



ETLERDE BAYAT LEZZET

Tahir YILMAZ ^{1, a}, Ahmet GÜNER ^{1, b}

¹ Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Besin Hijyeni ve Teknolojisi AD, Konya, Türkiye

**Corresponding Author:*
E-mail: tahir.yilmaz@selcuk.edu.tr

(Received 30th March 2021; accepted 12nd October 2021)

a:  ORCID: 0000-0002-7653-0484, b:  ORCID: 0000-0001-9661-555X

ÖZET

Warmed Over Flavor (WOF) terimi etlerde arzu edilmeyen lezzetin hızlı gelişimini tarif etmek için kullanılmaktadır. Et ve ürünlerinde arzu edilmeyen lezzetin oluşmasından sorumlu ana mekanizmalardan birisi de lipit oksidasyonudur. Hücre zarının bileşeni olan fosfolipitlerin oksidasyonunun WOF gelişiminde rol oynadığı bilinmektedir. Bu süreç, gelişimi günlerce süren lipit oksidasyonuna göre daha kısa sürede şekillenmektedir. WOF, pişirildikten sonra buzdolabında depolanan etlerin tüketim öncesi ısıtılması sonucu acı, bayat, küflü tat olarak algılanabilmektedir. Et ve ürünlerinde WOF gelişimiyle birlikte açığa çıkan bozunma ürünleri et lezzetinin gelişimine engel olmakla birlikte, hücre fonksiyonlarını etkilemesiyle halk sağlığı sorunlarına da (örn., kanser, kalp damar hastalıkları) sebep olmaktadır. Bu derleme, et ve ürünlerinde oluşan WOF için genel bir bakış açısı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Et, bayat lezzet, lezzet azalması.

WARMED OVER FLAVOR IN MEAT

ABSTRACT

The term Warmed Over Flavor (WOF) is used to describe the rapid development of undesirable flavor in meats. Lipid oxidation is one of the main mechanisms responsible for creating an undesirable taste in meat and meat products. It is known that oxidation of phospholipids, which are components of the cell membrane play a role in the development of WOF. This process, It takes shape in a shorter time than lipid oxidation, which takes days to develop. WOF can be perceived as bitter, stale and moldy taste as a result of pre-consumption heating in meats stored in the refrigerator after cooking. The degradation products released with the development of WOF in meat and meat products prevent the development of meat flavor, but also cause public health problems (eg., cancer, cardiovascular diseases) by affecting cell functions. This review, provides an overview of WOF that occurs in meat and its products.

Keywords: Meat, stale flavour, lose of flavor.

GİRİŞ

Lipit oksidasyonu, et ve et ürünlerinde kalitenin bozulmasından sorumlu başlıca mekanizmalardan birisi olarak bilinmektedir. Et ve ürünlerinde lezzeti olumsuz etkilemenin yanı sıra, halk sağlığı açısından zararlı bileşiklerin oluşumuna da sebep olmaktadır. Lipitlerde oluşan oksidatif bozulmalar doymamış yağ asitlerinde özellikle de

çoklu doymamış yağ asitlerinde gözlenmektedir. Doymamış yağ asitleri içerisinde de hücre zarının başlıca lipit bileşeni olan fosfolipitlerin oksidasyona daha yatkın olduğu bilinmektedir [4]. Etin fosfolipit fraksiyonu oldukça sabitken, lipit içeriği oldukça değişkendir. Fosfolipitlerin domuz eti hariç diğer beyaz ve kırmızı etlerde, warmed-over flavour (WOF) gelişimi için önemli bir rol oynadığı belirtilmektedir [1].

WOF terimi ilk olarak, pişmiş etlerde oluşmuş okside lezzetin hızlı gelişimini tarif etmek için kullanılmıştır. Ancak, WOF, soğuk havada (4°C) muhafaza edilen etlerde, pişirilmiş etlerde veya oksijene maruz kalmış kıymalarda da çok hızlı bir şekilde gelişmektedir. Gelişimi birkaç gün sürebilen lipit oksidasyonu ile kıyaslandığında WOF gelişimi birkaç saat gibi çok daha kısa bir sürede gerçekleşebilmektedir [1]. WOF'a sadece lipit oksidasyonu sebep olmamaktadır. Proteinlerin degradasyonunu içeren reaksiyonların da WOF gelişimine yol açması nedeniyle özellikle sığır etinde arzu edilen lezzetin gelişimine engel olduğu bildirilmektedir [2].

Piştirilmiş veya işlenmiş et ürünlerinde WOF gelişimi gıda endüstrisi için büyük bir sorun haline gelmiştir [1]. WOF gelişimi, antioksidanların kullanılmasıyla etkili bir şekilde kontrol edilmekte veya en aza indirilebilmektedir. Bunun yanı sıra nitrat-nitrit, dumanlama, Maillard Reaksiyon ürünleri, paketlenme yöntemleri ve pişirme yöntemleri de WOF inhibisyonunda etkili olmaktadır. WOF gelişiminin engellenmesi halk sağlığı (örn., mutajenik, sitotoksik, karsinojenik ve nörodejeneratif bozukluklar) bakımından ve ekonomik olarak büyük öneme sahiptir. Şarküteriler, hava yolu firmaları, fast-food restoranlarının piştirilmiş ve dondurulmuş et ürünlerine olan ihtiyacının artmasından dolayı WOF gelişiminin önlenmesi ayrıca önem kazanmıştır.

LİPİTLER ve OKSİDASYON

Lipitler

Etin yapısında bulunan yağlar depo ve kas içi yağlar olarak sınıflandırılabilir. Depo yağlar kas arası, derialtı (kabuk yağı), göğüs ve karın boşluğunda bulunur. Depo yağların temel bileşeni trigliseridlerdir. Kas içi yağlar fosfolipidleri fazla miktarda içerir. Fosfolipidlerin oksidasyona duyarlılığı et kalitesinin belirlenmesinde önemlidir. Farklı tür hayvanların vücut yağlarındaki toplam lipit ve nötral lipit miktarı değişiklik gösterebilirken fosfolipit miktarı sabittir. Ayrıca açık renkli kaslarda bulunan fosfolipidler tekli doymamış yağ asitlerini fazla miktarda içerirken, koyu renkli kaslarda bulunanlar çoklu doymamış yağ asitlerini içerir [3].

Lipitler doymuş ve doymamış yağ asitlerini içermektedir. Bir yağ asidinin doymuş veya doymamış olması yapısındaki çift bağ sayısı ile belirlenmektedir. Doymuş yağ asitleri çift bağ içermezken, doymamış yağ asitlerinin yapısında en az bir adet çift bağ bulunmaktadır. Doymamış yağ asitlerinin ilk çift bağı, genellikle karboksil grubunda C₉ ve C₁₀ atomları arasında oluşmaktadır. Çoklu doymamış yağ asitlerinde çift bağlar C₉ atomundan başlayıp molekülün metil ucuna doğru hareket eder ve her 3 karbon atomunda bir çift bağ oluşumu gözlenmektedir. Yağ asiti çift bağları hidrokarbon zincirinde 30° sert bir bükülme oluşturan cis konfigürasyonuna sahiptir. Yağ asitindeki bu bükülme oksijenle teması arttırarak lipit oksidasyonunun oluşmasına neden olmaktadır [1].

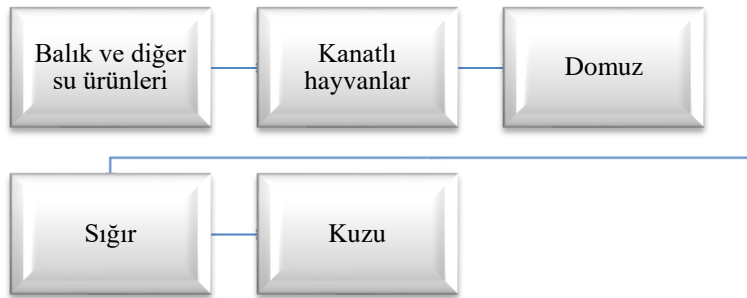
Oksidasyon

Et ve ürünlerinde kalitenin bozulmasından sorumlu ana mekanizmalardan birisi olarak bilinen lipit oksidasyonu [2], doymamış yağ asitlerinde özellikle de çoklu doymamış yağ asitlerinde ortamdaki O₂ mevcudiyetine bağlı olarak şekillenmektedir. Doymamış yağ asitleri içerisinde de hücre zarının başlıca lipit bileşeni olan fosfolipitlerin oksidasyona daha yatkın olduğu bilinmektedir [4].

Fosfolipitler, C₁ ve C₂ pozisyonlarında yağ asitlerine esterlenmiş gliserol-3-fosfattan oluşmaktadır. Fosfat grubu hidrofilik, yağ asitleri hidrofobiktir. Etin fosfolipit fraksiyonu oldukça sabitken, lipit içeriği oldukça değişkendir. Fosfolipitlerin domuz eti hariç diğer beyaz ve kırmızı etlerde, WOF gelişimi için önemli bir rol oynadığı belirtilmektedir [1]. Tablo 1’de farklı türlere ait etlerin doymuş ve doymamış yağ asiti içerikleri [5,6], Şekil 2.1’de oksidasyona duyarlılıkları belirtilmiştir [4].

Tablo 1. Sığır, tavuk ve balık etinin lipit bileşimi yüzdeleri [5, 6]

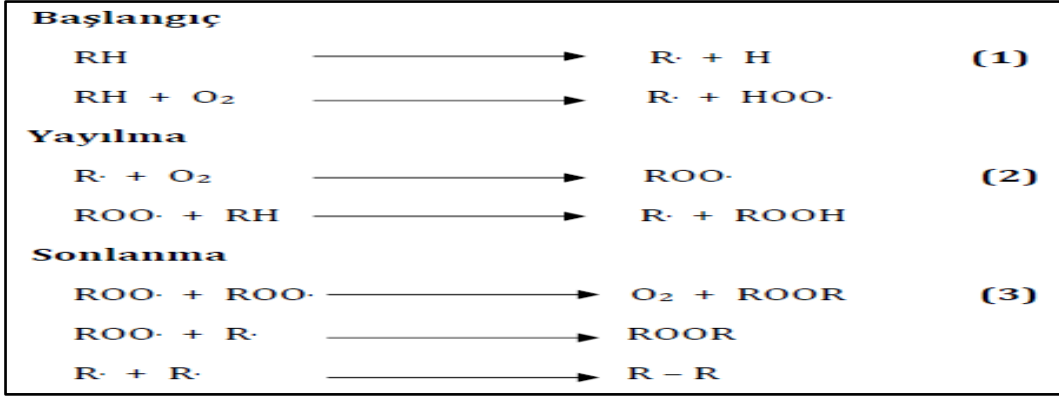
Yağ Asidi Türü	Sığır	Tavuk	Balık
Doymuş yağ asidi	39-40	28-31	22-27
Tek çift bağ içeren doymamış yağ asidi	45-46	47-51	21-23
Çoklu doymamış yağ asidi	15-16	15-19	29-31
Toplam doymamış yağ asidi	60-61	62-70	73-78



Şekil 1. Oksidasyona yatkınlıklarına göre farklı tür etlerin sıralaması [4]

Serbest Radikal Mekanizması

Lipit oksidasyonunun en önemli mekanizma olarak belirtilen serbest radikal mekanizması başlangıç, yayılma ve sonlanma basamaklarından oluşmaktadır (Şekil 2). Başlangıç aşamasındaki serbest radikallerin oluşumunda ısı, ışık, oksijen, metal iyonları, hem bileşikler, UV ışınları ve metal iyonları indükleyici rol oynamaktadır [7].



RH: doymamış yağ asidi; R: serbest radikal; ROO: peroksit radikal; ROOH: hidroperoksit; ROOR: oksidasyon ürünü

Şekil 2. Lipid Oksidasyon Mekanizması [7]

Başlangıç aşamasında yağ asidi zincirinde bulunan metilen ucuna bağlı kararsız yapıdaki hidrojen (H) atomu zincirden uzaklaşarak serbest radikal oluşmaktadır. Yağ asitindeki çift bağ sayısı arttıkça metilen karbonundan hidrojeni uzaklaştırmak daha kolay hale gelmektedir (1). Yayılma aşamasında oluşan serbest radikal ile oksijen arasında bir reaksiyon başlayarak peroksit radikali (ROO) oluşmaktadır. Oluşan bu yeni radikal, trigliserid veya yağ asidiyle tepkimeye girerek oksidasyonun birincil ürünleri olan hidroperoksitleri oluşturmaktadır. Bu reaksiyon sadece moleküler oksijenle sınırlı kalmayıp aynı zamanda O₂-, HO- gibi diğer oksijen türleriyle de tepkimeye girebilmektedir (2). Sonlanma aşaması kompleks reaksiyonlarla, çok sayıda uçucu ve uçucu olmayan bileşiklerin oluşumuna yol açan hidroperoksitlerin parçalanmasıyla başlamaktadır. Serbest radikal miktarı çok fazla arttığında iki serbest radikal birleşmekte ve reaksiyon sonlanma aşamasına ulaşmaktadır (3) [7].

Lipit oksidasyonu zincirleme bir reaksiyondur ve bu zincir reaksiyonunun başlatıcısı ilk aşamalarda oluşan hidroperoksitlerdir. Hidroperoksitlerin, kokusuz, tatsız ve oldukça kararsız oldukları gözlenmiştir. Bozulmaları aldehitler, ketonlar, asitler, alkanlar, alkenler, alkoller, esterler, epoksi bileşikleri, polimerler ve malonaldehit gibi çok sayıda ikincil oksidasyon ürünlerinin oluşumuna yol açmaktadır. Kısa zincirli aldehitlerden, pentenal ve heksenal düşük konsantrasyonlarda dahi çok güçlü uçuculardır ve et ürünlerinde arzu edilmeyen lezzetin oluşumunda büyük etkiye sahiptirler. Linoleik asitin oksidasyon ana ürünü olan heksenal, lipit oksidasyonunun iyi bir göstergesi olarak bilinmektedir. Soğutulmuş et ürünleri yeniden ısıtıldığında lipitlerde çözünen, uçucu ve hoş olmayan lezzeti oluşturan bileşiklerin heksenal ve pentenal olduğu belirtilmektedir [4].

Prooksidanlar

Lipitlerde oksidasyon derecesinin artmasına neden olabilecek birçok faktör bulunmaktadır. Katkı maddeleri, demir ve bakır gibi metaller veya çevresel faktörlerin (örn., sıcaklık) prooksidan olarak görev yaptıkları bilinmektedir. Isıl işlem uygulanmasıyla birlikte hem pigmentlerinden salınan önemli miktarda hem olmayan demir (non-haem) pişirme (örn., fırında veya yağda kızartma, ızgara veya haşlama) sırasında etlerde özellikle de fosfolipidlerde oksidasyonun artmasına neden olmaktadır. [1].

Su ve kullanılan ekipmanlar yoluyla ete bulaşan iz elementler (örn., demir, kobalt ve bakır) lipitler ile reaksiyona girebilir veya oluşan hidroperoksitlerin ayrışmasına sebep olabilmektedir. Etin kemikten ayrılması, doğranması, çekilmesi veya pişirilmesi gibi işlemler hücre membranlarının bozulmasına ve hücre içeriğinin serbest kalarak PUFA'ların oksidatif strese maruz kalmasına ve WOF gelişimine sebep olmaktadır. Et ve et ürünlerine lezzet ve işlevsellik açısından ilave edilen tuzdaki klorür iyonları doymamış yağ asitlerinde oksidasyonu başlattığı için WOF gelişimini kolaylaştırmaktadır [4].

Lipit Oksidasyon Ürünlerinin Halk Sağlığı Üzerine Etkisi

Lipit oksidasyonu ile oluşan hidroperoksitler ve bozunma ürünlerinin proteinler, hücre zarı ve biyolojik bileşenlere zarar vermesi hayati hücre fonksiyonlarını etkilediğinden çok önemli sağlık sorunlarına sebep olabilmektedir. Hidroperoksitler, aldehitler, ketonlar ve oksisteroller gibi bileşiklerin mutajenik, sitotoksik ve karsinojenik etkileri olduğu düşünülmekte, kalp-damar hastalıkları ile nörodejeneratif bozukluklara sebep olmasından dolayı halk sağlığına olumsuz etkileri olduğu bildirilmektedir [8].

Lipit peroksidasyonun, hücre zarının lipit yapısındaki değişimler nedeni ile hücre zarı işlevinin bozulmasına sebep olduğu, oluşan serbest radikallerin enzimler ve diğer hücre bileşenleri üzerinde zararlı etki yarattığı ve son ürünler olan aldehitlerin sitotoksik etkileri ile hücre hasarına neden olduğu, ayrıca hayvan araştırmaları ve biyokimyasal çalışmalar sonucunda, perokside olmuş gıda tüketiminin kalp hastalığı, kanser ve erken yaşlanmaya sebep olduğu, tümör ve ateroskleroza da arttırdığı bildirilmiştir [7].

WARMED OVER FLAVOR

WOF terimi, pişirilmiş etlerde okside olmuş lezzetin hızlı gelişimini tarif etmek için ilk olarak Tims ve Watts [9] tarafından kullanılmıştır. WOF mekanizmasının esasen bir lipit oksidasyonu olduğu ifade edilmektedir. Ancak, WOF, soğuk havada muhafaza edilen etlerde, pişirilmiş etlerde veya oksijene maruz kalmış kıymalarda çok hızlı bir şekilde gelişmektedir. Gelişimi birkaç gün sürebilen lipit oksidasyonu ile kıyaslandığında; ransidite oluşumu derin dondurucuda günlerce sürmesine karşın, WOF buzdolabında depolanan pişirilmiş etlerde 48 saat gibi kısa bir süre içerisinde şekillenmektedir. WOF, en çok pişirildikten sonra buzdolabında depolanan etlerin tüketim öncesi ısıtılması sonucunda duyuşal olarak algılanabilmektedir. WOF gelişiminde koku ve lezzet değişikliğinin yanı sıra Tiyobarbitürik asit (TBA) değerlerinde de büyük bir artış gözlemlenmiştir. Ayrıca et içerisinde mevcut olan herhangi bir lipit oksidasyon katalizörünün, oksidasyona duyarlı lipitlerle temas halinde olduğu ve WOF'un hızlı gelişimine katkıda bulunabileceği belirtilmiştir [1].

WOF uzun yıllar boyunca duyuşal olarak incelenmiştir. İlk duyuşal tanımlamalar, hoş olmayan lezzet gelişimini tarif etmek için 'warmed-over', 'stale' ve 'rancid' terimleri olarak ifade edilmiştir [9]. Arzu edilmeyen lezzet, WOF'un duyuşal algısının ana nedeni olarak kabul edilmektedir. Daha sonraki yıllarda yapılan duyuşal çalışmalara bakıldığında, genel olarak taze et tadının azalması, karton benzeri bir tekstüre sahip olması ve uzun süreli soğuk depolama nedeniyle acı tat oluşumu, tanımlanan duyuşal özellikler arasında yer almaktadır. Et kalitesinin azalmasına neden olan kükürt içeren heteroatomik bileşiklerin bozulmasını içeren reaksiyonlar, WOF gelişiminin ayrılmaz bir parçasıdır [2]. Duyuşal etkilerinden dolayı gıda endüstrisi için büyük bir sorun haline gelen WOF halk sağlığı açısından da risk teşkil etmektedir [1].

Gelişim Mekanizması

WOF, demir tarafından katalize edilen lipitlerin özellikle de fosfolipitlerin oksidasyonundan kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, yüksek miktarda PUFA içeren etlerin oksidasyona ve WOF gelişimine daha duyarlı oldukları bilinmektedir. WOF'a sadece lipit oksidasyonu sebep olmamaktadır. Proteinlerin degradasyonunu da içeren reaksiyonların WOF gelişimine yol açması nedeniyle özellikle sığır etinde arzu edilen lezzetin gelişimine engel olmaktadır. Reaksiyonların çoğu serbest radikalleri içermektedir. Bu nedenle demir ve serbest radikallerin, lipit oksidasyonunu ve proteinlerin degradasyonunu katalize ettiği, bu bileşenlerinde WOF gelişiminde rol oynadığı belirtilmektedir [1].

Etin pişirilmesiyle myoglobin parçalanarak Fe^{+2} açığa çıkmakta ve bunun sonucunda da lipit oksidasyonu ve WOF gelişimi hızlanmaktadır. Etin pişirilmesi sırasında termal ve redoks tepkimeleri nedeniyle Fe^{+2} myoglobinden veya hemoglobinden ayrılmaktadır. Böylece serbest hale geçen Fe^{+2} fosfolipitlerin negatif ucuna kuvvetli bir şekilde bağlanmaktadır. Demir-lipit kompleksi, oksijensiz radikallerin oluşumunu katalize ederek fosfolipitlerin, çoklu doymamış yağ asitlerinden biri veya her ikisi ile hızlı bir şekilde reaksiyona girmesine sebep olmaktadır. Ayrıca hidrojen peroksit ile muamelenin hem demirini, ısıtmaya oranla daha fazla tahrip ettiği ve etlerde daha fazla oksidasyona neden olduğu belirtilmiştir [3].

WOF Gelişimine Etki Eden Faktörler

1. Kesim öncesi stresin etkisi

Kesim anında kaslarda bulunan glikojen düzeyi etin kalitesini etkileyen önemli bir faktördür. Kesim öncesi yaşanan stres depo glikojen rezervinin düşük düzeyde olmasına bağlı olarak az miktarda laktik asit oluşumuna sebep olacaktır [10]. Kesim öncesi stresin, WOF gelişimi üzerine etkisi henüz tam olarak anlaşılamamıştır. Ancak kıyma olarak çekilmiş ve pişirilmiş domuz etinde TBA ölçümü yapıldığında lipit oksidasyonunun pH 5'in altında belirgin olduğu, pH 7'nin üstünde ise belirgin şekilde azaldığı gözlenmiştir. Bu nedenle, kesim öncesi stresten kaynaklanan normalin üstündeki pH değerinin lipit oksidasyonunu ve dolayısıyla pişirilmiş etlerde WOF gelişimini azalttığı belirtilmektedir. Ayrıca, pH'nın artmasına bağlı olarak prooksidan aktivitesinin düştüğü, buna bağlı olarak lipit oksidasyonunun azaldığı ileri sürülmüştür [11].

2. Hayvan rasyonlarının etkisi

Hayvan rasyonunda bulunan lipit içeriğindeki değişimin, hayvan dokularının lipit bileşiminde de değişikliklere yol açtığı bilinmektedir. Doymamış yağ asitleri bakımından yüksek olan balık yağının, tavuk ve domuz rasyonlarına ilave edilmesiyle, bu hayvanlardan elde edilen etlerde WOF gelişimine neden olduğu tespit edilmiştir [12].

3. Et işleminin etkisi

Etlerin işlenmesi sırasında uygulanan işlemler (örn., parçalama, karıştırma, katkı maddeleri, ısıl işlem) WOF gelişimini etkilemektedir. Pişirilmiş etler, çiğ etlere kıyasla lipid oksidasyonuna daha duyarlı olmasına rağmen, taze etlerin parçalar haline getirilmesi, kuşbaşı doğranması veya kıyma olarak çekilmesinin yüzey alanını arttırması

ve daha fazla O₂ maruziyetine sebep olması nedeniyle lipid oksidasyonunun artmasına yol açacağı bildirilmektedir [13]. Ayrıca etlerin işlenmesi esnasında myoglobinin parçalanması sonucu serbest demir açığa çıkması dolayısıyla işlenmiş et ürünlerinin lipid oksidasyonuna ve WOF gelişimine daha duyarlı olabileceği belirtilmektedir [11].

WOF Gelişimi Üzerine Yapılan Duyusal Çalışmalar

WOF'un duyusal olarak tartışılması, pişirilmiş ve soğukta muhafaza edilmiş etlerde gelişen lezzetsiz maddeleri tanımlamak ve geçmişte yaygın olarak kullanılmış tanımlamaları değerlendirmek ve uygun kavram/ları bulmak için başlamıştır. Tims ve Watts [9], pişmiş et lezzetinin soğukta depolama sırasında hızla değiştiğini, gelişen karakteristik lezzet bozukluğunun 'bayat', 'acı' veya 'ısıtılmış bayat lezzet' gibi terimlerle tanımladığını ifade etmişlerdir. Panelistlerden WOF'u tanımlamak için tek niteliğin yoğunluğunu değerlendirmeleri istendiğinde genel olarak 'ısıtılmış bayat lezzet', 'acı' ve 'okside olmuş' tanımlamaları sıklıkla yapılmıştır. Tarif edilen nitelikler spesifik olarak ortaya çıkan lezzeti karakterize etmemektedir. Panelistler, et ve et ürünlerinde WOF'u değerlendirmek için "öznel lezzet ve koku değerlendirmeleri (subjective flavour and odour evaluations)" olarak adlandırdıkları ifadeyi kullanmışlardır. WOF gelişimini tanımlamak için kullanılan başlıca terimlerin 'ısıtılmış bayat lezzet', 'acı' ve 'tatsız' olduğu saptanmıştır. Kullanılan terimler değerlendirildiğinde söz konusu spesifik duyusal tatlardan ziyade, lezzetsizliğin nedeni belirtilmektedir [2]. Dolayısıyla WOF'un duyusal olarak değerlendirilmesi, WOF gelişimini tek bir terimle tanımlamak yerine, lezzetsizliğin bir dizi terim ile ifade edilmesine dayanmaktadır (Tablo 2). Joseph ve ark [14], WOF'un tanımlanması için birden fazla terim kullandıkları çalışmalarında panelistlerin WOF'u tanımlamak için en fazla 'küflü', 'bayat', 'acı', 'ısıtılmış bayat lezzet' ve 'tatsız' terimlerini kullandıklarını bildirmişlerdir. Jacobsen ve Koehler [15], 'küflü', 'bayat' ve 'acı' terimlerinin pişirilmiş ve soğukta depolanmış kanatlı hayvan etlerinde arttığını, 'tatlı', 'etli (meaty)', 'yağlı' gibi kelimelerin etkin kullanımının azaldığını ifade etmişlerdir. Dolayısıyla araştırmacılar, WOF gelişiminin yalnızca lipid oksidasyonu sonucu duyusal bir bakış açısıyla algılanmadığını aynı zamanda taze "etli" ifadesinin kaybına neden olan bir gösterge olarak karşımıza çıktığını bildirmişlerdir.

Tablo 2. Duyusal muayenede WOF için kullanılan terimler

Jacobsen & Koehler [15]	Harris & Lindsay [16]	Joseph ve ark. [14]
Yavan	Yağlı	Ekşi
Tatlı	Sülfürlü	Metalik
Yağlı	Karaciğer tadı	Tatlı
Sülfürlü	Isıtılmış bayat lezzet*	Kokuşmuş
Taşlık tadı	Bayat*	Tuzlu
Küflü*	Acı*	Acı*
Bayat*		Tatsız
Acı*		

*:WOF'u tanımlamak için panelistler tarafından en çok kullanılan veya yoğunluğunun en çok olduğu belirtilen terimleri ifade etmektedir.

Yapılan bir çalışmada araştırmacılar pişirilmiş, soğukta muhafaza edilmiş ve tekrar ısıtılmış etlerin, depolama süresi boyunca bir dizi karakteristik değişikliğe uğradığını ve

panelistlerin taze ‘meaty’ lezzetin ısıtıldıkça azalmasının yanı sıra, bayatlığın ve kokuşmuşluğun arttığını tarif ettiklerini bildirmişlerdir [2].

WOF’UN BELİRLENMESİ VE ÖLÇÜLMESİ

WOF gelişimi çok karmaşık bir süreç olduğundan, meydana gelen oksidatif değişikliklerin miktarını ölçmenin birçok yolu bulunmaktadır. Lipit oksidasyon derecesinin tespiti ve ölçümü, WOF’un belirlenmesinde büyük öneme sahiptir. Lipit oksidasyonunu belirlemede çok farklı metotlar kullanılmaktadır [17].

Lipit oksidasyonunun belirlenmesinde yöntemin uygunluğu ürünün türüne, işlenme ve saklanma şekline bağlıdır. Bir diğer önemli nokta da uygulanan yöntemin, lipit oksidasyonu veya WOF gelişiminin duyu analizi ile olan korelasyon derecesidir. Genel olarak pişirilmiş etlerdeki lipit oksidasyonunu ölçmek için mevcut kimyasal yöntemler birincil ve ikincil ürünlerin ölçümü olarak ayrılmaktadır [2].

Birincil Ürünlerin Ölçümü

Birincil değişiklikleri belirleyen yöntemlerle, PUFA ve O₂ gibi reaktanların kaybı veya hidroperoksitler ve konjuge dienler gibi birincil lipit oksidasyon ürünlerinin oluşumu ölçülmektedir. Bunlardan yağ asidi bileşimi ve konjuge dienlerin ölçülmesi, WOF gelişimini dolaylı olarak izlemek için kullanılan yöntemlerden ikisini temsil etmektedir [2].

1. Yağ asidi bileşiminin ölçülmesi

Etin içerisinde bulunan lipitlerin oksidasyona duyarlılığını ölçmek için yağ asidi zincirindeki değişiklikler incelenmektedir. Pişirilmiş domuz etinin uzun süre soğuk depolanması sonrasında WOF gelişiminin arttığı ve PUFA’larda özellikle linoleik asit (C18:2) ve araşidonik asit (C20:4) miktarında azalma olduğu bildirilmiştir [18]. Pişirilmiş ve soğukta depolanmış et ve et ürünlerinde lipit oksidasyonunu belirlemede ve WOF gelişiminin değerlendirilmesinde kromatografik yöntemler (örn., kütle spektroskopisi, yüksek performanslı sıvı kromatografisi) hızlı ve doğru sonuçlar sunmaktadır [19].

2. Konjuge dienlerin ölçülmesi

Konjuge oksidasyon ürünleri olarak adlandırılan konjuge dienler, trienler ve tetraenler’in 4°C ve -18°C de depolanan hindi etinin toplam lipit ekstraktı içerisindeki miktarının her iki sıcaklıkta da arttığı, ikinci dereceden türev spektroskopisiyle tespit edilmiştir. Corongiu ve Milia [20], aynı yöntemi kullanarak linoleik asidin oksidasyonundan kaynaklanan konjuge dien çift bağ yapılarının da arttığını saptamışlardır.

İkincil Ürünlerin Ölçümü

Pişirilmiş ve soğukta muhafaza edilmiş et ve ürünlerinde gerçekleşen lipit oksidasyonu ile oluşan birincil oksidasyon ürünleri (örn., hidroperoksitler) hızlı bir şekilde ikincil oksidasyon ürünlerine ayrılmaktadır. Bu nedenle WOF gelişimini doğrudan izlemek için ikincil oksidasyon ürünlerinin ölçülmesinin daha uygun olduğu düşünülmektedir. TBA testi ve heksenal miktarının belirlenmesinin, pişirilmiş ve soğukta

muhafaza edilmiş et ve ürünlerinde lipit oksidasyonunun ikincil ürünlerini izlemede etkili bir şekilde kullanıldığı belirtilmektedir [21].

1. TBA testi

TBA testinin, etlerdeki lipitlerin oksidatif bozulma derecesini ölçmede kullanılan en eski ve en yaygın test olduğu bilinmektedir [22]. Lipit oksidasyonunun oluşum derecesi 'TBA numarası', 'TBA değeri' veya 'TBA reaktif maddeleri, TBARS' olarak bildirilir ve kg numune başına veya kg kuru madde başına 'malonaldehitin eşdeğeri mg veya ng' olarak ifade edilmektedir. Malonaldehit, çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu sırasında oluşan ikincil oksidasyon ürünüdür ve TBA ile reaksiyona girerek oluşturduğu renk bileşikleri UV-VIS kullanılarak 530-532 nm'de ölçülür [23]. Ancak alkenaller ve 2,4-alkadienler TBA ile reaksiyona girerek renkli bir kompleks oluşturmaktadır [24]. Bu nedenle TBA yönteminde, malonaldehit miktarını ölçmek yerine lipit oksidasyonunu değerlendirmenin göz önünde bulundurulması gerektiği ve TBARS teriminin 'TBA değeri' yerine yaygın olarak kullanıldığı belirtilmektedir [22]. TBA ve TBARS testi pişirilmiş ve soğukta depolanmış et ve et ürünlerinde WOF gelişimi ile kuvvetli bir korelasyon göstermektedir. Dolayısıyla et ve ürünlerinde oluşabilecek WOF'un değerlendirilmesi için ilk tercih edilen yöntemlerden biri olarak düşünülmesi gerektiği bildirilmiştir [25].

2. Heksenal ve diğer aldehitlerin belirlenmesi

Lipitlerin oksidasyonu ile oluşan hidroperoksitlerin bozulma ürünlerinden olan heksenal ve diğer aldehitler (örn., pentenal, metanal) et ve ürünlerinde lipit oksidasyon indeksleri olarak kullanılmaktadır [17]. Linoleik asidin oksidasyonu sırasında oluşan ana ikincil ürünlerden biri olan heksenal miktarının ölçülmesi, özellikle farklı türlerden elde edilen kırmızı etlerde oluşan oksidatif oluşumu değerlendirmede önemlidir [26,27].

Shahidi ve ark [28], çekilmiş, pişirilmiş, soğukta muhafaza edilmiş domuz etinde oluşan heksenal içeriğiyle, etin duyusal puanları ve TBA sayılarının doğrusal bir korelasyon gösterdiğini bildirmiştir. Diğer aldehitlerden pentenal ve 2,4-dekadenal pişirilmiş etlerde WOF ile ilişkili aromaların gelişimini takip etmek için kullanılmaktadır. Bu nedenle aldehitlerin, özellikle de heksenal analizinin, pişirilmiş ve soğukta saklanan etlerin oksidatif durumunun değerlendirilmesi için hassas ve güvenilir bir yöntem olduğu görülmektedir. Ayrıca, linoleik asitin, bütün et ve et ürünlerinde bulunması, özellikle heksenal ölçümünün, WOF'un değerlendirilmesinde önemli olduğunu göstermektedir [29]. Aynı zamanda heksenal çok düşük bir koku eşik konsantrasyonuna sahiptir ve 100 ppm kadar düşük seviyelerde dahi tespit edilmektedir [30].

WOF'UN İNHİBİSYONU

Pişirilmiş et ve ürünlerinin lipit oksidasyonu ve WOF gelişimine duyarlı olması nedeniyle bu ürünlerde WOF gelişimini inhibe edecek, raf ömrünü uzatacak yöntemler geliştirilmiştir [31]. Pişirilmiş et ve ürünlerinde WOF gelişimi, antioksidanların kullanılmasıyla etkili bir şekilde kontrol edilmekte veya en aza indirilebilmektedir. BHT, EDTA, fosfat, askorbat gibi sentetik bileşikler ve doğal gıdalardan izole edilmiş bileşikler (örn., E vitamini, karotenoidler) yaygın olarak kullanılmaktadır [32].

WOF gelişiminin engellenmesi halk sağlığı ve ekonomik yönden büyük öneme sahiptir. Şarküteriler, hava yolu firmaları, fast-food restoranlarının pişirilmiş ve dondurulmuş et ürünlerine olan ihtiyacının artmasından dolayı WOF gelişiminin önlenmesi ayrıca önem kazanmıştır [33].

Katkı Maddelerinin Etkisi

1. Fosfatlar

Et ürünlerinde su tutma kapasitesinin artırılması, pişirme kayıplarının azaltılması ve tekstürel özelliklerin geliştirilmesi amacıyla yaygın olarak kullanılan fosfatların zincir uzunluğu arttıkça antioksidan ve antimikrobiyal etkisinin de arttığını bilinmektedir. Sato ve Hegarty [34], 2°C’de muhafaza edilen kıymaya ve pişirilmiş sığır etine fosfat ilavesinin WOF gelişimine karşı geciktirici etki gösterdiğini bildirmişlerdir. Dunlavy [1], fosfatların demir gibi metal iyonlarını şelatlayarak otooksidasyonu önlediğini ve dolayısıyla WOF’u inhibe ettiğini gözlemiştir. Fosfatların antioksidan etkilerinden en üst düzeyde yararlanmak için vakum ambalajlama veya modifiye atmosfer paketlenme, doğal antioksidanlarla birlikte kullanılma ve enkapsüle edilmelerinin faydalı yaklaşımlar olduğu vurgulanmaktadır.

2. Askorbatlar

Askorbat ve fosfat kombinasyonunun pişirilmiş et ve et ürünlerinde kullanılması ransidite gelişimini geciktirmektedir. Kürlenmiş etlerde WOF oluşmamasının askorbik asit ve fosfatın sinerjik etkisinden kaynaklanabileceği bildirilmiştir [1]. Buna karşın, düşük seviyelerde (<100 ppm) kullanılan askorbik asit, et ürünlerinde TBA değerlerini artırmaktadır. Yüksek seviyelerde kullanılan (>1000 ppm) askorbik asitin ise oksidasyonu önlediği dolayısı ile WOF gelişimini geciktirdiği gözlenmiştir [3].

3. Nitrit ve nitrat

Et ve ürünleri ve balıklarda karakteristik renk ve lezzet oluşumu ve mikrobiyal stabilite sağlamak amacıyla 50 ppm miktarında kullanılan nitritin WOF gelişimini büyük ölçüde engellediği, 2000 ppm değerinde ise tamamen ortadan kaldırdığı saptanmıştır. Sığır ve tavuk etlerinde 156 ppm değerinde nitrit kullanılmasıyla ortaya çıkan TBA değerinin kullanılmayanlara göre iki kat, domuz etinde ise 5 kat azaldığı, pişirilmiş etlerde ise WOF gelişiminin tamamen engellediği bildirilmiştir [3].

4. Diğer antioksidanlar

Lipid peroksidasyonunu ve WOF oluşumunu kontrol etmek için BHT, BHA, tersiyer bütül hidroksiknon ve propil gallatlar gibi sentetik antioksidanlar başarıyla kullanılmaktadır. Sentetik antioksidanlar ucuz olmaları, yüksek düzeyde stabilite ve güçlü antioksidan aktivite göstermelerinden dolayı tercih edilmektedirler. Ancak, son yıllarda bunların kızartılmış ürünlerde tam etki göstermediği, hoş olmayan tat ve kokulara sebep olduğu ve en önemlisi kanserli hücre oluşumunu uyararak halk sağlığını olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Bundan dolayı bazı ülkelerde kullanımı sınırlanırken bazılarında yasaklanmıştır [35].

Dumanlama

Daha çok et ve balık ürünlerinin muhafazasında kullanılan dumanlamanın koruyucu işlevi, dumanlama öncesi yapılan tuzlama, dumanlama sırasında uygulanan ısıtma, kurutma işlemleri ve duman bileşimindeki antibakteriyel ve antioksidan özellikli bileşiklerden kaynaklanmaktadır. Odun dumanında bulunan fenolik bileşiklerin antioksidan etkisi lipitlerin oksidasyonu ve WOF oluşumunu geciktirmektedir [36, 37].

Maillard Reaksiyon Ürünlerinin Rolü

Piştirilmiş etlerde WOF gelişim seviyesi, ısıl işlemin yoğunluğu ile ilişkilidir. Düşük pişirme sıcaklıklarında pişirilen et ve ürünlerinde, WOF soğukta muhafazaya nazaran daha fazla gelişmektedir [38]. Ancak, pişirme işleminde çok daha yüksek sıcaklıklar (100°C'nin üstünde, konserve etlerin hazırlanmasında), kullanıldığında WOF gelişiminin büyük ölçüde engellendiği belirtilmektedir [3]. Bu etki, meydana gelen enzimatik olmayan Maillard Reaksiyonu sırasında üretilen melonidinlerin veya premelanoidinlerin antioksidan özelliklerine bağlanmaktadır [39]. Maillard Reaksiyonları sırasında redüktan adı verilen çeşitli indirgenmiş bileşiklerin üretildiği gözlenmektedir. Bu redüktan ve redüktan benzeri bileşiklerin otooksidasyonu inhibe ettiği mekanizma, hidroperoksitlerin ayrıştırılması ve serbest radikallerin etkisiz hale getirilmesini içermektedir [1].

Konserve etlerden elde edilen ekstraktlardaki redüktif asit, maltol ve diğer Maillard Reaksiyonu ürünleri, piştirilmiş sığır kıymasında WOF'un etkili önleyicileridir [3]. Einerson ve Reineccius [40], konserve edilmiş hindi etinden elde edilen ekstraktın, redüktana benzer güçlü indirgeme özellikleri sergilediğini ve serbest radikal mekanizmasını durduran birincil antioksidan görevi gördüğünü bildirmişlerdir. Bailey ve ark [39], Maillard Reaksiyon ürünlerinin, WOF'u önlenmede oldukça etkili olduğunu ve işlem görmüş etlerin arzu edilen "meaty" lezzetini korumak için büyük bir potansiyele sahip oldukları sonucuna varmıştır.

Lingnert ve Lundgren [40], tarafından yapılan bir çalışmada, sosislerde Maillard Reaksiyon ürünleri kullanılmıştır. Araştırmanın başlangıcında ve depolama süresi boyunca panelistler Maillard Reaksiyon ürünleri kullanılmış sosislerde oksidatif lezzet gelişimini saptamamışlar, buna karşın Maillard Reaksiyon ürünleri kullanılmamış sosislerde oksidatif lezzet gelişimini belirlemişlerdir. Araştırmacılar bu sonuçlar ışığında, et ürünlerinin üretimi sırasında, mümkün olan en kısa süre içerisinde antioksidan uygulamasının gerekli olduğunu ileri sürmüşlerdir. Bailey ve ark [39], Maillard Reaksiyon ürünlerindeki melanoidlerin, lipitlerin varlığında güçlü antioksidan özelliklere sahip olduğunu ve etlerde WOF gelişiminin önlenmesi için önemli antioksidanlar olabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca Maillard Reaksiyon ürünlerinden '1-(2-metil-2-tienil)-etanetiliyol' veya '2-metil-3-(metiltiyo)-furan' belirgin bir biçimde etin lezzetini oluşturmaya katkıda bulunmaktadır. Bu nedenle, Maillard Reaksiyon ürünlerinin lipit oksidasyonu ve WOF gelişimini önlemesinin yanı sıra pişirme sırasında arzu edilen et lezzetinin gelişmesinden de büyük ölçüde sorumlu olduğu belirtilmektedir [43]. Mann ve ark [44], Maillard reaksiyon ürünlerinin et ve et ürünlerine ilave edilmesiyle soğuk depolama süresince lezzetin korunabileceğini saptamışlardır.

Paketleme Yöntemleri

Vakum ambalajlama ve modifiye atmosfer paketlemenin, et ve ürünlerinde WOF kontrolü bakımından çok etkili olduğu belirtilmektedir [45]. Vakumlu ambalajlama,

çekilmiş, pişirilmiş, soğukta muhafaza edilmiş sığır eti için kullanılmaktadır. Ayrıca pişirilmiş, soğukta muhafaza edilmiş veya dondurulmuş hindi veya domuz eti için de kullanışlı olduğu belirtilmektedir [46]. Ancak vakum ambalajlamanın sos içeren et ve et ürünlerinde kullanımının sınırlı olduğu bilinmektedir. Sos içeren ürünler için modifiye atmosfer paketlemenin etkili bir alternatif olduğu belirtilmektedir [45].

Piştirme İşlemleri

Et ve et ürünlerinin pişirilmesinden sonra oksijene maruz kalmasıyla birkaç saat içinde hoş olmayan lezzet ve aroma gelişimi gözlemlendiği belirtilmiştir [13]. Keller ve Kinsella [47], düşük derecelerde ısıtma işleminin, et ve et ürünlerinde oksidatif ransidite gelişimi üzerindeki hızlandırıcı etkisine dikkat çekmiştir. Buna karşın etin yüksek sıcaklıkta pişirilmesiyle (örn., kızartma, konserve) WOF gelişiminin önlenmesinin mümkün olduğu saptanmıştır [3].

SONUÇ

WOF, soğuk havada muhafaza edilen pişirilmiş etlerde, pişirilmiş veya işlenmiş et ürünlerinde, oksijene maruz kalmış kıymalarda lezzeti ve genel kabul edilebilirliği etkileyen bozulma sürecidir. WOF gıda endüstrisi için büyük bir sorun oluşturmaktadır. WOF gelişiminin engellenmesi halk sağlığı ve ekonomik yönden büyük öneme sahiptir. WOF gelişimini inhibe edecek, raf ömrünü uzatacak çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Pişirilmiş et ve ürünlerinde WOF gelişimi, antioksidanların veya çeşitli yöntemlerin (örn., piştirme işlemleri, paketleme yöntemleri, Maillard reaksiyon ürünleri) kullanılmasıyla etkili bir şekilde kontrol edilmekte veya en aza indirilebilmektedir. WOF' a maruz kalmış et ve ürünlerinde oluşan bozunma ürünlerinin oluşturduğu olumsuz duyuşal özellikler nedeniyle hem tüketicilerin et ve ürünleri tüketiminden kaçınmasını engellemek hem de bu bozunma ürünlerinin halk sağlığını olumsuz etkilemesinin önüne geçmek için üretici ve tüketicinin bilinçlendirilmesi önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Dunlavy, K. A. (1993): Dextrose level and cooking environment affects on warmed over flavor of beef top round roasts. Faculty of the Graduate College and Oklahoma State University, Oklahoma, USA.
- [2] Byrne, D. V. (2000): Sensory characterisation studies on warmed-over flavour in meat. The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark.
- [3] Ertaş, A. H. (1998): Et yağlarının oksidasyonu. *Gıda*, 23(1): 11-17.
- [4] Pegg, R.B., Shahidi, F. (2004): Warmed Over Flavour. In: Dikeman, M., Devine, C., (ed.) *Encyclopedia of Meat Sciences*, Elsevier, London, United Kingdom.
- [5] Demirulus, H., Aydın, A. (1995): Tavuk etinin bileşimi ve insan beslenmesindeki önemi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(2): 105-111.
- [6] Fidanbaş, Z. U. C., Bilgin, Ş., Ertan, Ö. O. (2015): Bazı deniz balıklarının aminoasit- yağ asiti içerikleri ve beslenme açısından önemi. *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 11(2): 45-59.
- [7] Bilecen, D. (2016): Enkapsüle edilmiş fosfatların ısıtma işlemi görmüş sığır kıymasında kullanımının depolama sırasında etin kalite özellikleri ve oksidatif stabilitesi üzerine

- etkilerinin belirlenmesi. Fen Bilimleri Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye.
- [8] Buzzard, K. G. (2000): Effects of different lowbush blueberry purees on lipid oxidation in pre-cooked ground turkey patties. The Graduate School and The University of Maine, Maine, ABD.
- [9] Tims, M. J., Watts, B. M. (1958): Protection of cooked meats with phosphates. *Food Technology*, 12(5): 240-243.
- [10] Thompson, J. M., Perry, D., Daly, B., Gardner, G. E., Johnston, D. J., Pethick, D. W. (2006): Genetic and environmental effects on the muscle structure response post-mortem. *Meat Science*, 74(1): 59–65.
- [11] Tichivangana, J. Z., Morrissey, P.A. (1985): The influence of pH on lipid oxidation in cooked meats from several species. *Irish Journal of Food Science and Technology*, 9: 99-106.
- [12] O’Keefe, S. F., Proudfoot, F. G., Ackman, R. G. (1995): Lipid oxidation in meats of omega-3 fatty acid-enriched broiler chickens. *Food Research International*, 28(4): 417-424.
- [13] Rhee, K. S. (1988): Enzymic and nonenzymic catalysis of lipid oxidation in muscle foods. *Food Technology*, 42(6): 127-132.
- [14] Joseph, A. L., Smith, G. C., Cross, H. R. (1980): Physical, chemical, and palatability traits of raw and pre-cooked ground beef patties. *Journal of Food Science*, 45(2): 168-170.
- [15] Jacobson, M., Koehler, H.H. (1970): Development of rancidity during short-time storage of cooked poultry meat. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 18(6): 1069-1072.
- [16] Harris, N., Lindsay, R. (1972): Flavor changes in reheated chicken. *Journal of Food Science*, 37(1): 19-22.
- [17] Melton, S. L. (1983): Methodology for following lipid oxidation in muscle foods. *Food Technology*, 37(7): 105-111.
- [18] Willemot, C., Poste, L. M., Salvador, J., Wood, D. F. (1985): Lipid degradation in pork during warmed-over flavour development. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 18(4): 316-322.
- [19] Bolton, J. C., Melton, S. L., Riemann, M. J., Backus, W. R. (1985): An isocratic HPLC method for analysis of bovine phospholipids. Presented at the 77th Annual Meeting of the American Society of Animal Sciences, University of Georgia, USA.
- [20] Corongiu, F. P., Milia, A. (1983): An improved and simple method for determining diene conjugation in autoxidized polyunsaturated fatty acids. *Chemico-Biological Interactions*, 44(3): 289-297.
- [21] Gray, J. I., Monahan, F. J. (1992): Measurement of lipid oxidation in meat and meat products. *Trends in Food Science and Technology*, 3: 315-319.
- [22] Gray, J. I., Pearson, A. M. (1987): Rancidity and warmed-over flavour. In: Pearson, A. M., Dutson, T. R., (ed.) *Advances in Meat Research*, Springer Science & Business Media, New York, USA.
- [23] Tarladgis, B. G., Watts, B. M., Yonathan, M. T., Dugan, L. R. (1960): A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 37(1): 44-48.
- [24] Kosugi, H., Kato, T., Kikugawa, K. (1987): Formation of yellow, orange and red pigments in the reaction of alk-2-enals with 2-thiobarbituric acid. *Analytical Biochemistry*, 165(2): 45-464.
- [25] Stapelfeldt, H., Bjørn, H., Skovgaard, I. M., Skibsted, L. H., Bertelsen, G. (1992): Warmed-over flavour in cooked sliced beef. Chemical analysis in relation to sensory evaluation. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 195(3): 203-208.
- [26] Frankel, N. E., Neff, W. E., Selke, E. (1981): Analysis of autoxidised fats by gas chromatography-mass spectrometry: VII. Volatile thermal decomposition products of pure hydroperoxides from autoxidised and photosensitised oxidised methyl oleate, linoleate and linolenate. *Lipids*, 16(5): 279-285.

- [27] Nielsen, J. H., Sørensen, B., Skibsted, L. H., Bertelsen, G. (1997): Oxidation in pre-cooked minced pork as influenced by chill storage of raw muscle. *Meat Science*, 46(2): 191-197.
- [28] Shahidi, F., Yun, J., Rubin, L. J., Wood, D. F. (1987): The hexanal content as an indicator of oxidative stability and flavour acceptability in cooked ground pork. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 20(2): 104-106.
- [29] St. Angelo, A. J., Vercellotti, J. R., Legendre, M. G., Vinnett, C. H., Kuan, J. W., James, C.Jr., Dupuy, H. P. (1987): Chemical and instrumental analysis of warmed-over flavor in beef. *Journal of Food Science*, 52(5): 1163-1168.
- [30] Schieberle, P., Grosch, W. (1987): Evaluation of the flavour of wheat and rye bread crusts by aroma extract dilution analysis. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 185(2): 111-113.
- [31] Ladikos, D., Lougovois, V. (1990): Lipid oxidation in muscle foods: a review. *Food Chemistry*, 35(4): 295-314.
- [32] Gray, J. I., Gomma, E. A., Buckley, D. J. (1996). Oxidative quality and shelf life of meats. *Meat Science*, 43: 111-123.
- [33] Cross, H. R., Leu, R., Miller, M. F. (1987): Scope of warmed-over flavor and its importance to the meat industry. In: St. Angelo, A. J., Bailey, M. E., (ed.) *Warmed-Over Flavor of Meat*, New York, USA.
- [34] Sato, K., Hegarty, G. R. (1971). Warmed-over flavor in cooked meats. *Journal of Food Science*, 36 (7): 1098-1102.
- [35] Önenç, S. S., Açıkgöz, Z. (2005): Aromatik bitkilerin hayvansal ürünlerde antioksidan etkileri. *Hayvansal Üretim*, 46 (1): 50-55.
- [36] Uçar, G. (2000): Farklı dumanlama tekniklerinin selçuklu tulum peynirinin kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu niteliklerine etkisi. Veteriner fakültesi, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye.
- [37] Kaba, N., Özer, Ö., Söyleyen, B. (2009): Dumanlama işleminin balık kalitesine ve raf ömrüne etkisi. XV. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, Rize, Türkiye.
- [38] Asghar, A., Gray, J. I., Buckley, D. J., Pearson, A. M., Booren, A. M. (1988): Perspectives on warmed over flavour. *Food Technology*, 42: 102-108.
- [39] Bailey, M. E., Shin-Lee, S. Y., Dupuy, H. P., St. Angelo, A. J., Vercellotti, J. R. (1987): Inhibition of warmed-over flavor by maillard reaction products. In: St. Angelo, A. J., Bailey, M. E., (ed.) *Warmed-Over Flavor of Meats*, Academic Press, Orlando, USA.
- [40] Einerson, M. A., Reineccius, G. A. (1977): Inhibition of warmed-over flavor in retorted turkey by antioxidants formed during processing. *Journal of Food Processing and Preservation*, 1(4): 279-291.
- [41] Bailey, M. E. (1988): Inhibition of Warmed-Over Flavor, with Emphasis on Maillard Reaction-Products. *Food Technology*, 42(6): 123-126.
- [42] Lingnert, H., Lundgren, B. (1980): Antioxidative maillard reaction products. IV. Application in sausage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 4(4): 235.
- [43] Mottram, D. S. (1998): Flavour formation in meat and meat products: A review. *Food Chemistry*, 62(4): 415-424.
- [44] Mann, T. F., Reagan, J. O., Lillard, D. A., Campion, D. R., Lyon, C. E., Miller, M. F. (1989): Effects of Phosphate in Combination with Nitrite or Maillard Reaction Products upon Warmed-Over Flavor in Precooked, Restructured Beef Chuck Roasts. *Journal of Food Science*, 54(6): 1431-1433.
- [45] Mielche, M. M., Bertelsen, G. (1994): Approaches to prevention of warmed-over flavour. *Trends in Food Science and Technology*, 5: 322-327.
- [46] Nolan, N. L., Bowers, J. A., Kropf, D. H. (1989): Lipid oxidation and sensory analysis of cooked pork and turkey under modified atmosphere. *Journal of Food Science*, 54: 846-849.
- [47] Keller, J. D., Kinsella, J. E. (1973): Phospholipid changes and lipid oxidation during cooking and frozen storage of raw ground beef. *Journal of Food Science*, 38(7): 1200-1204.