

Düşük Voltaj Elektrik Stimülasyonunun *M. longissimus dorsi thoracis* Üzerine Etkisi[#]

Buket EROĞLU¹, Ömer ÇETİN^{2*}

¹İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü

²İstanbul Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Avcılar, 34320 İstanbul

* Sorumlu Yazar: Ömer ÇETİN

İstanbul Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Avcılar, 34320 İstanbul
e-posta: omce@istanbul.edu.tr, Tel: 0 212 473 70 70/17228

Geliş Tarihi / Received: 08.12.2010

ÖZET

Bu çalışma, düşük voltaj Elektrik Stimülasyonu (ES) uygulamasının inek eti kalitesine olası etkilerini araştırmak amacıyla yapılmıştır. Çalışmada 20 adet Holştayn ırkı inek kullanılmıştır. İnekler 10'ar adet olmak üzere 2 gruba ayrılmış ve kesim işlemleri, kanatma ve iç organlarının çıkarılmasının ardından medyan hattın ikiye ayrılmıştır. *Longissimus dorsi thoracis* kasları karkaslardan çıkarıldıktan sonra, sağ yarımından elde edilen kasa 50 ve 100 volt (90 saniye, 100Hz) ES uygulaması yapılmış, sol yarımından elde edilen kas ise kontrol grubunu oluşturmuştur. Et kalitesinin belirlenmesi amacıyla *longissimus dorsi thoracis* kasından alınan örnekler pH, su tutma kapasitesi (WHC), renk, tekstür ve duyu özellikleri yönünden incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, ES uygulanan etlerin pH değerleri kontrol gruplarına nazaran hızlı bir düşüş göstermiştir. WHC değerlerinde ise tüm gruplarda günlere göre bir azalma tespit edilmiş, iki farklı voltaj (50V, 100V) uygulanmış gruplarda saptanan değerler arasında, 3. gün ve 7. gün sonuçlarında istatistiki olarak önemlilik gözlenmiştir ($P<0,001$). Tekstür değerlerinde ES uygulanmış gruplar ile kontrol grubu arasında, çiğ ve pişmiş örneklerde yapılan değerlendirmeler sonucunda, tüm günlerde istatistiki önemlilik gözlenmiştir. Renk ölçümlerinde elde edilen bulgularla renk değerlerinde gelişme gözlenirken; 1. gün kırmızılık, 3. gün parlaklık, kırmızılık ve sarılık, 7. gün parlaklık ve kırmızılık değerlerinde farklılık gözlenmiştir. Duyusal değerlendirmelerde ise, hem pişmiş hem de çiğ değerlerde elektrik stimülasyonu uygulamasının tüm parametrelerde iyileşme gösterdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrik Stimülasyonu, gevreklik, *longissimus dorsi thoracis*, et kalitesi, renk

ABSTRACT

THE EFFECT OF LOW VOLTAGE ELECTRICAL STIMULATION ON *M. LONGISSIMUS DORSI THORACIS*

The aim of this work was to determine the probable effects of electrical stimulation on cow's meat quality. In the study, twenty Holstein cows were used. Cows were equally distributed in two groups, cut into halves through the median line after exsanguinations and evisceration. *M. longissimus dorsi thoracis* have dislodged from carcass and right side muscles were applied 100 Hz, 1.5 minutes and 50 or 100 volts of electrical stimulation (ES) and the left side muscles were kept as control group. Meat quality was assessed in *longissimus dorsi thoracis* and was evaluated by examining pH, colour, tenderness, water holding capacity (WHC) and sensory evaluations. As a result, electrical stimulation (ES) introduced faster decrease and lower values of pH decline compared to the control group. It was determined that there was a reduction in water holding capacity in all groups day by day. WHC decreased significantly ($P<0.001$) in samples at 3rd and 7th day. Statistical significance was determined in tenderness values of raw and cooked

[#] Bu araştırma birinci yazarın yüksek lisans tezinden özetlenmiştir.

samples of ES and control group for all days. According to color measurements, it was determined that color values were progressed. Redness was different at day 1, lightness, redness and yellowness were different at day 3 and lightness and redness were different at day 7. In sensory evaluations, there was an advanced with ES application in all parameters.

Key Words: Electrical stimulation, tenderness, *longissimus dorsi thoracis*, meat quality, colour

Giriş

Son yıllarda sığır eti sanayinde, “kalite” üzerinde daha fazla durulan bir kavram haline gelmiştir. Kalite; üretici, işleyici, dış alımcı, dış satımcı, perakendeci ve tüketici tarafından farklı şekillerde tanımlanabilmektedir. Pazarın gereksinimi dikkate alındığında, karkas ağırlığı, etlenme ve yağlanma durumu ile yağsız et, eti işleyenler tarafından daha çok üzerinde durulan kavramlar arasındadır. Bunun yanı sıra karkas parçalarının büyüklükleri, et ile yağ rengi, mozaik yağ dağılımı, tekstür ve hijyen ise dış alımcı ve dış satımcılarla, perakendecilerin önem verdiği kavramlardır (Dutson, 1983).

Et kalitesi, çiftlikten sofraya et üretiminde, yetiştiricilikten karkas et eldesine, taze et işlemlerinden et mamulleri üretimine kadar uygulanan tüm işlemlerden etkilenmektedir. Et kalitesinin geliştirilmesi tüketici beğenisine olduğu kadar tüketici sağlığına da hizmet eder. Birçok fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik yöntem, et kalitesinin geliştirilmesi ve standartlaştırılması amacıyla uygulamaya konulmuştur. Et sanayinde elektrik akımı uygulamaları da bu yöntemlerden birisidir (Carballo ve ark., 1989; Ferreira ve ark., 2006). Kesimden sonra karkaslara belirli noktalardan elektrik akımı uygulanmasına elektrik stimülasyonu (ES) adı verilir. Uygulamada elektrotların biri boyun kaslarına, diğeri de but kaslarına veya monoray hatta saplanmakta ya da takılmaktadır (Hwang ve ark., 2003; Kahraman ve ark., 2006).

ES uygulamasının yararlı etkisi çok eskiden beri bilinmesine rağmen ilk patent 1950’li yılların başında ABD’de alınmış; 1970’li yılların ortalarında ise Yeni Zelanda’nın et endüstrisinde kullanılmaya başlanmıştır (Smulders ve Laack, 1992). ES, etlerde postmortem glikolizisi ve rigor mortisi hızlandırır. Böylece hızlı pH düşüşü ile birlikte bir taraftan kasların kasılmasıyla karakterize

potansiyel bir et kalitesi sorunu olan soğuk kasılması riski ortadan kalkar. Diğertaraftan da protein denatürasyonunu da arttırarak hızlı bir olgunlaşma meydana gelir (Kahraman ve Ergun, 2009). Böylece duyuşal özellikleri iyileştirdiği, özellikle etin gevrekleşmesinde etkin rol oynadığı bildirilmektedir. ES ile etin daha gevrek hale getirilmesinde; aktivitesi arttırılmış proteolitik enzimlerin hücre içi proteinleri parçalamasının ve kas liflerinde kopma ve kırılmalara neden olmasının ve buna ilave olarak sarkomer kısalmasının önlenmesinin rolü vardır (Birkhold ve Sams, 1993; Ho ve ark., 1996).

Ülkemizde et kalitesinin arttırılması amacıyla uygulaması kolay olan bu teknolojiye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışma, düşük voltaj elektrik stimülasyonu uygulamasının inek eti kalitesine etkilerinin araştırılmasına amacıyla yapılmıştır.

Gereç ve Yöntem

Bu çalışmada, aynı çiftlikten temin edilmiş ve aynı yemleme prosedürüne tabi tutulmuş 3-6 yaş arası sağlıklı 20 adet Holstein ırkı inek materyal olarak kullanıldı. Kesimden bir gün önce kesilecek hayvanlar ayrı bir bölmede barındırıldı ve kesimden 12 saat önce yemsiz ve 6 saat önce susuz bırakılarak kesim hijyeni bakımından oluşabilecek olumsuzlukların önüne geçilmeye çalışıldı. Hayvanlar dinlendirildikten sonra sağlık muayenesine tabi tutuldu ve strese sokulmadan kesime sevk edildi.

Kesim işleminin gerçekleşen dişi sığırlar monoray sistemde dikey kanatmaya alındı. Asılı vaziyette kanatma işlemini, başın ayrılması, derinin yüzülmesi ve iç organların çıkartılması izledi. Elde edilen karkaslar ortadan iki eşit parçaya bölündü. 5. ve 11. kaburga hizasında *longissimus dorsi thoracis* (antrikot) kası karkastan çıkarılarak, ES uygulamaları için

ayrıldı. Medyan hattın iki eşit parçaya bölünen karkasların sağ yarımının 5 ve 11. kaburga arasından çıkarılan *longissimus dorsi thoracis* (antrikot) kasına, postmortemin 45. dakikasında iki farklı voltajda ES uygulandı. ES birinci gruba (ES 50) 50 V (90 saniye, 100Hz), ikinci gruba (ES 100) 100 volt (90 saniye, 100 Hz) olarak tatbik edildi. Araştırmada sol yarımdan çıkarılan *longissimus dorsi thoracis* kası ise kontrol (K) grubunu oluşturdu.

Postmortemin farklı zamanlarında (0., 3., 6., 12. ve 24. saatlerde) her karkas yarımına ait *longissimus dorsi thoracis* kasında pH değeri kontrolü yapıldı. pH ölçümünde, CRISON marka PH-25 model saplama tip dijital pH metre kullanıldı. pH metrenin elektrotları merkeze yakın 3 farklı noktaya sokularak değerler tespit edildi ve 3 değerlerin ortalaması alındı (İnal, 1995).

Uygulama sonrası antrikotlar 24 saat 0-4 °C'lik depolara konuldu. Bu süre sonunda su tutma kapasitesi (WHC), renk (L^* , a^* , b^*), tekstür (SF) ve duyu muayene için birinci, üçüncü ve yedinci gün değerlendirilmeleri amacıyla örnekler alındı. Birinci gün analizleri için alınan numuneler laboratuara gönderilirken üçüncü ve yedinci gün için alınan numuneler strafor kaplar içinde vakum paketlenip tekrar soğuk depolara kaldırıldı.

WHC ölçümü için alınan et örnekleri, iyice kıyılmış olarak kurutulmuş süzgeç kâğıdı üzerinde yaklaşık 300 mg tartıldı. Örnek ve süzgeç kâğıdı pleksiglas plakalar arasına konuldu. Cam plakalar üzerine 1 kg'lık ağırlık yerleştirilerek 20 dakika beklendi. Süre dolduğunda ağırlık alınıp süzgeç kâğıdı çıkarılarak, süzgeç kâğıdı üzerinde gözlenen dairelerin alanı milimetrik kâğıt ile ölçülerek belirlendi (Vural ve Öztan, 1996).

Et rengi ölçümü için üç temel renk parametresi (L^* =parlaklık, a^* =kırmızı, b^* =sarı) ile ölçüm yapan, ColorFlexHunter Lab Color Measurement System (Hunter Associates Laboratory Inc.) kullanıldı. Her bir renk ölçümünde alınan numunenin kesit yüzeyinin yağsız bölümünden 5 ölçüm yapıldı ve elde edilen sonuçların ortalaması alındı (Hunt ve ark., 1991).

Numunelerin SF analizlerinde Warner-Bratzler shear force (model 3343, Instron,

USA) cihazından yararlanıldı. Her bir örnek için Warner-Bratzler bıçağının kesmesi sırası uygulanan en yüksek kuvvet (kg/cm^2) ve 5 farklı okuma yapılarak kuvvet x zaman grafiği bilgisayara kaydedildi (Vergara ve ark., 2005).

Duyusal muayeneler İ.Ü. Veteriner Fakültesi Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı Öğretim Elemanı olan yarı eğitimli 6 kişilik panelist grup tarafından yapıldı. Örneklerin duyu olarak değerlendirilmeleri kapsamında renk, koku, kıvam, görünüm kriterlerine bakıldı. Pişmiş numuneler için bu değerler yanında lezzet parametrelerine (lezzet yoğunluğu ve lezzet kalitesi) de bakılmış olup, her biri için 10 puan üzerinden değer faktörleri saptandı (Halil ve Nazlı, 2001). Bu çalışmada, veriler arasındaki istatistiksel farklılıkları saptamak için SPSS analiz programından ANOVA (Tek Yönlü Varyans Analizi) prosedürü kullanıldı (Özdamar, 1999).

Bulgular

Bu çalışma sonucunda elde edilen pH değerleri Tablo 1'de; çiğ ve pişmiş kas örneklerinin tekstür değerleri Tablo 2 ve 3 'de, çiğ ve pişmiş kas örneklerinin duyu değerleri ise Tablo 4 ve 5 de verilmiştir. Instrumental renk değerleri için tablo verilmemiştir.

Saptanan pH değerleri ES uygulanan gruplarda, uygulanmayanlara nazaran daha düşük olduğu tespit edilmiş ve 100 volt ES uygulanan gruba 50 volt ES uygulanan grup arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Elde edilen pH değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Su tutma kapasitesi yönünden elde edilen değerler göz önünde bulundurulduğunda tüm gruplarda günlere göre bir azalma tespit edilmişken, 1. gün sonuçlarında tüm gruplar arasında istatistiksel bir önemlilik gözlenmemiştir ($P>0,05$). Diğer taraftan, iki farklı voltaj (50V, 100V) uygulanmış gruplarda saptanan WHC değerleri arasında ve ES 100 grubu ile kontrol grubu arasında, 3. gün ve 7. gün sonuçlarında istatistiksel olarak yüksek derecede önemlilik ($P<0,001$) gözlenmişken, bu önemlilik kontrol grubu ve ES 50 grupları arasında gözlenmemiştir.

Tablo 1. *M. longissimus dorsi thoracis* örneklerinde ölçülen pH değerlerinin ortalaması ve standart hataları**Table 1.** Mean pH Values of *M. longissimus dorsi thoracis* and standard errors

Uygulama	0. Saat	3. Saat	6. Saat	12. Saat	24. Saat
KONTROL	6,39 ±0,04 ^a	6,16 ±0,04 ^a	6,03 ±0,05 ^a	5,81 ±0,04 ^a	5,65 ±0,03 ^a
ES 50	6,32 ±0,03 ^a	6,14 ±0,04 ^a	5,99 ±0,05 ^a	5,76 ±0,04 ^a	5,59 ±0,03 ^a
ES 100	6,09 ±0,02 ^b	5,82±0,05 ^b	5,72±0,06 ^b	5,59±0,05 ^b	5,45±0,07 ^b
ORTALAMA	6,29±0,03	6,07±0,24	5,94±0,04	5,74±0,03	5,59±0,03
P	***	***	***	**	**

^{a,b}: Aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir. [(**): $P < 0,01$; (***) : $P < 0,001$]

KONTROL: Kontrol grubu, ES: Elektrik Stimülasyonu Uygulaması

Parlaklık (L^*) değerlerinde 1. gün ES uygulanan gruplar kontrol grubundan yüksek bulunmuş fakat istatistiki bir önemlilik ifade etmemiştir ($P > 0,05$). Bunun yanı sıra 3. ve 7. günlerde (L^*) değerinde ise, 100 Volt elektrik stimülasyonu uygulanmış gruba, kontrol grubu arasındaki farklılık istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,05$). Kırmızılık (a^*) değerinde elde edilen 1. gün ve 3. gün sonuçlarına göre; 100 volt ES uygulanan gruplarda, 50 volt ES ve kontrol grubu arasındaki farklılığın istatistiki açıdan önemlilik gösterdiği tespit edilmiştir. 100 volt ES uygulanan grupta, 7. gündeki önemliliğinin ($P < 0,001$), 50 volt ES uygulanan gruba ve kontrol grubuna nazaran daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sarılık (b^*) değerinde elde edilen sonuçlarda 1. ve 7. günlerde, kontrol grubu ile stimülasyon uygulanan gruplar arasında belirgin bir düşüş görülmesine rağmen istatistiki açıdan önemlilik olmadığı gözlenmiştir. 3. gün değerlerinde ise; 100 volt ES uygulanan gruba, kontrol ve 50 volt ES

uygulanmış grup arasında istatistiki açıdan önemlilik tespit edilmiştir ($P < 0,05$).

Çiğ kas örneklerinde saptanan tekstür değerlerinin ES uygulanan gruplarda, uygulanmayanlara nazaran 1. ve 3. günlerde daha düşük olduğu tespit edilmiş ($P < 0,05$), iki farklı voltaj (50 V, 100 V) ES uygulaması yapılan çiğ örneklerin sadece 7. günlerinde sonuçların istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,05$).

Pişmiş örneklerde saptanan tekstür değerlerinin 100 volt ES uygulanan gruplarda, uygulanmayanlara nazaran daha düşük olduğu tespit edilmiş ve her iki grup arasındaki farklar önemli bulunmuştur ($P < 0,05$). Aynı zamanda iki farklı voltaj (50V, 100V) uygulanmış örneklerde saptanan tekstür değerleri arasındaki farklar genel olarak önemli bulunmamıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 2 ve Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 2. Çiğ kas örneklerinde ölçülen tekstür değerlerinin ortalaması ve standart hataları**Table 2.** Mean tenderness values of raw *M. longissimus dorsi thoracis* and standard errors

Uygulama	1. Gün	3. Gün	7. Gün
KONTROL	13,43±0,37 ^a	12,12±0,38 ^a	11,00±0,39 ^a
ES 50	11,97±0,55 ^b	10,82±0,51 ^b	9,49±0,54 ^a
ES 100	12,00±0,467 ^b	10,74±0,42 ^b	9,29±0,40 ^b
ORTALAMA	12,70±0,278	11,45±0,270	10,19±0,28
P	*	*	*

^{a,b}: Aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir. [(*) : $P < 0,05$]

KONTROL: Kontrol grubu, ES: Elektrik Stimülasyonu Uygulaması

Tablo 3. Pişmiş kas örneklerinde ölçülen tekstür değerlerinin ortalaması ve standart hataları**Table 3.** Mean tenderness values of cooked *M. longissimus dorsi thoracis* and standard errors

Uygulama	1. Gün	3. Gün	7. Gün
KONTROL	11,04±0,34 ^a	9,79±0,39 ^a	8,67±0,40 ^a
ES 50	9,89 ±0,48 ^{ab}	8,85±0,53 ^{ab}	7,85 ±0,56 ^{ab}
ES 100	9,23±0,49 ^b	7,97±0,43 ^b	6,59±0,43 ^b
ORTALAMA	10,29±0,28	9,10±0,28	7,94±0,93
P	*	*	*

^{a,b}: Aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir. [(*)]: $p<0,05$
KONTROL: Kontrol grubu, ES: Elektrik Stimülasyonu Uygulaması

Duyusal analiz bulgularında ise çiğ örneklerden elde edilen renk, koku, görünüm ve kıvam değerlerinin ES uygulaması yapılan gruplarda, uygulanmayanlara nazaran daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde, pişmiş örneklerden elde edilen renk, koku, görünüm, kıvam, lezzet yoğunluğu ve lezzet kalitesi değerlerinin ES uygulaması yapılan gruplarda, uygulanmayanlara nazaran daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çiğ örneklerden elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda, 1. gün renk, görünüm ve kıvam değerlerinde, kontrol ve ES uygulanan gruplar arasında istatistiki bir fark olmadığı tespit edilmiş ($P>0,05$), koku değerinde, 50 V ES uygulanmış örneklerde saptanan koku değerleri ile diğer gruplarda saptanan koku değerleri arasındaki farklar önemli bulunmuştur ($P<0,01$). Yedinci gün sonuçlarına göre ise, renk ve görünüm değerlerinde, kontrol ve ES uygulanan gruplar arasında istatistiki bir fark olmadığı tespit edilmiş ($P>0,05$), koku değerinde ise, 50 V ES uygulanmış grupla kontrol grubu arasında saptanan koku değerleri arasındaki farklar önemli bulunmuş ($P<0,01$), kıvam değerinde

ise, iki farklı voltaj (50 V, 100 V) uygulanmış örneklerde saptanan değerler, kontrol grubuna göre önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Elde edilen sonuçlar Tablo 4'te verilmiştir.

Pişmiş örneklerden elde edilen sonuçlar göz önüne alındığında, 1. gün kıvam, lezzet yoğunluğu, lezzet kalitesi, 3. gün koku, görünüm, kıvam, lezzet yoğunluğu, lezzet kalitesi, 7. gün renk, koku, görünüm, kıvam, lezzet yoğunluğu, lezzet kalitesi değerlerinin ES uygulaması yapılan gruplarda, uygulanmayanlara nazaran daha yüksek olduğu gözlenmiş, istatistiki açıdan önemli olmadığı saptanmıştır ($P>0,05$). Diğer taraftan 1. gün; renk, koku ve görünüm değerlerinde 50 V ES uygulanmış grupla kontrol grubu değerleri arasındaki farklar önemli bulunmuştur ($P<0,05$). 3. gün renk değerinde ise iki farklı voltaj (50 V, 100 V) uygulanmış örneklerde saptanan değerler arasında anlamlı bir farklılık gözlenmezken, kontrol grubu ile iki farklı voltaj (50 V, 100 V) uygulanmış örneklerde saptanan değerler arasındaki farklar önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Elde edilen sonuçlar Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 4. Çiğ kas örneklerinde ölçülen duyuşsal değerlerin ortalaması ve standart hataları**Table 4.** Mean sensory evaluations values of raw *M. longissimus dorsi thoracis* and standard errors

Gün	1. Gün				3. Gün				7. Gün			
	Uygulamalar	Renk	Koku	Görünüm	Kıvam	Renk	Koku	Görünüm	Kıvam	Renk	Koku	Görünüm
KONTROL	6,61±0,11	6,69±0,11 ^b	6,58±0,16	6,57±0,10	6,59±0,11 ^b	6,41±0,12 ^b	6,42±0,15	6,57±0,16	6,05±0,11	5,92±0,10 ^b	6,03±0,14	5,88±0,14 ^b
ES 50	6,98±0,08	7,36±0,10 ^a	6,75±0,08	6,92±0,11	7,06±0,17 ^{ab}	6,97±0,10 ^a	6,81±0,13	6,84±0,14	6,49±0,14	6,65±0,09 ^a	6,52±0,08	6,44±0,06 ^a
ES 100	6,76±0,26	6,70±0,20 ^b	6,70±0,34	6,87±0,17	7,11±0,23 ^a	6,79±0,24 ^{ab}	6,55±0,50	6,97±0,30	6,40±0,25	6,25±0,24 ^{ab}	6,36±0,30	6,41±0,26 ^a
ORTALAMA	6,74±0,09	6,86±0,09	6,65±0,11	6,73±0,07	6,84±0,09	6,64±0,09	6,55±0,15	6,74±0,11	6,25±0,09	6,18±0,09	6,24±0,11	6,15±0,10
P	Ö.D.	**	Ö.D.	Ö.D.	*	*	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	**	Ö.D.	*

^{a,b}: Aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir. [(*): $p<0,05$ (**): $p<0,01$]

KONTROL: Kontrol grubu, ES: Elektrik Stimülasyonu Uygulaması, Ö.D.: İstatistiksel olarak önemli değil ($P>0,05$)

Tablo 5. Pişmiş kas örneklerinde ölçülen duyuşsal değerlerin ortalaması ve standart hataları**Table 5.** Mean sensory evaluations values of cooked *M. longissimus dorsi thoracis* and standard errors

Gün	1.Gün						3. Gün						7. Gün					
	Uygulama	Renk	Koku	Görünüm	Kıvam	Lezzet Yoğunluğu	Lezzet Kalitesi	Renk	Koku	Görünüm	Kıvam	Lezzet Yoğunluğu	Lezzet Kalitesi	Renk	Koku	Görünüm	Kıvam	Lezzet Yoğunluğu
KONTROL	6,41 ±0,14 ^b	6,34 ±0,12 ^b	6,41 ±0,16 ^b	6,24 ±0,13	6,05 ±0,16	5,80 ±0,14	6,35 ±0,13 ^b	6,60 ±0,12	6,29 ±0,14	6,65 ±0,14	6,33 ±0,13	6,00 ±0,12	6,04 ±0,11	6,10 ±0,14	5,96 ±0,13	5,93 ±0,16	6,05 ±0,14	5,80 ±0,13
ES 50	7,12 ±0,07 ^a	6,91 ±0,08 ^a	7,15 ±0,09 ^a	6,47 ±0,08	6,14 ±0,13	5,90 ±0,13	6,91 ±0,10 ^a	6,96 ±0,10	6,84 ±0,11	6,65 ±0,14	6,57 ±0,12	6,29 ±0,09	6,40 ±0,09	6,43 ±0,08	6,27 ±0,10	6,49 ±0,11	6,33 ±0,16	6,08 ±0,14
ES 100	6,64 ±0,28 ^{ab}	6,73 ±0,24 ^{ab}	6,64 ±0,20 ^{ab}	6,61 ±0,25	6,49 ±0,29	6,14 ±0,27	7,00 ±0,26 ^a	7,10 ±0,33	6,81 ±0,33	6,90 ±0,30	6,81 ±0,28	6,44 ±0,27	6,42 ±0,27	6,40 ±0,31	6,22 ±0,29	6,40 ±0,25	6,28 ±0,27	5,92 ±0,23
ORTALAMA	6,65 ±0,10	6,58 ±0,09	6,65 ±0,10	6,39 ±0,09	6,19 ±0,11	5,91 ±0,10	6,65 ±0,10	6,81 ±0,10	6,55 ±0,11	6,55 ±0,11	6,46 ±0,10	6,18 ±0,09	6,22 ±0,09	6,26 ±0,11	6,10 ±0,10	6,18 ±0,11	6,17 ±0,10	5,90 ±0,09
P	*	*	*	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	*	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.

^{a,b}: Aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir. [(*): $p<0,05$]

KONTROL: Kontrol grubu, ES: Elektrik Stimülasyonu Uygulaması, Ö.D.: İstatistiksel olarak önemli değil ($P>0,05$)

Tartışma ve Sonuç

Çalışmamızda, 0., 3., 6., 12. ve 24. saatlerde yapılan ölçümlerde elde edilen pH değerlerinin ES uygulanan gruplarda, uygulanmayanlara nazaran daha düşük olduğu tespit edilmiş ve daha hızlı bir düşüş seyrinde olduğu gözlemlenmiştir. 100 Volt elektrik stimülasyonu uygulanmış grup 50 volta göre daha düşük düzeyde pH değerine sahip olmuştur. ES uygulaması ile postmortal glikolizis artışı sonucu pH hızlı bir biçimde düşmüştür. Birçok büyük baş ve küçük baş karkasları ile yapılan ES uygulamaları çalışmalarında bulgularımızı destekler nitelikte sonuçlar elde edilmiştir (**Kerth ve ark., 1999; Morton ve ark., 1999; Rodbotten ve ark., 2001**).

Göransson ve ark. (2002) boğalar üzerinde yaptıkları çalışmada, *longissimus dorsi* kasındaki pH değerinde postmortemin 3. ve 8. saatleri arasında önemli düşüş gözlerken, postmortemin 24. saatinde önemli bir fark olmadığı tespit etmişlerdir. *Semimembranosus* kasındaki pH değerinde ise ES uygulanan ve uygulanmayan grup arasında önemli bir fark olmadığını tespit etmişlerdir.

Benzer şekilde, **Eilers ve ark. (1996)** da elektrik stimülasyonunun *longissimus* kasındaki pH düşme oranını artırdığını ve gerilme gücünü düşürdüğünü; incelenen diğer kaslarda ise önemli bir etki göstermediğini saptamışlardır. **Nazlı ve ark. (2010)** 40 adet sığırla yaptıkları çalışmada, yüksek voltaj elektrik stimülasyonu uygulamasının et kalitesine olan etkilerini araştırmışlardır. *Longissimus dorsi* ve *semimembranosus* kaslarına uygulanan 500–800 V elektrik stimülasyonu sonucunda, ES uygulanan kas gruplarında kontrollere nazaran pH değerinde hızlı bir düşüş, renk değerlerinde iyileşme ve duyuşal değerlerde olumlu gelişmeler olduğunu bildirmişlerdir.

50 volt ES uygulanan kas gruplarında elde edilen su tutma kapasitesi değerleri kontrol grubuna göre daha yüksek bulunmuş, diğer taraftan 100 volt elektrik stimülasyonu uygulanan kas gruplarında elde edilen su tutma kapasitesi değerleri kontrol gruplarına göre daha düşük tespit edilmiştir. İki farklı voltaj (50V, 100V) uygulanmış gruplarda saptanan

WHC değerleri arasında ve ES 100 grubu ile kontrol grubu arasında, 3. gün ve 7. gün sonuçlarında istatistiki olarak yüksek derecede önemlilik ($P<0,001$) gözlenmişken, bu önemlilik Kontrol grubu ve ES 50 grupları arasında gözlenmemiştir. Elde ettiğimiz bulgulara benzer bulgular **Janz ve ark. (2001)** ve **Strydom ve ark. (2005)** tarafından da bulunmuştur.

Hertog-Meischke ve ark. (1997)'nin 16 adet holştayn boğadan elde edilmiş *longissimus thoracis* ve *semimembranosus* kaslarını kullandıkları çalışmalarında, hayvanlar eşit sayılarda iki gruba bölünmüş ve bir gruba 15 saniye boyunca 85 volt ES uygulanmıştır. Her iki kas grubunda da su tutma kapasitesi değerleri ES uygulananlarda, uygulanmayanlara nazaran daha düşük olduğu tespit edilmiştir ve bu oluşumun, myofibriller parçalardaki sarkoplazmik proteinlerin denatürasyonundan kaynaklandığını öne sürmüşlerdir.

Çalışmamızda, ES uygulanan karkas yarımalarında elde edilen parlaklık ve kırmızılık değerleri kontrol gruplarına göre daha yüksek ve sarılık değerleri daha düşük bulunmuştur. Benzer sonuçlar **Topçu (2009)** tarafından da tespit edilmiştir.

Eikelenboom ve ark. (1985) yüksek ve düşük voltaj uygulamaların boğa karkaslarının *longissimus dorsi* kasında, kontrollere nazaran daha kırmızı renge neden olduğunu ileri sürmüşlerdir. Buna karşılık, **McKenna ve ark. (2003)** 15 adet sığır kullanarak yaptıkları çalışmalarında, renk değerleri yönünden stimüle edilmiş kaslar ile kontroller arasında bir fark bulunmadığını belirtmişlerdir.

Tekstür değerlerinin ES uygulanan gruplarda, uygulanmayanlara nazaran daha düşük olduğu tespit edilmiş ve bu değerler arasındaki fark önemli bulunmuştur. 7. gün değerleri incelendiğinde, 100 volt ES uygulaması yapılan gruplarda bu farklılık daha belirgin bulunmuştur. Elde edilen verilere dayanarak, ES uygulamasının tekstür değerleri üzerinde olumlu etkisi ortaya konmuştur. **Taylor ve Martoccia (1995)**'da düşük voltaj ve yüksek voltaj post mortem elektrik stimülasyonunun üç grup domuz etinin kalitesi

üzerine etkisini araştırmışlardır. Yüksek voltaj uygulaması en gevrek olan eti vermiştir.

Eikelenboom (1987)'un çalışmasında, kanatmadan hemen sonra ES (85 V, 14 Hz) uygulanan boğa karkaslarının *longissimus* kasında kesimi takip eden günlerde renk, sarkomer uzunluğu ve tekstür değerleri ölçülmüştür. Sonuçta ES uygulanan karkasların kontrollerden daha gevrek olduğu görülmüştür. Kesimden 24 saat sonra gerilme gücü ES uygulanan karkaslarda 2,6–3,7 kg/cm² iken, stimüle edilmemişlerde 3,3–8,8 kg/cm² arasında bulunmuştur. ES, aynı zamanda etin rengini de iyileştirmiş, daha yüksek *L** ve *a** değerleri vermiştir.

Duyusal değerlendirmelerden elde edilen bulgular neticesinde hem çiğ hem de pişmiş numuneler için ES'nin olumlu yönde gelişmeler gösterdiği tespit edilmiştir. Çiğ değerler içerisinde özellikle koku kriteri istatistikî yönden yüksek önemde önemlilik göstermiştir ($P<0,05$). Pişmiş değerler göz önünde bulundurulduğunda, istatistikî olarak önemlilik ifade etmemesine karşılık ($P>0,05$), elde edilen değerler ES uygulanan grupların, kontrol grubuna nazaran daha yüksek olduğunu göstermektedir. Konuyla ilgili yapılan birçok çalışmada ES uygulanan etlerde duysal değerlerin olumlu yönde geliştiği bildirilmektedir.

Fronin ve Uijtenboogaart (1988), kesimden sonra ilk 5 dakikada ES uygulanan etlerde sertleşme, 120-240. dakikalar arasında ES uygulanan etlerde yumuşama meydana geldiğini; ES uygulamasından 30 dakika sonra ise et renginde kontrol grubuna kıyasla arzu edilen parlaklığın ve kırmızılığın arttığını bildirmiştir. İngiltere'de yapılan ve 72 domuzun kullanıldığı bir araştırmada, kesim sonrası karkaslar 90 saniye boyunca yüksek voltaj elektrik stimülasyonuna (700 V) tabi tutulduktan sonra 1°C'de soğutulmuştur. *Longissimus thoracis et lumborum* (LTL) ve *Semimembranosus* (SM) kaslarından renk, tekstür, ve lezzet değerleri ölçülmüştür. Renk ve lezzet yönünden stimülasyon uygulanan grup en yüksek puanları almıştır (**Taylor ve ark., 1995**).

Yanar ve Yetim (2003), yaşlı koyunlardan elde edilen karkaslara uygulanan elektrik

stimülasyonunun bu tür karkasların ticari değeri ve kalitesini yükselterek et endüstrisi için faydalı olabileceği kanaatine varmışlardır. **Polidori ve ark. (1999)** koyunlarda yaptıkları bir araştırmada ES uygulaması ile et kalite kriterlerinin iyileşmesi bakımından olumlu sonuçlar alındığını belirtmişlerdir. **Hwang ve Thompson (2001)** sığır karkaslarında yaptıkları çalışmada ES uygulamasının, gevreklik ve sululuk kriterleri üzerinde olumlu gelişmeler sağladığını savunmuşlardır.

Crouse ve ark. (1983) sığır ve boğa karkaslarında yaptıkları bir çalışmada ES uygulaması yapılan örneklerde sululuğun azalması bakımından önemli veriler elde edildiğini belirtmiş, lezzet ve gevreklik kriterlerinde ise ES uygulamasının herhangi bir etkisi olmadığını belirtmişlerdir. **Kerth ve ark. (1999)** koyun karkaslarıyla yaptıkları çalışmada, elektriksel stimülasyonu uygulamasının duysal özellikler yönünden uygulanmayanlara nazaran önemli bir fark meydana getirmediğini ortaya koymuşlardır.

Sonuç

Sonuç olarak, düşük voltaj elektrik stimülasyonu uygulamalarının *longissimus dorsi thoracis* kasında kontrol grubuna göre daha çabuk pH düşüşü sağladığı, gevreklik, renk, görünüm, koku ve lezzet parametrelerini daha iyi geliştirdiği gözlenmiştir. Bu olumlu bulgular göz önüne alındığında, ülkemiz et sanayinde yaşanan bir takım sorunların düşük voltaj elektrik stimülasyonu uygulamasıyla önlenilebileceği ve tüketici beklentilerinin karşılanacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma İ.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje No: 3064). Bu çalışmanın deneysel aşamasındaki katkılarından dolayı Araş.Gör.Dr. E. Barış Bingöl ve Araş.Gör.Dr Karla Muratoğlu'na teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Birkhold, S.G., Sams, A.R., 1993. Fragmentation, tenderness and post-mortem metabolism of

- early harvested broiler breast fillets from carcasses treated with electrical stimulation and muscle tensioning. *Poultry Science* 72, 577-582.
- Carballo, J., Garcia-Matamoros, E., Jimenez Colmenero, F., 1989.** Influence of electrical stimulation on lamb quality during frozen storage. *International Journal of Refrigeration* 12, 164-168.
- Crouse, J.D., Seideman S.C. and Cross H.R., 1983.** The effects of carcass electrical stimulation and cooler temperature on the quality and palatability of bull and steer beef. *Journal of animal science*, 56, 81-90.
- Dutson, T.R., 1983.** The measurement of pH in muscle and its importance to meat quality. Proceedings of 36th Reciprocal Meat Conference of the American Meat Science Association, Fargo, North Dakota. 12-15 June. American Meat Science Association, Chicago; 92-97.
- Eikelenboom, G., Smulders F.J.M., Ruderus H., 1985.** The effect of high and low voltage of electrical stimulation of beef carcass quality. *Meat Science* 15 (4), 247-254.
- Eikelenboom, G., 1987.** The effect of electrical stimulation processing on meat tenderness. *Fleischwirtschaft*, 67 (9), 1103-1104.
- Eilers, J.D., Tatum, J.D., Morgan, J.B., Smith, G.C., 1996.** Modification of earl-postmortem muscle pH and use of postmortem aging to improve beef tenderness. *Journal of Animal Science* 74 (4), 790-798.
- Ferreira, G.B., Andrade C.L., Costa F., Freitas M.Q., Silva T.J.P., Santos I.F., 2006.** Effects of transport time and rest period on quality of electrical stimulated male cattle carcasses. *Meat Science* 74, 459-466.
- Froning, G.W., Uijttenboogaart, T.G., 1988.** Effect of postmortem electrical stimulation on color, texture, pH, cooking losses of hot and cold deboned chicken broiler breast meat. *Poultry Science* 67, 1536-1544.
- Göransson, A., Flores, M., Josell, A., Ferrer, J.M., Trelis, M.A., Toldra, F., 2002.** Effect of electrical stimulation on the activity of muscle exoproteases during beef ageing. *Food Science Technology International*, 8 (5), 285-289.
- Halil, A., Nazlı, B., 2001.** Kesim öncesi kasaplık hayvanlara uygulanan elektrikle bayılma metodunun et kalitesine etkisi üzerine araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 27 (2), 585-603.
- Hertog-Meischke M.J.A., Smulders F.J.M., Logtestijn J.G., Knapen F., 1997.** The effect of electrical stimulation on water holding capacity and protein denaturation of two bovine muscles. *Journal of Animal Science* 75, 118-124.
- Ho, C.Y., Stromer, M.H., Robson, R.M., 1996.** Effect of electrical stimulation on postmortem titin, nebulin, desmin, and troponin-T degradation and ultrastructural changes in bovine *longissimus* muscle. *Journal of Animal Science* 74 (7), 1563-1575.
- Hunt, M.C., Acton, J.C., Benedict, R.C., Calkins, C.R., Cornforth, D.P., Jeremiah, L.E., Olson, D.G., Salm, C.P., Savell, J.W., Shivas, S.D., 1991.** AMSA guidelines for meat color evaluation. In E. Schofield (Ed.), Proceedings of the Forty-Fourth Annual Reciprocal Meat Conference (pp. 3-17). Manhattan, Kansas: Kansas State University (9-12 July 1991).
- Hwang, I.H., Devine, C.E., Hopkins, D.L., 2003.** The biochemical and physical effects of electrical stimulation on beef and sheep meat tenderness. *Meat Science* 65, 677-691.
- Hwang, I.H., Thompson, J.M., 2001.** The effect of time and type of electrical stimulation on the calpain system and meat tenderness in beef *longissimus dorsi* muscle. *Meat Science* 58, 135-144.
- İnal, T., 1995.** Kesim Hayvanı ve Et Muayenesi. Saray Kitabevleri, İstanbul.
- Janz, J.A.M., Aalhus, J.L., Price, M.A., 2001.** Blast chilling and low voltage electrical stimulation influences on bison meat quality. *Meat Science* 57, 403-411.
- Kahraman, T., Ergun, O., 2009.** Effects of electrical stunning and electrical stimulation on Kivircik carcass quality. *Journal of the Faculty of Veterinary Medicine University of Kafkas*, 15 (3): 461-464.
- Kahraman, T., Nazlı, B., Ergun, O., 2006.** Elektrik Stimülasyonunun Et Kalitesi Üzerine Etkileri. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 32 (2), 23-30.
- Kerth, C.R., Cain, T.L., Jackson, S.P., Ramsey, C.B., Miller, M.F., 1999.** Electrical stimulation effects on tenderness of five muscles from Hampshire x Rambouillet crossbred lambs with the callipyge phenotype. *Journal of Animal Science* 77, 2951-2955.
- McKenna, DR., Maddock, T.D., Savell, J.W., 2003.** Water holding and color characteristics of beef electrically stimulated carcasses. *Journal of Muscle Foods* 14, 33-51.
- Morton, J.D., Bickerstaaffe, R., Kent, M.P., Dransfield, E., Keeley, G.M., 1999.** Calpain-calpastatin and toughness in m. *longissimus* from electrically stimulated lamb and beef carcasses. *Meat Science* 57, 71-79.

- Nazlı, B., Çetin, Ö., Bingöl, E. B., Kahraman, T., Ergün, Ö., 2010.** Effect of high voltage electrical stimulation on meat quality on beef carcasses. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 9 (3), 556-560.
- Özdamar, K., 1999.** Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi. Kaan Kitabevi, Eskişehir.
- Polidori, P., Lee, S., Kauffman, R.G., Marsh, B.B., 1999.** Low voltage electrical stimulation of lamb carcasses: effects on meat quality. *Meat Science* 53, 179-182.
- Rodbotten, R., Lea, P., Hildrum, K.I., 2001.** Relative influence of low-voltage electrical stimulation, chilling rate and ageing time on tenderness of *M.longissimus dorsi* of Norwegian Cattle. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A, Animal Science* 51, 184-191.
- Smulders, F.J.M., Laack, R.L.J.M., 1992.** Accelerated processing to improve ageing response of meat. In: *New Technologies for meat and meat products*. Eds. P.181-208.
- Strydom, P.E., Frylinck, L. and Smith, M.F., 2005.** Should electrical stimulation be applied when cold shortening is not a risk?. *Meat Science* 4, 733-742.
- Taylor, A.A., Martoccia, L., 1995.** The effect of low voltage electrical stimulation on pork quality. *Meat Science* 39, 319-326.
- Taylor, A.A., Nute, G.R., Warkup, C.C., 1995.** the effect of chilling, electrical stimulation and conditioning on pork eating quality. *Meat Science* 39, 339-347.
- Topçu, T., 2009.** Keçi Karkaslarına uygulanan elektriksel stimülasyonun et kalitesi üzerine etkisi. İ.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Vergara, H., Linares, M.B., Berruga, M.I., Gallego, L., 2005.** Meat quality in suckling lambs: effect of preslaughter handling. *Meat Science* 69, 473-478.
- Vural, H., Öztan, A., 1996.** Et ve Ürünleri Kalite Kontrol Laboratuvarı Uygulama Kılavuzu. Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları (36), Ankara.
- Yanar, M., Yetim, H., 2003.** The effects of electrical stimulation on the sensory and textural quality properties of mutton carcasses. *Turkish Journal of Veterinary Animal Sciences* 27, 433-438.