

# Sığır Karkaslarında Post-Mortem Değişiklikler

Erhan KEYVAN\*

**Öz:** Kırmızı et, insan beslenmesinde önemli bir protein kaynağıdır ve ülkemizde en çok sığırlardan elde edilmektedir. Kasın canlı organizmadaki işlevsel hareketini tamamlaması ile birlikte ete dönüşüm aşaması başlar. Kasın ete dönüşmesi oldukça karışık bir süreçtir ve çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Kasların çeşitli enzimlerin etkisi ile proteolizisi etin olgunlaşmasında önemlidir. Bu enzimlerden kalpain ve kalpastatin post-mortem proteolizide önemli görevler üstlenmektedir. Post-mortem değişikliklerden en önemlisi rigor-mortis oluşum aşamasıdır. Bu sürecin takibi et kalitesinin istenilen düzeyde şekillenmesi açısından kritiktir. Rigor-mortis tamamlanmadan etlerin soğutulması ve çözdürülmesi sonucunda erime sertliği ile soğuma kısıtlılığı gibi istenmeyen rigor-mortis şekilleri meydana gelmektedir. Post-mortem değişikliklerin istenilen düzeyde şekillenmesi et kalitesinin sağlanması açısından oldukça önemlidir. Bu şekilde, etlerde meydana gelen fiziksel kayıplar en az düzeye indirilmiş olur. Post-mortem değişiklikler sonucunda oluşan et rengi, lezzet ve yumuşaklık gibi kalite kriterleri de tüketici tercihinde rol oynar.

*Anahtar sözcükler:* Erime sertliği, et kalitesi, rigor-mortis, soğuma kısıtlılığı.

## Post-Mortem Changes in Bovine Carcasses

**Abstract:** Meat is an important protein source for human nutrition and it is mostly obtained from cattles in Turkey. The muscle completes its functional movement in live organism and muscle's transformation to meat process starts. This is a complex process and affected from some factors. The muscle's proteolysis by some enzymes is important for the maturation of meat. The two of these enzymes; calpain and calpastatin play an important role during the post-mortem proteolysis. The major stage of post-mortem changes is the formation of rigor mortis. Monitoring this process is necessary for the meat quality. Before the formation of rigor-mortis if the meat cooled and thawed, unusual rigor-mortis forms such as thaw rigor and cold shortening may occur. The efficient formations of the post mortem changes are very important for the meat quality. In this way the physical loss at the meat gets the lowest level. The quality criteris like meat color, taste and softness which occur during the post-mortem changes play major role at the consumer preference.

*Key words:* Thaw rigor, meat quality, rigor-mortis, cold shortening.

## Giriş

Kırmızı et, insanların sağlıklı beslenmeleri için önemli bir hayvansal protein kaynağıdır. Ülkemizde dini inançlar gereği domuz eti tüketilmediği için, kırmızı et ihtiyacı genellikle kasaplık sığırlardan sağlanmaktadır. Azalan sığır popülasyonu, artan et fiyatlarına rağmen sığır eti hala en önemli besin kaynaklarından birisidir.

Sığır etinde meydana gelen değişimler, kesim sonrası birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca kesim öncesi hayvanlara uygulanan stres, uygun olmayan kesim teknikleri, genetik özellikler gibi faktörlerde et kalitesine etki etmektedir.

Et kalitesi, et proteinlerinin yapısında meydana gelen değişikliklerle yakından ilgilidir. Bu nedenle ette şekillenen post-mortem değişikliklerin bilinmesi et ve et ürünlerinin kalitesinin artırılması açısından oldukça önemlidir (11).

## Post-Mortem Kas Metabolizması

Kesim öncesi kaslarda bulunan ATP ve karbonhidrat düzeyi, post-mortem kas metabolizmasını önemli derecede etkiler. Yapısal ve enzimatik değişimler sonucunda etin renginde, pH-değerinde ve su tutma kapasitesinde değişimler meydana gelir (18). Kasların kontraksiyonu için gerekli olan enerji; başta karbonhidratlar olmak üzere, yağ asitleri ve aminoasitlerden elde edilir. Ayrıca glikojenin anaerobik yolla kullanımı sonucu glikoliz ile de enerji üretimi sağlanır (23).

Ölüm sonrası dolaşımın durması ve yeterli oksijenin bulunmaması nedeniyle TCA (Trikarboksilik asit) siklusu durur. Bu nedenle enerji anaerobik glikolizis yoluyla üretilmektedir (16, 17). Glikojen kaynakları tükenene kadar glikolizis devam eder ve oluşan pirüvik asit, laktik asite dönüşerek kaslarda birikir. Laktik asidin kaslarda birikmesine bağlı olarak başlangıçta 7,2–7,4 düzeyinde bulunan pH-değeri, 5,3–5,4'e kadar düşer. Bu düşüş sadece glikojenin tükenmesiyle değil, pH-değeri düşmesine bağlı olarak ve bazı glikolitik enzimlerin inaktif hale gelmesi sonucu da durabilir. Kasın kasılması için sentezlenen ATP, kesim sonrası kasın gevşemesini

\*Arş. Gör., Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi AD, 06110, Dışkapı-Ankara

sağlayacak düzeyde değildir. Sonuçta oluşan aktinomyozin köprücükleri birbirinden ayrılmaz ve kaslarda ölüm sertliği (rigor-mortis) oluşur (5).

### Kasın Ete Dönüşümü

Kas ete dönüşürken; kaslarda bulunan enerji aşamalı olarak tükenir. Aerobik ve anaerobik metabolizma sonucu kaslarda biriken laktik asit ile pH-değeri, 5,4 – 5,8'e kadar düşer. İyonik (kalsiyum, sodyum ve potasyum) ve enzimatik değişiklikler meydana gelir (14).

Ette yumuşaklığının oluşması miyofibriler proteinlerde şekillenen değişiklikler ile yakından ilgilidir. Bu değişikliklerin büyük bir kısmı da proteolitik enzimler tarafından şekillendirilmektedir (19). Kaslarda bulunan proteolitik enzimlerden katepsinler lizozomlarda, kalpainler ise sarkoplazmada inaktiftir. Kesim sonrası kaslarda meydana gelen pH-değeri düşmesi ile birlikte bu enzimler aktif hale geçer ve miyofibriler proteinlerin yapısında değişikliklere neden olup, etin olgunlaşmasını sağlarlar (12, 13).

Kalpain enzim sistemi, post-mortem koşullarda kas proteinlerinin proteolizinde rol oynayan önemli bir sistemdir. Kalpain sistemi, kalsiyuma bağlı sistein proteazları (kalpain) ve bunun yarışmalı inhibitörü kalpastatinden oluşur. Kalpainlerin  $\mu$ -kalpain ve m-kalpain olmak üzere iki önemli formu bulunmaktadır. Kalpain aktivitesi, hücre içi koşullardan, kalsiyum konsantrasyonundan, pH-değerinden, iyonik kuvvetten ve kalpastatin varlığından etkilenmektedir (6, 14, 15).

Et endüstrisinde yapay olarak da olgunlaştırma yapılabilir. Bu amaçla çeşitli enzimler ve elektrik stimülasyonunun kullanımını bazı ülkelerde yaygın olarak uygulamaktadır (20).

### Post-Mortem Değişiklikler

Kesim işlemini takiben kaslarda metabolik reaksiyonlar devam eder. Dolaşımın durmasıyla birlikte, kaslar gerekli olan enerjiyi kasta bulunan glikojeni kullanarak yerine koymaya çalışır. Eğer kaslarda yeterli miktarda glikojen bulunmaz ise veya farklı nedenlerle post-mortem enerji sağlanamaz ise kaslarda yeterli düzeyde laktik asit birikimi olmayabilir. Bu nedenle metabolik reaksiyonlar şekillenmez ve et kalitesi de istenilen düzeyde oluşmayabilir (21).

Kesim anında kaslarda bulunan glikojen düzeyi et kalitesini etkileyen önemli bir faktördür. Kastaki glikojen düzeyi birçok faktöre bağlı olmakla birlikte, en çok kesim öncesi strese etkilenmektedir. Yetersiz glikojen rezervleri pH-değerinin 6,2 ve üzerinde kalmasına neden olur. Bu durum koyu kesitli etlerin oluşmasına ve etin raf ömrünün kısılmasına sebep olur. Yapılan bir çalışmada 1 kg kasın pH değerinin 7,2'den 5,5'e kadar düşebilmesi için 45 mmol glikojene ihtiyaç olduğu belirtilmiştir (9, 10).

### Rigor-Mortis

Kaslarda meydana gelen en büyük fiziksel değişimdir. Rigor-mortis kaslarda meydana gelen sertliği tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Tamamlanma süresi türlere ve kaslarda

bulunan enerji düzeyine göre değişmektedir. Sığırlarda 12–24 saat, koyunlarda 8–12 saat, domuzlarda 3–6 saat, kanatlılarda 1–4 saat, balıklarda 5–24 saat içerisinde tamamlanmaktadır (7).

Canlı bir organizma kasındaki ortalama ATP miktarı 5  $\mu$ mol/g'dır. Kasın kasılması ve gevşemesi için ise 1,5  $\mu$ mol/g ATP gereklidir. Kesim sonrası ATP üretimi yeterli olmadığından bu değer 1 $\mu$ mol'e kadar düşer ve bu durum kontrakte olan kasın gevşemesine olanak vermez, sonuçta kaslarda sertlikler meydana gelir (4).

### Alkali Rigor-Mortis

Kesim işleminden önce hayvan kaslarının stres gibi uygun olmayan koşulların etkisi altında uzun süre aktif kalması ve yeterli sürede dinlendirilmemesi sonucu depo glikojen rezervi düşer. Glikojen rezervinin düşük düzeyde olması sonucunda az miktarda laktik asit oluşur. Buna bağlı olarak pH-değeri 6,0 olan koyu, sert, kuru (DFD: Dirk, Firm, Dry) et meydana gelir (25). DFD etler, özellikle sığır etleri için problem oluşturmaktadır. Bu tip etlerde bozulmaya yol açan bazı patojenler, normal pH-değerine (pH 5,4–5,8) sahip etlere göre daha hızlı ürerler. Rigor-mortis çok kısa sürede yaklaşık 1 saat sonra meydana gelir (8).

### Asit Rigor-Mortis

Soluk, yumuşak, sulu (PSE: Pale, Soft, Exudative) etlere genellikle domuz ve kanatlı hayvanlarda rastlanmaktadır. Stres, hayvanlarda glikolizisin hızlanmasına ve pH değerinin normalden daha çabuk bir şekilde düşmesine sebep olur (22). Özellikle domuzlar stres faktörüne karşı diğer hayvanlara göre daha duyarlıdır. Bu stres faktörlerinin etkisi ile pH-değeri 5,3'e kadar çok hızlı sürede yaklaşık 1–1,5 saat içerisinde düşer ve asit karakterde rigor-mortis şekillenir. Kasın pH değerinde meydana gelen bu düşme ve kesim anındaki normal kas sıcaklığına bağlı olarak bazı proteinler, özellikle miyozin denatüre olur. PSE etlerde renk soluk, tekstür yumuşak, yüzeyi sulu kıvamda ve su tutma kapasitesi düşüktür (24). PSE etlerin pH-değeri düşük olmasına karşın su aktiviteleri yüksek olduğu için mikrobiyel bozulma açısından risklidir.

### Soğuma Kısaldığı

Soğuma kısalığı, rigor-mortis tam şekillenmeden karkasların 15°C altındaki sıcaklık derecelerinde soğutulması sonucu kaslarda meydana gelen kısılmayı ifade eder. Erime sertliğinde olduğu gibi inaktif olan enerjinin tekrar aktif olması sonucu rigor-mortis tamamlanır ve kasların boyu büyük ölçüde kısalır. Kaslar bu şekilde besin maddelerinin büyük bir kısmını kaybeder (1, 20).

### Erime Sertliği

Erime sertliği, dondurulmuş etlerin çözdürülmeleri sırasında şiddetli rigor mortis şekillenmesidir. Rigor-mortis tamamlanmadan veya tam şekillenmeden önce dondurulan kasların çözdürülmeleri sırasında meydana gelir. Bu olayın oluşmasında; kasların dondurulduğu zaman inaktif hale geçen enerjinin, çözündürme esnasında tekrar aktif hale geçmesi ve

rigor mortisi tamamlaması etkili olmaktadır. Rigor-mortis derecesine göre miyofibrillerde meydana gelen kısalma %60-80 civarı olabilir. Kaslar içerdikleri besin maddelerini ve suyun büyük bir kısmını bu sebeple kaybedebilir. Bu nedenle rigor-mortis tam şekillenmeden karkaslar dondurulmamalıdır (2, 3).

### Sonuç

Kaslarda meydana gelen post-mortem değişiklikler, kesim öncesi ve sonrası uygulanan işlemlere bağlı olarak şekillenmektedir. Post-mortem değişikliklerin istenilen düzeyde oluşması et kalitesinin sağlanması açısından oldukça gereklidir. Post-mortem değişiklikler içerisinde, pH-değerinde şekillenen düşme önemlidir. Bu düşme, başta stres olmak üzere hayvanlara uygulanan çeşitli işlemlere bağlı olarak farklı oranlarda şekillenebilir. Kaslarda pH-değerinin istenilen düzeyde olmaması sonucu, et ve et ürünleri üretimi için problem oluşturan DFD ve PSE'li etler meydana gelebilir.

Kasın ete dönüşmesinde, kalite kriterlerinin istenilen düzeyde şekillenmesi için post-mortem proteolizin rolünün önemli olduğunun bilinmesi gerekir. Post-mortem proteolizide kalpain ve katepsinler etkilidir. Son yıllarda yapılan çalışmalar, kalpain enzim sisteminin etin kalite niteliklerinin oluşmasında etkisinin oldukça önemli olduğunu göstermiştir. Post-mortem değişiklikler sonucunda oluşan et rengi, lezzet ve yumuşaklık gibi kalite kriterleri tüketici tercihinde önemlidir. Bu kalite kriterleri, hayvanların beslenme şekilleri, yaş, cinsiyet, doğum sayısı, kesim öncesi ve sonrası çeşitli faktörlerin etkisine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir.

Kesim öncesi koşulların uygun olmadığı (nakil, dinlenme v.b.) durumlarda kesilen sığırlarda, post-mortem değişikliklerin istenilen düzeyde gerçekleşmemesi nedeniyle elde edilen etlerin pH-değerleri yüksek olacağından, bu tip etlerin muhafaza süresi ve fermente et ürünleri üretiminde kullanımı çok sınırlı olmaktadır. Bu nedenle hayvanların kesim öncesi refah koşullarına dikkat edilerek kesimlerinin yapılması ve uygun koşullarda muhafazası, et kalitesi yönünden önemlidir.

### Kaynaklar

1. Arslan A (2002): Et Muayenesi ve Et Ürünleri Teknolojisi. Özkan Matbaacılık Ltd. Şti., Ankara. 274-275
2. Bin Ma L, Yamanaka H, Ushio H, Watabe S (1992): Studies on the mechanism of thaw rigor in carp. Nipp Suis Gakk, 58: 1535-1540
3. Dransfield E (1996): Calpains from thaw rigor muscle. Meat Sci, 43: 311-320
4. Feiner G (2006): Meat Products Handbook: Practical Science and Technology. Woodhead Publishing Limited, England. 3-71
5. Foeding EA, Lanier TC, Hultin HO (1996): Characteristics of edible muscle tissues. 879-942. In: OK Fennema (Ed.), Food Chemistry. Marcel Dekker, New York
6. Goll DE, Thompson VF, Li HQ, Wei W, Cong JY (2003): The calpain system in muscle. Phys Rev, 83: 731-801
7. Greaser ML, Pearson AM (1999): Flesh foods and their analogues. 228-251. In: AJ Rosenthal (Ed.), Food Texture. Aspen Publishers, England.
8. Guardia MD, Estany J, Balasch S, Oliver MA, Gispert M, Diestre A (2005): Risk assessment of DFD meat due to pre-slaughter conditions in pigs. Meat Sci, 70: 709-716
9. Immonen K, Ruusunen M, Hissa K, Puolanne E (2000a): Bovine muscle glycogen concentration in relation to finishing diet, slaughter and ultimate pH. Meat Sci, 55: 25-31
10. Immonen K, Ruusunen M, Hissa K, Puolanne E (2000b): Some effects of residual glycogen concentration on the physical and sensory quality of normal pH beef. Meat Sci, 55: 33-38
11. Kemp CM, Sensky PL, Bardsley RG, Buttery PJ, Parr T (2010): Tenderness – An enzymatic view. Meat Sci, 84: 248-256
12. Koohmaraie M (1994): Muscle proteinases and meat aging. Meat Sci, 36: 93-104
13. Kurt Ş, Küçüköner E, Zorba Ö (2005): Kesim sonrası sığır etinde meydana gelen biyokimyasal değişimler. GIDA, 30: 203-208
14. Lonergan EH, Lonergan SM (2005): Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. Meat Sci, 71: 194-204
15. Maddock KR, Lonergan EH, Rowe LJ, Lonergan SM (2005): Effect of pH and ionic strength on  $\mu$  and m-calpain inhibition by calpastatin. J Anim Sci, 83: 1370-1376
16. Pearson AM (1987): Muscle function and postmortem changes. 155-192. In: JF Price, BS Schweigert (Ed.), The Science of Meat and Meat Products. Academic Press, USA
17. Pearson AM, Young RB (1989): Postmortem changes during conversion of muscle to meat. 391-444. Muscle and Meat Biochemistry. Academic Press
18. Poso AR, Puolanne E (2005): Carbohydrate metabolism in meat animals. Meat Sci., 70: 423-434
19. Sentandreu MA, Coulis G, Ouali A (2002): Role of muscle endopeptidases and their inhibitors in meat tenderness. Trends Food Sci Tech, 13: 400-421
20. Strydom PE, Frylinck L, Smith MF (2005): Should electrical stimulation be applied when cold shortening is not a risk? Meat Sci, 70: 733-742
21. Thompson JM, Perry D, Daly B, Gardner GE, Johnston DJ, Pethick DW (2006): Genetic and environmental effects on the muscle structure response post-mortem. Meat Sci, 74: 59-65
22. Tornberg E (1996): Biophysical aspects of meat tenderness. Meat Sci, 44: 175-191

**23. Vetharaniam I, Thomson RA, Devine CE, Daly CC (2010):** Modelling muscle energy – metabolism in anaerobic muscle. Meat Sci, 85: 134–148

**24. Woelfel RL, Owens CM, Hirschler EM, Martinez-Dowsen R, Sams AR (2002):** The characterization and incidence of pale, soft and exudative broiler meat in a commercial processing plant. Poultry Sci., 81: 579–584

**25. Young OA, West J, Hart AL, Van Otterdijk FFH (2004):** A method for early determination of meat ultimate pH. Meat Sci, 66: 493–498

**Geliş Tarihi:** 10.12.2010 / **Kabul Tarihi:** 17.01.2011

**Yazışma Adresi:**

Arş. Gör. Erhan KEYVAN  
Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü  
Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı  
06110, Dışkapı / ANKARA  
E-posta: erhankeyvan@yahoo.com