

Etlerde Kuru Yaşlandırma

Çiğdem MUŞTU

İstanbul Aydın Üniversitesi, ABMYO, Aşçılık Programı

Öz

Kasların ete dönüşümü sırasında kaslarda postmortem değişiklikler meydana gelir. Postmortem değişikliklerin son aşaması olgunlaşmadır. Olgunlaşma, kesim sonrasında proteolitik enzimlerin kas ve bağ doku proteinlerini hidrolize etmesiyle ölüm sertliğinin çözülmesi ve buna bağlı olarak etin daha lezzetli, gevrek ve sulu bir hal alması ile sonuçlanan bir süreçtir. Olgunlaşma için pratikte birkaç gün yeterli görülmektedir. Ancak etler uygun koşullarda çok daha uzun süreler bekletilmek suretiyle yaşlandırıldığında, duyuşal açıdan maksimum kalitede ürün elde edilebilmektedir. Yaşlandırma kuru ve ıslak olmak üzere iki şekilde yapılabilmektedir. Kuru yaşlandırma sıcaklık, nem ve hava akışının mikrobiyal gelişmeyi engelleyecek ve kilo kaybını en aza indirgeyecek şekilde dengelenmesi ve izlenmesi ile gerçekleşen bir işlemdir. Kuru yaşlandırma ile eşsiz lezzete sahip, katma değeri yüksek sığır eti elde edilebilmektedir. Bu makalede, kuru yaşlandırma yöntemi hakkında genel bilgiler verilmiş; kuru yaşlandırma yönteminde uygulanan kontrollü ortam koşullarından bahsedilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sığır eti, olgunlaşma, kuru yaşlandırma, kalite, lezzet

Dry Aging of Beef

Abstract

After slaughter, physical and chemical postmortem changes occur in the muscles. The final stage of postmortem changes is maturation. Meat maturation is a process that results in the resolution of rigor mortis, and meat becoming more delicious, tender and juicy. In practice, a few days are enough for maturation. However, when meat is aged by waiting for longer periods under favorable conditions, maximum quality products can be obtained in terms of sensory properties. There are two main ways to age meat: dry and wet. Dry aging is a method that temperature, humidity and air flow is controlled in an environment to prevent microbial growth and minimize weight loss. High value added beef with unique flavor formation is achieved with dry aging. In this review, general information about dry aging method and its application is given.

Keywords: Beef, ripening, dry aging, quality, flavor

GİRİŞ

Et, kasaplık hayvanların sağlıklı durumda ve uygun ortamda kesilmeleri sonucu elde edilen, taze ya da işlenmiş olarak insanlar tarafından tüketilen hayvansal besindir (Anar, 2012). Kırmızı et; mineral maddeleri, vitaminleri ve özellikle esansiyel amino asitleri ve yağ asitlerini yeterli miktarda yapısında bulundurması ve biyolojik değeri yüksek olması ile insan beslenmesinde önemli yeri olan bir gıdadır (Vural, 1992). Ayrıca kırmızı etin biyolojik kompozisyonları, mikroorganizmaların gelişimi için elverişli bir ortam olmasına ve birçok gıdadan daha kolay bozulma eğilimi göstermesine neden olmaktadır. Böylece eski çağlardan beri insanoğlu, kırmızı etin dayanıklılığını arttırmak, yüksek mikrobiyal kaliteye ve organoleptik özelliklere sahip daha iyi gıdalar üretmek için koruyucu yöntemlere yönelik çalışmalar yapmıştır (Nychas ve Arkoudelos, 1990; Çon ve ark., 2002, Koplay ve Sezer, 2013).

Kesim sonrasında kasların ete dönüşümü, karmaşık bir olay olması ve kasların hayati fonksiyonlarının devam etmesi nedeniyle belirli bir süre alır. Bu süreç içerisinde kaslarda postmortem olarak adlandırılan doğrudan doğruya hayvanın fizyolojik durumu ve kanın akıtılma derecesine bağlı çeşitli biyokimyasal ve fiziksel değişiklikler oluşmaktadır (Yıbar ve Çetin, 2013). Kasın ete dönüşümü, ilk birkaç dakika ile 30 dakika arasında meydana gelen prerigor fazı; kasların elastikiyetinin azalarak ölüm sertliği olarak da adlandırılan rigor mortisle birlikte maksimum sertliğe ulaştığı rigor fazı ve kaslardaki ölüm sertliğinin enzimatik aktivasyon sonucu kaybolması ile olgunlaşmanın gerçekleştiği olgunlaşma fazı ile üç aşamadan oluşmaktadır (Ardıçlı, 2018).

ETLERİN OLGUNLAŞMASI

Yeni kesilmiş kasaplık hayvanlardan elde edilen et sert, lezzetsiz ve yavandır. Taze etin olgunlaşması, gıda endüstrisinin tüketim açısından yüksek taleplerini ve beklentilerini karşılamak için gerekli hale gelmiştir (Sitz ve ark., 2006; Warren ve Kastner, 1992; Laster, 2007). Kasın ete dönüşümü sırasında glikojenin anaerobik parçalanması sonucu ortaya çıkan laktik asit miktarının artması, pH düşüşüne neden olmaktadır. Kaslardaki pH değerlerinin düşmesine bağlı olarak, kas ve bağ doku proteinlerini parçalayan proteolitik enzimler aktif hale geçer. Olgunlaşma, proteolitik enzimlerin kas proteinlerini (aktomyosin) parçalaması (otoliz) sonucu ölüm sertliğinin çözülmesiyle alakalı olarak etin yumuşaması, aynı zamanda proteinlerin parçalanmasına bağlı olarak serbest kalan amino asitler ve ATP'nin parçalanma ürünlerinin lezzet özelliklerini en üst düzeye çıkarması ile sonuçlanan bir süreçtir (Berger ve ark., 2018; Campbell ve ark., 2001; Oreskovich ve ark., 1988; Parrish ve ark., 1991). Optimum olgunlaşma tavuk ve hindi etlerinde birkaç saatte şekillenirken, kasaplık hayvanlarda günlerce sürebilmektedir (Anar, 2012).

Hayvanların kesilmesinden sonra kaslardaki proteolitik değişiklikler olgunlaşma olarak adlandırılan sürecin bir parçasıdır. Olgunlaşma, çeşitli endojenik proteaz gruplarının katkıda bulunduğu karmaşık bir süreçtir ve bu süreç hayvanın kesilmesinden hemen sonra başlar (Kemp ve Parr, 2012). Etin olgunlaşmasında; lizozomal proteazlar (katepsinler), kalsiyuma bağımlı proteazlar (kalpainler), protein oksidasyonu (proteazom) olarak üç önemli proteolitik sistem etkili olmaktadır. Kalpain sistemi, kalsiyum bağımlı sistein proteazları (kalpainler) ve bunların spesifik rekabetçi inhibitörü olan kalpastatinden oluşmakta (Goll ve ark.,

2003) ve postmortem koşullar altında kas proteinlerinin proteolizinin düzenlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Huff-Lonergan ve Lonergan, 2005). Katepsinler, hem ekso hem de endo peptidazlardan oluşan bir grup enzimdir ve lizozomlarda bulunurlar. Düşük pH seviyelerinde lizozomal membranın bozulması ile serbest hale geçerek miyofibril proteinlerini hidrolize etmeye başlarlar (Kemp ve ark., 2009). Proteazom, hücrel proteinlerin bozulmasından sorumlu sitozol ve nukleusta proteinlerin ayrışmasıyla meydana gelen bir multikatalitik proteaz kompleksidir (Coux ve ark., 1996; Kemp ve ark., 2009). Enzimlerin etkisiyle titin, nebulin ve desmin gibi kas proteinlerinin degradasyonunun bir sonucu olarak kas tellerinin yapısal bütünlüğü değişmektedir (Starkey ve ark., 2016). Etin sertliği üzerine belirleyici olan kas içi bağ doku bütünlüğü de, α -glukuronidaz veya hiyaluronidaz ile kollajenazın etkisinin bir sonucu olarak azalır (Nishimura, 2015).

Antioksidan savunma sistemindeki hayvan ve/veya kaslar arasındaki farklılıkların kalpaktifitesini, proteolizi etki ederek kalite özelliklerini etkilediği ileri sürülmüştür (Huff-Lonergan ve Lonergan, 2005). Postmortem kasta, oksidatif savunma sistemine bağlı olarak oluşan oksidasyon oranı, kaslar arasında farklılıklar oluşturmaktadır (Martinaud ve ark., 1997). Hayvan türüne ve kasın tipine göre kas dokusunda oksidasyon oranındaki farklılıklar vardır (Juncher ve ark., 2001). Bu farklılıklar hayvan beslenmesi, cins, antemortem stres, karkasların postmortem kullanımı gibi farklılıklar nedeniyle ortaya çıkabilir. Ayrıca yapılan bir çalışma ile kasların oksidatif savunma sisteminde etkili olan bazı enzimlerin aktivitesinin de postmortem kaslar arasındaki farklılıklara neden olduğu bildirilmiştir (Daun ve ark., 2001; Nair ve ark., 2019).

YAŞLANDIRMA

Yaşlandırma tekniği, olgunlaşmanın ileri bir aşaması olarak etin lezzetini ve gevrekliğini artırmak amacıyla lüks otel ve restoranlar için et endüstrisinde son yıllarda yaygın olarak kullanılan bir uygulamadır (Dikeman ve ark., 2013; Kim ve ark., 2016).

Yaşlandırma, etin belli koşullarda (sıcaklık, nem, hava hızı) lezzet özelliklerini en üst düzeye çıkarmak için yeterli süre bekletilmesi ile gerçekleşmektedir. Etin yaşlandırma sürecinde en önemli rolü oynayan enzimlerin et proteinleri üzerindeki etkisi belirli bir zaman süresi gerektirir. Yumuşak, gevrek, sulu, aromalı ve lezzetli bir yapıya sahip mükemmel bir et için, tüketiciye ulaştırılmadan önce en az iki hafta süreyle yaşlandırılmasına gereksinim vardır (Laster, 2007; Perry, 2012).

Et endüstrisinde ıslak yaşlandırma ve kuru yaşlandırma olarak sık uygulanan iki olgunlaşma yöntemi vardır (Laster ve ark., 2008; Smith, 2007). Sığır karkasının parçalanmasıyla ayrılan bölümlerin, vakum paketlenerek soğutma sıcaklığında saklandığı ıslak yaşlandırma, günümüzde özellikle perakende et sektöründe en yaygın yöntemdir (Laster ve ark., 2008; Savell, 2008). Kuru yaşlandırma ise sığır karkaslarına ait kısımların (tercihen sırt bölgesi), paketlenme malzemesi olmaksızın soğuk odalarda 1-5 hafta doğal enzimatik ve biyokimyasal süreçler ile lezzet gelişiminin sağlandığı bir yöntemdir (Kim ve ark., 2016).

Vakumlu paketlenmenin kullanılmaya başlandığı 1960'lı yıllara kadar sığır eti için kullanılan tek yöntem kuru yaşlandırma olmuştur. Bu yıllarda uluslararası sığır eti ticaretinin artması ile birlikte gerek düşük fire oranı gerekse depolama ve taşıma kolaylığı sağlaması nedeniyle etlerin vakum paketlenerek saklanması önem kazanmıştır (Li

ve ark., 2014). Daha sonra yapılan çalışmalarda vakum paketlemenin raf ömrü artışının yanı sıra etlerde lezzet açısından kuru yaşlandırmaya benzer etki yaptığı ortaya konmuştur (Minks ve Stringer, 1972). Sitz ve ark. (2006) tarafından sığır etinin kuru ve ıslak yaşlandırılarak tüketiciler açısından duyuşsal tercih ve değerlerini belirlemek üzerine bir çalışma yapılmıştır. ıslak yaşlandırılmış et ile kuru yaşlandırılmış et örnekleri arasında tat, sululuk, tekstür ya da genel kabul edilebilirlik duyuşsal özelliklerinde anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca ıslak yaşlanmış et için daha yüksek lezzet değerlendirilmesi yapıldığı bildirilmiştir. Vakumda yaşlandırma olarak da adlandırılan ıslak yaşlandırma, çeşitli avantajlarından (düşük fire kaybı, kontaminasyon riskinin olmayışı, muhafaza ve nakil kolaylığı, sıcaklık hariç kontrollü ortam koşullarını gerektirmemesi vb.) dolayı et endüstrisinde daha çok kullanılmaktadır. Bununla birlikte tüketiciler lezzetinden dolayı kuru yaşlandırılmış eti daha çok tercih etmektedir (DeGeer ve ark., 2009; Miller ve ark., 1985).

KURU YAŞLANDIRMA

Etilerin belli bir süre sıcaklık, nem ve hava akışının kontrollü bir ortam altında bekletilmesiyle gerçekleştirilen kuru yaşlandırma ile katma değeri yüksek, eşsiz lezzet gelişimine sahip bir ürün ortaya çıkmaktadır (Kim ve ark., 2016). Kuru yaşlandırmanın etin yeme kalitesini, özellikle lezzetini iyileştirdiğini gösteren çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Campbell ve ark., 2001; Corbin ve ark., 2015; Warren ve Kastner, 1992). Yapılan bir çalışmada kuru yaşlandırılmış etlerde yüksek seviyelerde lezzet artırıcı bir bileşik olarak bilinen glutamat tespit edilmiştir (Kim ve ark., 2016). King ve ark. (1995), kuru ve yaş yaşlandırılmış etlerde uçucu bileşiklerdeki değişimleri incelemişlerdir. Kuru yaşlandırılmış etlerdeki heptan miktarı, yaş yaşlandırılmış olanlardakinden önemli derecede daha yüksek

bulunmuştur. Araştırmacılar, bu farkı etlerdeki önemli yağ asitlerinden birisi olan oleat'ın kuru yaşlandırma sırasında havaya daha çok maruz kalarak ootokside olması ile ilişkilendirmişlerdir. Bu çalışmada, kuru yaşlandırılmış etlerde esterlerin miktarı da önemli derecede yüksek bulunmuştur. Lezzetin yanı sıra gevreklik ve sululukta da önemli gelişmeler kaydedilmiştir (Campbell ve ark., 2001). Bununla birlikte geleneksel kuru yaşlandırma daha yüksek çevresel kontrol gerektirdiğinden ve kuruma kaybı (fire) yüksek olduğundan, maliyetlerin artmasına neden olmaktadır (Li ve ark., 2014). Alternatif olarak etlerin su buharı geçirgen bir ambalaj ile paketlenerek de kuru yaşlandırma yapılabilmektedir. Bu yöntemde duyuşsal açıdan geleneksel kuru yaşlandırmada elde edilen kaliteye ulaşılabilen, aynı zamanda nem kaybı ve mikrobiyal bulaşma riski en aza indirilebilmektedir (Ahnstrom ve ark., 2006; DeGeer ve ark., 2009).

Kuru yaşlandırma sistemlerinde, depolama sıcaklığı etin donma sıcaklığının altına (-2 ile -3) düşüğünde, yaşlandırma ile ilgili enzimatik reaksiyonlar yavaşlar. Depolama sıcaklığı yüksek olduğunda ise yaşlandırma ile ilgili enzimatik reaksiyonların gerçekleşme derecesi iyi olmasına karşın, mikrobiyal değişmeye bağlı olarak istenmeyen kokular ve kötü lezzete sebebiyet verebilir (Savell, 2008). Birçok bilimsel çalışmada genellikle kuru yaşlandırma işleminin optimum 0 ile 4 sıcaklığında gerçekleştirilmiştir (Ahnstrom ve ark., 2006; Campbell ve ark., 2001; Smith, 2007; Warren ve Kastner, 1992).

Kuru yaşlandırma parametreleri ile ilgili önemli konulardan biri de bağıl nemdir. Yaşlandırma sırasında bağıl nemin yüksek olması bozulma yapıcı bakterilerin çoğalmasına ve buna bağlı olarak istenmeyen koku ve lezzet oluşması ile sonuçlanır. Bağıl nem düşük olduğunda ise üründe su kaybına bağlı fire oranı yüksek olur ve aynı zamanda aşırı kurumadan dolayı kalite kaybı söz konusudur (Savell, 2008). Çalışmalarda kuru yaşlandırma

işleminin farklı bağıl nem seviyelerindeki sonuçları incelendiğinde ise yaşlandırma ortamının bağıl neminin %80 civarında tercih edildiği görülmektedir (Ahnstrom ve ark., 2006; Parrish ve ark., 1991; Peryy, 2012; Smith, 2007; Warren ve Kastner, 1992).

Kuru yaşlandırma yönteminde hava akış hızı, et kalitesi üzerine etkili önemli faktörlerden birisidir. Yaşlandırılan sığır eti etrafında sürekli etkin bir hava akışı sağlanması, kurutma süresini en aza indirdiği gibi, et yüzeyinde hızlı bir kurumaya neden olarak bozulmayı ve bu nedenle kötü koku gelişimini en aza indirir. Hava dolaşımı hızı, yaşlandırmanın en yaygın uygulandığı ülkelerden birisi olan ABD’de, 0.5-2.0 m/s arasında; Avustralya’da ise 0.2-0.5 m/s arasında kullanılmaktadır. Hava hızının yüksek ve bağıl nemin düşük olduğu yaşlandırma koşullarında verim kaybının artması beklenmektedir (Galletly, 2016).

Kuru yaşlandırma yöntemi ile tüm yüzeylerde eşit ve düzgün kurutma sağlamak ve istenmeyen değişimlerin önüne geçmek adına, gözenekli tel raflar kullanılmakta veya etler kancalara asılı olarak bekletilmektedir (Şekil 1). Ayrıca kurutma işlemini hızlandırmak ve ürünlerin etrafında hava hareketine yardımcı olmak için ek fanlar kullanılabilir.



Şekil 1: Kuru yaşlandırmada kullanılan raf ve kancalar (Dashdorj ve ark., 2016)

Kuru yaşlandırma süreleri yapılan çalışmalarda farklılık göstermektedir. Yaşlanma sırasında, sığır etinin su kaybı yavaş gerçekleşmektedir. Bu nedenle yaşlanma süresinin uzun olması ile lezzetin hücreler içinde yoğunlaşması sağlanmaktadır (Perry, 2012). Ayrıca yaşlanma süresi arttıkça lipit oksidasyonu artar; dolayısıyla protein bozulma ürünleri ile reaksiyona giren ve yaşlı ete yoğun bir lezzet veren ürünlerin salınmasına neden olmaktadır. Sığır eti yaşlanma süresi, maksimum doku ve lezzet özelliklerini elde etmek için çok daha uzun süreler belirtilmiş olmakla birlikte, gerek ekonomik nedenler gerekse olası istenmeyen değişimlerden dolayı en uygun yaşlanma süresi 14-21 gün olarak önerilmiştir (Khan ve ark., 2016). Hulankova ve ark. (2018), yaşlandırma süresinin (12-36 gün) etin enstrümantal ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi incelemişlerdir. Uzatılmış yaşlandırma sürecinde etin pH ve renk (L^* , a^* ve b^*) değerlerinde önemli bir değişiklik olmadığını bildirmişlerdir.

Parrish ve ark. (1991), farklı kalitede sığır etinin 0-1 'de 21 gün kuru (%80-85 bağıl nem) ve ıslak yaşlandırma işlemi sonunda duyu özelliklerini belirlemişlerdir. Sığır etinin lezzet özelliklerinde önemli bir fark gözlenmemiştir. Bununla birlikte yaşlanma yöntemleri arasındaki önemli bir fark olarak, kuru yaşlanmış sığır etinde daha fazla ağırlık ve su kaybı meydana gelmiştir. Kuru yaşlandırılmış etlerde 14. gün bölgesine göre %3.3-4.7 olan fire oranı, 21. gün %5.06-6.55 arasında değişmiştir. Buna karşılık yaşlandırılmış etlerde bu oranlar %0.55-1.17 arasında kalmıştır.

Warren ve Kastner (1992), sığır eti üzerine yaptığı bir çalışmada, havanın her 30 dakikada bir devir daim yaptığı hava akımı kontrollü bir ortamda kuru yaşlanmış sığır eti üretmişlerdir. Bu çalışmada, 3.1-3.6 \square 'de

ıslak yaşlandırma ve kuru yaşlandırma (%78 bağıl nem) ile elde ettikleri sığır eti örneklerini karşılaştırmışlardır. Kuru yaşlanmış sığır eti örneklerinin, daha yüksek yaşlandırma kaybına, daha az pişirme süresine ve daha az pişirme kaybına neden olduğu, ıslak yaşlanmış sığır eti örneklerinin, daha yoğun kanlı/serumlu lezzet ve daha yoğun ekşi bir lezzete sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca kuru yaşlanmış sığır etlerinin, kahverengi/kavrulmuş lezzet özellikleri olduğu bildirilmiştir.

Smith (2007), sığır etini 1 'de 14, 21, 28 ve 35 gün kuru (%83 bağıl nem) ve ıslak yaşlandırmışlardır. Farklı günlerde örneklerin lezzet özellikleri karşılaştırıldığında, lezzet ve tekstür özellikleri açısından farklılıklar görülse de, 21 gün yaşlandırılmış sığır etlerinin lezzet olarak daha iyi olduğu belirlenmiştir. Buna karşın ıslak yaşlandırılmış sığır etlerinde verimin, kuru yaşlanmış sığır etlerine göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. 35 gün sonunda kuru yaşlandırılmış etlerde verim %69.8 iken, yaş yaşlandırılmış etlerde bu oran %87.1 olarak belirlenmiştir. Laster (2007) da, yaşlandırılmış sığır etlerindeki verim oranlarını incelemiştir. Beş haftalık yaşlandırma sonucunda hem sırt hem bel bölgesine ait etlerde önemli farklar gözlemlenmiştir. Süre sonunda kuru yaşlandırılmış bel ve sırt bölgesi etlerinde verim oranı %52 ile 63,5 iken, yaş yaşlandırılmış olanlarda sırasıyla %78 ve 88.1 olarak saptanmıştır.

Campbell ve ark. (2001), sığır etini 2 'de %75 bağıl neme sahip bir soğutucuda 7, 14 ve 21 gün boyunca kuru yaşlandırarak lezzet üzerine etkisini araştırmışlardır. Depolama süresince farklı zamanlarda (2, 9 ve 16. gün) duyuşal, fiziksel ve mikrobiyolojik kalite açısından değerlendirilmiştir. 14 ve 21 gün kuru yaşlandırma yapılan sığır etlerinin, 7 gün kuru yaşlandırma işlemi yapılanlara göre daha üstün lezzet, tekstür ve sululuğa sahip

olduğu görülmüştür. Kuru yaşlanmış etin, yüksek derecede kavrulmuş/kahverengi lezzet yoğunluğuna sahip olduğu, vakum yaşlanmış etin yüksek oranda kanlı/serum ve kuru yaşlanmış ete göre yüksek derecede ekşi ve metalik tat yoğunluğu olduğu belirlenmiştir. Yaşlandırılmış etlerdeki kimyasal değişimler üzerine çalışan King ve ark. (1995) da, vakum paketlenerek yaşlandırılmış etlerdeki asit miktarının daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Kuru yaşlanma sırasındaki ağırlık kaybına bağlı büzülmeyi önemli ölçüde azaltan ve aynı lezzete sahip sığır eti üretmeyi amaçlayan bazı çalışmalar da mevcuttur. Su buharı geçirgen özelliği olan paketleme ile yaşlandırma yöntemi, daha az kontrollü ortam gereksinimi sağlamaktadır. Kontrollü ortam koşulları uygun olmadığında etlerde mikrobiyal gelişmeye bağlı olarak bozulmalar meydana gelebilmektedir. Bu amaçla su buharı geçirgen özelliği olan paketleme yöntemi kullanılarak yapılan yaşlandırma işlemi, daha ekonomik olarak ve istenilen mikrobiyolojik kalitede üretimin mümkün olacağını düşündürmektedir (Ahnström ve ark., 2006).

Ahnstrom ve ark. (2006), sığır etini 2.5 -2.6 aralığında, %87 bağıl nem içeriğine sahip ortamda 14 ve 21 gün periyotlarında hem klasik kuru yaşlandırma hem su buharı geçirgen özelliği olan ambalaj ile paketleyerek yaşlandırma işlemine tabi tutmuşlardır. İki yaşlanma yöntemi için de 14 gün sonra ağırlık ve su kayıpları arasında fark gözlenmemiştir. Ancak 21 gün sonra su buharı geçirgen özelliği olan paketleme yöntemi ile yaşlandırılmış sığır etinde, kuru yaşlanmış sığır etine kıyasla daha az ağırlık ve su kaybı olduğu bulunmuştur. Ayrıca 14 ve 21 gün arasında su buharı geçirgen paketleme yöntemi ile kurutulan sığır etlerinin su

kaybında bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Su buharı geçirgen özelliği olan paketlerin maliyetinin, artan verim ile dengelenmesi sonucu, kuru yaşlandırma yöntemine göre daha olumlu sonuçlar yaratacağı kanısına varılmıştır.

YAŞLANDIRILMIŞ ETLERİN MİKROBİYOLOJİSİ

Etlerin bozulma süreci, kesimden sonraki bakteri yükü ile yakından ilişkilidir. Karkas yüzeyinde ne kadar çok bakteri varsa, bozulma da o kadar çabuk şekillenir. Etin başlangıç mikroorganizma yükünün minimum düzeyde tutulması arzu edilir. Aksi halde bu mikroorganizmalar çok çabuk bir şekilde üreyerek etin kalitesinin düşmesine veya bozulmasına neden olur (Feiner, 2006; Ingram ve Roberts, 1977).

Sağlıklı hayvanların etinde (kas dokusunda) normalde bakteri bulunmaz. Ancak bu durum kasaplık hayvanın kesilmesi ile birlikte değişir. Çünkü karkas, kesim sırasında veya kesim sonrası çok değişik kaynaklardan bulaşmalara maruz kalır. Etlerde en önemli bulaşma, iç organların çıkarılması ile derinin yüzülmesi sırasında meydana gelir ve toplam bulaşmanın yaklaşık %35-40'ını oluşturur. Bulaşan mikroorganizmaların ette gelişmesi sonucunda birçok biyokimyasal değişiklik (aminoasitlerin deaminasyonu) gerçekleşir ve bu değişiklikler sonucu bozulmayı karakterize eden hidrojensülfür (H_2S), amonyak (NH_3), indol, kadeverin ve putresin gibi bileşikler açığa çıkar. Bu bileşikler ette lezzet bozukluğu sorununun yanı sıra etin doğal yapısının değişmesine neden olur (Çelik, 2012; Öztan, 2003).

Kesimden sonra karkasın mikroflorasını başlıca enterobakteriler, mikrokoklar,

fekal streptokoklar, laktobasiller ve aerob sporlu bakteriler oluştururlar. Taze etin mikroflorasında bulunan *enterobacteriaceae* familyasına ait bakteriler, özellikle proteuslar, çok kuvvetli proteolitik ve aerob koşullarda saklanan etlerin kokuşmasına neden olurlar. Taze etlerde bulunan diğer bir grup, *micrococcaceae* familyasına ait mikroorganizmalardır. Mikrokoklar ve stafilokoklar karbonhidratları parçalayarak asit oluştururlar ve ortamı asitleştirerek bozulmalara neden olurlar. Taze etin mikroflorası, soğuk muhafaza sırasında değişir ve yeni bir flora hâkim olur. Bu flora psikrofil ve psikotrof mikroorganizmalardan, özellikle pseudomonaslar ve *acinetobacter-morexella* grubu mikroorganizmalardan oluşmuştur. Bunlar, nemli koşullarda etin yüzeyinde yapışkan bir tabaka oluştururlar (Çelik, 2012; Nortje ve Naudè, 1981; Wang ve ark., 2017).

Etlerin kuru yaşlandırılması sırasında da ortam koşullarına bağlı olarak mikroorganizma sayısında değişimler gözlenmektedir. Özellikle etlerde bozulma yapıcı mikroorganizmaların başında gelen pseudomonaslar, hem psikrofil hem aerobik olmaları itibarıyla etin havayla temas eden dış yüzeyinde gelişme fırsatı bulabilmektedirler (Blana ve Nychas, 2014). Çok düşük sıcaklık, yüksek hava sirkülasyonu, düşük bağıl nem gibi seçenekler mikroorganizmaların yapacağı olası olumsuzlukları ortadan kaldırmak için düşünülse de, yaşlandırılmış etten beklenen kalite kriterlerini karşılamada yeterli olmayacaktır. Yaşlanma sırasında muhafaza koşullarının ve sürenin yaşlanmış sığır etinin kalitesi üzerine önemli etkisi vardır. Bu nedenle yaşlanma işleminin donma sıcaklığı üzerinde düşük bir sıcaklıkta, optimum bağıl nem ve sürede yapılması gerekmektedir.

Hulankova ve ark. (2018), sığır etini 12-36 gün boyunca 1 °C'de kuru yaşlandırarak mikrobiyolojik özelliklerine etkisini değerlendirmişlerdir. Toplam canlı bakteri, psikrofil bakteri ve laktik asit bakteri sayılarının yaşlanmanın ilk 2 haftasında belirgin olarak arttığı, ancak yaşlanmanın ileriki aşamalarında tekstür özelliklerinin iyileşmesiyle birlikte bakteri sayısının büyük ölçüde değişmediği belirlenmiştir. Bu sonuçlar kuru yaşlanmanın sığır eti tekstürüne olan olumlu etkisini göstermektedir. Ayrıca çalışmanın sonucu olarak, yaşlanma öncesinde etin mikrobiyolojik kalitesi ve yaşlanma sırasında muhafaza koşulları iyi ise son ürün olarak yaşlanmış etin de mikrobiyolojik kalitesinin iyi olacağı ileri sürülmüştür.

Li ve ark. (2013), vakum paketleme ile ıslak yaşlanmış sığır eti ve su buharı geçirgen paketleme yaparak kuru yaşlanmış sığır eti üretmişlerdir. Yaşlanma işleminin toplam canlı bakteri sayısı, laktik asit bakterisi ve maya sayımları üzerine önemli etkisinin olduğu belirlenmiştir. Su buharı geçirgen paketleme ile kuru yaşlandırılmış sığır etinde, vakum paketlenmiş ıslak yaşlandırılmış sığır etine göre toplam bakteri ve maya sayımlarının daha yüksek olduğu bulunmuştur. Ancak laktik asit bakterilerinin miktarı, hem yaşlanma öncesinde hem sonrasında vakum paketleme ile ıslak yaşlandırılmış etlere göre daha düşük bulunmuştur. Su buharı geçirgen paketleme ile kuru yaşlanmış etler, tüketiciler tarafından tercih edilen, daha üstün tekstür özellikleri ve mikrobiyolojik kaliteye sahip olduğu belirlenmiştir. Böylece su buharı geçirgen özelliği olan yaşlanma torbası kullanılarak, duyu ve diğer kalite özellikleri üzerinde olumsuz etkilere yol açmadan, daha kontrollü bir durumda yaşlandırılmış etin üretilmesi mümkün olmuştur.

Li ve ark. (2014), sığır etini 8 ve 19 gün boyunca geleneksel kuru yaşlandırma, su buharı geçirgen paketleyerek kuru yaşlandırma ve vakum paketleyerek ıslak yaşlandırma yapmışlardır. Yaşlanma yöntemine bakılmaksızın yaşlanma süresinin artmasıyla mikroorganizma yükünün arttığı görülmüştür. Vakum paketleyerek ıslak yaşlandırma yapılan etlerin mikroorganizma yükü diğerlerine göre daha az bulunmuş, su buharı geçirgen paketleme ile kuru yaşlandırma yapılmış sığır eti bunu takip etmiştir. Maya sayımları yaşlanma yönteminden ve yaşlanma süresinden etkilenmiş, her iki yaşlanma süresinde de vakum paketleme ile ıslak yaşlandırılmış etin maya sayımları daha düşük bulunmuştur. Ayrıca kuru yaşlanma sonrası maya sayımının, yaşlanma süresiyle artış gösterirken, küf sayımının değişmediği belirlenmiştir.

Berger ve ark. (2018), sığır etini geleneksel kuru yaşlandırma, su buharı geçirgen paketleme ile kuru yaşlandırma ve vakum paketleme ile ıslak yaşlandırma işlemine tabi tutmuşlardır. Geleneksel kuru yaşlandırılmış ve ıslak yaşlandırılmış sığır eti örnekleri, su buharı geçirgen paketleyerek yaşlandırılmış sığır eti örneklerine kıyasla toplam aerobik bakteri popülasyonunun daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Vakum paketleme ile oksijen uzaklaştırıldığı için aerobik bakterilerin büyümesinin sınırlı olması, ıslak yaşlanmış etler için beklenen bir durum olmasıyla birlikte geleneksel kuru yaşlandırılmış etlerde de benzer sonuçlar bulunması, geleneksel kuru yaşlanmış etlerde yüzeysel suyun uzaklaştırılarak doğal koruyucu bir kabuk tabakası oluşturmasıyla ilişkilendirilmiştir. Geleneksel kuru yaşlanmış etlerde diğer yaşlanmış etlere göre daha düşük laktik asit bakteri sayısı belirlenmiştir. Bununla birlikte

maya sayımları, vakum paketlenme ile ıslak yaşlandırılmış etlerde daha düşük bulunmuş, yaşlanma yöntemlerinin küf sayımına hiçbir etkisi olmadığı belirlenmiştir.

Gerek yaşlandırılacak etin eldesinde alınacak hijyenik önlemler gerekse yaşlandırma sırasında mikrobiyal gelişmeyi durduracak koşulların sağlanması ile mikrobiyal bozulma riski en aza indirilebilmektedir. Gıda endüstrisinde ticari olarak kullanılan kuru yaşlandırma soğutucularının bazıları mikrobiyal bozulmayı geciktirmek için bir yol olarak ultraviyole ışık kullanmaktadır (Şekil 2) (Perry, 2012). 200-300 nm arasındaki dalga boylarında UV ışınımının mikroorganizmaları öldürmede veya zarar vermede etkili olduğu bilinmektedir. UV radyasyonu aynı zamanda, bir soğutucudaki havayı UV üniteleri içinden dolaştırarak dezenfekte etmek için de kullanılabilir (Galletly, 2016; Warren ve Kastner, 1992).



Şekil 2: Kuru olgunlaştırmada UV kullanımı (Perry,2012)

SONUÇ

Kasların ete dönüşümü sırasında gerçekleşen postmortem yaşlandırma ile tekstür, lezzet ve/veya sululuk gibi et lezzet özelliklerinde önemli gelişmeler, proteolitik enzimler tarafından kasın yapısal bozulmasına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Yapılan çalışmalarda da görüldüğü üzere kuru yaşlandırma ile eşsiz lezzet özelliklerine sahip katma değeri yüksek ürünler elde edilmektedir. Ancak kuru yaşlandırma, ıslak yaşlandırmaya göre daha yüksek çevresel kontrol gerektirdiğinden ve verimin düşük olmasından dolayı birim maliyetlerin artmasına neden olmaktadır. Geleneksel kuru yaşlandırmanın olumsuzluklarını önlemek amacıyla su buharı geçirgen özelliği olan paketlenme kullanılarak yaşlandırma işlemi yapılabilmektedir. Bu yöntemle lezzet özellikleri bakımından yakın sonuç alınabilmektedir. Aynı zamanda daha ekonomik ve mikrobiyolojik açıdan daha üstün ürün elde edilebilmektedir. Kuru yaşlandırmada süresiyi sınırlayan faktörlerin arasında mikrobiyal gelişmeye bağlı olarak ortaya çıkan bozulma yer almaktadır. Bu konuda yaşlandırılacak etin hijyenik koşullar altında üretilmiş ve muhafaza edilmiş olması bilhassa önemlidir. Yüksek seviyede mikrobiyal bulaşmaya maruz kalmış etleri uzun süre yaşlandırmak mümkün değildir. Diğer taraftan mikroorganizma düzeyi düşük olsa da, yaşlandırma süreci sırasında yavaş da olsa mikrobiyal gelişim olacaktır ve sayıları etin kalitesini olumsuz etkileyecek seviyelere ulaşabilecektir. Kuru yaşlandırma işleminden önce yüzeysel dekontaminasyon yöntemlerinin uygulanması, süreç sırasında mikrobiyal gelişmeyi en aza indirmek adına ortama inhibitör ışın ve gazların verilmesi gibi çalışmalar yapılarak bu alanda daha da iyileşme sağlanabilecektir.

KAYNAKLAR

Ahnström, M.L., Seyfert, M., Hunt, M.C., Johnson, D.E. (2006). Dry aging of beef in a bag highly permeable to water vapour. *Meat Science*, 73(4): 674-679.

Anar, Ş. (2012). Et ve Et Ürünleri Teknolojisi. Dora Yayıncılık, Bursa.

Ardıçlı, S. (2018). Genetik ve Postmortem Mekanizmaların Sığır Eti Renk Özellikleri Üzerine Etkisi. *Uludag University Journal of The Faculty of Veterinary Medicine*, 37(1): 49-59.

Berger, J., Kim, Y.H.B., Legako, J.F., Martini, S., Lee, J., Ebner, P., Zuelly, S.M.S. (2018). Dry-aging improves meat quality attributes of grass-fed beef loins. *Meat Science*, 145: 285-291.

Blana, V.A., Nychas, G.J. E. (2014). Presence of quorum sensing signal molecules in minced beef stored under various temperature and packaging conditions. *International Journal of Food Microbiology*, 173:1-8.

Campbell, R.E., Hunt M.C., Levis, P., Chambers, E. (2001). Dry aging effects on palatability of beef longissimus muscle. *Journal of Food Science*, 66(2): 196-199.

Corbin, C. H., O'Quinn, T. G., Garmyn, A. J., Legako, J. F., Hunt, M. R., Dinh, T. T. N., Miller, M. F. (2015). Sensory evaluation of tender beef strip loin steaks of varying marbling levels and quality treatments. *Meat Science*, 100: 24–31

Coux, O., Tanaka, K., Goldberg, A.L. (1996). Structure and functions of the 20S and 26S proteasomes. *Annual Review of Biochemistry*, 65: 801-847.

Çelik, P. (2012). Kanatlı Eti (Hindi Eti ve Tavuk Eti) ve Kırmızı Et Karışımı ile Elde Edilen Köftelerin Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi. Tekirdağ.

Çon, A.H., Doğu, M., Gökcalp, H.Y. (2002). Afyon'da Büyük Kapasiteli Et İşletmelerinde Üretilen Sucuk Örneklerinin Bazı Mikrobiyolojik Özelliklerinin Periyodik Olarak Belirlenmesi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 26: 11-16.

Dashdorj, D., Tripathi, V.K., Cho, S., Kim, Y., Hwang, I. (2016). Dry aging of beef; Review. *Journal of Animal Science Technology*, 58: 20.

Daun, C., Johansson, M., Önning, G., Åkesson, B. (2001). Glutathione peroxidase activity, tissue and soluble selenium content in beef and pork in relation to meat ageing and pig RN phenotype. *Food Chemistry*, 73(3): 313-319.

DeGeer, S.L., Hunt, M.C., Bratcher, C.L., Croizer-Dodson, B.A., Johnson, D.E. and Stika, J.F. (2009). Effects of dry aging of bone-in and boneless strip loins using two aging processes for two aging times. *Meat Science*, 83: 768-774.

Dikeman, M.E., Obuz, E., Gök, V., Akkaya, L., Stroda, S. (2013). Effects of dry, vacuum, and special bag aging; USDA quality grade; and end-point temperature on yields and eating quality of beef Longissimus lumborum steaks. *Meat Science*, 94(2): 228-233.

Feiner, G. (2006). *Meat Products Handbook*, Woodhead Publishing (1st ed.), pp.574-594.

- Galletly, J. (2016).** Dry aged beef – design and good manufacturing. Meat and Livestock Australia Limited, Project code: P.PSH.0679.
- Goll, D.E., Thompson, V.F., Li, H., Wei, W., Cong, J. (2003).** The calpain system. *Physiological Reviews*, 83(3): 731-801.
- Huff-Lonergan, H., Lonergan, S.M. (2005).** Mechanisms of water-holding capacity of meat: the role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*, 71(1): 194-204.
- Hulankova, R., Kamenik, J., Salakova, A., Zavodsky, D., Borilova, G. (2018).** The effect of dry aging on instrumental, chemical and microbiological parameters of organic beef loin muscle. *LWT-Food Science and Technology*, 89: 559-565.
- Ingram, M., Roberts, T.A. (1976).** The microbiology of the red meat carcass and the slaughterhouse. *Royal Society of Health Journal*, 96(6): 270-276.
- Juncher, D., Rønn, B., Mortensen, E., Henckel, P., Karlsson, A., Skibsted, L., Bertelsen, G. (2001).** Effect of pre-slaughter physiological conditions on the oxidative stability of colour and lipid during chill storage of pork. *Meat Science*, 58(4): 347-357.
- Kemp, C.M., Sensky, P.L., Bardsley, R.G., Buttery, P.J., Parr, T. (2009).** Tenderness – An enzymatic view. *Meat Science*, 84(2): 248-256.
- Kemp, C. M., Parr, T. (2012).** Advances in apoptotic mediated proteolysis in meat tenderisation. *Meat Science*, 92: 252–259.
- Khan, M.I., Jung, S, Nam, K.C., Jo, C. (2016).** Postmortem aging of beef with a special reference to the dry aging. *Korean Journal For Food Science of Animal Resources*, 36(2): 159–169.
- Kim, Y.H, Kemp, R., Samuelsson, L.M. (2016).** Effects of dry-aging on meat quality attributes and metabolite profiles of beef loins. *Meat Science*, 111: 168-176.
- King, M.F., Matthews, M.A., Rule, D.C., Field, R.A. (1995).** Effect of beef packaging method on volatile compounds developed by oven roasting or microwave cooking. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43: 773-778.
- Koplay, Z., Sezer, Ç. (2013).** The effect of nisin and clove essential oil on shelf life of beef. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 8(1): 9-19.
- Laster, M.A. (2007).** Tenderness, flavor, and yield assessments of dry aged beef. Master of Science Thesis, Texas A and M University, College Station.
- Laster, M.A., Smith, R.D., Nicholson, K.L., Nicholson, J.D., Miller, R.K., Griffin, D.B., Harris, K.B., Savell, J.W. (2008).** Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer sensory attribute evaluations of steaks from ribeyes, strip loins, and top sirloins from two quality grade groups. *Meat Science*, 80(3): 795-804.
- Li, X., Babol, J., Bredie, W.L.P., Nielsen, B., Tománková, J., Lundström, K. (2014).** A comparative study of beef quality after ageing longissimus muscle using a dry ageing bag, traditional dry ageing or vacuum package ageing. *Meat Science*, 97(4): 433-442.

- Li, X., Babol, J., Wallby, A., Lundström, K. (2013).** Meat quality, microbiological status and consumer preference of beef gluteus medius aged in a dry ageing bag or vacuum. *Meat Science*, 95(2): 229-234.
- Martinaud, A., Mercier, Y., Marinova, P., Tassy, C., Gatellier, P., Renerre, M. (1997).** Comparison of oxidative processes on myofibrillar proteins from beef during maturation and by different model oxidation systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45 (7): 2481–2487.
- Miller, M.F., Davis, G.W., Ramsey, C.B. (1985).** Effect of subprimal fabrication and packaging methods on palatability and retail caselife of loin steaks from lean beef. *Journal of Food Science*, 50(6): 1544-1546.
- Minks, D., Stringer, W. C. (1972).** The influence of aging beef in vacuum. *Journal of Food Science*, 37: 736-738.
- Nair, M.N., Canto, A.C.V.C.S., Rentfrow, G., Suman, S.P. (2019).** Muscle-specific effect of aging on beef tenderness. *LWT- Food Science and Technology*, 100: 250-252.
- Nishimura, T. (2015).** Role of extracellular matrix in development of skeletal muscle and postmortem aging of meat. *Meat Science*, 109: 48 –55
- Nortje, G. L., Naudè, R.T. (1981).** Microbiology of beef carcass surfaces. *Journal of Food Protection*, 44(5): 355-358.
- Nychas, G.J.E., Arkoudelos, J.S. (1990).** Staphylococci: their role in fermented sausages. *Journal of Applied Bacteriology Symposium Supplement*, 19: 167-188.
- Oreskovich, D.C., McKeith, F.K., Carr, T.R., Novakofski, J., Bechtel, P.J. (1988).** Effects of different aging procedures on the palatability of beef. *Journal of Food Quality*, 11(2): 151-158.
- Öztan, A. (2003). *Et Bilimi ve Teknolojisi*. TMMOB Gıda Mühendisleri Odası Yayınları Kitaplar Serisi. No:1, Ankara.
- Parrish, F.C., Boles, J.A., Rust, R.E., Olson, D.G. (1991).** Dry and wet aging effects on palatability attributes of beef loin and rib steaks from three quality grades. *Journal of Food Science*, 56(3): 601-603.
- Perry, N. (2012).** Dry aging beef. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 1(1): 78-80.
- Savell, J.W. (2008).** Dry-aging of beef. Executive summary, National Cattlemen's Beef Association, Centennial, CO, 1-16.
- Sitz, B.M., Calkins, C.R., Feuz, D.M., Umberger, W.J., Eskridge, K.M. (2006).** Consumer sensory acceptance and value of wet-aged and dry-aged beef steaks. *Journal of Animal Science*, 84(5): 1221-1226.
- Smith, R.D. (2007).** Dry aging beef for the retail channel. Master of Science Thesis, Texas A and M University, College Station.
- Starkey, C. P., Geesink, G. H., Collins, D., Oddy, V. H., Hopkins, D. L. (2016).** Do sarcomere length, collagen content, pH, intramuscular fat and desmin degradation explain variation in the tenderness of three ovine muscles. *Meat Science*, 113: 51 –58.

Vural, H. (1992). Türk Fermente Sucuk Üretiminde Starter Kültür Kullanımı Üzerine Araştırmalar. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi. Ankara.

Wang, Y., Zhang, W., Fu, L. (2017). Food Spoilage Microorganisms: Ecology and control (1st ed.) pp192.

Warren, K.E., Kastner, C.L. (1992). A comparison of dry-aged and vacuum-aged beef striploins. Journal of Muscle Foods, 3(2): 151-157.

Yıbar, A., Çetin, E. (2013). Hayvan Refahının Et Kalitesi Üzerine Etkileri. Uludag University Journal of The Faculty of Veterinary Medicine, 32(2): 31-37.