

# FERMENTE ET ÜRÜNLERİNDE LİPİT REAKSİYONLARI

## ÖZET

Fermente et ürünlerinde lipitler, bu ürünlerin kalitesi üzerinde anahtar rol oynamaktadır. Et ürünlerinin duyuusal niteliklerinin çoğu, içerdikleri lipitlerinin özellikleri ile bu lipitlerde işleme sırasında meydana gelen lipolitik ve oksidatif parçalanma olaylarına bağlıdır. Fermente et ürünlerinde lipit reaksiyonları etin kaynağına, özellikle ırka ve besleme programına bağlıdır. Ayrıca üretim sürecinde kullanılan diğer hammaddeler, katkı maddeleri, starter kültürler ve işleme koşulları da üründe gerçekleşen lipit reaksiyonlarını etkilemektedir. İşleme sırasında lipitler, işleme boyunca aktif kalan et lipazları tarafından gerçekleştirilen şiddetli bir hidrolize maruz kalmaktadır. Lipit hidrolizi sonucu açığa çıkan serbest yağ asitleri okside olarak ürünün özellikle duyuusal niteliklerini etkilemektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Fermente et ürünleri, lipoliz, oksidasyon

## ABSTRACT

Lipids play key role on the final quality of fermented meat products. Most of the sensory characteristics of meat products are depended to the properties of their lipids and lipolytic and oxidative degradation reactions. Lipid reactions in fermented meat products are also depended to the meat source, especially to the race and feeding. Separately raw materials, additives, starter cultures and other materials used in production and processing conditions are also effect the lipid reactions. Free fatty acids liberated by lipolysis are oxidized and effect the sensory properties of the product.

**Keywords:** Fermented meat products, lipolysis, oxidation

## GİRİŞ

Gıdaların belirli bir süre muhafaza edilmesinde çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemler kullanılmaktadır. Tarihi çok eskilere dayanan fermente ürünler biyolojik saklama yöntemi ile elde edilmektedir (Heperkan ve Sözen 1988, Pearson ve Gillett 1996). Fermente gıdalar, deneyimlerle uzun bir süre sonunda üretilmiştir. Taze etin tuzlama ve/veya kurutulması, et işlemenin ilk deneyimleridir. Fermente sosis işleme ilk kez M.Ö. 9. yüzyılda Homer'in Odysey' destanında rastlanmıştır. Ayrıca, Çin'de M.Ö. 400-500 yıllarında fermente et ürünlerinin yapıldığı bilinmektedir (Kerr ve McHale 1994, Varnam ve Sutherland 1995, Incze 1998). Türklerde ise et ürünlerinin üretimi hakkında ilk veriler bir sözlük olan Divanı Lügati Türk'te rastlanmaktadır. Eserde 106 kelimede etin kurutulması fermente edilmesi ve tuzlanması gibi işleme tekniklerinden bahsedilmektedir. 1072 tarihli bu eserde et ile ilgili bu kadar çok terimin

Hüdayi ERCOŞKUN,  
Ankara Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi Gıda  
Mühendisliği Bölümü,  
Ankara

Seyfullah İŞIKSAL,  
Gıda Mühendisi

Mustafa KIRALAN,  
Gıda Mühendisi

var olması Türklerin et teknolojisi ile ilgili deneyimlerinin çok daha eskilere dayandığını göstermektedir (Atalay 1992a, b, c, d). Buna karşın, Avrupa'da fermente et ürünlerinin tarihi çok eski değildir. İlk üreticilere Avrupa'nın Akdeniz kıyılarında 1700'lü yıllarda rastlanmış ve sonrada kuzeye ve batıya yayılmıştır. Bugün fermente et ürünleri üretimi, etin cinsi ve üretim teknolojisine bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir (Varnam ve Sutherland 1995).

Lipitler çeşitli etlerin ve et ürünlerinin tüm niteliklerine etki ederek kalitesi üzerine anahtar rol oynayan ana bileşenlerdendir. Et yağları; yağ dokusunun sertliği, oksidasyon reaksiyonlarına dayanabilirliği, et ürününün lezzeti, lezzet bozuklukları, gevrekliği, sululuğu ve rengi gibi teknolojik bakımdan bir çok önemli kriterleri etkilemesinin yanında enerji, esansiyel yağ asitleri ve az da olsa yağda eriyen vitaminlerin kaynağıdır. Bütün bu faktörler etlerin yağlarını oluşturan bileşenlerin tümünün birlikte değerlendirilmesi ile toplam etkileri önemlidir (Gökalp ve ark. 1994, Toldra ve ark.1997, Toldra 1998).

Fermente et ürünleri içerdikleri yağ oranları ve yağın nitelikleri ürünün işlenmesi, ekonomik değeri ve besleme değeri açısından önem taşımaktadır. Fermente et ürünlerinin kalitesi hem ham maddenin kalitesine hem de işleme sırasında meydana gelen kompleks biyokimyasal reaksiyonlar ile yakından ilişkilidir. Ham materyalin kalitesi büyük ölçüde hayvanların ırkına, yaşına, cinsiyetine ve yemleme koşullarına bağlıdır. Bununla birlikte fermente et ürünlerinde uygulanan teknolojik işlemler, starter veya spontan mikroorganizmalar ve katkı maddeleri üründe gerçekleşen lipolitik reaksiyonları etkilemektedir (Toldra ve ark.1997, Toldra 1998, Ercoşkun 1999, Soyer 2002, Ercoşkun ve ark. 2003, Ercoşkun ve Ertaş 2003).

## LİPOLİZ

Lipoliz, işleme sırasında et lipitlerinin parçalanmasında rol oynayan ana reaksiyon gurubudur. Lipoliz, lipazlar ve fosfolipazlar olarak adlandırılan spesifik enzimler tarafından gerçekleştirilir ve serbest yağ asitleri meydana gelir. Endojen et enzimleri ve bakteri enzimlerinin her ikisi de lipolize neden olmaktadır. Buna karşın, kuru fermente sosislerde meydana gelen lipolize bakteriyel enzimlerin katkısı azdır. Bu tip ürünlerde ortam koşulları bakteriyel lipazın optimum aktivite koşullarından çok uzaktır (Molly ve ark. 1997, Toldra ve ark.1997, Toldra 1998, Zanardi ve ark. 2002, Gandemer 2002).

Fermente et ürünlerinde lipoliz ilk önce fosfolipitlerden başlamaktadır. Fosfolipitler trigliseritlere nazaran daha kolay hidroliz olmaktadır (Buscailhon ve ark. 1994). Bu sonuç, serbest yağ asitleri kompozisyonunun, fosfolipit yağ asidi kompozisyonuna benzer olması ile desteklen-

mektedir. Ayrıca, bu hipotez fermente et ürünleri üretimi sırasında üründe fosfolipit miktarının azalmasıyla da desteklenmektedir (Buscailhon ve ark. 1994, Toldra ve ark.1997, Toldra 1998, Coutron-Gambotti ve Gandemer 1999, Gandemer 2002).

Lipoliz reaksiyonları diğer enzimatik reaksiyonlara nazaran ortam sıcaklığı, su aktivitesi ve pH gibi faktörlerden daha az etkilenmektedir. Enzimlerin çoğu 0.6 a<sub>w</sub> değerinin altındaki su aktivitelerinde inhibe olurlarken lipaz enzimleri 0.2 a<sub>w</sub> değerinde bile aktivitelerini koruyabilmektedirler (Ertaş 1999).

### Et Lipazları İle Lipoliz

Et lipitleri; yağ hücrelerinde ve kas fibrillerinde bulunan trigliserit-lipoprotein lipazı ve hormona duyarlı lipaz enzimleri tarafından hidroliz edilmektedir. Bağı ve kas dokuda tanımlanmış ve lizozomlarda lokalize olan üçüncü bir lipaz sistemi olan asit lipazlardan söz edilmektedir, ancak bunların aktivitesi son derece düşüktür. Fosfolipitler, fosfolipaz olarak adlandırılan spesifik enzimler tarafından hidroliz edilirler. Fosfolipazlar, etki ettikleri ester bağlarına göre üç ana gruba ayrılırlar. Fosfolipaz A<sub>1</sub> ve A<sub>2</sub>, sırasıyla, fosfolipitlerin gliserol iskeletinde 1 ve 2. yağ asitlerini hidroliz eder. Lipoliz, fosfolipaz A aktivitesinden sonra kalan yağ asidinin lisofosfolipaz enzimi tarafından hidroliz edilmesiyle sona ermektedir (Flores ve ark. 1996, Toldra ve ark.1997, Toldra 1998, Gandemer 2002, Ercoşkun ve ark. 2003).

Serbest yağ asidi miktarı kuru-kürlenmiş sosisler ve kuru-kürlenmiş jambonlarda işleme süresince artmaktadır (Coutron-Gambotti ve Gandemer 1999). Taze et ürünlerinde düşük olan serbest yağ asitliği miktarı kuru-kürleme işlemi sırasında hızla artmaktadır. Bu nedenle kuru-kürlenmiş jambonlarda serbest yağ asitleri miktarı, 10 ay içerisinde bağı doku toplam lipitlerinin %1-2'sinden %10-12'sine çıkmaktadır. Fermente et ürünlerinde ilk 6 ay boyunca lipoliz hızı yüksektir, ancak kuru-kürlenmiş jambonların olgunlaştırılmasının sonuna doğru lipoliz yavaşlamaktadır. Parça halinde işlenmiş et ürünlerinde işleme sonunda serbest yağ asitleri miktarı toplam lipitlerin %8-20'sine çıkmaktadır (Buscailhon ve ark. 1994). Kuru sosislerde serbest yağ asidi miktarı 1 ay içinde %1-2'den %4-5'e ulaşmaktadır (Molly ve ark. 1997).

### Mikrobiyal Lipoliz

Fermente sosislerde, lipaz aktivitesi genellikle mikrokok ve stafilokoklara atfedilmektedir. Bunun yanında laktik asit bakterilerinin de lipolitik aktivite gösterebildikleri çeşitli kaynaklarda belirtilmektedir (Hinrichsen ve Andersen 1994, Stahnke 1994, Toldra ve ark.1997, Toldra 1998). Laktik asit bakterilerinin lipolitik aktivitelerinin genellikle mono- ve digliseridlerle kısa zincirli yağ asitlerinin oluşturduğu trigliseridlere etkili olduğu bildirilmektedir. Fermente

sosislerde, lipolitik parçalanmada fazlaca dikkate alınmayan laktobasillerin bazı türlerinin yüksek aktiviteli lipaz enzimleri ürettikleri saptanmıştır (Selgas ve ark. 1993). Fakat genel olarak laktobasillerin düşük molekül ağırlıklı yağ asidi trigliseritleri dışındaki yağların hidrolizinde önemli rol oynamadığı belirtilmektedir (Samelis ve ark. 1993, Hinrichsen ve Pedersen 1995, Gandemer 2002).

Özellikle starter kültür olarak kullanılan mikrokok ve stafilocoklar, fermente kuru sosislerde yağ hidrolizinden sorumlu bakterilerdir. Mikrokok ve stafilocokların uzun zincirli yağ asitlerini de içeren trigliseritlere karşı gösterdiği lipolitik aktivite araştırmacılar tarafından gösterilmiştir (Samelis ve ark. 1993, Toldra ve ark.1997, Toldra 1998, Stahnke 1999a, b).

Bakteriyel lipazların optimum aktiviteleri genellikle pH 7'nin üzerindedir. Bu nedenle bakterilerin lipoliz üzerindeki etkileri aslında tahmin edildiğinden azdır. Lipolitik özellikler gösteren mikroorganizmaların lipaz aktiviteleri hızlı pH düşüşü ile yavaşlamaktadır (Stahnke 1995a, b, c, Toldra ve ark.1997, Toldra 1998).

#### **Fermente Et Ürünlerine Lipaz Katkısı**

Fermente et ürünlerinde modern biyoteknolojik uygulamaların artışına paralel olarak mikrobiyal lipazların da kullanımı giderek artmaktadır. Bu tip lipazlar, çok yönlü katalistler olup hidroliz ve interesterifikasyon gibi biyolojik dönüşüm reaksiyonlarında yer alırlar. Lipazlar; bakteriler, küfler ve mayalar kullanılarak üretilmektedir. Ayrıca memelilerin pankreasında ve kolza tohumu gibi bitkilerde de bulunmaktadır. Mikrobiyal lipaz üretimi için; *Candida* sp., *Pseudomonas* sp.ve *Rhizopus* sp. önemli kaynaklardır. *Candida rugosa* lipazı yağlardan propiyonik asit, butirik asit, butanol, pentanol ve hekzanol üretiminde seçicidir. Bu bileşikler fermente et ürünlerinde fermentasyon sırasındaki reaksiyonlarda oluşan ve son ürünün lezzetini oluşturan bileşiklerdir. Bu bileşiklerin üründe arzu edilen düzeyde lezzetoluşturabilmesi için lipaz konsantrasyonu, pH, sıcaklık gibi ürün parametrelerinin düzenli kontrolü gereklidir (Pandey et al. 1999, Gandemer 2002).

Fermente sosis üretiminde pankreatik lipaz (Fernandez ve ark. 1995a) ve mikrobiyal lipazlar (*Candida cylindracea*, *Rhizomucor miehei* (lipoenzim 10,000L ve Palatase M 200L)) kullanılmış ve olumlu sonuçlar alınmıştır (Zalacain ve ark. 1995, 1996, 1997a, b). Fernandez ve ark. (1995a,b), dokuz farklı pankreatik lipaz dozunu starter içermeyen sosis formülasyonuna katmışlar ve sonra enzim ve starter içermeyen kontrol grubu ile karşılaştırarak lipolitik değişimleri incelemiştir. Fermente kuru sosis üretiminde dokuz farklı dozda pankreatik lipaz kullanılması, trigliseritlerin digliseritlere ve serbest yağ asitlerine parçalanmasını hızlandırmıştır. Özellikle fermentasyon aşamasında mak-

simum düzeyde parçalanma meydana gelmiştir. Lipaz konsantrasyonu arttıkça daha fazla lipoliz gözlenmiş ve daha kısa olgunlaşma süresinde daha yoğun lezzet gelişimi sağlanmıştır (Fernandez ve ark. 1995a). Aynı araştırmacılar pankreatik lipaz katılmasının fermente sosislerin serbest yağ asitlerine, kısa zincirli yağ asitleri kompozisyonuna, karbonil içeriğine ve duyuşal özelliklerine etkilerini incelemiştir ve lipaz enzimi içermeyen kontrol grubuyla karşılaştırdıklarında enzim içeren grupların tümünde serbest yağ asitleri miktarının daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Yine enzim içeren grupların karbonil değerlerinin kontrol grubundan daha yüksek olduğu ve 60 ve 90 lipaz ünitesi içeren gruplar en çok beğenilen gruplar olduğu ifade edilmiştir. Duyusal ve kimyasal analiz sonuçları, 60 ve 90 ünitelik lipaz dozlarının üretim süresinin kısaltılmasında ve arzu edilir tat ve lezzetin oluşturulmasında uygun dozlar olduğunu göstermiştir (Fernandez ve ark. 1995b).

Mikrobiyal lipaz olarak *Candida cylindracea* katılarak starter kültür kullanılarak (*Lactobacillus plantarum* ve *Staphylococcus carnosus*) üretilen fermente sosislerde lipolitik aktivite lipaz katılan sosislerde daha yoğun olmuştur. yüksek lipaz aktivitesi ile oluşan serbest yağ asitleri ise ransiditeyi artırmamıştır (Zalacain ve ark. 1995). Aynı araştırmacılar başka bir çalışmada, starter kültür (*Lactobacillus plantarum* ve *Staphylococcus carnosus*) içeren sosis formülasyonuna bu defa *Candida cylindracea* lipazını katarak, sadece starter içeren kontrol grubuyla lipolizi karşılaştırmışlardır. Lipaz enzimi içeren sosislerde serbest yağ asitliği daha yoğun oluşmasına karşın, oksidatif ransiditede önemli bir artış olmamıştır. Lipaz içeren sosislerde kısa zincirli yağ asitleri ve serbest yağ asitleri daha fazla oluşmuştur (Zalacain ve ark. 1996).

Zalacain ve ark. (1997a), *Rhizomucor miehei* lipazı (lipoenzim 10,000 L)'ni farklı dozlarda fermente sosis formülasyonunda kullanmışlar ve asit oluşumu ve kurutma proseslerinde olumlu sonuçlar almışlardır. Lipolitik enzim eklenen sosislerde daha kısa üretim süresinde daha iyi duyuşal özellikler elde edilmiştir. Aynı araştırmacılar *Rhizomucor miehei* (Palatase M 200L) lipazının fermente sosislerde uygun dozlarını belirlemek üzere yaptıkları çalışmada, 0.100 LU/g enzim dozunun sosisin asitlik değeri yönünden en uygun doz olduğunu, enzim katılmasının ürün stabilitesini (pH ve  $a_w$ ) ve mikroorganizma gelişimini etkilemediğini saptamışlardır (Zalacain ve ark. 1997b).

Enzim teknolojisi gıda endüstrisinin önemli bir kısmını oluşturmaya başlamıştır. Geleneksel olarak üretilen gıdaların kalitesini düzeltmek için enzimlerin kullanımı ekonomik ve teknolojik bir çok avantaj sağlamaktadır. Fermente et ürünleri üretiminde enzimlerin kullanımı ile ilgili çalışmalar son yıllarda artış göstermiştir. Daha önce peynir gibi fer-

mente ürünlerin üretiminde enzimler çok yoğun çalışılmıştır. Benzer teknolojiler olmasına rağmen fermente et teknolojilerinde etin standardizasyonunun güç olması, kompleks ve katı bir ortam olmasından kaynaklanmıştır. Et teknolojilerinde enzim kullanımı, enzim teknolojisi için büyük bir potansiyel oluşturmada olup, fermente et ürünleri üretiminde çalışmaların artırılması gerekmektedir (Zalacain ve ark. 1995, 1996, 1997a, b, Fernandez ve ark. 1995a, b, Pandey et al. 1999, Gandemer 2002).

## LİPİT OKSİDASYONU

Lipit oksidasyonu depolama ve işleme sırasında et kalitesinde bozulmaya neden olan ana nedenlerden birisidir (Asghar ve ark. 1988, Gray ve ark. 1996). Ancak lipit oksidasyonu sadece lezzet bozukluklarına sebep olmaz aynı zamanda fermente et ürünlerinin tipik aromalarının oluşumu için gereklidir (Gökalp ve ark. 1998, Morrisey ve ark. 1998, Toldra ve ark. 1997, Toldra 1998, Zanardi ve ark. 2002, Gandemer 2002).

Et ürünlerinde lipit oksidasyonunun temel işlemi oto-oksidasyon olarak adlandırılan kimyasal bir olaydır ve başlangıç, yayılma ve sonlanma basamaklarından oluşmaktadır (Frankel 1982). Başlangıç aşaması bir yağ asidinde metilen karbonundan bir hidrojen uzaklaşarak alkil radikalinin oluşmasıyla meydana gelir. Bu olay tercihen çoklu doymamış yağ asitlerini etkilemektedir. Çünkü yağ asidinde çiftli bağ sayısı arttıkça metilen karbonundan hidrojeni uzaklaştırmak daha kolaydır (Frankel 1984). Lipit oksidasyonu kaslarda reaktif oksijen ve demir-oksijen kompleksi gibi kimyasalların dahil olduğu bir çok molekül tarafından başlatılmaktadır (Asghar ve ark. 1988). Yayılma aşaması serbest radikali ve oksijen arasındaki reaksiyonla başlamakta ve daha sonra başka bir yağ asidinden bir hidrojen alarak oto-oksidasyonun ürünleri olan hidroperoksitleri oluşmaktadır. Sonlanma aşaması çok kompleks reaksiyonlarla çok sayıda uçucu ve uçucu olmayan bileşiklerin oluşumuna yol açan hidroperoksitlerin parçalanmasıyla başlamaktadır (Frankel 1984). Şekil 1'de fermente et ürünlerinde gerçekleşen lipit reaksiyonları özetlenmiştir.

Oksidasyon reaksiyonları sonucu et ve et ürünlerinin lezzetinde meydana gelen acı tat ve koku oluşumuna ransidite adı verilmektedir. Fermente et ürünlerinde ransidite pH, işleme ve depolama sıcaklığı, kullanılan katkı maddeleri (nitrit ve antioksidantlar) gibi bir çok faktörden etkilenmektedir. Yağ asidi oksidasyonu fermente et ürünlerinin rengini, tekstürünü, lezzetini, besleyici değerini etkilemekte bunun yanında lezzette istenilen ve istenmeyen değişikliklere de yol açmaktadır (Kanner 1994). Lipoliz reaksiyonları sonucu oluşan yağ asitleri mikrobiyal metabolizma ve oto-oksidasyon reaksiyonları ile daha küçük moleküllere parçalanmaktadır. Bu bileşiklerin fermente et ürünlerinde birikimi

ppm seviyesinde olmasına rağmen koku, aroma ve genel lezzet üzerine etkileri oldukça büyüktür (Stahnke 1995a, b, c). Fermente et ürünlerinde baharatın etkileri dışında uçucu bileşenlerin %60'ından fazlası oksidasyon kökenlidir (Berdague ve ark. 1993). Fermente et ürünlerinde koku, aroma ve tat bir kaç yüz bileşenin kendi aralarında dengeli bir dağılımı ile arzulan niteliği kazanmaktadır (Stahnke 1999a, b). Üretim süresince meydana gelen reaksiyonların birinin veya bir kaçının oranının değişmesi istenilen bu dengeli dağılımın bozulmasına ve sonuç olarak tat, aroma ve koku bozukluklarına neden olmaktadır (Toldra ve ark. 1997, Toldra 1998, Ercoşkun 1999, Gandemer 2002, Zanardi ve ark. 2002, Ercoşkun ve Ertaş 2003).

Fermente et ürünlerinde lipitlerin oksidasyonu ile oluşan uçucu bileşiklerin özelliklerini yağ asidi kompozisyonuna bağlıdır. Bu nedenle fermente et ürünleri arasında lipit oksidasyonu ürünleri arasındaki ana farklılıklar, kaslara, kas içi ve derialtı lipit içeriği gibi hammadde nitelikleri, olgunlaştırma, kurutma ve depolama sıcaklığı ve uzunluğu gibi bazı işlem özellikleri, tuz miktarı ve starter kültürdeki bakteri türlerinin karışımı ve amino asitlerin ve karbonhidratların parçalanmasına bağlıdır (Buscailhon ve ark. 1993, Dirinck ve ark. 1997, Garcia ve ark. 1991, Coutron-Gambotti ve Gandemer 1999, Gandemer 2002, Ercoşkun ve ark. 2003).

Fermente et ürünlerinde lipit reaksiyonları geniş çapta araştırılmış ve ilgi aroma oluşumu üzerine olan etkilerinden dolayı uçucu bileşikler üzerine yoğunlaşmıştır. Gıdalardan ekstrakte edilen uçucu kısımdaki bileşiklerin çeşit ve nispi miktarı çeşitli faktörlere bağlıdır. Bunlar arasında yağ asidinin yapısı en önemli faktördür (Frankel 1982). Diğer önemli bir faktör ise, oksidasyon (otooksidasyon, β-oksidasyon, termooksidasyon, fotooksidasyon vb.) mekanizmasıdır. Ortam koşulları (sıcaklık, pH, demir varlığı vb.) peroksitlerin oluşmasında ve parçalanmasında etkilidir. Alkanlar, aldehitler, alkoller, esterler ve karboksilik asitlerin de yer aldığı bir çok uçucu bileşik bu reaksiyonlarla oluşmaktadır (Frankel 1982). Gıdaların aromalarını etkilemelerinden dolayı insan burnunca kolay tespit edilen düşük eşik değerine sahip olan bileşikler en önemli olanlarıdır. Bunlar, aldehitler, bazı doymamış ketonlar ve furan türevleridir. Fermente et ürünlerinde oluşan çoğu uçucu bileşik lipit oksidasyonu ile oluşmaktadır. Oksidasyonla oluşan temel uçucu bileşikler aldehitlerdir. Bu bileşiklerin lezzet üzerine etkisi moleküllerin kimyasal yapısına ve konsantrasyonlarına bağlıdır (MacLeod 1998, Toldra ve ark. 1997, Shahidi 1998, Toldra 1998).

Hidroperoksitlerin parçalanması ile oluşan bileşikler içerisinde en önemli lezzet bileşikler aldehitlerdir. Yağ asidi oksidasyonu ile oluşan aldehitler; doymuş (5-10 C'lu alkanalleri), bazı çoklu doymamış aldehitler (2,4-nonadienal

ve decadienal) ve tekli doymamış (5-11 C'lu alkenaller) olanlardır. Bu aldehitler tipik aroma ve düşük koku eşik değerlerinden dolayı kuru-kürlenmiş et ürünlerinin toplam aromasında büyük etkiye sahiptirler (Dirinck ve ark. 1997, Shahidi 1998). Bazı aldehitler yağsı, ransit ve kızarmış (nonanal, *t*-2-heptanal, 2-pentil-furan, 2,4 decadienal) gibi hoş olmayan koku veririrken, bazıları sebze kokuları gibi daha hoş koku özelliklerine sahiptir. Fermente et ürünlerinde heksanal ve heptanal gibi aldehitler önemli lezzet bozukluğuna yol açmaktadır (Macleod 1998, Shahidi ve Pegg 1994). Ancak sucuktan izole edilen benzaldehit badem ve cuminaldehit (4-izopropil benzaldehit) ise kimyon lezzetine sahip bileşiklerdir. Bu tip bileşikler ise istenen fermente et ürünleri lezzetini oluşturmaktadır (Toldra ve ark.1997, Toldra 1998, Ercoşkun 1999, Ercoşkun ve ark. 2003).

Lipit oksidasyonu ile oluşan ketonlar esas olarak metil-ketonlardır. Bunlar meyvemsi (2-heptanon, 2-dekanon, 2-undekanon), yağsı (2-dodekanon) veya peynir (2-hep-

tanon) gibi çok değişken aroma özellikleri göstermektedir (Shahidi 1998). Metil ketonların muhtemel kökenleri bakteriler tarafından serbest yağ asitlerinin  $\beta$ -oksidasyonudur. Bu nedenle starter kültür seçimi, yağ asitlerinin oto-oksidasyonu ve  $\beta$ -oksidasyonu sonucu oluşan oksidasyon ürünleri arasındaki dengeyi etkilemektedir (Careri ve ark. 1993). Doymuş veya doymamış alkoller de (C4-C8) lipit oksidasyonu sonucu oluşmaktadır. Bu alkoller fermente et ürünlerinde, özellikle 1-okten-3-ol (mantar) ve 1-penten-3-ol (çimensi) gibi toplam aromaya katkıda bulunurlar. Sucukta 1-okten-3-on ve 1-okten-3-ol oluşumu fermentasyon süresince artmaktadır (Ercoşkun 1999, Ercoşkun ve ark. 2003). Bu bileşikler metalik ya da mantarimsı lezzeti oluşturmaktadır (Ho ve Chen 1994, Macleod 1998).

### LİPOLİZ VE OKSİDASYON REAKİSYONLARININ İLİŞKİSİ

Lipoliz reaksiyonlarının takibinde kullanılan en yaygın metot soğuk ekstraksiyonla elde edilen yağda serbest yağ asitliği

Çizelge 1. Doymamış yağ asitlerinden oluşan aldehitler (Ho ve Chen 1994)

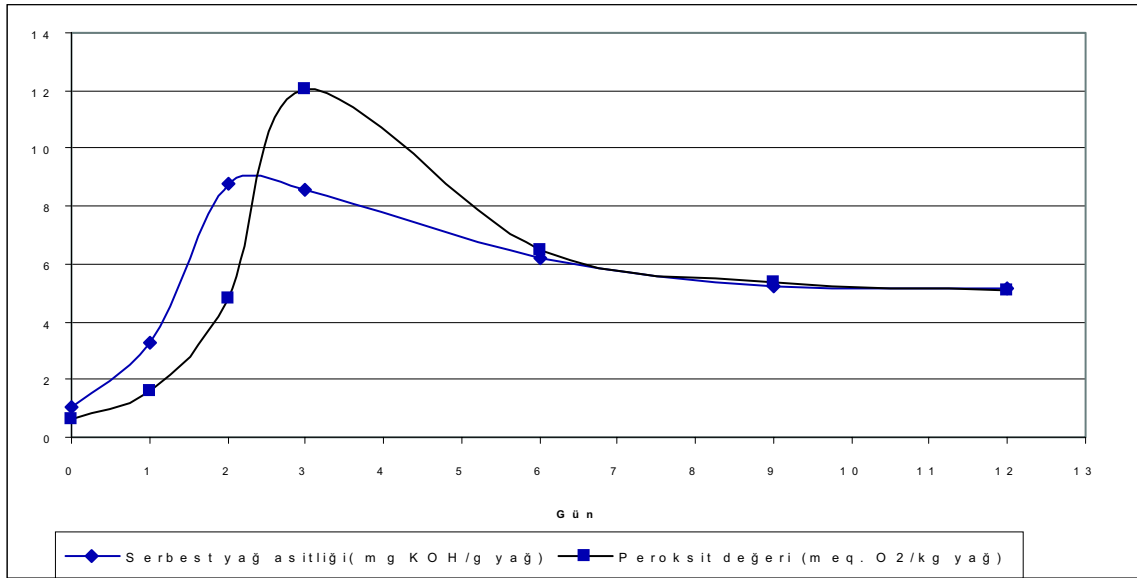
Yağ Asidi	Oluşan Aldehitler
Oleik asit	2-un dekanal dekanal 2-dekanal nonanal oktanal
Linoleik asit	2,4-dekadienal 3-nonenal heksanal
Linolenik asit	2,4,7-dekatrienal 3,6-nonadienal 2,4-heptadienal 3-hekzenal propanal
Araşidonik asit	2,4,7-tridekarienal 3,6-dodekadienal 2,4-dekadienal 3-nonenal heksanal
Eikosapentanoik asit	2,4,7,10,13-hekzadekapentaenal 3,6,9,12-pentadekatetraenal 2,4,7,10-tridekatetraenal 3,6,9-dodekatrienal 2,4,7-dekatrienal 3,6-nonadienal 2,4-heptadienal 3-hekzen propanal

değerinin titrimetrik olarak saptanmasıdır. Bununla birlikte son yıllarda serbest yağ asitliği dağılımının tespit edilmesi de yaygınlaşmaktadır. Fermente et ürünlerinin ülkemizdeki örneği olan sucukta serbest yağ asitliği üretimden itibaren artış göstermektedir (Şekil 1). Ancak bu artış birkaç gün içerisinde yavaşlamaktadır. Bu noktadan sonra az da olsa bir düşüş gözlenmektedir. Kesimden sonra et lipazları ve mikrobiyal lipazlar et lipitlerini parçalanmaktadır. Ürünün hamurunda da benzer şekilde lipitler et ve mikrobiyal lipazlarca parçalanmaktadır. Bununla birlikte özellikle mikrobiyal lipazlar daha kararsız olan doymamış yağ asitlerini tercih etmekte ve böylece oksidasyona hassas olan doymamış yağ asitleri serbest hale geçmektedir. Bu süreç sucuk hamurunun pH'sının mikrobiyal lipaz aktivitesini durduruncaya kadar devam etmekte ve üründe sadece et lipazları aktivitelerini koruyabilmektedir (Toldra ve ark.1997, Toldra 1998, Gökalp ve ark. 1998, Mottram 1998, Ercoşkun 1999, Gandemer 2002, Nassu ve ark. 2003).

Oksidasyon reaksiyonları yaygın olarak peroksit ve tiobarbiturik asit sayılarının tespit edilerek takip edilebilmektedir. Sucuk hamurunda oksidasyon daha önce et ve mikrobiyal lipazlarınca serbestleştirilen yağ asitleri doymuşluklarına veya oksidasyona hassasiyetlerine bağlı olarak birincil oksidasyon ürünleri olan peroksitlere parçalanmaktadır (Ercoşkun ve Ertaş 2003). Bu nedenle sucuk üretiminde dolmu takip eden ilk günlerde peroksit değeri artmaktadır. Bu ilk birkaç gün içerisinde mikrobiyal ve et lipazlarınca oluşturulan serbest yağ asitleri okside olarak peroksitleri oluşturmaktadır. Mikrobiyal lipazların etkisi kalkınca

üründeki lipoliz hızı yavaşlamakta ve dolayısıyla daha az serbest yağ asidi oluşmaktadır (Şekil 1). Peroksitler oldukça reaktif oldukları için hızla parçalanarak üründeki yüksek peroksit değerini düşürmektedir (Ercoşkun 1999). Bununla birlikte ikincil oksidasyon ürünleri olan aldehit, alkan, alken ve alkoller oluşmaktadır. Oluşan bu bileşikler arasında aldehitler diğer bileşenlere nazaran çok daha fazla oluşarak ürünün tiobarbiturik asit reaktif bileşikler değerini yükseltmektedir (Toldra ve ark.1997, Toldra 1998, Gökalp ve ark. 1998, Mottram 1998, Gandemer 2002, Ercoşkun ve Ertaş 2003).

Fermente et ürünlerinde lipit reaksiyonlarını incelemede ürünün uçucu bileşenlerinde meydana gelen değişiklikler de önemlidir. Ercoşkun (1999) tarafından yapılan bir çalışmada starter kültürsüz kontrol (K), *Lactobacillus plantarum* ve *Pediococcus pentosaceus* PC-1 içeren (LP) ve *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus pentosaceus* ve *Staphylococcus xylosus* DD-34 içeren sucuk örneklerinde uçucu bileşenler analiz edilmiştir. Araştırmaya göre sucuk olgunlaşmasının başında tüm guruplarda elde edilen uçucu bileşenlerin moleküler ağırlıkları diğer günlere nazaran oldukça büyüktür. Fermantasyonun başında uçucu bileşenler içerisinde yağ asidi esterlerinin miktarları oldukça yüksektir. Bununla birlikte ilerleyen günlerde bu esterlerin miktarlarında bir azalış görülmüştür. Çünkü bu yağ asidi esterleri lipolizle birlikte oluşmalarının yanında oto-oksidasyon ve  $\beta$ -oksidasyon reaksiyonlarıyla parçalanarak ortamdaki miktarları azalmaktadır. Bu yağ asitlerinin parçalanması sonucu oluşan oksidasyon bileşikler olan daha



Şekil 1. Sucuk üretimi süresince peroksit ve serbest yağ asitliği değerleri (Ercoşkun 1999)

küçük moleküler ağırlıklı bileşenler ise üretimin sonuna kadar bir artış göstermektedir (Toldra ve ark.1997, Toldra 1998, Chen ve Ho 1998, Gandemer 2002). Bu durumun özellikle lipolitik bir bakteri olan *Staphylococcus xylosus* DD-34 içeren sucuklarda daha da belirgin olduğu görülmüştür (Ercoskun 1999).

## SONUÇ

Fermente et ürünlerinde lipit reaksiyonları sonucu; üründe acılaşıma, lezzet bozuklukları ve toksik, mutajenik, kanserojenik, immün sistemini bozucu ve yaşlanmayı hızlandırıcı bileşenlerin oluşumu gerçekleşmektedir. Bununla birlikte üründe lezzet oluşumu/gelişimi için lipit reaksiyonları gereklidir. Fermente et ürünlerinde optimum kalitenin sağlanabilmesi için lipit reaksiyonlarının belirli düzeyde tutulması gereklidir.

## KAYNAKLAR

- Asgar, A., Gray, J. L., Buckley, D. J., Pearson, A. M., and Booren, A. M. 1988. Perspectives on Warmed Over Flavour. *Food Technol.* 42, 102-108.
- Atalay, B. 1992a. Divanü Lugat-ıt Türk: Tercümesi I. Cilt. Türk Tarih Kurumu Basımevi 530s. Ankara.
- Atalay, B. 1992b. Divanü Lugat-ıt Türk: Tercümesi II. Cilt. Türk Tarih Kurumu Basımevi 366s. Ankara.
- Atalay, B. 1992c. Divanü Lugat-ıt Türk: Tercümesi III. Cilt. Türk Tarih Kurumu Basımevi 452s. Ankara.
- Atalay, B. 1992d. Divanü Lugat-ıt Türk: Tercümesi Dizin IV. Cilt. Türk Tarih Kurumu Basımevi 886s. Ankara.
- Berdague, L.J., Montel, 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.
- Buscailhon, S., Gandemer, G., and Monin, G. 1993. Time Related Changes in Volatile Compounds of Lean Tissue During Processing of French Dry-Cured Ham. *J. Sci. Food and Agric.*, 63, 69-75.
- Buscailhon, S., Gandemer, G., and Monin, G. 1994. Time Related Changes in Intramuscular Lipids of French Dry Cured Ham. *Meat Sci.*, 37, 245-255.
- Careri, M., Mongia, A., Barbieri, G., Bozoni, L., Virgili, R. And Parolari, G. 1993. Sensory Property Relationships to Chemical Data of Italian Type Dry-Cured Ham. *J of Food Sci.*, 58,968-972.
- Chen, J and Ho, T.1998. The Flavour of Pork. In *Flavor of Meat, Meat Products and Seafood*. Ed By F. Shahidi 2<sup>nd</sup> Ed. Blackie Academic and Professional. London P429. England.
- Coutron-Gambotti, C., Gandemer, G. 1999. Lipolysis and Oxidation in Subcutaneous Adipose Tissue During Dry Cured Ham Processing. *Food Chem.*, 64, 95-101.
- Dirinck, P., Van Opstaele, F. and Vandendriessche, F. 1997. Flavour Differences Between Northern and Southern European Cured Hams. *Food Chem.*, 59(4), 511-521.
- Ercoskun, H. 1999. Farklı Starter Kültürler Kullanılarak Üretilen Sucukların Bazı Özellikleri Ve Uçucu Aroma Bileşikleri, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 100 s. Denizli.
- Ercoskun, H., Çon, A. H. ve Gökalp, H. Y. 2003. Fermente Et Ürünlerinde Gerçekleşen Lipoliz Olayları ve Aromaya Etkileri. 19 Mayıs Üniv. Ziraat Fak. Derg. 18(2), 45-53.
- Ercoskun, H. ve Ertaş, A. H. 2003. Fermente Et Ürünlerinde Lezzet Bileşenleri ve Oluşumları. *Gıda Mühendisliği Dergisi* 7(16), 38-44.
- Ertaş, A. H. 1999. Fermente Sosislerde Lezzet Oluşumu. *Gıda*, 24(5), 303-317.
- Fernandez, M., de la Hoz, L., Diaz, O., Cambero, M. I. And Ordonez, J. A. 1995a. Effect of the Addition of Pancreatic Lipase on the Ripening of Dry-Fermented Sausage – Part I. Microbial, Physico-Chemical and Lipolytic changes. *Meat Sci.*, 40, 159-170.
- Fernandez, M., de la Hoz, L., Diaz, O., Cambero, M. I. And Ordonez, J. A. 1995b. Effect of the Addition of Pancreatic Lipase on the Ripening of Dry-Fermented Sausage – Part I. Free Fatty Acids, Short-Chain Fatty Acids, Carbonyls and Sensory quality. *Meat Sci.*, 40, 351-362.
- Flores, M., Alasnier, C., Aristoy, M. C., Navarro, J. L., Gandemer, G., and Toldra, F. 1996. Activity of Aminopeptidase and Lipolytic Enzymes in Five Skeletal Muscles With Various Oxidative Patterns. *J. Sci. Food and Agric.*, 70, 127-130.
- Frankel, E. N. 1982. Volatile Lipid Oxidation Products. *Prog. in Lipid Res.*, 22,133-134.
- Frankel, E. N. 1984. Lipid Oxidation: Mechanism, Products and Biological Significance. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 61, 1908-1917.
- Garcia, C., Berdague, J. L., Antequera, T., Lopez-Bote, C., Cordoba, J. J. And Ventanas, J. 1991. Volatile Components of Dry Cured Iberian Ham. *Food Chem.*, 1,23-32.
- Gandemer, G. 2002. Lipids in Muscles and Adipose Tissues, Changes During Processing and Sensory Properties of Meat Products. *Meat Science*, 62, 309-321.
- Gray, J. I., Gomaa, E. A. and Buckley, D. J. 1996. Oxidative Quality and Shelf-Life of Meats. *Meat Sci.*, 43, 111-123.

- Gökalp, H. Y., Kaya, M. Ve Zorba, Ö. 1994. Et Ürünleri İşleme Mühendisliği. Atatürk Üni. Yayın No:786. Atatürk Üni. Ziraat Fak. Ofset Tesisi. 561s.Erzurum.
- Gökalp,H.Y.,Ercoskun, H., ve Çon, A.H. 1998.Fermente Et Ürünlerinde Bazı Biyokimyasal Reaksiyonlar ve Aroma Üzerine Etkileri. Pamukkale Üniv., Mühendislik Bilimleri Dergisi, 4(3),805-811.
- Heperkan, D. ve Sözen, M.(1988). Fermente Et Ürünleri Üretimi ve Mikrobiyal Proseslerin Kaliteye Etkisi.Gıda.13(5), 371-378.
- Hinrichsen, L.L. and Andersen, H.J. 1994. Volatile Compounds and Chemical Changes in Cured Pork: Role of Three Halotolerant Bacteria. J. Agric. Food Chem., 42,1537-1542.
- Hinrichsen, L.L. and Pedersen, S.B. 1995. Relationship Among Flavor. Volatile Compounds. Chemical Changes and Microflora in Italian-Type Dry-Cured Ham During Processing . J. Agric. Food Chem., 43, 2932-2940.
- Ho, T. and Chen, Q. 1994. Lipids in Food Flavours: An Overview. American Chemical Society Symposium Series 558 Lipids in Food Flavors. 2-14. Denver, Colorado, U.S.A.
- Incze, K. 1998. Dry Fermented Sausage. Meat Sci., 49(1), 168-177
- Kanner, J. 1994. Oxidative Processes in Meat and Meat Products. Meat Sci., 36,169-189.
- Kerr, T.J. and McHale.,B.B.(1994). Applications in General Microbiology: A Laboratory Manual. Hunter Inc. Winston-Salem. North Carolina. USA.
- Macleod, G. 1998. The Flavour of Meat. In Flavor of Meat, Meat Products and Seafood. Ed. By F. Shahidi. 2<sup>nd</sup> Edt. Blackie Academic and Professional. London. p429. England.
- Molly, K., Demeyer, D., Johansson, G., Reamakers, M., Ghistelinck and Geenen, I. 1997. The Importance of Meat Enzymes in Ripening and Flavour Generation in Dry Fermented Sausages. First Results of a European Project. Food Chem., 59(4), 539-545.
- Morrisey, P. A., Sheeeyh, P. J. A., Galvin, K., Kerry, J. P. and Buckley, D. J. 1998. Lipid Stability in Meat and Meat Products. Meat Sci., 49(1), 73-86.
- Mottram, D. S. 1998. The Chemistry of Meat Flavour. In Flavor of Meat, Meat Products and Seafood. Ed. By F. Shahidi. 2<sup>nd</sup> Edt. Blackie Academic and Professional. London. p429. England.
- Nassu,R.T.,Goncalves, L.A.G.,Silva, M.A.A.P., and Beserra, F.J.2003.Oxidative Stability of Fermented Goat Meat Sausage with Different Levels of Natural Antioxidant. Meat Science, 63,43-49.
- Pandey, A., Benjamin, S., Soccol, C.R., Nigam, P., Krieger, N., Soccol, V.T. 1999. The Realm of Microbial Lipases in Biotechnology. Biotechnol. Appl. Biochem., 29, 119-131.
- Pearson, A.M. and Gillett, T.A. 1996. Processed Meats. Chapman and Hall Inc. London,UnitedKingdom.
- Samelis, J., Aggelis, G. and Metaxopoulos, J 1993. Lipolytic and Microbial Changes During the Natural Fermentation and Ripening of Greek Dry Sausage. 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.
- Shahidi, F. and Pegg, R. 1994. Hexanal As an Indicator of Flavour Deterioration of Meat and Meat Products. American Chemical Society Symposium Series 558. Lipids in Food Flavors. 256-281. Denver, Colorado, U.S.A.
- Shahidi, F. 1998. Assesment of Lipid Oxidation and Off-flavors Development in Meat, Meat Products and Seafood. In Flavor of Meat, Meat Products and Seafood. Ed. by F. Shahidi. 2<sup>nd</sup> Ed. Blackie Acedemic and Proffesional. London. P429. England.
- Soyer, A. 2002.Fermente Et Ürünlerinde Kaliteyi Etkileyen İç Faktörler.Gıda,27(1),15-19.
- Stahnke, L.H. 1994. Aroma Components from Dried Sausages Fermented with *S. xylosus*. Meat Sci., 38(1), 39-53.
- Stahnke, L. H. 1995a. Dried Sausages Fermented with *Staphylococcus xylosus* at Different Temperatures and with Different Ingredient Levels Part II. Volatile Components. Meat Sci., 41(2), 193-209.
- Stahnke, L. H. 1995b. Dried Sausages Fermented With *Staphylococcus xylosus* at Different Temperatures and with Different Ingredient Levels Part III. Sensory Evaluation. Meat Sci., 41(2), 211-223.
- Stahnke, L. H. 1995c. Dried Sausages Fermented With *Staphylococcus xylosus* at Different Temperatures and with Different Ingredient Levels Part I. Chemical and Bacteriological Data. Meat Sci., 41(2), 179-191.
- Stahnke, L. H. 1999a. Volatiles Produced by *Staphylococcus xylosus* and *Staphylococcus cornosus* During Growth in Sausage Minces. I. Collection and Identification. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie, 32, 357-364.
- Stahnke, L. H. 1999b. Volatiles Produced By *Staphylococcus xylosus* and *Staphylococcus cornosus* During Growth in Sausage Minces. I. The Influence Of Growth Parameters. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie, 32, 365-371.



- Toldra, F. 1998. Proteolysis and Lipolysis in Flavour Development of Dry-Cured Meat Products, Meat Sci. 49(1),101-110.
- Toldra, F., Flores, M and Sanz, Y. 1997. Dry-Cured Ham Flavour: Enzymatic Generation and Process Influence, Food Chem. 59(4).
- Varnam, A. H. and Sutherland, J.P. 1995. Meat and Meat Products; Technology, Chemistry and Microbiology. Chapman and Hall Inc. London, United Kingdom.
- Zalacain, I., Zapelena, M. J., Astiasaran, I. And Bello, J. 1995. Dry Fermented Sausage Elaborated with Lipase from *Candida cylindracea*. Comparison with Traditional Formulations. Meat Sci., 40, 55-61.
- 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.
- Zalacain, I., Zapelena, M.J., Paz De Pena, M., Astiasaran, I. and Bello, J. 1997a. Application of Lipozyme 10,000 L (from *Rhizomucor miehei*) in dry Fermented Sausage Technology: Study in a Pilot Plant and at the Industrial Level. J. Agric. Food Chem., 1972-1976.
- Zalacain, I., Zapelena, M.J., Paz De Pena, M., Astiasaran, I. and Bello, J. 1997b. Use of Lipase from *Rhizomucor miehei* in Dry Fermented Sausages Elaboration: Microbial Chemical and Sensory Analysis. Meat Sci., 45(1), 99-105.
- Zanardi, E., Dorigoni, V., Badiani, A., Chizzolini, R.2002. Lipid and Colour Stability of Milano-Type Sausages:Effect of Packing Conditions. Meat Science, 61, 7-14 ■

## KİTAPLAR

### *Et Bilimi ve Teknolojisi Kitabı*

Yazar : Doç. Dr. Aydın ÖZTAN

Ücreti: 20.000.000 TL

Oda Üyesi: 15.000.000 TL

Öğrenci: 13.500.000 TL

### *3.Gıda Mühendisliği Kongresi Kitabı*

Ücreti: 10.000.000 TL

Oda Üyesi: 7.500.000 TL

Öğrenci: 7.500.000 TL

### *3. Gıda Mühendisliği Paneller Kitabı: Ücretsiz*

### *Genetik Modifiye Organizmalar ve Gıdalarda Kullanımı Panel Kitabı: Ücretsiz*

### *Gıda Sanayi Raporu kitabı: Ücretsiz*

Kitapları merkez, şube ve temsilcilerimizden temin edebilirsiniz.

Ayrıca oda hesap numarasına ücretini yatırdıktan sonra, dekontu

0312 232 40 57 nolu numaraya faksladığımız takdirde kitap ödemeli

olarak kargo ile adresinize gönderilecektir.