOVA” istatistiksel yöntemi ile değerlendirme sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	S.D.	Kareler Ortalaması	F Değeri (Hesaplanan)	F Değeri (Tablo)
İşlem	75,752	9	8,417	27,002	2,01
Hata	28,054	90	0,312		
Toplam	103,805	99			

$p < 0.05$ olasılık düzeyinde işlemler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark vardır.

Tablo A.14. Sucukta yağın azaltılmasının sucukların duyuşal özellikleri üzerine etkilerinin “Tek yollu ANOVA” istatistiksel yöntemi ile değeriendirme sonuçları

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	S.D.	Kareler Ortalaması	F Değeri (Hesaplanan)	F Değeri (Tablo)
Çiğnenebilirlik	İşlem	49,350	3	16,450	13,756	2,60*
	Hata	186,550	156	1,196		
	Toplam	235,900	159			
Renk	İşlem	34,450	3	11,483	11,096	2,60*
	Hata	161,450	156	1,035		
	Toplam	195,900	159			
Sıklık	İşlem	69,300	3	23,100	22,650	2,60*
	Hata	159,100	156	1,020		
	Toplam	228,400	159			
Yağlılık hissi	İşlem	164,519	3	54,840	52,093	2,60*
	Hata	164,225	156	1,053		
	Toplam	328,744	159			
Farklı tat	İşlem	1,319	3	0,440	1,284	2,60
	Hata	53,425	156	0,342		
	Toplam	54,744	159			
Genel beğenirlik	İşlem	92,225	3	30,742	32,025	2,60*
	Hata	149,750	156	0,960		
	Toplam	241,975	159			

* $p < 0.05$ olasılık düzeyinde işlemler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark vardır.

Tablo A.15. Düşük yağlı sucuklara yağ ikamesi eklenmesinin duyuşal özellikler üzerine etkisinin “Tek yollu ANOVA” istatistiksel yöntemi ile değeriendirme sonuçları

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	S.D.	Kareler Ortalaması	F Değeri (Hesaplanan)	F Değeri (Tablo)
Çiğnenebilirlik	İşlem	51,571	3	17,190	10,695	2,60*
	Hata	218,600	136	1,607		
	Toplam	270,171	139			
Renk	İşlem	5,621	3	1,874	2,300	2,60
	Hata	110,800	136	0,815		
	Toplam	116,421	139			
Sıklık	İşlem	36,943	3	12,314	13,950	2,60*
	Hata	120,050	136	0,883		
	Toplam	156,993	139			
Yağlılık hissi	İşlem	53,171	3	17,724	17,562	2,60*
	Hata	137,250	136	1,009		
	Toplam	190,421	139			
Farklı tat	İşlem	3,246	3	1,082	2,056	2,60
	Hata	71,575	136	0,526		
	Toplam	74,821	139			
Genel beğenirlik	İşlem	50,300	3	16,767	13,079	2,60*
	Hata	174,350	136	1,282		
	Toplam	224,650	139			

Tablo A.16. Orta yağlı sucuklara yağ ikamesi eklenmesinin sucukların duyuşal özellikleri üzerine etkisinin “Tek yollu ANOVA” istatistiksel yöntemi ile değeriendirme sonuçları

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	S.D.	Kareler Ortalaması	F Değeri (Hesaplanan)	F Değeri (Tablo)
Çiğnenebilirlik	İşlem	30,719	3	10,240	7,810	2,60*
	Hata	204,525	156	1,311		
	Toplam	235,244	159			
Renk	İşlem	1,569	3	0,523	0,728	2,60
	Hata	112,025	156	0,718		
	Toplam	113,594	159			
Sıklılık	İşlem	20,850	3	6,950	6,851	2,60*
	Hata	158,250	156	1,014		
	Toplam	179,100	159			
Yağlılık hissi	İşlem	27,600	3	9,200	9,153	2,60*
	Hata	156,800	156	1,005		
	Toplam	184,400	159			
Farklı tat	İşlem	4,819	3	1,606	1,602	2,60
	Hata	156,375	156	1,002		
	Toplam	161,194	159			
Genel beğenirlik	İşlem	85,819	3	28,606	20,282	2,60*
	Hata	220,025	156	1,410		
	Toplam	305,844	159			

* $p < 0.05$ olasılık düzeyinde işlemler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark vardır.

Tablo A.17. Farklı yağ seviyelerinin ve düşük yağlı sucuklara buğday lifi eklenmesinin sucukların kolesterol miktarları üzerine etkisinin “Tek yollu ANOVA” istatistiksel yöntemi ile değeriendirme sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	S.D.	Kareler Ortalaması	F Değeri (Hesaplanan)	F Değeri (Tablo)
İşlem	6187,785	4	1546,946	108,352	3,06*
Hata	214,156	15	14,277		
Toplam	6401,940	19			

* $p < 0.05$ olasılık düzeyinde işlemler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark vardır.

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında İstanbul’da doğdu. 1998 yılında Şişli Terakki Lisesi’nden mezun oldu. 1998-2002 yılları arasında Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya-Metalurji Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimini tamamlayarak 2003 yılında Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsüne bağlı Uluslararası Kalite Yönetimi Tezsiz Yüksek Lisans Programına başladı ve 2004 yılında mezun oldu. Aynı yıl başladığı İstanbul Teknik Üniversitesi Kimya-Metalurji Fakültesi Gıda Mühendisliği Yüksek Lisans Programında halen öğrencidir.

