

# FERMENTE ET ÜRÜNLERİNDE BAZI BİYOKİMYASAL REAKSİYONLAR VE AROMA ÜZERİNE ETKİLERİ

**Hüsnü Yusuf GÖKALP, Hüdayi ERCOŞKUN, Ahmet Hilmi ÇON**  
Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Denizli

## ÖZET

Fermente et ürünlerinin karakteristik tat, aroma, renk ve tekstür gelişimleri üzerine etkili olan biyokimyasal değişimlerin önemlileri glikolizis, lipolizis ve proteolizis reaksiyonlarıdır. Bu reaksiyonlar, fermentasyon ve olgunlaşma periyodunda gelişen mikroorganizmaların veya endojen enzimlerinin aktiviteleri sonucu meydana gelmektedir. Glikolizis sonucu oluşan ürünler; birinci derecede ürünün pH düşüşünden sorumlu olmakla birlikte, oluşan volatil bileşenler dolayısı ile aroma üzerine de önemli etkide bulunmaktadır. Lipolizis sonucu oluşan bileşenler ise, ürünün tipik aroma oluşumunda temel görevi üstlenmektedir. Fermente ürünlerde oluşan volatil bileşenlerin % 60'ı lipolizis reaksiyonları sonucu meydana gelmektedir. Proteolizis ise, bu ürünlerde, düşük pH, düşük su aktivitesi ve yüksek tuz konsantrasyonu dolayısı ile sınırlı düzeyde cereyan etmekte ve volatil bileşenlerin ancak küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Bu nedenle, ürünün aromasından ziyade, oluşan genel lezzet üzerinde sorumlu olabilmektedir.

**Anahtar Kelimeler :** Sucuk, Lipolizis, Proteolizis, Glikolizis, Aroma

## OCCURING SOME BIOCHEMICAL REACTIONS IN FERMENTED MEAT PRODUCTS AND THEIR EFFECTS ON AROMA DEVELOPMENT

### ABSTRACT

Glycolysis, lipolysis and proteolysis are the main biochemical reactions which effect characteristic flavour, aroma, color and texture development of fermented meat products. These reactions are results of the microorganisms or endogenous meat enzymes. The products which are results of glycolysis are firstly responsible from decreasing of pH. Volatile compounds from glycolysis effect aroma. Compounds formed by lipolysis are the main reason that effect aroma. 60 % volatile compounds formed in fermented products are results of lipolysis. Because of low pH, low water activity and high salt concentration, proteolysis occurs in a very decreased level and form only a little part of all volatiles. For this reason proteolysis effects aroma much more than flavour.

**Key Words :** Sucuk, Lipolysis, Proteolysis, Glycolysis, Flavor

### 1. GİRİŞ

Fermente et ürünlerinin, karakteristik tat, aroma, tekstür ve renk gelişimleri temelde ürün içindeki çeşitli mikroorganizmaların gelişmeleri ve biyokimyasal faaliyetleri sonucunda oluşmaktadır. Mikroorganizmaların gelişimi ve metabolik aktiviteleri sonucunda olgunlaşan fermente et ürünleri için, ülkemizde en tipik örnek sucuktur.

Sucuk ve benzeri ürünler; kıyma makinasında veya kutterde kıyılmış et ve yağın, tuz, şeker, çeşitli baharat ve çok az miktardaki diğer katkı maddeleri ile karıştırılıp, doğal veya yapay kılıflara doldurulması ve belirli bir sıcaklık, nisbi rutubet ve hava cereyanında belirli bir süre fermentasyona ve olgunlaştırmaya tabi tutularak elde edilen fermente kuru veya yarı-kuru et ürünleridir (Gökalp, 1995).

Fermente et ürünlerinin fermentasyonu ve olgunlaşma olayı; bir çok biyokimyasal reaksiyonları içeren kompleks bir prosestir (Gökalp ve ark., 1994). Bu biyokimyasal reaksiyonların büyük bir kısmı enzimatik yolla gerçekleşmektedir. Buradaki enzimler, şekerleri, yağ asitleri ve yağları, amino asitler ve proteinler gibi biyomolekülleri parçalayarak, ortamda biriktiren ve sonraki reaksiyonlarla da son ürünün aroması, tekstürü ve lezzeti üzerine etkili olan daha küçük moleküler ağırlıklı maddeleri oluşturmaktadır (Selgas ve ark., 1993). Fermente ürünlerin olgunlaşma süresince; şeker, protein ve yağ degradasyonunu içeren bir çok kimyasal değişim gerçekleşmekte ve ikincil reaksiyonlar sonucu karakteristik aroma bileşenleri oluşmaktadır. Fermente kuru ve/veya yarı kuru sosislerde bu bileşenlerin orijinleri şimdilik tam belli değildir. Ancak, bunların oluşumu, fermentasyon ve olgunlaşma esnasında, mikroorganizma aktiviteleri ile ilişkilendirilmektedir. Bunun yanında, endojen et enzimlerinin aktivitelerinin de bu olaylarda etkili olduğu da göz önünde tutulmalıdır (Garcia ve ark., 1992).

Gerek mikrobiyal aktivite ve gerekse de endojen et enzimleri ile oluşan fermente et ürünlerinde aromayı etkileyen en önemli reaksiyonlar glikolizis, lipolizis ve proteolizisdir. Bu üç biyokimyasal reaksiyonun fermente et sistemi içindeki seyri ve aroma üzerine etkileri başlıklar altında ayrıntılı olarak tartışılmaya çalışılmıştır.

## 2. SUCUK BENZERİ ET ÜRÜNLERİNDE GLİKOLİZİS VE AROMA OLUŞUMU

Post mortem periyotta, kasta az miktarda kalan glikojen, önce glukoz ve sonra da laktik aside dönüştürülmektedir. Kasta bulunan glikojen ve glukoz anaerobik veya fakültatif anaerobik karakterdeki bakteriler tarafından glikolitik parçalanma yolu ile veya glukon - $\delta$ - lakton üzerinden karbon ve enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Taze ette glukoz içeriği 50-200 mg/100 g olduğu için mikrobiyal etkiler sonucunda pH'da, ancak küçük değişiklikler meydana gelmektedir. Bu nedenle, sucuk ve benzeri ürünlerin üretiminde arzulanan pH değerine ulaşabilmek için dışarıdan mutlaka fermente edilebilir karbonhidrat kaynakları ilave edilmesi gerekmektedir. Kullanılan karbonhidratın çeşidi ve miktarı ile sosis mikroflorasının kompozisyonu, laktik asit oluşum hızını ve son ürünün kazandığı özellikleri etkilemektedir (Gökalp, 1995).

Pediokok ve laktobasiller gibi fermentasyon florasının ana üyeleri, glukoz ve laktozu Embden-Meyerhoff (EM) glikolitik parçalanma yolunu kullanarak parçalarken, mikrokoklar (Micrococcus, Staphylococcus) hem EM ve hem de heksoz monofosfat (HMP) yolu ile parçalarlar. Fermente et ürünlerinde arzu edilen tipik yakıcı ekşimsi tadın temel nedeni olan laktik asit, fermentasyon ve olgunlaşma boyunca dominant hale getirilen homofermentatif laktik asit bakterileri tarafından üretilir. Sucuk ve benzeri ürünlerin fermentasyonunda laktik asitin dışında, asetik asit, etanol, asetoin, karbondioksit, pruvik asit vb. gibi diğer fermentasyon ürünleri de, kullanılan starter kültüre ve fermentasyon şartlarına bağlı olarak çeşitli miktarlarda üretilmektedir. Üretilen bu asitler aroma oluşumunda önem taşımaktadır. Bu nedenle, son ürünün aromasının oluşumunda; ilave edilen starter kültürün kompozisyonu ve miktarı, karbonhidratın tipi ve miktarı, glukono- $\delta$ -lakton, baharat, tuz, nitrat ve nitrit gibi çeşitli katkı maddelerinin miktarı önemli rol oynamaktadır (Nychas, Arkoudelos, 1990). Ayrıca, son ürünün sahip olduğu asitlik değeri ürünün tekstürü üzerine de önemli etkide bulunmaktadır. Taze ete kıyasla, yükselen asit miktarı kas proteinlerinin konformasyonel yapılarına etki ederek jelimsi bir yapı oluşumunda da önemi rol oynamaktadır. Asitlik artışı, aynı zamanda proteinlerin su tutma kapasitelerini düşürerek kurumayı hızlandırmaktadır (Graciela ve ark., 1988; Gökalp, 1995).

## 3. SUCUK BENZERİ ET ÜRÜNLERİNDE LİPOLİZİS VE AROMA OLUŞUMUNA ETKİSİ

Kuru ve yarı kuru sosislerde lipolizis olarak bilinen lipid fraksiyonunun degradasyonu, son ürün kalitesine direkt ve bazen de belirleyici etkileri olan temel biyokimyasal reaksiyonlardandır (Samelis ve ark., 1993). Bu tip ürünlerde oluşan yağ hidrolizi, mikrobiyal lipaz enzimlerinin aktivitesi ile ilgilidir. Özellikle starter kültür olarak kullanılan mikrokoklar, fermente kuru sosislerde yağ hidrolizinden sorumlu bakterilerdir. Mikrokokların uzun zincirli yağ asitlerini de içeren trigliseritlere karşı gösterdiği lipolitik aktivite araştırmalarla gösterilmiştir. Fermente sosislerde, lipaz aktivitesi genellikle mikrokoklara atfedilse de, laktobasillerin de lipolitik aktivite gösterebildiklerini çeşitli kaynaklarda belirtilmiştir. Laktik asit bakterilerinin bahsedilen lipolitik aktivitelerinin genelde mono ve digliseridler ile, kısa zincirli yağ asitlerinin oluşturduğu trigliseridlere karşı olduğu bildirilmektedir. Fermente sosislerde, lipolitik

parçalanmada fazlaca dikkate alınmayan laktobasillerin, bazı türlerinin çiğ et ürünlerinin işlendiği sıcaklıklarda, aktivitesi yüksek lipaz enzimleri ürettikleri bildirilmektedir (Selgas ve ark., 1993). Genelde laktobasillerin düşük molekül ağırlıklı yağ asidi trigliseritleri (tribütirin, trikaproin) dışındaki yağların hidrolizinde önemli rol oynamadığı bildirilmektedir (Samelis ve ark., 1993; Talon ve ark., 1993 ).

Bir araştırmada, fermente et ürünleri imalatında kullanılan ve lipolitik aktiviteye sahip bulunan starter kültürlerin lipolitik aktiviteleri incelenmiş ve bu özellikler açısından dominant bakterilerin mikrokoklar oldukları tespit edilmiştir. Yine aynı araştırmada, lipid fraksiyonunu yağ asiti kompozisyonunun, zamanla değiştiği, hidrolizde doymamış yağ asitlerinde zincir uzunluğu yüksek olanın tercih edildiği ve zincir uzunluğu aynı olan doymuş ve doymamış yağ asitlerinden doymamış olanın tercih edildiği tespit edilmiştir (Samelis ve ark., 1993).

Gliserol molekülleriyle esterleşmiş yağ asitleri veya biyolojik membranlar yapısında bulunan polar lipidler, spesifik ve non-spesifik lipazlar ve oksidasyon reaksiyonları ile serbest hale getirilirler. Biyokimyasal reaksiyonların son ürünleri olan küçük molekül ağırlıklı karbonil bileşikler, ürünün aromasını oluşturan temel bileşiklerdir. Diğer taraftan, non-enzimatik olaylar sonucu çoklu doymamış yağ asitlerinden (linoleik ve  $\alpha$ -linolenik asitlerden) oluşan lipid peroksitler, daha sonra mikroflora tarafından karbonil bileşiklere veya kısa zincirli yağ asitlerine dönüştürülmektedir.

Laktobasiller düşük molekül ağırlıklı yağ asidi trigliseridlerini (tribütirin, trikaproin) içeren bir grubun dışındaki substratlara çok düşük lipolitik aktivite gösterir. Laktobasiller kuru sosislerde yağların hidrolizinde önemli rol oynamazlar (Samelis ve ark., 1993).

Yapılan diğer bir araştırmada; Lactobacillus plantarum ve Staphylococcus carnosus'tan oluşan starter kültüre, ilave olarak Candida cylindracea'dan elde edilen lipaz enzimi de ilave edilerek fermente sosis üretilmiş ve bu enzimin etkileri incelenmiştir. Geleneksel fermente sosis üretim prosesine dahil edilen lipaz enzimi, beklenen aksine oksidatif ransiditeyi arttırmamıştır. Araştırmada, starter kültür ve lipaz enziminin birlikte kullanımı sonucu, starter veya enzimin ayrı ayrı olarak üretebildiklerinden daha fazla serbest yağ asidi üretildiği görülmüştür. Lipaz eklenen sosislerde, linolenik asidin dışında, yaklaşık tüm serbest yağ asidi miktarında artış görülmüştür. Lipaz enzimi katımı ile toplam doymuş serbest yağ asidi miktarında bir artış, doymamış serbest yağ asidi miktarında ise bir düşüş olduğu belirlenmiştir (Zalacain ve ark., 1996). Volatil bileşenlerin oluşumunda, lipid oksidasyonu ve bazı fermentasyon reaksiyonlarının etkin rol oynamaları muhtemeldir. Lipaz eklenen fermente sosiste; eklenmeyene nazaran, asitlik başlangıçtan son ürüne kadar önemli ölçüde artmıştır. Her iki fermente sosiste de asitlik değerlerinde gözlenen artış artan lipolizisin bir göstergesi olarak yorumlanmaktadır. Lipolitik aktiviteye karşı, TBA (thiobarbutirik asit) değerlerinin yüksekliği oksidatif ransiditenin artmadığını da göstermektedir. (Zalacain ve ark., 1996). Bu sonuçlar Tablo 1'de kısaca özetlenmiştir.

Tablo 1. Fermentasyon Süresince Fermente Sosiste Oluşan TBA Sayısı ve Asitlik Değerleri (Zalacain ve ark., 1996).

Parametre	Sosis Üretimi	Fermentasyon ve Olgunlaşma Süresi		
		72. Saat	1. Hafta	2. Hafta
Asitlik Değeri (g oleik asit/100g yağ)	Starter Kültür	1.62 ± 0.03	3.00 ± 0.03	3.31 ± 0.07
	Starter Kültür + Lipaz Enzimi	2.35 ± 0.03	3.38 ± 0.05	5.04 ± 0.04
TBA Sayısı (mg malonaldehit/kg yağ)	Starter Kültür	1.22 ± 0.04	0.89 ± 0.04	1.19 ± 0.05
	Starter Kültür + Lipaz Enzimi	1.14 ± 0.15	0.93 ± 0.05	1.06 ± 0.08

Gerek starter kültürlü gerekse de starter kültür ve lipaz enzimi ilaveli sosislerde fermentasyonun çeşitli kademelerinde serbest yağ asitleri miktarlarında görülen artışlar Tablo 2 ve 3'de verilmiştir. Tablo 2'de görülen kısa zincirli yağ asitleri miktarındaki yükseklik, şekerlerin degradasyonu ve/veya lipid oksidasyonundan dolayı arttığı düşünülmektedir.

Genel olarak; propionik, butirik, valerik, ve izovalerik asitler fermente et ürünlerinin olgunlaşması olgunlaşma sırasında miktar olarak azalır. Bu araştırmada, bu gerçek yalnızca enzim eklenmemiş ürünlerde gözlenmiştir (Zalacain, ve ark., 1996).

Tablo 2. Fermentasyon ve Olgunlaştırma Süresince Kısa Zincirli Yağ Asitlerinin Miktarlarında Görülen Değişim (mg/100g yağ) (Zalacain ve ark., 1996)

Yağ Asidi	Sosis Tipi	Fermentasyon ve Olgunlaşma Zamanı		
		72 Saat	İlk Hafta	İkinci Hafta
Asetik Asit	Starter Kültür	20.45	28.96	36.38
	Starter Kültür + Lipaz Enzim	30.69	48.08	64.54
Propionik Asit	Starter Kültür	0.74	0.72	0.63
	Starter Kültür + Lipaz Enzim	0.97	0.87	0.76
Butirik Asit	Starter Kültür	1.24	1.19	1.03
	Starter Kültür + Lipaz Enzim	1.31	1.26	1.16
Valerik Asit	Starter Kültür	1.24	1.19	0.81
	Starter Kültür + Lipaz Enzim	te*	te*	0.93
İzovalerik Asit	Starter Kültür	0.72	0.68	0.59
	Starter Kültür + Lipaz Enzim	te*	te*	0.92

te\*: Tespit edilemedi

Tablo 3. Fermentasyon ve Olgunlaştırma Süresince Uzun Zincirli Yağ Asitlerinin Miktarında Görülen Değişim (mg/100g yağ) (Zalacain ve ark., 1996)

Yağ Asidi	Sosis Üretimi	Fermentasyon ve Olgunlaşma Zamanı		
		72 Saat	İlk Hafta	İkinci Hafta
Miristik Asit	Starter Kültür	2.68	9.47	17.42
	Starter Kültür + Lipaz Enzimi	8.98	19.91	41.22
Palmitik Asit	Starter Kültür	78.11	119.19	161.55
	Starter Kültür + Lipaz Enzimi	128.36	268.70	415.57
Palmitoleik asit	Starter Kültür	6.79	20.09	28.11
	Starter Kültür + Lipaz Enzimi	20.06	42.29	78.11
Stearik Asit	Starter Kültür	37.23	69.72	85.81
	Starter Kültür + Lipaz Enzimi	77.51	134.18	221.59
Oleik Asit	Starter Kültür	176.03	366.07	473.88
	Starter Kültür + Lipaz Enzimi	235.73	473.16	746.34
Linoleik Asit	Starter Kültür	35.16	190.23	243.95
	Starter Kültür + Lipaz Enzimi	78.34	171.49	282.84
Linolenik Asit	Starter Kültür	20.32	35.29	42.25
	Starter Kültür + Lipaz Enzimi	11.29	25.48	26.20

Fermente sosislerde, fermentasyon ve olgunlaşma sonunda uzun zincirli serbest yağ asitleri oranı ise genelde yüksekmektedir. Lipaz katkılı sosiste linolenik asit, katkısız sosise nazaran daha düşük oranda belirlenmiştir. Bu sonuç, linolenik asitin daha düşük oranlarda serbest hale geldiğini veya yıkılarak volatil bileşenlere dönüştüğünü göstermektedir. Çok sayıda araştırmacı da linolenik asitin dışındaki diğer tüm yağ asitlerinde artış gözlemlediklerini bildirmişlerdir (Zalacain ve ark., 1996).

Fermente sosislerde aromanın oluşmasında, olgunlaşma aşamasında lipid fraksiyonunda meydana gelen hidrolitik ve oksidatif reaksiyonların çok büyük önemi olduğu bilinmelidir. Gliseritlerin ester bağlarında, yağ asitlerinin serbestleşmesi şeklinde gerçekleşen hidrolitik değişimler olarak adlandırılan lipolizis olayı, temel olarak bakteriyel lipazların aktivitesi ile ilişkili ise de, adipoz doku lipazları da etkili olabilmektedir. Non-enzimatik otooksidasyon ile oluşan lipid peroksitleri ise daha

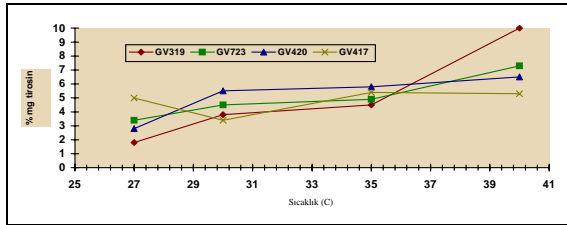
sonraki reaksiyonlar ile bakterilerce çeşitli karbonik bileşenlerine ve yağ asitlerine metabolize edilmekte ve oluşan bu ürünler de yine aroma üzerinde etkin rol oynamaktadır (Demeyer ve ark., 1974).

#### 4. SUCUK BENZERİ ÜRÜNLERDE PROTEOLİZİS VE AROMA OLUŞUMU ÜZERİNE ETKİLERİ

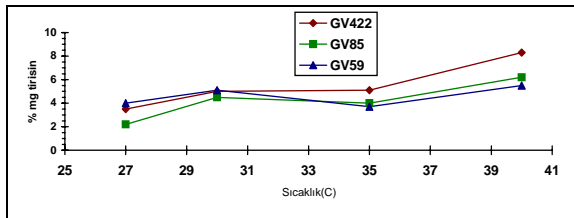
Proteinler, sucuk ve benzeri fermente ve kuru sosislerin olgunlaşması esnasında kısmen hidrolize edilebilmektedir. Öncelikle mikrobokların ekstraselular proteolitik enzim aktivitelerinin önemi süt ürünlerinde araştırılıp, saptanmıştır. Ancak, et proteinleri üzerine etkileri hakkındaki bilgi fazla değildir (Selgas ve ark., 1993). Kuru sosislerde suda çözünebilir nitrojenli bileşiklerin konsantrasyonu olgunlaşma süresince artmakta ve total nitrojenin % 25'ine varan değerlere ulaşmaktadır. Serbest amino asitler, peptidler, nükleotidler ve nükleositler

gibi bir çok grubun konsantrasyonu ve kompozisyonu kuru sosisin aroması üzerine etkili olduğu kabul edilmektedir (Dietrich ve ark., 1974). Ancak, bazı araştırmacılarca proteolizis sonucu gerçekleşen amino asit degradasyonunun düşük pH, su aktivitesi ve yüksek tuz konsantrasyonu ile sınırlı gerçekleşmesi sonucu, ürünün volatil bileşen içeriğini çok fazla etkilemediği ve bu reaksiyon ürünlerinin daha ziyade lezzet üzerine etkili olduğu da belirtilmektedir (Berdague ve ark., 1993).

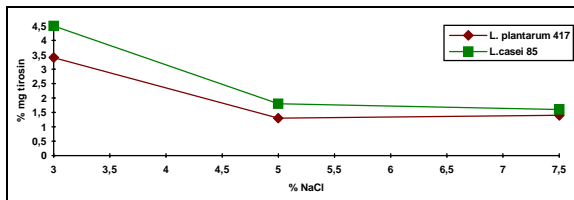
Bir araştırmada proteolitik aktivite sosis karışımında protein parçalanmasından açığa çıkan tirozin miktarının tespit edilmesi ile ölçülmüştür. Araştırma sonucu, elde edilen *Lactobacillus plantarum* ve *L. casei* suşlarının proteolitik aktiviteleri ile sıcaklık ve tuz konsantrasyonu arasındaki ilişki Şekil 1, 2 ve 3'de grafik halinde gösterilmiştir (Graciela ve ark., 1988).



Şekil 1. *Lactobacillus plantarum* suşlarının proteolitik aktivite-sıcaklık ilişkisi (Graciela ve ark., 1988).



Şekil 2. *Lactobacillus casei* suşlarının proteolitik aktivite - sıcaklık ilişkisi (Graciela ve ark., 1988).



Şekil 3. Tuz konsantrasyonunun *L. plantarum* ve *L. casei* bakterilerinin proteolitik aktivitelerine etkisi (Graciela ve ark., 1988).

Şekil 1'de *L. plantarum* suşlarının intraselular proteolitik aktivitelerine bağlı olarak 40 °C civarında maksimum proteolitik aktivite gösterdikleri görülmektedir. Ancak, ürünlerdeki pH 5.5'te enzimin optimum aktivitesi için sıcaklık 45 °C'dir.

Proteolitik aktivite 30 °C'de oldukça değişiklik göstermektedir. *L. plantarum*'un üç ayrı suşunda da 27 °C'ye göre 30 °C'de daha yüksek proteolitik aktivite gözlenirken, GV417 suşunda daha düşük aktivite gözlenmektedir. *L. casei* suşlarında ise 30 °C'de tüm suşların proteolitik aktivitesi 27 °C'ye göre artarken, sıcaklığın 35 °C'ye çıkışı ile 85 ve 59 nolu suşların proteolitik aktiviteleri 30 °C'ye göre düşmektedir. *L. casei* 422'nolu suşta ise artış devam etmiştir (Şekil 2).

Tuz konsantrasyonunun proteolitik aktivite üzerine etkisi Şekil 3'de görülmektedir. % 3 tuz konsantrasyonunda maksimum aktiviteye sahip olan suşların, % 5 tuz konsantrasyonunda bu aktivitelerinin önemli derecede azaldığı saptanmıştır. Tuz konsantrasyonunun % 7.5'e çıkmasında ise minimum proteolitik aktivite tespit edilmiştir (Graciela ve ark., 1988).

## 5. STARTER KÜLTÜRLERİN AROMA ÜZERİNE ETKİLERİ

Fermente et ürünleri tüm dünyada uzun süredir üretilmektedir. Üretimde kullanılan ingredient ve katkı maddeleri ile proses şartlarına bağlı olarak çok farklı tiplerde sosis ve salam tipi ürünler üretilmektedir. Üretimde uygulanan fermentasyon işlemi starter kültür eklenerek veya doğal yolla bulaşan mikroflora ile gerçekleşmektedir. Olgunlaşma periyodunun kısaltılması, renk gelişiminin tamamlanması, aromanın zenginleştirilmesi ve ürün güvenilirliğinin artırılması için starter kültür kullanımı büyük önem taşımaktadır. Starter kültür olarak kullanılan bakteri cinsleri genelde; *Lactobacillus* sp., *Pediococcus* sp. ve *Micrococcus* / *Staphylococcus* sp. karışık türleridir. *Lactobacillus*, ve *Pediococcus* türleri karbonhidratlardan laktik asit üreterek ve asit aromasını geliştirmek için kullanılmaktadır. *Micrococcus* ve *Staphylococcus* sp. nitratı nitrite indirgeyerek renk gelişimini düzeltmekte, lipolitik ve proteolitik aktiviteleri ile de, fermente et ürünlerine has aroma gelişimine katılmaktadırlar (Johansson ve ark., 1994).

Kuru sosislerin olgunlaşmasında protein, karbonhidrat ve lipidlerin biyokimyasal değişimleri temel rolü oynamaktadır. Et ürünlerinin olgunlaşması esnasında bu değişimler sonucu bir çok çeşitte son ürün oluşmaktadır. Proteolitik aktiviteye bağlı olarak aroma ile ilişkisi olan peptidler ve amino asitler oluşurken, lipolitik aktiviteye bağlı olarak da serbest yağ asitleriyle, aldehytlar, ketonlar ve esterler gibi aroma bileşenleri oluşmaktadır (Johansson ve ark., 1994).

Yapılan bir araştırmada fermente sosislerden 88 farklı volatil bileşen izole edilmiş ve bunların 78 adedi kimyasal olarak tanımlanmıştır. Ayrıca 44 adedinin de miktarı tespit edilmiştir. Bu bileşenler; temelde alkanlar veya alkenler, aldehitler, ketonlar, alkoller, aromatik hidrokarbonlar, karboksilik asitler, klor bileşenleri, furanlar, kükürtlü bileşenler, pirazin ve terpen gibi çeşitli kimyasal gruplara üyedirler. Muhtemel orijinlerine göre bu bileşenler dört temel gurup altında toplanabilmektedir (Berdague ve ark., 1993):

1. Lipid oksidasyonu sonucu oluşan dallanmamış alkanlar (pentandan dekana kadar), alkenler, metil ketonlar (propandan 2-oktanona kadar), 1 - okten 3 - ol gibi alkoller ve bazı furanlar.
2. Diasetil, asetoin, 1, 3 - ve 2, 3 - bütanendiol, asetaldehit, etanol ve asetik asit gibi fermentasyon siklusunun ürünleri.
3. Valin, lösin veya izolösin gibi dallanmış amino asitlerin metabolizması sonucu oluşan 2 - ve 3 - metil bütanol, 2 - ve 3- metil bütanol, ve 2- ve 3 - metil pentanoik asit, sisteinden dimetil disülfid, fenilalanin metabolizması sonucu oluşan benzen asetaldehit.
4. Hayvan yemi kaynaklı veya diğer çeşitli kontaminasyonlar sonucu oluşan diğer bileşenler. Bunlara bitkilerde doğal olarak bulunabilen ve buradan hayvanın değişik dokularına geçen toluen, ksilen isomerleri, limonen ve bazı sikloalkanlar ile hayvan dokusunda birikebilen pestisit residülerinden dönüştürülebilen organoklorit bileşenleri örnek olarak sayılabilir.

Bu temel dört sınıf içerisinde bulunan bileşenler farklı orijinli olabilmektedir. Örneğin asetik asit veya etanol şekerlerin fermentasyonu yanında lipid veya amino asitlerin katabolizması ile de birikebilmektedir. Yine, toluen, hayvan yemlerinden kaynaklanabileceği gibi, fenilalaninden, bazı bileşenleri dallanmış amino asitlerden veya sabunlaşmayan lipidlerden de oluşabilmektedir. Yukarıda tanımlanan bileşenlerden % 60'ı lipolisiz, % 27'si fermentasyon, % 6'sı proteoliz ve % 7'si ise diğer reaksiyonlar sonucu oluşmaktadır (Berdague ve ark., 1993).

Fermente sosisin olgunlaştırılmasında ve depolamasında meydana gelen bakteriyel gelişme sonucu, asitlerin birikimi, lipolisiz, proteoliz, yağ oksidasyonu, volatil bileşenlerin oluşumu ve aroma karakteristiklerinin gelişimi gözlenmektedir. Olgunlaşmanın başında 1, 2 - digliseridlerin ve

serbest yağ asitlerinin oluşumunu, 1, 3 - digliserid ve monogliserid birikimi takip etmektedir. Proteolitik aktivite sonucu olgunlaşma sırasında, nonprotein nitrojen miktarında artış meydana gelmektedir. Ayrıca, özellikle laktik asit üretimi sonucu pH'da düşüş ile asetik asit, peroksitler ve diğer bazı aroma bileşenlerinin oluşumuyla aromanın gelişimi de fermentasyonun ilk günlerinde başlamaktadır. Tüm bu biyokimyasal değişimler hızları yavaşlayarak fermentasyonun sonuna kadar devam etmektedir.

Aroma bileşenlerinin tespitinde gaz kromatografisi ile birlikte yürütülen "sniffing (koklama) testleri", kromatografi kolonundan geçen gazın duyuşal özelliklerinin çok çeşitli olduğunu ortaya koymuştur. Özelliklerine bağlı olarak bu kokular ve bileşenler çeşitli gruplara ayrılmıştır. Ana gruplar olarak; tereyağı, ekşi krema (diasetil, asetoin), küflü peynir (2 - heptanon) gibi mandıra ürünleri kokuları, okside yağ ve plastik madde kokuları gibi ağır ransid ürün kokuları, sirke (asetik asit), alkol (etanol), eter ve meyve kokuları (esterler, 2 - pentanon) gibi fermente ürün kokuları, bazı çiçek ve mantar kokuları (1 - okten - 3 - ol) olarak belirtilmektedir (Berdague ve ark., 1993).

## 6. TARTIŞMA

Fermente et ürünlerinin volatil bileşenleri ve aroma gelişimleri üzerine, şu ana kadar yapılan çalışmalar, starter kültürlerin lipolitik, proteolitik ve glikolitik aktiviteleri dolayısıyla önemli derecede etkili bir faktör olduğunu ortaya koymuştur.

Glikolitik aktivite sonucu oluşan ürünlerin, temelde pH'nın düşüşünden ve böylece de ürünün kendisine özgü tekstür, renk ve tipik ekşimsi tadı almasından sorumlu olduğu ortaya konulmuştur. Ayrıca, bu yolla oluşan volatil bileşenler sucuk aromasının oluşumunda da büyük rol oynamaktadır. Fermente et ürünlerinin üretiminde, bu açılardan, laktik asit bakterileri faaliyetlerinden etkin bir şekilde yararlanılmaktadır.

Fermente et ürünü fermantasyonunda gerçekleşen ikinci önemli biyokimyasal reaksiyon olan lipolisiz sonucu oluşan bileşenler, ürünün karakteristik aromasından sorumlu olan volatil bileşenlerin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Sucuk ve benzeri fermente ürünler üretiminde, lipolitik aktivitesinden faydalanmak için Micrococcaceae familyası üyeleri starter kültür kompozisyonu içerisine eklenmektedir.

Proteoliz de sucuk ve benzeri ürünlerin üretiminde üzerinde önemle durulan bir diğer biyokimyasal

değişimdir. Bu değişimler sonucu üretilen bileşenlerin ürünün aromasından daha çok total lezzet faktörü üzerine etkide bulunduğu belirtilmektedir. Starter kültürde bulunan laktik asit bakterilerinin proteolitik parçalanmada etkisi bulunmakla birlikte, Micrococcaceae üyeleri daha aktif rol oynamaktadırlar.

## 7. KAYNAKLAR

Berdague, L. J., Monteil, P., Montel, M. C. and Talon, R. 1993. Effects of Starter Cultures on the Formation of Flavour Compounds in Dry Sausage. *Meat Sci.* 35, 275-287.

Demeyer, D., Hoozee J. and Mesdom H. 1974. Specificity of Lipolysis During Dry Sausage Ripening. *J. Food Sci.* 39, 293-296

Dietrich, N., Vandekerckhove, P. and Demeyer, D. 1974. Changes in Nonprotein Nitrogen Compounds During Dry Sausage Ripening. *J. Food Sci.* 39, 301-304

Garcia M. L., Selgas, D., Fernandez, M. and Ordonez, J. 1992. Microorganisms and Lipolysis in the Ripening of Dry Fermented Sausages. *Int. J. Food Sci. and Tech.* 27, 675-682.

Graciela, M. V., Holgado, P. R. and Oliver G. 1988. Acid Production and Proteolytic Activity of Lactobacillus Strains Isolated From Dry Sausages. *J. Food Prot.* 51 (6), 481-484

Gökalp, H. Y., Kaya, M. ve Zorba, Ö. 1994. Et Ürünleri İşleme Mühendisliği. Atatürk Üni. Yayın No: 786, Atatürk Üni. Ziraat Fak. Ofset Tesisi.

Erzurum. s. 561.

Gökalp, H. Y. 1995. Fermente Et Ürünleri-Sucuk Üretim Teknolojisi. *Standart Ekonomik ve Teknik Dergisi* 34, 48-55.

Nychas, G. J. E. and Arkoudelos, J. S. 1990. Staphylococci: Their Role in Fermented Sausage. *J. of Applied Bacteriology Symposium Supplement.* 167-188 s.

Samelis, J., Aggelis, G. and Metaxopoulos, J. 1993. Lipolytic and Microbial Changes During the Natural Fermentation and Ripening of Greek Dry Sausages. *Meat Sci.* 35, 371-385.

Selgas, D., Garcia, L., de Fernando, G. G. and Ordonez, J. 1993. Lipolytic and Proteolytic Activity of Micrococci Isolated From Dry Fermented Sausages. *Fleischwirtsch.* 733 (10), 1164-1166.

Johansson, G., Berdague, J. L., Larsson, M., Tran, N. and Borch, E. 1994. Lipolysis, Proteolysis and Formation of Volatile Components During Ripening of a Fermented Sausage With *Pediococcus xylosus* as Starter Culture. *Meat Sci.* 38, 203-218.

Talon, R., Montel, M. C., Gamdemer, G., Viau, M. and Cantonnet, M. 1993. Lipolysis of Pork Fat by *Staphylococcus Warneri*, *S. saprophyticus* and *Micrococcus varians*. *Appl. Microbiol Biotechnol.* 38, 606-609

Zalacain, I., Zapelena, M. J., Astiasaran, I. and Bello, J. 1996. Addition of Lipase From *Candida cylindracea* to a Traditional Formulation of a Dry Fermented Sausage. *Meat Sci.* 42 (2), 155-163.